ISSN: 1646-9895

risti

Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

A g o s t o 2 4 • A u g u s t 2 4



©RISTI 2024 http://www.risti.xyz

Nº E72

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Edição / Edition
N.º E72, 08/2024

ISSN: 1646-9895

Indexação / Indexing
Academic Journals Database, Dialnet, DOAJ, DOI, EBSCO, GALE, Google Scholar, IndexCopernicus, Information Systems Journal, Latindex, ProQuest, QUALIS, SciELO, SCImago, Scopus, SIS, Ulrich's

Publicação / Publication
RISTI – Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Pc. 9 de Abril, nº 26, 4200-422 Porto, Portugal
Web: http://www.risti.xyz

Director
Álvaro Rocha, ISEG, Universidade de Lisboa, PT

Coordenadores da Edição / Issue Coordinators
Nadezda Abbas, Universidad Bernardo O'Higgins, CL

Conselho Editorial / Editorial Board
Abel Méndez, Instituto Tecnológico de Costa Rica, CR
Alejandro Peña, Universidad EAFIT, CO
Alma Gómez-Rodríguez, Universidade de Vigo, ES
Ana Rita Calvão, ESTGA, Universidad de Aveiro, PT
Ania Cravero, Universidad de La Frontera, CL
António Abreu Silva, ISCAP, Instituto Politécnico do Porto, PT
Antonio Garcia, Universidad de Santiago de Compostela, ES
António Godinho, ISEC, Instituto Politécnico de Coimbra, PT
Antonio Jiménez-Martín, Universidad Politécnica de Madrid, ES
Arturo J. Méndez, Universidad de Vigo, ES
August Climent, Ramon LLull University, ES
Beatriz Rodríguez, Universidad de la Republica, UY
Borja Bordel, Universidad Politécnica de Madrid, ES
Brenda L. Flores-Rios, Universidad Autónoma de Baja California, MX
Bruno Miguel Ferreira Gonçalves, Instituto Politécnico de Bragança, PT
Carlos Alexandre Silva, nstituto Federal de Minas Gerais, BR
Carlos Carreto, Instituto Politécnico da Guarda, PT
Carlos Morais, Instituto Politécnico de Bragança, PT
Carlos Rompante Cunha, UNIAG & CeDRI &
Instituto Politécnico Bragança, PT
Carlos Vaz de Carvalho, Instituto Politécnico do Porto, PT
Célio Marques, Insituto Politécnico de Tomar, PT
Ciro Martins, Universidade do Algarve, PT
Cristina Caridade, Instituto Politécnico de Coimbra, PT
Daniel Polónia, Universidade de Aveiro, PT
Dante Carrizo, Universidad de Atacama,CL

Edwin Cedeño Herrera, Universidad de Panamá, PA
Fábio Marques, ESTGA, Universidade de Aveiro, PT
Felipe Vasquez, Universidad de La Frontera, CL
Fernando Moreira, REMIT, IJP, Universidade Portucalense &
IEETA, Universidade de Aveiro, PT
Fernando Paulo Belfo, Coimbra Business School – ISCAC,
Polytechnic Institute of Coimbra, PT
Fernando Ribeiro, Instituto Politécnico de Castelo Branco, PT
Fernando Bandeira, PT
Filipe Cardoso, Instituto Politécnico de Viseu, PT
Flor Gomes de María Sánchez Aguirre, Universidad César Vallejo, PE
Francisco Javier Lena-Acebo, Universidad de Cantabria, ES
Gabriel Guerrero-Contreras, Universidad de Cádiz, ES
Gerardo González Filgueira, Universidade da Coruña, ES
Gloria Valencia, Universidad de las Fuerzas Armadas, EC
Guilllhermo Davila, Universidad de Lima, PE
Hélder Gomes, Universidade de Aveiro, PT
Helder Zagalo, Universidade de Aveiro, PT
Hélia Guerra, Universidade dos Açores, PT
Henrique Gil, Instituto Politécnico de Castelo Branco, PT
Henrique S. Mamede, Universidade Aberta, Portugal
Inês Domingues, ISEC, Instituto Politécnico de Coimbra, PT
Isaias Bianchi, Universidade Federal de Santa Catarina, BR
Isidro Navarro, Universidad Politécnica de Cataluña, ES
Ismael Etxeberria-Agiriano, Universidad del País Vasco, ES
Ivan Garcia, Universidad Tecnológica de la Mixteca, MX
Jeimy Cano, Universidad de los Andes, CO
João Emílio Almeida, ISTEC - Porto, PT
João Paulo Ferreira, Instituto Politécnico de Coimbra, PT
Joao Roberto de Toledo Quadros, CEFET/RJ, BR
Joao Tavares, Universidade do Porto, PT
Joaquim Reis, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT
Jorge Eduardo Ibarra Esque, Universidad Autónoma de Baja California, MX

Jorge Hochstetter, Universidad de La Frontera, CL
José Álvarez-García, Universidad de Extremadura, ES
Jose Felipe Cocon Juarez, Universidad Autónoma del Carmen, MX
José Lousado, Instituto Politécnico de Viseu, PT
José Luis Pastrana Brincones, Universidad de Málaga, ES
Jose M. Molina, Universidad Carlos III de Madrid, ES
José Ribeiro, Politécnico de Leiria, PT
Jose Silvestre Silva, Academia Militar, PT
Josep Maria Marco-Simó, Universitat Oberta de Catalunya, ES
Juan Angel Contreras Vas, Universidad de Extremadura, ES
Juan M. Santos-Gago, Universidad de Vigo, ES
Juan Pablo DAmato, Universidad Nacional del Centro de la
Provincia de Buenos Aires, AR
Leila Weitzel, Universidade Federal Fluminense, BR
Leonardo Bermón Angarita, Universidad Nacional de Colombia, CO
Lilia Muñoz, Universidad Tecnológica de Panamá, PA
Lucila Romero, Universidad Nacional del Litoral, AR
Luis Álvarez Sabucedo, Universidad de Vigo, ES
Luis Enrique Sánchez Crespo, Universidad de Castilla-la Mancha, ES
Luisa María Romero-Moreno, Universidad Sevilla, ES
Luz María Hernández Cruz, Universidad Autónoma de Campeche, MX
Luz Sussy Bayona Oré, Universidad Nacional Mayor de San Carlos, PE
Marcelo Marciszack, Universidad Tecnológica Nacional, AR
Marcelo Zambrano Vizuete, Universidad Tecnica Del Norte
Marco Painho, NOVA IMS, PT
Margarita Ramirez Ramirez, Universidad Autónoma de Baja California, MX
Maria Cristina Marcelino Bento, UNIFATEA, BR
María de la Cruz del Río-Rama, Universidad de Vigo, ES
Maria de los Milagros Gutierrez, Universidad Tecnológica Nacional, AR
Maria do Rosário Bernardo, Universidade Aberta, PT
Maria Hallo, Escuela Politêcnica Nacional, EC
Maria João Ferreira, Universidade Portucalense, PT
Maria João Gomes, Universidade do Minho, PT

Maria Sousa, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT
Marisol B. Correia, ESGHT - Universidade do Algarve & CiTUR, PT
Maristela Holanda, Universidade de Brasília, BR
Martin Llamas Nistal, Universidad de Vigo, ES
Miguel Casquilho, Universidade de Lisboa, PT
Miguel Ramón González Castro, Centro Tecnológico Aimen, ES
Mirna Ariadna Muñoz Mata, CIMAT, MX
Nelson Rocha, Universidade de Aveiro, PT
Nuno Melão, Instituto Politécnico de Viseu, PT
Nuno Ribeiro, Universidade Fernando Pessoa, Portugal
Patricia Dias, Universidade do Estado de Minas Gerais, BR
Paula Prata, Universidade da Beira Interior, PT
Paulo Martins, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, PT
Paulo Pinto, Universidade Nova de Lisboa, PT
Paulo Rurato, Universidade Fernando Pessoa, Portugal
Pedro Araújo, Universidade da Beira Interior, PT
Pedro R. Palos- Sanchez, Universidad de Sevilla, ES
Pedro Sanz-Angulo, Universidad de Valladolid, ES
Pedro Sobral, Universidade Fernando Pessoa, Portugal
Pedro Sousa, Universidade do Minho, Portugal
René Faruk Garzozi-Pincay, Universidad Estatal
Península de Santa Elena, EC
Ruben Pereira, ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa, PT
Rui Pedro Marques, Universidade de Aveiro, PT
Rui Silva Moreira, Universidade Fernando Pessoa, PT
Samuel Sepúlveda, Universidad de La Frontera, CL
Santiago Raul Gonzales Sanches, Universidad Cesar Vallejo, PE
Sara Balderas-Díaz, Universidad de Cádiz, ES
Sergio Araya Guzmán, Universidad del Bío-Bío, CL
Sergio F. Lopes, Universidade do Minho, PT
Sergio Gálvez Rojas, Universidad de Málaga, ES
Solange N Alves-Souza, Universidade de São Paulo, BR
Telmo Silva, DigiMedia, Universidade de Aveiro, PT

Thiago Dias, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, BR
Verónica Vasconcelos, Polytechnic Institute of Coimbra, PT
Vítor Carvalho, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave, PT
Vitor Santos, Universidade Nova de Lisboa - NOVA IMS, PT
Wagner Tanaka Botelho, Universidade Federal do ABC, BR
Yamid Hernández Julio, Universidad del Sinú, CO

Índice / Index

ARTIGOS / ARTICLES

Perspectivas Avanzadas en Política Pública y Pobreza Multidimensional: Propuesta de un Sistema de Soporte para la Toma de Decisiones utilizando Registros Administrativos 1
Yasmina Vizuete-Salazar, Miguel Floresand Edison Loza-Aguirre

A software architecture for the automatic processing of physical or digital accounting documents..... 18
Micael Alexandre Marques Lopes, Vitor Duarte dos Santos

Avaliação de profissionais da saúde sobre atividades lúdicas aportadas em tecnologia eHealth para estimulação de crianças autistas 49
Christina César Praça Brasil, Francisca Francisete de Sousa Nunes Queiroz, Jonas Loiola Gonçalves, Fabiana Neiva Veloso Brasileiro, Yloma Fernanda de Oliveira Rocha1, Felícia Gabler, Mariana Brandão da Silva, Tainá Christine Mello

Diseño de pseudocódigo, comprensión y aprendizaje con estudiantes de ciclos formativos de informática..... 61
Antonio López-García, Jaime Urquiza-Fuentes

Sistema de Rehabilitación Virtual para motor fino: integrando especificaciones formales ligeras para reducir la ambigüedad de requerimientos críticos 77
Gustavo Urquizo-Rodriguez, Elizabeth Vidal, Eveling Castro-Gutierrez

Validación de un instrumento sobre educación híbrida y su aplicación en la enseñanza de la medicina 93
Miriam Janet Cervantes-López, Alejandra Tavera-Tapia, Elizabeth Reyna-Beltrán, Arturo Llanes-Castillo, José Eugenio Guerra-Cárdenas, Jaime Cruz-Casados

Método X-μ-means: X-μ aplicado no Fuzzy C-Means para obter escalabilidade em Big Data..... 104
Angélica Félix de Castro & Leandro Carlos de Souza

Ingeniería Social: Revisión Sistemática de Phishing y Pretexting en Plataformas Académicas..... 122
Ana Camacho Coronel, José Miguel Erazo Ayón, César Salazar Tovar, Brennero Pardo Centanaro

Factores que afectan la generación de valor en la estrategia de datos de una organización 137
Tito Pablo Neira, Rafael Vesga

Impulsionando a inovação pedagógica e o empreendedorismo no ensino superior: o contributo de dois projetos de cocriação no Instituto Politécnico de Viseu 158
Susana Amante, Rosina Fernandes

Rol de las Fuerzas Armadas Durante los Conflictos Sociales: Entre la Violencia y el Orden Interno 171
Mery Orejuela Nuñez, Eduardo Ramos Lalupu, Sandro Pedro Villanes Rojas, Percy Junior Castro Mejía, Erik Omar Escalona Aguilar

Defensa legal en el ciberespacio: una aproximación bibliométrica desde Scopus y Web of Science 180
Adriana Arboleda-Lopez, Jackeline Valencia-Arias, Luis Fernando Garcés- Giraldo, Eduar Antonio Rodríguez Flores, Aarón José Oré León

Reduciendo la brecha de género: explorando el papel de las tecnologías de la información y comunicación en la educación femenina a partir de un análisis bibliométrico 192
Jackeline Valencia-Arias, Adriana Arboleda-Lopez, Diego Alejandro Correa Correa, Luis Fernando Garcés- Giraldo, Eduar Antonio Rodríguez Flores, Renata Teodori de la Puente

O Impacto da Ética na Cultura Organizacional dos Bombeiros: Revisão Sistemática pelo Método PRISMA 205
Gualter Cruz, Carlos Rouco, Vítor Reis

Códigos de Ética e Organizações: Revisão Integrativa pelo Método PRISMA 223
Gualter cruz, Carlos Rouco, Vitor Reis

Análise do Risco em Cibersegurança do Serviço de Imagiologia Clínica de um Hospital em Portugal 239
Ana Patrícia Borges, João Pavão, Dário Carreira, Victor Costa, Nelson Pacheco Rocha

Análise do Risco em Cibersegurança de um Serviço de Patologia Clínica de um Hospital Português Aplicando o Modelo FAIR 251
Ana Luísa Teixeira, João Pavão, Dário Carreira, Victor Costa, Nelson Pacheco Rocha

Marco de Trabajo y Productividad en el Desarrollo de Sistemas de Información en el Ministerio de Economía y Finanzas, 2023..... 264
Claudio Arango Palomino, Cayo Victor Leon Fernandez, Gloria Maritza Valencia Vivas, Winston Ugaz Cachay

Natalidad y longevidad de la población: estresores estratégicos para la Defensa Nacional 279
Fulvio Queirolo Pellerano, Nadezda Abbas, Claudio Ruff, Marcelo Ruiz

Motivación Mediante Recompensas versus la Iniciativa como Factores Estimulantes del Liderazgo 295
Alonso Iraola-Arroyo, Ivan Iraola-Real

Disposición de Herramientas Tecnológicas y su Influencia en la Salud Mental de los Docentes de Educación Inicial del Perú..... 305
Ivan Iraola-Real, Carla Vasquez

Implementação de FMECA em Veículos Militares Autónomos Submarinos 317
Suzana Lampreia, Victor Lobo, Hugo Policarpo, Valter Vairinhos

Modelos de formação de liderança para Oficiais Subalternos e Capitães nos PALOP: Estudo comparado 327
Felisberto Kiluange, Carlos Rouco, Ana Paula Silva, Lenisha Ginga Fragoso Baio

Influência do revestimento antirreflexo e da camada adicional de InGaAsP no desempenho de fotodetectores para o SWIR 342
Marcelo Gomes Rua, Rudy Massami Sakamoto Kawabata, Mauricio Pamplona Pires, Carlos Luiz Ferreira, Guilherme Torelly e Patricia Lustoza de Souza

Explorando las Dinámicas Globales de Innovación: Un Análisis Multivariante del Índice Global de Innovación y su Impacto en el Desarrollo Sostenible.....355
Héctor Fernández, Marcelo Ruiz, Claudio Ruff, Alexis Matheu3, Purificación Galindo

Proyecto Etnoenglish Cultural Exchange: Una Experiencia Pedagógica de Digiculturalidad y Educación Inclusiva en la escuela 370
Melissa González-Rubio Villa, Jairo Andrés Sastoque Zapata, María Natalia Ospina-Giraldo, Mónica Maritza Orozco Holguín, Diego Fernando Galviz Cataño, Jesús Daniel Rico Buitrago

Ciberseguridad y periodismo: Estrategias para garantizar la seguridad de la información 382
Kruzkaya Ordóñez, Abel Suing, María Isabel Punín, Lilia Carpio

Propiedades psicométricas de una escala para evaluar la cultura de aprendizaje en organizaciones no lucrativas de Latinoamérica 393
Javier Enrique Espejo-Pereda, Elizabeth Emperatriz García-Salirrosas, Miluska Villar-Guevara, Israel Fernández-Mallma

Pruebas de intrusión y la evaluación de los sistemas de seguridad de la información dentro de una organización pública 407
Mario Aquino-Cruz, Anthony Stalin Hurtado-Rayme, Manuel Jesus Ibarra-Cabrera, Francisco Cari-Incahuanaco, Herwin Alayn Huillcen Baca, Flor de Luz Palomino Valdivia

Evidencia de Validez y Confiabilidad de una Escala para Evaluar el Liderazgo Digital en Directores de Educación Básica Regular en el Contexto Peruano 418
Alvaro Augusto Masias-Salvatierra, Elizabeth Emperatriz García-Salirrosas, Luis Alberto Geraldo-Campos y Gladys Toyohama

Influencia del Blockchain para la Venta de Pasajes en el Transporte Urbano: Una revisión sistemática..... 433
Javier Gamboa-Cruzado, Luis Cuya-Chuica, Rosa Menéndez Mueras, Luis Soto Soto, Magaly Arangüena Yllanes, Ángel Núñez Meza

Influencia de Machine Learning en la Evaluación de Riesgo Crediticio en Entidades Financieras: Una exhaustiva Revisión Sistemática y Bibliométrica 451
Javier Gamboa-Cruzado, Ronald E. Astudillo-Aquino, Dennis Castro-Valverde, Jorge Nolasco-Valenzuela, Juan Gamarra Moreno, Guido Larico Uchamaco, Flavio Amayo-Gamboa

Impacto de la Seguridad Informática en la Optimización de Servicios Logísticos: Una Revisión Sistemática y Análisis Bibliométrico..... 471
Marcos Albornoz-Chauca, Javier Gamboa-Cruzado, Alfonso Romero Baylon, Leonidas Asto Huaman, Alfonso Tesén Arroyo, Fernando Sinche Crispin

Experiencia sensorial, intelectual y emocional del docente y su influencia en la satisfacción laboral en la Educación Básica Regular 493
Nilton Acuña-Hurtado, Elizabeth Emperatriz García-Salirrosas, Miluska Villar-Guevara, Israel Fernández-Mallma

Análisis de la producción científica sobre el Total Quality Management en Educación en la base de datos Web of Science, periodo 2009-2021 507
Denis Frank Cunza-Aranzábal, Israel Fernández-Mallma, Miluska Villar-Guevara, José Hector Livia-Segovia

Tecnologías de Información en el Aprendizaje del Lenguaje de Señas..... 524
Sussy Bayona-Oré, Javier Torres Rojas

Implementación de Proyectos BPM y la Transformación Digital 535
Marcos Rivas Peña, Sussy Bayona-Oré

Exploration of Computer-Aided Application in Elective Football Courses in Universities 549
Zhaosheng Chen, Songlin Xie

International Business Marketing Management of Private Enterprises Based on Bayesian Dynamic Panel Model 559
Siqi Huang, Eunmi Lee

The Application of Information Technology in College Students' Education Management 573
Shangjie Meng, Xingnan Zhan

Application Analysis of 3D Virtual Learning Environment in Language Learning 584
Haiyan Yan, Hisham Dzakiria

A Flexible Supply Allocation Strategy for Human Resources in Multinational Companies Based on Information System Resource Management 596
Hanqi Yue, Eunmi Lee

Analysis of Cross linguistic Non Material Opera Culture Communication in the Era of Artificial Intelligence 607
Feng Bao, Xing Li

An Empirical Study on Management Control of Chinese A-share Listed Companies Based on AI Systems 619
Liu Yucheng, Hasni Binti Abdullah, Rafiatul Adlin Binti Mohd Ruslan, Chaleeda Som Sak

Network Education Management Mode
Based on Teaching Quality Oriented 632
Yufeng Wu, Ming Ni, Dongyan Li, Xiaohui Chen, Xiaoming Yi

Cultural Memory on Campus: the Role of Regional
Culture in Shaping the Identity of Educational Institutions 646
Yuan Yuan, Azlin lryani binti Mohd Noor, Jia Xin,
Intan Khasumarlina Binti mohd Khalid

Regional Brand Loyalty of Green Tea Based on the
Theoretical Norms of Subjective Consumer Behavior Information 656
Haidong Liang, Linwei Yan, Somjai Nupueng

Fine Grained Recognition of Stamping Defects in
Automotive Panels Based on Deep Learning 670
Shanglin Wang, Celso. Co

Application of Diversified Evaluation in the
Business Correspondence 681
Bing Bao

Detection method of electric vehicle charging pile
space holder based on deep learning 694
Chen Geng, Jeffrey S. Sarmiento,
Anton Louise De Ocampo, Rowell Hernandez

The Impact of Leadership on Innovative Behavior of
Hotel Employees under Information Engineering Iteration 710
Peng Cheng

Risks of Social Interaction Order in Metaverse and Legal Responses 721
Jianchu Zou, Xiaowei Hu

Application of Sculpture Intelligent Data Analysis
and Design in Environmental Design 740
Yeheng Liu

Motorbike Helmet Wearing Detection in Complex
Traffic Environment Based on Improved YOLOV5 751
Ouyang Zhaozhang, Jeffrey S. Sarmiento, Zhang Weixiong

The Integration of Digital Art Design into the Innovation Ecology of Traditional Handicraft Culture 770
Xiaolan Qian

Changchun University of Finance and Economics Strengthens the Integration of Industry and Education, Strengthens the Cultivation of Cross-Border E-Commerce Talents 782
Zhang Buyuan

Crowdsourcing Translation Technology Based on Recurrent Neural Network Model with Bilingual Constraints 794
Hui Zhao, Ali Bin Selama, Kaiyisah Hanis Binti Mohd Azm

Construction and Application of a Massive Open Online Course System in English based on Modern Technology 805
Wei Zhu

Optimizing C-STEAM Course Content Design Using Data Mining Techniques..... 817
Jiao Zhang, Fariza Khalid, Hazrati Husnin

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 14/03/2024
Aceitação/Acceptance: 16/06/2024

Perspectivas Avanzadas en Política Pública y Pobreza Multidimensional: Propuesta de un Sistema de Soporte para la Toma de Decisiones utilizando Registros Administrativos

Yasmina Vizuete-Salazar[1], Miguel Flores[1] and Edison Loza-Aguirre[1]

{yasmina.vizuete; miguel.flores; edison.loza}@epn.edu.ec;

[1] Escuela Politécnica Nacional, 170525, Quito, Ecuador.

Pages: 1-17

Resumen: Este estudio presenta una propuesta de un Sistema de Soporte a la Toma de Decisiones (DSS) basado en la construcción de un indicador de pobreza multidimensional utilizando registros administrativos de salud, educación, infraestructura de servicios públicos y consumos promedio de servicios básicos, para obtener una clasificación de pobreza de una población. Más allá de la función de soporte, el enfoque detallado y la capacidad para identificar patrones, el DSS se puede convertir en una herramienta para los niveles estratégicos del gobierno, allanando el camino para mejorar las políticas para reducir la pobreza y mejorar las condiciones de vida de la población.

Palabras-clave: Sistemas de Soporte para la Toma de Decisiones; política pública; proceso de toma de decisiones; indicador de pobreza multidimensional; registros administrativos

Advanced Perspectives in Public Policy and Multidimensional Poverty: A Proposal for a Decision Support System using Administrative Records

Abstract: This study presents a proposal for a Decision Support System (DSS) based on constructing a multidimensional poverty indicator using administrative records from health, education, public service infrastructure, and average consumption of basic services to obtain a poverty classification of a population. Beyond its supporting function, the detailed approach and ability to identify patterns allow the DSS to evolve into a tool for government's strategic levels, paving the way to enhance policies aimed at poverty reduction and improving living conditions for the population.

Keywords: Decision support systems; public policy; decision-making process; multidimensional poverty measure;

1. Introducción

La pobreza es el principal problema que necesita priorización para la formulación de políticas públicas. A nivel global, el 10% de la población viven con menos de $US1.90 al día (Naciones Unidas, 2023). En Ecuador, hay un 27% de personas en pobreza y 10% en extrema pobreza por ingresos (INEC, 2023). Para aportar con soluciones a este problema acuciante, se requiere no solo de datos sino de sistemas que permitan el análisis de los mismos. Los Sistemas de Soporte para la Toma de Decisiones (Decision Support Systems – DSS en sus siglas en inglés y se utilizará en el resto del estudio) se han desarrollado para satisfacer las necesidades de los tomadores de decisiones en el análisis y modelado de datos con diferentes niveles de precisión (Mansmann y Scholl, 2007).

Los DSS facilitan la integración de herramientas y técnicas de análisis exploratorio, lo que posibilita su adaptación a una amplia gama de fenómenos. Permiten a los tomadores de decisiones interactuar con los datos, descubrir patrones, tendencias y relaciones que podrían haber pasado desapercibidos en el pasado. Asimismo, posibilitan la exploración de diversos escenarios. Esta capacidad mejora la comprensión de los factores que influyen en las decisiones, identificando las soluciones más efectivas para abordar un problema determinado (Aini et al., 2019; Csáki y Adam, 2010; Power, 2002; Power y Sharda, 2007).

Si bien los DSS han tenido éxito en su aplicación en el sector privado, para el sector público representa un reto debido a la limitación presupuestaria para la recopilación de datos sobre pobreza, la complejidad de la integración de diversas fuentes de datos, el desconocimiento y la falta de infraestructura tecnológica para la implementación de estos sistemas, y, las regulaciones gubernamentales (Loukis et al., 2020; Sarwosri et al., 2017; Vizuete-Salazar et al., 2019).

	Brecha de investigación	***Contribución a la investigación***
CI1	Existe amplia literatura sobre el éxito del uso de DSS en el sector privado. Gracias a esto, existe interés en utilizar estos sistemas también en el sector público, adaptándolas adecuadamente para satisfacer las necesidades, objetivos y orientaciones de atención al desarrollo de las personas que demanda este sector. Sin embargo, pocas contribuciones han abordado este tema.	Un DSS enfocado en el sector público puede ayudar a afrontar los desafíos que involucran la toma de decisiones con múltiples criterios relacionados con datos de población en pobreza. Además, un DSS de estas características puede apoyar a los formuladores de políticas públicas en la utilización de información para contribuir a la asignación de recursos de acuerdo con las necesidades de la población.
CI2	La aplicación de políticas públicas en programas de reducción de la pobreza depende en contar con datos multidimensionales actualizados sobre pobreza. Implementar un DSS requiere considerar las características de la decisión y los datos que se utilizarán en el sistema.	El estudio pretende proponer una estructura para un DSS que satisfaga las necesidades de información y permita el análisis de datos multidimensionales para la formulación de políticas públicas.

Tabla 1 – Contribuciones a la investigación

Este estudio tiene como objetivo, ampliar el conocimiento sobre **cómo los DSS contribuyen a mejorar la formulación de políticas públicas relacionadas**

con pobreza, mediante una revisión literaria sobre los DSS, pobreza y uso de registros administrativos, para proponer un indicador de pobreza multidimensional utilizando registros administrativos, y un DSS que integre datos de servicios públicos para clasificar a la población en base al indicador de pobreza multidimensional. Así, este estudio persigue las siguientes contribuciones de investigación (CI) (Tabla 1).

El presente documento está organizado de la siguiente manera. En la sección 2, se presenta la metodología. La sección 3 presenta los resultados de la revisión literaria. En la sección 4 se presenta la propuesta de este estudio. Finalmente, se tiene a las discusiones, en la sección 5, y las conclusiones, en la 6.

2. Metodología

En esta sección presentamos el proceso de revisión literaria utilizado en nuestro estudio, con la finalidad de contextualizar y fundamentar nuestra investigación en el conocimiento existente sobre el tema. Además, buscamos identificar vacíos en la investigación previa, evaluar las perspectivas actuales y proporcionar un marco teórico sólido para el desarrollo y la interpretación de nuestros hallazgos.

2.1. Criterios

Los criterios de búsqueda utilizados en nuestro estudio fueron (Tabla 2):

Criterios de inclusión	OR (Data mining, Data analysis, OLAP, Poverty, Public policy)
Criterio de exclusión	No se considera los artículos con temática sobre Lógica Difusa (Fuzzy logic)
Criterios de selección	• Estar escrito en inglés o español • Área temática: Informática, Ciencias Sociales, Ingeniería, Economía, Econometría y Finanzas, Ciencias de la Decisión, Multidisciplinar • Ser único (sin duplicados) • El año de publicación no fue limitado. • Si hay más de 100 resultados, los primeros 25 se revisan en orden de relevancia.

Tabla 2 – Criterios

Se seleccionaron los primeros 25 artículos más relevantes de una búsqueda inicial de más de 100, siguiendo las recomendaciones de las bases de datos académicas, ya que emplean algoritmos avanzados que valoran la frecuencia de citación, la temática y la pertinencia del contenido para ordenar los resultados. Este método garantiza revisar primero los artículos más influyentes y pertinentes, priorizando así la calidad sobre la cantidad en el proceso de selección.

2.2. Estrategia de Búsqueda

Con base en la metodología diseñada por Oates (2006), el tema de investigación se dividió en dos conceptos. Se consideraron términos alternativos para conceptos de investigación para ampliar la búsqueda de artículos. Se procedió a combinar términos similares que involucran los DSS y conceptos relacionados, garantizando que el contexto esté siempre asociado con el uso de DSS. Además, se integraron conceptos relacionados

con la pobreza para considerar aplicaciones en políticas públicas para aliviar la pobreza. (Ver Figura 1)

Estos conceptos se buscaron en los campos de título, palabras clave y resúmenes de artículos de revistas o actas de congresos (proceedings) utilizando los motores de búsqueda SCOPUS, ScienceDirect e IEEE Xplore**.**

2.3. Estrategia de Filtrado

En la primera fase del estudio, se creó un conjunto inicial de datos mediante la selección de conceptos, términos alternativos y combinación de conceptos (ver Figura 1). La búsqueda inicial se realizó en las bases de datos bibliográficas Scopus, ScienceDirect e IEEE Xplore, utilizando los términos clave definidos en los criterios de inclusión, como "Data Mining", "Data Analysis", "OLAP", "Poverty" y "Public Policy". Los criterios de exclusión descartaron artículos que trataban sobre Lógica Difusa (Fuzzy Logic). Se aplicaron los criterios de selección para que los artículos estuvieran escritos en inglés o español, pertenezcan a áreas temáticas específicas como Informática, Ciencias Sociales, Ingeniería, Economía, Econometría y Finanzas, Ciencias de la Decisión y Multidisciplinar, descartando los artículos irrelevantes y duplicados, y, que aporten a contestar a la pregunta de investigación de este estudio.

Luego, se aplicó la técnica de bola de nieve hacia adelante y hacia atrás (backward and forward snowballing, en su traducción en inglés), descrita por Badampudi, Wohlin y Petersen (2015), utilizando Google Scholar como herramienta secundaria (Ver Figura 2).

3. Resultados

3.1. Análisis cienciométrico

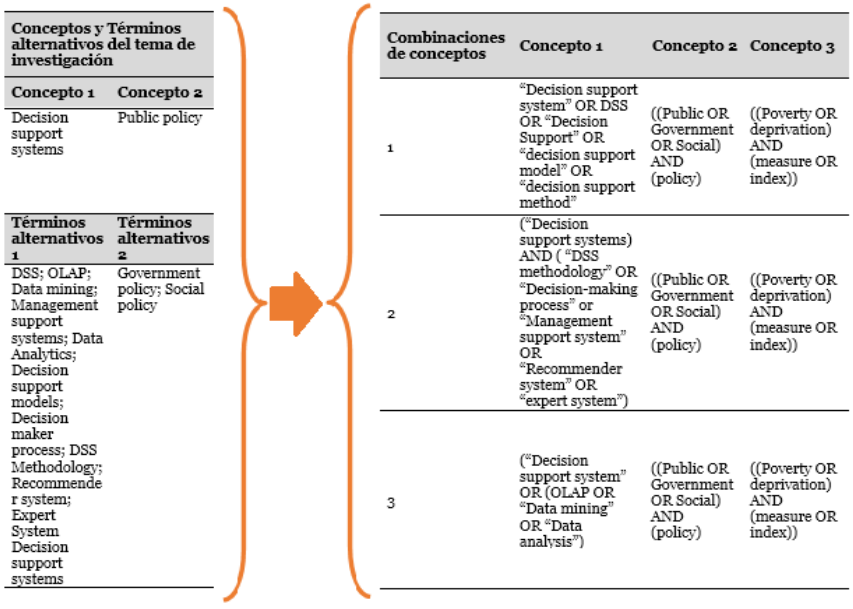
Como resultado de la aplicación de las estrategias de búsqueda y filtrado, en la primera fase, se realizó una búsqueda en las bases de datos académicas, obteniendo 15,369 artículos (Scopus: 4,004; ScienceDirect: 6,941; IEEE Xplore: 4,424). Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión definidos en la Tabla 2, que redujo el total a 94 artículos. Luego, se descartan los artículos duplicados o irrelevantes y que no aportan a contestar a la pregunta de investigación, quedando 25. Usando la técnica de 'snowballing' (revisión de referencias y citas de los 25 artículos seleccionados), se añadieron 152 artículos adicionales. Tras aplicar nuevamente los criterios de selección, se seleccionaron 9 artículos más. El proceso completo resultó en 34 artículos que cumplen con todos los criterios y aportan significativamente a la investigación.

El análisis de las publicaciones revela que los 34 artículos seleccionados se obtuvieron a través de Scopus (76%), ScienceDirect (15%) e IEEE Xplore (9%). Además, el 88% corresponden a publicaciones en revistas, mientras que el 9% restante corresponde a proceedings. El 22% se los obtuvo de la revista Journal of Decision Systems y el 19% de Decision Support Systems. La mayor parte de las publicaciones se clasifica en el segundo cuartil (48%), seguido por el primer cuartil (28%), tercer cuartil (3%), cuarto cuartil (3%) y productos no categorizados (22%). El 75% de las publicaciones corresponde a Reino Unido, Holanda y Estados Unidos (Bovea et al.,2024).

Se realizó una revisión crítica de los artículos seleccionados, para asegurar su relevancia, y agrupar las ideas principales en tres tópicos: pobreza, DSS y registros administrativos. En cada tópico se agregaron proposiciones que funcionaron como puntos de partida para el diseño del indicador de pobreza multidimensional y DSS, discusión y conclusiones de este estudio. A continuación se muestra el resultado del uso de los artículos seleccionados en cada tópico.

3.2. Pobreza

La medición de la pobreza se ha centrado típicamente en ingresos y umbrales específicos, aunque esta problemática está arraigada en factores más amplios como la exclusión social y la falta de vivienda. Abordar eficazmente la pobreza requiere considerar la accesibilidad de las personas a servicios sociales, atención médica y educación (Alkire y Foster, 2011b; Brugué et al., 2002). Este enfoque demanda métricas adicionales para evaluar verdaderamente la extensión de la pobreza en la sociedad, siendo esencial en la formulación de políticas públicas efectivas, las que deben enfocarse en mejorar oportunidades educativas, laborales y de movilidad social con el fin de disminuir la pobreza y sus impactos negativos a lo largo de generaciones (World Bank, 2018; Škare y Družeta, 2016).



Conceptos y Términos alternativos del tema de investigación	
Concepto 1	**Concepto 2**
Decision support systems	Public policy
Términos alternativos 1	**Términos alternativos 2**
DSS; OLAP; Data mining; Management support systems; Data Analytics; Decision support models; Decision maker process; DSS Methodology; Recommender system; Expert System Decision support systems	Government policy; Social policy

Combinaciones de conceptos	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3
1	"Decision support system" OR DSS OR "Decision Support" OR "decision support model" OR "decision support method"	((Public OR Government OR Social) AND (policy)	((Poverty OR deprivation) AND (measure OR index))
2	("Decision support systems) AND ("DSS methodology" OR "Decision-making process" or "Management support system" OR "Recommender system" OR "expert system")	((Public OR Government OR Social) AND (policy)	((Poverty OR deprivation) AND (measure OR index))
3	("Decision support system" OR (OLAP OR "Data mining" OR "Data analysis")	((Public OR Government OR Social) AND (policy)	((Poverty OR deprivation) AND (measure OR index))

Figura 1 – Conceptos, Términos alternativos y Combinación de conceptos. Fuente: Autores

Según Hill y Adrangi (1999), se consideran que las principales dimensiones de la pobreza multidimensional suelen ser salud, educación y nivel de vida. La dimensión de salud se refiere a la capacidad de acceder a atención médica básica y mantenerse saludable. Esto

incluye el acceso al agua potable, el saneamiento y una nutrición adecuada. La falta de acceso a servicios básicos de salud puede provocar desnutrición, enfermedades y otros problemas de salud, que pueden perpetuar aún más la pobreza (Annoni et al., 2015; Muñoz et al., 2018).

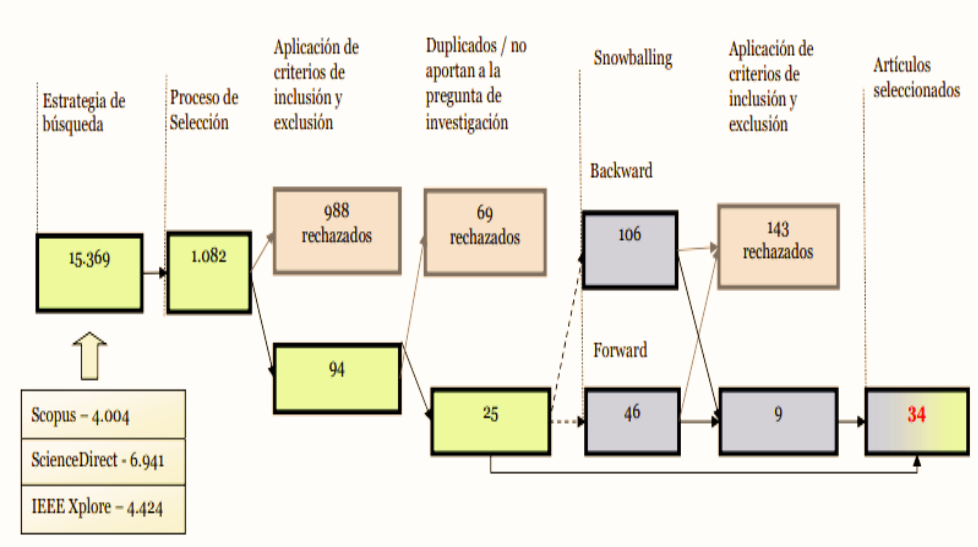


Figura 2 – Proceso de búsqueda de artículos. Fuente: Autores

La dimensión educativa incluye el acceso a la educación y la capacidad de alcanzar, al menos, un nivel básico de educación. La falta de educación limita las oportunidades de empleo y movilidad social, lo que dificulta que las personas no tengan oportunidades para que aumenten sus habilidades y conocimientos (Moser y Felton, 2007; Muñoz et al., 2018), manteniéndolas en situaciones de pobreza.

La dimensión del nivel de vida incluye el acceso a servicios para cubrir necesidades básicas como vivienda adecuada, alimentos y servicios públicos, como agua potable, electricidad, alcantarillado, que permiten a las personas mantener un estándar de vida básico (Hill y Adrangi, 1999; Medeiros et al., 2021; Mideros, 2012).

Proposición 1: La pobreza es un problema multidimensional, por lo que se definen como las principales dimensiones a salud, educación y nivel de vida, entendiendo que la dimensión de salud se refiere al acceso a atención médica, la dimensión educativa incluye el acceso a la educación, y, la dimensión del nivel de vida se refiere al acceso y disponibilidad de servicios básicos.

3.3. Sistemas de Soporte para la Toma de Decisiones (DSS)

Un DSS es una herramienta informática que ayuda a los tomadores de decisiones a realizar análisis exploratorios para comprender problemas complejos, proporcionándoles información para respaldar el proceso de toma de decisiones en el análisis de datos,

especialmente cuando requieren enfrentar decisiones sobre problemas con criterios múltiples (Aini et al., 2019; Aryuni y Madyatmadja, 2018; Power, 2002; Power y Sharda, 2007).

Proposición 2: DSS facilitan análisis exploratorios adaptativos a diversas situaciones, especialmente útiles en problemas de toma de decisiones con múltiples criterios.

Los gobiernos tienen que abordar una gama de cuestiones complejas y las decisiones que toman tienen un impacto significativo en las vidas de sus ciudadanos (Loukis et al., 2020; Turban et al., 2011). Las decisiones estratégicas requieren una gestión adecuada de información debido a que el proceso de toma de decisiones es un aspecto crítico de cualquier organización, especialmente en el ámbito de las políticas públicas (Cheong y Corbitt, 2011). Es por esto que los DSS permiten el tratamiento sistemático de diversas fuentes de datos para identificar las causas subyacentes de los problemas y a desarrollar intervenciones específicas y efectivas, facilitando que quienes toman decisiones comprendan las implicaciones, prueben el impacto de diferentes políticas y tomen decisiones basadas en esta información (Csáki y Adam, 2010; Mansmann y Scholl, 2007; Power, 2002; Power y Sharda, 2007; Turban et al., 2011). En este sentido, un DSS necesita datos precisos como insumo para luego obtener información que pueda ser utilizada para formular e implementar políticas específicas con el fin de mejorar las condiciones de vida de una población en pobreza (Sarwosri et al., 2017).

Una de las vías para obtener estos datos se refleja en el creciente interés de los gobiernos en analizar los datos de los ciudadanos para entender mejor su comportamiento al utilizar servicios públicos. Estos datos se almacenan en las bases de datos institucionales, lo que subraya la necesidad de una comprensión profunda a través del análisis de datos y los DSS, que refuerza la construcción de políticas efectivas adaptadas a las necesidades cambiantes de la población (Beluzo et al., 2020; Loukis et al., 2020; Talingdan, 2019).

Proposición 3: A medida que una institución acumula datos, variables, fuentes de datos y conocimiento especializado, ésta puede implementar un DSS para consolidar estos insumos y proporcionar alternativas para el proceso de toma de decisiones, que respalden cómo se podrían aplicar las políticas gubernamentales.

3.4. Registros Administrativos

La eficacia de las políticas de reducción de la pobreza depende mucho de los datos recopilados y la intervención se realiza según las características de la población. Se establece que los datos recopilados tienen varias variables que pueden ser utilizadas para determinar la categoría de pobreza, de ahí que el gobierno pueda establecer políticas específicas para cada una de ellas. Este es el primer beneficio de utilizar DSS en el tema de la pobreza (Sarwosri et al., 2017; Talingdan, 2019).

Los registros administrativos de servicios públicos proporcionan datos sobre la pobreza multidimensional ya que incluyen matrícula y asistencia escolar, acceso a servicios de salud, consumo de electricidad, satisfacción del consumidor y acceso a telecomunicaciones (Castillo, Layedra et al., 2018; Castillo y Jácome, 2015; Medeiros et al., 2021). Integrar estos datos en políticas públicas mejora las comunidades locales, enfatizando la importancia de estos registros. La integración de datos en un DSS permite

a los responsables políticos comprender las necesidades de la población y diseñar estrategias efectivas para reducir la pobreza (Vizuete-Salazar et al., 2022).

En la revisión de la literatura se identificaron casos exitosos de integración de registros administrativos para formulación de políticas públicas. En el caso de México, el programa Oportunidades ha utilizado registros administrativos de acceso a la salud y la educación para destinar recursos a poblaciones vulnerables, reduciendo las tasas de pobreza hasta en un 20% (Fiszbein et al., 2009). De manera similar, en Brasil, el programa Bolsa Familia ha utilizado registros administrativos sobre la situación laboral y los ingresos de los trabajadores para el proceso de selección de beneficiarios del programa (Soares et al., 2010).

También se identificaron limitaciones en la integración de registros administrativos. La falta de interoperabilidad entre diferentes bases de datos administrativas, y, la restricción de datos (ya que las mediciones se realizan a nivel agregado por unidades como barrios, sectores, parroquias, cantones, etc.), son las limitaciones que dificultan combinar diferentes fuentes de datos (Castillo et al., 2018; Vizuete-Salazar et al., 2022). Con el desarrollo de estándares de intercambio de datos se puede integrar eficientemente los registros administrativos.

Proposición 4: La integración de registros administrativos en un DSS, mejora la comprensión de pobreza multidimensional de la población, superando las limitaciones a través de estándares de intercambio de datos.

A pesar de las limitaciones, se pueden obtener datos para construir un indicador de pobreza multidimensional. En la dimensión de salud, se pueden determinar las áreas con altas tasas de enfermedades prevenibles mediante el análisis de registros administrativos sobre el número de visitas a centros de salud y los tipos de servicios prestados (G. Castillo et al., 2018). Analizando los registros de logros educativos, número de estudiantes matriculados y tipos de programas educativos se pueden identificar las áreas con bajas tasas de matrícula y asistencia escolar (Jahan, 2002; Talingdan, 2019). En cuanto a nivel de vida, se analiza el número de hogares con acceso a agua potable e instalaciones sanitarias, estado de las carreteras y disponibilidad de transporte público, para identificar áreas con infraestructura inadecuada (Medeiros et al., 2021). También se pueden identificar áreas con bajos niveles de consumo de servicios públicos como electricidad y agua (Alkire y Foster, 2011a).

Proposición 5: DSS se aplican al análisis de registros administrativos en dimensiones como salud, educación, nivel de vida, que proporcionan información sobre características de las áreas poblacionales para determinar su nivel de pobreza.

4. Propuesta

4.1. Indicador de Pobreza Multidimensional (IPM)

En este contexto, al tratarse de un indicador de pobreza multidimensional, se busca identificar las dimensiones que permitan su construcción. Respondiendo a la Proposición 1, se tiene las dimensiones de salud, educación y nivel de vida.

Para la dimensión de salud se define el indicador por el número de centros de salud, tomando en cuenta que debe existir la disponibilidad y facilidad de uso de este servicio para mejorar las condiciones de vida de la población (Ponce, 2015; Vázquez Brust y Zambrano Barragán, 2020). En general, los centros de salud tienden a estar concentrados en áreas de alta densidad poblacional, dejando a las áreas remotas sin cobertura, incrementando la incidencia de muerte perinatal, neonatal e infantil, siendo factores que incrementan el nivel de pobreza de la población (Rojas-Gualdrón y Caicedo-Velázquez, 2017). Además, esta dimensión considera que la población cuente con acceso a agua potable, sanidad y adecuada nutrición, como se indica en la proposición 1 (Annoni et al., 2015; Muñoz et al., 2018).

Para la dimensión de educación, la disponibilidad de centros educativos, medida por el número de centros educativos, es importante para aumentar la matriculación escolar, especialmente en áreas densamente pobladas y facilita el acceso de los niños a la educación básica, un derecho fundamental que influye directamente en la reducción de la pobreza al mejorar las capacidades individuales para la toma de decisiones. Según Pérez Akaki y Fonseca Soto (2017), la distribución desigual de estos centros puede fragmentar a las familias según sus ingresos, lo cual podría explicar la persistencia de la pobreza en ciertas áreas. Además, Muñoz et al. (2018), Yan et al. (2018) y Zuluaga y Bonilla (2005) subrayan que la calidad, accesibilidad y distribución equitativa de las instituciones educativas son cruciales para este impacto positivo. Los problemas de accesibilidad y disponibilidad de servicios educativos afectan el desarrollo familiar, y, una distribución geográfica equitativa es vital para mitigar desigualdades y mejorar condiciones de vida, especialmente en áreas marginales y rurales donde la carencia de estos servicios es más aguda. La no provisión de servicios educativos perpetúa los ciclos de pobreza ya que la persona no alcanza mayor nivel educativo y, por tanto, no desarrolla mejores capacidades para tomar mejores decisiones de vida (Muñoz et al., 2018; Yan et al., 2018; Zuluaga y Bonilla, 2005).

Para la dimensión de nivel de vida, se definen dos indicadores. El primero es de acceso a infraestructura municipal de servicios, como es agua potable, alcantarillado y transporte, tomando en cuenta el número de familias con acceso a estos servicios (Medeiros et al., 2021). El segundo es el consumo promedio que realizan los hogares de servicios públicos, como agua potable y electricidad.

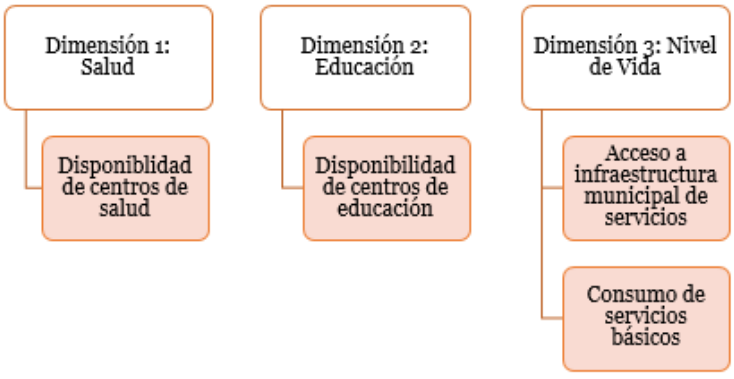


Figura 3 – Dimensiones e indicadores. Fuente: Autores

En resumen, se tiene la siguiente descripción de cada uno de los indicadores propuestos, que se muestran en la Figura 3:

1. Disponibilidad de centros de salud: número de centros de salud.
2. Disponibilidad de centros de educación: número de centros educativos.
3. Acceso a infraestructura municipal de servicios: redes de servicios de transporte público, electricidad, alcantarillado, agua potable y recolección de basura, provistos por el municipio o gobierno local.
4. Consumo de servicios públicos: consumos promedios de los clientes residenciales (a nivel de hogar) de los servicios de agua potable y electricidad.

La Figura 4 presenta el modelo conceptual sobre las relaciones de cada indicador para determinar el IPM.

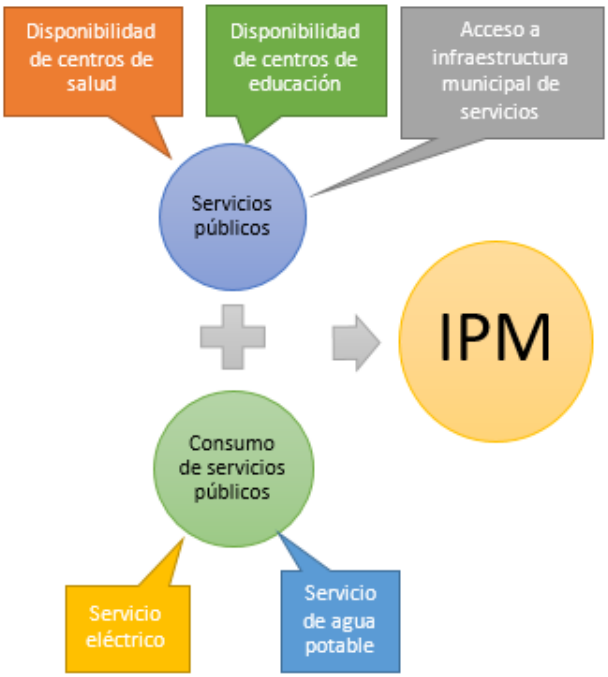


Figura 4 – Esquema conceptual para el cálculo del IPM. Fuente: Autores

Bajo el concepto de Servicios Públicos se consolidarán tres indicadores, que corresponden a Acceso a la Salud, Acceso a la Educación y Acceso a infraestructura municipal de servicios, que muestran la oferta de servicios que brindan las entidades gubernamentales para uso de la población. Estos servicios no dependen de la población, ya que no interviene en la prestación de los servicios.

El cuarto indicador, consumo de servicios públicos, sí depende exclusivamente de los hogares, ya que corresponde al consumo de los servicios de electricidad y/o agua

potable. Se pretende establecer cómo estos consumos afectan la medición de la pobreza en cada área.

El IPM propuesto busca clasificar a la población en un nivel de pobreza calculado por los indicadores ya mencionados. Por lo tanto, se requiere un DSS, que contenga los componentes que se muestran en la Figura 3, para satisfacer las necesidades de los tomadores de decisiones en relación a esta clasificación (Aryuni y Madyatmadja, 2018; Mansmann y Scholl, 2007).

4.2. DSS

Hasta el momento se ha llevado a cabo la identificación del problema y entender cómo el DSS puede contribuir a su solución. La siguiente es una propuesta que permite procesar los registros administrativos que lleven a obtener una clasificación de pobreza de una población, en concordancia a lo expuesto en las proposiciones 4 y 5.

Como se puede observar en la propuesta se contempla lo expuesto en las proposiciones 1 y 2, considerando que se tiene un fenómeno social multi- criterio por la multidimensionalidad de la pobreza. Respondiendo a la proposición 3, los datos disponibles deben ingresarse para las tres dimensiones establecidas con cuatro indicadores como se indica en la Figura 3.

Los registros administrativos se procesarán en el DSS para establecer el IPM. Esto permitirá al DSS presentar una clasificación de la población, que permitirá contribuir a la formulación de políticas públicas acorde a las características de la población a atender, siendo concordante con la proposición 3.

La Figura 5 indica la propuesta para el DSS. La primera fase de implementación pasará por identificar las fuentes primarias de registros administrativos. Debido a una restricción legal, no es factible recopilar datos a nivel de individuos porque se consideran datos confidenciales. En este contexto, se requieren datos en el siguiente nivel superior de agregación, que es el hogar, y, geográficamente a nivel de sector censal.

En la segunda fase, se desarrollará un modelo que integre los registros para obtener los indicadores de salud, educación, infraestructura municipal de servicios y consumo de servicios públicos, con el fin de obtener la medida de pobreza multidimensional.

En la fase de despliegue, se obtendrá el IPM para categorizar a la población en un ranking. De esta manera, se pueden establecer las áreas que requieren mayor atención para la formulación de política pública, en consonancia con las proposiciones 4 y 5.

El diseño de un DSS ofrece ventajas significativas al responder a necesidades complejas y específicas en diversos escenarios, mejorando la calidad y eficiencia en la toma de decisiones. Esta propuesta tiene el potencial de convertirse en una herramienta para las autoridades en la gestión de recursos y la planificación estratégica, facilitando una asignación y distribución de recursos más efectiva. Además, el DSS puede abordar problemas de optimización a gran escala con el uso de registros administrativos que se procesarán en el DSS para establecer el Índice de Pobreza Multidimensional (IPM). Esto permitirá al DSS presentar una clasificación de la población, contribuyendo a la formulación de políticas públicas acorde a las características de la población a atender (Castro-Bolaño et al., 2021).

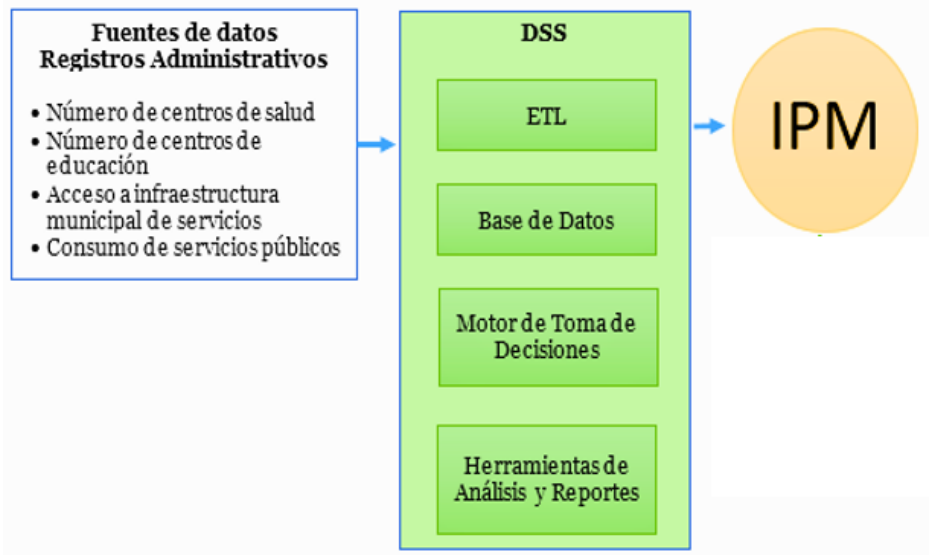


Figura 5 – Propuesta de DSS

5. Discusión

En el ámbito de las políticas públicas, los DSS contribuyen a su formulación e implementación debido a que, al integrar herramientas de análisis de datos a partir de registros administrativos, es posible tomar decisiones informadas y mejorar la eficiencia en la implementación de la política.

Los DSS permiten que las instituciones ejecuten los procesos de toma de decisiones, considerando los datos que aborden las necesidades de la población. El diseño de la propuesta simplificará la representación de una situación específica y, al mismo tiempo, permitirá la gestión metódica de los registros administrativos.

La ventaja de los DSS para integrar varias fuentes de datos, a través del componente ETL, permitirá que se conforme una base de datos homogénea para uso del motor de toma de decisiones y herramientas de análisis. De esta manera, se podrán validar los resultados que se vayan ajustando a las características de la población en estudio.

Esta representación ayudará al sector público a abordar diversas problemáticas que afectan a diferentes poblaciones al aprovechar datos gubernamentales disponibles, reduciendo el tiempo y costo de recolección de datos (Vizuete-Salazar et al., 2019). El uso de registros administrativos en un DSS permitirá desarrollar escenarios que contemplan otros factores socio-económicos como indica el estudio de Loukis et al. (2020), complementando a la información levantada por los métodos tradicionales de recolección de datos de población en pobreza.

6. Conclusiones

El objetivo de este estudio es el conocer cómo los DSS pueden apoyar el proceso de toma de decisiones para mejorar la formulación de políticas públicas. Para ello, y en base a la revisión literaria realizada, se ha presentado una propuesta con dos componentes: i) indicador de pobreza multidimensional (IPM) utilizando registros administrativos, que comprenden dimensiones de salud, educación y nivel de vida, y, ii) DSS que permite procesar los registros administrativos que lleven a obtener una clasificación de pobreza de una población mediante el IPM propuesto.

Estos componentes responden a la contribución CI1 de este estudio, relacionada a que el nivel estratégico de una entidad gubernamental pueda contar con una herramienta para tomar decisiones que involucran múltiples criterios relacionados con pobreza, ya que integra fuentes de datos de servicios públicos que se generan periódicamente en las instituciones públicas, de esta manera se podrán mantener actualizadas las dimensiones que conforman el IPM, con el fin de destinar los recursos de acuerdo con las características de la población.

Adicionalmente y en relación a la contribución CI2, este estudio propone una estructura para un DSS que aborde las necesidades de información y aplique el análisis de datos multidimensionales, brindando un contexto decisional con mayor información, facilitando así la formulación de políticas públicas.

Como trabajo futuro, es decir para la implementación efectiva de la propuesta del IPM y del DSS, es necesario, en primer lugar, un análisis de los datos existentes en las instituciones públicas para garantizar la viabilidad y accesibilidad de los registros administrativos necesarios para alimentar el DSS. Esto implicaría la identificación y la integración de diversas fuentes de datos, asegurando su actualización y calidad, con implementación de protocolos de estandarización de los datos y contar con una infraestructura tecnológica que pueda procesar estos registros administrativos de manera eficiente, permitiendo la creación del IPM de forma periódica y actualizada.

Además, es importante establecer protocolos para la interpretación y aplicación de los resultados proporcionados por el DSS, garantizando que los encargados de la toma de decisiones comprendan y utilicen adecuadamente la información generada para la formulación de políticas públicas enfocadas en las necesidades reales de la población.

Finalmente, se recomienda un enfoque de mejora continua, que incluya la retroalimentación de usuarios y la adaptación constante del sistema DSS para optimizar su funcionalidad y precisión a lo largo del tiempo, asegurando así su relevancia y efectividad a medida que evolucionan las condiciones y necesidades sociales.

Referencias

Aini, Q., Hidayah, N. A., y Istiqomah, A. N. (2019). Scholarship Decision Support System Using Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation. En *2018 6th International Conference on Cyber and IT Service Management, CITSM 2018* (pp. 1–5). IEEE. https://doi.org/10.1109/CITSM.2018.8674268

Alkire, S., y Foster, J. (2011a). Counting and multidimensional poverty measurement. *Journal of Public Economics*, 95(7–8), 476–487. https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2010.11.006

Alkire, S., y Foster, J. (2011b). Understandings and misunderstandings of multidimensional poverty measurement. The Journal of Economic Inequality, 9(2), 289–314. https://doi.org/10.1007/s10888-011-9181-4

Annoni, P., Bruggemann, R., y Carlsen, L. (2015). A multidimensional view on poverty in the European Union by partial order theory. *Journal of Applied Statistics*, *42*(3), 535–554. https://doi.org/10.1080/02664763.2014.978269

Aryuni, M., y Madyatmadja, E. D. (2018). Decision support system on government loan for Indonesian's poor societies, en *Proceedings of 2017 International Conference on Information Management and Technology, ICIMTech 2017* (Vol. 2018-Janua, pp. 6–9). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICIMTech.2017.8273501

Badampudi, D., Wohlin, C., y Petersen, K. (2015). Experiences from using snowballing and database searches in systematic literature studies, en *Proceedings of the 19th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering - EASE '15* (pp. 1–10). New York, New York, USA: ACM Press. https://doi.org/10.1145/2745802.2745818

Beluzo, C. E., Silva, E., Alves, L. C., Bresan, R. C., Arruda, N. M., Sovat, R., y Carvalho, T. (2020). Towards neonatal mortality risk classification: A data-driven approach using neonatal, maternal, and social factors. *Informatics in Medicine Unlocked*, *20*(July). https://doi.org/10.1016/j.imu.2020.100398

Bovea, J. M., Salcedo, D., De-la-Hoz-Franco, E., Quiñonez, Y., Jimenez-Roa, L., Hoz-Avila, V. D. L., & Sanchez, J. G. (2024). Modelos de identificación de enfermedades cardiovasculares implementando técnicas de aprendizaje máquina: una revisión sistemática de la literatura. RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (53), 87-105. DOI: 10.17013/risti.53.87–105

Brugué, Q., Gomà, R., y Subirats, J. (2002). De la pobreza a la exclusión social. Nuevos retos para las políticas públicas. *Revista Internacional de Sociología*, *60*(33), 7–45. https://doi.org/10.3989/ris.2002.i33.728

Castillo, G., Layedra, F., Guaranda, M.-B., Lara, P., y Vaca, C. (2018). The Silence of the Cantons: Estimating Villages Socioeconomic Status Through Mobile Phones Data. In *2018 International Conference on eDemocracy & eGovernment (ICEDEG)* (pp. 172–178). Guayaquil, Ecuador: IEEE. https://doi.org/10.1109/ICEDEG.2018.8372308

Castillo, R., y Jácome, F. (2015). Medición de la Pobreza Multidimensional en Ecuador. *INEC - Ecuador*, 28. Obtenido de https://bit.ly/3FxCKU9

Castro-Bolaño, L, Uribe-Martes, C, Coronado-Hernandez, J, Ramírez-Ríos, D, Herazo-Padilla, N, Paez-Logreira, H y Gatica, G. (2021). A Decision Support System (DSS) for the heuristic allocation and routing of vehicles in urban freight transportation. Associacao Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao (AISTI). https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/10859

Cheong, F., y Corbitt, B. J. (2011). From Childhood Poverty to Catfish. *International Journal of Strategic Decision Sciences*, *1*(3), 14–32. https://doi.org/10.4018/jsds.2010070102

Csáki, C., y Adam, F. (2010). DSS requirements to support the regulated decision-making process of public procurement. *Journal of Decision Systems*, *19*(4), 439–464. https://doi.org/10.3166/jds.19.439-464

Fiszbein, A., Schady, N., Ferreira, H. G. F., Grosh, M., Keleher, N., Olinto, P., y Skoufias, E. (2009). *Conditional Cash Transfers: Reducing Present and Future Poverty, A World Bank Policy Research Report*. *The World Bank*. The World Bank. https://bit.ly/46Feqf4

Hill, R. P., y Adrangi, B. (1999). Global Poverty and The United Nations. *Journal of Public Policy & Marketing*, *18*(2), 135–146. http://www.jstor.org/stable/30000535

INEC (2023). *Indicadores de Pobreza y Desigualdad*. Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo 2023 (ENEMDU). Obtenido de https://bit.ly/3R1EqLd

Jahan, S. (2002). Measuring living standard and poverty : Human Development Index as an alternate measure. *University of Massachusetts Political Economy Research Institute.*, 1–14. https://peri.umass.edu/fileadmin/pdf/gls_conf/glw_jahan.pdf

Loukis, E. N., Maragoudakis, M., y Kyriakou, N. (2020). Artificial intelligence-based public sector data analytics for economic crisis policymaking. *Transforming Government: People, Process and Policy*, *14*(4), 639–662. https://doi.org/10.1108/TG-11-2019-0113

Mansmann, S., y Scholl, M. H. (2007). Decision support system for managing educational capacity utilization. *IEEE Transactions on Education*, *50*(2), 143–150. https://doi.org/10.1109/TE.2007.893175

Medeiros, V., Ribeiro, R., y Amaral, P. (2021). Infrastructure and household poverty in Brazil: A regional approach using multilevel models. *World Development*, *137*, 105118. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105118

Mideros, A. M. (2012). Ecuador: Definición y medición multidimensional de la pobreza, 2006-2010. *Revista Cepal*, (108), 51–70. https://bit.ly/3FvLoEb

Moser, C., y Felton, A. (2007). The Construction of an Asset Index Measuring Asset Accumulation in Ecuador (CPRC No. 87). *Chronic Poverty Research Centre*. https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e318270280e

Muñoz, J. F., Álvarez-Verdejo, E., y García-Fernández, R. M. (2018). On Estimating the Poverty Gap and the Poverty Severity Indices With Auxiliary Information. *Sociological Methods & Research*, *47*(3), 598–625. https://doi.org/10.1177/0049124115626178

Naciones Unidas. (2023). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de https://bit.ly/3N6UdXE

Oates, B. J. (2006). Researching Information Systems and Computing (p. 360). London: SAGE Publications. Obtenido de http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf

Pérez Akaki, P. y Fonseca Soto, M.R. (2017). Análisis espacial de la inclusión financiera y su relación con el nivel de pobreza en los municipios mexicanos. *Revista mexicana de economía y finanzas, 12*(1), 43-62. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-53462017000100043&lng=es&tlng=es

Ponce, B. (2015). Análisis de la accesibilidad geográfica en la atención primaria de la salud: estudio aplicado en los centros regionales de preferencias del gran resistencia (Chaco, Argentina). *Revista de Salud Pública*, 19(3), 32-44. https://bit.ly/3SmiqwB

Power, D. J. (2002). Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers. (Quorum Books, Ed.). London: Faculty Book Gallery. 67. https://scholarworks.uni.edu/facbook/67

Power, D. J., y Sharda, R. (2007). Model-driven decision support systems: Concepts and research directions. *Decision Support Systems*, *43*(3), 1044–1061. https://doi.org/10.1016/j.dss.2005.05.030

Rojas-Gualdrón, D., y Caicedo-Velázquez, B. (2017). Distancia al centro de atención en salud y mortalidad durante los primeros años de vida: revisión sistemática y metaanálisis. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(3), 420-431. https://bit.ly/49ghYpO

Sarwosri, Sunaryono, D., Akbar, R. J., y Setiyawan, R. D. (2017). Poverty classification using Analytic Hierarchy Process and k-means clustering. *Proceedings of 2016 International Conference on Information and Communication Technology and Systems, ICTS 2016*, 266–269. https://doi.org/10.1109/ICTS.2016.7910310

Soares, F. V., Ribas, R. P., y Osório, R. G. (2010). Evaluating the impact of Brazil's Bolsa Família: Cash transfer programs in comparative perspective. *Latin American Research Review*, *45*(2), 173–190. https://doi.org/10.1017/s0023879100009390

Škare, M. & Družeta, R.P. (2016) Poverty and economic growth: a review, *Technological and Economic Development of Economy*, 22(1), 156-175. http://dx.doi.org/10.3846/20294913.2015.1125965

Talingdan, J. A. (2019). Data mining using clustering algorithm as tool for poverty analysis, en *ACM International Conference Proceeding Series* (Vol. Part F1479, pp. 56–59). https://doi.org/10.1145/3316615.3316672

Turban, E., Sharda, R., y Delen, D. (2011). *Decision Support and Business Intelligence Systems*. (P. Hall, Ed.). New Jersey: Pearson Education. https://bit.ly/3MfV0Fu

Vázquez Brust, A., y Zambrano Barragán, P. (2020). Presentamos UrbanPy: una herramienta completa para el análisis de accesibilidad urbana. Obtenido de https://bit.ly/47afEPp

Vizuete-Salazar, Y., Flores, M., Belén Cabezas, A., Zambrano, L., y Vinueza, A. (2022). Integration of Administrative Records for Social Protection Policies-A Systematic Literature Review of Cases in the Latin American and Caribbean Region, en M. Botto-Tobar, O. S. Gómez, R. Rosero Miranda, A. Díaz Cadena, S. Montes León, & W. Luna-Encalada (Eds.), *Trends in Artificial Intelligence and Computer Engineering* (pp. 261–272). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-96147-3_21

Vizuete-Salazar, Y., Segura-Morales, M., y Loza-Aguirre, E. (2019). Estimating poverty: A state-of-the-art of methods. *ACM International Conference Proceeding Series*, 80–86. https://doi.org/10.1145/3325917.3325924

World Bank. (2018). *Poverty and Shared Prosperity 2018: Piecing Together the Poverty Puzzle*. Washington, DC.: World Bank. https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1330-6

Yan, Q., Li, C., Zhang, J., Ma, Z., y Luo, F. (2018). Uneven Distribution of Primary and Middle Schools: A Case Study of Changchun, China. Frontiers of Education in China, 13(4), 633-655. https://doi.org/10.1007/s11516-018-0032-y

Zuluaga, B., y Bonilla, D. (2005). El papel de las instituciones educativas públicas en la eliminación de la pobreza. *Estudios Gerenciales*, 21(97), 31-59. https://bit.ly/3FL78uh

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 28/02/2024
Aceitação/Acceptance: 20/05/2024

A software architecture for the automatic processing of physical or digital accounting documents

Micael Alexandre Marques Lopes[1], Vitor Duarte dos Santos[1]

m20210342@novaimas.unl.pt; vsantos@novaims.unl.pt

[1] NOVA IMS Information Management School, Campus de Campolide, 1070-312, Lisboa, Portugal

Pages: 18-48

Abstract: The advancement of technology and its integration into our daily lives has created a need for organisations to adapt and digitally transform working methods and how we use the available digital tools to conduct business successfully. Organisations implement digital transformation initiatives in addition to their internal processes, which can start in one department and expand to the entire organisation. The main objective of this article is to propose a new architecture for the automatic processing of accounting documents. The new architecture aims to streamline organisations by helping them transform the accounting area, enabling better decision-making, access to relevant information, and cost reduction. The study includes concepts related to accounting, the accountant's profession, and the impacts/challenges regarding information technologies. It also includes principles on AI, machine learning, optical character recognition, process automation, intelligent interfaces, intelligent accounting tools, and a set of available products. With the necessity of proposing a standard software architecture to process accounting documents, a proposal with four stages (classification, document management, integration, and analytical stages) was developed and later validated by specialists. This proposal is expected to contribute to organisations' clear understanding when implementing these architectures, besides enriching the scientific field by bringing a new perspective to future research on this subject.

Keywords: Accounting; Artificial Intelligence; Process Automation; Enterprise Resource Planning; Information Systems

1. Introduction

In the present day, technology is part of everyday life. Digital transformation is disrupting every type of business and industry (Branco et al., 2016; Schwertner, 2017) by destroying barriers between people and the business, originating in new types of products and services (Fortes et al., 2016) leading to "The ability to transform process and business models…" and the need for companies to build "…Digital Business Platform that is outcome driven and enabled by technology…" (Schwertner, 2017). With this kind of rapid transformation occurring, organisations are trying to respond to industry challenges and their customer's needs by reinventing the way they do business (Fernandes, 2018; Gartner, 2023; Möller et al., 2020), which could lead to struggles by small and medium companies to keep up with the constant changes and consequently

lose customers or profit. Another impactful factor on organisations was the worldwide COVID-19 pandemic crisis that accelerated the need for remote work and the use of digital tools to connect at times when presential meetings were not possible (Torous et al., 2020), physical activities were no longer possible, and the need for quick responses to the pandemic to secure the survival of companies (Gartner, 2023).

Organisations use Enterprise Resource Planning (ERPs) to manage their resources and integrate processes such as purchasing, supply chain, or human resources. Moreover, ERPs underpin the integration of each department into a single environment (Fernandes, 2018). This advancement has become one of the most critical developments in the company IT sphere, showing us how the companies will seek benefits such as faster information and decision-making, lower costs, or global control over operations (Basoglu et al., 2007). This modus operandum is relevant to fulfilling the need for businesses to maintain their systems and not let them become obsolete, which, according to the IDC, represents 35.4% of SMEs. The IDC has begun to raise warning signals regarding this adverse phenomenon, as companies possess unused data that could be used to increase profitability. Not heeding these dire signals leads to a disconnection from user experience and a lack of flexibility to scale up entrepreneurial operations and decisions, which leads to less-than-optimal outcomes (Schoenborn, 2021a). We also know that "… businesses want applications and business processes embedded with data intelligence…" (Schoenborn, 2021b) that could help companies make better decisions and generate innovation (Jenab et al., 2019), improve employee user experience, and reduce the need to carry out redundant tasks such as inserting accounting data in an ERP system.

Intelligent ERP systems bestow businesses a competitive edge and improve internal operations (Schoenborn, 2021b) while also enabling the incorporation of AI that can disrupt an industry by creating new forms of doing business (J. Lee et al., 2019). These tools are enhanced through machine learning to develop a single system that unifies and automates tasks in the accounting field. . As a result, it is desirable to build an architecture that could be applied to accounting business processes and clarify what organisations need to acquire to fully automate the above process, starting with the entrance of the document (physical or digital) and concluding with its introduction to the ERP system. Undoubtedly, the possibility of using software like RPA or OCR that can recur to AI to mitigate or eliminate the gap between an OCR, a digital platform, and an ERP will generate colossal value for companies (Siderska, 2020).

This research aims to create an architecture for the accounting modules of an ERP to automatically process physical or digital accounting documents that answers the question: "What organizations should do to process accounting documents automatically?", focusing how managers or directors should act do automate accounting, besides what software developers need to implement, and which software will be used. To accomplish this goal, artificial intelligence and process flow strategies will be used in the architecture, in addition to enable its adaptation to several types of ERP providers. First, we need to gather data regarding accounting and technologies related to intelligent interfaces (how they can interact and impact accounting). After this information is collected, we will start investigating technologies that can be applied to accounting and intelligent interfaces, as well as the accounting modules they cover, available functionalities, and integrations with third-party software. After knowing the market offers, we will start determining

and evaluating the necessary technologies and tools in the accounting process workflow since the document arrives at the organisation until it is duly registered in an ERP. With the information previously gathered, the modules and technologies incorporating the architecture will be selected to create a robust solution. Finally, the architecture creation will be based on two points: the information gathered from the previous steps and software that enables the automatic processing of accounting documents.

We live in a world where computers are increasingly present in our daily activities, especially since the arrival of mobile phones (International Monetary Fund, 2016), affecting the way human beings work and have social or private lives starting with social networks (M. Lee et al., 2018), access to bank accounts, or paying bills at any place or time. Companies are also obliged to follow the same path to respond to their customers (Araújo & Cota, 2016; Fortes et al., 2016) and ensure their survival. Thus, a study about an architecture that benefits businesses will add value in this context. Its development will be relevant to companies with accounting processes that need updating to gain a competitive edge in the market (Schoenborn, 2021b) since it will provide a straightforward and understandable view of what they will need to implement the automation process and which software is recommended to purchase. This architecture will also facilitate the possibility of uniformity in the internal network of the organisation's suppliers due to the possibility of acquiring everything from the same company.

It will be relevant to develop a study about the automation of a novel accounting process since it recurs to emerging technologies like AI that can disrupt markets and influence business (J. Lee et al., 2019), as previously mentioned in this proposal since a combination of technologies will enable an architecture that will facilitate the approach of companies to the market and their providers when they decide to embrace a digital stratagem and start automating their processes. Nevertheless, this proposal could be a starting point for an organisation's digital evolution because it will present a list of software that can be included and which functionalities they have, as well as their benefits, costs, and user experience (including the learning curve) that will simplify the software selection process due to the variety of offers.

2. Background

2.1. Accounting

A business can be seen as an organisation with resources to be processed and the primary goal in mind to sell products or services to customers (Warren et al., 2012). The well-oiled functional accounting department system requires an information system that will process the data, measure the activity, and communicate the results (Horngren et al., 2012) or economic events of an organisation (International Monetary Fund, 2016). This system can be divided into two fields, viz., financial accounting, which will report information at fixed intervals regarding financial statements (Kimmel et al., 2018) for external decision-makers like investors (Horngren et al., 2012). The other field is managerial accounting, which meets the specific needs of the managers who run the business and is focused on internal decision-making individuals (Horngren et al., 2012; Kimmel et al., 2018).

Accounting Systems can be considered crucial to an organisation's success (Jasim & Raewf, 2020). According to (Warren et al., 2012), there are sets of methods and procedures to gather, classify, and summarise data, like ticket reservations or credit card collections, into business information. This system is divided into a three-step process that starts with analysing the information that a user is going to need, then designing a system that meets its necessities, and finally implementing the system. We also have manual accounting systems, which are useful for identifying relationships and patterns between the gathered data and the produced reports. These are easy to use and understand when we have few transactions or records, but they are quite complex and become inefficient when these numbers increase. Conversely, computerised accounting systems have more advantages in simplifying record processing or recording multiple transactions simultaneously, providing more accurate and faster information as soon as a transaction occurs (Kimmel et al., 2018; Warren et al., 2012). By allowing a vast dynamism and according to (Tóth, 2012), a computerised system can be typified into three types: **The unautomated system** could be called a hybrid solution between the previously mentioned systems since accountants use papers or write notes for most tasks and computers for the electronic archive. Even though we already use computers to record data, we are susceptible to errors in repetitive tasks processed by humans; **The computed-base transaction system** allows independent data preservation from other processing actions in the systems that will maintain its integrity. Even though data is preserved, the process continues to be manual as accountants register the information on computers instead of paper. **The database system** removes data duplication and reduces inefficiency in processes and excess of information by using ERP systems (these will be presented in the following chapters).

As previously noted, the accounting topic is vast, and it includes several accounting-related fields, such as accounts payable, which is one of its main concerns (Trigo et al., 2014), payroll, which can benefit from automation and emerging technologies (Jędrzejka, 2019), and bank reconciliation.

Accounts Payable: Given the fact that debt is recorded as a liability (Warren et al., 2012), there are currently two kinds of liabilities in accounting: those that must be estimated and those with known amounts, which include accounts payable (Horngren et al., 2012). Also, it can be defined as "an obligation to pay cash in the near future" (Horngren et al., 2012, p. 64) that comes from a credit purchase transaction as merchandise or suppliers (Warren et al., 2012) or the amounts owned for products or services purchases (Horngren et al., 2012).

Bank Reconciliation: As it reconciles differences between the cash on the company's books and the cash on the bank records over specific periods (Horngren et al., 2012), bank reconciliation is the analysis of the items and amounts that result in cash balance (Warren et al., 2012). According to (Horngren et al., 2012; Warren et al., 2012), bank reconciliation, with the purpose of obtaining an adjusted balance from the bank and company that must be equal, is split into two sections: **the bank section** includes a cash balance according to bank statements, recipes, and payments through the bank. It also contains the deposits in transit, which are deposits made by the company, and outstanding cheques, which are cheques that the company wrote and have not been paid into the bank; **the company section** corresponds to the cash account balances in the

company books. It contains bank collections, which are cash receipts the company has not recorded, electronic funds transfers, service charges, interest revenue on checking accounts, and insufficient funds (cash receipts that become worthless).

Payroll, also known as employee compensation (Horngren et al., 2012), is a system created to pay employees, meet legal obligations, and give useful information for management decision-making. However, they become liabilities once payroll expenses are paid (Warren et al., 2012). According to (Warren et al., 2012), most payroll systems have three elements: **The payroll register** is a report with multiple columns that contain the employee's name, the number of hours they worked, the amount of Social Security tax withheld, and the total gross earnings for the payroll period; **An employee earning record** is a document created after each payroll period. It contains specific data for each payroll, as well as information on Social Security withholding and employer payroll taxes; Lastly the **Payroll checks**, which are issued when the business pays its employees, particularly those who work part-time, have a specific bank account.

Impact of Information Systems on the Financial Area: With the emergence of information technologies and the software programs that have been developed, companies have undergone a significant impact in areas like accounting, where processes have always been done using papers and books to register information. With IT systems, these records started to become digitalised and customised for each type of business or organisation depending on its size and number of operations (Ghasemi et al., 2011), impacting the efficiency, productivity, availability of information and the shape of its activities (Jasim & Raewf, 2020) by managing the data, influencing processes and operations that support the decisions of managers inside these organisations (Tóth, 2012). Furthermore, according to (Ghasemi et al., 2011), one of the predominant IT impacts was the capacity to develop and utilise systems to track and record financial information instead of using manual spreadsheets or written papers to store data that will be used to produce reports. These kinds of impacts are not always positive in organisations, especially when these changes impact accounting procedures as well as accountants who carry them out, leading to a set of drawbacks such as: **necessity to change and adapt** to new technologies; **degree of knowledge** required to implement information systems; **cost and time** required to implement these systems to transform and restructure processes; **resistance to change** or demotivation by accountants when forced to adapt and work with new processes and technologies; **accountants' fear** of losing power and influence or their actual professions.

On the other side, according to (Ghasemi et al., 2011; Jasim & Raewf, 2020) brings a vast set of advantages such as increased **efficiency**, **accuracy** with less error probability, **adequacy** by allowing limited resources to deliver the best outcomes, **security** by having information encrypted and managed digitally, increased **flexibility** with cloud solutions that enable information to be accessed and shared at any time and **velocity** that will accelerate the information sharing.

Besides the impacts previously mentioned, we cannot forget automation, which led us to use Robotic process automation (RPA) in the recent past, which can increase productivity, reduce costs, and decrease the probability of errors but negatively impact employee motivation as their tasks start to be replaced by machines (Fernandez & Aman, 2018; Jędrzejka, 2019). Furthermore, according to (Jędrzejka, 2019), RPA can be

beneficial to account for period-end closing, accounting reports, accounts receivable and payable, cash management, transactions, inventory, and expenses processes and tasks.

Current Challenges: With the evolution of technologies being faster than ever, accounting needs to follow this tendency to keep providing credible information and improve decisions to tackle several challenges to take full advantage of these technologies(Jasim & Raewf, 2020; Möller et al., 2020). According to (Möller et al., 2020), we can identify as challenges: **need to find the right balance** between the human being and machine by selecting the appropriate tools and techniques and applying them to a process; **digitalisation** is not at the required level in companies, especially the largest ones; **lack of knowledge** and expertise in digital tools like analytics, which could facilitate how accountants process data and communicate the results; **lack of communication and involvement** between accounting and data science, as many controllers do not yet see them as partners that could bring them benefits in the near future.

According to (Mohamed & Lashine, 2003), the rapid advancement of technology in IT, where information is produced faster, with fewer costs, and easily accessed and shared due to the inconsequential distances and boundaries, could represent an accounting challenge. According to (Trigo et al., 2014), one of the greatest predicaments is having real-time reports that can provide information to managers about company performance, whether they are inside or outside the organisation, to allow them to decide which direction or actions should be taken.

From "Traditional financial accounting operations such as 'data input' which are still the main operations of accountants" (Chen et al., 2012) to being a provider of information to decision-making business partners (Holmgren Caicedo et al., 2018) to interpret, analyse, and monitor financial records or transactions (Moll & Yigitbasioglu, 2019) accountants' roles have been changing and evolving. The central tasks, such as analysing and processing accounting documents, generating reports, or payroll, are automated (Gulin et al., 2019) due to how information technologies leverage them. For accountants, it is no longer enough to simply execute those tasks as they require a new set of skills and responsibilities in order to work with these platforms (Mohamed & Lashine, 2003). This role, more than ever, is tightly connected with IT systems and will require accountants to be able to work with a diverse set of technologies, such as big data, to manage data more efficiently, to transform it into something useful recurring to analytical tools (Crookes & Conway, 2018), cloud computing to obtain a competitive edge and manage IT resources, blockchain and artificial intelligence such as process automation to leverage the continuous process of adding value to an organisation (Crookes & Conway, 2018) or machine learning to provide support to other employees in the understanding of complex models (Stancheva-Todorova, 2018).

As accounting is impacted by technologies, accountant professionals (Kroon et al., 2021) also suffer from the challenges that arise from its evolution, the necessity to adapt their roles by changing their methods or principles and the willingness to learn (Gulin et al., 2019). Besides that, they could be at risk of computerisation in the near future (Stancheva-Todorova, 2018) as the most remarkable emerging technologies that impacted the accountant's role (Kroon et al., 2021) are: **big data**: Since it can store an enormous set of data that can generate financial information to enhance decision-making

(Y. Zhang et al., 2020), accountants will be required to have the capacity to analyse this data and the reports generated; **artificial intelligence**: Changing accountants' working patterns and creating new types of roles that negatively impact employment since automation can replace structured tasks or decisions and affect human lives and working practices (Stancheva-Todorova, 2018). But from another perspective, AI allows business managers without accounting knowledge to make business decisions based on generated information (Y. Zhang et al., 2020); **blockchain**: Providing reliable information with distributed ledgers that improve the authenticity and reliability of data while reducing the risk of attacks, increasing the difficulty of forging data and removing ownership from the accounting database (Kroon et al., 2021; Y. Zhang et al., 2020).

As seen in the implementation of blockchain, using artificial intelligence and big data can affect the accountant's role in its advisory functions, auditing procedures, judgement, and information governance. Furthermore, in research conducted by (Stancheva-Todorova, 2018), we can verify how artificial intelligence affects employment positively by raising productivity and lowering costs, increasing the specialised labour to work with technologies, and negatively by allowing technologies to automate roles and activities by adapting technological innovation and placing humans as a complement of a machine.

The role of accountants is to constantly change and bring a new set of challenges, opportunities, and drawbacks from their need to adapt or transform business practices and processes, as well as leaving behind rules and principles (Gulin et al., 2019). According to (Crookes & Conway, 2018; Gulin et al., 2019; Kroon et al., 2021; Mohamed & Lashine, 2003), we can identify challenges to accounting the profession: **automation of accounting**: Allowing the accountant to have more time with their clients and discuss future solutions or explore their unmet needs, as well as introducing advisory services, will require a specific set of skills to gain their trust and confidence; **accounting engineering**: where critical thinking and creativity to use digital systems are imperative to acquire knowledge and actively adapt to technological developments as well as new products; **accountant personality and skills**: Accountants are required to have a varied set of skills such as communication to effectively communicate inside and outside an organisation, analytical and intellectual traits to gather the proper information, analyse business problems, and apply the solution, critical thinking to justify the conclusions reached or computer skills by having basic knowledge to work with digital products; **emerging technologies**: Accountants will be required to have programming skills and improve their data analysis skills to be able to understand the tools and reports (Y. Zhang et al., 2020) generated recurring to technologies like big data, cloud computing, blockchain, and artificial intelligence.

2.2. Technologies for Accounting

As accounting began to be computerised, the need for systems that could help manage and process information has appeared. With them, Material Requirements Planning systems (MRPs) caused the necessity to manage resources more efficiently. However, as companies started to adopt these systems, more necessities and challenges began to surge until MRPs could not correspond. Other systems started to be created until ERPs emerged as a solution to manage information across organisations (Chen et al., 2012; Robert Jacobs & 'Ted' Weston, 2007).

MRPs were "developed to calculate the materials needed more efficiently" (Klaus et al., 2000, p. 144). According to (Robert Jacobs & 'Ted' Weston, 2007), they have the concept of dependent demand that can be seen as the predecessor of ERP Systems. They are capable of fitting requirements such as production integration and planning due to their integration between forecasting, scheduling, and procurement. According to (Md. Saiful Islam et al., 2013), these systems are advantageous because they attempt to maintain the necessary inventory levels to ensure the required materials are available.

An ERP system is a software solution interdependent on business functions (Klaus et al., 2000). It is used to manage the organisation's resources by integrating the departments and functions into a single system to serve their needs (Basoglu et al., 2007; Fernandes, 2018). ERPs can be seen as a standardised business process to plan and control organisational knowledge to obtain external advantages efficiently. These advantages can also come from the concept of standardisation and flexibility (Al-Mashari, 2002) that enables the existence of software packages that are now more focused on specific market segments. Furthermore, these systems can coordinate activities and decisions and allow the combination of business processes into a single system that ensures the information flows through the entire company, offering managers who run the business a holistic view of the processes (Basoglu et al., 2007; Klaus et al., 2000; Moon, 2007).

Implementing an ERP is a large, costly, and complex process (Hoseini, 2013) that can be seen as one of the most difficult to develop (Basoglu et al., 2007) since it involves a significant part of the organisation and its major process (Moon, 2007). Due to the high expectations for cost reduction, the adaptation to the functionalities and business culture of the organisation (Basoglu et al., 2007), as well as lack of planning and self-awareness of employees' resistance to change and difficulties in using a new system led this implementation to fail and become a negative investment in most cases. To prevent this lack of success, the commitment of an organisation's top management is crucial to ERP processes being aligned with the organisation's business process for each affected business unit, carefully introducing ERP and its functionalities step-by-step to optimise the training and support of key users as well as preventing resistance to change (Al-Mashari, 2002; Basoglu et al., 2007) and improving satisfaction (Moon, 2007).

From the moment these systems are present in an organisation, they become extremely important due to their capability to store information across diverse departments, support business processes such as procurement or payroll, and present a solution that supports different industries ranging from hospitals with patient management to retail transactions (Klaus et al., 2000). Being better and faster (Klaus et al., 2000) made these systems so relevant when implemented in organisations, as well as bringing benefits such as efficiently manage resources and save costs (Moon, 2007); improve productivity, financial cycle (Chen et al., 2012), capabilities to decide (Klaus et al., 2000), and scalability (Adrian-Cosmin, 2015):standardisation of business processes by redesigning and adopting ERP best practices (Adrian-Cosmin, 2015); securing access to the information and quality of the stored data (Adrian-Cosmin, 2015).

Artificial Intelligence

Having the capability to be present in several areas, as well as being a branch of computer science that is focused on dealing with the intelligence that computers and machines

demonstrate (Jeyamani et al., 2016), AI "was based around 'expert systems'" (Burgess, 2018, p. 11) and it is focused on the acquisition of knowledge to solve complex problems (Moret-Bonillo, 2018). Besides wanting machines to have human Intelligence, AI does not have a consensual concept defined by the authors present in the extant research carried out, as presented: A system that replicates human aspects by allowing a computer to mimic human intelligence to make decisions, learn and solve problems with the goal of being able to engage with humans using "natural human language" (Crookes & Conway, 2018); "A system's ability to interpret external data correctly, to learn from such data, and to use those learnings to achieve specific goals and tasks through flexible adaptation" (Haenlein & Kaplan, 2019, p. 5);The capacity that a machine has to learn from experience and process and adapt the received inputs to perform human tasks (Duan et al., 2019);"a science that tries to establish the basis for the later development of a set of techniques destined to endow machines a certain autonomy" (Moret-Bonillo, 2018, p. 2);"the theory and development of computer systems able to perform tasks normally requiring human intelligence" (Burgess, 2018, p. 5).

AI expanded and became complex and vast, leading to its segmentation into several areas "that cannot be seen in isolation and have a certain relationship and dependencies" (Bertram, 2022). According to (Moret-Bonillo, 2018), we identify nine main areas in artificial intelligence, viz., knowledge representation, machine learning, the planning field, uncertainty reasoning, the study of agent architectures, multi-agent coordination and collaboration, ontologies development, voice and language processing and synthesis and images understating.

An organisation seeks AI to obtain a competitive edge and obtain benefits such as cost predictions by enabling cost reduction when data is needed to make predictions (Duan et al., 2019), improving the decision-making from information that is generated from data at a lower cost (Stancheva-Todorova, 2018; Y. Zhang et al., 2020) and, enable information search across several datasets (Y. Zhang et al., 2020). Sometimes, they are accompanied by drawbacks such as biased information in AI Systems due to the data collected and affect functionalities such as self-driving cars (Haenlein & Kaplan, 2019), using automation to replace structured tasks or manufacturing processes will result in jobs loss (Haenlein & Kaplan, 2019; Stancheva-Todorova, 2018) and, lack of regulation since AI has no regulations regarding data that is processed and shared (Haenlein & Kaplan, 2019).

Rule Based Systems are mostly known as expert systems that, according to (Jeyamani et al., 2016), are a sub-field of AI "that can create resolutions which generally necessitate a human level of proficiency" (Jeyamani et al., 2016, p. 546) and are the simplest form of AI (Grosan & Abraham, 2011). They are sequential programs dependent on the initial data, the defined parameters, conditions, and rules, and the results obtained from the previous computations created and specified in the program code(Grosan & Abraham, 2011; Moret-Bonillo, 2018). According to (Grosan & Abraham, 2011), RBS are simple models that consist of a set of rules (group of data and conditions that contains all the actions taken by the system), facts (statements that were made and should be relevant for the initial state of the system), and interpreter to control the application of the rule for the facts. It also says that rules interact with the previously made conditions, not with data, since they can change their value (directly or based on a condition).

Although this system is basic, it can be classified into two types: **the forward chaining or data-driven system** that uses the available data as a start and does not require all the facts to be represented, but only the ones used in the rules (Moret-Bonillo, 2018); **the backward chaining or goal-driven system**, the rules must be considered as statements or assertions (Moret-Bonillo, 2018). The **forward chaining system** starts with initial facts such as temperature or road present in Table 1 and uses the rules as wind blushing is strongly or temperature below zero to generate new facts until a conclusion is reached (weather is cold) (Grosan & Abraham, 2011). The **backward chaining system** starts with the goal we want to achieve and looks for rules that enable the conclusion or evidence to prove our hypothesis. If the evidence has not been reached, we have to define a new hypothesis and start a new process (Grosan & Abraham, 2011).

DATA	CONDITIONS	RULES
SEASON WINTER		PREMISES
Temperature	< 0, > 0	IF temperature < 0 AND IF wind blushing is strongly OR IF the road is slippery
Wind blushing	Strongly, gently	
Road	Slippery, not slippery	
Weather	Cold, Warm, Hot	
		CONCLUSION THEN the weather is cold

Table 1 – An example of a Rule-based system adapted from (Grosan & Abraham, 2011)

Machine Learning

As a subfield of computer science (Ongsulee, 2017), machine learning gives computers the capability to learn from data without the need to be programmed (Jenab et al., 2019; Ongsulee, 2017; Singh et al., 2021). It can be represented as a machine that does all computational work to learn how to solve problems (Burgess, 2018) and identify patterns such as customer behaviours (Jenab et al., 2019; Jeyamani et al., 2016). Furthermore, its relation with statistics and mathematics (Ongsulee, 2017) allows ML to be focused on predictions, recurring to algorithms as predictive models or neural networks to make decisions (Singh et al., 2021).

To make predictions, identify patterns, or solve problems, machine learning has been divided into three types: **Supervised Learning** is an algorithm in which the machine learns from classified data and already knows the results or outputs based on the initial inputs (Singh et al., 2021), which means it will learn from the comparison between them and will adjust the model accordingly (Ongsulee, 2017); **Unsupervised Learning** is an algorithm that has to identify what is presented (Ongsulee, 2017) and is used to describe the data that has not been classified, meaning the machine has to return an output without observation (Singh et al., 2021); **Reinforcement Learning** is an algorithm that learns from trial and error and is commonly used in gaming and robotics (Ongsulee, 2017; Singh et al., 2021). In this type of ML, the machine is not trained to act (Singh et al., 2021) but is instead composed by the agent (decision-maker) that takes the required actions (what the agent can do) to perform a task in the environment (everything that

interacts with the agent) to provide an outcome that is assigned as a reward or penalty (Ongsulee, 2017; Singh et al., 2021).

Nerveless, the area of application of ML is vast and is used for speech recognition recurring to deep learning (Jeyamani et al., 2016; Ongsulee, 2017), on streaming platforms by providing a section of "movies you would like" based on your watch history (Singh et al., 2021) and in image recognition and classification with the use algorithms to identify individuals or characters in the images and then recurring to deep learning for its classification and categorisation that are an integrated part OCR systems (Jeyamani et al., 2016; Ongsulee, 2017).

Optical Character Recognition

Often referred to as text recognition (IBM, 2022) or a subset of pattern recognition area (Chaudhuri et al., 2017), optical character recognition is a program that extracts data from scanned images as bills or invoices, documents as purchase orders or books or handwritten manuscripts (Berchmans & Kumar, 2014; IBM, 2022). The capacity it has to convert different types of documents into searchable data made this system one of the most successful applications in the AI fields (Chaudhuri et al., 2017). With the capability of processing information without control processes, the OCR system can work offline after the documents or images have been scanned, as well as work online with the possibility of recognising characters as soon as they are drawn (Chaudhuri et al., 2017). According to (Chaudhuri et al., 2017), OCR systems are composed of eight components, that are optical scanning, location segmentation, pre-processing, segmentation, representation, feature extraction, training and recognition and post-processing.

The benefits of using OCR systems are improved efficiency in the search for electronic copies of documents that were physically archived (Berchmans & Kumar, 2014) and security and information centralisation by storing the information of the scanned documents in databases with restricted access (IBM, 2022). As a major drawback, the image quality can influence the recognition rate of the information present in the scanned documents or images (Berchmans & Kumar, 2014).

Process Automation

With AI starting to be used in business (Burgess, 2018) and the changes driven by disruptive technologies associated with automation (Sousa, 2022), process automation appeared by using software and a set of technologies to automate business processes or functions to achieve a goal, such as providing customer service or hiring employees (SAP, 2023). They can be represented as the act of replacing a human being with a machine to execute sequential tasks (Outsystems, 2023). With the increased speed and efficiency, more resilient business structures, improved compliance and archives, better customer service quality and experience (Outsystems, 2023; SAP, 2023), areas such as accounting and finance, as well as its derivations like invoices, purchase orders and requisitions and order processing, directly benefit from process automation (Outsystems, 2023). It can be divided into **business process automation (BPA)**, which automates business operations (Sousa, 2022); **robotic process automation (RPA),** which runs business operations without human intervention time (Fernandez & Aman, 2018); **intelligent process automation (IPA**) that enables more complex automation by reducing

human-dependent training (Sousa, 2022). Furthermore, the most recent developments in the area were proposed by (Perdana et al., 2023; Plattfaut & Borghoff, 2022; C. (Abigail) Zhang et al., 2023), particularly in the most significant areas of using RPA to enhance accounting functions.

Business process automation uses automation to eliminate mistakes from human operations and increase the effectiveness of business processes to encourage growth and keep costs low (Chakraborti et al., 2020). It is also focused on improving back-end productivity, which may be applied to the payroll process (SAP, 2023) and the fulfilment of purchase orders (Sousa, 2022). Some of the advantages of BPA, according to (Cummins, 2017), are reliability, control, optimisation and customer service.

Robotic Process Automation

An RPA is an alternative to traditional automation and non-invasive technology that offers cross-functional operations (Jędrzejka, 2019), enabling the integration of several systems and the reduction of workload in business processes. It allows robots to be configured by end users and work in parallel with other robots or humans (Jędrzejka, 2019). It can be described as a system configured to run business operations without human intervention and trained to be autonomous after a certain amount of time (Fernandez & Aman, 2018). This type of automation can be defined as a "technique that results in the automatic execution of administrative, scientific or industrial tasks which uses robotics" (Ribeiro et al., 2021, p. 52) that can be approached in three ways according to (Chakraborti et al., 2020): **learns to automate tasks** recurring to examples or demonstrations as processing behaviours inside system logs; **learns from tasks step by step** using natural language text description of a process that humans can write: **learns from the task defined by an environment** with a "reward function" that relies on reinforcement learning algorithms or an input/output example.

According to (Jędrzejka, 2019), the utilisation of these robots can be applied to areas such as accounting to simplify tasks such as mail management data management and execute more complex tasks such as decision-making recurring to predefined rules. An organisation implements RPA to obtain benefits such as scalability since robots can be easily cloned and scheduled, work across multiple systems and connect to several applications (Jędrzejka, 2019; Siderska, 2020), leading to increased productivity by automating standardised and routine tasks (Fernandez & Aman, 2018) and, data analysis with the help of robots since employees will commit fewer errors (Siderska, 2020). Sometimes, they cause some challenges regarding the implementation, such as cybersecurity since the data available in digital channels can be exposed to hackers (Jędrzejka, 2019), regulatory risks due to the lack of testing by robots, and the use of invalid algorithms can lead to financial losses (Jędrzejka, 2019) and, satisfaction by reducing the employee's burden of doing repetitive tasks can positively impact employees as well as decrease their morale due the possibility of being replaced by machines (Jędrzejka, 2019; Siderska, 2020; van der Aalst et al., 2018).

Intelligent Process Automation

As part of process automation, IPA brings ML and AI to improve business processes (Chakraborti et al., 2020) and can be seen as a sub-field of AI or as a fusion with RPA

that aims to create end-to-end processes, where automation requires the coordination of tasks in the systems (Ferreira et al., 2020; Kholiya et al., 2021). IPA ascends in three represented pillars: AI using Machine Learning and its algorithms, BPM to streamline and automatise processes, and an RPA (Kholiya et al., 2021). The objective of IPA is to allow a robot or a bot to be configured to perform human tasks as RPAs can, and it is also capable of working with several types of data (unstructured, semi-structured, and structured) (Kholiya et al., 2021). According to (Chakraborti et al., 2020; Ferreira et al., 2020; Kholiya et al., 2021) IPA has several goals such as: **increase the efficiency** of the process with self-learning; **decrease or eliminate repetitive tasks**; **drive employees** to increase productivity and satisfaction; **provide tools** to create complex workflow with reduced human interaction.

Predictive analytics ML algorithms can be applied to predict customer behaviours (Kholiya et al., 2021) regarding a product or service and enable the organisation to respond to this change. Predictive maintenance and anomaly detection, also recurring to machine learning and AI (Kholiya et al., 2021), can prevent breakdowns by sending proactive warnings regarding and detecting anomalies.

Benefits and Drawbacks: As previously referred, implementing technology is always accompanied by benefits such as customer experience that provides a richer experience by being faster and more accurate in processing queries, improved compliance and regulations with human error decrease due to automation and improved employee satisfaction by freeing him to realise challenging tasks instead of repetitive ones (Kholiya et al., 2021). Conversely, exists drawbacks such as the cost of implementing IPA being a higher cost than an RPA (Chakraborti et al., 2020), the low adoption due to the financial risks associated with and lack of trust in AI by uses compromises IPA adoption (Chakraborti et al., 2020) and, AI expertise due the necessity of re-train employees in the organisation, as well as the lack of skilled workforce (Kholiya et al., 2021).

User Interfaces

User interfaces are how users interact with a computer system to do tasks and achieve goals (Stone et al., 2005). Even though it is a bridge between users and systems, each interaction will be different and can dictate its usability and adoption to the users (Stone et al., 2005). It should benefit the end-user experience and facilitate its understanding (Abrahão et al., 2021). As UI takes an important role in the adoption of an intelligent interface, (Abrahão et al., 2021) states that technologies like ML and AI provide useful ways to support the adaption of UI more efficiently, and its adoption is a sequence of seven stages: 1 - we obtain the entity from the UI adoption goals that can be expressed in the system or maintained in the heads of the users: 2 -, UI adaptation starts from an initiative by the previously identified entity; 3 - , Based on the Inputs gathered, some UI adaption is subjected to a specification that allows how this adoption will be carried out to be expressed; 4 - , UI adaption is selected and applied; 5 -, A transition from the initial to the final state is made to preserve its continuity; 6 -, Output results are subjected to the entity identified in stage 1 for interpretation based on the system feedback; 7 -, An evaluation is made from the interpretation made in the last stage to verify if the initial goals are partially or totally met.

Based on the studies made by (Abrahão et al., 2021; Stone et al., 2005), we can verify that when UI is adopted into a system, end-users will have several benefits, such as

efficiency, since a good UI can increase the usability of the system that leads to increased efficiency for the end-users (Abrahão et al., 2021; Stone et al., 2005), satisfaction since good UI can boost user satisfaction and morale(Abrahão et al., 2021; Stone et al., 2005) and, productivity since a good interface can lead to enhanced productivity(Stone et al., 2005). Regarding the challenges, we can identify the time and place by selecting the right timing and location to implement a valuable UI for the end user (Abrahão et al., 2021). Productivity is salient since a bad implementation of UI can cause a loss of productivity and increase financial costs (Stone et al., 2005), and safety concerns are essential to mitigate since a poor UI can compromise the safety of the users and lead to disasters (Stone et al., 2005).

Intelligent Interfaces can be seen as a combination of several disciplines present (Sousa, 2022) or a combination of the most recent human-centred design and best technologies such as computer vision, analytics, or augmented/virtual reality that results in a set of techniques that can transform the way we interact with machines, data and each other (Cook et al., 2019). Since it requires a design component, it is crucial to have a user interface that is easy to understand and meets users' expectations; otherwise, it will become a poor interface that leads to frustration, unsatisfaction, and less productivity by users (Stone et al., 2005).

Intelligent Accounting Tools

One of the most recent implementations of this kind of application is intelligent ERPs, which can be described as cloud-based systems capable of learning and adapting to business rules via machine learning, as well as enabling innovative products and services and increasing employee productivity (Morris et al., 2016). These systems are an upgraded version of the existing ERP systems since they potentiate more informed business decisions (Sousa, 2022), process efficiency, and automation recurring to several intelligent technologies (Bertram, 2022). According to (Morris et al., 2016), an I-ERP is a combination of the three dimensions: the user experience, which is assertive and enables personalised access to information via a controversial style; the process that contains innovation processes redefinition and uses automation and augmentation using machine learning; and data that is personalised in-context access and includes its quality. Also (Morris et al., 2016) evidenced what differentiates an ERP from an I-ERP is the fact that an I-ERP is a set of ERP applications that can be deployed to manage the entire organisation and uses machine learning and advanced analytics to forecast, analyse and manage resources and business processes. One of the most visible differences is the capability that an I-ERP has to analyse a large volume of data in real-time and the ability to learn that will enable the adaptation of the user experience.

As emerging technologies expanded and started to be connected with business (Burgess, 2018), several companies began to develop intelligent products for accounting such as: **KOFAX** which has an intelligent automation platform that leverages RPA and AI in a set of advanced technologies to unlock a document's intelligence (use cognitive capture and AI to automate and extract information from unstructured data), connect complex business systems and automate workflows (KOFAX, 2023a); **Oracle NetSuite** is a cloud-based management platform that has a suite of applications that help companies run their business, understand how their business performs, and enable cost savings, and

more efficiency (NetSuite, 2021); **PAA (PRIMAVERA Accounting Automation)** is a software solution that automates accounting posts into the PRIMAVERA system through an automatic integration of data with origins such as SAFT-T, e-Fatura (electronic Portuguese invoices), or Jasmin; **Xero** is an online accounting software for small business that automates invoices, allows bank connection for automatic transactions, and enables data access in real-time (Xero, 2023b).

After becoming conversant with some of the capabilities of each product, we understand that PPA and Xero have solutions specifically for accounting and provide some features that facilitate the work of accountants, such as automatic Bank Reconciliation and Invoice Posts (PRIMAVERA, 2023; Xero, 2023a), but in the case of NetSuite it already possesses an ERP, offers a Cloud-based solution and the possibility of integrating accounting and other departments in the organisation (NetSuite, 2021). Finally, KOFAX is much broader by presenting a set of intelligent automation platforms that has on-premises and cloud-based solutions, as well as specific solutions for accounting and other organisational business processes, besides the capability to communicate with several ERPs using KOFAX Accounts Payable Agility (KOFAX, 2023b).

3. Methodology

The design research methodology was chosen with the perception that it will enable the achievement of the intended goals that are focused on the creation of an artifact that is a solution to real-world problems (Peffers et al., 2007a) and can be applied to accounting modules in information systems, as well as potentially solve the identified issues. According to (Peffers et al., 2007b), the DSR methodology helps in the production of rigorous and high-quality research, which includes three elements, viz., "conceptual principles to define what is meant by DS research, practice rules, and a process for carrying out and presenting the research", besides bringing the "value of design science (DS) as an IS research paradigm". To obtain robust data about the real-world environment to fortify the artefact. In addition, to produce the artefact, six sequential activities will be followed (Peffers et al., 2007b**):1 - Identification of Problem and Motivation** is the definition of the research problem and justification of the relevance of the desired solution, that means defining the problem in the digitalisation of accounting documents, obtaining data regarding accounting processes, and discerning the struggles and opportunities in the automation process. Besides this, research about Intelligent interfaces, existing architectures for accounting processes and the integrated software will be done; **2 - Define Objectives of the Solution** focuses on defining the quantitative or qualitative objectives for the proposed solution, which is recurring to the knowledge gathered during the problem identification and evaluation of what is feasible to develop, which will lead to the definition of the main goal and sub-objectives, that will include the definition of the required platforms for the architecture, tasks that will be automated and require human intervention, and document classification strategies based on success criteria; **3 - Design and Development:** the artefact will be created based on the knowledge gathered from the two previous steps and the desired functionalities that meet the defined objectives, meaning the development of a software architecture for automatically processing physical or digital accounting according to the functionalities and necessities to solve the identified problem; **4 - Demonstration:**

how the artefact could solve the problem recurring to simulations, experimentations, or case studies, will be presented recuring to an use case diagram to demonstrate how the proposed artefact can be applied and which functionalities will be included.; **5 - Evaluation:** observation and measurement of the artefact will be conducted using the defined objectives in activity two and the results obtained from the previous activity. To measure the artefact a presentation, followed by an interview, will be performed with a group of specialists that have been working in the accounting and software area more than 5 years, to allow us to understand if the produced artefact is feasible and will help accountants or needs adjustments and improvements; **6 - Communication:** The importance of the artefact and its utility and effectiveness will be communicated to researchers and other relevant audiences by producing a structured paper that contains detailed information about the artefact produced, as well as the research, the reached conclusions, limitations, and future improvements.

4. Software Architecture

After carrying out the study for the literature review, the required knowledge is gathered to produce the artefact that will be presented in the following sections, which will be composed of a set of assumptions, the artefact proposal, and respective evaluation, results, and discussion. Based on that, some of the gathered concepts regarding accounting and accountants, as well as the currently used technologies and their interrelation, will be briefly described to inform us that it is possible to have a symbiosis between humans and machines that will benefit organisations. Lastly, the literature review was fundamental for gathering this knowledge that will enable us to propose an artefact that will be divided into two parts: **Architecture proposal:** a concept of an architecture for document automation will be presented; **Guidelines, technologies, and software selection:** a set of guidelines and a selection of the software that will integrate the architecture based on the existing offers will be presented.

4.1. Assumptions

The research carried out in background has provided the necessary knowledge to enumerate several assumptions: 1- accounting has been through a gradual evolution since the arrival of computers, and that increases the potential to improve business and processes. Also, areas such as bank reconciliation, payroll, and accounts payable have been greatly affected by this digital transformation; 2- introducing emerging technologies like AI, machine learning, and process automation will affect the role of accountants and push them to change and adapt to these tools and products so they can continuously provide meaningful inputs;3 -the selection of the right tools and products for accounting has to consider the balance between humans and machines to allow users to have time to learn how to interact with systems, improve their communication channels with data science and avoid negative impacts; 4 - accounting will benefit from using new technologies and products by improving the efficiency and accuracy of processes, flexibility, velocity, and security to share information, and cost reduction; 5 - the market already has a set of intelligent accounting tools available that will provide intelligent solutions to be applied to business processes (Sousa, 2022) and help the accounting arena and accountants prosper; 6 -connection and interrelation

between accounting systems is possible as Primavera allows a connection to e-Fatura. However, to connect invoices or purchase orders to an ERP, one must recur to other technologies such as RPA or IPA or implement these connections with customised development. Also, the integration between the previously mentioned products and ERP systems can be limited to their portfolio; 7 -I-ERP enables data gathering from several business processes, provides real-time analysis from huge volumes of data, and adapts to the user's experience (Morris et al., 2016), even though it is insufficient to cover the whole of the accounting documents automatization process; 8 - even though a massive set of accounting processes are covered and automated, they still do not cover all the existing types. A tool to scan and classify them is required, as well as a digital repository to store these documents and make them searchable and connected to BI to produce reports; 9 -regarding the software providers, it will be necessary to have an API or pre-programmed robot to connect several systems, to work as a bridge that will be responsible for retrieving data from one system and sending it to another, to allow data to be synced and up to date to enable reporting sheets to be produced.

4.2. Architecture

This architecture comprises four stages and transversal modules that will include several systems and technologies such as OCR, rule-based systems, and machine learning to capture the information from the accounting documents and proceed to its classification. It will also include a document management system where all the data is stored and available for accountants to consult. Finally, process automation will enable the transition of the information between the proposed stages. This proposal of four stages is presented due the existence of physical documents and it's use in several companies, that haven't fully digitized their process and need to start the automation process with a paper. For companies where the invoices already are in digital format and receive the document in a pdf format or image plus a file in XML (that can contain the XBRL markup), JSON or other format with the metadata information, the first stage (that includes the OCR) will not be required, and the process will start with the second stage.

The first stage starts with the arrival of a physical document or a in digital format for cases where the file with the metadata is not present. Despite not being part of the architecture, in the implementation guidelines, it will be exported to an OCR system that can be cloud-based or on-premises, as it extracts data from scanned images, documents, manuscripts (Berchmans & Kumar, 2014; IBM, 2022) or other compatible formats using ML and deep learning for image recognition (Jeyamani et al., 2016; Ongsulee, 2017). It uses rule-based systems for document classification and converts the file into a searchable document. The document's automatic classification depends on the image's quality, the configured algorithm, and the recognition rate, which will determine if it's classified and can be processed for the next stage or partially classified and requires human intervention to complete the information that was not recognised and validated by the system. Also, this stage is where the classification rules for documents will be determined based on document templates such as invoices, purchase orders, credit memos, or delivery notes, and the system will be trained to archive the desired recognition rate.

The second stage can be with entering the files exported (accounting document in pdf format and another with the metadata, that can be a raw XML file or based on XBRL

markup, or JSON) from the OCR system into a document management system, where the files and data will be stored, organised, and segmented according to the previous classification. With this data, the existing workflows will automatically process the documents according to specific criteria, and for those that do not meet the requirements, a flow with the human intervention will be started with validation and approval stages. Besides that, accountants and other key users will be able to consult the documents based on their roles and permissions, allowing safe and controlled access to sensitive information. For cases where the stage one is not required such as, the organization already receives an accounting document in digital format along with another that has the metadata information or other processes, such as bank reconciliation or payroll, that do not start with a physical or digital document, the automatic or semi-automatic processing will be available through a scheduled workflow or triggered when the key users insert the information in the system.

Also, three crucial models will be present in the second stage. These are the automatic relation module, which will automatically connect documents such as invoices to credit notes recurring to ML and rule-based systems to relate them by using their metadata; the workflow module will manage all the flows and will automatically process documents as previously mentioned; and finally, the connection module, which will be responsible to retrieve classified documents from stage one and incorporate them into stage two, as well as retrieve data from stage one and three, that will be required for specific dashboards into the analytics system present into stage four.

The third stage is the integration with the ERP systems, where process automation will be required, and a robot will be used to retrieve the information from stage 2, log in on the ERP system, and insert this information based on specific criteria. Using IPA will be a key factor by allowing the robot to be configured to perform human tasks as RPAs and be capable of working with several types of systems (Kholiya et al., 2021). Also, in this stage, it will be possible to use another solution besides process automation by recurring to a customised API that will use rule-based systems and ML to perform the tasks as the robot.

The fourth and final stage is the analytic system connected to the other systems present in the initial stages due to the connection module, which will be responsible for retrieving all the required data to populate the database. Besides this, it will incorporate other modules, such as the dashboard module that will provide a set of reports with crucial information for decision-makers, as well as accounts to have a holistic view of each process and the predictive module that will be incorporated in the reports and present a forecast for sales, incoming documents volume or market fluctuations. This stage will also have information not appearing in the other stages since it will receive data that only exists in ERP Systems, such as e-Fatura or other government systems that directly send or integrate it through other processes.

Nevertheless, the automatism provided by AI in this architecture will not be able to cover one hundred per cent of the cases. For that reason, human intervention will always be required in the proposed stages and cases where an approval decision is required. But on another side will also allow access to information and the possibility to execute actions in the required workflows at any time, place, or device; Safe, secure, and controlled access to each document's information and digital version: language profile

according to customer necessities; a 360 overview of every process and stage from the document arriving at the OCR until it reaches the ERP; and documents and respective processes are to be processed in parallel, regardless of the stage they are in. To represent the proposed architecture, the technological architecture, which displays a holistic view of the several platforms that will be used and how users integrate with the different platforms, is depicted in Figure 1. Also, the architecture presented in Figures 2 and 3 represents several organisational processes through a set of diagrams using BPMN to provide a simple and clear reading of each process incorporated through the proposed architecture.

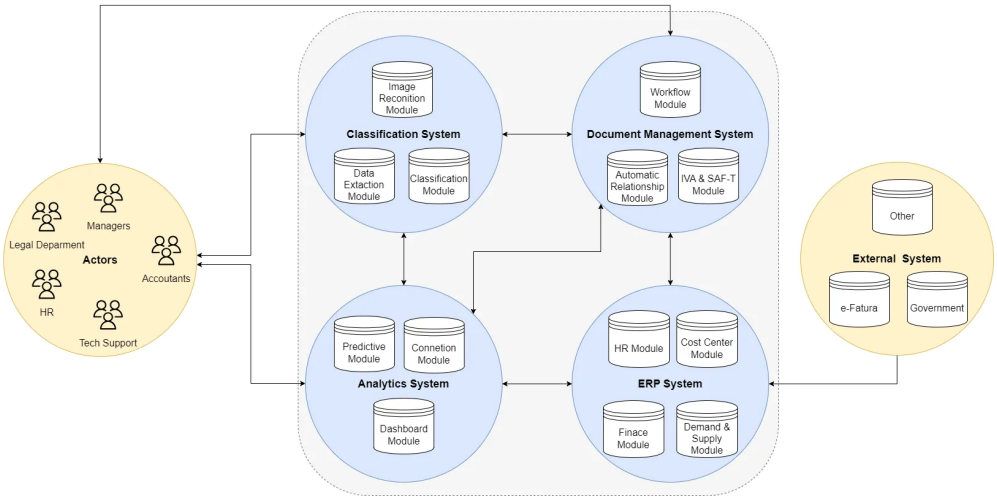


Figure 1 – Technological Architecture

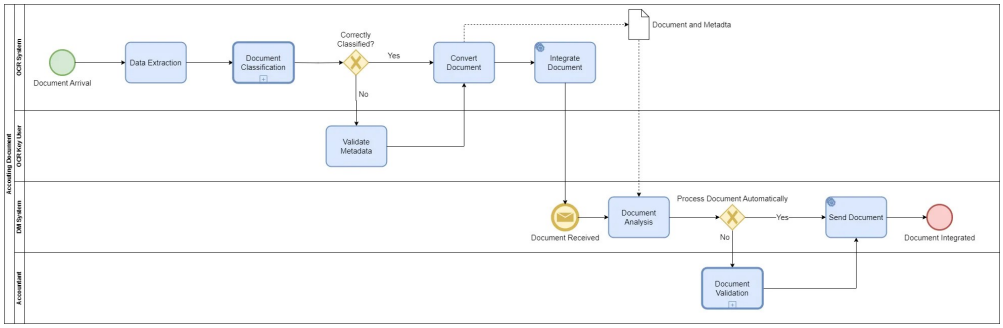


Figure 2 – Process Architecture

The process architecture represents the accounting, accounts payable business process from stage one, which is represented by the first lane where the document arrives at the classification system and the OCR performs the data extraction and does the document classification, proceeding to its conversion into a searchable pdf if it is correctly

classified otherwise, the OCR Key user, present into the second lane, needs to intervene and perform a validation task. After this, the document is integrated and enters stage two, which is represented in the lane tree by the DM (Document Management) System, where records are going to be analysed and automatically processed if the requirements are met, in case this circumstance does not occur, a document validation workflow is going be performed by the accountant in the fourth lane, and only then is the document sent to the ERP by an RPA that will represent the stage three.

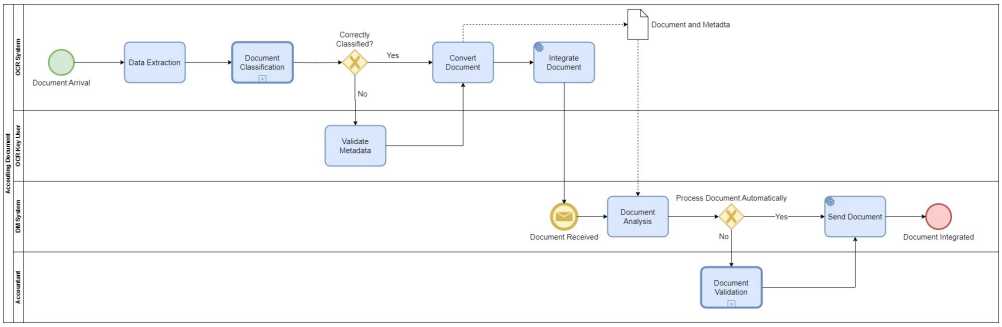


Figure 3 – Process Architecture without a document

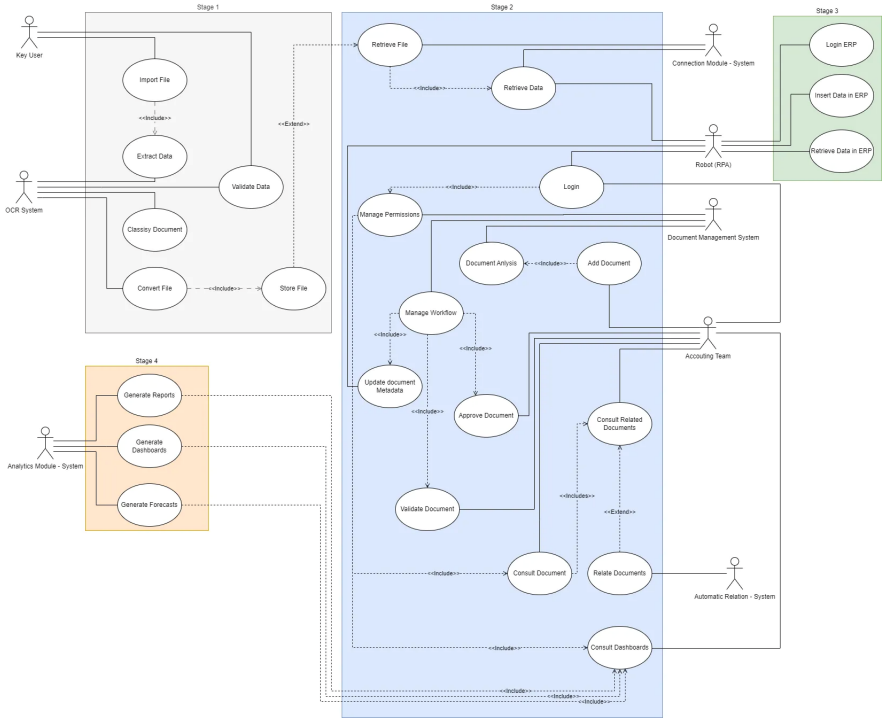


Figure 4 – Use Case Diagram

For other business processes without the presence of a document, such as payroll or a bank reconciliation, Figure 3 represents the process architecture, which does not contain stage one due to the inexistence of a document. The process starts in stage two with the metadata submission through a form into the DM System, which will be analysed and automatically processed if the requirements are met. If this outputs an error, the accountant will perform a metadata validation workflow in the second lane, and then the metadata will be sent to ERP using an RPA.

A use case diagram is displayed in Figure 4 to demonstrate how each actor and system will interact with each other in the four stages of this architecture, as well as which actions, they can perform in each stage. As can be seen, stage one is represented in grey and has actions such as import file (by a key user) or data extraction and document classification performed by the OCR System. With the blue background we have stage two and is presented action as validate or approved documents by the accountant or update document metadata performed by the RPA. The third stage is represented in green and can be seen actions performed by the RPA as insert or retrieve data in ERP. Lastly, the fourth stage is represented with a orange and show the actions that the analytics system do to produce reports and dashboards with meaningful information.

4.3. Implementation Guidelines

When implementing an architecture, especially with technology, organisations always have doubts about which software they should acquire or if they can keep what they already have. To help them to ensure that they can take advantage of this change, five guidelines that should be followed are presented below:

1. Select which business process will be migrated to understand what requirements and functionalities will be required; otherwise, it will lead to a faulty implementation that does not meet the predefined goals.
2. Perform an analysis of the solutions and software that have already been acquired to verify which can be integrated into the new architecture and reduce the required financial investment.
3. Analysis and selection of the technology: Before acquiring any software, verify if it has AI or Process Automation and which level is included, as well as its scalability when incorporating new business processes or expand to other areas of the organisation is required.
4. Select a few software suppliers to mitigate risks between integrations, improve customer support, and lower costs. However, it is not recommended to select only to due to its exclusive dependency.
5. Ensure that existing staff has the required set of skills to implement the architecture and provide support and maintenance to the solutions, as well as to reduce the time and effort to learn how to work with new products.

After following the presented guidelines, an example of which software and providers can be selected for each stage of the architecture are KOFAX for stage one and three, as well as some integration into stage two since it provides a set of tools such as Process Automation, RPA, OCR and has an option for cloud-based solutions. Regarding stage two, many companies use Microsoft Office 365, which is a viable option since it is a

cloud-based solution where documents and data can be stored and accessed safely, as well as Power BI tools that are connected and can produce dashboards.

5. Evaluation

As we need evaluation techniques and metrics to evaluate the proposed artefact, this solution was introduced to a group of specialists in the areas of information technologies and accounting to fulfil this criterion. The authors in the form of a presentation followed by an interview where the following questions were answered:

Question 1 (Is the proposed architecture useful for the work of an accountant? If not, please explain): Three interviewees thought that the proposed architecture is useful and has the correct approach to automatise accounting documents. Two of them mentioned that it would help to improve and facilitate the processes of an accountant, releasing them to perform other tasks while these autonomous processes are running. Also, a third element mentioned the necessity of adapting this architecture to the organisation's reality and defining the requirements for success. Nevertheless, one of the interviewees thinks this architecture will not be helpful for accountants since it will reduce the necessity of having many accountants in the organisation, as we have today since AI will reduce the need for human interactions. On the other hand, the interviewee said it would be useful and good practice in the business structure since it will enable technological advancement.

Question 2 (Have you already worked with automatic document processing solutions? If yes, why and what are the differences and similarities?): All interviewees confirmed they had worked with automated solutions, which were fully customised, and some included OCR systems or used OutSystems. One of the interviewees mentioned solutions, which included add-ons inside an ERP that contained chat functionalities and an OCR performed by a third-party enterprise, which does not generate a satisfactory level of confidence in some cases. Two interviewees mentioned the similarities between the proposed artefact, one regarding the automatization performed SAFT-T Online, where an Excel worksheet is sent, and information about its integration is returned. The other interviewee mentioned that they have already worked with several automatic document processing solutions, such as KOFAX, mentioned in the literature review.

Question 3 (Do you have any objection to the proposed architecture? Please explain): The interviewees did not express any objections when responding to this question, but one of them stated that the proposed architecture might not be the best option for procedures in micro/small businesses; nonetheless it is suitable for medium-sized enterprises. Meanwhile, another interviewee pointed out the necessity of direct integration between stages one and two, but also controlling the permissions to access sensitive information should be paramount to prevent data leakage.

Question 4 (Do you have any recommendations or suggestions to improve the proposed architecture? Please explain): For an implementation of this scale to be successful, one of the interviewees stated that the solution and the systems that comprise it should adapt to the company itself. Another one suggested using the analytics

system on an outside platform to enhance the security of the stored information and highlighted the need for ongoing support in these processes, specifically those that are new, as well as having standard channels to make it easier for the maintenance and development teams to collaborate during the entire implementation. Finally, they suggested that these teams should use the agile methodology.

Based on the feedback received from the interviewees, as well as their answers to question one, it can be concluded that the architecture meets the proposed objectives and will be useful for accountants, even though concerns regarding the future employment of accountants were mentioned. As for the second question, half of the interviewees commented that they found similarities with the solutions they were using. Meanwhile, no objections were found to the third question. However, several improvement points have been noted from some of the answers in question three and all in question four. They will be interpreted as limitations and opportunities for future work.

6. Conclusion

This work aims to create an architecture that enables organisations to use accounting solutions to process physical or digital documents automatically, thereby making accountants more effective and productive while also lowering costs, optimising procedures, and enhancing decision-making. To answer the proposed work's central question, "What should I do to process accounting documents automatically?" a research study was carried out in the field of accounting, related technologies, and products already available on the market. Before the research study was carried out, the DSR methodology was selected due to its capacity to help produce rigorous and high-quality research (Peffers et al., 2007b). After this, a strategy was defined with six steps on the DSR activities that started with problem identification and data gathering, followed by solution identification and artefact development, and finished with a use case demonstration, a set of interviews to evaluate the proposed artefact that will include the present document to communicate the obtained results. The carried-out study for accounting can be seen as an information system that processes data, measures the activities and communicates the results (Horngren et al., 2012) or economic events of an organisation (International Monetary Fund, 2016). Areas and sub-areas, such as payroll, accounts payable or bank reconciliation, were researched since technologies are already present and relevant to its processes. Besides this, the impacts of information systems in financial accounting were studied as the capacity to develop and utilise systems to track and record financial information (Ghasemi et al., 2011) and the current challenges as the lack of knowledge and expertise in digital tools (Möller et al., 2020). The accountants' role was also probed, the impact of emerging technologies, such as AI, by changing their working patterns and creating new types of roles (Stancheva-Todorova, 2018) and their current challenges, such as automation. The study on technologies for accounting has been made on such issues as the ERP system, a software solution that has an interdependence of business functions (Klaus et al., 2000) and is a predecessor to the MRP System (Robert Jacobs & 'Ted' Weston, 2007), as well as how it is implemented. Another research topic was artificial intelligence, where an overview was made, followed by the identification of several areas, such as machine learning and multi-agent coordination and collaboration (Moret-Bonillo, 2018), its

drawbacks as lack of regulation and benefits such as cost prediction. Also, regarding AI, further research was done on machine learning, rule-based systems, and OCR due to their relevance and impact on automatic processing systems. Besides these two technologies, process automation and intelligent user interfaces were also researched for a better understanding of how these can be applied to the solution that was going to be presented, as well as its benefits and drawbacks. Finally, this study was closed with research on intelligent accounting tools such as intelligent ERP and the available products on the market as Xero or Kofax.

With the knowledge gathering concluded, the necessary conditions to produce the artefact to solve the research question have been met. An architecture has begun to be developed, firstly by doing a set of assumptions on how the introduction of emerging technologies will affect the accountant's role and to connect several systems in which it will be necessary to have an API or pre-programmed robot to work. Afterwards, the artefact proposal was developed with an architecture composed of four stages and transversal modules like the automatic relation, represented by a technological architecture for an overview of the interrelation between stages and a process architecture recurring to BPMN to describe the flows of the documents. A use case diagram was developed to understand how this can be applied, and each step of an invoice automatization process was described, as well as where each system intervenes. Finally, a set of guidelines to help organisations implement this solution was presented. With the artefact concluded, a presentation followed by an interview with four specialists in the areas of technology and accounting allowed us to understand that the research question has been answered and the defined objective was accomplished since the feedback received was positive and demonstrated to be useful for accountants and the right approach to implement this type of solution. The main limitation of this research is the non-implementation of this architecture into an organization, which would enable us to understand the interaction between the stages and the accountants. Also, if a successful implementation is achieved, recurring to proposed guidelines, the usefulness for accountants and decision-makers, in addition to providing more data, would fortify the success of the proposed objectives. Another limitation was the lack of time to obtain more profound knowledge of artificial intelligence and its areas, enabling a more robust architecture that could include several subsystems to perform complex tasks, in addition to a detailed description of each component and technologies involved. From the interviews, the limitations were the lack of a permissions management module to manage sensitive information and a third-party platform to host the analytics system to prevent data leakage from cyber-attacks, which could cause damage to the organisations. Another one was regarding the micro/small companies that cannot invest in architectures of this scale and have fully customised systems for their necessities. Future work should start by improving this proposal based on the limitations mentioned, such as following the implementation of this architecture into an organisation to mitigate the identified constraints and understand the complexity of these processes. Also, an investigation into the field of Artificial Intelligence should be performed to deeply understand which technologies still could be included in this architecture, as well as the full potential of the technologies that already exist to improve the proposal and enrich the academic research field regarding emerging technologies. Another point should be the inclusion of a separate permissions management module to manage access to all information from

stage one to stage four, which would be the first touchpoint when a user interacts with the diverse platforms, in addition to seeking an analytics system from the market offers that could be hosted externally and communicate with the existing platforms. From the interviews, suggestions that will be interpreted as future work were received, such as improving this architecture to have a simpler and smaller version for a better approach and adaption to micro/small companies and their specificities. To conclude the research, it is crucial to proceed with the points previously identified as we can understand that artificial intelligence is becoming part of organisations and has a vast set of areas that need to be explored and researched to improve the systems that are in this architecture and support humans, especially accountants.

References

Antunes, A. A. (2004). Sistemas XYZ. In Sousa A. J. (Ed.), *Tecnologias Internet*. Editora Xxxpto.

Abrahão, S., Insfran, E., Sluÿters, A., & Vanderdonckt, J. (2021). Model-based intelligent user interface adaptation: Challenges and future directions. *Software and Systems Modeling*, *20*(5), 1335–1349. https://doi.org/10.1007/s10270-021-00909-7

Adrian-Cosmin, C. (2015). Advantages And Disadvantages Of Using Integrated Erp Systems At Trade Entities. *Annals - Economy Series*, *4*, 170–174.

Al-Mashari, M. (2002). Enterprise resource planning (ERP) systems: A research agenda. *Industrial Management & Data Systems*, *102*(3), 165–170. https://doi.org/10.1108/02635570210421354

Araújo, V. M., & Cota, M. P. (2016). Software como um Serviço: Uma visão holística. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, *19*, 145–157. https://doi.org/10.17013/risti.19.145-157

Basoglu, N., Daim, T., & Kerimoglu, O. (2007). Organizational adoption of enterprise resource planning systems: A conceptual framework. *The Journal of High Technology Management Research*, *18*(1), 73–97. https://doi.org/10.1016/j.hitech.2007.03.005

Berchmans, D., & Kumar, S. S. (2014). Optical character recognition: An overview and an insight. *2014 International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT)*, 1361–1365. https://doi.org/10.1109/ICCICCT.2014.6993174

Bertram, Y. (2022). *Intelligent ERP: The general concept and a system assessment* [masterThesis]. https://run.unl.pt/handle/10362/142295

Branco, F., Martins, J., & Gonçalves, R. (2016). Das Tecnologias e Sistemas de Informação à Proposta Tecnológica de um Sistema de Informação Para a Agroindústria: O Grupo Sousacamp. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, *18*, 18–32. https://doi.org/10.17013/risti.18.18-32

Burgess, A. (2018). *The Executive Guide to Artificial Intelligence*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-63820-1

Chakraborti, T., Isahagian, V., Khalaf, R., Khazaeni, Y., Muthusamy, V., Rizk, Y., & Unuvar, M. (2020). From Robotic Process Automation to Intelligent Process Automation: – Emerging Trends –. In A. Asatiani, J. M. García, N. Helander, A. Jiménez-Ramírez, A. Koschmider, J. Mendling, G. Meroni, & H. A. Reijers (Eds.), *Business Process Management: Blockchain and Robotic Process Automation Forum* (Vol. 393, pp. 215–228). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58779-6_15

Chaudhuri, A., Badelia, P., K Ghosh, S., & Mandaviya, K. (2017). *Optical Character Recognition Systems for Different Languages with Soft Computing* (1st ed. 2017). Springer International Publishing : Imprint: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-50252-6

Chen, H., Yan Huang, S., Chiu, A., & Pai, F. (2012). The ERP system impact on the role of accountants. *Industrial Management & Data Systems*, *112*(1), 83–101. https://doi.org/10.1108/02635571211193653

Cook, A., Berman, J., & Dajee, J. (2019). *Intelligent interfaces Reimagining the way humans, machines, and data interact* [Deloitte]. Intelligent Interfaces. https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/technology/deloitte-uk-tech-trends-2019-chapter5-intelligent-interfaces.pdf

Crookes, L., & Conway, E. (2018). Technology Challenges in Accounting and Finance. In E. Conway & D. Byrne (Eds.), *Contemporary Issues in Accounting* (pp. 61–83). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91113-7_4

Cummins, F. A. (2017). Next-Generation Business Process Management (BPM). In *Building the Agile Enterprise* (pp. 115–154). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805160-3.00004-1

Duan, Y., Edwards, J. S., & Dwivedi, Y. K. (2019). Artificial intelligence for decision making in the era of Big Data – evolution, challenges and research agenda. *International Journal of Information Management*, *48*, 63–71. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.01.021

Fernandes, S. (2018). Novos desafios em SI: A crescente importância dos processos ciber-físicos. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, *30*, 51–61. https://doi.org/10.17013/risti.30.51-61

Fernandez, D., & Aman, A. (2018). Impacts of Robotic Process Automation on Global Accounting Services. *Asian Journal of Accounting and Governance*, *9*, 123–132. https://doi.org/10.17576/AJAG-2018-09-11

Ferreira, D., Rozanova, J., Dubba, K., Zhang, D., & Freitas, A. (2020). *On the Evaluation of Intelligent Process Automation*. https://doi.org/10.48550/ARXIV.2001.02639

Fortes, N., Pereira, J. H., & Costa, J. F. da. (2016). A adoção de serviços cloud computing pelas empresas portuguesas: O papel dos esforços de marketing. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, *18*, 33–48. https://doi.org/10.17013/risti.18.33-48

Gartner. (2023). Digitalization Strategy for Business Transformation. In *Gartner*. https://www.gartner.com/en/information-technology/insights/digitalization

Ghasemi, M., Shafeiepour, V., Aslani, M., & Barvayeh, E. (2011). The impact of Information Technology (IT) on modern accounting systems. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *28*, 112–116. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.11.023

Grosan, C., & Abraham, A. (2011). Rule-Based Expert Systems. In C. Grosan & A. Abraham (Eds.), *Intelligent Systems: A Modern Approach* (pp. 149–185). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-21004-4_7

Gulin, D., Hladika, M., & Valenta, I. (2019). Digitalization and the Challenges for the Accounting Profession. *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.3492237

Haenlein, M., & Kaplan, A. (2019). A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence. *California Management Review*, *61*(4), 5–14. https://doi.org/10.1177/0008125619864925

Holmgren Caicedo, M., Mårtensson, M., & Tamm Hallström, K. (2018). The development of the management accountant's role revisited: An example from the Swedish Social Insurance Agency. *Financial Accountability & Management*, *34*(3), 240–251. https://doi.org/10.1111/faam.12156

Horngren, C. T., Harrison, W. T., & Oliver, M. S. (2012). *Accounting*. Pearson Prentice Hall.

Hoseini, L. (2013). *Advantages and Disadvantages of Adopting ERP Systems Served as SaaS from the Perspective of SaaS Users*. http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-128516

IBM. (2022, February 18). *What Is Optical Character Recognition (OCR)?* IBM. https://www.ibm.com/cloud/blog/optical-character-recognition

International Monetary Fund. (2016). Finance and Development, September 2016. *Finance & Development*, *53*(3), 7–9. https://doi.org/10.5089/9781513511917.022

Jasim, Y. A., & Raewf, M. B. (2020). Information Technology's Impact on the Accounting System. *Cihan University-Erbil Journal of Humanities and Social Sciences*, *4*(1), 50–57. https://doi.org/10.24086/cuejhss.v4n1y2020.pp50-57

Jędrzejka, D. (2019). Robotic process automation and its impact on accounting. *Zeszyty Teoretyczne Rachunkowości*, *2019*(105 (161)), 137–166. https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.6061

Jenab, K., Staub, S., Moslehpour, S., & Wu, C. (2019). Company performance improvement by quality based intelligent-ERP. *Decision Science Letters*, 151–162. https://doi.org/10.5267/j.dsl.2018.7.003

Jeyamani, V., Ashok, J., & S.suppiah, D. (2016). A review on significance of sub fields in artificial intelligence. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*, *Volume 6*(Issue 3). https://www.ijltet.org/pdfviewer.php?id=898&j_id=2900

Kholiya, P. S., Kapoor, A., Rana, M., & Bhushan, M. (2021). Intelligent Process Automation: The Future of Digital Transformation. *2021 10th International Conference on System Modeling & Advancement in Research Trends (SMART)*, 185–190. https://doi.org/10.1109/SMART52563.2021.9676222

Kimmel, P. D., Weygandt, J. J., & Kieso, D. E. (2018). *Financial Accounting: Tools for Business Decision Making*. John Wiley & Sons.

Klaus, H., Rosemann, M., & Gable, G. G. (2000). What is ERP? *Information Systems Frontiers*, *2*(2), 141–162. https://doi.org/10.1023/A:1026543906354

KOFAX. (2023a). *Intelligent Automation | Intelligent Automation Platform For End-to-End Process Automation | Kofax*. Intelligent Automation | Intelligent Automation Platform For End-to-End Process Automation | Kofax. https://www.kofax.com/products/intelligent-automation-platform

KOFAX. (2023b). *Manage ERP integrations* [Concept]. Manage ERP Integrations. https://docshield.kofax.com/APAgility/en_US/2.4.0-nhzjp3krw8/help/CFG/APAgility_Configuration_Help/UseConfiguration/ManageERPs/c_ManageERPConfigurations.html

Kroon, N., Alves, M. do C., & Martins, I. (2021). The Impacts of Emerging Technologies on Accountants' Role and Skills: Connecting to Open Innovation—A Systematic Literature Review. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, *7*(3), 163. https://doi.org/10.3390/joitmc7030163

Lee, J., Suh, T., Roy, D., & Baucus, M. (2019). Emerging Technology and Business Model Innovation: The Case of Artificial Intelligence. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, *5*(3), 44. https://doi.org/10.3390/joitmc5030044

Lee, M., Yun, J., Pyka, A., Won, D., Kodama, F., Schiuma, G., Park, H., Jeon, J., Park, K., Jung, K., Yan, M.-R., Lee, S., & Zhao, X. (2018). How to Respond to the Fourth Industrial Revolution, or the Second Information Technology Revolution? Dynamic New Combinations between Technology, Market, and Society through Open Innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, *4*(3), 21. https://doi.org/10.3390/joitmc4030021

Md. Saiful Islam, Ripon Kumar Saha, & Abu Md. Saifuddoha. (2013). Development of Material Requirements Planning (MRP) Software with C Language. *Global Journal of Computer Science and Technology*, *13*(C3), 13–21.

Mohamed, E. K. A., & Lashine, S. H. (2003). Accounting knowledge and skills and the challenges of a global business environment. *Managerial Finance*, *29*(7), 3–16. https://doi.org/10.1108/03074350310768319

Moll, J., & Yigitbasioglu, O. (2019). The role of internet-related technologies in shaping the work of accountants: New directions for accounting research. *The British Accounting Review*, *51*(6), 100833. https://doi.org/10.1016/j.bar.2019.04.002

Möller, K., Schäffer, U., & Verbeeten, F. (2020). Digitalization in management accounting and control: An editorial. *Journal of Management Control*, *31*(1–2), 1–8. https://doi.org/10.1007/s00187-020-00300-5

Moon, Y. B. (2007). Enterprise Resource Planning (ERP): A review of the literature. *International Journal of Management and Enterprise Development*, *4*(3), 235–264. https://doi.org/10.1504/IJMED.2007.012679

Moret-Bonillo, V. (2018). Emerging technologies in artificial intelligence: Quantum rule-based systems. *Progress in Artificial Intelligence*, *7*(2), 155–166. https://doi.org/10.1007/s13748-017-0140-6

Morris, H. D., Mahowald, R. P., Jimenez, D.-Z., Stratis, A., Rizza, M. N., Hayward, D., & Motai, Y. (2016). *i-ERP (Intelligent ERP): The New Backbone for Digital Transformation*.

NetSuite, O. (2021, May 18). *What is NetSuite?* Oracle NetSuite. https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/erp/what-is-netsuite.shtml

Ongsulee, P. (2017). Artificial intelligence, machine learning and deep learning. *2017 15th International Conference on ICT and Knowledge Engineering (ICT&KE)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/ICTKE.2017.8259629

Outsystems. (2023). What Is Process Automation? In *Outsystems*. https://www.outsystems.com/glossary/what-is-process-automation/

Peffers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007a). A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems*, *24*(3), 45–77. https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302

Peffers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007b). A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems*, *24*(3), 45–77. https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302

Perdana, A., Lee, W. E., & Mui Kim, C. (2023). Prototyping and implementing Robotic Process Automation in accounting firms: Benefits, challenges and opportunities to audit automation. *International Journal of Accounting Information Systems*, *51*, 100641. https://doi.org/10.1016/j.accinf.2023.100641

Plattfaut, R., & Borghoff, V. (2022). Robotic Process Automation: A Literature-Based Research Agenda. *Journal of Information Systems*, *36*(2), 173–191. https://doi.org/10.2308/ISYS-2020-033

PRIMAVERA, B. (2023). *PRIMAVERA Accounting Automation*. PRIMAVERA BSS. https://pt.primaverabss.com/fotos/editor2/Prospetos%20e%20Folhetos/primavera_acounting_automation_web_2_.pdf

Ribeiro, J., Lima, R., Eckhardt, T., & Paiva, S. (2021). Robotic Process Automation and Artificial Intelligence in Industry 4.0 – A Literature review. *Procedia Computer Science*, *181*, 51–58. https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.104

Robert Jacobs, F., & 'Ted' Weston, F. C. (2007). Enterprise resource planning (ERP)—A brief history. *Journal of Operations Management*, *25*(2), 357–363. https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.11.005

SAP, F. (2023). What is process automation? | Examples and benefits. In *SAP*. https://www.sap.com/insights/what-is-process-automation.html

Schoenborn, O. (2021a, July 2). *5 Warning Signs Of A Growing Business That's Outgrown Its Legacy ERP*. Forbes. https://www.forbes.com/sites/sap/2021/07/02/5-warning-signs-of-a-growing-businesses-thats-outgrown-its-legacy-erp/?sh=763604b21913

Schoenborn, O. (2021b, July 22). *Why Intelligent ERP Systems Are The Secret To Growing A Company's Competitive Edge*. Forbes. https://www.forbes.com/sites/sap/2021/07/22/why-intelligent-erp-systems-are-the-secret-to-growing-a-companys-competitive-edge/?sh=6bb878013d56

Schwertner, K. (2017). Digital transformation of business. *Trakia Journal of Science*, *15*(Suppl.1), 388–393. https://doi.org/10.15547/tjs.2017.s.01.065

Siderska, J. (2020). Robotic Process Automation—A driver of digital transformation? *Engineering Management in Production and Services*, *12*(2), 21–31. https://doi.org/10.2478/emj-2020-0009

Singh, S., Ramkumar, K. R., & Kukkar, A. (2021). Machine Learning Techniques and Implementation of Different ML Algorithms. *2021 2nd Global Conference for Advancement in Technology (GCAT)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/GCAT52182.2021.9586806

Sousa, F. I. F. da S. de. (2022). *Towards the Implementation of an Intelligent ERP System: Guidelines for Building Intelligent ERP Systems* [masterThesis]. https://run.unl.pt/handle/10362/145725

Stancheva-Todorova, E. P. (2018). How Artificial Intelligence Is Challenging Accounting Profession. *Economy & Business Journal*, *12*(1), 126–141.

Stone, D., Jarret, C., Woodroffe, M., & Minocha, S. (Eds.). (2005). *User interface design and evaluation*. Elsevier : Morgan Kaufmann.

Torous, J., Jän Myrick, K., Rauseo-Ricupero, N., & Firth, J. (2020). Digital Mental Health and COVID-19: Using Technology Today to Accelerate the Curve on Access and Quality Tomorrow. *JMIR Mental Health*, *7*(3), e18848. https://doi.org/10.2196/18848

Tóth, Z. (2012). The Current Role of Accounting Information Systems. *Theory Methodology Practice (TMP)*, *8*, 91–95.

Trigo, A., Belfo, F., & Estébanez, R. P. (2014). Accounting Information Systems: The Challenge of the Real-time Reporting. *Procedia Technology*, *16*, 118–127. https://doi.org/10.1016/j.protcy.2014.10.075

van der Aalst, W. M. P., Bichler, M., & Heinzl, A. (2018). Robotic Process Automation. *Business & Information Systems Engineering*, *60*(4), 269–272. https://doi.org/10.1007/s12599-018-0542-4

Warren, C. S., Reeve, J. M., & Duchac, J. (2012). *Accounting*. Cengage Learning.

Xero. (2023a). *All Xero Features*. Xero. https://www.xero.com/accounting-software/all-features/

Xero. (2023b). *Online Accounting Software For Your Small Business*. Xero. https://www.xero.com/accounting-software/

Zhang, C. (Abigail), Issa, H., Rozario, A., & Soegaard, J. S. (2023). Robotic Process Automation (RPA) Implementation Case Studies in Accounting: A Beginning to End Perspective. *Accounting Horizons*, *37*(1), 193–217. https://doi.org/10.2308/HORIZONS-2021-084

Zhang, Y., Xiong, F., Xie, Y., Fan, X., & Gu, H. (2020). The Impact of Artificial Intelligence and Blockchain on the Accounting Profession. *IEEE Access*, *8*, 110461–110477. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3000505

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 10/03/2024
Aceitação/Acceptance: 30/06/2024

Avaliação de profissionais da saúde sobre atividades lúdicas aportadas em tecnologia eHealth para estimulação de crianças autistas

Christina César Praça Brasil[1], Francisca Francisete de Sousa Nunes Queiroz[1], Jonas Loiola Gonçalves[2], Fabiana Neiva Veloso Brasileiro[1], Yloma Fernanda de Oliveira Rocha[1], Felícia Gabler[1], Mariana Brandão da Silva[1], Tainá Christine Mello[1]

cpraca@unifor.br; zete.queiroz@hotmail.com; jonasloiola10@hotmail.com; fabianaveloso@unifor.br; ylomafernandarocha@hotmail.br; feliciagabler@gmail.com; brandaomariana16@gmail.com; psi.tainamello@gmail.com

[1]Universidade de Fortaleza, Fortaleza, Ceará, Brasil.

[2] Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.

Pages: 49-60

Resumo: A Análise do Comportamento Aplicada desempenha um papel crucial na ampliação dos repertórios comportamentais em crianças com Transtorno do Espectro Autista. Este estudo justifica-se pela necessidade de fortalecer a interação entre profissionais e familiares no cuidado integral à criança autista. A pesquisa objetivou avaliar a percepção de profissionais sobre uma plataforma de atividades lúdicas aportadas no Portal Responsivo Estimule, uma tecnologia eHealth embasada no programa *Verbal Behavior Milestones Assessment and Placement Program* e na importância do brincar para o desenvolvimento infantil. O estudo adotou uma abordagem qualitativa, percorrendo três etapas. Os resultados destacam experiências significativas, proporcionando avaliações positivas e sugestões de melhoria. O Portal Estimule é uma ferramenta terapêutica que integra abordagens analítico-comportamentais e tecnologias em saúde, oferecendo suporte às ações de assistência à criança autista e aos profissionais envolvidos. A avaliação das atividades lúdicas revela contribuições do portal para a melhoria da terapêutica, face que este explora de maneira científica a prática do brincar.**Palavras-chave**: Desenvolvimento infantil; Transtorno do Espectro Autista; Atividades lúdicas; Tecnologias; Promoção de Saúde.

Please provide:

Assessment of health professionals on playful activities supported by eHealth technology to stimulate autistic children

Abstract: Applied Behavior Analysis plays a crucial role in expanding behavioral repertoires in children with autism spectrum disorder. This study is justified by the need to strengthen the interaction between professionals and family members

in comprehensive care for autistic children. The research aimed to evaluate the perception of professionals about a platform of playful activities supported by the Stimulus Responsive Portal, an eHealth technology based on the Verbal Behavior Milestones Assessment and Placement Program the importance of playing for child development. The study adopted a qualitative approach, covering three stages. The results highlight significant experiences, providing positive evaluations and suggestions for improvement. The Estimule Portal is a therapeutic tool that integrates behavioral-analytic approaches and health technologies, offering support to assistance actions for autistic children and the professionals involved. The evaluation of playful activities reveals the portal's contributions to improving therapy, as it explores the practice of playing in a scientific way.

Keywords: *Child Development; Autism Spectrum Disorder; Playful Activities; Technologies; Health Promotion.*

1. Introdução

A infância é uma etapa do desenvolvimento humano que se destaca pela progressiva aquisição de habilidades relevantes, abrangendo a linguagem, habilidades motoras, capacidade cognitiva e aspectos socioemocionais. Os transtornos do neurodesenvolvimento são caracterizados por prejuízos no funcionamento cognitivo, emocional e comportamental, resultantes de alterações no sistema nervoso central desde os estágios iniciais da infância (Valentine et al. 2020). Esses transtornos representam um desafio significativo na aquisição das habilidades importantes para o desenvolvimento infantil (Cruz *et al*, 2022).

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é especificado como um transtorno do neurodesenvolvimento caracterizado por alterações persistentes no desenvolvimento que têm um impacto substancial na demanda por recursos educacionais e de saúde (Hyman *et al*, 2020). Entre suas características mais prevalentes estão as dificuldades nas interações sociais e na comunicação, juntamente com padrões rígidos de pensamento e comportamento. O autismo pode manifestar-se em um espectro de sinais e sintomas que variam ao longo da vida, sendo possível citar características como: interesses restritos, dificuldades no brincar ou envolvimento em jogos simbólicos, na interação social, no desenvolvimento da linguagem, além de padrões estereotipados e sensibilidade sensorial (American Psychiatric Association, 2014; Adamson *et al*, 2017).

A ampla variação na apresentação dos sintomas dentro do espectro autista ao longo do desenvolvimento infantil pode ser atribuída a estímulos e manejos específicos provenientes de uma avaliação precisa (Guthrie *et al*, 2013). Evidências sugerem que intervenções precoces têm o potencial de influenciar o curso do desenvolvimento do transtorno e, com isso, contribuir para a redução do impacto dos sintomas no cotidiano das crianças que demandam apoio especial, dada sua maior vulnerabilidade (Ryberg, 2015; Valentine *et al*, 2020; Cruz *et al*, 2022).

Uma gama abrangente de estudos explora a eficácia das estratégias e técnicas derivadas da Análise do Comportamento Aplicada (ABA - Applied Behavior Analysis em inglês), com contribuições notáveis para crianças com TEA (Green, 2001; Chan *et al*, 2008; Katz & Girolametto, 2013). A ABA é uma ciência aplicada e uma tecnologia comprometida com a melhoria da qualidade de vida humana (Neto, 2002) e que não se restringe

apenas a uma intervenção para o autismo, mas a uma abordagem comportamental de aplicabilidade abrangente em diferentes contextos e trata-se de um sistema teórico consistente para explicar e modificar comportamentos de adultos e crianças com ou sem deficiência, com base em ampla evidência empírica (Camargo & Rispoli, 2013; Trevisan *et al*, 2021).

Em uma perspectiva analítico-comportamental, o autismo é definido por déficit e excessos comportamentais que podem ser alterados a partir de interações construtivas, cuidadosamente organizadas com o ambiente físico e social (Green, 2001). Dessa forma, a ABA é uma ciência aplicada e uma tecnologia comprometida com a melhoria da qualidade de vida humana (Neto, 2002) que facilita o desenvolvimento de repertórios de habilidades relevantes e a redução de excessos comportamentais indesejáveis (Naoni, 2009), envolvendo a identificação de comportamentos e habilidades que precisam ser melhorados, aumentados ou diminuídos (Ferreira, 2015; Gomes & Silveira, 2016).

Entre as intervenções possíveis de serem citadas como contribuição para o desenvolvimento de habilidades para crianças no espectro autista, o comportamento de brincar consta como uma estratégia que contribui para mediar o desenvolvimento de habilidades, como: linguagem, praxias, raciocínio lógico, socialização, motora, entre outras(Martone, 2017; Badiah, 2018; Sousa & Medeiros, 2020; Lucisano *et al*, 2022).

Os efeitos benéficos da brincadeira estão presentes em vários aspectos do desenvolvimento das crianças com TEA, como o estabelecimento e o aprofundamento das relações; ampliação das habilidades sociais e de; expressão e compreensão de emoções; e possibilita uma maior qualidade de vida (Lee *et al*, 2019; Orr, 2020).

É possível observar a relação dinâmica entre as atividades lúdicas e os princípios da ABA na atuação dos profissionais de saúde por meio do 'Verbal Behavior Milestones Assessment and Placement Program' (VB-MAPP) que facilita uma avaliação estruturada de crianças com autismo ou atrasos similares considerando diversos critérios, incluindo o brincar ao longo do desenvolvimento infantil (Martone, 2017; Oda, 2018).

O VB-MAPP é um programa fundamentado na análise do comportamento verbal, alinhado aos procedimentos da Análise do Comportamento. Ele se concentra no desenvolvimento eficaz de habilidades, avaliando o repertório de habilidades relevantes presentes e ausentes, verificando o nível operante dos comportamentos da criança, orientando a intervenção e oferecendo um sistema de rastreamento do progresso na aquisição das habilidades do indivíduo (Sundberg, 2008).

Visando oferecer um suporte mais amplo às famílias e crianças com TEA, uma equipe multidisciplinar de uma universidade no nordeste brasileiro concebeu e desenvolveu o portal responsivo 'Estimule'. Esse portal abriga uma coleção de atividades lúdicas adaptadas a partir do VB-MAPP e categorizadas em habilidades-alvo. Tais atividades podem ser recomendadas por profissionais especializados para crianças com TEA, visando fomentar o desenvolvimento de competências como repertório de mandos, tatos, comportamentos de ouvinte, habilidades visuais e percepção visual, brincadeira independente, habilidades sociais, imitação, ecoico e vocalização espontânea (Sundberg, 2008).

Este estudo se justifica pela necessidade de investigar como uma base de atividades lúdicas, mediadas pela tecnologia eHealth, pode facilitar a prescrição terapêutica para promover

o desenvolvimento de crianças autistas e fortalecer a interação entre profissionais, familiares e cuidadores no suporte a essas crianças. Nesse contexto, reconhece-se o uso da tecnologia na área da saúde como uma estratégia para aprimorar a qualidade do cuidado e ampliar o acesso aos serviços de saúde. Isso se dá em um contexto global de transformação no setor da saúde, com a integração de novas tecnologias destinadas a simplificar os cuidados e otimizar o fluxo de informações (Celuppi *et al*, 2021).

Este estudo busca analisar a avaliação dos profissionais de saúde quanto à utilização da base de atividades lúdicas disponível no Portal Responsivo 'Estimule', visando apoiar o processo terapêutico direcionado ao desenvolvimento global da criança com TEA. Assim, o estudo é estruturado em uma introdução, metodologia, resultados e discussões, com posteriores considerações finais.

2. Metodologia

A investigação é de natureza aplicada, metodológica, com abordagem qualitativa, voltada para avaliação de uma base de atividades lúdicas em um portal tecnológico que reúne um diretório de atividades recreativas categorizadas conforme habilidades específicas a serem desenvolvidas nas crianças no espectro autista. As brincadeiras foram adaptadas e catalogadas de acordo com os princípios do 'Verbal Behavior Milestones Assessment and Placement Program - VB-MAPP' em associação com os benefícios da brincadeira para o desenvolvimento infantil.

O portal responsivo contendo a base de atividades, denominado Estimule (https://estimule.unifor.br) está acessível por meio de qualquer dispositivo tecnológico e foi projetado com alta usabilidade, de forma que os usuários consigam utilizar suas funcionalidades. O site contém uma página início com orientações objetivas sobre o uso e objetivos do portal, uma página de filtragem para os usuários indicarem o nível de habilidade percebido no paciente e possibilitar a seleção das atividades lúdicas adequadas para estimular as habilidades necessárias e a página de manual contando com uma lista com todas as atividades.

O processo de avaliação e seleção das atividades lúdicas incluídas na base de atividades do portal responsivo passou por três etapas, conduzidas por uma equipe multidisciplinar de uma universidade do nordeste. A primeira etapa ocorreu entre março e dezembro de 2019 e teve início com um levantamento bibliográfico.

Esse levantamento visou explorar, na literatura científica, as habilidades que poderiam ser elaboradas por meio de atividades lúdicas para estimular o desenvolvimento de crianças com Transtorno do Espectro Autista. Os artigos selecionados foram pesquisados nas bases de dados EBSCO, BVS e PubMed, utilizando-se os descritores "desenvolvimento infantil", "atividades lúdicas", "transtorno do espectro autista".

Posteriormente, os dados coletados dos 35 artigos selecionados foram compilados e categorizados utilizando técnicas de leitura e análise durante a pesquisa bibliográfica (Lima & Mioto, 2007). Isso permitiu a definição das habilidades-alvo mais estimuladas por meio da categorização das brincadeiras, visando atender às necessidades fundamentais no desenvolvimento das crianças no espectro autista. Essas habilidades incluem aspectos comunicativos, sociais e motores.

A segunda etapa envolveu reuniões virtuais entre a pesquisadora e a equipe de psicologia, parte do time multidisciplinar responsável pela pesquisa. O objetivo era estabelecer correlações entre as brincadeiras selecionadas e suas respectivas habilidades-alvo. Durante essas reuniões, as atividades lúdicas identificadas na literatura foram adaptadas para facilitar a prescrição pelos usuários às crianças beneficiadas pelo recurso. Detalhes sobre as atividades necessárias para sua execução foram delineados conforme a habilidade-alvo correspondente, alinhados com as diretrizes do VB-MAPP, essas que são definidas em avaliação das barreiras; avaliação de marcos; avaliação de transição; Análise de Tarefas e Habilidades de Suporte e que dão aporte para os profissionais elaborarem o plano terapêutico individualizado para a criança com TEA (Sundberg, 2008). Nesta fase, foram estabelecidos três níveis de dificuldade para a prescrição de cada brincadeira pelos profissionais, variando do nível 1 (mais fácil) ao nível 3 (mais elaborado).

Como resultado, a base de atividades lúdicas foi incorporada a uma ferramenta tecnológica, contendo atualmente um total de 92 brincadeiras. Elas foram organizadas de acordo com habilidades-alvo em três categorias específicas: 72 brincadeiras para desenvolver a 'habilidade comunicativa', 15 para estimular a 'habilidade social' e 10 focadas na 'habilidade motora'. Cada categoria está distribuída em três níveis de complexidade.

A terceira etapa, conduzida de janeiro a julho de 2022, envolveu a avaliação da base de atividades lúdicas por profissionais de saúde especializados, com o objetivo de garantir a coerência das informações, a pertinência ao público-alvo e a eficácia do conteúdo. Participaram 32 profissionais de saúde, incluindo fisioterapeutas, fonoaudiólogos, psicólogos e terapeutas ocupacionais, no contexto de Fortaleza, Ceará, Brasil que atuam diretamente no atendimento a crianças autistas por pelo menos dois anos. Esses profissionais são referidos neste estudo como especialistas.

Para a seleção dos profissionais de saúde especialistas em suas áreas de atuação, a amostra dos participantes foi apoiada na técnica de amostragem da bola de neve em conformidade com as orientações propostas por Biernacki e Waldorf (1981). Esse método permite a definição de amostra por referência e o número de pessoas foi definido utilizando os critérios de acessibilidade, experiência, o conhecimento e interesse sobre o objeto do estudo.

Os profissionais foram convidados a acessar a base de atividades lúdicas em um portal responsivo com o apoio dos pesquisadores. Durante um mês, tiveram acesso para avaliar as atividades através de um questionário estruturado pelos próprios pesquisadores, incluindo informações pessoais e profissionais (idade, gênero, habilitações profissionais), junto a três blocos de perguntas baseadas na escala Likert. Este questionário permitiu consolidar um conjunto representativo de comentários e sugestões para uma compreensão mais aprofundada da percepção das atividades lúdicas dos especialistas. Após esse período, os participantes enviaram o questionário preenchido e o Termo de Consentimento, concordando com sua participação no estudo.

A análise dos dados pessoais e profissionais foi desenvolvida de forma descritiva, buscando a caracterização da população. Os comentários foram tratados com Análise de Conteúdo na modalidade temática (Bardin, 2011; Minayo *et al*, 2016), tendo como

processo compreensivo a organização dos núcleos de sentido, estes representando as ideias dentro das temáticas estabelecidas.

O estudo explora a visão dos especialistas sobre o suporte das atividades lúdicas na assistência à criança autista, abordando avaliações positivas, negativas e sugestões de melhoria. Para proteger a identidade dos profissionais, foi usada uma codificação alfanumérica ('PS1' para 'profissional de saúde 1').

Os procedimentos éticos e legais da pesquisa seguiram as diretrizes da Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde do Brasil, que estabelece regulamentos para pesquisa envolvendo seres humanos com base nas metodologias das ciências sociais e humanas. Estudo aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Fortaleza sob parecer de número 5.182.107.

3. Resultados e discussões

3.1. Perfil socioprofissional dos profissionais de saúde

A faixa etária dos 32 profissionais de saúde selecionados na amostragem variou entre 26 e 56 anos, com média de 35,6 anos. A maioria (56.25%) estava na faixa etária de 26 a 35 anos, indicando profissionais jovens e em início de carreira. Quanto ao sexo, 62% eram mulheres e 9,37% homens. Na formação acadêmica, 40,62% eram fonoaudiólogos, seguidos por 25% de terapeutas ocupacionais, 21,88% de psicólogos e 12,50% de fisioterapeutas. Em termos de qualificação, 27 profissionais eram especialistas (84,38%), 4 possuíam mestrado (12,50%) e apenas 1 tinha doutorado (3,12%). Quanto ao tempo de atuação, variou de 2 a 25 anos, com média de 5,3 anos de serviço.

3.2. Percepção dos especialistas sobre suporte das atividades lúdicas na assistência da criança autista

Os temas abordados emergiram do formulário de avaliação da tecnologia da área destinada para comentários e sugestões, constituída das categorias destinadas aos objetivos, estrutura e apresentação e relevância, no qual o participante emitiu sua opinião de forma escrita para complementar e aprofundar o conhecimento sobre sua percepção quanto ao banco de dados. Ressalta-se que os pontos explanados remetem a questões que foram destacadas pelos profissionais de saúde de forma mais frequente.

3.3. Avaliações favoráveis

Este tópico trata das avaliações que indicam o alcance dos objetivos propostos com a base de atividades lúdicas. Os trechos a seguir evidenciam que as atividades lúdicas se mostram benéficas, pois incorporam elementos terapêuticos e cuidados de saúde essenciais para o atendimento da criança autista através do brincar. Além disso, essas atividades foram vistas como um recurso de apoio útil tanto para os profissionais quanto para familiares de crianças no espectro autista, por serem fáceis de compreender e realizar, conforme relatado a seguir:

> [...] atingiu os objetivos propostos pelos responsáveis, de fácil compreensão pelos profissionais que aplica e pelos pais e responsáveis pelas crianças, além de

> favorecer os atendimentos, atingindo os objetivos propostos pela profissional em cada atividade (PS4).
>
> As atividades estão bastante acessíveis e diversificadas. Os recursos/materiais para a realização das atividades são de baixo custo, favorecendo maior adesão na realização (PS22).
>
> Conteúdo muito interessante, de fácil compreensão e que pode auxiliar muitos profissionais com recursos para seus atendimentos. Portal de uso fácil e de linguagem adequada (PS32).

É possível observar a avaliação favorável sobre suas experiências com as atividades lúdicas. Para além das experiências pessoais dos participantes da pesquisa supracitados, o uso de princípios comportamentais tem mostrado resultados promissores no tratamento do TEA (Gomes & Silveira, 2016), sugerindo que a base de atividades lúdicas apresentada pode ser um recurso favorável no tratamento.

Além disso, a colaboração entre profissionais especialistas em diferentes áreas do conhecimento mostra-se relevante para ampliar o repertório comportamental de crianças com TEA, uma vez que a vivência no espectro autista pode afetar múltiplas áreas do desenvolvimento infantil (Manoni, 2019). Portanto, a avaliação das atividades lúdicas por diversos profissionais se faz relevante para atender às necessidades específicas de cada criança com TEA em atendimentos multiprofissionais.

Outro tópico importante relatado pelos especialistas aborda a potencialidade do uso da base de atividades lúdica por familiares e cuidadores das crianças autistas. A clareza e praticidade das brincadeiras foi percebido pelos profissionais da saúde como oportunidade de orientação de pais acerca da estimulação de habilidades variadas das crianças, como é possível notar na citação a seguir:

> As brincadeiras apresentam-se como estratégia importante como processo contínuo de estimulação que a criança com TEA necessita. Revela-se como suporte aos familiares e para outros públicos, como os profissionais da educação, realmente como aprendizado. Visto que, muitos pais não "sabem brincar" e desta forma, não conseguem estimular seus filhos... (PS17).

Quando se trata de experiências lúdicas para além dos atendimentos em saúde, é de conhecimento na literatura científica que familiares e cuidadores de crianças autistas relatam dificuldades na interação social apresentadas pelas crianças e muitos não se veem capazes de se relacionar com as crianças de maneira lúdica e simbólica (Fada & Cury, 2019; Jurdi & Silva, 2021). É importante destacar que o uso das brincadeiras fora do ambiente profissional pode promover uma maior interação entre familiares e as próprias crianças autistas, o que pode ser altamente relevante para promover a saúde e qualidade de vida desse grupo de pessoas (Pontes *et al*, 2018).

3.4. Avaliações desfavoráveis

Esse aspecto diz respeito às percepções de insatisfação acerca das discordâncias dos objetivos propostos pela base atividades lúdicas e propostas de melhoria sugeridas pelos participantes. Refere-se às dificuldades de usabilidade, compreensão do conteúdo

exposto, instruções e linguagem que podem interferir na adesão, motivação e indicação do portal responsivo para familiares, cuidadores e profissionais da saúde.

A proposta do banco de atividades lúdicas inclui oferecer um produto original e como recurso de pesquisa que disponibiliza atividades alinhadas com a teoria comportamental e o VB-MAPP, integradas ao contexto do brincar. Durante essa fase inicial, a coleta de opiniões especializadas identificou algumas deficiências nas atividades em alinhamento aos objetivos citados, junto com sugestões que oportunizam possíveis melhorias. Portanto, as sugestões são ilustradas pelos seguintes relatos:

> Achei com poucas instruções em caso de não realização da atividade, poderia ter dicas, ou artigos mostrando formas de evolução através do lúdico (PS6).
>
> Aumentar a quantidade de atividades, colocar mais imagens e se possível, vídeos de aplicação e melhorar as descrições... (P10).
>
> [...] deve ter ciência que pessoas "leigas" terão acesso, assim sendo, a discriminação das brincadeiras deverá ser mais bem organizada. ... Outro fato importante, é que cada criança é única, singular, e o acesso as brincadeiras devem estar bem pautadas numa avaliação criteriosa, e caso necessário, em estratégias/modificações pertinentes para cada criança, de acordo com orientação do profissional que a acompanham...As instruções deverão ser reescritas de maneira processual (com marcadores) e não como texto corrido (maneira atualmente apresentada) (PS17).
>
> Sobre as brincadeiras achei pouco lúdica até mesmo para o adulto. Acredito que com imagens das brincadeiras e uma explicação mais objetiva ficaria mais funcional. Achei cansativa a mesma explicação nas brincadeiras em diferentes níveis, acredito que pôr a dificuldade de a brincadeira ir aumentando a explicação deveria mudar (PS18).
>
> Distribuição das atividades na forma escrita e sem figuras dificulta o interesse. Sugiro ser mais ilustrativo e com conteúdo mais visuais para chamar atenção da pessoa (P27).

O estudo de Huijnen *et al* (2017) destaca a importância do aprimoramento contínuo de um recurso envolvendo profissionais multidisciplinares, pais de crianças autistas e as próprias crianças para oportunizar o acesso a opiniões, integrando novos requisitos ao recurso proposto, ao usuário final e ao ambiente, possibilitando o desenvolvimento de novas e mais efetivas intervenções, reduzindo barreiras no uso do recurso. Reforça-se a importância da testagem e avaliação de recursos voltados para saúde para que possam cumprir seu objetivo primário (Uchida *et al*, 2020).

Pode-se observar que, embora a base de atividades lúdicas seja inicialmente direcionada aos profissionais de saúde, seus benefícios não se limitam a esse grupo, estendendo-se aos familiares e à comunidade em geral. Isso fortalece as ações de promoção e educação em saúde voltadas às crianças autistas.

4. Conclusões

Os resultados deste estudo evidenciam que a base de atividades lúdicas, integrada a um portal que se utiliza de tecnologia eHealth, é um recurso complementar nas intervenções em saúde e educação para crianças com TEA. Essa ferramenta oferece aos profissionais especialistas a oportunidade de expandir seus repertórios de atividades lúdicas para atendimento à população infantil, promovendo uma maneira alternativa de intervenção que visa promover a autonomia das crianças autistas, contribuindo para melhorar sua qualidade de vida e variabilidade de seus repertórios comportamentais.

A avaliação das atividades lúdicas revelou experiências significativas, permitindo aos profissionais expressarem pontos positivos, negativos e sugestões de melhoria para a contribuição do recurso. Isso reflete o otimismo e a preocupação dos potenciais usuários quanto à qualidade do recurso, além de reforçar a relevância do comportamento de brincar explorado de maneira científica para profissionais especialistas em diferentes áreas do conhecimento.

Mostra-se relevante a continuidade a essa pesquisa, considerando a possibilidade de melhorias nas atividades lúdicas, além de avaliá-las com outros grupos populacionais, especialmente os familiares e cuidadores de crianças com TEA, permitindo a ampliação do uso desses recursos, potencialmente tornando-se uma estratégia adicional positiva para o desenvolvimento das crianças.

Além disso, este estudo oferece contribuições para a pesquisa qualitativa ao promover reflexões sobre novas estratégias lúdicas de saúde em aliança a novas tecnologias. Espera-se que esses resultados, fundamentados nos princípios da promoção da saúde, possam beneficiar a assistência integral à criança com TEA. Destaca-se como sugestões de futuras pesquisas o seguimento para a avaliação deste por crianças com TEA, familiares e seus cuidadores posto que esses são determinantes no processo de cuidado e reabilitação.

Referências

Adamson, L., Bakeman, R., Suma, K., Robins, D. (2017). An expanded view of joint attention: skill, engagement, and language in typical development and autism. *Child Development* 90(1), e1-e18. https://doi.org/10.1111/cdev.12973

American Psychiatric Association. (2013). Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. 5th edn.

Badiah, L. I. (2018). *The Importance of Social Skills for Autism*. In: 2nd Indonesian Education for All, pp. 20-24. Banjarmasin. https://doi.org/10.2991/indoeduc-18.2018.7

Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. Edições 70, São Paulo.

Biernacki, P., Waldorf, D. (1981). Snowball sampling: problems and techniques of chain referral sampling. *Sociological Methods & Research*, 10(2).

Camargo, S. P. H., & Rispoli, M. (2013). Análise do comportamento aplicada como intervenção para o autismo: Definição, características e pressupostos filosóficos. *Revista Educação Especial*, 26(47), 639-650.

Carvalho Neto, M. B. (2002). Análise do comportamento: Behaviorismo radical, análise experimental do comportamento e análise aplicada do comportamento. *Interação em Psicologia,* 6(1), 13-18.

Celuppi, I. C., Lima, G. dos S., Rossi, E., Wazlawick, R. S., & Dalmarco, E. M. (2021). Uma análise sobre o desenvolvimento de tecnologias digitais em saúde para o enfrentamento da COVID-19 no Brasil e no mundo. *Cadernos De Saúde Pública*, 37(3). https://doi.org/10.1590/0102-311X00243220

Chan, J. M., & O'Reilly, M. F. (2008). A social stories intervention package for students with autism in inclusive classroom settings. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 41(3), 405-409. https://doi.org/10.1901/jaba.2008.41-405

Cruz, E. J. S., Lima, S. S. de, & Cavalcante, L. I. (2022). Uso da escala de avaliação do desenvolvimento infantil Bayley III em crianças brasileiras: Revisão sistemática. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 38. https://doi.org/10.1590/0102.3772e38320.pt

Fadda, G. M., & Cury, V. E. (2019). A experiência de mães e pais no relacionamento com o filho diagnosticado com autismo. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 35. https://doi.org/10.1590/0102.3772e35nspe2

Ferreira, L. A. (2015). *Ensino conceitual em ABA e treino de ensino por tentativas discretas para cuidadores de crianças com autismo*. (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará, Belém).

Gomes, C. G. S., & Silveira, A. D. (2016). *Ensino de Habilidades Básicas para pessoas com Autismo: Manual para intervenção comportamental intensiva*. Appris Editora.

Green, G. (2001). Behavior analytic instruction for learners with autism: Advances in stimulus control technology. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 16(2), 72–85. https://psycnet.apa.org/doi/10.1177/108835760101600203

Guthrie, W., Swineford, L. B., Nottke, C., & Wetherby, A. M. (2013). Early diagnosis of autism spectrum disorder: Stability and change in clinical diagnosis and symptom presentation. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 54(5), 582-590. https://doi.org/10.1111/jcpp.12008

Huijnen, C. A. G. J., Lexis, M. A. S., Jansens, R., & Witte, L. P. (2017). How to implement robots in interventions for children with autism? A Co-creation study involving people with autism, parents and professionals. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 47(10), 3079-3096. https://doi.org/10.1007/s10803-017-3235-9

Hyman, S. L., Levy, S. E., Myers, S. M., & Council on Children with Disabilities. (2020). Identification, evaluation, and management of children with autism spectrum disorder. *Pediatrics*, 145(1), e20193447. https://doi.org/10.1542/peds.2019-3447

Jurdi, A. P., & Silva, C. C. B. (2021). O brincar no cotidiano familiar de crianças com transtorno do espectro autista. *Interinstitucional Brazilian Journal of Occupational Therapy*, 4(5), 549-562. https://doi.org/10.47222/2526-3544.rbto39761

Katz, E., & Girolametto, L. (2013). Peer-mediated intervention for preschoolers with ASD implemented in early childhood education settings. *Topics in Early Childhood Special Education*, 33(3), 133-143. https://doi.org/10.1177/0271121413484972

Lee, G. T., Xu, S., Guo, S., Gilic, L., Pu, Y., & Xu, J. (2019). Teaching imaginary objects symbolic play to young children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 49(10), 4109–4122. https://doi.org/10.1007/s10803-019-04123-9

Lima, T. C. S. D., & Mioto, R. C. T. (2007). Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. *Revista Katálysis,* 10, 37-45. https://doi.org/10.1590/S1414-49802007000300004

Lucisano, R. V., Pfeifer, L. I., & Stagnitti, K. (2022). O uso da Avaliação do Brincar de Faz de Conta Iniciado pela Criança – ChIPPA: Uma revisão de escopo. *Cadernos Brasileiros De Terapia Ocupacional*, 30, e3260. https://doi.org/10.1590/2526-8910.ctoAR248932601

Manoni, N. V. (2019). *Ampliação do repertório de crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA) após uma intervenção comportamental não intensiva*. (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo).

Martone, C. C. M. (2017). *Tradução e adaptação do Verbal Behavior Milestones Assessment and Placement Program (VB-MAPP) para a Língua Portuguesa e a efetividade do treino de habilidades comportamentais para qualificar profissionais*. (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo).

Minayo, M. C. de S., Deslandes, S. F., & Gomes, R. (2016). Pesquisa social: Teoria, método e criatividade. *Vozes*.

Naoni, N. (2018). Análise do comportamento e autismo: Marcos históricos descritos em publicações norte-americanas influentes. *Revista Brasileira de Terapia Comportamental e Cognitiva*, 20(3), 86-98.

Orr, E. (2020). Object play as a mediator of the role of exploration in communication skills development. *Infant Behavior and Development*, 60. https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2020.101467

Pontes, E. L. F., Kleparde, A. A., Taynara, P. S., Puggina, A. C. G., & Pina-Oliveira, A. A. (2018). Tecnologias digitais e recursos físicos na abordagem de crianças com transtorno do espectro autista. *Revista Saúde UNG-SER*, 12(3/4), 68-74.

Ryberg, K. H. (2015). Evidence for the implementation of the Early Start Denver Model for Young Children With Autism Spectrum Disorder. *Journal of the American Psychiatric Nurses Association*, 21(5), 327-337. https://doi.org/10.1177/1078390315608165

Sousa, J. M., & Medeiros, H. J. (2020). Oportunidade de estimação motora e desenvolvimento de crianças autistas. *Brasilian Journal of Development*, 6(8). https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-562

Sundberg, M. L. (2008). *The verbal behavior milestones assessment and placement program: The VB-MAPP*. AVB Press.

Trevisan, D. F., et al. (2021). Aplicativos para intervenção comportamental de estudantes com Transtorno do Espectro do Autismo. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 29, 1487-1504.

Uchida, T. H., Fujimaki, M., Umeda, J. E., Higasi, M. S., & Caldarelli, P. G. (2020). Percepção de profissionais de saúde sobre utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação. *Revista Sustinare*, 8(1), 1-22. https://doi.org/10.12957/sustinere.2020.51280

Valentine, A. Z., Brown, B. J., Groom, M. J., Young, E., Hollis, C., & Hall, C. L. (2020). A systematic review evaluating the implementation of technologies to assess, monitor and treat neurodevelopmental disorders: A map of the current evidence. *Clinical Psychology Review*, 80. https://doi.org/10.1016/j.cpr.2020.101870

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 02/03/2024
Aceitação/Acceptance: 04/06/2024

Diseño de pseudocódigo, comprensión y aprendizaje con estudiantes de ciclos formativos de informática

Antonio López-García[1], Jaime Urquiza-Fuentes[1]

a.lopezg.2018@alumnos.urjc.es; jaime.urquiza@urjc.es

[1] LITE - Laboratorio de Tecnologías de la Información en la Educación, Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, España.

Pages: 61-76

Resumen: El pseudocódigo es una herramienta ampliamente utilizada para el comienzo del aprendizaje de la programación. Entendemos que las construcciones de pseudocódigo deberían ser fáciles de comprender, pudiendo asimilar los estudiantes su significado sin apenas esfuerzo. En este trabajo planteamos un diseño de pseudocódigo natural, con las palabras clave comúnmente utilizadas para instrucciones básicas y de control de flujo de ejecución, pensamos que puede mejorar la capacidad de comprensión y aprendizaje de los estudiantes. Además, evaluaremos la comprensión y aprendizaje de los estudiantes utilizando distintos pseudocódigos: pseudocódigo inglés, pseudocódigo estándar español (mayoritariamente usado) y un pseudocódigo natural en español, diseñado en función de las preferencias de los estudiantes. En este estudio preliminar han participado 11 estudiantes y se ha medido su capacidad de comprensión y aprendizaje con algoritmos sencillos, construcciones básicas de programación. Los resultados reflejan una ligera ventaja en cuanto a comprensión y aprendizaje, aunque no significativa, del pseudocódigo natural.

Palabras-clave: Pseudocódigo; lenguaje de alto nivel; lengua materna; educación; programación.

Pseudocode design, understanding and learning with students of computer science training cycles

Abstract: Pseudocode is a widely used tool for beginning to learn programming. We understand that pseudocode constructions should be easy to understand, with students being able to assimilate their meaning with little effort. In this work we propose a natural pseudocode design, with the keywords commonly used for basic instructions and execution flow control, we think it can improve the understanding and learning capacity of students. In addition, we will evaluate students' understanding and learning using different pseudocodes: English pseudocode, standard Spanish pseudocode (mostly used) and a natural pseudocode in Spanish, designed based on the students' preferences. 11 students have participated in this preliminary study and their ability to understand and learn has been measured

with simple algorithms, basic programming constructs. The results reflect a slight advantage in terms of understanding and learning, although not significant, of the natural pseudocode.

Keywords: Pseudocode; high level language; mother tongue; education; programming.

1. Introducción

El pseudocódigo se ha estado usado como instrumento de aprendizaje para los estudiantes de programación noveles, para enseñarles a comprender las principales instrucciones de programación informática, o bien, como paso previo a la programación de un algoritmo informático. Tiende a ser la descripción de un algoritmo expresado en cualquier lengua existente, y presenta principalmente dos características o ventajas principales, simplicidad de sintaxis y uso de la lengua materna. De hecho, existen estudios que vinculan la falta de dominio de una lengua con el fracaso escolar (Palomar et al., 2016) o con la ansiedad que crea en los estudiantes (Chen & Chang, 2009). Por ello, la programación en lengua materna puede hacer que el entorno sea más amigable y asequible, reduciendo la carga cognitiva para el estudiante.

No existe un patrón definido sobre las palabras clave que componen su gramática, y es frecuente encontrarnos ante un pseudocódigo estándar o clásico (Arboledas, 2018; Condor, 2020; Duque, 2017; Herrera, 2017; Joyanes, 2008; Muñoz, 2021) donde gran parte de dichas palabras son traducciones literales de palabras clave de lenguajes de programación de alto nivel. Por ejemplo, para obtener un dato de entrada al ordenador "leer" (Arboledas, 2018; Condor, 2020; Duque, 2017; Herrera, 2017; Joyanes, 2008; Muñoz, 2021; Pino, 2020), para visualizar el resultado por pantalla "escribir" (Arboledas, 2018; Condor, 2020; Duque, 2017; Joyanes, 2008; Muñoz, 2021; Pino, 2020) o "imprimir" (Herrera, 2017; Muñoz, 2021), en el caso de sentencias condicionales cuando se cumple y no se cumple la condición "si" y "sino" respectivamente (Arboledas, 2018; Condor, 2020; Herrera, 2017; Joyanes, 2008; Muñoz, 2021; Pino, 2020), para el caso de un bucle cuando se cumple una condición al principio "mientras" (Arboledas, 2018; Condor, 2020; Duque, 2017; Herrera, 2017; Joyanes, 2008; Muñoz, 2021; Pino, 2020), para el caso de un bucle hasta que se cumple una condición al final "repetir" (Condor, 2020; Duque, 2017; Joyanes, 2008; Pino, 2020), y para el caso de un bucle que se sucede un número determinado de veces de un primer valor a uno final "para" (Condor, 2020; Duque, 2017; Herrera, 2017; Joyanes, 2008) o "desde" (Condor, 2020; Joyanes, 2008; Muñoz, 2021; Pino, 2020).

Para los estudiantes principiantes en el estudio de un lenguaje de programación, podría suponer un reto importante el aprendizaje del léxico y la sintaxis. Tal vez sea esta la razón, por la que los pseudocódigos principalmente emplean la lengua materna. Aprender a programar es difícil y los programadores novatos sufren de una amplia gama de dificultades (Robins et al., 2003). A menudo nos encontramos con estudios, que pretenden desvelar qué lenguaje es más apropiado para usar con estudiantes principiantes de programación, concluyendo que el uso de un lenguaje sintácticamente simple como (Python) en lugar de uno más complejo como (Java), facilita el aprendizaje de los conceptos de programación a los estudiantes noveles (Koulouri, et al., 2014). Enseñar programación a principiantes puede ser una tarea compleja, se puede ver

reflejado en los datos estadísticos de las últimas décadas, la sociedad demanda y está necesitada en gran medida de profesionales informáticos, pero los estudiantes que inician estudios en informática, en mayor medida los estudiantes de primer y segundo curso, abandonan en un alto porcentaje (Cheah, 2020; Jones, 2022; Koulouri, 2014). En otras palabras, sufren un desencanto y un gran número abandonan la titulación.

Desde hace algún tiempo, introducir a principiantes en lenguajes de programación como Python está ganado terreno frente a otros lenguajes con una sintaxis y gramática más compleja como Java o C++ (Zelle, 1999). Python ofrece potencia, claridad de sintaxis, y un entorno de desarrollo simple, por lo que puede parecer más apropiado para iniciarse en la programación, podría asimilarse a un pseudocódigo en inglés. De hecho, hay estudios que ponen de manifiesto que aprender un lenguaje simple antes que uno complejo puede proporcionar habilidades básicas, que no perjudican el aprendizaje de un nuevo lenguaje de programación (Mannila et al., 2006). El pseudocódigo natural podría ser una buena opción como lenguaje simple.

La preocupación por el diseño de los lenguajes de programación ha sido y es, una realidad vinculada a su desarrollo. A la hora de construir un lenguaje de programación deberíamos de tener en cuenta factores importantes como el tipo de problemas que se van a resolver con los programas escritos en ese lenguaje, las principales funcionalidades que va a proporcionar o los usuarios que lo van a utilizar, entre otros. Planteamos que el pseudocódigo, como lenguaje inicial, natural y simple, parece ideal para estudiantes de programación noveles, por lo que su diseño debe tener relevancia. Además, algunos autores mantienen que la metodología de diseño orientada al usuario puede ser útil, y que el idioma puede afectar significativamente la calidad y la seguridad del software, así como al rendimiento y productividad del programador (Coblenz et al., 2018), y a veces estas circunstancias no son tenidas en cuenta.

Enseñar programación puede ser una tarea difícil para los docentes, a veces los estudiantes de programación no están motivados y las clases pueden resultar aburridas, los docentes deben implementar estrategias que favorezcan un ambiente agradable (Beltrán et al., 2021). Partimos con la hipótesis de que se puede facilitar el aprendizaje de la programación usando un pseudocódigo natural, que facilite su comprensión y aprendizaje mediante el uso del lenguaje natural y materno, de hecho, existen estudios que reflejan buenos resultados de comprensión utilizado la programación en Python, pero usando la lengua materna (Mamman, et al., 2023). Así pues, se podría reducir la carga cognitiva que los estudiantes deben soportar en el momento de aprender programación, lo que podría significar un mejor aprendizaje y resultados, experimentar una alta carga cognitiva puede reducir el éxito académico (Karthikeyan, 2017). La claridad y la sencillez son las claves para una buena programación, las actividades de aprendizaje de la programación podrían ser más atractivas para los estudiantes (Turbak, et al., 2008).

Con este estudio preliminar continuamos con una línea de investigación y consta de tres partes claramente diferenciadas; diseño del lenguaje de pseudocódigo natural, comprensión de pseudocódigos y aprendizaje con pseudocódigo natural, pseudocódigo estándar o clásico y Python. En la parte de comprensión pretendemos poner a prueba el pseudocódigo natural con estudiantes, buscando algún tipo de ventaja frente al pseudocódigo estándar y el pseudocódigo inglés. En la parte de aprendizaje los

estudiantes realizan un curso donde comparamos los progresos de estos en pseudocódigo natural, pseudocódigo estándar y el lenguaje de programación Python. Para ello hemos seleccionado estudiantes de un ciclo formativo perteneciente a la rama de informática, sin haber recibido formación previa en programación de ordenadores.

2. Descripción del Estudio

2.1. Contexto educativo

El estudio se realiza por estudiantes del Instituto de Enseñanza Secundaria (IES) Enrique Tierno Galván, de Madrid, España. En este centro se imparte, Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO) y Formación Profesional (FP), en horario de mañana y tarde. Este estudio se enmarca en la siguiente titulación: Formación Profesional, Ciclo Formativo de Grado Medio en Sistemas Microinformáticos y Redes (SMR).

El Ciclo Formativo de Grado Medio en Sistemas Microinformáticos y Redes[1], tiene una duración de 2000 horas, se realizan prácticas profesionales en empresas y en él los estudiantes aprenderán a instalar y configurar software y hardware, montaje de equipos, uso y manejo de herramientas ofimáticas y redes. Los requisitos de acceso para este ciclo son reunir alguna de las siguientes circunstancias: tener el título de Educación Secundaria Obligatoria (ESO), Formación Profesional Básica, Técnico Auxiliar, Bachillerato o acceso mediante prueba de acceso.

2.2. Participantes

Los estudiantes involucrados en el estudio, ostentaban en su mayor parte nacionalidad española, aunque teníamos alumnos de otros países como Colombia, República Dominicana, Ecuador y Rumanía. Los no nacionales llevan ya un tiempo prudencial en España y cuentan con un perfecto dominio del lenguaje español, se encontraban en el primer curso de la titulación anteriormente mencionada, 1º de SMR. Generalmente estos estudiantes están motivados por la profesión informática y la mayoría pretenden continuar sus estudios en informática realizando un Ciclo Formativo de Grado Superior. En el ámbito académico, estos estudiantes no han tenido contacto previo con la programación de ordenadores, y podemos afirmar que en términos generales poseen un nivel de inglés medio.

La clase consta con 24 estudiantes a los que se les plantea participar voluntariamente en el estudio, con edades comprendidas entre 18 y 21 años. El estudio se plantea a los estudiantes con tres cursos de aprendizaje sobre fundamentos básicos de programación diferenciados, un curso de pseudocódigo natural, pseudocódigo clásico y Python, donde los estudiantes son asignados al azar para realizar uno. El estudio se enfoca como una actividad extraescolar para realizar desde casa, a través de la plataforma Moodle. El estudio se compone de tres secciones, cada estudiante realiza dos encuestas (diseño y comprensión) y un curso de aprendizaje (véase detalle de los grupos en Tabla 1).

[1] Técnico en Sistemas Microinformáticos y Redes - TodoFP | Ministerio de Educación y Formación Profesional. https://www.todofp.es/que-estudiar/loe/informatica-comunicaciones/sistemas-microninformaticos-redes.html

1. La encuesta de diseño del lenguaje de pseudocódigo es común a todos los participantes y buscamos las especificaciones de palabras clave de pseudocódigo preferidas por los estudiantes, que les resultan más apropiadas para definir ciertas instrucciones básicas de pseudocódigo. Participan 11 estudiantes, 10 de sexo masculino y 1 de sexo femenino (GRUPO d1).
2. La encuesta de comprensión de pseudocódigos se realiza por 8 estudiantes, 7 de sexo masculino y 1 de sexo femenino. Los estudiantes quedan encuadrados en 3 grupos: GRUPO c1 de pseudocódigo natural, integrado por dos estudiantes; GRUPO c2 de pseudocódigo estándar clásico, integrado por 1 estudiante y GRUPO c3 de pseudocódigo inglés, integrado por 5 estudiantes.
3. El curso de aprendizaje sobre fundamentos básicos de programación, se realiza por 7 estudiantes, 6 de sexo masculino y 1 de sexo femenino. Los estudiantes quedan encuadrados en 3 grupos: GRUPO a1 de pseudocódigo natural, integrado por dos estudiantes; GRUPO a2 de pseudocódigo clásico, integrado por 1 estudiante y GRUPO a3 de Python, integrado por 4 estudiantes.

Grupo	Sección	Nº Estudiantes
Grupo d1	1. Diseño del lenguaje de pseudocódigo	11
Grupo c1	2. Comprensión pseudocódigo natural	2
Grupo c2	2. Comprensión pseudocódigo estándar clásico	1
Grupo c3	2. Comprensión pseudocódigo inglés	5
Grupo a1	3. Aprendizaje pseudocódigo natural	2
Grupo a2	3. Aprendizaje pseudocódigo estándar clásico	1
Grupo a3	3. Aprendizaje Python	4

Tabla 1 – Resumen de características de los grupos

Antes del inicio del estudio se explicó a los estudiantes que cualquiera de los tres cursos era igual de válido para aprender fundamentos básicos de programación. Tras la realización del estudio, se preguntó a los estudiantes, las razones y motivaciones que habían sentido para realizarlo. Como habían sido asignados al azar a cada uno de los tres cursos, los estudiantes que fueron asignados a Python, manifestaron que sintieron un mayor entusiasmo, pensaban que el curso les resultaría de mayor utilidad, es por lo que un mayor número de ellos decidió realizarlo, frente a los estudiantes que fueron asignados a los otros dos cursos. Dado el carácter voluntario y que el estudio se realizó al final del curso escolar, los estudiantes probablemente tenían el enfoque puesto en las vacaciones, y puede ser esta una posible causa de que fuera completado solo por algunos. No obstante, los que realizaron el curso expresaron que lo encontraron muy enriquecedor.

2.3. Diseño del lenguaje de pseudocódigo natural

En esta primera parte del estudio, pretendemos encontrar un pseudocódigo natural, que nos permita disponer de una mayor capacidad de aprendizaje a nuestros estudiantes. Comenzamos así, con el diseño, buscando qué palabras clave son las más apropiadas para la programación en un pseudocódigo que use lenguaje natural y materno. Se

plantea a los estudiantes participantes como una actividad de diseño de un lenguaje de programación en pseudocódigo adaptado a sus preferencias (pseudocódigo natural).

- Variables dependientes: Como el objetivo es encontrar cuáles son las palabras clave idóneas para el pseudocódigo, las variables dependientes serán la preferencia de los estudiantes por los términos de las palabras clave, en concreto para 7 instrucciones: entrada por teclado, salida por pantalla, control del flujo de la ejecución condicional (2 instrucciones) y bucles (3 instrucciones).
- Instrumento: El instrumento es una encuesta online anónima con 7 preguntas, una para cada instrucción de pseudocódigo (véase Anexo 1). En cada pregunta se ofrecen 5 opciones de palabras clave a elegir, y existe una opción común identificada como "otra", donde los estudiantes pueden proponer alternativas de palabras clave que no aparezcan en las opciones anteriores. En la primera pregunta pretendemos encontrar la palabra clave referida a ver resultados por pantalla. La segunda trata sobre la palabra adecuada para la entrada de datos por teclado. La tercera y cuarta preguntas se refieren a sentencias de selección, cuando se cumple la condición y cuando no se cumple. Las siguientes preguntas tratan sobre diferentes tipos de bucles: (5ª) "repetir hasta" que se cumple una condición al final, (6ª) "mientras hacer" se cumpla una condición al principio y (7ª) "para" desde un valor inicial a otro final. Para las opciones a elegir se han seleccionado palabras con un sentido gramatical acorde a lo pretendido, así como otras utilizadas habitualmente en la literatura de pseudocódigo (Arboledas, 2018; Condor, 2020; Duque, 2017; Herrera, 2017; Joyanes, 2008; Muñoz, 2021). Si se considera que ninguna opción es adecuada se permite elegir la opción "otra" en primer lugar, permitiendo proponer una alternativa. Además, con objeto de evitar el posible condicionamiento provocado por el orden de aparición de las opciones de respuesta en la encuesta, estas se muestran al estudiante ordenadas de manera aleatoria.
- Procedimiento: Comenzamos dando una breve explicación a los estudiantes de lo que es el pseudocódigo, lo que se pretende con la encuesta y la importancia de que están participando en el diseño de su propio lenguaje de programación. Seguidamente se informa a los estudiantes, de que para la realización correcta de la encuesta deben situarse de forma imaginaria frente al ordenador, introduciendo órdenes al ordenador en lenguaje natural, para que éste las interprete pudiéndose ver los resultados por pantalla, con un teclado escribiendo pseudocódigo. Se informa sobre los apartados del cuestionario, la forma de realización de la encuesta y seguidamente se procede a rellenar los datos anónimos de carácter personal, edad y género. Los estudiantes tienen que ordenar las opciones de cada pregunta de mayor a menor preferencia, como opción representativa de la acción explicada en la pregunta. Siendo 1 la mayor preferencia y 5, la menor preferencia. Para calcular el valor de preferencia de una opción se realizan las siguientes operaciones. En primer lugar, se asignan puntos a cada opción en orden inverso a la preferencia: 5 puntos para preferencia 1, 4 para preferencia 2 y así hasta 1 punto a la preferencia 5. A continuación, se suman los puntos obtenidos por cada una de las opciones de una pregunta. Así, la preferencia de una opción concreta será el porcentaje de puntos que representa respecto del total de puntos conseguidos por todas las opciones de esa pregunta.

2.4. Comprensión de pseudocódigos

En esta segunda parte del estudio, pretendemos analizar el impacto del uso de la lengua materna en el pseudocódigo y cómo puede afectar a la comprensión por los estudiantes. Evaluamos la comprensión utilizando un pseudocódigo natural comparándolo con un pseudocódigo estándar clásico y un pseudocódigo basado en inglés.

Nuestro pseudocódigo natural utilizado, es fruto de un estudio previo sobre diseño del pseudocódigo realizado a otros estudiantes del mismo centro (López-García & Urquiza-Fuentes, 2022). Resultaron elegidas por los estudiantes como preferidas, determinadas palabras clave. Algunas de estas palabras eran poco usadas o difundidas en la utilización de pseudocódigos, y otras eran coincidentes con el pseudocódigo estándar. La lengua materna parece inducir al estudiante palabras clave que no son las utilizadas comúnmente. Palabras clave de uso extendido como “leer”, “escribir”, “mientras” y “para”, fueron sustituidas por las palabras “introducir”, “mostrar”, “siempre que” e “iniciando” respectivamente. Otras instrucciones estándar como: “si”, “sino” y “repetir” resultaron coincidentes.

- Variables dependientes e instrumento: Intentamos valorar la comprensión por el estudiante de una serie de algoritmos básicos de pseudocódigo similares, utilizando palabras clave en pseudocódigo natural, estándar e inglés. Pretendemos evaluar el grado de comprensión que alcanzan los estudiantes. Nuestro instrumento son tres encuestas online anónimas (A, B, C), son las mismas que se usaron en un estudio anterior y están accesibles en la publicación (López-García & Urquiza-Fuentes, 2023b). Una encuesta para cada pseudocódigo: natural (véase Anexo A), estándar español (véase Anexo B) e inglés (véase Anexo C). Los cuestionarios tienen las mismas preguntas, pero las respuestas se encuentran en distinto orden. La principal diferencia entre los cuestionarios está en los algoritmos, que pese a tener el mismo significado computacional, en cada encuesta se utilizan palabras clave específicas para cada uno de los tres pseudocódigos. Cada encuesta cuenta con seis preguntas, sobre algoritmos básicos de pseudocódigo referentes a instrucciones sobre entrada por teclado, salida por pantalla, control del flujo de ejecución condicional y bucles. Cada pregunta presenta tres opciones de respuesta, compuestas por tres algoritmos básicos de pseudocódigo, donde el estudiante tiene que elegir una, por tanto, la variable dependiente sería el nivel de compresión alcanzado, de un rango de valores de cero hasta seis. Cada pregunta de la encuesta vale un punto.
- Procedimiento: La encuesta de comprensión se realiza después de la de diseño, y cada estudiante realiza solo la que le ha sido asignada referente a pseudocódigo natural, estándar o inglés.

2.5. Curso de introducción a la programación informática

En esta tercera parte del estudio, los estudiantes realizan un curso sobre fundamentos básicos de programación en pseudocódigo natural, pseudocódigo clásico o Python (asimilado a un pseudocódigo inglés). Para ello hemos utilizado la herramienta MultiPseudo (López-García & Urquiza-Fuentes, 2023a), que proporciona un entorno de desarrollo de aprendizaje de la programación utilizando una composición estructural similar para los tres cursos.

El desarrollo de los cursos de fundamentos básicos e iniciación a la programación, presenta una estructuración parecida a la que suelen tener este tipo de cursos de manera habitual (Joyanes, 2008; Juganaru, 2014; Muñoz, 2021; Pino, 2020). Los cursos están disponibles para la descarga en el dominio "multipseudo.org"[2], quedan identificados como pseudocódigo natural (A), pseudocódigo clásico (B) y Python (C). Los cursos conforman una estructura, contenido y duración similar, la diferencia entre ellos es el uso de palabras clave en pseudocódigo natural, estándar clásico y Python. Integran una serie secuencial de audio-videos y presentan los siguientes bloques o lecciones:

1. Entorno de trabajo, herramienta MultiPseudo.
2. Conceptos básicos de programación, tipos de datos, variables, operadores, instrucciones de entrada y salida, etc.
3. Estructuras de control condicionales, "if", "else".
4. Estructuras de control repetitivas, bucle "while".
5. Estructuras de control repetitivas, bucle "repeat".
6. Estructuras de control repetitivas, bucle "for".

Cada estudiante accede desde casa al curso al que ha sido asignado (uno de los tres disponibles) a través de la plataforma Moodle, e irá aprendiendo fundamentos de programación de una manera progresiva.

- Variables dependientes: Pretendemos valorar el aprendizaje experimentado por cada estudiante al realizar el curso. Al finalizar cada lección los estudiantes realizarán determinadas tareas propuestas, actividades que calificaremos con una puntuación de 0 a 10, en función del grado de idoneidad (sintaxis y gramática empleada, planteamiento del ejercicio, funcionamiento correcto o no).
- Procedimiento: Los estudiantes realizan de forma secuencial el curso como está planteado en la plataforma. En primer lugar, es visualizado el video correspondiente a la lección por el estudiante, tantas veces como considere necesario, posteriormente se plantean una serie de tareas (actividades) a realizar por el estudiante. Una vez que el estudiante ha entregado la tarea en la plataforma, tendrá acceso a la solución de la tarea, y de esta forma poder comprobar si la ha realizado de forma adecuada.
- Valoración del curso y de la aplicación MultiPseudo: Tras la finalización del curso los estudiantes rellenan una encuesta de valoración. Se realizan 6 preguntas a los estudiantes, donde estos opinan sobre la utilidad del curso y la herramienta de aprendizaje usada.

3. Resultados

3.1. Resultados, diseño del lenguaje de pseudocódigo natural

En este apartado mostramos los resultados de la encuesta de diseño para el GRUPO d1. La recogida de datos ha sido digital online y la tabulación de los mismos se ha realizado de forma manual, obteniendo como resultado la preferencia de cada opción. La duración

[2] https://multipseudo.org/curso_i_p/intro_prog.zip

media de la realización de la encuesta ha sido de 8 minutos. A continuación, se describen los resultados para cada instrucción.

1. Instrucción 1: Mostrar información por pantalla. En la Tabla 2 se muestra el resultado de la encuesta para la instrucción que permite presentar información por la pantalla. La opción más elegida ha sido "mostrar" (27,88%), siendo "visualizar" (25,45%) la segunda opción más elegida, en tercer lugar "imprimir" (20,00%), en cuarto lugar "escribir" (16,97%) y por último la opción "otra" (9,70%), proporcionando palabras alternativas como "mirar".
2. Instrucción 2: Leer datos por teclado. En la Tabla 2 mostramos el resultado de la encuesta para la instrucción que permite leer datos por teclado. La opción más elegida ha sido "introducir" (27,88%), siendo "entrar" (22,42%) la segunda opción más elegida, en tercer lugar "capturar" (21,21%), en cuarto lugar "leer" (18,18%) y por último la opción "otra" (10,30%), alguna alternativa proporcionada ha sido "scan".
3. Instrucción 3: Sentencia de selección condicional verdadera. En la Tabla 2 podemos ver que, para la sentencia de selección y el caso verdadero, la opción más elegida ha sido "si" (29,09%), siendo "en caso de" (23,03%) la segunda opción más elegida, con igual puntuación "considerando" (23,03%), en cuarto lugar "caso de" (16,36%) y por último la opción "otra" (8,48%), proporcionando alternativas como "if".
4. Instrucción 4: Sentencia de selección condicional falsa. La Tabla 2 muestra que, para el caso alternativo de la sentencia de selección, cuando no se cumple la condición, la opción más elegida ha sido "sino" (27,78%), siendo la segunda opción más elegida "en otro caso" (23,33%), en tercer lugar "otro caso" (22,22%), en cuarto lugar "caso contrario" (16,67%) y por último la opción "otra" (10,00%), se han proporcionado alternativas como "else".

Instrucc. 1	Total	Instrucc. 2	Total	Instrucc. 3	Total	Instrucc. 4	Total
escribir	16,97%	leer	18,18%	si	29,09%	sino	27,78%
mostrar	27,88%	entrar	22,42%	caso de	16,36%	otro caso	22,22%
imprimir	20,00%	capturar	21,21%	en caso de	23,03%	caso contrario	16,67%
visualizar	25,45%	introducir	27,88%	considerando	23,03%	en otro caso	23,33%
otra	9,70%	otra	10,30%	otra	8,48%	otra	10,00%

Tabla 2 – Porcentajes para las instrucciones 1, 2, 3 y 4

5. Instrucción 5: Sentencia de iteración hasta el cumplimiento de condición. La Tabla 3 muestra el resultado para las sentencias de tipo bucle "hasta". La opción más elegida ha sido "repetir" (31,52%), siendo "mantener" (26,06%) la segunda opción más elegida, en tercer lugar "ejecutar" (20,61%), en cuarto lugar "proceder" (13,94%) y por último la opción "otra" (7,88%), aunque no se presentan alternativas.
6. Instrucción 6: Sentencia de iteración mientras se cumpla una condición. En la Tabla 3 podemos ver el resultado para las sentencias de tipo bucle "mientras". La opción más elegida ha sido "mientras" (25,44%), siendo "cuando" (24,85%) la

segunda opción más elegida, en tercer lugar "siempre que" (20,71%), en cuarto lugar "durante" (17,16%) y por último la opción "otra" (11,83%), sin ninguna alternativa propuesta.

7. Instrucción 7: Sentencia de iteración un número específico de veces. La Tabla 3 muestra el resultado para las sentencias de tipo bucle, utilizando una variable que va de un primer valor a uno final. La opción más elegida ha sido "para" (24,85%), siendo "iniciando" (22,42%) la segunda opción más elegida, en tercer lugar "desde" (21,82%), en cuarto lugar "considerando" (16,36%) y por último la opción "otra" (14,55%), sin alternativas propuestas.

Instrucc. 5	Total	Instrucc. 6	Total	Instrucc. 7	Total
repetir	31,52%	mientras	25,44%	para	24,85%
proceder	13,94%	siempre que	20,71%	desde	21,82%
ejecutar	20,61%	durante	17,16%	iniciando	22,42%
mantener	26,06%	cuando	24,85%	considerando	16,36%
otra	7,88%	otra	11,83%	otra	14,55%

Tabla 3 – Porcentajes para las instrucciones 5, 6 y 7

3.2. Resultados, comprensión de pseudocódigos

Mostramos aquí los resultados de la encuesta de comprensión en pseudocódigo natural (GRUPO c1), estándar clásico (GRUPO c2) e inglés (GRUPO c3). La duración media para la realización de la encuesta ha sido de 9 minutos. Hemos obtenido las puntuaciones medias para cada grupo a partir de la nota media individual de cada estudiante obtenida en la correspondiente encuesta. En la Tabla 4 podemos observar el resultado obtenido en cada grupo. La puntuación más alta se ha obtenido por el Grupo c1 para la encuesta de comprensión en pseudocódigo natural (5), seguida del del Grupo c3 de pseudocódigo inglés (3,6) y el Grupo c2 de pseudocódigo estándar clásico (2) ha quedado en tercer lugar.

Grupo	Encuesta	Nº Estudiantes	P. Media
Grupo c1	A Natural	2	5
Grupo c2	B Estándar	1	2
Grupo c3	C Inglés	5	3,6

Tabla 4 – Puntuaciones medias de los grupos de comprensión

3.3. Resultados, curso de aprendizaje de programación informática

Aquí se muestran los resultados del curso sobre fundamentos básicos de programación en pseudocódigo natural (GRUPO a1), pseudocódigo estándar clásico (GRUPO a2) y Python (GRUPO a3). La duración media para la realización del curso ha sido de 6 horas, 30 minutos. Hemos obtenido las puntuaciones medias para cada grupo a partir de la nota media individual de cada estudiante obtenida en el correspondiente curso. Observamos en la Tabla 5 el resultado obtenido en cada grupo. La puntuación más alta, calificación

promedio de las tareas, se ha obtenido por el Grupo a1 para el curso de aprendizaje en pseudocódigo natural (8,87), seguida del Grupo a3 de aprendizaje con Python (7,53) y el Grupo a2 de pseudocódigo estándar clásico (5,5) ha quedado en tercer lugar.

Grupo	Curso	Nº Estudiantes	P. Media
Grupo a1	A Pseudocódigo Natural	2	8,87
Grupo a2	B Pseudocódigo Estándar Clásico	1	5,5
Grupo a3	C Python	4	7,53

Tabla 5 – Puntuaciones medias de los grupos de aprendizaje

En cuanto a los resultados de la encuesta de valoración del curso, realizada por siete estudiantes, podemos ver el detalle y porcentajes en la Tabla 6. Destacamos que a los 7 estudiantes les ha parecido bien el curso y lo recomendarían. A 5 estudiantes les ha parecido bien la aplicación MultiPseudo frente a 2 que le ha parecido regular. La versión Java de la aplicación ha sido usada por 3 estudiantes, la versión Web por 2 estudiantes, y ha habido 2 estudiantes que usaron ambas versiones.

	Bien	Regular	Mal
1. ¿Qué te ha parecido el curso?	100,00%	0%	0%
2. ¿Cuál es el grado de conocimientos informáticos que crees que has adquirido?	85,71%	14,29%	0%
3. ¿Te han parecido claras las explicaciones?	71,43%	28,57%	0%
4. ¿Qué te ha parecido la aplicación MultiPseudo?	71,43%	28,57%	0%
	Java	**Web**	**Ambas**
5. ¿Has usado la versión Java, Web o ambas?	42,86%	28,57%	28,57%
	Si	**Puede**	**No**
6. ¿Recomendarías este curso?	100,00%	0%	0%

Tabla 6 – Encuesta de valoración del curso de aprendizaje y MultiPseudo

3. Limitaciones del estudio

El estudio se realiza en un solo centro educativo, con un determinado contexto social y educativo. Por lo tanto, las respuestas obtenidas se restringen a los estudiantes con los que hemos podido trabajar. Dado el pequeño tamaño de la muestra, sería interesante realizar el estudio con más estudiantes, en otros centros con diferentes contextos, diferentes realidades sociales, incluso estudiantes de otros ámbitos como el universitario y contrastar resultados.

4. Conclusiones y trabajos futuros

La primera parte de este estudio, diseño del lenguaje de pseudocódigo, consistía en descubrir si las palabras clave que se usan comúnmente en el pseudocódigo clásico o estándar, son las idóneas para trabajar con estudiantes noveles, y encontrar qué palabras

son las más apropiadas. Palabras clave contenidas en este pseudocódigo como “leer”, “escribir”, e “imprimir”, ocupan posiciones alejadas del primer lugar en la encuesta, ya había ocurrido así en un estudio anterior realizado a otros alumnos del mismo centro (López-García & Urquiza-Fuentes, 2022). Creemos que la razón podría ser, que estas palabras en la mayoría de los casos, son la traducción al castellano de lenguajes de programación de alto nivel, conocidas por los diseñadores del pseudocódigo que tienen conocimientos previos de programación, pero no por estudiantes noveles carentes de esos conocimientos. En cambio, palabras clave como: “mostrar” e “introducir”, aparentemente con menos uso y difusión, han resultado como las más valoradas. Otras instrucciones clásicas como: “si”, “sino”, “repetir”, “mientras”, y “para” han resultado coincidentes. Se puede intuir cómo, en algunos casos, la lengua materna parece inducir al estudiante palabras clave que no son las utilizadas comúnmente.

En la segunda y tercera parte del estudio, los resultados se analizan desde un punto de vista cuantitativo (medias y promedios). En cuanto a la comprensión de pseudocódigos, los resultados parecen indicar una mayor facilidad de comprensión para el pseudocódigo natural, ya que ha quedado en primer lugar. En otro estudio anterior sobre compresión de pseudocódigos (López-García & Urquiza-Fuentes, 2023b) realizado en el mismo centro a diferentes estudiantes, el pseudocódigo natural también ocupó el primer lugar. La tercera parte del estudio presenta un trabajo preliminar sobre aprendizaje de la programación informática y los resultados parecen inducir a una mayor capacidad de aprendizaje para los estudiantes de pseudocódigo natural. Aunque estos resultados no son significativos dado el escaso número de participantes, nos animan a seguir trabajando y profundizar en esta cuestión.

El juego de palabras de pseudocódigo natural parece ayudar y facilitar la comprensión de los estudiantes de programas escritos con ese pseudocódigo, así como el aprendizaje. Parece lógico que una reducción en la carga cognitiva para el estudiante, una menor sobrecarga mental puede suponer una mayor disponibilidad del estudiante para aprender cosas nuevas. Estos resultados no son definitivos, creemos que sería conveniente ampliar el estudio a un mayor número de estudiantes, a otros centros con diferentes contextos, abarcar otros ámbitos además del ámbito de la formación profesional y extendernos también en el universitario.

Anexo 1 - Diseño del Lenguaje de Pseudocódigo

Diseño del Lenguaje de Pseudocódigo

CLÁUSULA DE PROTECCIÓN DE DATOS DE CARÁCTER PERSONAL
Los datos ANÓNIMOS suministrados voluntariamente a través de esta encuesta serán guardados en un fichero responsabilidad de URJC, con la finalidad de gestionar esta encuesta y realizar estudios.
Su participación en esta encuesta supone aceptar las finalidades antes descritas.
Todos los datos son tratados con absoluta confidencialidad, no siendo accesibles a terceros para finalidades distintas para las que han sido autorizados.

Edad: _____ **Género:** MASCULINO ☐ FEMENINO ☐ OTRO ☐

Elegimos de entre varias opciones la que creemos que es más adecuada a lo pretendido, numeramos esta opción con un 1, y numeramos también las siguientes en orden de idoneidad (2,3,4 y 5). Si consideramos que ninguna opción es adecuada elegimos otra como primera opción y podemos proponer una alternativa.

En todos los casos suponemos que estamos frente al ordenador, con un teclado, y vamos a escribir Pseudocódigo, a introducir órdenes al ordenador en lenguaje natural, para que éste las interprete, viéndose los resultados por pantalla.

1. ¿Cuál crees que sería la palabra adecuada para ver la frase por pantalla "hola a todos y todas"?

escribir "hola a todos y todas"	
mostrar "hola a todos y todas"	
imprimir "hola a todos y todas"	
visualizar "hola a todos y todas"	
otra	

2. Ahora necesitamos obtener datos desde el teclado, una cifra, una palabra. ¿Cuál crees que sería la palabra adecuada para la obtención de datos por teclado? **¿Cómo le decimos al ordenador?**

leer datos	
entrar datos	
capturar datos	
introducir datos	
otra	

3. CONTROL DE FLUJO DE DATOS, CONDICIONALES. Elige la palabra adecuada, para una condición simple.

si (se cumple condición) hacer cualquier cosa	
caso de (se cumple condición) hacer cualquier cosa	
en caso de (se cumple condición) hacer cualquier cosa	
considerando (se cumple condición) hacer cualquier cosa	
otra	

4. CONTROL DE FLUJO DE DATOS, CONDICIONALES. Cuando NO se ha cumplido la condición la palabra adecuada sería….

sino hacer cualquier cosa	
otro caso hacer cualquier cosa	
caso contrario hacer cualquier cosa	
en otro caso hacer cualquier cosa	
otra	

5. SENTENCIAS REPETITIVAS, BUCLES. Para reiterar un conjunto de instrucciones hasta que se cumple una condición, elige las instrucciones que crees más apropiadas.

repetir (conjunto de instrucciones) **hasta** que (se cumple condición)	
proceder (conjunto de instrucciones) **hasta** que (se cumple condición)	
ejecutar (conjunto de instrucciones) **hasta** que (se cumple condición)	
mantener (conjunto de instrucciones) **hasta** que (se cumple condición)	
otra	

6. SENTENCIAS REPETITIVAS, BUCLES. Solo si se cumple una condición ejecutaremos un conjunto de instrucciones, la palabra adecuada es:

mientras (se cumple condición) hacer cualquier cosa	
siempre que (se cumple condición) hacer cualquier cosa	
durante (se cumple condición) hacer cualquier cosa	
cuando (se cumple condición) hacer cualquier cosa	
otra	

7. SENTENCIAS REPETITIVAS, BUCLES. Ejecutaremos un conjunto de instrucciones, un número determinado de veces, utilizando una variable contadora (x), de un primer valor a uno final. ¿Cuál piensa que sería la expresión correcta?

x=1, **para** x hasta (10) hacer (conjunto de instrucciones)	
x=1, **desde** x hasta (10) hacer (conjunto de instrucciones)	
x=1, **iniciando** x hasta (10) hacer (conjunto de instrucciones)	
x=1, **considerando** x hasta (10) hacer (conjunto de instrucciones)	
otra	

Agradecimientos

Este estudio está autorizado por el Comité de Ética de la Investigación (CEI) de la Universidad Rey Juan Carlos, proyecto de investigación nº 2004202212422. Agradecemos la colaboración con la ejecución de este trabajo a la Dirección del centro y a todo el alumnado implicado de 1º SMR. Este trabajo ha sido cofinanciado por la Universidad Rey Juan Carlos, con el proyecto puente M2614 y la Comunidad de Madrid, con el proyecto e-Madrid-CM (P2018/TCS-4307), también cofinanciado por los fondos estructurales (FSE y FEDER).

Referencias

Arboledas D. & Sobrino, P. (2018). Algoritmos y programación en lenguaje C. *Educàlia Editorial*. ISBN: 978-84-17493-03-5.

Beltrán, J., Sánchez, H. & Rico, M. (2021). Aprendizaje divertido de programación con Gamificación. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información, 41*(3), 17-33. https://doi.org/10.17013/RISTI.41.17-33

Cheah, C.S. (2020). Factors Contributing to the Difficulties in Teaching and Learning of Computer Programming: A Literature Review. *Contemporary Educational Technology, 12*(2), ep272. https://doi.org/10.30935/cedtech/8247

Chen, I. & Chang, C. (2009). Teoría de Carga Cognitiva: Un Estudio Empírico sobre la Ansiedad y el Rendimiento en Tareas de Aprendizaje de Idiomas. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology, 7*(2), 729-746. https://doi.org/10.25115/ejrep.v7i18.1369

Coblenz, M., Aldrich, J., Myers, B.A. & Sunshine, J. (2018). Interdisciplinary Programming Language Design. *Proceedings of the 2018 ACM SIGPLAN International Symposium on New Ideas, New Paradigms, and Reflections on Programming and Software*, 133-146. https://doi.org/10.1145/3276954.3276965

Condor, E.E. & De la Cruz, M.A. (2020). Algoritmos Resueltos con Python. Editorial EIDEC. ISBN: 978-958-53018-2-5. https://doi.org/10.34893/6kbn-5a63

Duque, D.F., Saint-Priest, Y., Segovia, P. & Loaiza, D.F. (2017). Algoritmos y programación en pseudocódigo. *Universidad Santiago de Cali*. https://doi.org/10.35985/9789588920542

Herrera, J.O., Gutiérrez, J.E. & Pulgarín, R. (2017). Introducción a la Lógica de Programación. *ELIZCOM S.A.S*. ISBN: 978-958-8801-65-0.

Jones, E.A., Jimenez, C.A., Ormeño, P.I. & Poblete, N.A. (2022). Metodologías activas para la enseñanza de programación a estudiantes de ingeniería civil informática. *Formación universitaria, 15*(3), 53-60. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062022000300053

Joyanes, L. (2008). Fundamentos de Programación Algoritmos, Estructura de Datos y Objetos. 4ª Ed. *McGraw-Hill*. ISBN: 978-84-481-6111-8.

Juganaru, M. (2014). Introducción a la Programación. 1ª Ed. *GRUPO EDITORIAL PATRIA*. ISBN: 978-607-438-920-3.

Karthikeyan, C. (2017). Evaluative Study on Consequences of Cognitive and Sensory Overload: A Socio - Psychological Perspective. *International Journal of Management, IT & Engineering, 7*(4), 300-326.

Koulouri, T., Lauria, S., & Macredie, R.D. (2014). Teaching Introductory Programming: a Quantitative Evaluation of Different Approaches. *ACM Transactions on Computing Education, 14*(4), 1-28. https://doi.org/10.1145/2662412

López-García, A. & Urquiza-Fuentes, J. (2022). First approach to the design of a natural pseudo-code language: the case of keywords. *International Symposium on Computers in Education (SIIE), Coimbra, Portugal. IEEE Xplore*. ISBN: 978-1-6654-7464-1. https://doi.org/10.1109/SIIE56031.2022.9982351

López-García, A. & Urquiza-Fuentes, J. (2023a). MultiPseudo, lenguaje de programación en pseudocódigo multi-idioma. *Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI), Granada, España, Actas de las Jenui* (8), 391-394.

López-García, A. & Urquiza-Fuentes, J. (2023b). Comprensión de pseudocódigo básico en estudiantes de ciclos formativos. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información, 51*(9), 37-50. https://doi.org/10.17013/RISTI.51.37-50

Mamman, M., Rdadi, R.S. & Sadiq, M.A. (2023). Computerized E-learning platform for teaching Python programming using Hausa language. *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences,* 9, 116-123. https://doi.org/10.30574/wjaets.2023.9.2.0214

Mannila, L., Peltomäki, M. & Salakoski, T. (2006). What About a Simple Language? Analyzing the Difficulties in Learning to Program. *Computer Science Education, 16*(3), 211-227. https://doi.org/10.1080/08993400600912384

Muñoz, L.E. (2021). Introducción a la programación con C. *Editorial CIMTED*. ISBN: 978-958-53396-6-8.

Palomar, J., Montes de Oca, S.I., Polo, A. M. & Victorio, A. (2016). Factores explicativos del rendimiento académico en hijos de inmigrantes mexicanos en Nueva York. *Psicología Educativa, 22*(2), 125-133.

Pino, J., Martínez, P., Vergara, J.A. & Contreras, G. (2020). Introducción a la Programación. Problemario de algoritmos paso a paso, pruebas de escritorio y codificación en JAVA. 1ª Ed. *GRUPO EDITORIAL HESS*. ISBN:978-607-9011-99-4.

Robins, A., Rountree, J. & Rountree, N. (2003). Learning and Teaching Programming: A Review and Discussion. *Computer Science Education, 13*(2), 137-172. https://doi.org/10.1076/csed.13.2.137.14200

Turbak, F., Gifford, D., & Sheldon, M.A. (2008). Design Concepts in Programming Languages. *The MIT Press*. ISBN: 978-0-262-20175-9.

Zelle, J.M. (1999). Python as a first language. *Proceedings of 13th Annual Midwest Computer Conference*, 2, 145.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 11/03/2024
Aceitação/Acceptance: 22/06/2024

Sistema de Rehabilitación Virtual para motor fino: integrando especificaciones formales ligeras para reducir la ambigüedad de requerimientos críticos

Gustavo Urquizo-Rodriguez[1], Elizabeth Vidal[1], Eveling Castro-Gutierrez[1]

gurquizor@unsa.edu.pe; evidald@unsa.edu.pe; ecastro@unsa.edu.pe

[1] Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa, Arequipa, Perû.

Pages: 77-92

Resumen: Las limitaciones en la motricidad fina dificultan las actividades diarias como alcanzar, agarrar y levantar objetos; la rehabilitación tiene como objetivo restaurar el rendimiento funcional en las actividades diarias o adquirir nuevas habilidades. Los sistemas de rehabilitación virtual han generado interés como enfoque complementario a la rehabilitación convencional, creando entornos generados por computadora que involucran lúdicamente a los pacientes en terapias orientadas a objetivos. La claridad en los requerimientos se vuelve crítica en este tipo de sistemas debido a su alto impacto en el proceso de recuperación funcional del paciente. Este artículo propone la integración de especificaciones formales ligeras en las primeras etapas del desarrollo de un sistema de rehabilitación virtual para motor fino. Se pretende reducir ambigüedades en la definición de requisitos críticos y funcionalidades. Se hace uso de Vienna Development Method para especificaciones formales ligeras debido a su simplicidad, naturaleza orientada a objetos y soporte de herramientas. La metodología propuesta detalla cinco pasos. El enfoque propuesto permite una representación reduciendo las ambigüedades de los requisitos críticos, mejorando la calidad general del sistema de rehabilitación virtual. El artículo contribuye al explorar la aplicación de especificaciones formales en diversos campos, haciendo hincapié en el contexto específico de la rehabilitación virtual para habilidades motoras finas. Finalmente se brinda evidencia empírica de la practicidad y efectividad del uso de especificaciones formales ligeras para abordar requisitos críticos y funcionalidades únicas en la rehabilitación virtual.

Palabras-clave: especificaciones formales ligeras, métodos formales, sistemas de rehabilitación virtual, motor fino, rehabilitación

Virtual Rehabilitation System for fine motor: integrating lightweight formal specifications to reduce the ambiguity of critical requirements

Abstract: The limitations in fine motor skills hinder daily activities such as reaching, grasping, and lifting objects; rehabilitation aims to restore functional performance in daily activities or acquire new skills.Virtual Rehabilitation Systems have generated interest as a complementary approach to conventional rehabilitation, creating computer-generated environments that playfully engage

patients in goal-oriented therapies. Clarity in requirements becomes critical in such systems due to their high impact on the patient's functional recovery process. This article proposes the integration of lightweight formal specifications in the early stages of developing a fine motor virtual rehabilitation system. The aim is to reduce ambiguities in defining critical requirements and functionalities. Vienna Development Method is utilized for lightweight formal specifications due to its simplicity, object-oriented nature, and tool support. The proposed methodology outlines five steps. The approach allows for an unambiguous representation of critical requirements, enhancing the overall quality of the virtual rehabilitation system. The article contributes to the growing body of literature exploring the application of formal specifications in various fields, emphasizing the specific context of virtual rehabilitation for fine motor skills.Finally, empirical evidence is provided for the practicality and effectiveness of using lightweight formal specifications to address critical requirements and unique functionalities in virtual rehabilitation.

Keywords: Lightweight formal specifications; formal methods; virtual rehabilitation systems; fine motor skills; rehabilitation

1. Introducción

Los problemas de motricidad fina impiden realizar actividades diarias como alcanzar, agarrar y levantar objetos (Chen et al., 2017). La rehabilitación tiene como objetivo ayudar a las personas a restablecer el rendimiento funcional de las actividades diarias, adquiriendo nuevas habilidades motoras y recuperando o compensando la pérdida de habilidades motoras previamente adquiridas. La precisa y exacta medición de los movimientos que realiza el paciente durante su proceso de rehabilitación juega un papel fundamental en la evaluación cuantitativa del progreso de los pacientes (Huber et al., 2015). Estas mediciones desempeñan un papel crítico en diversos diagnósticos, sirviendo para establecer el estado inicial del paciente, evaluar mejoras clínicas y, en algunos casos, orientar las decisiones de tratamiento (Daponte et al., 2014; Picerno et al., 2021).

En los últimos años los Sistemas de Rehabilitación Virtual (SRV) han generado un importante interés en la investigación como enfoque complementario al proceso de rehabilitación convencional ya que los SRV crean entornos generados por computadora que replican experiencias de la vida diaria e involucran de manera lúdica a los pacientes en terapias orientadas a objetivos, con el fin de mejorar sus capacidades funcionales (Chen et al., 2017). Una ventaja significativa de utilizar SRV es la capacidad para capturar movimientos mediante algoritmos de seguimiento. Esta capacidad permite el monitoreo en tiempo real.

La literatura existente aborda el uso de diversos dispositivos comerciales para la implementación de SRV tales como Leap Motion Controller (Tarakci et al., 2020; Vidal et al., 2023; Cortes-Pérez et al., 2021; Avcil et al., 2020; Cuesta-Gómez, 2020) o Kinect (Afsar et al., 2018; Francisco-Martínez et al., 2020; Daoud et al., 2020; Lee et al.,2020) cuya precisión y robustez para la captura de movimientos ha sido ampliamente demostrada (Weicher et al. 2013 ; Choppin, Lane and Wheat,2014, Galna et al., 2014). La literatura también aborda una variedad de implementaciones de SRV que hacen uso de guantes que incluyen diferentes tipos de sensores enfocados en la captura de movimientos de flexión, extensión y agarre de dedos y muñeca, así como el registro de

los rangos de movimientos articulares (Oess, Waner y Curt, 2012; Capello et al., 2018; Kim et al., 2020). Si bien hoy en día la precisión de los dispositivos y sensores utilizados para la captura de movimientos ha sido demostrada en estudios previos, el comprender de forma clara los requerimientos de los especialistas médicos sobre los ejercicios que debe realizar el paciente y que tipo de mediciones son necesarias se vuelve un elemento crítico en las primeras etapas del desarrollo de software.

Los lenguajes de especificación formal ofrecen una notación precisa y libre de ambigüedades que posibilitan la consistencia y corrección en las especificaciones, permitiendo que estas se expresen de manera clara (Easterbrook et al., 2009; Lamsweerde, 2000). La utilización de especificaciones formales y su verificación en las etapas tempranas del desarrollo de software proporciona a los desarrolladores la capacidad de razonar sobre el sistema y sus propiedades críticas, así como de probar requisitos al ofrecer afirmaciones sobre el comportamiento anticipado. Complementariamente, Rushby (1997) destaca que las especificaciones formales pueden aplicarse selectivamente a componentes específicos o utilizarse para verificar propiedades particulares de un Sistema. Este artículo presenta una propuesta para integrar la aplicación de especificaciones formales ligeras en las primeras etapas del desarrollo de sistemas de rehabilitación virtual para reducir las ambigüedades que puedan surgir en el proceso de la definición de requerimientos y las funcionalidades de carácter crítico.

2. Fundamento Teórico

2.1. Especificación Formal

Hierons et al. (2009) definen una especificación formal como la expresión, en algún lenguaje formal y en algún nivel de abstracción, de una colección de propiedades que algún sistema debería satisfacer. Lamsweerde (2000) complementa la definición afirmando que las propiedades consideradas pueden referirse a objetivos de alto nivel; requerimientos funcionales o requisitos no funcionales como precisión. El modelado preciso con especificaciones formales puede ayudar a presentar los requisitos de manera estructurada, lo que facilita la revisión y la inspección y, por lo tanto, es útil para localizar errores. Además, el uso de herramientas permite automatizar el análisis e inspección desde sintaxis básica, verificadores de tipos e intérpretes para la ejecución de especificaciones relativas a pruebas de casos (Fitzgerald et al., 2005).

2.2. Especificación Formal Ligera

La especificación formal ligera (EFL) es un enfoque que se centra en aquellos aspectos de un sistema cuyo análisis impacta el costo de formalización y facilita el uso de herramientas de análisis automatizadas (Jones, Jackson y Wing, 1996). El enfoque ligero está especialmente dirigido a las etapas iniciales del proceso de desarrollo. En esta fase, emplear la abstracción es crucial para obtener una comprensión más clara de los requisitos. Además, el uso de técnicas efectivas y herramientas de automatización para detectar defectos es vital en estas etapas, ya que los errores pueden ser costosos (Agerholm y Larsen, 1999). Las ventajas de unas especificaciones formales ligeras se resumen a continuación: 1) fácil de aprender y fácil de aplicar; 2) descripción inequívoca, el lenguaje formal proporciona una herramienta para la especificación sin la ambigüedad

introducida por las técnicas de descripción informal y 3) descripciones completas, en una especificación formal, se define con precisión qué tipo de propiedades se describen y cuáles se posponen para futuros refinamientos (Fitzgerald, Larsen y Verhoef, 2007; Easterbrook et al, 1998). Las especificaciones formales generalmente se realizan para comprender mejor el comportamiento previsto de un sistema o para confirmar que un diseño posee propiedades específicas. También debe representar con precisión el rendimiento previsto del sistema (Fitzgerald et al., 2005). La validación es el proceso que mejora la confianza en que la especificación formal refleja con precisión los requisitos no formalmente establecidos del sistema. Se deben emplear técnicas de prueba para validar una especificación.

2.3. Vienna Development Method

Método de Desarrollo de Viena (VDM por sus siglas en inglés) es un lenguaje de especificación formal para diseños orientados a objetos utilizado en la industria (Fitzgerald et al., 2005; Kurita y Nakatsugawa, 2009). Un modelo de definición de clases en VDM es un conjunto de clases. Una clase representa una colección de objetos que comparten elementos comunes, como atributos u operaciones. La estructura de la descripción de una clase se muestra en la Figura 1.

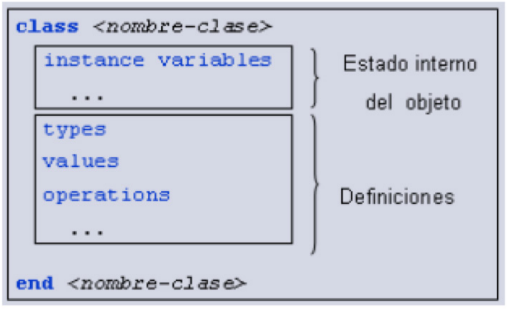


Figura 1 – Estructura de clases VDM

Una clase consta de cuatro bloques: 1) variables de instancia que modelan el estado interno del objeto; 2) tipos que definen tipos básicos y tipos de datos compuestos. Entre los tipos básicos, tiene booleano, natural, real y de carácter. Los tipos compuestos son conjuntos (set of), secuencias (seq of) y mapeo (map to), entre otros. Cada tipo tiene operaciones predefinidas; 3) los valores permiten la definición de constantes y 4) la operación define operaciones que pueden modificar las variables de instancia. VDM también puede agregar condiciones previas con la palabra clave pre en operaciones.

Las expresiones se utilizan para describir cálculos que no producen efectos secundarios, lo que significa que nunca pueden alterar el valor de una variable de instancia. Las expresiones cuantificadoras son un tipo de expresión lógica que se utiliza al hacer afirmaciones sobre una colección de valores. Hay dos tipos de cuantificadores: el cuantificador universal (forall) y el cuantificador existencial (exist). Las expresiones

cuantificadoras se utilizan para definir condiciones previas, condiciones posteriores e invariantes. Los invariantes se utilizan para restringir valores en variables de instancia especificadas en una clase, asegurando que ciertos valores no estén permitidos. Esta restricción da como resultado que el tipo se limite a un subconjunto de los valores originales. Un invariante se representa con la palabra clave inv siguiendo la definición de todas las variables de instancia declaradas en la clase.

VDM-Tools es una herramienta integrada que admite el análisis de modelos VDM mediante sintaxis, verificación de tipos y pruebas. Las herramientas poseen funciones para gestionar especificaciones y un intérprete proporciona soporte de depuración (Larsen et al., 2010; Larsen y Fitzgerald, 2016).

3. Sistema de Rehabilitación Virtual

3.1. Metodología

Este trabajo propone la integración de especificaciones formales ligeras en las primeras etapas del desarrollo de un SRV buscando reducir la ambigüedad en la especificación de requerimientos críticos. Es importante validar que los SRV faciliten no solo la realización de la terapia seleccionada, sino también evitar ambigüedades en la especificación de los requerimientos críticos que llevan a los especialistas médicos a evaluar las mejoras clínicas y orientar las decisiones de tratamiento. La propuesta considera los pasos mostrados en la Figura 2. Los tres primeros pasos corresponden a la descripción general del SRV y la elección del mecanismo de interacción. Los siguientes pasos, dependiendo del objetivo y alcance del SRV pueden implementarse en varias iteraciones.



Figura 2 – Metodología de Desarrollo de Sistema de Rehabilitación Virtual incorporando el uso de Especificaciones Formales Ligeras

3.2. Implementación

Paso 1: Definir el objetivo: Con base en la Clasificación Internacional del Funcionamiento, la Discapacidad y la Salud (ICF) de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (World Health Organization, 2007) la actividad específica que se busca mejorar en los pacientes corresponde a la subclasificación d4400: que corresponde a la actividad de recoger un objeto pequeño con las manos y los dedos, como un lápiz. Para ello se busca desarrollar un SRV que ayude a mejorar la función de control motor fino a través de ejercicios de flexión y extensión de los dedos.

Paso 2: Definir funcionalidad: El SRV propuesto está compuesto de un juego 2D (Figura 3) y un guante instrumentado con sensores (Figura 4). El objetivo del juego es lograr que un avatar corra por cuatro caminos paralelos para recoger monedas. Por cada moneda recogida se sumará un punto. También el SRV registra el tiempo que recorre el avatar. La mecánica del juego se controla con un guante con cuatro sensores flex (Saggio et al., 2016) colocados en los dedos índice, medio, anular y meñique. Cuando el paciente realiza movimientos de flexión/extensión con un dedo específico, el avatar cambia al camino correspondiente. Cada sensor debe capturar el rango de movimiento articular del dedo flexionado. Se ha considerado que los pacientes puedan: a) ver un avatar que refleja sus movimientos; b) tengan suficiente cantidad de práctica para entrenar movimientos orientados a objetivos; c) tengan retroalimentación sobre el éxito de la acción realizada de forma auditiva y visual y d) tengan retroalimentación sobre la calidad del movimiento (rango de movimiento articular) (Levac y Sveistrup, 2014).

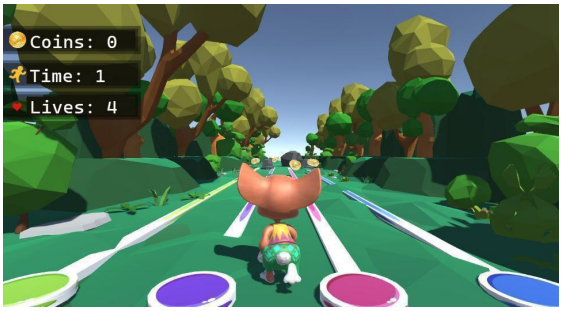


Figura 3 – Funcionalidad del juego



Figura 4 – Guante instrumentado

Paso 3: Identificar ambigüedades y propiedades críticas: Uno de los elementos más importante para evaluar el progreso del proceso de rehabilitación del paciente está dado por la posibilidad de medir el rango de movimiento articular de la flexión de cada dedo. En la definición de la funcionalidad se identificó una ambigüedad con respecto a la medida Rango articular de los dedos. El médico de terapia física aclaró que existen varios tipos: articulación interfalángica proximal (AIP), articulación interfalángica distal (AID) y articulación metacarpofalángica (AMCP) (Figura 5). Las mediciones solicitadas deben ser las AIP. Asimismo, se conoció que el límite máximo que puede alcanzar una persona en el proceso de flexión es de 110 º

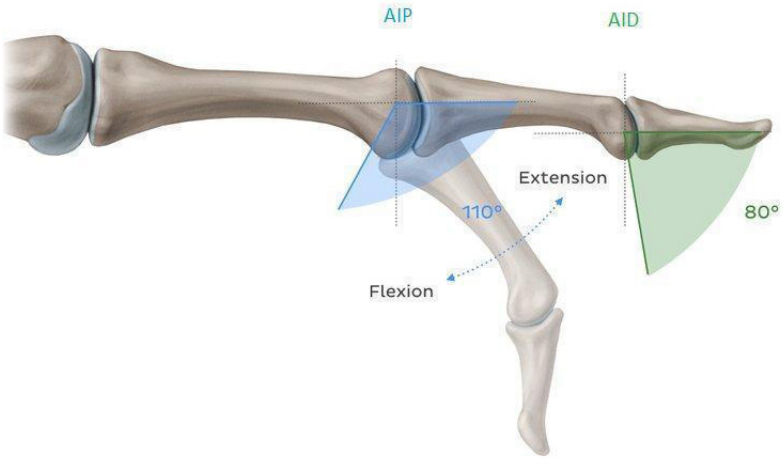


Figura 5 – Rango de movimiento típico en la articulación interfalángica proximal (AIP) y la articulación interfalángica distal (AID)

Como segundo punto, basado en estudios previos (Pasquale & Mastrototaro, 2018) se establece que un guante ideal para rehabilitación debe exhibir características tales como diseño liviano, elasticidad y comodidad. El guante instrumentado propuesto ha tomado en cuenta dichos factores, cada sensor está meticulosamente cosido en la cara dorsal de un guante de nylon, lo que permite un movimiento sin restricciones (Figura 4). Sin embargo, de acuerdo a lo observado por el especialista en terapia física cabe la posibilidad que exista algún desplazamiento no deseado durante el proceso de flexión o extensión durante la interacción con el juego, lo que causaría que te tomen medidas fuera del rango máximo establecido, lo que hace necesario controlar o evitar que ello ocurra mediante mensajes de alerta.

Paso 4: Proponer las Especificaciones Formales Ligeras: Se proponen las clases Sensor y Guante para representar las propiedades críticas identificadas en el paso 3 (por motivos de espacio no se muestran otras clases). La clase Sensor (Figura 6) juega un

papel crucial, ya que representa el sensor que mide el rango de movimiento articular del AIP. A cada dedo se le asigna un sensor específico (línea 3). Es posible asignar un valor a cada sensor identificado con cada dedo (línea 3). De manera similar, en la línea 8, se ha creado la variable de instancia rango_movimiento_medidas_AIP, considerando una secuencia de valores reales. El uso del tipo de dato secuencia permite que los valores del rango del movimiento articular del AIP se almacenen en tiempo real durante el juego. Es importante destacar que la propiedad matemática del tipo de secuencia permite valores duplicados. La clase Sensor incluye un invariante (línea 11) que actúa como una red de seguridad, asegurando que los valores registrados estén siempre dentro del límite permitido de 110°.

```
1: class Sensor
2:   types
3:     public Tipo=<Indice>|<Medio>|<Anular>|<Menique>;
4:   instance variables
5:     public tipo_sensor:Tipo;
6:     public rango_movimiento_AIP : real := 0;
7:     public medidas_AIP : map Tipo to real;
8:     public rango_movimiento_medidas_AIP: seq of real := [];
9:
10:    inv
11:    (forall m in set inds rango_movimiento_medidas_AIP & rango_movimiento_medidas_AIP(m) <= 110);
12:
13:  operations
14:    public Sensor: Tipo*real*map Tipo to real*seq of real ==> Sensor
15:        Sensor(t,r,m,rm) ==(tipo_sensor := t;
16:            rango_movimiento_AIP := r;
17:                medidas_AIP := m;
18:            rango_movimiento_medidas_AIP := rm);
19:    public get_tipo_sensor : () ==> Tipo
20:          get_tipo_sensor ( ) ==(return tipo_sensor);
21:    public set_tipo_sensor: Tipo ==> ()
22:         set_tipo_sensor (s) ==(tipo_sensor :=s);
23:    public get_rango_movimiento_AIP: () ==> real
24:       get_rango_movimiento_AIP() ==(return rango_movimiento_AIP);
25:    public set_rango_movimiento: real ==> ()
26:        set_rango_movimiento(r) ==(rango_movimiento_AIP := r)
27:    pre r> 0 and r< 111;
28:    public get_rango_movimiento_medidas_AIP: ( )==> seq of real
29:        get_rango_movimiento_medidas_AIP( )==(return rango_movimiento_medidas_AIP);
30:    public getMedidas_AIP:()==> map Tipo to real
31:              getMedidas_AIP()==(return medidas_AIP);
32: end Sensor
```

Figura 6 – Clase Sensor

La clase Guante (Figura 7) representa el comportamiento de los cuatro sensores incluídos en el guante. Incluye la variable de instancia sensores (línea 5) la cual está representada como un tipo conjunto que permite garantizar la independencia de cada uno de los sensores y la no existencia de valores repetidos (duplicidad de sensores para el mismo dedo) de acuerdo a las propiedades matemáticas de los conjuntos.

```
1: class Guante
2:     types
3:     public String=seq of char;
4:   instance variables
5:     public sensores : set of Sensor;
6:     public alarmas:seq of Alarma:=[new Alarma(<Indice_Error>,"none").new
Alarma(<Medio_Error>,"none").new Alarma(<Anular_Error>,"none").new
Alarma(<Menique_Error>,"none")];
7:
8:     public medidas:map Sensor`Tipo to nat;
9:
10:  operations
11:    public Guante:set of Sensor==>Guante
12:    Guante(sens)==(
13:            sensores:=sens;
14:    );
15:    public checkSensor:()==>()
16:    checkSensor()==(
17:            for all s in set sensores do
18:                    medidas:=s.getMedidas_AIP();
19:                    if medidas(<Indice>)>110
20:                    then alarmas(1).setMensaje("Error_En_Indice_ROM")
21:                    else alarmas(1).setMensaje("none");
22:                    if medidas(<Medio>)>110
23:                    then alarmas(2).setMensaje("Error_En_Medio_ROM")
24:                    else alarmas(2).setMensaje("none");
25:                    if medidas(<Anular>)>110
26:                    then alarmas(3).setMensaje("Error_En_Anular_ROM")
27:                    else alarmas(3).setMensaje("none");
28:                    if medidas(<Menique>)>110
29:                    then alarmas(4).setMensaje("Error_En_Menique_ROM")
30:                    else alarmas(4).setMensaje("none");
31:            );
32:
33: end Guante
```

Figura 7 – Clase Guante

Paso 5: Validar las Especificaciones Formales Ligeras: Para el proceso de validación se hizo uso de la herramienta VDM Toolbox (Fitzgerald, Larsen & Sahara, 2007). Todas las clases propuestas fueron validadas en cuanto a la sintaxis y a los tipos de datos (Figura 8). Las especificaciones formales ligeras permiten la realización de pruebas de caja negra en las primeras etapas del desarrollo de software. Las pruebas sistemáticas de la especificación es una de las formas más importantes de obtener confianza en la exactitud de una especificación (Fitzgerald, Larsen & Sahara, 2007). La Figura 9 muestra el primer conjunto de casos de prueba en la clase Test haciendo énfasis en los límites máximos permitidos del AIP para los cuatro sensores.

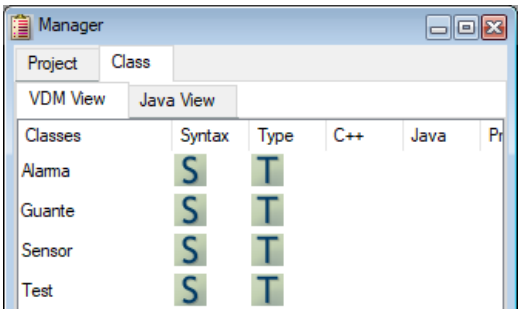


Figura 8 – Validación de tipos y sintaxis de clases VDM

```
1: class Test
2:   instance variables
3:     sensor1: Sensor;
4:     sensor2: Sensor;
5:     sensor3: Sensor;
6:     sensor4: Sensor;
7:     guante: Guante;
8:   operations
9:     public run: () ==> Guante`String
10:    run()==test();
11:    public test: () ==> Guante`String
12:    test()==(
13:              sensorTest();
14:              guante:=new Guante(sensor1);
15:              guante.checkSensor();
16:              guante:=new Guante(sensor2);
17:              guante.checkSensor();
18:              guante:=new Guante(sensor3);
19:              guante.checkSensor();
20:              guante:=new Guante(sensor4);
21:              guante.checkSensor();
22:
23:              return "OK"
24: );
25:    public sensorTest:()==>()
26:    sensorTest()==(
27:              sensor1:=new Sensor(<Indice>,0,{<Indice>|->111},[]);
28:              sensor1:=new Sensor(<Indice>,0,{<Indice>|->110},[]);
29:              sensor1:=new Sensor(<Indice>,0,{<Indice>|->109},[]);
30:              sensor2:=new Sensor(<Medio>,0,{<Medio>|->111},[]);
31:              sensor2:=new Sensor(<Medio>,0,{<Medio>|->110},[]);
32:              sensor2:=new Sensor(<Medio>,0,{<Medio>|->109},[]);
33:              sensor3:=new Sensor(<Anular>,0,{<Anular>|->111},[]);
34:              sensor3:=new Sensor(<Anular>,0,{<Anular>|->110},[]);
35:              sensor3:=new Sensor(<Anular>,0,{<Anular>|->109},[]);
36:              sensor4:=new Sensor(<Menique>,0,{<Menique>|->111},[]);
37:              sensor4:=new Sensor(<Menique>,0,{<Menique>|->110},[]);
38:              sensor4:=new Sensor(<Menique>,0,{<Menique>|->109},[]);
39:              );
40: end Test
```

```
Interpreter Window
Initializing specification ...
done
>> tcov reset
Deleting breakpoint 1
Deleting breakpoint 2
>> create test :=new Test()
>> print test.run()
G:/Mi unidad/CITESOFT/ARTÍCULO/PROYECTO GUSTAVO/Glove.vpp, l. 8, c. 18:
  Run-Time Error 221: Instance invariant was broken
```

Figura 9 – Clase Test con casos de prueba de caja negra y validación mediante intérprete

Como se puede observar en la Figura 9, en la línea 33 se ha enviado el valor de 111 grados, valor por encima del máximo permitido con respecto al rango articular. Cuando

se ejecutan los casos de prueba en el intérprete la herramienta muestra un mensaje que se ha violado la invariante en el Sensor 3. El poder hacer uso de una herramienta permite ejecutar los casos de prueba y analizar en etapas tempranas el cumplimiento de las propiedades críticas

4. Resultados Discusión

La inclusión de EFL en las primeras fases de desarrollo permitió identificar ambigüedades referidas a la medición del rango articular que necesita el especialista médico: articulación interfalángica proximal. Así mismo se pudo modelar matemáticamente haciendo uso del tipo conjunto la captura independiente de valores para cada sensor (por característica matemáticas de los conjuntos, estos no permiten valores repetidos). También se realizaron pruebas tempranas de caja negra para validar el correcto funcionamiento de los límites máximos de captura de medidas de los rangos articulares de cada sensor.

En la literatura se han encontrado aplicaciones recientes de especificaciones formales ligeras como es el caso de Amazon (Bornholt ,2021) en su servicio Amazon S3, para el almacenamiento de objetos en la nube que ofrece a los clientes almacenamiento elástico con una durabilidad extremadamente alta y disponibilidad. Al igual que nuestra experiencia y hallazgos, los autores afirman que el incorporar especificaciones formales ligeras al inicio del proceso de desarrollo permite la detección temprana de ambigüedades y errores. Nuestro trabajo coincide con su experiencia en el sentido de centrarse en entregar modelos (especificaciones formales).

Otro uso reciente de especificaciones formales es en el desarrollo del nuevo protocolo de seguridad de Internet QUIC (McMillan & Zuck, ,2019), los autores coinciden al igual que nuestra propuesta que al hacer uso de especificaciones formales permite realizar pruebas exhaustivas en las primeras etapas de desarrollo. Naseem Akhtar y Missen (2017) hicieron uso de especificaciones formales en aplicaciones que hacen uso de Big-data, los autores afirman que hoy en día es necesario el uso de especificaciones formales para verificar la correctitud de los modelos predictivos. Si bien estos casos hacen uso de EFL ninguno de los dos se enfoca en la aplicación de sistemas de rehabilitación virtual.

Consideramos importante que el lenguaje de especificación formal sea soportado por una herramienta que facilite no solamente la especificación sino el proceso de validación de pruebas de caja negra para verificar que se cumplan las propiedades críticas del sistema que se encuentran expresadas a través de invariantes.

La principal brecha en el tema de investigación sobre el uso de especificaciones formales en sistemas de rehabilitación virtual radica en la limitada exploración y aplicación de especificaciones formales ligeras diseñadas específicamente para los requisitos y complejidades únicas de este tipo de sistemas. Aunque la literatura reconoce la importancia de las especificaciones formales para mejorar la corrección del sistema y reducir ambigüedades en las primeras etapas del desarrollo, existe una falta de investigación en profundidad sobre cómo integrarlas de manera efectiva como parte del proceso de desarrollo de software a sistemas de rehabilitación virtual. La investigación existente en sistemas de rehabilitación virtual se enfoca en la efectividad a nivel de pruebas clínicas (Ravi et al.,2017) o a nivel de usabilidad (Merma-Portocarrero et al.,2023, Guevara et al., 2019;Vidal et al.,2023) a menudo se centra en los beneficios

generales de las especificaciones formales, pero no profundiza en la implementación práctica y validación de especificaciones formales ligeras en el contexto de sistemas de rehabilitación virtual para habilidades motoras finas.

5. Conclusiones

Este trabajo ha propuesto la integración de especificaciones formales ligeras como parte del proceso de desarrollo de un Sistema de Rehabilitación Virtual para motor fino permitiendo reducir las ambigüedades en la especificación de requerimientos críticos. Se han presentado las principales características del lenguaje de especificación formal utilizado que es VDM. VDM es independiente del lenguaje de programación y está asociado a herramientas que permiten la validación de las especificaciones. Este trabajo contribuye al área de ingeniería del software que explora la gestión de requerimientos. Se busca el incorporar especificaciones formales ligeras en el desarrollo de los sistemas de rehabilitación virtual, de forma específica en este trabajo para la recuperación de habilidades motoras finas. La especificidad y claridad requeridas en el ámbito médico, especialmente en relación con los ejercicios y medidas esenciales para el progreso del paciente, hacen crucial adaptar las especificaciones formales a estas necesidades específicas. Este trabajo brinda evidencia empírica y un estudio de casos que muestra la practicidad y efectividad del uso de especificaciones formales ligeras para abordar requisitos críticos y funcionalidades únicas en la rehabilitación virtual. Como trabajo futuro se busca ampliar la experimentación del uso de especificaciones formales ligeras con VDM en otros sistemas orientados a la rehabilitación virtual. Se busca identificar patrones en cuanto al tipo de errores o ambigüedades que se pueden detectar

Referencias

Afsar, S. I., Mirzayev, I., Yemisci, O. U., & Saracgil, S. N. C. (2018). Virtual reality in upper extremity rehabilitation of stroke patients: a randomized controlled trial. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, *27*(12), 3473–3478. https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2018.08.007

Agerholm, S., & Larsen, P. G. (1998, October). A lightweight approach to formal methods. In *International Workshop on Current Trends in Applied Formal Methods* (pp. 168-183). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Avcil, E., Tarakci, D., Arman, N., & Tarakci, E. (2020). Upper extremity rehabilitation using video games in cerebral palsy: a randomized clinical trial. *Acta Neurologica Belgica/Acta Neurologica Belgica*, *121*(4), 1053–1060. https://doi.org/10.1007/s13760-020-01400-8

Bornholt, J., Joshi, R., Astrauskas, V., Cully, B., Kragl, B., Markle, S., Sauri, K., Schleit, D., Slatton, G., Tasiran, S., Van Geffen, J., & Warfield, A. (2021). Using lightweight formal methods to validate a Key-Value storage node in Amazon S3. In *Proceedings of the ACM SIGOPS 28th Symposium on Operating Systems Principles* (pp. 836-850). https://doi.org/10.1145/3477132.3483540

Cappello, L., Meyer, J. T., Galloway, K. C., Peisner, J. D., Granberry, R., Wagner, D. A., Engelhardt, S., Paganoni, S., & Walsh, C. J. (2018). Assisting hand function after spinal cord injury with a fabric-based soft robotic glove. Journal of Neuroengineering and Rehabilitation, 15(1). https://doi.org/10.1186/s12984-018-0391-x

Cortés-Pérez, I., Zagalaz-Anula, N., Montoro-Cárdenas, D., Lomas-Vega, R., Obrero-Gaitán, E., & Osuna-Pérez, M. C. (2021). Leap Motion Controller Video Game-Based Therapy for Upper Extremity Motor Recovery in Patients with Central Nervous System Diseases. A Systematic Review with Meta-Analysis. Sensors, 21(6), 2065. https://doi.org/10.3390/s21062065

Cuesta-Gómez, A., Sánchez-Herrera-Baeza, P., Oña-Simbaña, E. D., Martínez-Medina, A., Ortiz-Comino, C., Balaguer-Bernaldo-De-Quirós, C., Jardón-Huete, A., & Cano-De-La-Cuerda, R. (2020). Effects of virtual reality associated with serious games for upper limb rehabilitation in patients with multiple sclerosis: randomized controlled trial. Journal of Neuroengineering and Rehabilitation, 17(1). https://doi.org/10.1186/s12984-020-00718-x

Chen, J., Nichols, D., Brokaw, E. B., & Lum, P. S. (2017). Home-Based therapy after stroke using the hand Spring Operated Movement Enhancer (HandSOME). IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 25(12), 2305–2312. https://doi.org/10.1109/tnsre.2017.2695379

Choppin, S., Lane, B., & Wheat, J. (2014). The accuracy of the Microsoft Kinect in joint angle measurement. Sports Technology, 7(1–2), 98–105. https://doi.org/10.1080/19346182.2014.968165

Daoud, M. I., Alhusseini, A., Ali, M. Z., & Alazrai, R. (2020). A Game-Based Rehabilitation System for Upper-Limb Cerebral Palsy: A Feasibility Study. Sensors, 20(8), 2416. https://doi.org/10.3390/s20082416

Daponte, P., De Vito, L., Riccio, M., & Sementa, C. (2014). Design and validation of a motion-tracking system for ROM measurements in home rehabilitation. Measurement, 55, 82–96. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2014.04.021

Easterbrook, S., Lutz, R., Covington, R., Kelly, J., Ampo, Y., & Hamilton, D. (1998). Experiences using lightweight formal methods for requirements modeling. IEEE Transactions on Software Engineering, 24(1), 4–14. https://doi.org/10.1109/32.663994

Fitzgerald, J., Larsen, P., & Sahara, S. (2007). VDMTools: advances in support for formal modeling in VDM. School of Computing Science Technical Report Series. http://eprint.ncl.ac.uk/file_store/production/161018/766A5174-CDAC-4769-97A8-10D9CBD8661C.pdf

Fitzgerald, J., Larsen, P. G., Mukherjee, P., Plat, N., & Verhoef, M. (2005). Validated designs for object-oriented systems. In Springer eBooks. https://doi.org/10.1007/b138800

Francisco-Martínez, C., Padilla-Medina, J. A., Prado-Olivarez, J., Pérez-Pinal, F. J., Barranco-Gutiérrez, A. I., & Martínez-Nolasco, J. J. (2022). Kinect V2-Assisted Semi-Automated Method to assess upper limb motor performance in children. Sensors, 22(6), 2258. https://doi.org/10.3390/s22062258

Galna, B., Barry, G., Jackson, D., Mhiripiri, D., Olivier, P., & Rochester, L. (2014). Accuracy of the Microsoft Kinect sensor for measuring movement in people with Parkinson's disease. Gait & Posture, 39(4), 1062–1068. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.01.008

Guevara, B., Martínez, A., Gordón, A., & Constante, P. (2019). Sistema inmersivo de reconocimiento y control de gestos empleando realidad virtual para rehabilitación de las extremidades superiores en pacientes con daño cerebral adquirido (DCA). Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (E19), 658-670.

Hierons, R. M., Bogdanov, K., Bowen, J. P., Cleaveland, R., Derrick, J., Dick, J., ... & Zedan, H. (2009). Using formal specifications to support testing. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, *41*(2), 1-76. https://doi.org/10.1145/1459352.1459354

Huber, M., Seitz, A., Leeser, M., & Sternad, D. (2015). Validity and reliability of Kinect skeleton for measuring shoulder joint angles: a feasibility study. Physiotherapy, 101(4), 389–393. https://doi.org/10.1016/j.physio.2015.02.002

Jackson, D. (2001). Lightweight formal methods. In *FME 2001: Formal Methods for Increasing Software Productivity: International Symposium of Formal Methods Europe Berlin, Germany, March 12–16, 2001 Proceedings* (pp. 1-1). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-45251-6_1

Jones, C. B., Jackson, D., & Wing, J. (1996). Formal methods light. Computer, 29(04), 20-22.

Kim, J., Lee, G., Jo, H., Park, W., Jin, Y. S., Kim, H. D., & Kim, J. (2020). A wearable soft robot for stroke patients' finger occupational therapy and quantitative measures on the joint paralysis. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing/International Journal of the Korean Society of Precision Engineering, 21(12), 2419–2426. https://doi.org/10.1007/s12541-020-00418-5

Kurita, T., & Nakatsugawa, Y. (2009). The application of VDM to the industrial development of firmware for a smart card IC chip. International Journal of Software and Informatics, 3, 343–355. http://www.ijsi.org/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=343&flag=1

Lamsweerde, A. V. (2000, May). Formal specification: a roadmap. In *Proceedings of the Conference on the Future of Software Engineering* (pp. 147-159). https://doi.org/10.1145/336512.336546

Larsen, P. G., & Fitzgerald, J. (2016). The evolution of VDM tools from the 1990s to 2015 and the influence of CAMILA. Journal of Logical and Algebraic Methods in Programming/Journal of Logical and Algebraic Methods in Programming, 85(5), 985–998. https://doi.org/10.1016/j.jlamp.2015.10.001

Larsen, P. G., Battle, N., Ferreira, M., Fitzgerald, J., Lausdahl, K., & Verhoef, M. (2010). The overture initiative integrating tools for VDM. Software Engineering Notes, 35(1), 1–6. https://doi.org/10.1145/1668862.1668864

Lee, Y. M., Lee, S., Uhm, K. E., Kurillo, G., Han, J. J., & Lee, J. (2020). Upper Limb Three-Dimensional Reachable Workspace Analysis Using the Kinect Sensor in Hemiplegic Stroke Patients: A Cross-Sectional Observational Study. American journal of physical medicine & rehabilitation, 99(5), 397–403. https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001350

Levac, D. E., & Sveistrup, H. (2014). Motor learning and virtual reality. In Virtual reality technologies for health and clinical applications (pp. 25–46). https://doi.org/10.1007/978-1-4939-0968-1_3

McMillan, K. L., & Zuck, L. D. (2019). Formal specification and testing of QUIC. In *Proceedings of the ACM Special Interest Group on Data Communication* (pp. 227-240). https://doi.org/10.1145/3341302.3342087

Naseem, A., Akhtar, N., & Saad, M. (2017). Formal Specification of a Truck Geo-Location Big-Data Application. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 8(4). https://doi.org/10.14569/ijacsa.2017.080447

Merma-Portocarrero, J., Neira-Carrasco, D., Vidal, E., & Castro-Gutierrez, E. (2023). Sistema de Rehabilitación Virtual no inmersivo para la mejora de destreza manual: un enfoque orientado al hogar. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (E61), 1-13.

Oess, N. P., Wanek, J., & Curt, A. (2012). Design and evaluation of a low-cost instrumented glove for hand function assessment. Journal of Neuroengineering and Rehabilitation, 9(1), 2. https://doi.org/10.1186/1743-0003-9-2

Pasquale, G., & Mastrototaro, L. (2018). Glove-based systems for medical applications: Review of recent advancements. *Journal of Textile Engineering Fashion Technology*, *4*(3), 253-262. https://doi.org/10.15406/jteft.2018.04.00153

Picerno, P., Iosa, M., D'Souza, C., Benedetti, M. G., Paolucci, S., & Morone, G. (2021). Wearable inertial sensors for human movement analysis: a five-year update. Expert Review of Medical Devices, 18(sup1), 79–94. https://doi.org/10.1080/17434440.2021.1988849

Ravi, D. K., Kumar, N., & Singhi, P. (2017). Effectiveness of virtual reality rehabilitation for children and adolescents with cerebral palsy: an updated evidence-based systematic review. Physiotherapy, 103(3), 245-258.

Rushby, J. (1997). Formal methods and their role in the certification of critical systems. In *Safety and Reliability of Software Based Systems: Twelfth Annual CSR Workshop (Bruges, 12–15 September 1995)* (pp. 1-42). London: Springer London. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-0921-1_1

Saggio, G., Pallotti, A., Sbernini, L., Errico, V., & Di Paolo, F. (2016). Feasibility of commercial resistive flex sensors for hand tracking applications. DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals). https://doaj.org/article/6c42ef7942e54214b540b1752d8ab669

Tarakci, E., Arman, N., Tarakci, D., & Kasapcopur, O. (2020). Leap Motion Controller–based training for upper extremity rehabilitation in children and adolescents with physical disabilities: A randomized controlled trial. Journal of Hand Therapy, 33(2), 220-228.e1. https://doi.org/10.1016/j.jht.2019.03.012

Vidal, E., Castro-Gutierrez, E., Arisaca, R., Paz-Valderrama, A., & Albiol-Pérez, S. (2023). Serious game for fine motor control Rehabilitation for Children with Epileptic Encephalopathy: Development and Usability study. JMIR Formative Research, 7, e50492. https://doi.org/10.2196/50492

Weichert, F., Bachmann, D., Rudak, B., & Fisseler, D. (2013). Analysis of the accuracy and robustness of the LeAP Motion Controller. Sensors, 13(5), 6380–6393. https://doi.org/10.3390/s130506380

World Health Organization. (2007). International Classification of Functioning, Disability, and Health: Children & Youth Version: ICF-CY. World Health Organization.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 15/03/2024
Aceitação/Acceptance: 20/06/2024

Validación de un instrumento sobre educación híbrida y su aplicación en la enseñanza de la medicina

Miriam Janet Cervantes-López[1], Alejandra Tavera-Tapia[1*], Elizabeth Reyna-Beltrán[1], Arturo Llanes-Castillo[1], José Eugenio Guerra-Cárdenas[1], Jaime Cruz-Casados[1]

mcervantes@docentes.uat.edu.mx; ataveratapia@gmail.com; ereyna@docentes.uat.edu.mx; allanes@docentes.uat.edu.mx; jguerra@docentes.uat.edu.mx; jcruz@docentes.uat.edu.mx

[1] Universidad Autónoma de Tamaulipas-Facultad de Medicina de Tampico, 89339, Tampico, Tamaulipas, México

Pages: 93-103

Resumen: La educación híbrida combina características de la educación presencial y virtual. A fin de saber si esta puede ser una opción para la enseñanza de la medicina, se diseñó, evaluó por expertos y validó estadísticamente un instrumento que permita conocer la percepción de los estudiantes sobre esta modalidad educativa. Se encontró que el instrumento posee validez de contenido debido a que se obtuvo en todos sus ítems valores mayores a 0.70, con $p<0.05$. Su confiabilidad se determinó a través de la aplicación del coeficiente Alfa de Cronbach con un valor de 0.989. Se concluyó que el instrumento es pertinente para evaluar si la educación híbrida puede ser una opción para la enseñanza médica y cómo ha cambiado su aplicación a raíz de la pandemia por COVID-19.

Palabras-clave: educación híbrida; educación médica; instrumento; validación

Validation of a survey about hybrid education toward its application in medical education

Abstract: Hybrid education combines the characteristics of in-person and virtual education. To know if this can be an option for teaching medicine, an instrument that allows us to know the students' perception of this educational modality was designed, evaluated by experts, and statistically validated. The instrument was found to have content validity because values greater than 0.70 were obtained in all its items, with $p<0.05$. Its reliability was determined by applying Cronbach's Alpha coefficient with a value of 0.989. It was concluded that the instrument is relevant to evaluate whether hybrid education can be an option for medical teaching and how its application has changed because of the COVID-19 pandemic.

Keywords: hybrid education; medical education; survey; validation

1. Introducción

De forma tradicional, los sistemas educativos a nivel mundial están desarrollados con base en la presencialidad, la cual tiene ventajas en cuanto a la adquisición del conocimiento, en la interactividad entre alumnos, maestros y alumnos, en las capacidades aplicadas, diversidad de metodologías de enseñanza, entre otras características. Una opción menos empleada, incluye la educación virtual, destinada a comunidades muy alejadas y/o poco accesibles o bien, como una modalidad alternativa para quienes no pueden llevar a cabo un modelo de educación tradicional debido a sus responsabilidades laborales, familiares o personales (Castaneda-Camacho, 2014).

La educación híbrida es una modalidad educativa que combina tanto características de la presencialidad como de la virtualidad. Su objetivo es proveer una experiencia efectiva de instrucción, entre sus propiedades se cuenta una mezcla de aprendizaje colectivo e individual, enseñanza síncrona y asíncrona, así como una experiencia autodidacta y en grupo. Otras particularidades incluyen: acceso incrementado a la educación superior, agenda flexible, conveniencia en ubicación, atención enfocada al instructor, ahorro de costos de transporte y respuesta estructurada al pensamiento (Alnajdi, 2014).

Las ventajas de la educación híbrida incluyen: incorporación de diversidad de contenido como creación de comunidades online, discusiones asíncronas y síncronas y métodos de colaboración a distancia para impulsar interacción entre alumnos y material didáctico propuesto, también impulsa independencia y capacidad de organización en el alumno y se pueden emplear recursos como videos o lecturas extras al contenido (Linder, 2017; Hung, 2021).

Las desventajas de esta modalidad incluyen dificultad de adoptar las nuevas tecnologías y el manejo del tiempo tanto para el profesor como para el estudiante, así como comprometer a los estudiantes en las actividades ya que hay más espacio para distracciones, eso se suma al reto de crear contenidos y cursos que impliquen tanto presencialidad como virtualidad, saber qué porcentaje de actividades es adecuado para cada materia y finalmente el reto de contar con una buena infraestructura en los centros educativos (Celestino & Noronha, 2021; Fuentes-Almendras et al., 2005).

A raíz de la pandemia por COVID-19, dados los índices de mortalidad registrados, el número de casos en rápido ascenso, la alta contagiosidad del virus SARS-CoV-2 y la falta de una vacuna preventiva, se requirió aislamiento de la población a nivel mundial. Este fenómeno afectó a diversas esferas, incluyendo el ámbito educativo a todos los niveles (Khan et al., 2020; Bucăţa & Baboş, 2023).

Entonces, se recurrió a la enseñanza virtual para continuar con los programas y finalizar los semestres. Además, fue una medida que se prolongó por espacio de casi tres años. Ante ello, hubo necesidad de adaptarse rápidamente y hacer uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs), mismas que sufrieron un acelerado desarrollo para satisfacer las necesidades crecientes de millones de usuarios (Arshad, 2021). De ahí, surge el planteamiento de si la modalidad híbrida podría ser una alternativa para la enseñanza médica.

Con la finalidad de explorar si la educación híbrida puede ser una opción para la enseñanza de la medicina, así como identificar aquellas estrategias o limitaciones de

su implementación y el impacto de la pandemia por COVID19 sobre la misma aplicada al área de interés se diseñó un cuestionario de 15 ítems que pueda funcionar como indicador de parámetros sobre la aplicación de esta modalidad educativa, así como identificar potenciales estrategias para su empleo en la enseñanza de la medicina.

El objetivo de esta investigación es el diseño y desarrollo de un instrumento válido y fiable para evaluar la aplicación de la educación hibrida en la enseñanza de la medicina.

Este estudio se ha estructurado en las siguientes fases: diseño de un instrumento que permita indagar si la educación híbrida puede ser aplicada en la enseñanza de la medicina, proceso de evaluación de este por medio de expertos en la materia y estudios estadísticos para su validación. Por otro lado, el contenido de este artículo incluye un profundo análisis sobre los datos obtenidos, refinamiento del instrumento y una consulta exhaustiva de la literatura a fin de comparar con otras fuentes y concluir sobre las ventajas y limitaciones del mismo.

2. Metodología

El diseño de este estudio es instrumental de validez de contenido respecto a una rúbrica que permite evaluar si la educación híbrida puede ser una opción para la enseñanza médica y cómo ha cambiado su aplicación a raíz de la pandemia por COVID-19, ya que esta epidemia ha acelerado la implementación de enfoques híbridos en la educación médica, generando transformaciones significativas en las prácticas pedagógicas y en la percepción de la idoneidad de este modelo.

Para contextualizar esta investigación, se recurre a las obras de Contreras et al. (2020), quienes subrayan la importancia de comprender los cambios en la educación en respuesta a eventos significativos y a la perspectiva de Aguilar, Juárez & Acosta (2021), quienes enfatizan la relevancia del proceso de validez de contenido como un componente esencial de la evaluación de instrumentos educativos. De acuerdo con Escobar & Cuervo (2008), el proceso de validez de contenido se describe como la opinión fundamentada de individuos con experiencia en el tema, reconocidos por otros expertos competentes, capaces de ofrecer información, pruebas, juicios y evaluaciones.

La selección cuidadosa de los jueces-evaluadores es esencial, ya que son personas con amplios conocimientos en educación híbrida, respaldados por una sólida trayectoria académica y experiencia laboral, además de que aportan diversas opiniones sobre el instrumento, identificando sus puntos fuertes y débiles, lo que facilita la toma de decisiones para ajustar, integrar o eliminar elementos de este.

El estudio de validez de contenido del instrumento se llevó a cabo mediante las siguientes fases:

Diseño y revisión por expertos: El instrumento se diseñó mediante una rúbrica, en la cual participaron 20 expertos para su mejora. El instrumento está compuesto por las siguientes dimensiones: percepción, alternativas o modificaciones y efecto de la pandemia y posee 15 ítems (en la Tabla 1 se describen de manera sintética las dimensiones y el número de ítems por dimensión).

Además, se realizó el análisis del nivel de fiabilidad mediante la estimación del Alfa de Cronbach, de modo que este cuestionario pueda ser aplicado en estudios unicéntricos y/o multicéntricos a gran escala, así como instituciones privadas y públicas que se dediquen a la enseñanza de la medicina.

Dimensiones	Preguntas
1. Percepción	1. La educación híbrida es una modalidad que combina tanto características de la presencialidad como virtualidad, ¿Considero que la educación híbrida es aplicable en la enseñanza de la medicina? 2. La educación híbrida es una modalidad que combina tanto características de la presencialidad como virtualidad, ¿En qué porcentaje considera que la educación híbrida es aplicable en la enseñanza de la medicina? 3. Ciertas estrategias de la educación híbrida podrían ser aplicables como 4. Considero que una de las ventajas de la educación híbrida en la enseñanza de la medicina permitiría 6. ¿Cuál consideras que es el beneficio de participar en un modelo híbrido?
2. Alternativas o modificaciones	5. ¿Cuáles plataformas usa para clases virtuales? 7. ¿Qué porcentaje de las materias podrían ser en línea? 8. ¿Consideras que las prácticas de laboratorio podrían ser en línea? 9. ¿Consideras que las clases en línea podrían ser asincrónicas? 10. ¿Cuántas horas consideras adecuadas para tener clases en línea al día? 11. ¿Consideras que el modelo de aprendizaje por aula invertida es favorable para aplicarlo en todas las materias? 12. ¿Cuál consideras que es la principal limitante para desarrollar un aprendizaje híbrido? 13. ¿Consideras que la entrega de actividades es mejor en línea?
3. Efecto de la pandemia	14. A raíz de la pandemia considero que 15. La pandemia permite la educación híbrida a través de:

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tabla 1 – Dimensiones y Preguntas del Instrumento

Aspectos Éticos: Para garantizar la colaboración y disposición de los participantes en la investigación se cumplieron los siguientes criterios éticos en la misma: 1) todos los participantes firmaron un consentimiento antes de completar el instrumento; 2) los participantes podían retirarse en cualquier momento; 3) a todos los participantes se les dio a conocer el propósito de la investigación y 4) hubo protección de los datos personales de todos los participantes acorde a la Ley Mexicana de Protección de Datos Personales.

3 Resultados

Conforme a la definición propuesta por Thomas, Nelson & Silverman (2015), la validez de contenido se caracteriza como "el grado en que un ítem representa de manera apropiada al instrumento". Después de una exhaustiva revisión y ajuste de la rúbrica con el respaldo de expertos, se llevó a cabo un estudio sobre la validez de contenido mediante la participación de 20 jueces, como se detalla en la Tabla 2, quienes evaluaron los aspectos de "Grado de Pertinencia" y "Grado de Comprensión" de cada ítem utilizando una escala cuantitativa tipo Likert con valores de 1 a 4, donde 1 indica un nivel muy

bajo y 4 representa un nivel alto. Además de la evaluación cuantitativa, proporcionaron observaciones cualitativas sobre cada elemento, ofreciendo sugerencias para mejorar la redacción, ampliar las descripciones o eliminar elementos según fuera necesario. Asimismo, realizaron una evaluación general cuantitativa del instrumento en relación con la satisfacción, utilizando una escala tipo Likert con valores de 1 a 5, donde 1 indica una satisfacción muy baja y 5 representa una satisfacción muy alta.

Para llevar a cabo este proceso, se empleó la estadística V de Aiken mediante una plantilla de Excel. Esta técnica implica cuantificar la relevancia de los ítems en relación con un dominio de contenido, utilizando las valoraciones proporcionadas por los expertos. Se consideraron valores superiores a 0.70 con un nivel de significancia de $p<0.05$. Aquellos ítems que arrojaron valores inferiores fueron excluidos de la prueba.

Variable		**Frecuencia**	**Porcentaje**
Género	Hombres	9	45.0%
	Mujeres	11	55.0%
Educación	Doctorado completo	14	70.0%
	Maestría	3	15.0%
	Especialización	3	15.0%
		Media	**D.E.**
Edad		48.50	11.33
Conferencias por invitación		27.55	58.34
Grado de experiencia como revisor		5.70	3.49
Años de experiencia	Docencia	19.00	10.91
	Investigación	14.10	9.29
Publicaciones	Artículos	53.53	95.54
	Libros	1.95	2.82
	Capítulos	6.45	6.64
	Ponencias	30.75	40.66
Educación continuada	Cursos	28.85	17.52

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tabla 2 – Datos Sociodemográficos de los Expertos

En la tabla 3 se describen los datos de validez de contenido mediante la prueba V de Aiken. Se puede observar que el instrumento posee validez de contenido debido a que se obtuvo en los 15 ítems valores mayores a 0.70, con $p<0.05$.

La confiabilidad del instrumento se determinó a través de la aplicación del coeficiente Alfa de Cronbach, cuyo valor obtenido muestra que los valores de la encuesta son adecuados para su consistencia interna (Tabla 4).

Ítem	V de Aiken*		Ítem	V de Aiken*	
	Pertinencia	Redacción		Pertinencia	Redacción
1	0.786	0.767	9	0.833	0.833
2	0.833	0.767	10	0.833	0.750
3	0.767	0.733	11	0.833	0.800
4	0.800	0.717	12	0.783	0.733
5	0.883	0.917	13	0.850	0.883
6	0.867	0.817	14	0.867	0.850
7	0.750	0.733	15	0.883	0.800
8	0.800	0.817			

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tabla 3 – Índice de validez de contenido V de Aiken de los ítems analizados

Alfa de Cronbach	N de elementos
0.989	16

Fuente: Elaboración propia, 2023

Tabla 4 – Valor Alfa de Cronbach del instrumento

Basándonos en la investigación realizada, se puede afirmar que el instrumento utilizado demuestra ser pertinente para evaluar si la educación híbrida puede ser una opción para la enseñanza médica y cómo ha cambiado su aplicación a raíz de la pandemia por COVID-19.

4. Discusión

La implementación de la educación híbrida en la enseñanza de la medicina plantea desafíos significativos, pero también abre nuevas oportunidades para mejorar el aprendizaje y la formación profesional de los estudiantes, a través de la combinación de métodos presenciales y en línea cobrando gran relevancia en los últimos años. La validación de un instrumento para evaluar este enfoque educativo es crucial para asegurar su efectividad y relevancia en el contexto específico de la educación médica, por lo que este artículo aborda esta necesidad presentando el desarrollo y validación de un cuestionario diseñado para medir diversos aspectos de la educación híbrida en el ámbito médico. Numerosos estudios mencionan la importancia del juicio de expertos para garantizar la relevancia de los instrumentos (Herrera et al., 2022; López et al., 2022; Zamora, Serrano & Martínez, 2020), ya que a menudo se diseñan instrumentos con una conexión limitada con la teoría y el contexto.

López et al. (2023) destacan la importancia del juicio de expertos en la validación de instrumentos para evaluar la satisfacción de estudiantes universitarios en entornos educativos específicos; Bernal et al. (2020) resaltan la necesidad de contar con expertos

para garantizar la coherencia y representatividad de los ítems en la evaluación de instrumentos de investigación; Medina & Verdejo (2020) definen que la relevancia del contenido es esencial para la validez de un instrumento, ya que los expertos en el campo, al evaluar el instrumento, aportan su perspectiva especializada para garantizar que los ítems sean representativos del dominio que se pretende medir; Vázquez, Jiménez & Juárez (2020) mencionan que el juicio de expertos contribuye a asegurar la coherencia teórica del instrumento, alineando las preguntas con los constructos teóricos fundamentales, evitando la desconexión entre la teoría y la aplicación práctica del instrumento.

Se argumenta que el instrumento está alineado con los avances teóricos y puede ser de relevancia en investigaciones futuras; estudios contemporáneos indican que los instrumentos deben poseer no solo validez y confiabilidad, sino también pertinencia, comprensibilidad, relevancia y satisfacción (Gutiérrez & Chaparro, 2020; López, Hernández & Tobón, 2020; Aguilar, Tobón & Juárez, 2019; Romo, Tobon & Juárez, 2020). Mendiola & González (2020) describen que los expertos en la materia al revisar el instrumento proporcionan valiosas sugerencias sobre la claridad de las instrucciones y la adecuación gramatical, siendo esencial para evitar malentendidos por parte de los participantes.

En este estudio, dentro de las recomendaciones cualitativas emitidas por los evaluadores expertos en educación híbrida, se mencionaron: realizar aclaraciones sobre el vocabulario, ya que en ocasiones los individuos evaluados no están familiarizados con ciertos conceptos. Además, los evaluadores recomiendan la utilización de escalas con puntuación pares con el objetivo de que los participantes puedan definir su opinión con claridad. Aunado a esto, se sugiere integrar la opción de comentarios para que los participantes puedan mencionar qué actividades prefieren realizar en línea y cuáles en modalidad presencial, ya sea de manera sincrónica o asincrónica.

Con el objetivo de alcanzar el grado de pertinencia y el nivel de comprensión, los evaluadores recomendaron colocar el contexto sobre la pandemia por COVID-19, mejorar la formulación de las preguntas y describir conceptos como: educación híbrida, presencialidad y virtualidad. También que los docentes reciban capacitación en TICs, aun cuando algunos consideren no necesitarlo e implementar la autoevaluación docente y de alumnos. Además, se enfatiza en mejorar la redacción y gramática de los ítems para una comprensión adecuada del instrumento.

Uno de los evaluadores menciona la implementación de grupos focales como una alternativa para conocer la percepción de la educación híbrida en estudiantes de medicina después de la pandemia por COVID-19. Hamui-Sutton & Varela-Ruiz (2012) resaltan la utilidad de los grupos focales para obtener datos cualitativos de la forma de pensar, vivir y sentir de los individuos. Estos grupos actúan de acuerdo con protocolos de investigación e integran temáticas específicas.

En el ámbito de la validez de contenido, García, Rincón & Sarmiento (2021) resaltan la interconexión de este concepto con la calidad y exactitud del instrumento, abarcando definiciones que van desde la representatividad del contenido hasta la claridad de las instrucciones, el instrumento aplicado en este estudio exhibió estas características, respaldado por una evaluación exhaustiva tanto cualitativa como cuantitativa realizada por expertos. Sus sugerencias se centraron exclusivamente en mejoras en la redacción,

sin plantear dudas sobre la calidad intrínseca de la herramienta propuesta, la evaluación de la confiabilidad del instrumento también fue llevada a cabo, revelando resultados que indican valores apropiados, estos resultados respaldan la consistencia interna y la precisión en mediciones repetidas del instrumento.

Esta afirmación se alinea con la perspectiva de Ceballos & Tobón (2019), Martínez, Palacios & Juárez (2020), así como Martínez & Juárez (2019), quienes enfatizan la relación inherente entre la confiabilidad y la exactitud de las mediciones (Tapia, 2021; Moreno & Puertas, 2022; Ramírez et al., 2023). Como perspectivas de este trabajo, se pretende desarrollar un instrumento que permita reconocer la visión de los profesores sobre la educación híbrida y determinar si la comunidad se encuentra implementado estrategias en educación hibrida y cuál ha sido su utilidad.

El cuestionario desarrollado y validado en este estudio proporciona una herramienta útil y fiable para evaluar la educación híbrida en el contexto de la enseñanza de la medicina, ya que los resultados indican que el instrumento tiene una estructura sólida y alta consistencia interna, lo que respalda su uso en futuras investigaciones y en la práctica educativa. La validación de este cuestionario permite a las instituciones educativas medir de manera precisa la efectividad de sus programas de educación híbrida, identificar áreas de mejora y desarrollar estrategias basadas en datos empíricos para optimizar la enseñanza de la medicina.

5. Conclusiones

En resumen, este estudio respalda la eficacia del instrumento para evaluar la viabilidad de la educación híbrida como opción en la enseñanza médica, además para examinar cómo ha evolucionado su implementación en respuesta a la pandemia por COVID-19. Se destacan la validez de contenido y la confiabilidad del instrumento, factores fundamentales que contribuyen a asegurar la solidez de los resultados obtenidos. Como una limitante del estudio, tenemos la falta de investigaciones previas sobre educación hibrida en la población universitaria de la carrera de medicina antes y después de la pandemia por COVID-19.

Referencias

Aguilar Esteva, V., Juárez Hernández, L. G., & Acosta Banda, A. (2021). Validez de constructo y confiabilidad de un instrumento para evaluar la integración del enfoque socioformativo en las prácticas docentes en instituciones de educación superior en México. *Revista Fuentes*, *23*(2), 178-189 https://doi.org/10.12795/revistafuentes.2021.12905

Alnajdi, S. M. (2014). Hybrid learning in higher education. In M. Searson & M. Ochoa (Eds.), *Proceedings of SITE 2014--Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 214-220). United States: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). Recuperado a partir de: https://www.learntechlib.org/primary/p/130744/

Arshad, M. (2021). The Role of Information and Communication Technology to Combat COVID-19 Pandemic: Emerging Technologies, Recent Developments and Open Challenges. *International Journal of Computer Science and Network Security, 21*(4), 93-102. https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2021.21.4.14

Bucăţa, G., & Baboş, A. (2023). Advantages and disadvantages of onsite learning compared to online learning. *Scientific Bulletin. XXVIII, 1*(55), 14-25. https://doi.org/10.2478/bsaft-2023-0002

Castaneda-Camacho, GE. (2014). Los desafíos de la educación en México. *Hechos y derechos, 1*, 1-4.

Ceballos-Almeraya, J. M., & Tobón, S. (2019). Validez de una rúbrica para medir competencias investigativas en pedagogía desde la socioformación. *Atenas*, *3*(47), 1-17. Recuperado a partir de https://atenas.umcc.cu/index.php/atenas/article/view/326

Celestino, E. H., & Noronha, A. B. (2021). Blended learning: a systematic review of advantages and disadvantages in students' perceptions and impacts on higher education institutes. *Administração: Ensino e Pesquisa, 22*(1), 31-63. https://doi.org/10.13058/raep.2021.v22n1.1915

Cevallos, L. E. M., Chamba-Rueda, L. M., & Pardo-Cueva, M. (2023). Tecnologías de la Información y Comunicación en la Educación Superior: Un enfoque en las asignaturas Administración y Auditoria de la UTPL. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (E59), 114-128. Recuperado a partir de https://www.proquest.com/scholarly-journals/tecnologías-de-la-información-y-comunicación-en/docview/2858728774/se-2

Contreras-Torres, M. I., Dino-Morales, L. I., & de Lourdes Rodríguez-Peralta, M. (2020). Rúbrica Socioformativa para Evaluar Proyecto Ético de Vida. *Atenas*, *4*(52), 65-80. Recuperado a partir de https://pf.umcc.cu/index.php/atenas/article/view/241

Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en medición*, *6*(1), 27-36.

Fuentes-Almendras, M., Cruz-Molina, G.M., & Pastor-Vicente, C. (2005). "¿El entorno digital de enseñanza mejora la adquisición de conocimientos?" *Educación Médica, 8* (1): 32.

García Aguirre, L. C., Rincón Ramirez, A., & Sarmiento Soto, V. (2021). Diseño y validación de contenido de un folleto sobre prescripción y uso de antibióticos en odontología.

Gutiérrez-Anguiano, N. N., & Chaparro Caso-López, A. A. (2020). Evidencias de fiabilidad y validez de una escala para la autoevaluación de las prácticas de enseñanza en secundaria. *Perfiles educativos*, *42*(167), 119-137. https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2019.167.59193

Hamui-Sutton, A., & Varela-Ruiz, M. (2013). La técnica de grupos focales. *Investigación en educación médica*, *2*(5), 55-60.

Herrera Masó, J. R., Calero Ricardo, J. L., González Rangel, M. Á., Collazo Ramos, M. I., & Travieso González, Y. (2022). El método de consulta a expertos en tres niveles de validación. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, *21*(1). Recuperado a partir de http://www.revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/4711

Huamán-Romaní, Y. L., Jara-Alarcón, T. J., Becerra-Celiz, E., Román-Castillo, E., & Martínez-Huamán, E. L. (2022). Uso de las TIC para la evaluación de actividades universitarias. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (E51), 110-126. Recuperado a partir de https://www.researchgate.net/profile/Yersi-Luis-Huaman-Romani/publication/365153403_Uso_de_las_TIC_para_la_evaluacion_de_actividades_universitarias/links/6366f75f2f4bca7fd036dafb/Uso-de-las-TIC-para-la-evaluacion-de-actividades-universitarias.pdf

Hung, L. N. Q. (2021). Teacher's perceptions of the transition from onsite to online teaching during the COVID-19 pandemic. *Journal of Education and e-Learning Research, 8*(4), 416-422. https://doi.org/10.20448/journal.509.2021.84.416.422

Khan, M., Adil, S.F., Alkhathlan, H.Z., Tahir, M.N., Saif, S., Khan, M., & Khan, S.T. (2020). COVID-19: A Global Challenge with Old History, Epidemiology and Progress So Far. *Molecules, 26*(1), 39. https://doi.org/10.3390/molecules26010039

Linder, K. E. (2017). Fundamentals of Hybrid Teaching and Learning. New directions for teaching and learning. *Wiley Online Library*. *149*, 11-18. https://doi.org/10.1002/tl.20222

Llanes-Castillo, A. (2023). Validación de instrumento sobre actitudes de médicos pasantes de servicio social en el uso de telemedicina. Revista De Ciencias Sociales, 29(2), 186-198. https://doi.org/10.31876/rcs.v29i2.39970

López-Belmonte, J., Pozo-Sánchez, S., Lampropoulos, G., & Moreno-Guerrero, A. J. (2022). Design and validation of a questionnaire for the evaluation of educational experiences in the metaverse in Spanish students (METAEDU). *Heliyon*, *8*(11). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11364

López, I. P., Hernández, L. G. J., & Tobón, S. T. (2020). Construcción y validación de un instrumento para evaluar el abordaje de la sociedad del conocimiento en docentes. *Apuntes Universitarios*, *10*(1), 40-65. https://doi.org/10.17162/au.v10i1.417

López, M. J. C., Casados, J. C., Hernández, D. C. S., & Nieto, U. Z. H. (2023). Modelo de aula invertida: validación del instrumento para evaluar la percepción y satisfacción de estudiantes universitarios. *Revista de ciencias sociales*, *29*(2), 229-241. https://doi.org/10.31876/rcs.v29i2.39973

Martínez-Corona, J. I., Palacios-Almón, G. E., & Juárez-Hernández, L. G. (2020). Análisis de validez de constructo del instrumento: "Enfoque Directivo en la Gestión para Resultados en la Sociedad del Conocimiento". *RETOS. Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, *10*(19), 153-165. https://doi.org/10.17163/ret.n19.2020.09

Martínez-Valdés, M. G., & Juárez-Hernández, L. G. (2019). Diseño y validación de un instrumento para evaluar la formación en sostenibilidad en estudiantes de educación superior. *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, *10*(19), 37-54. https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v10i19.501

Medina-Díaz, M. D. R., & Verdejo-Carrión, A. L. (2020). Validez y confiabilidad en la evaluación del aprendizaje mediante las metodologías activas. *Alteridad. Revista de Educación*, *15*(2), 270-284. https://doi.org/10.17163/alt.v15n2.2020.10

Mendiola, M. S., & González, A. M. (2020). *Evaluación del y para el aprendizaje: instrumentos y estrategias*. Universidad Nacional Autónoma de México. Coordinación de Desarrollo Educativo e Innovación Curricular. Recuperado a partir de: https://cuaed.unam.mx/descargas/investigacion/Evaluacion_del_y_para_el_aprendizaje.pdf

Monzón, N. S., Mesa, M. L. C., Paredes, D. G. L., & Almeida, R. R. (2022). Validación de un cuestionario sobre el aprendizaje a través de las TIC y su efecto en el bienestar de estudiantes universitarios durante la COVID-19. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (E48), 381-399. Recuperado a partir de https://www.proquest.com/scholarly-journals/validación-de-un-cuestionario-sobre-el/docview/2695094923/se-2

Moreno, J., & Puertas, L. (2022). Estudio de validez de criterio de un instrumento para medir estilos conductuales en población ecuatoriana. *CienciAmérica*, *11*(1), 123-123. https://doi.org/10.33210/ca.v11i1.385

Ramírez, P. M. A., Rosales, V. M. G., Hernández, S. N. L., & Mendoza, O. G. (2023). Validez y fiabilidad de un instrumento de medición de tipos de residentes desde el enfoque de las representaciones sociales. *Estudios Sociales: Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, *33*(62), 8. https://doi.org/10.24836/es.v33i62.1351

Tapia Cabellos, M. O. (2021). Validez y confiabilidad de la adaptación de la escala de responsabilidad social del estudiante universitario.

Vázquez González, G. C., Jiménez Macías, I. U., & Juárez Hernández, L. G. (2020). Construcción-validación del cuestionario sobre madurez de la gestión del conocimiento para la innovación educativa en universidades. *Apertura, 12*(1).

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 05/02/2024
Aceitação/Acceptance: 09/05/2024

Método X-μ-means: X-μ aplicado no Fuzzy C-Means para obter escalabilidade em Big Data

Angélica Félix de Castro[1] & Leandro Carlos de Souza[2]

angelica@ufersa.edu.br; leandro@ci.ufpb.br

[1] Departamento de Computação, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, CP 137, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil

[2] Centro de Informática, Universidade Federal da Paraíba, CP 5008, João Pessoa, Paraíba, Brasil

Pages: 104-121

Resumo: O agrupamento é uma técnica conhecida na identificação de estruturas intrínsecas e na busca de informações úteis entre grandes quantidades de dados. Uma das técnicas de agrupamento mais utilizadas é o algoritmo Fuzzy C-Means. Atualmente, uma das principais preocupações do Big Data diz respeito ao tempo de processamento e acesso aos dados. É importante manter (ou melhorar) a escalabilidade dos bancos de dados. Este artigo propõe uma nova metodologia de acesso aos dados, utilizando Fuzzy C-Means e uma nova abordagem conhecida como X-μ. A união dessas duas tecnologias gerou a criação do X-μ-means, uma nova metodologia que promoveu acesso mais rápido aos dados e garantia de escalabilidade.

Palavras-chave: Fuzzy C-Means; Abordagem X-u; Escalabilidade; Big Data.

Xμ-means Method: X-μ applied in Fuzzy C-Means to obtain scalability in Big Data

Abstract: Clustering is a well-known technique in identifying intrinsic structures and finding useful information from amongst large amounts of data. One of the most extensively used clustering techniques is the Fuzzy C-Means algorithm. Currently one of the main concerns of Big Data concerns time processing and accessing data. It is important to maintain (or improve) the scalability of databases. This paper proposes a new methodology for accessing data, using Fuzzy C-Means and a new approach known as X-u. The union of these two technologies generated the creation of X-μ-means, a new methodology that promoted faster access to data and guaranteed scalability.

Keywords: Fuzzy C-Means; X-μ approach; scalability; big data.

1. Introdução

Big Data é o termo em Tecnologia da Informação (TI), utilizado para descrever grandes volumes e variações de dados, que precisam ser processados em uma alta velocidade

para gerar informações para maior visibilidade e tomada de decisão (Machado, 2018). Tão importante quanto gerar informação é a capacidade de processamento de dados volumosos em alta velocidade. Isso se comprova pelo fato de que, nas últimas décadas, percebeu-se o desenvolvimento de supercomputadores que atendam essa necessidade: quanto mais a tecnologia foi penetrando no meio social, mais informações as pessoas foram gerando e consumindo Big Data (Machado, 2018).

Sendo assim, torna-se importante realizar consultas em grandes bases de dados de maneira mais otimizada possível, melhorando a performance e desempenho do processamento nesses momentos de consulta.

Os conjuntos fuzzy foram introduzidos por Zadeh em 1965 (Zadeh, 1965). Hoje em dia, a teoria dos conjuntos fuzzy e a lógica fuzzy são amplamente utilizadas para capturar a imprecisão inerente que existe em aplicações da vida real. Na teoria clássica dos conjuntos, um elemento pertence ou não a um conjunto. Na teoria dos conjuntos fuzzy, a contenção de um conjunto de elementos é representada por um certo grau.

Seja U o conjunto de x elementos de um universo discreto ou contínuo. Um **conjunto fuzzy** F em U é caracterizado por uma função de pertinência $\mu_F(x)$, associada a cada um dos elementos do universo U com valores no intervalo $[0,1]$, isto é, $\mu_F(x) \rightarrow [0, 1]$, with $x \in U$ (Nogueira & Cura, 2020).

Um exemplo de aplicação usando conjunto fuzzy pode ser usado a seguir: suponha que um médico deseja sistematizar o diagnóstico de gripe e para isso lista dois sintomas típicos: febre e tosse. Considere que a avaliação desses dois sintomas são suficientes para se diagnosticar a gripe e os quantifica: a febre, dada em x graus, pode ser considerada um subconjunto fuzzy F do universo $U=[30;45]$ que fornece a temperatura do corpo humano. A tosse é quantificada pela frequência y na unidade de tempo (hora, por exemplo), e pode ser considerada um subconjunto fuzzy T sobre um universo diferente do da febre. Agora, para avaliar o quanto o paciente está gripado, tomamos seu grau de pertinência junto ao conjunto fuzzy F e seu grau de pertinência junto ao conjunto T; esses dados são cruzados de acordo com a operação $F \cdot T(x, y)$ (produto cartesiano), e seu grau de pertinência é dado pelo valor $F \cdot T(x, y) = \min\{F(x); F(y)\}$. Os dados assim cruzados dão suporte ao profissional para, a partir daí, tomar uma decisão quanto ao tratamento a ser adotado (Camargo, 2021).

Martin & Azvine (2013) e Dubois & Prade (2008) propuseram uma interpretação diferente dos conjuntos fuzzy. Em vez de considerar uma função de associação como um mapeamento de um conjunto universal de elementos para uma escala de membros, eles mapeiam da escala de membros para o universo. Isso leva a uma representação diferente de conjuntos fuzzy que tem uma interpretação gráfica natural e pode ser útil para a computação. Referências como Martin & Azvine (2013), Martin (2013), Lewis & Martin (2014) e Martin (2015) trabalharam com o conceito de X-μ, que será explicado neste artigo.

A proposta geral do X-μ é inverter a equação da função de associação e usar o resultado como objeto de computação. A abordagem X-μ fornece uma visualização clara de quantidades fuzzy e uma maneira direta de como calcular funções de quantidades fuzzy (conjuntos discretos, conjuntos contínuos, intervalos, quantidades de valor único e outros objetos).

O Fuzzy C-Means (FCM) é um algoritmo de agrupamento (*clustering*) que pertence à família de métodos de agrupamento baseados em partições. Ele é uma extensão do algoritmo K-Means, que permite que os pontos de dados pertençam a múltiplos clusters com graus de pertinência (ou *fuzzy membership*) em vez de pertencerem rigidamente a um único cluster. O FCM é frequentemente usado em situações onde a atribuição de um ponto de dados a um único cluster não é apropriada devido à incerteza na pertinência do ponto a diferentes clusters (Bezdex, 1981). A principal ideia por trás do Fuzzy C-Means é que, em vez de atribuir um ponto de dados a um cluster específico, ele atribui um grau de pertinência (valor entre 0 e 1) para cada ponto em relação a cada cluster. Isso permite representar a incerteza na atribuição de pontos de dados a clusters.

O presente trabalho tem como objetivo principal criar o método X-μ-Means onde a proposta é expandir a representação X-μ para criar consultas em conjuntos de dados usando Fuzzy C-Means. A ideia é melhorar os tempos de acesso pré-computando os clusters de acordo com as consultas previstas. Vamos ilustrar abaixo como isso é capaz de obter escalabilidade em grandes bancos de dados.

2. Referencial Teórico

Nesta seção, são exibidos alguns conceitos importantes para a compreensão deste trabalho.

2.1. Função de pertinência em fuzzy

Um conjunto fuzzy definido no universo de discurso U é caracterizado por uma função de pertinência μ_A, a qual mapeia os elementos de U para o intervalo $[0,1]$.Desta forma, a função de pertinência associa a cada elemento x pertencente a U um número real $\mu_A(x)$ no intervalo $[0,1]$, que representa o grau de pertinência do elemento x ao conjunto A, isto é, o quanto é possível para o elemento x pertencer ao conjunto *A* (Simões & Shaw, 2007). Uma sentença pode ser parcialmente verdadeira e parcialmente falsa (Canuto, 2020).

A descrição formal é "um conjunto fuzzy A em U é expresso como um conjunto de pares ordenados" (Canuto, 2020): $\mathrm{A}=\{(\mathrm{x},\mu_A(x))|x \in U\}$, em que A é o conjunto fuzzy, $\mu_A(x)$ é a função de pertinência e é o universo ou universo de discurso. A única condição que uma função de pertinência deve realmente satisfazer é que deve variar entre 0 e 1. A função em si pode ser uma curva arbitrária cuja forma pode-se definir como uma função do ponto de vista da simplicidade, conveniência, velocidade e eficiência (MathWorks, 2023).

Adaptada de Martin (2015), a Tabela 1 apresenta um exemplo de função de pertinência: U é um universo de 6 números inteiros; x são os valores de 1 a 6 e a função de pertinência pode ter dois valores: ela será zero se o x for maior ou igual a 6 ou ela pode ter sua pertinência calculada se x for menor do que 6 (na função $(6 - x)/5$). O grau de pertinência de $\mu(x)$ varia de 0 a 1.

É possível expressar a função acima em forma de gráficos. A Figura 1 exibe duas representações: em (a), é possível visualizar os valores de x (eixo x) e suas respectivas

funções de pertinência (eixo y) de maneira discreta; enquanto, em (b), é possível visualizar essa mesma relação de maneira contínua

x	$\mu(x)$
1	1
2	0.8
3	0.6
4	0.4
5	0.2
6	0

$U=\{1,2,3,4,5,6\}$

$\mu : U \rightarrow [0,1]$

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{6-x}{6}, & x \leq 6 \\ 0, & x > 6 \end{cases}$$

Tabela 1 – Representação tabular e analítica das funções de associação μ(x) para o conjunto de pequenos valores de dados

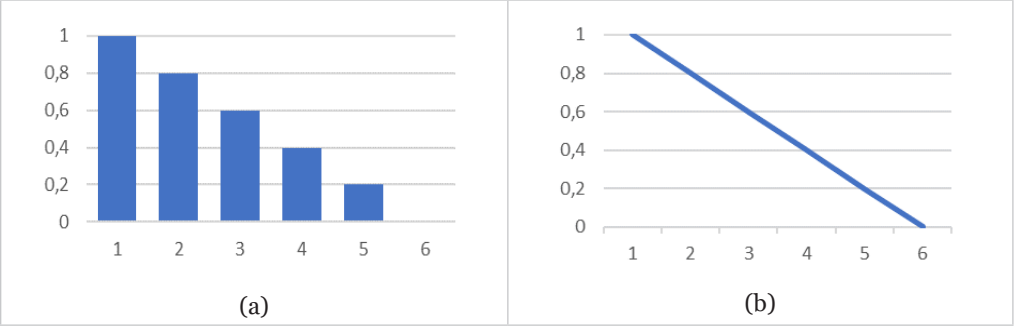


Figura 1 – Representação gráfica da função de associação (eixo y) versus valor (eixo x) da Tabela 1: em (a) é possível ver essa representação de maneira discreta e em (b), a mesma representação de maneira contínua.

2.2. Função Inversa em Fuzzy

A função inversa é comumente usada em sistemas de controle fuzzy para traduzir valores de saída desejados em valores de entrada correspondentes. A ideia é que, em um sistema de controle fuzzy, você pode ter uma regra que associa um valor de saída fuzzy a um conjunto de entrada. Quando você deseja alcançar um certo valor de saída, a função inversa é usada para determinar qual conjunto de entrada corresponde a esse valor. Por exemplo, suponha que você tenha um sistema de controle fuzzy para controlar a temperatura de um forno e você deseja alcançar uma temperatura de 250 graus Celsius. A função inversa ajudaria a determinar qual conjunto de entrada de temperatura corresponde a esse valor desejado na saída.

A função inversa em lógica fuzzy é, na maioria dos casos, determinada pela definição das funções de pertinência dos conjuntos fuzzy envolvidos no sistema e pelo uso de técnicas de interpolação. Essa função inversa pode variar dependendo da forma das funções de

pertinência e das regras do sistema de controle fuzzy. Em resumo, a função inversa em lógica fuzzy desempenha um papel importante na tradução de valores de saída desejados em valores de entrada correspondentes, permitindo que sistemas de controle fuzzy ajam de maneira apropriada para alcançar determinados objetivos.

Se invertemos os eixos x e y da Figura 1 acima, teremos a representação do gráfico da função inversa da Tabela 1. A Figura 2 exibe como seria a representação dessa função inversa: em (a) o eixo y representa o valor de x, enquanto o eixo x representa a função de associação u(x); enquanto em (b) ocorre a mesma relação que ocorre em (a), só que de maneira contínua.

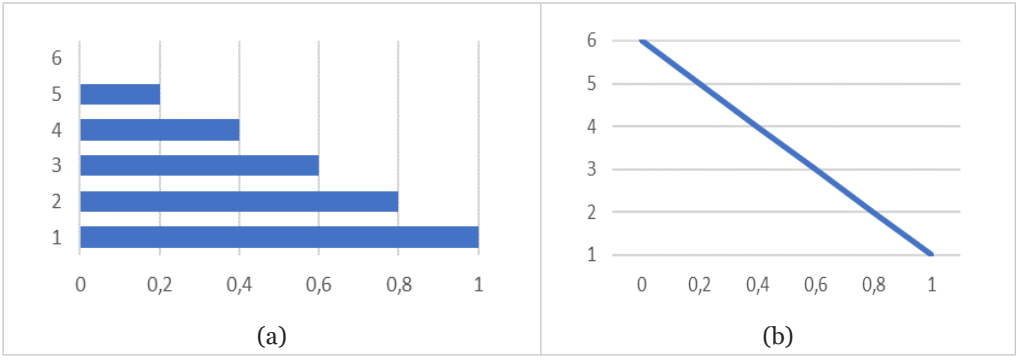


Figura 2 – Representação do X-μ de maneira gráfica: (a) eixo x representando a função de associação e o eixo y mostrando os valores; (b) mesma representação do que (a), só que de maneira contínua.

Perceba que a Figura 2 é a representação da função inversa da Figura 1. Então, a pergunta é a seguinte: diante dos graus de pertinência existentes (eixo x variando de 0 a 1), quais os intervalos do eixo y (que variam de 1 a 6) que satisfazem esses graus de pertinência?

Analisando a Figura 2 para responder tal questionamento, decidiu-se que: o menor valor anterior do intervalo não estará incluído – identificado pelo uso do símbolo **(** ou **)** - e o maior valor posterior será incluído (símbolo **[** ou **]**).

Por exemplo, ao analisar o valor 3 no eixo y da Figura 2, temos o seguinte corte (Figura 3):

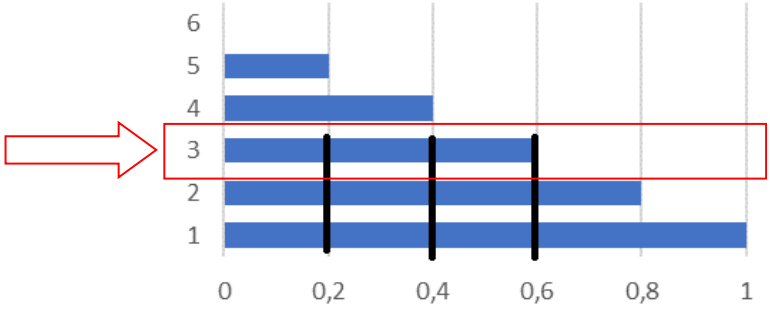


Figura 3 – Corte da Figura 2, onde foi enfatizado o valor 3 e seus respectivos graus de pertinência.

O maior valor do elemento 3 é o grau de pertinência 0.6 e o imediatamente antes é o grau de pertinência 0.4. Então, o elemento 3 será representado assim:

x	$u(x)$
3	(0.4, 0.6] → o 0.4 não está pertence ao intervalo mas o 0.6 pertence

Logo, para x=3 então u(x) = (0.4, 0.6]

Usando essa lógica para todos os pontos do eixo y da Figura 2(a) (que variou de 0 a 6), a tabela da função inversa foi gerada (Tabela 2):

x	$u(x)$
1	(0.8, 1]
2	(0.6, 0.8]
3	(0.4, 0.6]
4	(0.2, 0.4]
5	(0, 0.2]
6	0

Tabela 2 – Representação tabular da função de associação com valor de intervalo para o número de elementos menor ou igual a 3, no conjunto fuzzy pequeno

Dessa maneira, a partir das funções de pertinência existentes no eixo x da Figura 2, foi possível gerar intervalos que pertençam a cada função de pertinência (Tabela 2).

2.3. Fuzzy C-Means

O Fuzzy C-Means (FCM) é um algoritmo de agrupamento não supervisionado proposto por Dunn (1973) e estendido por Bezdek (1981). Diferente dos modelos de agrupamento onde uma amostra pertence ou não a um grupo, no FCM uma amostra pode pertencer a vários grupos, dado um grau de pertinência. Este grau de pertinência é representado por um intervalo entre [0,1], de modo que quanto mais próximo de 1, maior a similaridade a um grupo. No cálculo de pertinência de uma amostra para todos os grupos conhecidos, a soma dos graus de pertinência é sempre igual a 1.

O FCM tem como valores de entrada um conjunto X de dados, uma quantidade pré-fixada de k grupos que serão representadas pelos seus respectivos centroides e um parâmetro de fuzzificação. Em sua inicialização, FCM gera uma matriz de graus de pertinências aleatórios, com o objetivo de criar a posição inicial dos centroides que serão atualizados posteriormente (Santos *et al.*, 2021).

O algoritmo de agrupamento difuso C-means tem as seguintes etapas:

- ***Etapa 1:*** Escolher o número de clusters
- ***Etapa 2:*** Atribuir coeficientes aleatoriamente para cada ponto de dados para estar no cluster.
  - ***Etapa 3:*** Calcular o centroide para cada cluster
  - ***Etapa 4:*** Para cada ponto de dados calcular o coeficiente para que esteja nos clusters.

O algoritmo FCM tenta particionar uma coleção finita de *n* elementos X=$\{x_1, x_2, x_3, \cdots, x_n\}$ em uma coleção de *K* clusters difusos, respeitando algum critério determinado. Dado um conjunto finito de dados, o algoritmo retorna uma lista de K centros de cluster C=$\{c_1, c_2, \cdots, c_n\}$ e uma matriz de partição W=$w_{i,j}$, com $w_{i,j} \in [0,1]$ para i $=1,\cdots, n$ e \$j=$1, \cdots, K$, em que cada elemento, $w_{i,j}$ diz o grau que o elemento pertence ao cluster (Bezdek, 1981).

2.4. Big Data

Big Data, o processamento que analisa grande volume de dados complexos e muitas vezes não estruturados, vindos de diversas redes vinculadas por serem uma grande quantidade de dados distribuídos, dados que necessitam ser tratados por ETL (*Extract, Transform and Load*) e precisam passar pelo processo de extração de conhecimento desta grande quantidade. Pode-se apresentar Big Data com quatro características: a) Centenas ou dezenas de Terabytes; b) Crescimento elástico - quantidade de dados pode variar muito em pouco tempo, porém com software e hardware adaptáveis a demanda; c) Processamento de dados distribuídos, onde os dados são distribuídos pelos nós de processamento; e e) Presença de dados semiestruturados ou não estruturados (Zupaldo, 2020).

Big data é um fenômeno complexo, e a compreensão dos fatores técnicos, os recursos organizacionais e humanos que contribuem para a sua utilização eficaz são fundamentais para fornecer organizações um guia para melhorar os resultados de seus grandes projetos (Surbakti et al., 2020). Big Data criou muitas oportunidades para a análise dedados. Diversas empresas como Google, Amazon, Facebook e outras surgiram mais mais fortes do que nunca porque podem explorar os dados em seu benefício. Os dados foram tornou-se tão importante que a análise de dados se tornou um ativo competitivo elemento decisivo e central no processo de tomada de decisão de diversas indústrias (Kumar, 2019) e (Rico-Bautista *et al.*, 2021).

Avila *et al.* (2020) usou tecnologia Big Data para coletar, armazenar, processar e analisar resultados de desempenho de forma integrada. Atualmente, uma das maiores preocupações e pesquisas na ciência tem a ver com velocidade e escalabilidade do Big Data.

3. A Representação X-μ

A abordagem X-μ foi introduzida por Martin & Azvine (2013), Martin (2013) e Lewis & Martin (2014). O método inverte a equação da função de associação (que pode ser visualizado e usa o resultado (uma função de associação) como objeto de computação. No processo, é necessário esclarecer a natureza exata dos objetos usados na computação, em particular, se os conjuntos fuzzy estão modelando grandezas de valor único, valor de conjunto ou valor intervalar.

Um conjunto fuzzy é normalmente considerado como uma função com universo e grau de pertinência $\mu : U \rightarrow [0, 1]$. Na abordagem X-$\mu$, os autores acima trabalharam com relação inversa: $\mu^{-1} : [0, 1] \rightarrow U$.

A função de pertinência pode ser definida em um domínio discreto ou contínuo e em um intervalo discreto ou contínuo. Martin (2015) focou no intervalo contínuo $(0,1]$, mas a abordagem pode ser facilmente especializada em um intervalo discreto e com amostras de valores de pertinência, como $\{0.1,0.2,\cdots,1\}$ ou o conjunto de níveis fuzzy, como:

$$\begin{aligned}\Lambda_s &= \{\alpha|\exists x : \mu_s(x) = \alpha\} \\ &= \{0.2, 0.4, 0.6\}\end{aligned}$$

Martin (2015) usou o operador X para denotar a transformação para função de associação inversa: $\mu(x) = \alpha$; e após isso, o autor encontrou a função (ou relação) satisfatória $\mathrm{X}\mu(\alpha) = x$. Em muitos casos, uma função de associação analítica pode ser resolvida para encontrar um inverso analítico. A relação inversa tem uma interpretação gráfica natural, como mostra a Figura 2.

Martin (2015) distinguiu três casos, de acordo com o uso discutido acima. Quando necessário, o autor usou um ***I*** sobrescrito para denotar um intervalo, ***S*** para denotar um conjunto e ***P*** para denotar um valor de ponto.

X^I : (0,1] → Intervalos (U)

X^S : (0,1] → P(U)

X^P : (0,1] →U.

Intervalos(U) denotam o conjunto de intervalos em U (incluindo intervalos abertos, fechados e descontínuos). No caso discreto, para qualquer α que não esteja no domínio de X (ou seja, não está no conjunto de níveis do conjunto fuzzy), o autor definiu $\mathrm{X}(\alpha) = X(\alpha^*)$, em que α^* é o menor no conjunto de níveis tal que $\alpha^* < \alpha$. Por exemplo, a versão de *smallContinuous* fica:

$\mathrm{X}^I_{smallContinuous}(\alpha) = [1, 6–5]$, em que a versão discreta é

$$X^S_{smallDiscrete}(\alpha) = \begin{cases} \{1,2,3,4\}, 0 < \alpha \leq 0.2 \\ \{1,2,3,4\}, 0.2 < \alpha \leq 0.4 \\ \{1,2,3\}, 0.4 < \alpha \leq 0.6 \end{cases}$$

Um corte alfa em algum nível de associação pode então ser definido como:

$$\mathrm{A(m)} = \{\mathrm{X}(\alpha)|\alpha \geq m\}$$

No caso de valores fuzzy, que representam conjuntos ou intervalos aninhados, a operação de corte alfa é equivalente a *X*, ou seja: $X(m) = A(m)$.

Contudo, num caso mais geral de quantidades fuzzy estritas, esta igualdade não é válida. Relembrando o exemplo acima, a Figura 4 mostra a representação X-μ do número de elementos menor ou igual a 3 no conjunto *smallDiscrete*. Esta é uma função descontínua, com um único valor para cada associação. Pode ser representado como uma tabela

de membros em que a coluna de membros mostra o intervalo de membros em que o elemento corresponde ao valor da função (ver Tabela 2). Uma tabela de membros convencional poderia ser representada da mesma forma, com cada valor de membro substituído por um intervalo $(0, m]$.

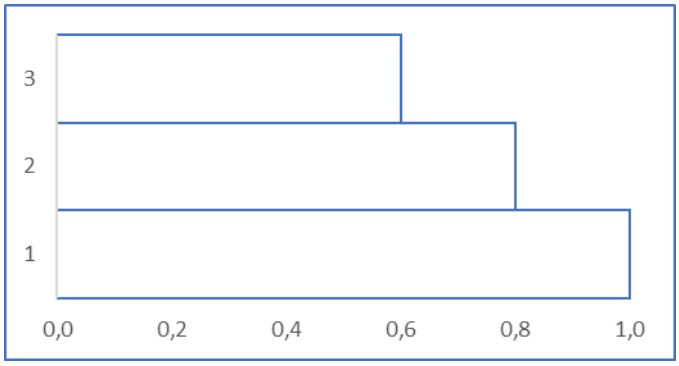


Figura 4 – Uma quantidade fuzzy de valor único, representando o número de elementos menor ou igual a 3 no conjunto fuzzy *small*

Para aplicar qualquer operação f a entradas fuzzy, ela deve primeiro esclarecer se está trabalhando com conjuntos, intervalos ou valores de ponto (único). Em geral, para uma operação binária $z = f(y_1, y_2)$, o objetivo é calcular a função de associação do resultado z da função f e as funções de associação de y1 e y2.

4. Metodologia X-μ-Means: X-μ aplicado em Fuzzy C-Means para obter escalabilidade em grandes bancos de dados

Neste trabalho, criamos o método X-μ-Means, onde a proposta é aplicar Fuzzy C-Means e a abordagem X-μ a grandes bases de dados, a fim de obter escalabilidade em consultas.

Primeiramente, o algoritmo oficial do Fuzzy C-Means (FCM) foi implementado em Java com m=4, para agrupar dados sintéticos. A Tabela 3 (na parte esquerda) apresenta a etapa 1 do FCM, com centros de conglomerados selecionados aleatoriamente. Na parte direita da Tabela 3, é possível ver o resultado das etapas 2, 3 e 4 do Fuzzy C-Means, que foram processadas para agrupar os elementos.

Primeira etapa 1 do FCM:

Elemento	U	V
E1	0.7	0.3
E2	0.4	0.6
E3	0	1
E4	0.2	0.8
E5	0.5	0.5
E6	0.2	0.8

→

Tabela final após a execução do Fuzzy C-Means:

Elemento	U	V
E1	0	1
E2	1	0
E3	0.753	0.246
E4	0.862	0.137
E5	0.8	0.2
E6	0.862	0.137

Primeira etapa 1 do FCM:

Elemento	U	V
E7	0.7	0.3
E8	0.1	0.9
E9	1	0
E10	0.3	0.7

Tabela final após a execução do Fuzzy C-Means:

Elemento	U	V
E7	0	1
E8	0.8	0.2
E9	0.2	0.8
E10	0.941	0.058

Tabela 3 – Etapa 1 do Algoritmo Fuzzy C-Means (esquerda) e Resultado final com elementos agrupados (direita).

Perceba que na tabela do lado direito (tabela final após a execução do Fuzzy C-Means), o algoritmo Fuzzy C-Means criou dois clusters (*U* e *V*) onde 10 elementos (E1 a E10) tem seus graus de pertinência relacionados ao clustes *U* e *V*. Exemplo: E5 tem 0,8 de grau de pertinência com o cluster *U* e 0,2 com o cluster *V*.

Após a obtenção da Tabela 3, foram criados o gráficos da função inversa (explicados na seção 2.2 anteriormente) de cada cluster. A Figura 5 exibe os 10 elementos e seus respectivos graus de pertinência do cluster U.

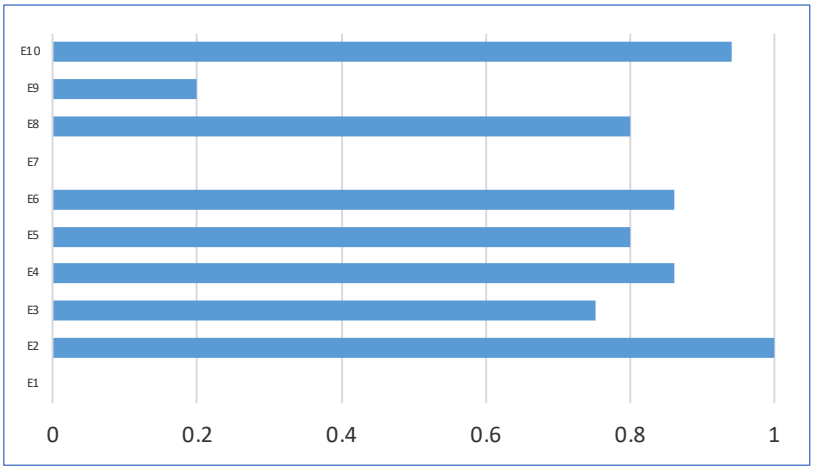


Figura 5 – Representação do X-μ na associação do cluster U.

A Figura 6 exibe os 10 elementos e seus respectivos graus de pertinência do cluster V.

Agora, após a obtenção e visualização dos dois gráficos acima, vamos explicar a técnica X-μ para obter os intervalos de cada função de pertinência: para aplicar X-μ nos clusters *U* e *V*, todos os elementos e a associação de *U* e *V* serão verificados. Primeiramente, observaremos a Figura 5 para perceber quais elementos que possuem pesos maiores que 1 no cluster *U*. Não há elementos com essa característica. Em seguida, observam-se elementos com filiação maior que 0,8; neste caso, o conjunto é $\{E_2, E_4, E_6, E_{10}\}$. Da mesma forma, observam-se os elementos maiores que 0,6, 0,4, 0,2 e 0. O resultado é:

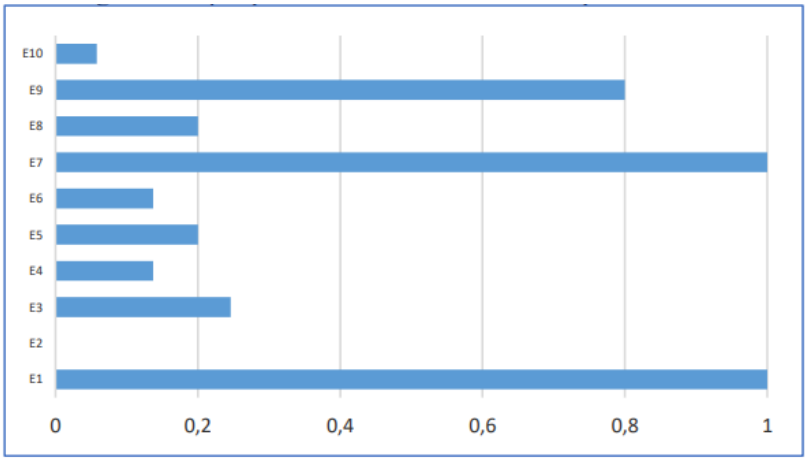


Figura 6 – Representação do na associação do cluster V.

$$\alpha > 0.8 = \{E_2, E_4, E_6, E_{10}\}$$
$$\alpha > 0.6 = \alpha > 0.4 = \alpha > 0.2 = \{E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_8, E_{10}\}$$
$$\alpha > 0 = \{E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_8, E_9, E_{10}\}$$

A Figura 7 apresenta uma representação da abordagem X-μ e da teoria dos conjuntos usando os intervalos acima no cluster U.

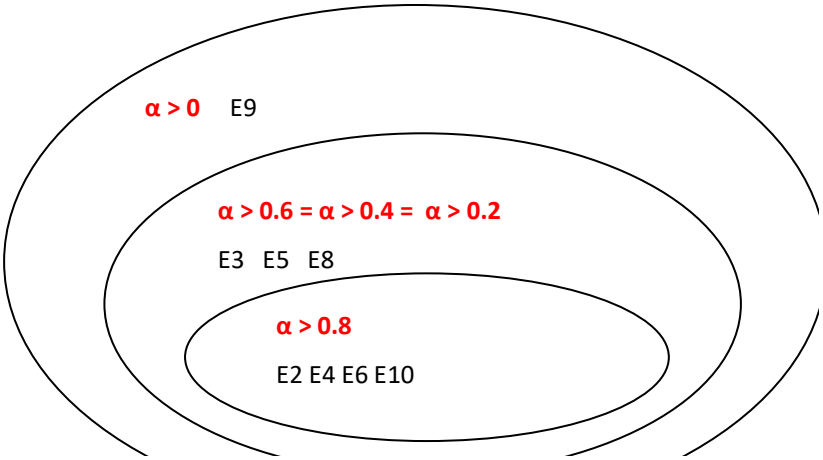


Figura 7 – Representação da abordagem X-μ e da teoria dos conjuntos usando a associação de elementos no cluster U

Da mesma forma, o mesmo procedimento é realizado no cluster V. Analisou-se a Figura 6 para realizar as seguintes adesões:

$$\alpha > 0.8 = \{E_1, E_7\}$$
$$\alpha > 0.6 = \alpha > 0.4 = \{E_1, E_7, E_9\}$$
$$\alpha > 0.2 = \{E_1, E_3, E_7, E_9\}$$
$$\alpha > 0 = \{E_1, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}\}$$

A Figura 8 mostra uma representação da abordagem X-μ e da teoria dos conjuntos usando os intervalos acima no cluster V.

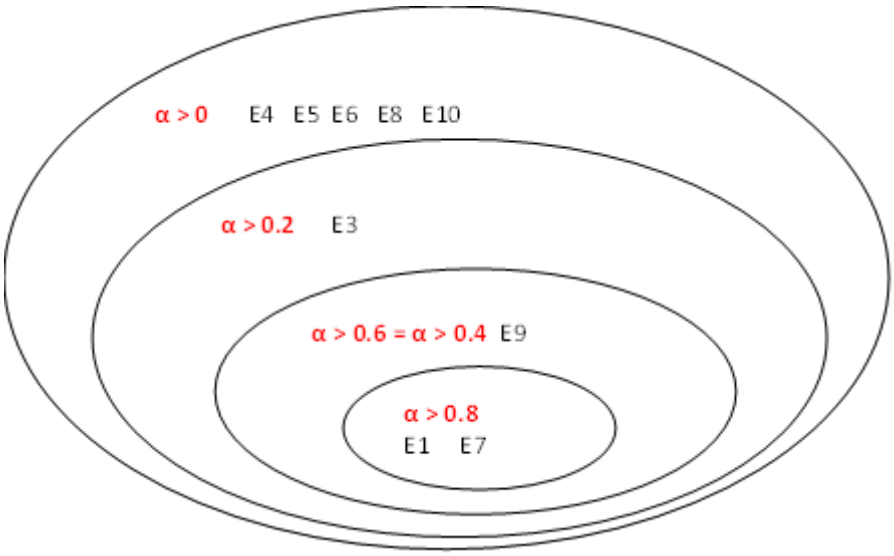


Figura 8 – Representação da abordagem X-μ e da teoria dos conjuntos usando a associação de elementos no cluster V.

Assim, todos os elementos foram agrupados, após a aplicação do X-μ para obter conjuntos de membros (e subconjuntos).

O presente trabalho criou o método X-μ-Means, onde primeiramente aplica-se o Fuzzy C-Means e depois aplica-se o X-μ. O objetivo desse método é obter escalabilidade pré-computando os clusters de acordo com as consultas previstas.

Quando precisamos encontrar um elemento, em primeiro lugar, temos que verificar o cluster U e, posteriormente, o cluster V. Por exemplo, se quisermos encontrar o elemento

E_{14}, precisamos ver o cluster U, elementos com peso maior que 0.8 (Figura 7). Se o elemento não estiver em U com $\alpha > 0.8$, então precisamos procurá-lo no próximo nível ($\alpha > 0.6$), e assim por diante. A pesquisa pode ser conduzida a partir do subconjunto com maior grau de associação para os subconjuntos com menor grau de associação. Depois de procurar todos os elementos pelo cluster U, não encontramos o E_{14} e precisávamos repetir o mesmo procedimento no cluster V. O elemento E_{14} não foi encontrado nos clusters U e V, portanto, não existe no banco de dados.

Em outro exemplo, para encontrar E_7 no conjunto de dados, primeiramente procuramos o cluster U (Figura 7), onde E_7 não existe. Em seguida, procurou-se o cluster V (Figura 8), onde o elemento E_7 estava $\alpha > 0.8$. Assim, o E_7 pertence ao cluster V com uma adesão muito alta e foi encontrado no (big) banco de dados.

No último exemplo, desejamos encontrar E_9. Na Figura 7, E_9 aparece com $\alpha > 0$, assim, E_9 é um elemento encontrado no banco de dados com baixíssima adesão no cluster V (E_9 tem $\alpha = 0.2$).

5. Resultados obtidos

5.1. Aplicando X-μ-Means em um banco de dados específico

O Ministério dos Transportes do Reino Unido dispõe de uma fonte de dados aberta[1], que fornece detalhes sobre os acidentes de viação registados no Reino Unido ao longo de vários anos. O conjunto de dados de cada ano contém cerca de 150 a 200 mil acidentes. Os atributos registrados incluem data, hora, local, número de veículos envolvidos, etc. São fornecidas informações adicionais sobre as circunstâncias que rodearam o acidente: condições meteorológicas, condições da estrada e condições de luz, ou seja, se o acidente ocorreu na escuridão ou à luz do dia. Este último é dependente da hora do dia, época do ano e, em menor grau, localização e circunstâncias locais (Martin, 2015). Este conjunto de dados tem 1.640,486 linhas, às quais podemos aplicar X-μ-Means.

Suponha que a pergunta seja "*Quais acidentes registraram o maior número de vítimas?*". Para aplicar X-μ-Means neste caso, podemos, em primeiro lugar, dividir esse conjunto de dados em conjuntos de dados menores e mais gerenciáveis. Ao fazer isso, otimizamos espaço (recursos do computador) e tempo (tempo de processo da CPU, tempo de E/S de dados, tempo do programador). Em nosso exemplo, podemos dividir o conjunto de dados (com 1.640,486 linhas) em 17 conjuntos de dados menores com 96.500 linhas cada. Dessa forma, aplicamos X-μ-Means a cada conjunto de dados e classificamos os elementos (ou linhas) em dois clusters: *Alto* e *Baixo*. Depois disso, podemos procurar e encontrar elementos com alto (cluster *Alto*) ou baixo (cluster *Baixo*) números de vítimas.

Por exemplo, supondo que analisemos o primeiro conjunto de dados, os clusters *Alto* e *Baixo* foram definidos usando FCM e após isso, a abordagem X-μ foi aplicada. O resultado pode ser visto nas Tabelas 4 e 5 e nas Figuras 9 e 10.

[1] http://data.gov.uk/dataset/road-accidents-safety-data

x	$\mu(x)$
E1 – E20000	(0.8, 1]
E20001 – E40000	(0.6, 0.8]
E40001 – E60000	(0.4, 0.6]
E60001 – E80000	(0.2, 0.4]
E80001 – E96500	(0, 0.2]

Tabela 4 – Representação tabular da função de associação dos sub-conjuntos E_1 até E_{96500} e seus respectivos grauas de pertinência no cluster *Alto*

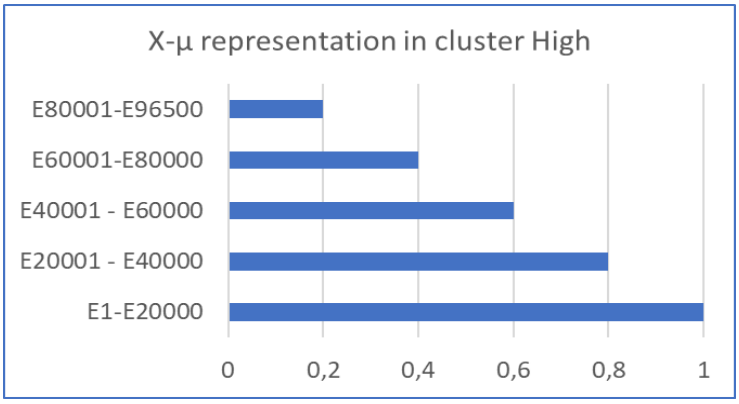


Figura 9 - Representação X-μ da associação no cluster *Alto*.

Do elemento E_1 até $E_{20.000}$, o grau de pertinência é 1 no cluster *Alto*; dos elementos $E_{20.001}$ até $E_{40.000}$, o grau de pertinência é 0.8 no cluster *Alto* e dessa maneira, analisando a Tabela 4 e a Figura 9, é possível visualizar como todos os elementos possuem seu grau de pertinência no cluster *Alto*.

De maneira análoga, é possível compreender a Figura 10 abaixo: do elemento E_1 até $E_{20.000}$, o grau de pertinência é 0 no cluster *Baixo;* e assim sucessivamente (Tabela 5 e Figura 10).

x	$\mu(x)$
E_{80001}–E_{96500}	(0.8, 1]
E_{60001}–E_{80000}	(0.6, 0.8]
E_{40001}–E_{60000}	(0.4, 0.6]
E_{20001}–E_{40000}	(0.2, 0.4]
E_1–E_{20000}	(0, 0.2]

Tabela 5 – Representação tabular da função de associação dos sub-conjuntos E_1 até E_{96500} e seus respectivos graus de pertinência no cluster Baixo

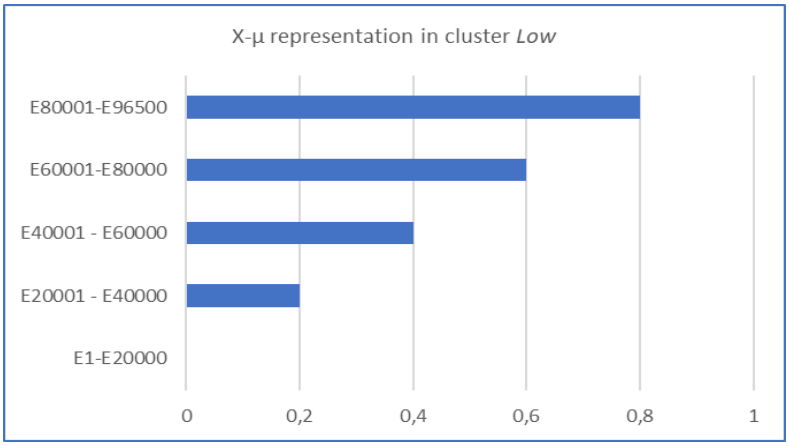


Figura 10 – Representação X-μ da associação no cluster *Baixo*.

Para responder à pergunta "*Quais acidentes registraram o maior número de vítimas?*", primeiramente foi pesquisado no cluster *Alto*, podendo-se observar (Figura 10) que houve cerca de 20.000 acidentes com número muito elevado de vítimas ($\alpha > 0.8$), e mais de 20.000 acidentes (E_{20001}-E_{40000}) com elevado número de vítimas ($\alpha \geq 0.6$). Se a pergunta exigia informações sobre acidentes com baixo número de vítimas, a consulta precisa ser realizada em cluster *Baixo*. A metodologia X-*μ*-Means facilita a busca de consultas específicas.

5.2. Comparação da complexidade de tempo entre pesquisa direta de banco de dados e o uso do X-μ-Means

O método X-*μ*-Means diminui o tempo de pesquisa (dos elementos ou linhas do banco de dados) em cada iteração porque ele não pesquisa todo o banco de dados, mas apenas dentro de conjuntos ou subconjuntos que podem conter as informações necessárias. X-*μ*-Means é uma metodologia recursiva: chama a abordagem X-*μ* recursivamente uma ou mais vezes para lidar com sub-problemas intimamente relacionados. Além disso, essa nova metodologia normalmente segue uma abordagem de dividir para conquistar: ela divide o problema em vários subproblemas que são semelhantes ao problema original, mas menores em tamanho, resolvendo os subproblemas recursivamente e, em seguida, combinando essas soluções para criar uma solução para o problema original.

A busca utilizando X-*μ*-Means é de complexidade *O(k)*, onde *k* representa a quantidade de níveis definidos pela abordagem X-*μ* (a Figura 7 tem três níveis e a Figura 8 tem quatro níveis). Se o elemento é encontrado no nível mais interno, então, este elemento está no primeiro nível (complexidade *O(1)*) e o pior caso é se o elemento desejado está no último nível (nível mais externo), portanto, a complexidade é *O(k)*.

Na pesquisa direta de banco de dados, a pesquisa é considerada linear porque, para encontrar um valor específico em uma lista, ela verifica cada elemento em sequência

até que o elemento desejado seja encontrado ou a lista seja esgotada. O pior custo é proporcional ao número de elementos da lista e sua complexidade é *O(n)*.

Para comparar a complexidade entre a pesquisa direta no banco de dados e o X-μ-Means, podemos assumir uma série de valores (Tabela 6). É possível observar que quando o número *n* aumenta, o processamento de busca linear aumenta, enquanto o X-μ-means mantém um processamento baixo, pois depende da quantidade de níveis.

Número de Linhas - *n*	**Número de níveis - *k***	**Pesquisa direta no banco de dados = *O(n)***	**X-μ-Means = *O(k)***
10	3	10	3
20	3	20	3
30	4	30	4
1000	10	10,000	10
50000	12	50,000	12
96500	20	96,500	20

Tabela 6 – Análise comparativa da pesquisa direta em bases de dados e X-μ-Means

Em conclusão, as consultas usando X-μ-Means foram mais rápidas do que as buscas lineares. Este novo método pretende obter escalabilidade em consultas em grandes bases de dados.

6. Conclusões

A consulta de conjuntos de dados massivos pode ser demorada e cara sem o hardware e a infraestrutura corretos. Neste artigo, nossa proposta foi X-μ-Means: um novo método que une clusters Fuzzy C-Means e a abordagem X-μ para obter tempos de acesso aprimorados pré-computando os clusters de acordo com consultas antecipadas e, assim, obter escalabilidade em consultas de grandes conjuntos de dados. Recentemente, a clusterização em Big Data tem sido usada e o Fuzzy C-Means (FCM) aparece como uma boa alternativa para agrupar grandes quantidades de dados. Muitos pesquisadores têm estudado a velocidade de convergência e a seleção de parâmetros do FCM e elaborado várias soluções para reduzir o tempo de execução. A abordagem X-μ fornece uma visualização clara de quantidades fuzzy e uma maneira direta de calcular funções de quantidades fuzzy (conjuntos discretos, conjuntos contínuos, intervalos, quantidades de valor único e outros objetos). Nos casos em que funções de associação analítica estão disponíveis, a abordagem X-μ permite que uma função de associação analítica seja calculada, em contraste com trabalhos anteriores, que se basearam em tabelas de associação em pontos de amostra. Assim, X-μ-Means usa os benefícios da abordagem FCM e X-μ e obtém tempos de processamento mais rápidos do que buscas binárias e lineares, bem como uma maior eficiência de grau. X-μ-Means tem complexidade O(k), é mais robusto e é capaz de obter escalabilidade em consultas em grandes bases de dados.

Referências

Abreu, L. H. P. (2015). *Inteligência artificial na avaliação de respostas produtivas e fisiológicas de frangos de corte submetidos a diferentes intensidades e durações de estresse térmico*. [Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, Lavras]. http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/10621

Avila, S.G., Cano, P. O., Mejia, A. M., Moreno, I. S., Lepe, A. N. & Dominguez, G. E. Z. (2020). *Plataforma de análisis de datos para la evaluación de desempeño de software*. RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (36), 50-64. DOI: 10.17013/risti.36.50–64.

Bezdek, J.C. (1981). *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms*. Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-0450-1

Camargo, M. A. (2021). *Conjuntos fuzzy - Conceito recente na teoria dos conjuntos*. Canais UOL. https://educacao.uol.com.br/disciplinas/matematica/conjuntos-fuzzy-conceito-recente-na-teoria-dos-conjuntos.htm#:~:text=Um%20exemplo%20de%20aplica%C3%A7%C3%A3o&text=A%20febre%2C%20dada%20em%20x,a%20temperatura%20do%20corpo%20humano

Canuto, A. M. P. (2020). *Sistemas Fuzzy*. https://www.dimap.ufrn.br/~anne/Aula%20Fuzzy.ppt#:~:text=Desta%20forma%2C%20a%20fun%C3%A7%C3%A3o%20de,x%20pertencer%20ao%20conjunto%20A

Dubois D. & Prade H. (2008). Gradual elements in a fuzzy set. In *Soft Comput*., v. 12, n. 2, p. 165–175.

Dunn, J.C. (1973). A fuzzy relative of the isodata process and its use in detecting compact well-separated clusters. In *Journal of Cybernetics* 3(3), 32–57. https://doi.org/10.1080/01969727308546046

Kumar, U. D. (2019). Analytics Education. In IIMB Management Review. Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.iimb.2019.10.014

Lewis D. J. & Martin T. P. (2014) The X-μ Approach: In Theory and Practice. Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems, p. 406–415.

Machado, F. N. R. (2018). *Big Data: o futuro dos dados e aplicações*. (1st Ed.). Editora Érica.

Martin T. P. (2013). The X-mu representation of fuzzy sets - Regaining the excluded middle. In *Proceedings of UKCI'13*, pp. 67–73, 2013.

Martin, T. P. & Azvine, B. (2013). The X-mu approach: Fuzzy quantities, fuzzy arithmetic and fuzzy association rules. In *Proceedings 2013 IEEE Symposium on Foundations of Computational Intelligence (FOCI)*. https://doi.org/10.1109/FOCI.2013.6602451

Martin T. P. (2015) The X-mu representation of fuzzy sets. In: *Soft Comput*., v. 19, n. 6, p. 1497–1509.

Mathworks. (2023). *Foundations of Fuzzy Logic*. https://www.mathworks.com/help/fuzzy/foundations-of-fuzzy-logic.html

Nogueira, L. B. N. & Cura, L. M. D. V. (2020). Um estudo para desenvolvimento de consultas com lógica nebulosa em bancos de dados de documentos. In *Anais do WCF – Workshop de Computação da FACCAMP*. https://www.cc.faccamp.br/anaisdowcf/edicao_atual/wcf2020/11/paper_11.pdf

Rico-Bautista, Dewar, Maestre-Góngora, Gina Paola, Guerrero, Cesar D., Medina-Cárdena, Yurley, Areniz-Arévalo, Yesenia, Sanchez-Velasquez, María Camila, & Barrientos-Avendaño, Edwin. (2021). *Universidad inteligente: Factores claves para la adopción de internet de las cosas y big data*. RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (41), 63-79.https://doi.org/10.17013/risti.41.63-79.

Santos, G. M., Affonso, E. T. F., Silva, A. M. & Moita, G. F. (2021). Fuzzy C-Means com Método Wrapper Com Baixo Custo Computacional de Seleção de Atributos. In *Anais do Congresso Brasileiro de Inteligência Computacional*. https://sbic.org.br/eventos/cbic_2021/cbic2021-87/

Simões, M. G. & Shaw, I. S. (2007). Controle e Modelagem Fuzzy. (2nd Ed.). Editora Blucher.

Surbakti, F. P. S., Wang, W., Indulska, M., & Sadiq, S. (2020). Factors influencing effective use of big data: A research framework. Information & Management, 57(1), 103146. https://doi.org/10.1016/j.im.2019.02.001

Zadeh L. A. (1965). Fuzzy Sets. Information and Control. pp. 338–353.

Zupaldo M. (2020). Big Data: Conceitos, Algoritmos e Técnicas Semelhantes. https://www.academia.edu/17462979/Big_Data_Conceitos_Algoritmos_e_T%C3%A9cnicas_Semelhantes?sm=b

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 15/02/2024
Aceitação/Acceptance: 28/05/2024

Ingeniería Social: Revisión Sistemática de Phishing y Pretexting en Plataformas Académicas

Ana Camacho Coronel[1], José Miguel Erazo Ayón[2], César Salazar Tovar[3], Brennero Pardo Centanaro[4]

ana.camacho@cu.ucsg.edu.ec; jose.erazo@cu.ucsg.edu.ec; cesar.salazar@cu.ucsg.edu.ec; brennero.pardo@cu.ucsg.edu.ec

[1] ITP-SINDE, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 090615, Guayaquil, Ecuador

[2] ITP-SINDE, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 090615, Guayaquil, Ecuador

[3] ITP-SINDE, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 090615, Guayaquil, Ecuador

[4] Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 090615, Guayaquil, Ecuador

Pages: 122-136

Resumen: Este estudio presenta una revisión sistemática sobre las técnicas de ingeniería social, específicamente phishing y pretexting, aplicadas en plataformas académicas y redes sociales. Se analizaron métodos preventivos para uso de docentes y estudiantes de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, identificando buenas prácticas de seguridad de la información. La revisión abarca artículos desde 2017 hasta 2024, destacando la necesidad de educación y capacitación para mitigar estos ciberataques.

Palabras Clave: phishing attack; pretexting; Ingeniería social; cybersecurity.

Social Engineering Prevention: A Systematic Review of Phishing and Pretexting for Application in an Academic Environment

Abstract: This study presents a systematic review of social engineering techniques, specifically phishing and pretexting, applied to academic platforms and social networks. Preventive methods were analyzed for use by teachers and students at the Catholic University of Santiago de Guayaquil, identifying good information security practices. The review covers articles from 2017 to 2024, highlighting the need for education and training to mitigate these cyberattacks.

Keywords: phishing attack; pretexting; social engineering; cybersecurity.

1. Introducción

La Ingeniería Social es una táctica empleada a nivel mundial por ciberdelincuentes para manipular a los usuarios y obtener información confidencial. Esta práctica, que incluye técnicas como el phishing y el pretexting, explota principios psicológicos para persuadir a las víctimas y comprometer su seguridad en plataformas académicas y redes sociales,

como la plataforma UCSG (Proaño-Escalante & Gavilanes-Molina, 2018; RISTI, 2021). La falta de conciencia y prácticas de seguridad adecuadas entre docentes y estudiantes aumenta la vulnerabilidad ante estos ataques, que pueden resultar en la divulgación inadvertida de información personal y confidencial (Roy et al., 2022; Salahdine & Kaabouch, 2019).

En el ámbito académico, donde la responsabilidad sobre la seguridad recae en el usuario, las brechas de seguridad pueden llevar a pérdidas financieras y de reputación. Los factores humanos, como el estrés y la carga de trabajo, son determinantes en estas violaciones de datos. La falta de formación efectiva sobre seguridad informática entre los usuarios académicos agrega una capa adicional de riesgo, especialmente dado el constante avance de las técnicas de ingeniería social y el uso generalizado de sistemas informáticos (RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, 2024).

Esta revisión sistemática se centra en analizar y evaluar las técnicas de ingeniería social, específicamente el phishing y el pretexting, aplicados en plataformas académicas y redes sociales. Además, identifica métodos preventivos y buenas prácticas de seguridad de la información dirigidos a docentes y estudiantes de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. El estudio abarca artículos publicados entre 2017 y 2024, enfatizando la urgencia de educación y capacitación para mitigar estos riesgos (Butt et al., 2022; Canfield et al., 2019; Conteh & Sword, 2021; De Ramos & Esponilla, 2022; Dutta et al., 2023; Edwards et al., 2017; Frumento et al., 2017; Ghafir et al., 2018).

La estructura del documento es la siguiente: la sección 2 describe la metodología empleada para la revisión sistemática; la sección 3 presenta los resultados, destacando los hallazgos principales de cada estudio; la sección 4 presenta una discusión de los resultados; y, la sección 5 ofrece las conclusiones y sugiere líneas de trabajo futuro.

2. Metodología

La revisión sistemática requiere de un proceso de investigación con el objetivo de obtener, evaluar e interpretar de forma clara, precisa, rigurosa y metódica toda la información que va relacionada con una pregunta de investigación o una disciplina de interés específica. Para este estudio se ha seguido el método propuesto por (Kitchenham, 2004) constituido por seis pasos tales como: (i) Formulación de la pregunta; (ii) Búsqueda de las fuentes; (iii) Selección de los estudios a través de los criterios de inclusión y exclusión; (iv) Extracción de información; (v) Presentación de los resultados; (vi) Discusión.

2.1. Preguntas de Investigación

Se plantearon las siguientes preguntas de investigación:

PT1. ¿Qué países exploran más la Social Engineering Atack, Phishing y Pretexting?

PT2. ¿Cuáles son los factores que influyen el Ciberataque?

PT3. ¿Qué técnicas son las más usadas para realizar Ingeniería Social?

2.2. Búsqueda de Fuentes

Se realizó una búsqueda bibliográfica en diferentes bases de datos científicas como: Google Académico, IEEE, Scopus, ScienceDirect, Scielo, Springer, ProQuest y ACM. Mayoritariamente se encontraron artículos con información valiosa desde el año 2017 al 2022, donde se destaca la base de datos bibliográfica Scopus.

2.3. Criterios de Inclusión y Exclusión

La búsqueda con las palabras clave presentada anteriormente produjo un resultado de 2710 artículos. Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión en tres etapas (tabla 1).

Cadena de búsqueda	Fuente	Encontrados	Sin duplicidad	Cumplen criterio de inclusión	Cumplen criterio de exclusión
	ACM	12	8	6	6
Social engineering	Google Académico	2340	15	8	2332
Attack AND	IEEE	80	9	5	75
Phishing AND	ProQuest	22	4	6	16
Pretexting AND	Scielo	1	1	1	0
Cybersecurity	ScienceDirect	37	3	2	35
	Scopus	93	14	15	78
Cybersecurity	Springer	125	5	7	118
	Total	2710	59	50	2413

Tabla 1 – Resultados de búsqueda y aplicación de criterios de selección.

i. Publicaciones que provenían de una misma investigación, conservándose el artículo que ofreciera detalles relevantes para esta exploración. Luego de aplicar estos criterios de exclusión quedaron 59 artículos.
ii. Se incluyeron artículos sobre identificación y prevención de ataques de la ingeniería social, técnicas contra los ataques de ingeniería social, así como también artículos sobre modelo de concientización de los empleados en empresas, la repercusión de la ingeniería social en las instituciones de educación superior en el Ecuador como a nivel mundial. El número de artículos se redujo a 2651.
iii. Finalmente se aplicó un segundo proceso de exclusión descartando artículos como su funcionamiento, tipos de ataques y sus respectivas definiciones, además ventajas y desventajas de la ingeniería social, su repercusión en empresas, instituciones educativas, en salud, en el Ecuador y a nivel mundial. Quedaron 50 artículos presentados en la tabla 2.

Cadena de búsqueda	Autores relacionados
Social engineering AND Attack AND phishing AND pretexting AND cybersecurity	Montañez, R., Golob, E., & Xu, S. (2020); Alghenaim, M. F., Bakar, N. A. A., Yusoff, R. C. M., Hassan, N. H., & Sallehudin, H. (2021, July); Atwell, C., Blasi, T., & Hayajneh, T. (2016, April); Parthy, P. P., & Rajendran, G. (2019, October); Salahdine, F., & Kaabouch, N. (2019); Sumner, A., & Yuan, X. (2019, April); AL-Otaibi, A. F., & Alsuwat, E. S. (2020); Zolotarev, V., Zolotareva, E., & Mawla, V. (2022).; Steinmetz, K. F. (2021); Ojugo, A. A., & Otakore, O. D. (2018); Mouton, F., Leenen, L., & Venter, H. S. (2016); Edwards, M., Larson, R., Green, B., Rashid, A., & Baron, A. (2017); Borkovich, D. J., & Skovira, R. J. (2019).; Klimburg-Witjes, N., & Wentland, A. (2021; Rosengren, K. (2022); De Ramos, N. M., & Esponilla, F. D.,II. (2022); Arnold, D., Blackmon, B.,
Social engineering AND attack AND phishing AND pretexting AND cybersecurity	Gibson, B., Salahdine, F., El Mrabet, Z., & Kaabouch, N. ; Swarnalatha, K. S., Ramchandra, K. C., Ansari, K., Ojha, L., & Sharma; Trumbach, C. C., Payne, D. M., & Walsh, K. (2022); Tsai, C. -., Shih, W. -., Hsieh, F. -., Chen, Y. -., Lin, C. -., & Wu, H. -. (2022); Conteh, N. Y., & Sword, D. (2021); Ngambeki, I., Ahluwalia, G., Ansari, S., Li, M., & Arul, G. L. R. (2021); Arora, A., Garg, H., & Shivani, S. (2022); S. Gupta, A. Singhal and A. Kapoor,; Marchand-Niño, W. -., & Samaniego, H. H. (2021). ; Dutta, A. K., Meyyappan, T., Qureshi, B., Alsanea, M., Abulfaraj, A. W., Al Faraj, M. M., & Sait, A. R. W. (2023); Proaño-Escalante, Rodrigo Arturo, & Gavilanes-Molina, Andrés Fernando. (2018); J. M. Briones, M. A. Coronel and P. Chavez-Burbano; Santiago Acosta Pineda, John A. Bohada, Magda Lorena Pineda (2018); Butt et al. (2022); Walter-Roberts et al. (2020); Canfield et al. (2019); Bou Sleiman et al. (2021); Ghafir et al. (2018); Britvina et al. (2021); Nigam et al. (2021); Younis et al. (2020); Wilson et al. (2018); Lam et al. (2019); Frumento et al. (2017); Roy et al. (2022); Stozhko et al. (2022); Greavu-Serban et al. (2022); Khader et al. (2021); Abdulla et al. (2023); Lili, A. (2024); Alawida et al. (2024); James, J. W. (2023); Wi et al. (2023)

Tabla 2 – Resultados por cadena de búsqueda

2.4. Extracción de información

Para contestar las preguntas de investigación PI1 a PI3, de cada publicación se extrajo la siguiente información (véase tabla 3):

- Tipo de ataque más común: Phishing (P), pretexting (Px), vishing (V), conciencia (C), correos (CO), simulación (S), manipulación (M) y pendrive (Pen);
- Metodología del estudio: cualitativa, cuantitativa o mixta;
- Continente donde se realizó el estudio;
- Técnicas de prevención;
- Estado del desarrollo: análisis (A), ensayo (E), implementación (I), modelo (M) y prototipo (P).

Referencia	Tipo de ataque más común	Metodología	País	Tecnología	Estado
Sumner, A., & Yuan, X. (2019, April)	P	Cualitativa	Estados Unidos	Los programas de capacitación tienen el propósito de aumentar la capacidad del participante sobre un tema determinado para que este sea capaz de manejar situaciones relacionadas con el tema en consecuencia. Al organizar múltiples sesiones de educación y capacitación usando juegos y programas interactivos, la retención de usuarios aumentó.	I
Klimburg-Witjes, N., & Wentland, A. (2021)	S	Cualitativa	Austria	Responsabilizar a la población y a los sujetos individuales con tareas concretas para crear condiciones que establezcan la normalidad en el manejo de información.	E
Lam et al. (2019)	S	Cuantitativa	Estados Unidos	Outlook add-in	P
De Ramos, N. M., & Esponilla, F. D.,II. (2022)	C	Cualitativa	Filipinas	Se habla de un contexto general de la cultura de seguridad informática en instituciones académicas de Filipinas, estadísticas basadas en el estudio de compartición de contraseñas y el problema que esto ocasiona.	M
Britvina et al. (2021)	C	Análisis descriptivo	Rusia	Inteligencia artificial, bases de datos.	A
Wilson et al. (2018)	S	Mixta	Estados Unidos	Reducción de confianza y aumentar sospechas de entorno técnico.	E

Tabla 3 – Categorización de las publicaciones

La Tabla 4 presenta los estudios relacionados a todo lo concerniente a factores, causas, visión general, análisis, recomendaciones sobre los ataques de la ingeniería social hacia los usuarios de internet.

Ref.	Tema	Objetivo	Resultado
Montañez, R., Golob, E., & Xu, S. (2020)	La cognición humana a través de la lente de los ciberataques de ingeniería social.	Revisar la cognición humana a través de la lente de los ciberataques de ingeniería social.	Marco para sistematizar la cognición a través de la lente de los ciberataques de ingeniería social, que explotan las debilidades en las funciones cognitivas de los humanos.
Alghenaim, M. F., Bakar, N. A. A., Yusoff, R. C. M., Hassan, N. H., & Sallehudin, H. (2021, July)	Modelo de concientización de los empleados para mejorar la concientización sobre las amenazas de ingeniería social en el sector público saudita.	Este estudio propone una conciencia conceptual con un modelo diseñado para mejorar la conciencia de los empleados en Arabia Saudita que trabajan en el sector público para abordar este problema.	Como resultado, un modelo a priori fue desarrollado, probado y aplicado con éxito en la subsiguiente etapa por los participantes del estudio de caso, los empleados.
Parthy, P. P., & Rajendran, G. (2019, October)	Identificación y prevención de ataques de ingeniería social en una empresa.	Ayuda al lector a obtener una idea de cómo la ingeniería social se puede utilizar contra las empresas.	Es importante capacitar a los empleados para seguir los procedimientos y políticas implementadas en la empresa.
Salahdine, F., & Kaabouch, N. (2019)	Ataques de ingeniería social: una encuesta.	Describir de forma general los ataques de ingeniería social, las técnicas de detección existentes, y métodos actuales de contramedidas.	Los ataques de ingeniería social han ido aumentando en intensidad y número; y, están causando daños emocionales y económicos a personas y empresas. Por lo tanto, existe una gran necesidad de técnicas de detección y técnicas de contramedidas, así como programas para capacitar a los empleados.
Sumner, A., & Yuan, X. (2019, April)	Mitigación de los ataques de phishing: una descripción general.	Visión general de la ingeniería social, ataques, los métodos de detección de ingeniería social y phishing ataques.	Lo mejor fue preparar a las personas para la detección manual mediante la educación y la formación a ellos. La educación y la formación pueden ayudar a los usuarios a detectar ataques de ingeniería.
AL-Otaibi, A. F., & Alsuwat, E. S. (2020)	Un estudio sobre ataques de Ingeniería Social: Ataque de phishing.	Demostrar que la ingeniería social es uno de los mayores desafíos para la seguridad de la red porque aprovecha la tendencia humana natural.	Las amenazas de ingeniería social son consideradas las amenazas de seguridad más grandes y peligrosas, son violaciones que enfrentan el individuo y las instituciones. Considerando que, por medio de la ingeniería social, una organización puede colapsar o perder su privacidad e información importante.

Ref.	Tema	Objetivo	Resultado
Zolotarev, V., Zolotareva, E., & Mawla, V. (2022).	Ataques de phishing: Análisis de rastreo digital para conciencia de seguridad.	Recomendaciones para recopilar un rastro digital de phishing.	Se realizó el análisis de las posibilidades de recolectar un rastro digital, teniendo en cuenta la peculiaridad de su aplicación como dato para aumentar el conocimiento del usuario.
Abdulla, R. M. (2023)	Análisis del conocimiento de la ingenería social en los estudiantes y docentes	Evaluar el conocimiento de la ciberseguridad en los participantes y analizar su conocimiento de fugas de datos en la ingenería social	Esta investigación puede ser valiosa para mejorar el sistema de seguridad de la red de los individuos y organizaciones
Lili, A. (2024)	Un estudio investigativo de la percepción de trabajadores en identificar ataques phishing en organizaciones financieras	Abordar el problema de la práctica de altas tasas de empleados en organizaciones financieras que hacen clic en enlaces phishing, posicionando sus compañías en riesgo de una incidente o ruptura de datos	El resultado de esta investigación se enfoca en presentar estrategias para practicantes de la seguridad a desarrollar entrenamiento y comunicación efectiva de la seguridad de la información e implementar una cultura de seguridad de conciencia para motivar la fuerza laboral
Steinmetz, K. F. (2021)	La identificación de una víctima modelo para la ingeniería social: un análisis cualitativo.	Análisis, el perfil de un usuario social basado en la teoría fundamentada de entrevistas con ingenieros sociales profesionales y no profesionales.	Los resultados describen seis atributos de una "víctima modelo" para los ingenieros sociales, una persona hipotética considerada particularmente susceptible a los engaños de ingeniería: (1) preciado, (2) desinformado, (3) despreocupado, (4) saliente, (5) conectado y (6) controlado.
Alawida, M. (2024)	Descubriendo el lado oscuro de ChatGPT: Explorando los cibertataques y mejorando el conocimiento del usuario	Investigar el alcance del conocimiento del usuario de la relación entre ChatGPT y los ciberataques	Los resultados proveen un entendimiento a profundidad de cómo ChatGPT puede ser usado para mejores procesos de negocio e identificar áreas para mejora. El 80% de los participantes están de acuerdo que los cibercriminales usan ChatGPT para propósitos maliciososos

Ref.	Tema	Objetivo	Resultado
James, J. W. (2023)	Diseñando la mente humana: Ataques de ingeniería social usando Kali Linux	Examinar los ataques de ingeniería social y sus implementaciones utilizando el sistema operativo Kali Linux	Resumir directivas futuras para ser revisadas en el área y asegurar que la seguridad profesional lleve la delantera de las amenazas emergentes y protejan sistemas computacionales y a organizaciones de los ataques de ingeniería social

Tabla 4 – Caracterización de los artículos sobre análisis de ingeniería social.

3. Resultados

3.1. Año de publicación

La figura 1 muestra la distribución de los trabajos en años, incrementándose ligeramente desde 2013 (2%) a 2016 (6%) disminuyendo un 2% en 2017, subiendo un 6% en 2018 y 2019 (12%), volviendo a bajar en 2020 (8%) y luego volviendo a subir en 2021 (20%) y 2022 (26%). En los últimos 2 años existe disminución en el tipo de artículo, en el 2023 (8%) y en el 2024 (4%).

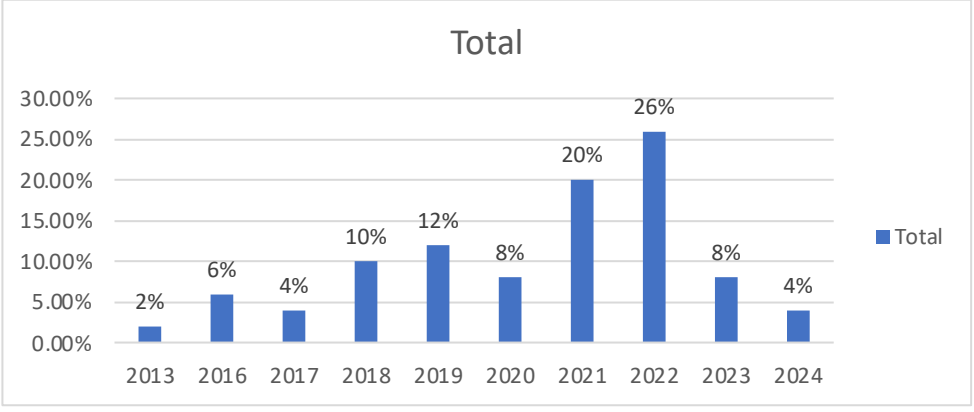


Figura 1 – Estudios agrupados por años de publicación.

3.2. Tipos de técnicas de ingeniería social utilizada

La utilización de las diferentes técnicas utilizadas por la ingeniería social para atacar a los usuarios se muestra en la figura 2, observándose que los correos son la principal técnica usada con un 16%, otra de las técnicas usadas con menor frecuencia es ransomware con un 7% y en menor escala el shoulder surfing (5%) y con un 3% tanto para el software engañoso como para la encuesta falsa.

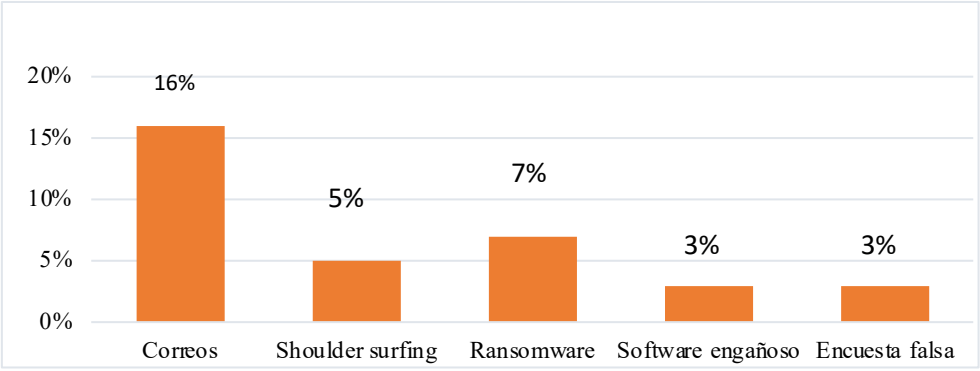


Figura 2 – Técnicas de ingeniería social utilizadas

3.3. Distribución de los estudios por Continentes

La figura 3 presenta la población donde se realizaron las investigaciones agrupadas por continentes. En algunos casos los estudios se realizaron en países de diferentes continentes. La mayoría de estudios se centran en lugares no especificados con un porcentaje del 34%, en países de América (Perú, Ecuador, Colombia, Estados Unidos) con un porcentaje del 30%. Un 18% de los estudios se realizaron en países de Asia (India, Arabia Saudita, Filipinas, Malasia). Europa alcanzo el 12% (Rusia, Austria, Alemania, Italia Rumania), África (Nigeria) con el 6%; y Asia con el 18%.

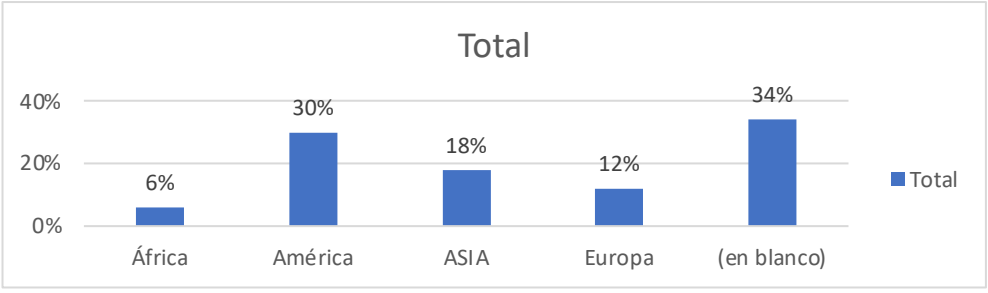


Figura 3 – Distribución de la población por Continentes

3.4. Factores para el ciberataque

Se puede ver en la figura 4 que la cultura es el principal factor que se da para un ciberataque con un 9%, seguido del estrés con 7% y de la carga de trabajo con un 6%, la personalidad y compartir contraseñas con 5% para cada una y finalmente compartir claves y TCP/IP con un 3% para ambos factores.

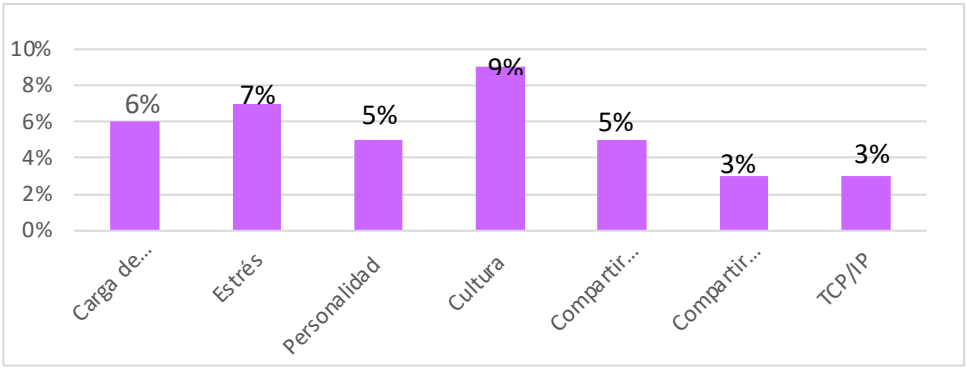


Figura 4 – Factores para el ciberataque

3.5. Clasificación de los estudios por estado de desarrollo y metodología

Sobre el estado de desarrollo que alcanzaron los estudios analizados se evidencia que el 44% de los estudios son análisis, seguido de prototipo con el 16%. El modelo con un 14%, presentándose una igualdad de estudios entre la implementación y revisión con el 10% respectivamente y el ensayo con un 6%. Todos estos rubros corresponden al estado de desarrollo de las técnicas de prevención ante los ciberataques.

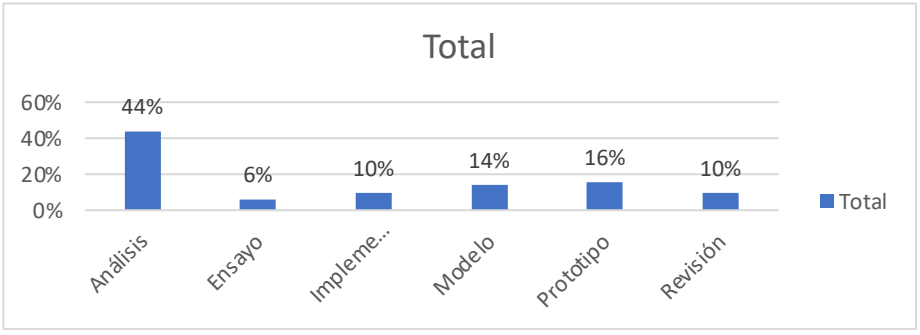


Figura 5 – Distribución del estado de desarrollo según los artículos seleccionados

En relación con la metodología del estudio se observa que el 10% presenta un abordaje mixto (cualitativo y cuantitativo), el 38% cualitativo y el 16% cuantitativo.

4. Discusión

Los resultados de la revisión sistemática confirman la necesidad de enfoques mvultidisciplinarios para combatir la ingeniería social. Las empresas y las instituciones educativas deben implementar programas continuos de educación y capacitación,

adaptados a las características específicas de sus usuarios. También es crucial que las organizaciones desarrollen políticas claras y procedimientos para manejar información confidencial, minimizando así los riesgos asociados con el factor humano.

4.1. Conclusiones y trabajos futuros

Este documento aborda la mitigación de ataques de ingeniería social desde tres enfoques: descubrimiento, educación y formación, y sensibilización. La identificación de estos ataques puede ser manual o automática, siendo ideal una combinación de ambos métodos. La preparación de personas para la detección manual mediante educación y capacitación es esencial.

Aunque la educación ayuda a los usuarios a identificar ataques, es común que olviden lo aprendido. Repetidos entrenamientos y el uso de aplicaciones o juegos interactivos pueden mejorar la retención de conocimientos. Es crucial identificar a los más vulnerables a estos ataques para enfocar la capacitación en ellos, especialmente en trabajadores recién egresados de la universidad (entre 18 y 25 años).

Las investigaciones sobre ingeniería social y phishing han llevado a técnicas de prevención y capacitación en empresas, pero hay áreas inexploradas, como ataques a instituciones educativas y enfoques específicos para docentes y estudiantes.

Futuros trabajos deberían enfocarse en instituciones educativas como colegios y universidades, desarrollando nuevos juegos y productos interactivos, y evaluando la eficacia de programas de capacitación y educación.

4.2. Reconocimiento

Este trabajo cuenta con el apoyo del SINDE, cualquier opinión, hallazgo y conclusiones o recomendaciones expresadas en este material son de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista del SINDE.

Referencias

Acosta Pineda, S., Bohada, J. A. & Pineda, M. L. (2018, 28 noviembre). Ingeniería social en Instituciones de Educación Superior. *Revista Colombiana de Tecnologías de avanzada (RCTA)*, 2(32). https://doi.org/10.24054/16927257.v32.n32.2018.3026

Alghenaim, M. F., Bakar, N. A. A., Yusoff, R. C. M., Hassan, N. H., & Sallehudin, H. (2021, July). Employee Awareness Model to Enhance Awareness of Social Engineering Threats in the Saudi Public Sector. In *2021 International Congress of Advanced Technology and Engineering (ICOTEN)* (pp. 1-6). IEEE. http://dx.doi.org/10.1109/ICOTEN52080.2021.9493434

AL-Otaibi, A. F., & Alsuwat, E. S. (2020). A study on social engineering attacks: phishing attack. International Journal of Recent Advances in Multidisciplinary Research, 7(11), 6374-6380.

Arnold, D., Blackmon, B., Gibson, B., Moncivais, A. G., Powell, G. B., Skeen, M., . . . Wade, N. B. (2022). The emotional impact of multi-factor authentication for university students. Paper presented at the Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings, doi:10.1145/3491101.3516809 Retrieved from www.scopus.com

Arora, A., Garg, H., & Shivani, S. (2022). Anti-phishing technique based on dynamic image captcha using multi secret sharing scheme. Journal of Visual Communication and Image Representation, 88 doi:10.1016/j.jvcir.2022.103624

Atwell, C., Blasi, T., & Hayajneh, T. (2016, April). Reverse TCP and social engineering attacks in the era of big data. In *2016 IEEE 2nd International Conference on Big Data Security on Cloud (BigDataSecurity), IEEE International Conference on High Performance and Smart Computing (HPSC), and IEEE International Conference on Intelligent Data and Security (IDS)* (pp. 90-95). IEEE doi**:** 10.1109/BigDataSecurity-HPSC-IDS.2016.60

Borkovich, D. J., & Skovira, R. J. (2019). Cybersecurity inertia and Social Engineering: ¿Who's worse, employees or hackers? Issues in Information Systems, 20(3). doi:10.48009/3_iis_2019_139-150

Bou Sleiman, M., & Gerdemann, S. (2021). Covid-19: a catalyst for cybercrime?. *International Cybersecurity Law Review*, *2*(1), 37-45. doi:10.1365/s43439-021-00024-9

Britvina, V. V., Musatova, D. A., Altoukhov, A. V., Zueva, A. S., & Sorokin, A. Y. (2021, August). Artificial intelligence as an instrument against social engineering. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2001, No. 1, p. 012015). IOP Publishing.

Butt, U. A., Amin, R., Aldabbas, H., Mohan, S., Alouffi, B., & Ahmadian, A. (2022). Cloud-based email phishing attack using machine and deep learning algorithm. *Complex & Intelligent Systems*, 1-28. https://doi.org/10.1007/s40747-022-00760-3

Canfield, C. I., Fischhoff, B., & Davis, A. (2019). Better beware: comparing metacognition for phishing and legitimate emails. *Metacognition and learning*, *14*(3), 343-362. https://psycnet.apa.org/doi/10.1007/s11409-019-09197-5

Conteh, N. Y., & Sword, D. (2021). The dynamics of social engineering and cybercrime in the digital age. Ethical hacking techniques and countermeasures for cybercrime prevention (pp. 144-149) doi:10.4018/978-1-7998-6504-9.ch011 Retrieved from www.scopus.com

De Ramos, N. M., & Esponilla, F. D.,II. (2022). Cybersecurity program for philippine higher education institutions: A multiple-case study. International Journal of Evaluation and Research in Education, 11(3), 1198-1209. doi:10.11591/ijere.v11i3.22863.

Dutta, A. K., Meyyappan, T., Qureshi, B., Alsanea, M., Abulfaraj, A. W., Al Faraj, M. M., & Sait, A. R. W. (2023). Optimal deep belief network enabled cybersecurity phishing email classification. Computer Systems Science and Engineering, 44(3), 2701-2713. doi:10.32604/csse.2023.028984

Edwards, M., Larson, R., Green, B., Rashid, A., & Baron, A. (2017). Panning for gold: Automatically analysing online social engineering attack surfaces. computers & security, 69, 18-34. doi.org/10.1016/j.cose.2016.12.013

Frumento, E., Freschi, F., Andreoletti, D., & Consoli, A. (2017, August). Victim Communication Stack (VCS) A flexible model to select the Human Attack Vector. In *Proceedings of the 12th International Conference on Availability, Reliability and Security* (pp. 1-6). doi:10.1145/3098954.3103156

Ghafir, I., Saleem, J., Hammoudeh, M., Faour, H., Prenosil, V., Jaf, S., ... & Baker, T. (2018). Security threats to critical infrastructure: the human factor. *The Journal of Supercomputing*, *74*(10), 4986-5002. https://doi.org/10.1007/s11227-018-2337-2

Greavu-Şerban, V., & Constantin, F. (2022). Aspects of Social Engineering and Its Modalities to Countercharge and Prevent It.

J. M. Briones, M. A. Coronel and P. Chavez-Burbano, "Case of study: Identity theft in a university WLAN Evil twin and cloned authentication web interface," 2013 World Congress on Computer and Information Technology (WCCIT), 2013, pp. 1-4, doi: 10.1109/WCCIT.2013.6618697.

Khader, M., Karam, M., & Fares, H. (2021). Cybersecurity Awareness Framework for Academia. *Information*, *12*(10), 417.

Klimburg-Witjes, N., & Wentland, A. (2021). Hacking humans? Social Engineering and the construction of the "deficient user" in cybersecurity discourses. Science, Technology, & Human Values, 46(6), 1316-1339.

Lam, T., & Kettani, H. (2019, April). PhAttApp: A phishing attack detection application. In *Proceedings of the 2019 3rd International Conference on Information System and Data Mining* (pp. 154-158).

Marchand-Niño, W. -., & Samaniego, H. H. (2021). Information security culture model. A case study. Paper presented at the Proceedings - 2021 47th Latin American Computing Conference, CLEI 2021, doi:10.1109/CLEI53233.2021.9639939 Retrieved from www.scopus.com

Montañez, R., Golob, E., & Xu, S. (2020). Human cognition through the lens of social engineering cyberattacks. *Frontiers in psychology*, *11*, 1755.

Mouton, F., Leenen, L., & Venter, H. S. (2016). Social engineering attack examples, templates and scenarios. *Computers & Security*, *59*, 186-209.

Ngambeki, I., Ahluwalia, G., Ansari, S., Li, M., & Arul, G. L. R. (2021). Developing a social-engineering course. Paper presented at the Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE, 2021-October doi:10.1109/FIE49875.2021.9637328 Retrieved from www.scopus.com

Nigam, A., Pasricha, R., Singh, T., & Churi, P. (2021). A systematic review on AI-based proctoring systems: Past, present and future. *Education and Information Technologies*, *26*(5), 6421-6445.

Ojugo, A. A., & Otakore, O. D. (2018). Mitigating social engineering menace in Nigerian Universities. *J. of Comp. Sci. & Application*, *6*(2), 64-68.

Parthy, P. P., & Rajendran, G. (2019, October). Identification and prevention of social engineering attacks on an enterprise. In *2019 International Carnahan Conference on Security Technology (ICCST)* (pp. 1-5). IEEE. DOI:10.1109/CCST.2019.8888441

Proaño-Escalante, Rodrigo Arturo, & Gavilanes-Molina, Andrés Fernando. (2018). Estrategia para responder a incidentes de inseguridad informática ambientado en la legalidad ecuatoriana. Enfoque UTE, 9(1), 90-101. doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n1.229

RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (53), 69-87. https://doi: 10.17013/risti.53.69–87

RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (32), 17-32. https://doi: 10.17013/risti.32.17–32

Roy, S., Sharmin, N., Acosta, J. C., Kiekintveld, C., & Laszka, A. (2022). Survey and Taxonomy of Adversarial Reconnaissance Techniques. *ACM Computing Surveys (CSUR)*. doi.org/10.48550/arXiv.2105.04749

S. Gupta, A. Singhal and A. Kapoor, "A literature survey on social engineering attacks: Phishing attack," 2016 International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA), 2016, pp. 537-540, doi: 10.1109/CCAA.2016.7813778.

Salahdine, F., & Kaabouch, N. (2019). Social engineering attacks: A survey. *Future Internet*, *11*(4).

Salahdine, F., El Mrabet, Z., & Kaabouch, N. (2021). Phishing attacks detection A machine learning-based approach. Paper presented at the 2021 IEEE 12th Annual Ubiquitous Computing, Electronics and Mobile Communication Conference, UEMCON 2021, 250-255. doi:10.1109/UEMCON53757.2021.9666627 Retrieved from www.scopus.com

Steinmetz, K. F. (2021). The Identification of a model victim for social engineering: A qualitative analysis. Victims & Offenders, 16(4), 540-564.

Stozhko, K. P., Stozhko, D. K., Shilovtsev, A. V., Nekrasov, S. N., & Makarova, T. N. (2022). The role of social engineering in modern Russian society. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 51, p. 06008). EDP Sciences.

Sumner, A., & Yuan, X. (2019, April). Mitigating phishing attacks: an overview. In *Proceedings of the 2019 ACM Southeast Conference* (pp. 72-77).

Swarnalatha, K. S., Ramchandra, K. C., Ansari, K., Ojha, L., & Sharma, S. S. (2021). Real-time threat intelligence-block phishing attacks. Paper presented at the CSITSS 2021 - 2021 5th International Conference on Computational Systems and Information Technology for Sustainable Solutions, Proceedings, doi:10.1109/CSITSS54238.2021.9683237 Retrieved from www.scopus.

Trumbach, C. C., Payne, D. M., & Walsh, K. (2022). Cybersecurity in business education: The 'how to' in incorporating education into practice. Industry and Higher Education, doi:10.1177/09504222221099389

Tsai, C. -., Shih, W. -., Hsieh, F. -., Chen, Y. -., Lin, C. -., & Wu, H. -. (2022). Using the ARCS model to improve undergraduates' perceived information security protection motivation and behavior. Computers and Education, 181 https//doi:10.1016/j.compedu.2022.104449

Walker-Roberts, S., Hammoudeh, M., Aldabbas, O., Aydin, M., & Dehghantanha, A. (2020). Threats on the horizon: Understanding security threats in the era of cyber-physical systems. The Journal of Supercomputing, 76(4), 2643-2664. https://doi.org/10.1007/s11227-019-03028-9

Wilson, B. (2018). Introducing cyber security by designing mock social engineering attacks. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, *34*(1), 235-241.

Younis, Y. A., & Musbah, M. (2020, September). A framework to protect against phishing attacks. In *Proceedings of the 6th International Conference on Engineering & MIS 2020* (pp. 1-6). https//: doi:10.1145/3410352.3410825

Zolotarev, V., Zolotareva, E., & Mawla, V. (2022). Phishing Attacks Digital Trace Analysis for Security Awareness.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 07/03/2024
Aceitação/Acceptance: 08/06/2024

Factores que afectan la generación de valor en la estrategia de datos de una organización

Tito Pablo Neira[1], Rafael Vesga[2]

Tp.neira@uniandes.edu.co; rvesga@uniandes.edu.co

[1] Estudiante programa de Doctorado en Gestión de la Innovación Tecnológica, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

[2] Profesor profesional distinguido, Facultad de Administración, Universidad de los andes, Bogotá, Colombia

Pages: 137-157

Resumen: Actualmente es de interés para las organizaciones la generación de valor a partir de los datos, para esto han implementado diferentes estrategias de datos , generando valor en la mejora operacional, la toma de decisiones, innovación en productos o servicios e innovación en el modelo de negocio. Sin embargo existen factores tanto internos como externos a la organización que pueden afectar esta generación de valor. Debido a esto, en este artículo se hizo una revisión sistemática de la literatura científica que pretende identificar los factores que afectan la generación de valor en una estrategia de datos. De esta revisión se encontró que existen diferentes categorías de generación de valor, así como diferente factores que la afectan. Adicionalmente no se encontró consenso en la definición de estrategia de datos, por lo tanto se construyó una definición. Finalmente se contrastó contra un caso de un grupo financiero Latinoamericano.

Palabras clave: Estrategia de datos; big data; valor en el negocio; creación de valor; sector financiero

Factors that affect the value generation in an organization's data strategy

Abstract: Organizations today are looking to leverage their data to create value in a variety of ways, such as improving operations, making better decisions, and innovating products and business models. However, numerous internal and external factors can impact an organization's ability to achieve this value. In this article, we conducted a systematic review of the scientific literature to identify the factors that affect data strategy value generation. Our review revealed that there are various categories of value generation and several factors that can impact it. We also discovered that there is no standard definition of data strategy, so we formulated one. Finally, it was contrasted against a case of a Latin American financial group.

Keywords: Data strategy, big data, business value, value creation, financial sector

1. Introducción

Este artículo se enfoca en cómo detectar los factores que afectan la generación de valor a partir de la estrategia de datos en una organización. Teniendo en cuenta que la estrategia de datos es parte del proceso de Transformación Digital Empresarial (TDE), es necesario definir qué es este proceso y, dentro del mismo, a qué se refiere la estrategia de datos.

En los últimos años, las organizaciones de diferentes sectores ven amenazados sus modelos de negocio por diferentes empresas de tecnología (Charpentier 2020), cuyas innovaciones digitales han generado disrupciones que les permiten tomar posiciones fuertes en tales sectores (Fitzgerald et al. 2013). Esto motiva a las organizaciones tradicionales a iniciar procesos de transformación digital empresarial con el objetivo de desarrollar nuevas capacidades dinámicas (Schoemaker, Heaton and Teece 2018) (Ellström et al. 2021) y así continuar con la generación de valor para los accionistas.

Existen muchas versiones de la TDE, como afirma Vial (2019); sin embargo, a partir de las definiciones de (Fitzgerald et al. 2013), (Nwankpa and Roumani 2016)y (Hess et al. 2019), se puede concluir que la TDE es la variación que sufre el modelo de negocio actual mediante la incorporación de tecnologías digitales (Fitzgerald et al. 2013), big data y canales digitales, entre otras. Esta transformación genera nuevas capacidades dinámicas (Ellström et al. 2021) que les permiten a las empresas crear nuevas estructuras organizacionales, así como implementar la automatización de procesos, nuevas experiencias del cliente, productos, servicios, nuevos canales de venta y hasta innovaciones disruptivas de su modelo de negocio actual (Hess et al. 2019).

Ahora bien, dentro de la TDE se generan gigantescos volúmenes de datos debido a la desmaterialización de los productos y servicios, en un proceso denominado por (Lycett 2013) como “datificación”, lo que hace necesaria la gestión adecuada de las tecnologías de big data y analítica; todo ello se enmarca en el concepto Estrategia de Datos (ED), temática dentro de la cual se desarrolla este artículo.

Para construir la definición de ED se tomaron los conceptos de (Mazzei and Noble 2017), (Davenport, Barth, and Bean 2012), (Davenport 2018), (Yuxi and Mengjie 2020),(Bharadwaj et al. 2013),(Nwankpa and Roumani 2016), (Zahra and Nambisan 2012) y (Zahra and Nambisan 2012). Según esto, la ED es un plan en la organización que tiene en cuenta temas relacionados con los objetivos del negocio, los datos, las tecnologías, las técnicas de análisis de datos, la experiencia del cliente, para la generación de valor de los diferentes interesados y el desarrollo de modelos de negocio disruptivos, así como los ecosistemas del negocio.

Para la definición de generación de valor se realizó una adaptación de los trabajos realizados por (Amit and Zott 2001) y (Cappa et al. 2021), donde tal concepto se refiere a cualquier factor que mejore el valor total creado de la empresa, gracias a la adopción de una estrategia de datos, bien sea al capturar mayor valor del modelo de negocio actual o al crear un nuevo valor.

Vale precisar que este artículo se enfoca en una de las partes del proceso de transformación digital empresarial, específicamente en la estrategia de datos y busca mediante una revisión sistemática de literatura y con un caso empresarial contrastar los factores que afectan la generación de valor en una estrategia de datos encontrados en la literatura.

2. Materiales y Métodos

2.1. Preguntas de Investigación

Con el objetivo de detectar los factores que afectan la generación de valor en la estrategia de datos de las organizaciones, se realizó una revisión sistemática de la literatura, utilizando la metodología de Barbara Kitchenham (Kitchenham 2004). El primer paso en la definición de la búsqueda es determinar las preguntas de investigación para la revisión de la literatura:

¿Qué es una estrategia de datos?: Esta pregunta se plantea con el objetivo de construir una definición de estrategia de datos basada en las descripciones que existan en la literatura.

¿Cómo una estrategia de datos genera valor en las organizaciones?: Tras definir el concepto de estrategia de datos se plantea la pregunta para validar si la estrategia de datos y sus elementos son generadores de valor para las compañías.

¿Qué factores afectan la generación de valor de la estrategia de datos en las organizaciones?: Este interrogante busca determinar si en la literatura se han encontrado factores que afectan la generación de valor en la estrategia de datos de las organizaciones.

2.2. Cadena de Búsqueda

Los académicos trabajan activamente en varios frentes de la inteligencia de datos o big data. Aunque la mayoría de los estudios se centran en el frente técnico, cada vez más artículos tratan sobre las implicaciones de este proceso en el contexto empresarial (Ylijoki and Porras 2019); precisamente, en dicho entorno de negocio se enfocó la revisión sistemática de la literatura, con el objetivo de encontrar los factores que pueden afectar la generación de valor al implementar una estrategia de datos.

Como segundo paso se definieron los criterios de búsqueda, de inclusión y exclusión:

(TITLE-ABS-KEY (“data strategy” AND “big data”) OR TITLE-ABS-KEY (“business value” AND “value creation”)).

2.3. Criterios de inclusión y exclusión

Se realizaron búsquedas en las diferentes bases de datos bibliográficas (EBSCO, Scopus, Web of Science, IEEE y Google Scholar) de artículos relevantes para la revisión; es decir, textos donde el título, el resumen o las palabras clave contenían los criterios finalmente definidos; a la vez, se limitó la búsqueda a artículos escritos en inglés y en categorías de negocio. Además, se realizó una ‘bola de nieve’ de dos niveles hacia delante y hacia atrás para los artículos que se consideraron relevantes en función del título y el resumen (Ylijoki and Porras 2019).

Las publicaciones que se encontraron están entre los años 2004 a 2023, lo que supuso 161 artículos; luego se hizo un filtro para privilegiar las reseñas de los últimos 10 años, lo que dejó un total de 130 artículos.



Figura 1 – Análisis bibliométrico herramienta litmaps, elaboración propia

En la Figura 1 se tomó el grupo de artículos relacionados con big data y generación de valor como grupo de referencia de la búsqueda, adicionalmente se toma el artículo de Ylijoki como articulo semilla de la búsqueda (Ylijoki and Porras 2019). Luego, se seleccionaron todas las publicaciones que tenían una conexión directa con el artículo semilla de este grupo, este enfoque permitió identificar un subgrupo de 16 publicaciones de las 130 totales del conjunto original.

Posteriormente, soportado en la herramienta litmaps, se realizó una búsqueda hacia atrás y hacia delante, la selección final se realizó tras una revisión de los títulos y resúmenes, con el fin de extractar aquellos que parecían más pertinentes con este tema. En total se escogieron 33 artículos, los cuales son los puntos naranjas de la Figura 1, donde de manera exploratoria se puede ver como cubren los diferentes grupos de artículos resultado de los criterios de búsqueda.

Para encontrar los conceptos más adecuados y clasificarlos según cada pregunta se realizó una lectura completa de todas las publicaciones seleccionadas, con el fin de identificar técnicas, métodos de aplicación, principios científicos y problemas. Posteriormente se elaboraron resúmenes de los artículos que permitieran responder las preguntas de investigación a partir de la información recopilada.(Gallego 2021)

3. Resultados

3.1. Vigencia del tema

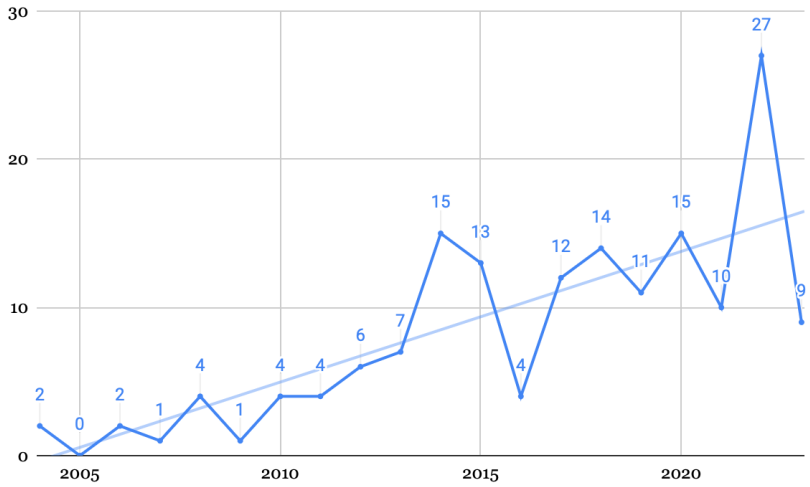


Figura 2 – Histórico de artículos fuente Scopus por año 2004 - 2023

En términos generales, la literatura relacionada se multiplicó por cuatro en la última década, en donde el 65% de esta se relaciona con temas técnicos de ingeniería o matemáticas, el 9% de las publicaciones trata temas de negocio y un 1% corresponde a temas relacionados con el impacto en los negocios, con casos principalmente de Estados Unidos y Europa.

3.2. Generalidades del Tema

Debido a que no se encontró consenso en la definición de estrategia de datos, se construyó una definición, para construir la definición de estrategia de datos (ED) se tomaron principalmente conceptos de (Mazzei and Noble 2017), (Davenport et al. 2012), así como de (Yuxi and Mengjie 2020). Mazzei considera que se puede hablar de estrategia de datos como el plan que permite desarrollar modelos de negocio radicalmente innovadores basados en datos, como se puede ver en la Tabla 2. Sin embargo, para Davenport, la estrategia de datos es un plan que permite desbloquear nuevas capacidades y valores en la organización, no solo enfocándose en innovación disruptiva (Davenport et al. 2012).

Como las tecnologías de big data son parte de la estrategia de datos, Yuxi plantea que estas proporcionan un nuevo entorno de innovación, así como herramientas y métodos para que las empresas interactúen con los usuarios. Esto no solo permite optimizar el proceso de innovación de los productos y el grado de digitalización del comportamiento de los usuarios normales, sino que también ayuda a las empresas a construir un entorno de innovación de mejora continua. (Yuxi and Mengjie 2020).

Adicionalmente, al adaptar la visión de (Mazzei and Noble 2017) en una etapa temprana, la estrategia de negocio termina por influenciar la estrategia de datos, mientras que, en etapas avanzadas, se espera que esta última influencie la transformación de la estrategia de negocio (Figura 3).

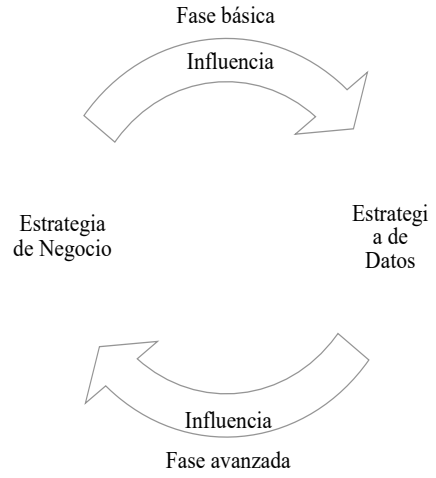


Figura 3 – Relación de influencia entre la ED y la estrategia de negocio.
Adaptación de Mazzei y Noble (2017).

Fase básica	Los datos como herramienta	Los gerentes son capaces de resolver los problemas tradicionales de la cadena de valor de manera más eficiente y efectiva. Las capacidades existentes se mejoran a través de la toma de decisiones personalizada y en tiempo real para consumidores individuales.
Fase avanzada	Los datos como industria	Se crean *spin-offs* y nuevas empresas especializadas en adquisición, almacenamiento y análisis de datos, así como en construcción de infraestructura y desarrollo de software dedicado al manejo de big data.
	Los datos como estrategia	Los líderes visionarios desarrollan empresas dedicadas a la creación de recursos de datos que les permitan desarrollar modelos de negocio radicalmente innovadores, en la medida que combinen estrategias tradicionales y modernas.

Tabla 1 – Niveles de creación de valor debido al fenómeno big data.
Adaptación de Mazzei y Noble (2017)

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, la estrategia de datos se define como un plan en la organización que considera temas relacionados con los objetivos del negocio, los datos, las tecnologías (Nwankpa and Roumani 2016), las técnicas de análisis de datos (Davenport 2018), la experiencia del cliente para la generación de valor de los diferentes interesados (Bharadwaj et al. 2013 y Yuxi and Mengjie 2020) y el desarrollo de modelos

de negocio disruptivos (Mazzei and Noble 2017), así como los ecosistemas del negocio (Zahra and Nambisan 2012).

3.3. Generación de valor desde la estrategia de datos

Para la definición de generación de valor se tuvo en cuenta los trabajos realizados por Amit y Zott (2001), donde tal concepto se refiere a cualquier factor que mejore el valor total creado de la empresa, gracias a la adopción de una estrategia de datos, bien sea al capturar mayor valor del modelo de negocio actual o al crear un nuevo valor (Cappa et al. 2021).

Se encontraron cuatro posibles líneas de generación de valor en el negocio por el uso de la estrategia de datos (Elia et al. 2022; Ylijoki and Porras 2019): toma de decisiones, eficiencia operativa, innovación del producto/servicio e innovación del modelo de negocio. En la tabla 2 se describe cada una de ellas.

Categoría de generación	Referencia	Enfoque
Toma de decisiones	(Sharma, Mithas, and Kankanhalli 2014)(Morales Cardoso 2019)	Aquí argumentamos que, si bien hay alguna evidencia de que las inversiones en analítica pueden crear valor, la tesis de que "la analítica conduce al valor" necesita un análisis más profundo. En particular, consideramos que los roles de los procesos de toma de decisiones organizacionales, incluidos los procesos de asignación de recursos y los procesos de orquestación de recursos, deben analizarse mejor, para comprender cómo pueden crear valor las organizaciones a partir del uso de la analítica.
Eficiencia operativa	(Roden et al. 2017)	Exploramos cómo se puede utilizar el big data en diferentes sectores de las organizaciones líderes y examinamos las formas en que este concepto fomenta el cambio en los modelos operacionales de las organizaciones.
Innovación del producto o servicio	(Duan, Cao, and Edwards 2020)	Este trabajo tiene como objetivo abordar esta brecha mediante la investigación teórica y empírica de la relación entre la analítica y la innovación del producto o servicio.
Innovación del modelo de negocio	(Chen et al. 2011; Shollo et al. 2022)	La creciente disponibilidad de datos propios de la empresa, junto con los datos agregados o adquiridos públicamente, permite que el análisis se nutra de información, no solo sobre la empresa en sí, sino también entre empresas, industrias u organizaciones cruzadas. El impacto de dicho análisis es el que genera innovación en los modelos de negocio.

Tabla 2 – Categorías de generación de valor en una estrategia de datos

Teniendo como base las publicaciones de la Tabla 2, el valor en una organización se genera significativamente a través de la mejora en la toma de decisiones mediante el uso de datos, en contraste con las decisiones basadas únicamente en la experiencia. Además, el uso de datos optimiza la eficiencia operativa al mejorar los procesos operativos, superando a aquellos procesos que no utilizan datos para su optimización. La innovación de productos o servicios también se beneficia del uso de datos, ya que permite mejorar los productos o servicios actuales de la organización, en comparación

con el diseño que no incorpora datos. Finalmente, la innovación del modelo de negocio se potencia mediante el uso de datos, generando un valor añadido considerable para la organización.

Una de las propuestas de medición, que permite de una manera más simple, medir la generación de valor de la forma definida en las cuatro categorías expuestas anteriormente, es la propuesta por (Leavy 2020), donde mediante los experimentos empresariales se puede estimar el impacto del uso de los datos en cada categoría, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones. En un experimento ideal, los evaluadores separan una variable independiente (la supuesta causa) de una variable dependiente (el efecto observado) mientras mantienen constantes todas las demás causas potenciales. Luego manipulan a los primeros para estudiar los cambios en los segundos. La manipulación, seguida de una cuidadosa observación y análisis, permite comprender las relaciones entre causa y efecto, en este caso el uso o no de los datos y que idealmente pueden aplicarse y probarse en otros entornos (Leavy 2020). Para obtener ese tipo de aprendizaje (y garantizar que cada experimento produzca mejores decisiones) las empresas deben plantearse siete preguntas importantes: (1) ¿Tiene el experimento una hipótesis comprobable? (2) ¿Se han comprometido las partes interesadas a respetar los resultados? (3) ¿Es factible el experimento? (4) ¿Cómo podemos garantizar resultados fiables? (5) ¿Entendemos causa y efecto? (6) ¿Hemos obtenido el máximo valor del experimento? Y finalmente, (7) ¿Están realmente los experimentos impulsando nuestras decisiones? (Leavy 2020)

Hasta este punto, la revisión de la literatura permite limitar la medición de generación de valor a cuatro categorías, al darle prioridad a la problemática de la medición de impacto. Además, se encuentran propuestas de cómo medir ese impacto. Por otro lado, Ylijoki propone un proceso lineal de generación de valor, donde, en primer lugar, sugiere realizar las inversiones tecnológicas, para posteriormente crear los activos de datos; en seguida se generan capacidades de datos, para luego producir impactos en la organización, lo que finalmente se traduce en mejor desempeño en la compañía (Ylijoki and Porras 2019).

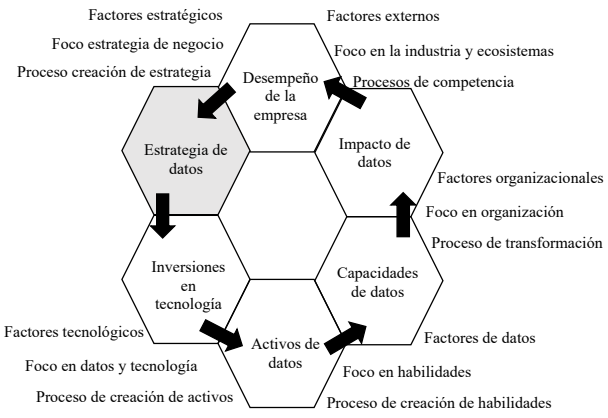


Figura 4 – Proceso de creación de valor con datos. Adaptación de (Ylijoki & Porras, 2019)

Se propone en este artículo un proceso no lineal, como se muestra en la Figura 4, en donde el inicio de la estrategia de datos se pueda dar por cualquier frente teniendo claro un marco de trabajo para hacerlo.

La adaptación que se propone del modelo de Ylijoki & Porras, se basa en iniciar la estrategia de datos de la organización por los factores en los cuales es más fuerte y no de manera lineal como lo proponen los autores, partiendo de las inversiones tecnológicas y llegando a el desempeño de la compañía.

3.4. Factores afectan la generación de valor de la estrategia de datos en las organizaciones

Se identificaron los factores que afectan la generación de valor en la estrategia de datos usada por Ylijoki and Porras (2019), tales como gerenciamiento de datos y tecnología (Alharthi, Krotov, and Bowman 2017), calidad de los datos (Merino et al. 2016), madurez en el uso del dato (Comuzzi and Patel 2016), cultura organizacional (Sandberg and Aarikka-Stenroos 2014), competencia (Weill and Woerner 2015), riesgos(Clarke 2016), regulación (Martin et al. 2019), privacidad (Newell and Marabelli 2015)y seguridad de los datos (Sullivan 2014). En la Tabla 3 se muestran los artículos de la revisión, donde se encontraron factores que afectan la generación de valor en la estrategia de datos.

Factor	Referencia	Enfoque
Gerenciamiento de datos y tecnología	(Alharthi et al. 2017)	'Este artículo presenta tácticas específicas que recomendamos para abordar las barreras del big data, las cuales implican cambios en la infraestructura tecnológica, un enfoque en la privacidad, la promoción del big data y el desarrollo de habilidades analíticas, así como la creación de una clara visión organizacional relacionada con el big data.'
Calidad de los datos	(Merino et al. 2016)	'Este libro explora el progreso realizado por la comunidad de integración de datos en los temas de alineación de esquemas, vinculación de registros y fusión de datos, para abordar los nuevos desafíos que enfrenta la apropiación del big data en las corporaciones'.
Madurez en el uso del dato	(Comuzzi and Patel 2016)	'El propósito de este trabajo es desarrollar un modelo de madurez para apoyar a las organizaciones en la realización del valor creado por el big data.'
Cultura organizacional	(Sandberg and Aarikka-Stenroos 2014)	'Las barreras radicales frente a la innovación (RI) son un fenómeno complejo en el que nuestra comprensión sigue siendo muy limitada. En dicho escenario, este estudio desarrolla una clasificación de barreras.'
Competencia	(Weill and Woerner 2015)	'El mundo de los negocios se digitaliza vertiginosamente, rompiendo las barreras de la industria y creando nuevas oportunidades, a la vez que destruye los modelos de negocio que eran exitosos desde hace mucho tiempo.'
Riesgos	(Clarke 2016)	'Sobre la base de una revisión de los factores de calidad en big data y 'big data analytics, este documento llama la atención sobre la responsabilidad moral y legal que tienen los investigadores y los profesionales de la informática para moderar su entusiasmo y aplicar verificaciones pertinentes a sus actividades promocionales.'

Factor	Referencia	Enfoque
Regulación	(Gómez, Cánovas, and Saura 2022; Martin et al. 2019)	'Estudiamos cómo la regulación en la protección de datos afecta la innovación de las *startups*, al explorar esta pregunta durante la introducción del curso del Reglamento General de Protección de Datos de la Unión Europea (GDPR). Nuestros resultados muestran que son complejos los efectos de regular la protección de datos en las *startups*, pues en forma simultánea se estimula y se restringe la innovación.'
Privacidad	(Newell and Marabelli 2015; Quach et al. 2022)	'Este artículo pretende arrojar luz sobre la tensión que existe entre las empresas (que perfilan cada vez más a sus clientes y personalizan los productos y servicios) y los individuos, quienes, como sugieren McAfee y Brynjolfsson (2012, p. 5), son "generadores de datos andantes", pero a menudo desconocen cómo se utilizan los datos que producen, quién los procesa y qué consecuencias implica ello.'
Seguridad de los datos	(Sullivan 2014)	'Este artículo considera los problemas planteados por la regulación de datos transfronterizos en el contexto de la computación en la nube, con un enfoque en la identidad de la transacción y otro en la información personal, lo que constituye la identidad digital de un individuo.'

Tabla 3 – Factores que afectan la generación de valor en una estrategia de datos

Teniendo como base las publicaciones de la Tabla 3, el gerenciamiento de datos y tecnología abarca factores críticos relacionados con la infraestructura tecnológica y el desarrollo de habilidades analíticas dentro de una organización. Esto incluye la implementación y mantenimiento de sistemas tecnológicos robustos, así como la capacitación del personal para desarrollar competencias en análisis de datos. Además, implica la creación de una visión compartida sobre el uso estratégico de los datos, permitiendo que toda la organización se alinee con los objetivos y beneficios potenciales que el manejo adecuado de la información puede aportar. La calidad de los datos es igualmente esencial, ya que estos son la materia prima de cualquier estrategia basada en datos. Para asegurar que los datos utilizados sean fiables y precisos, es necesario implementar controles rigurosos que garanticen su integridad, exactitud y relevancia, influenciando directamente en la eficacia de las decisiones y operaciones de la organización.

La madurez en el uso del dato se refiere al nivel de sofisticación y eficacia con el que una organización emplea los datos en sus operaciones y toma de decisiones. Una organización madura en el uso de datos no solo recoge y almacena información, sino que también la analiza de manera avanzada y la integra en todos los niveles de su estructura operativa, permitiendo ser más ágil y eficiente. La cultura organizacional es un factor determinante en la generación de valor a partir de una estrategia de datos. Esta categoría examina cómo los valores, creencias y prácticas dentro de la organización influyen en la aceptación y uso de datos. Una cultura organizacional que valora y promueve el uso de datos tiende a ser más innovadora y competitiva, fomentando una mentalidad basada en evidencia y mejora continua.

Los factores del entorno competitivo no solo afectan la estrategia de datos, sino también la estrategia general de la organización. La capacidad de una empresa para adaptarse y responder a las presiones del mercado mediante el uso de datos puede determinar su éxito o fracaso. Además, existen riesgos éticos y legales relacionados con la responsabilidad moral y legal que tienen las organizaciones en el uso de los datos y sus productos derivados, como la inteligencia artificial. La regulación de protección de datos e inteligencia artificial enmarcan los alcances de la estrategia de datos en diferentes geografías, asegurando que las prácticas sean conformes con las leyes locales e internacionales. La privacidad y la seguridad de los datos también son cruciales, ya que la claridad en el uso de los datos y el aseguramiento de estos en las diversas geografías, especialmente en tecnologías de nube, son fundamentales para mantener la confianza de los interesados y proteger la información sensible de posibles amenazas y vulnerabilidades.

Además de las cuatro categorías de generación de valor propuestas, la revisión sistemática de la literatura permitió identificar algunos factores que inciden en la generación de valor en una estrategia de datos, como los presentados en la Tabla 3. Adicionalmente, una propuesta de proceso de trabajo, como la que se muestra en la Figura 3.

3.5. Análisis generación de valor en la estrategia de datos en cuatro bancos en Colombia

3.5.1. Contexto empresarial

La Organización Empresarial Luis Carlos Sarmiento Angulo (OLCSA) destaca como uno de los principales conglomerados empresariales en Colombia, siendo el más grande entre ellos. Su líder es el empresario Luis Carlos Sarmiento Angulo.

Este grupo empresarial abarca diversas empresas e inversiones en sectores variados de la economía, como el financiero, agroindustria, energía y gas, infraestructura, hotelería, minería e industria, construcción e inmobiliario, así como medios de comunicación. La estructura operativa del grupo puede resultar compleja, ya que gestiona inversiones, acciones y valores a través de diferentes holdings empresariales.

El más destacado es Grupo Aval Acciones y Valores S.A., constituido en 1994, con sede en Bogotá, D.C. Este holding es propietario principalmente de acciones en instituciones financieras, siendo su objetivo central la inversión en estas. A través de Grupo Aval Acciones y Valores S.A., se ejerce control sobre la Corporación Financiera Colombiana (Corficolombiana), que engloba a más de 27 empresas en diversos sectores económicos. Operando como grupo en más de 10 países.

El Grupo Aval tiene presencia en áreas como banca, seguros, pensiones, leasing, y actividades relacionadas con el mercado de capitales. Las principales entidades financieras que forman parte del Grupo Aval incluyen:

Banco de Bogotá: Es uno de los bancos más antiguos de Colombia y forma parte del Grupo Aval desde la década de 1990. Ofrece una amplia gama de servicios financieros, incluyendo cuentas de ahorro, créditos, servicios de inversión, entre otros.

Banco de Occidente: También es uno de los bancos más antiguos en Colombia y ofrece servicios bancarios similares al Banco de Bogotá, principalmente en el segmento empresarial. Forma parte del Grupo Aval desde la década de 1990.

Banco AV Villas: Este banco se enfoca principalmente en productos y servicios dirigidos a la población de ingresos medios y bajos en Colombia. Ofrece una variedad de productos financieros, incluyendo cuentas de ahorro, créditos y servicios de inversión.

Banco Popular: Se centra en el segmento de jubilados. Ofrece servicios como cuentas corrientes, créditos y libranzas.

Los casos estudiados se enmarcan en estos cuatro bancos en Colombia.

3.5.2. Descripción estrategia de datos del Grupo Aval

Teniendo en cuenta la definición de estrategia de datos presentada en la sección 3.2, que se plantea como un plan en la organización que considera temas relacionados con los objetivos del negocio, los datos, las tecnologías, las técnicas de análisis de datos, la experiencia del cliente para la generación de valor de los diferentes interesados y el desarrollo de modelos de negocio disruptivos, así como ecosistemas del negocio, se describe bajo estos criterios la estrategia de datos.

En lo referente a los objetivos de negocio que el grupo considera en su estrategia de datos, está en primer lugar enfocado en la mejora de la toma de decisiones en las organizaciones(58% de los casos de estudio, ver tabla 5), con problemáticas como: la fuga de clientes, bajo uso de los productos de crédito, adquisición de clientes nuevos y profundización de los clientes actuales. En segundo lugar la mejora de la eficiencia operacional (30% de los casos de estudio, ver tabla 5) , con problemáticas como: cobranzas, fraude y originación de productos de crédito.

A nivel datos, tecnología y análisis de datos el grupo desarrolló una plataforma de datos llamada Augusta, en donde se almacenan los datos de los cuatro bancos, se transforman, refinan, analizan y se exponen los datos para su consumo por otras tecnologías o personas. Ver figura 5.

A nivel de la experiencia del cliente hacen parte integral de la búsqueda de soluciones a los problemas empresariales las áreas de negocio que tienen un conocimiento profundo de los clientes de las diferentes organizaciones; por ejemplo en una problemática de deserción de clientes en un producto o segmento específico hacen parte del proyecto el encargado del producto o segmento dentro de las organizaciones.

Finalmente a nivel de generación de valor teniendo en cuenta la adaptación realizada sobre la definición de Amit, Zott y Cappa, donde tal concepto se refiere a cualquier factor que mejore el valor total creado de la empresa, gracias a la adopción de una estrategia de datos, bien sea al capturar mayor valor del modelo de negocio actual o al crear un nuevo valor.

Bajo esta definición de valor el Grupo Aval realiza experimentos de negocio que buscan determinar si las diferentes iniciativas de la estrategia de datos generan o no una mejora sobre la toma de decisiones o la operación del negocio.

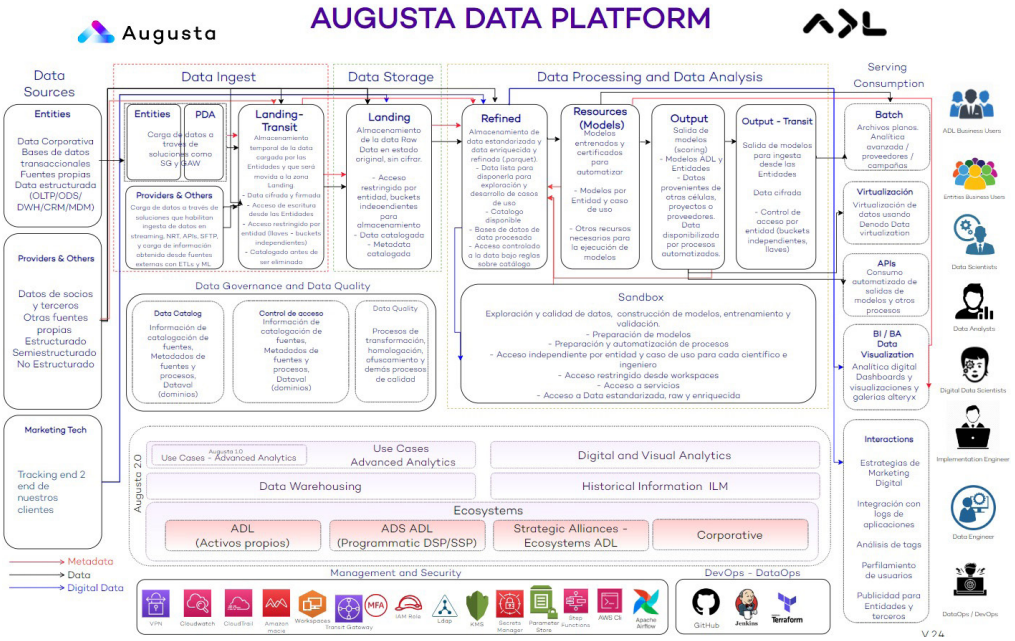


Figura 5 – Arquitectura conceptual plataforma de datos Augusta.
Fuente Aval Digital Labs – ADL Digital Lab

El experimento presentado en la Tabla 4 muestra una de las problemáticas de negocio que se usaron para el análisis de los casos del Grupo Aval. En ese ejemplo se advierte cómo la solución a la problemática de negocio mediante lo componentes de la estrategia de datos genera un 7% más de recuperación de cartera frente al proceso tradicional del banco, lo que supone un impacto estimado de un millón de dólares al año

Categoría de generación de valor	**Eficiencia operacional**
Caso de uso	Cobranzas de cartera castigada
Problema del negocio	Baja productividad del equipo de cobranzas
Solución propuesta	Utilizar algoritmos para detectar a los clientes que tienen mayor probabilidad de aceptar la oferta para normalizar su deuda
Variable a explicar	Porcentaje de clientes que aceptan la oferta para normalizar su deuda
Diseño de muestra	Del total de clientes con cartera castigada se asigna la selección del algoritmo de manera aleatoria a 400 de ellos, con un margen de error del 5% y una confianza del 95%
Resultados y generación de valor	Al comparar los resultados con la gestión tradicional del equipo de cobranzas, durante el primer mes, se logró un 7% de recuperación adicional en la muestra seleccionada. El impacto anual estimado supera los tres mil millones de pesos

Tabla 4 – Ejemplo de diseño de experimento realizado para la medición de valor

3.5.3. Descripción de los casos estudiados en cuatro bancos en Colombia

El grupo a buscado solucionar 91 problemáticas de negocio en los 4 años de despliegue de la estrategia de datos (2020 - 2023), sin embargo en este caso al estudiar Colombia y el sector bancario buscando hacer más comparables las problemáticas de negocio para este artículo, se llega a 43 casos.

Tipología Caso	Eficiencia operacional	Innovación de producto o servicio	Toma de decisiones	Total general
Anti fraude	2			2
Cobranzas	9			9
Democratización		5		5
Fuga de Clientes			5	5
Nex Best Action			9	9
Originación	2		3	5
Uso de productos			8	8
Total general	13	5	25	43

Tabla 5 – Categorización de problemáticas de negocio por categoría de captura de valor (ver tabla 2) y tipologías de negocio.

Al analizar los 43 casos de estudio se evidenció que el 58% de los casos están en la categoría de generación de valor de toma de decisiones y el 30% en eficiencia operacional, asi el 88% de los casos están próximos al core del negocio.

De las categorías de negocio, principalmente se enfocan en cobranzas, busca mejorar el desempeño de la cobranza en diferentes niveles de mora, next best action (NBA), que busca mejorar las recomendaciones de acciones a los clientes y uso en donde se busca mejorar el uso de los productos actuales de los clientes. Los casos de democratización de los datos no serán tenidos en cuenta para este análisis quedando con 38 casos para el resto de los resultados, esto porque no se puede evaluar la generación de valor como se planteó anteriormente, sobre la mejora de una línea base para el negocio.

Para poder hacer comparables los casos desde su inicio hasta la captura de valor este análisis de realiza con 20 casos de los 38, encontrando que la duración media de la construcción de etas soluciones de datos esta entre 8 y 33 meses, siendo las soluciones antifraude las que consumen mayor tiempo, sin embargo las otras categorías de negocio oscilan entre 8 y 12 meses . Adicional se encuentran variaciones importantes dentro de las categorías como por ejemplo en originación pueden haber casos que tomen 4 meses como otros hasta 36 meses, evidenciando esto que a pesar que son problemáticas de negocio similares existen factores que afectan el tiempo de construcción de las soluciones.

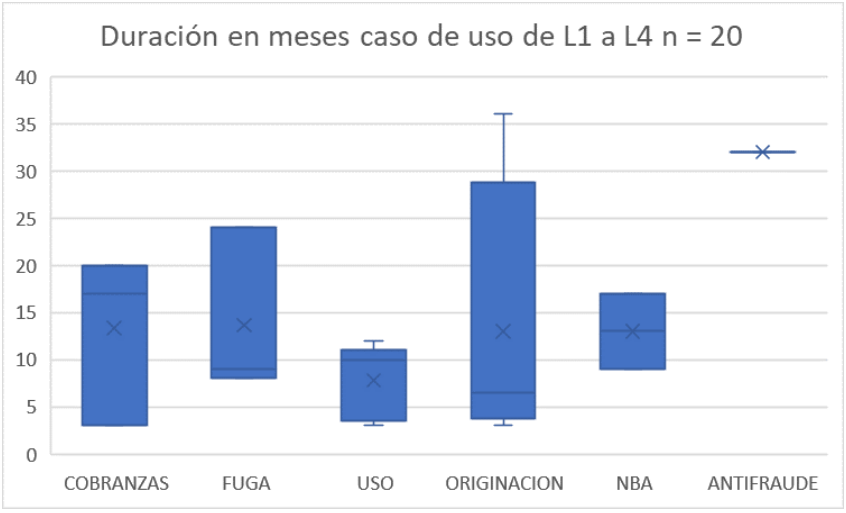


Figura 6 – Duración meses promedio de los casos de uso que buscan resolver las problemáticas de negocio, en las mismas condiciones de generación de valor

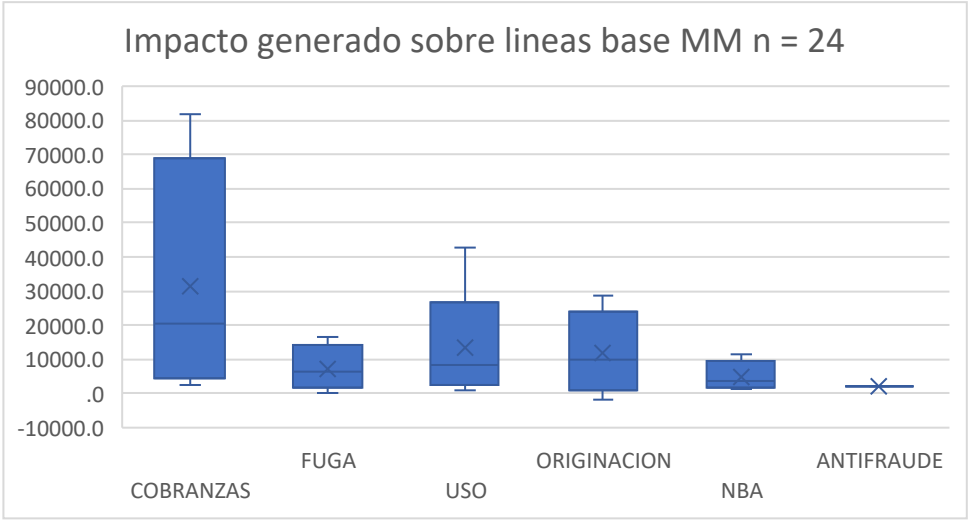


Figura 7 – Impacto generado en mejora sobre línea base de negocio

Para este análisis se cuenta con información comparable de 24 caso de los 38 , analizando en impacto generado se puede ver que los casos de cobranza son los de mayor impacto, mientras que los casos antifraude asi como son lo de mayor tiempo de ejecución son los de menor impacto.

BANCO 1	BANCO 2	BANCO 3	BANCO 4
30 MESES	5 MESES	20 MESES	9 MESES

Tabla 6 – Número promedio de meses desde el lanzamiento de la solución de datos hasta el inicio de la capura de valor

Analizando la duración promedio de los casos estudiados por entidad se puede ver variación entre los bancos, en donde en promedio un banco ejecuta casos de inicio a fin en 5 meses mientras que otro en promedio 30 meses . Sin irnos a los extremos el mejor banco en velocidad de ejecución casi duplica al segundo banco. Analizando las figuras 5 y 6 la tabla 6 se puede generar la hipótesis que existen en el grupo Aval factores asociados a las problemáticas de negocio y los bancos que afectan la generación de valor de la estrategia de datos, punto que se contrastara con la revisión de literatura más adelante.

3.5.4. Factores encontrados en la literatura y contraste con el grupo

Tomando como base los factores encontrados en la literatura y que se explican en la tabla 3, realizó la tabla 7 comparando los cuatro bancos en estudio

Factores Revisión de la literatura	Banco 1	Banco 2	Banco 3	Banco 4
Gerenciamiento de datos y tecnología	=	=	=	=
Calidad de los datos	+	-	-	+
Madurez en el uso del dato	+	-	+	+
Cultura organizacional	+	-	+	-
Competencia	=	=	=	=
Riesgos	=	=	=	=
Regulación	=	=	=	=
Privacidad	=	=	=	=
Seguridad de los datos	=	=	=	=
Duración promedio de caso por banco	**30 meses**	**5 meses**	**20 meses**	**9 meses**
Generación de Valor	**14%**	**32%**	**20%**	**34%**

Tabla 7 – Factores que afectan la generación de valor por banco.
(= Nivel de afectación, + Nivel de Afectación - Nivel de afectación)

Teniendo en cuenta los nueve factores encontrados en la literatura y los cuatro bancos en estudio, al tener afectación diferencial en los factores de calidad de datos, madurez del uso del dato, y cultura organizacional y resultados diferentes en duración y captura de valor se puede concluir que estos factores si están afectando la ejecución y los resultados de la estrategia de datos del grupo

3.6. Desafíos investigativos

Los trabajos futuros y desafíos encontrados fueron:

- No existe un consenso en la literatura sobre la definición de estrategia de datos
- Si bien existen metodologías para la medición de valor no se encuentra claramente la influencia de los factores identificados sobre este
- Determinar en la práctica si existen factores adicionales que influencien la generación de valor
- Realizar el ejercicio cualitativo de influencia de cada uno de los factores expuestos en la tabla 3 , en deferentes industrias y diferentes geografías
- Proponer una mezcla optima de factores para maximizar la captura de valor mediante la estrategia de datos en las organizaciones

4. Discusión

Observando el creciente número de publicaciones respecto a la generación de valor para las compañías mediante la implementación de estrategias de datos, se puede determinar que existe un interés significativo por parte de la academia en este tema. A lo largo de esta investigación, se identificaron cuatro categorías principales de generación de valor y nueve categorías de factores que afectan este proceso. Esta sección se centrará en proporcionar una discusión crítica sobre las implicaciones de estos hallazgos, contrastando con el caso del Grupo Aval.

No existe un consenso claro en la literatura sobre la definición de estrategia de datos, lo cual se abordó en este trabajo al proponer una definición basada en la teoría. La estrategia de datos se define como un plan organizacional que considera los objetivos del negocio, los datos, las tecnologías, las técnicas de análisis de datos, la experiencia del cliente y el desarrollo de modelos de negocio disruptivos, así como los ecosistemas del negocio.

Profundizando en las cuatro categorías de generación de valor encontradas en la literatura, se observa que la implementación de análisis de datos permite decisiones más informadas y rápidas. Sin embargo, la dependencia excesiva de datos sin considerar el contexto puede llevar a decisiones subóptimas. Es crucial balancear el uso de datos con la intuición y experiencia del liderazgo. La eficiencia operativa mejorada puede resultar en una reducción significativa de costos y tiempos de operación. No obstante, la implementación de sistemas de datos robustos requiere inversiones sustanciales iniciales y un cambio cultural hacia una mentalidad de mejora continua. La capacidad de innovar productos basados en datos puede ofrecer una ventaja competitiva significativa. Sin embargo, esto también plantea desafíos en la gestión de datos y la necesidad de proteger la propiedad intelectual y la privacidad del cliente. Transformar modelos de negocio tradicionales a modelos impulsados por datos puede ser disruptivo y ofrecer nuevas oportunidades de mercado. Pero también requiere una reevaluación constante de la estrategia y adaptabilidad a los cambios rápidos en el entorno tecnológico y del mercado.

En lo relacionado con los factores encontrados en la literatura, las organizaciones deben invertir en tecnologías avanzadas y en la capacitación del personal. Sin embargo, estas inversiones deben alinearse con una visión estratégica clara para evitar gastos innecesarios y asegurar la cohesión organizacional. Los datos de alta calidad son esenciales para obtener insights precisos. La falta de calidad en los datos puede llevar a decisiones

equivocadas y costosas. Por lo tanto, es fundamental implementar controles rigurosos y procesos de limpieza de datos continuos. Las organizaciones con alta madurez en el uso de datos son más ágiles y eficientes. Sin embargo, alcanzar esta madurez requiere un cambio cultural significativo y un compromiso a largo plazo con la formación y el desarrollo de habilidades analíticas. Transformar la cultura organizacional para que valore los datos puede enfrentar resistencia interna. Es crucial que el liderazgo modele el comportamiento esperado y que se implementen programas de cambio cultural para facilitar esta transición.

La adaptabilidad es clave para mantener la competitividad en un mercado dinámico. Las empresas deben estar dispuestas a revisar y ajustar continuamente sus estrategias de datos para responder a las nuevas amenazas y oportunidades del mercado. La implementación de una estrategia de datos debe considerar las implicaciones éticas y legales. Las organizaciones deben establecer políticas claras y transparentes sobre el uso de datos para mantener la confianza de los stakeholders y cumplir con las regulaciones vigentes.

El análisis de los casos del Grupo Aval muestra que la duración y el impacto de las iniciativas de datos varían significativamente entre los bancos del grupo, lo que sugiere la influencia de factores como la calidad de los datos, la madurez en el uso del dato y la cultura organizacional. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de abordar estos factores de manera integral para maximizar la generación de valor en una estrategia de datos. La variación en la duración de los proyectos (de 5 a 30 meses) indica diferencias en la eficiencia operativa y la madurez en el uso del dato entre los bancos del grupo. Los casos de cobranzas mostraron el mayor impacto, mientras que los casos de antifraude, aunque consumieron más tiempo, tuvieron un menor impacto.

En conclusión, las organizaciones deben considerar una combinación óptima de factores internos y externos para maximizar la generación de valor mediante una estrategia de datos. La implementación exitosa de una estrategia de datos requiere no solo inversiones tecnológicas, sino también cambios culturales y organizacionales profundos, junto con una gestión adecuada de la calidad y seguridad de los datos.

Referencias

Alharthi, Abdulkhaliq, Vlad Krotov, and Michael Bowman. 2017. “Addressing Barriers to Big Data.” *Business Horizons* 60(3). doi: 10.1016/j.bushor.2017.01.002.

Amit, Raphael, and Christoph Zott. 2001. “Value Creation in E-Business.” *Strategic Management Journal* 22(6–7). doi: 10.1002/smj.187.

Bharadwaj, Anandhi, Omar A. El Sawy, Paul A. Pavlou, and N. Venkatraman. 2013. “Digital Business Strategy: Toward a next Generation of Insights.” *MIS Quarterly: Management Information Systems* 37(2). doi: 10.25300/MISQ/2013/37:2.3.

Cappa, Francesco, Raffaele Oriani, Enzo Peruffo, and Ian McCarthy. 2021. “Big Data for Creating and Capturing Value in the Digitalized Environment: Unpacking the Effects of Volume, Variety, and Veracity on Firm Performance*.” *Journal of Product Innovation Management* 38(1). doi: 10.1111/jpim.12545.

Charpentier, Arthur. 2020. “Big Data , GAFA et Assurance .” *Annales Des Mines - Réalités Industrielles* Février2020(1). doi: 10.3917/rindu1.201.0053.

Chen, Ying, Jeffrey Kreulen, Murray Campbell, and Carl Abrams. 2011. “Analytics Ecosystem Transformation: A Force for Business Model Innovation.” in *Proceedings - 2011 Annual SRII Global Conference, SRII 2011*.

Clarke, Roger. 2016. “Big Data, Big Risks.” *Information Systems Journal* 26(1). doi: 10.1111/isj.12088.

Comuzzi, Marco, and Anit Patel. 2016. “How Organisations Leverage: Big Data: A Maturity Model.” *Industrial Management and Data Systems* 116(8). doi: 10.1108/IMDS-12-2015-0495.

Davenport, Thomas H. 2018. “From Analytics to Artificial Intelligence.” *Journal of Business Analytics* 1(2). doi: 10.1080/2573234X.2018.1543535.

Davenport, Thomas H., Paul Barth, and Randy Bean. 2012. “How ‘big Data’ Is Different.” *MIT Sloan Management Review* 54(1).

Duan, Yanqing, Guangming Cao, and John S. Edwards. 2020. “Understanding the Impact of Business Analytics on Innovation.” *European Journal of Operational Research* 281(3). doi: 10.1016/j.ejor.2018.06.021.

Elia, G., E. Raguseo, G. Solazzo, and F. Pigni. 2022. “Strategic Business Value from Big Data Analytics: An Empirical Analysis of the Mediating Effects of Value Creation Mechanisms.” *Information and Management* 59(8). doi: 10.1016/j.im.2022.103701.

Ellström, Daniel, Johan Holtstrom, Emma Berg, and Cecilia Johansson. 2021. “Dynamic Capabilities for Digital Transformation.” *Journal of Strategy and Management*. doi: 10.1108/JSMA-04-2021-0089.

Fitzgerald, Michael, Nina Kruschwitz, Didier Bonnet, and Michael Welch. 2013. “Embracing Digital Technology: A New Strategic Imperative | Capgemini Consulting Worldwide.” *MIT Sloan Management Review* 55(1).

’Gallego, Juan’ “Giraldo, Liliana” “Aguilar, Luis.” 2021. “El Valor Del Dato y La Generación de Valor Para Las Organizaciones.” *Risti* E43:116–26.

Gómez, Y., A. Cánovas, and A. C. Saura. 2022. “Trusted Smart Statistics and the Need for New Ethical Principles.” *Statistical Journal of the IAOS* 39(1):47–53. doi: 10.3233/SJI-220114.

Hess, Thomas, Christian Matt, Alexander Benlian, and Florian Wiesböck. 2019. “Options for Formulating a Digital Transformation Strategy.” *MIS Quarterly E* 15(2).

Kitchenham, Barbara. 2004. “Procedures for Performing Systematic Reviews Barbara Kitchenham.” *Annals of Saudi Medicine* 37(1).

Lycett, Mark. 2013. “‘Datafication’: Making Sense of (Big) Data in a Complex World.” *European Journal of Information Systems* 22(4).

Martin, Nicholas, Christian Matt, Crispin Niebel, and Knut Blind. 2019. "How Data Protection Regulation Affects Startup Innovation." *Information Systems Frontiers* 21(6). doi: 10.1007/s10796-019-09974-2.

Mazzei, Matthew J., and David Noble. 2017. "Big Data Dreams: A Framework for Corporate Strategy." *Business Horizons* 60(3). doi: 10.1016/j.bushor.2017.01.010.

Merino, Jorge, Ismael Caballero, Bibiano Rivas, Manuel Serrano, and Mario Piattini. 2016. "A Data Quality in Use Model for Big Data." *Future Generation Computer Systems* 63. doi: 10.1016/j.future.2015.11.024.

Morales Cardoso, Santiago Leonardo. 2019. "Metodología Para Procesos de Inteligencia de Negocios Con Mejoras En La Extracción y Transformación de Fuentes de Datos, Orientado a La Toma de Decisiones." *Risti* 2(12).

Newell, Sue, and Marco Marabelli. 2015. "Strategic Opportunities (and Challenges) of Algorithmic Decision-Making: A Call for Action on the Long-Term Societal Effects of 'Datification.'" *Journal of Strategic Information Systems* 24(1). doi: 10.1016/j.jsis.2015.02.001.

Nwankpa, Joseph K., and Yaman Roumani. 2016. "IT Capability and Digital Transformation: A Firm Performance Perspective." in *2016 International Conference on Information Systems, ICIS 2016*.

Quach, S., P. Thaichon, K. D. Martin, S. Weaven, and R. W. Palmatier. 2022. "Digital Technologies: Tensions in Privacy and Data." *Journal of the Academy of Marketing Science* 50(6):1299–1323. doi: 10.1007/s11747-022-00845-y.

Roden, S., A. Nucciarelli, F. Li, and G. Graham. 2017. "Big Data and the Transformation of Operations Models: A Framework and a New Research Agenda." *Production Planning and Control* 28(11–12). doi: 10.1080/09537287.2017.1336792.

Sandberg, Birgitta, and Leena Aarikka-Stenroos. 2014. "What Makes It so Difficult? A Systematic Review on Barriers to Radical Innovation." *Industrial Marketing Management* 43(8). doi: 10.1016/j.indmarman.2014.08.003.

Schoemaker, Paul J. H., Sohvi Heaton, and David Teece. 2018. "Innovation, Dynamic Capabilities, and Leadership." *California Management Review* 61(1). doi: 10.1177/0008125618790246.

Sharma, Rajeev, Sunil Mithas, and Atreyi Kankanhalli. 2014. "Transforming Decision-Making Processes: A Research Agenda for Understanding the Impact of Business Analytics on Organisations." *European Journal of Information Systems* 23(4).

Shollo, A., K. Hopf, T. Thiess, and O. Müller. 2022. "Shifting ML Value Creation Mechanisms: A Process Model of ML Value Creation." *Journal of Strategic Information Systems* 31(3). doi: 10.1016/j.jsis.2022.101734.

Sullivan, Clare. 2014. "Protecting Digital Identity in the Cloud: Regulating Cross Border Data Disclosure." *Computer Law and Security Review* 30(2). doi: 10.1016/j.clsr.2014.01.004.

Vial, Gregory. 2019. “Understanding Digital Transformation: A Review and a Research Agenda.” *Journal of Strategic Information Systems* 28(2).

Weill, Peter, and Stephanie L. Woerner. 2015. “Thriving in an Increasingly Digital Ecosystem.” *MIT Sloan Management Review* 56(4).

Ylijoki, Ossi, and Jari Porras. 2019. “A Recipe for Big Data Value Creation.” *Business Process Management Journal* 25(5). doi: 10.1108/BPMJ-03-2018-0082.

Yuxi, Zhang, and Shi Mengjie. 2020. “Research on Data-Driven Business Model Innovation.”

Zahra, Shaker A., and Satish Nambisan. 2012. “Entrepreneurship and Strategic Thinking in Business Ecosystems.” *Business Horizons* 55(3). doi: 10.1016/j.bushor.2011.12.004.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 06/02/2024
Aceitação/Acceptance: 18/05/2024

Impulsionando a inovação pedagógica e o empreendedorismo no ensino superior: o contributo de dois projetos de cocriação no Instituto Politécnico de Viseu

Susana Amante[1], Rosina Fernandes[2]

susanamante@estgv.ipv.pt; rosina@esev.ipv.pt

[1] Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, IPV, CI&DEI, Campus Politécnico, 3504-510 Viseu

[2] Escola Superior de Educação de Viseu, IPV, CI&DEI, Rua Maximiano Aragão 3504-501 Viseu

Pages: 158-170

Resumo: A educação para o empreendedorismo no ensino superior implica saberes de distintas áreas disciplinares e a construção e aplicação de *hard* e *soft skills*. Pretendemos apresentar dois projetos complementares – 'Aprendizagem com base em processos de cocriação' (POCH-04-5267-FSE-000818) e Link Me Up – 1000 Ideias (POCI-03-33B5-FSE-072070) – do Instituto Politécnico de Viseu, integrados num Consórcio de 13 Politécnicos e enquadrados na Demola Portugal Initiative. Estes projetos visam capacitar docentes do ensino profissional e superior politécnico, bem como estudantes de equipas multidisciplinares e multiculturais para promover uma cultura empreendedora, facilitando a ligação entre a academia e a indústria. Neste artigo, centrar-nos-emos em ferramentas *online* de formação, competências de facilitação e aprendizagem decorrente da implementação dos projetos, com base em dados como questionários, relatórios, resolução de tarefas e testemunhos. Concluiremos referindo a importância da promoção de experiências de empreendedorismo no ensino superior, por contribuírem para a criação de emprego, desenvolvimento económico e criação de valor social para o bem público comum.

Palavras-chave: educação para o empreendedorismo; Demola Portugal Initiative; cocriação; academia-indústria

Fostering Pedagogical Innovation and Entrepreneurship in Higher Education: The Contribution of Two Co-Creation Projects at the Polytechnic Institute of Viseu

Abstract: Education for entrepreneurship in higher education involves knowledge from different disciplinary fields and the development and application of hard and soft skills. We intend to present two complementary projects – 'Learning based on co-creation processes' (POCH-04-5267-FSE-000818) and Link Me Up – 1000 Ideas (POCI-03-33B5-FSE-072070) – running at the Polytechnic Institute of Viseu, integrated into a Consortium of 13 Polytechnic Institutions, and framed within the

Demola Portugal Initiative. These projects aim to empower vocational and higher education teachers, as well as students from multidisciplinary and multicultural teams to promote an entrepreneurial culture, facilitating the connection between academia and industry. In this article, we will focus on online training tools, facilitation skills, and learning outcomes from project implementation, based on data such as questionnaires, reports, task completion, and testimonials. We will conclude by emphasising the importance of promoting entrepreneurial experiences in higher education, as they contribute to job creation, economic development, and the creation of social value for the common good.

Keywords: entrepreneurship education; Demola Portugal Initiative; co-creation; academia-industry

1. Introdução

O conceito de Educação para o Empreendedorismo ganhou recentemente destaque, fruto da necessidade de acompanhar os avanços científicos e tecnológicos, que, inevitavelmente, acarretam mudanças sociais, económicas e educativas. A "Estratégia de Lisboa", "um ambicioso programa de reformas, intitulado Programa Nacional de Ação para o Crescimento e o Emprego (PNACE 2005/2008)" (Gabinete do Coordenador Nacional da Estratégia de Lisboa e do Plano Tecnológico, 2008, p.3) previa a criação de uma sociedade do conhecimento competitiva e caracterizada por um crescimento económico sustentável, capaz de gerar emprego e reforçar a coesão social. Contudo, os resultados de execução ficaram aquém do expetável e, por conseguinte, tornou-se necessária uma redefinição das suas prioridades para 2020, sintetizadas por Costa e Carvalho (2011, p. 104), e que preveem:

1. Criação de valor baseado no crescimento do conhecimento suportado na inovação;
2. Desenvolvimento das pessoas e a sua inclusão na sociedade através da aquisição de novas competências, desenvolvendo o empreendedorismo e promovendo a flexibilidade do mercado de trabalho;
3. Criação de uma economia competitiva, em rede e ambientalmente responsável, aumentando a produtividade e gastando menos recursos.

O desenvolvimento de competências de empreendedorismo assume-se, pois, como de extrema importância para o acesso ao mercado de trabalho e o caminho rumo à inovação e a uma economia mais dinâmica e responsável.

O Ensino Superior deverá estar alinhado com estes eixos prioritários e promover uma Educação para o Empreendedorismo, mesmo em áreas que não se encontrem tradicionalmente associadas à gestão e indústria. Sabe-se hoje que o empreendedorismo está relacionado com saberes de distintas áreas disciplinares, uma vez que ser-se, ou tornar-se, empreendedor implica a construção e aplicação de um conjunto de *hard* e *soft skills* necessário em qualquer domínio (Amante et al., 2021; Fernandes et al., 2021; Mónico et al., 2021; Scarborough & Cornwall, 2018).

Com vista à promoção de um mundo economicamente mais próspero, mas também sustentável, inclusivo e com soluções inovadoras, o Ensino Superior tem-se encarregado de uma terceira missão (Third Mission), para além do ensino e da investigação, que passa

pela produção, aplicação e exploração de conhecimento partilhado com outros meios que não apenas o académico. A este propósito, Shore e McLauchlan (2012) relatam que o aumento de atividades associadas a esta Third Mission na Nova Zelândia, Austrália e Reino Unido, de entre outros países, é impulsionado por políticas de financiamento governamentais, que se alinham com o discurso que defende que o Ensino Superior deve estar recetivo às necessidades da sociedade em geral, nomeadamente a nível da indústria e do comércio.

Portugal não é exceção a esta tendência e, como procuraremos descrever nas próximas seções deste artigo, tem vindo a promover ações que visam a formação de docentes em metodologias inovadoras e em programas que as implementam no terreno.

Assim, nas próximas páginas, pretendemos dar a conhecer um estudo de caso sobre dois projetos complementares – 'Aprendizagem com base em processos de cocriação' (POCH-04-5267-FSE-000818) e Link Me Up – 1000 Ideias (POCI-03-33B5-FSE-072070) – que decorreram entre 2021 e 2023 no Instituto Politécnico de Viseu (IPV), integrados num Consórcio de 13 Politécnicos, em articulação com a empresa finlandesa Demola Global, enquadrados no programa Demola Portugal Initiative. Procuraremos discutir as ferramentas *online* e plataformas que foram usadas na formação ministrada pela consultora Demola aos docentes do ensino profissional e superior politécnico, bem como as competências que os formandos adquiriram na qualidade de facilitadores de processos de cocriação. Refletiremos, ainda, acerca das competências desenvolvidas pelos estudantes das equipas multidisciplinares e multiculturais que se candidataram aos desafios propostos por empresas e organizações da comunidade, sobretudo da região de Viseu. Para o efeito, recorreremos a elementos da formação e outros dados recolhidos na fase de implementação, como questionários, relatórios, resolução de tarefas (ex.: mapas mentais, PESTLE, ...) e testemunhos.

2. Aprendizagem com base em processos de cocriação (POCH-04-5267-FSE-000818)

> "One of models for science-business integration was suggested in 2008 in Finland. The work on the creation of an international network Demola [Demola Network (2015)] was carried out with the participation of the municipality, Nokia Corporation, and University of Applied Sciences in Tampere." (Mironova et al., 2019, p. 242)

O projeto "Aprendizagem com base em processos de cocriação" iniciou-se formalmente em janeiro de 2021, organizado e concretizado por uma rede de 14 parceiros de Institutos Politécnicos nacionais, após candidatura ao Aviso n.º POCH-67-2019-12, no âmbito da formação contínua de docentes e outros agentes de educação e formação. No Instituto Politécnico de Viseu, este projeto, com Ref.ª POCH-04-5267-FSE-000818, previa a formação de 48 docentes das respetivas unidades orgânicas – Escola Superior Agrária, Escola Superior de Educação, Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Lamego, Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu e Escola Superior de Saúde de Viseu – e 12 do ensino profissional, ao longo de seis ações (setembro 2021 a junho 2023). No Instituto Politécnico de Viseu, a formação decorreu à terça-feira, quase exclusivamente em regime a distância na primeira ação, em virtude da situação pandémica, muito embora as seis

ações tivessem inicialmente sido previstas em modalidade de *blended-learning*. Cada ação contou com 192 horas síncronas, ministradas por formadores da Demola Global e do Instituto Politécnico de Bragança, e 154 horas assíncronas, correspondentes a trabalhos desenvolvidos de forma autónoma, somando um total de 344 horas (Instituto Politécnico de Viseu, 2021a). De notar que, como as sessões foram sobretudo *online*, via Microsoft Teams, a criação de sinergias e *networking* foi concretizada por meio de *bootcamps* e *workshops*, assim como pelo recurso a outras estratégias, consideradas muito positivas, tais como a criação de salas paralelas para discussão, em pequenos grupos, dos desafios desenhados pelos formandos de diferentes institutos politécnicos do consórcio, em articulação com os responsáveis pelas entidades parceiras. Igualmente valorizado foi o momento de partilha que se verificou aquando das visitas das equipas às entidades e os encontros, virtuais ou em presença, nos quais os especialistas contribuíram para uma visão mais informada e integrada do problema em análise por cada grupo.

Ciente da importância da ligação entre a academia, as empresas do tecido regional e os municípios, como se alude na epígrafe que abre esta secção, a consultora finlandesa apresentou o programa de formação, no início de cada ação, e imediatamente convidou os formandos a dar os primeiros passos para se encetar o diálogo com organizações da sua área de interesse, a fim de se desenhar o desafio a ser trabalhado. Aquando da explanação do *modus operandi* do projeto Link Me Up – 1000 Ideias, centrar-nos-emos nas diferentes fases do processo de cocriação, mas importa, desde já, referir que o processo de facilitação e o recurso a ferramentas *online* de exploração de cenários futuros correspondiam a conteúdos da formação.

No que respeita às ferramentas, verificou-se o recurso a várias, que permitiram o entendimento e definição do contexto do desafio, a ideação e prototipagem rápida. Por exemplo, os formandos tomaram contacto com plataformas colaborativas de brainstorming, como o Miro (https://miro.com/pt/), que foi testado em sessões de formação com os pares e, depois, explicado e explorado com as equipas de alunos, enquanto facilitadores, em tarefas como o 'mapa mental pessoal', a 'análise PESTLE', e, entre outras, até mesmo na 'identificação de *stakeholders*', 'diagramas de afinidade' e em processos de 'ideação'. Para os 'protótipos de baixa fidelidade', no caso dos formandos que facilitaram desafios com soluções menos descritivas e mais orientadas para a modelagem, foram exploradas outras plataformas, como a Marvel (https://marvelapp.com) e o Canva (https://www.canva.com). Durante as 8 e 10 semanas de facilitação, os formandos/facilitadores guiaram os formandos/estudantes na aplicação de questionários e na condução de entrevistas, de entre múltiplas outras tarefas, que culminaram na elaboração de um relatório/portefólio e de um vídeo de apresentação de todo o processo num *pitch*, para as equipas que o desejaram.

Foi fundamental para os formandos/facilitadores e para as equipas de alunos entenderem os utilizadores finais como centrais no processo de *design* e cocriação, pois, dessa forma, as empresas aproximam-se dos clientes e das suas verdadeiras necessidades. Como Costa et al. (2021:874) referem, "[t]his is operationalized in a co-creative customer experience, where the customer is actively involved and contributing in some way in the design, delivery, and creation of the customer experience." Para a academia, o trabalho em casos reais permite a transferência de conhecimento para além dos muros das instituições do Ensino Superior e a mediação entre este universo e o mercado de trabalho. Os facilitadores não orientam os alunos a investigar apenas; durante a formação, eles

aprendem que os alunos são talentos que fazem uso da cultura de User Experience (UX) Design (Hassenzahl, 2008; Verhulsdonck et al., 2021) e que podem contribuir de forma significativa e ativa para projetar cenários futuros ou soluções possíveis.

Durante estas 344 horas por ação, os formandos/facilitadores conheceram tendências e megatendências que moldarão o futuro e tiveram a oportunidade de compreender processos de resolução de problemas, inovação e criatividade, adquirindo competências para, de forma estruturada e sistematizada, implementar estratégias de promoção do envolvimento e participação ativa dos alunos. Nesse contexto, em linha com o postulado por González et al. (2023), os formandos/facilitadores estabeleceram relações colaborativas, planearam processos adequados e orientaram atividades, promovendo o diálogo e competências de investigação em colaboração com especialistas e outros *stakeholders*.

Como sublinham Catalá-Pérez et al., (2020), programas como este são uma mais-valia para todos os atores envolvidos. Centrando-nos particularmente nos benefícios que a consultora Demola oferecia aos Politécnicos do Consórcio, são de destacar as metodologias de inovação pedagógica e consequente melhoria das competências dos docentes, o que também se refletiu numa melhoria das competências dos alunos; o desenvolvimento de novos contextos de ensino e aprendizagem que puderam ser traduzidos em novas oportunidades de cooperação; a articulação com o mundo real, que permitiu a implementação e validação de ideias e dos resultados de investigação dos professores e investigadores; e oportunidades para criar e manter contactos com a indústria, ligando a investigação científica a casos industriais através desta cooperação.

Com base nos resultados dos questionários aplicados aos docentes no final de cada uma das ações, podemos afirmar convictamente que os formandos/facilitadores reconheceram as potencialidades pedagógicas do curso. De facto, com base numa escala de Likert de 7 pontos, em que 1 corresponde a 'discordo totalmente' e 7 a 'concordo totalmente', observamos que, em geral, o curso de formação alcançou totalmente ou em grande parte as expetativas dos formandos. Também as outras questões do questionário revelaram resultados muito positivos, quer pelo recurso a plataformas e ferramentas, quer pelas competências que o projeto de formação permitiu desenvolver nos docentes, quer ainda pela dinâmica de pares, pelos diversos modelos de interação e pela possibilidade de cooperação e de internacionalização.

Este elevado nível de satisfação ficou ainda plasmado nos relatórios finais dos formandos, aquando das suas reflexões acerca da importância da formação e do alinhamento entre a missão do Ensino Superior e as reais necessidades das empresas. Nos seus relatórios, os 60 docentes formandos e facilitadores envolvidos nas seis edições dos projetos, em representação do IPV, destacaram a importância das metodologias ativas e da cocriação em ambientes interculturais e multidisciplinares. Valorizaram o recurso a novas ferramentas pedagógicas que promovem aprendizagens dinâmicas e mais interativas, ainda que a distância. No entanto, também reconheceram alguns desafios, especialmente ao nível da familiarização e adaptação às novas plataformas digitais, da gestão eficiente do tempo, da motivação dos estudantes e da coordenação das atividades junto dos demais *stakeholders*. (Amante, 2024). Por exemplo, no excerto abaixo, extraído do relatório de um dos dez participantes na primeira edição do projeto de formação, observamos que

um(a) formando(a) alude à aprendizagem com base em processos de cocriação como uma nova tendência para a sustentabilidade da educação aberta e em rede:

> "... the course is very interesting, as it allows contact with a methodology of involvement of various parties in solving a global challenge. In my view, the future of teaching is based on the use of this type of methodology. I think that one of the trends in higher education is to involve the participation of students in their own learning process, to develop the teaching/learning process interactively involving teachers and students in important challenges, to respond to the real needs of companies, of society. Being a facilitator rather than a teacher was also a challenging practice." (A.L., 1.ª edição)

A experiência dos alunos como co-construtores das suas aprendizagens põe fim a uma abordagem convencional do professor como único detentor do saber e, consequentemente, de uma relação *magister dixit*, e abre caminho a um novo papel do professor, que se assume como facilitador:

> "The students' work is supported by both the industrial and academic partners, whose role is to provide guidance to the student team throughout the project. Demola provides the workspaces for team work and co-creation. (...) As a facilitator, it was very important to take part in this process, and to assist students and the team to reach the goal." (P.R., 1.ª edição)

A formação em novas metodologias e ferramentas tecnológicas demonstrou um compromisso contínuo entre a excelência académica e a relevância prática, promovendo uma educação que é ao mesmo tempo inovadora e ancorada em experiências concretas de aprendizagem.

Na próxima secção, vamos conhecer mais de perto as implicações práticas deste papel de mediador do docente entre o saber e o fazer, ao estendermos um olhar sobre os alunos e as organizações.

3. Link Me Up – 1000 Ideias (POCI-03-33B5-FSE-072070)

O mundo global deste início do século XXI é pautado pelo decréscimo das oportunidades de emprego, instabilidade e insegurança laborais, bem como pelo aumento do desemprego, particularmente nos jovens (Hora, 2022). A incerteza e imprevisibilidade que caracterizam o mercado de trabalho, sobretudo num período pós-pandemia por COVID-19, exigem o desenvolvimento de competências técnicas especializadas, mas sobretudo de competências transferíveis, que permitam que o indivíduo construa microprojetos que constituem a sua carreira num processo de constante adaptação às oportunidades e exigências que o mundo do trabalho vai colocando (Shahida & Guggilla, 2021). Neste processo, as instituições de ensino superior assumem um papel fundamental, reajustando a sua oferta formativa em períodos cada vez mais curtos, fruto de processos de autoavaliação e avaliação externa que permitem corresponder ao perfil formativo dos estudantes, sendo o que as organizações/entidades empregadoras necessitam (Lauder & Mayhew, 2020). Acrescem as iniciativas de aproximação da academia ao mundo empresarial, através de projetos e, neste processo, o papel mediador dos docentes revela-se crucial.

A construção de um projeto profissional que conduza o ser humano à aspiração intemporal de bem-estar está na base dos esforços que as instituições de ensino superior devem levar a cabo, proporcionando, aos seus estudantes, experiências formativas de qualidade, potenciadoras de uma carreira bem-sucedida e feliz (Dimitrova et al., 2022). Com efeito, o envolvimento dos docentes em formação assente em práticas pedagógicas inovadoras centradas no aluno, enquanto ator principal no processo de ensino-aprendizagem, tem-se revelado promissor nas instituições de ensino superior. Neste âmbito, é fundamental sustentar a aprendizagem numa relação segura e apoiada por parte do docente que deverá atuar mais como um facilitador do processo de ensino-aprendizagem, do que detentor do saber, até porque numa sociedade de informação, o conhecimento está à distância de um clique, sendo o papel do professor o de proporcionar exploração e integração de experiências desafiantes, experimentando novas formas de pensar, sentir e agir (Soriano Sánchez & Jiménez-Vázquez, 2023).

O projeto de formação de docentes referidos no ponto anterior é um exemplo deste investimento que as instituições de ensino superior devem assumir, com impacto nas experiências formativas dos estudantes, que se pretendem potenciadoras do desenvolvimento de competências empreendedoras e criadoras, e facilitadoras da empregabilidade dos jovens.

Como complemento ao projeto de formação referido, emerge o Projeto Link me up – 1000 Ideias, Sistema de Apoio à cocriação de inovação, criatividade e empreendedorismo (AAC n.º 01/SIAC/2020 - Candidatura n.º 072070, financiado (com apoio de fundos europeus e nacionais, num total de 5.562.774.12€) pelo Programa Operacional Competitividade e Internacionalização - COMPETE), que tinha como objetivo capacitar os estudantes para o incremento da qualidade do emprego e criação de micro, pequenas e médias empresas inovadoras, com base na aproximação da academia ao tecido empresarial da região (Instituto Politécnico de Viseu, 2021b). Neste projeto, de âmbito nacional e que decorreu em parceria com a empresa consultora internacional Demola Global, o Instituto Politécnico de Viseu integrou um consórcio de 13 Politécnicos da Rede de Instituições Públicas do Ensino Superior Politécnico (47% zona Centro, 30% no Norte e 23% no Alentejo), liderados pelo Instituto Politécnico de Leiria, promotor do projeto, que visava promover a sustentabilidade e a qualidade do emprego e apoiar a mobilidade laboral.

Pretendeu-se, no período de 2021 a 2023 (em 6 edições semestrais), desenvolver mais de 1000 ideias em processos de cocriação multidisciplinar e internacional entre estudantes e organizações, com apoio de docentes facilitadores. Procurou-se, neste processo, desenvolver competências transversais associadas ao empreendedorismo em jovens estudantes do ensino superior, facilitando o contexto para entender e testar a robustez dos projetos, promovendo a cocriação de inovação para a renovação de negócios e a aquisição de conhecimento e competências sobre o fenómeno em foco nos desafios organizacionais (IPV, 2021b).

No caso do IPV, a participação dos estudantes no Projeto Link me up – 1000 Ideias, enquadrou-se num curso breve, não conferente de grau, com 6 ECTS e 162 horas totais, sendo 100 de contacto, criado para o efeito, o Curso de Inovação Pedagógica – DEMOLA. O curso destinou-se a todos os estudantes do IPV (Cursos Técnicos Superiores Profissionais - CTeSP, Licenciaturas, Pós-Graduações e Mestrados), de todas as áreas.

Pretendeu-se que os estudantes, integrados em equipas de trabalho interdisciplinares (4 a 6 estudantes), se articulassem com organizações da comunidade, com o suporte de docentes/facilitadores (das unidades orgânicas do Politécnico e também de escolas profissionais da região) em projetos de cocriação, para resolver desafios reais (IPV, 2021b).

O processo de cocriação desenvolvido no curso foi organizado em três fases: i) no início do curso foi apresentado um desafio proposto por cada uma das organizações da região envolvidas na respetiva edição do projeto, desenhado em articulação pelos docentes/facilitadores e que foi disponibilizado na plataforma Demola-Portugal 20-23, permitindo que os estudantes se candidatassem aos desafios do seu interesse; ii) seguiu-se um período de 8 a 10 semanas de cocriação, de formação orientada em regime tutorial, em horário e local definidos de acordo com a disponibilidade de recursos humanos (facilitadores, estudantes e empresários) e tecnológicos, operacionalizada essencialmente através de reuniões semanais *online* entre os vários *stakeholders* e especialistas para discussão dos desafios, além de visitas a organizações e centros de investigação, com recurso a métodos de ensino-aprendizagem ativos e inovadores, como a visão estratégica e o *design thinking*, adotados pelos docentes/facilitadores, em que o aluno é o centro do processo de aprendizagem, discutindo ideias (*brainstorming*) e recorrendo à prototipagem rápida, na ótica da inovação e criação de valor para os diferentes *stakeholders*; iii) no final, esperava-se que os estudantes chegassem a conclusões (soluções/cenários futuros) e que fossem capazes de comunicar, eficazmente, as suas ideias, perante uma audiência, no Final Pitch de apresentação dos resultados para os casos de cocriação de inovação (IPV, 2021b).

Procurou-se, neste processo, multidisciplinar, multinacional, multicultural e de cocriação, desenvolver competências nos estudantes como: pensar e questionar; comunicar (língua inglesa) e trabalho em equipas multidisciplinares e (inter)nacionais; resolução de problemas complexos; lidar com/gerir a incerteza; mudar e gerir a mudança; criar e inovar em contextos organizacionais (IPV, 2021b).

Esta metodologia tem-se revelado muito benéfica, não apenas no IPV, mas a nível nacional, sendo também reforçada pelos resultados promissores de experiências semelhantes noutros países, como por exemplo, no estudo publicado por Catalá-Pérez et al., (2020). Os autores salientam a possibilidade de os estudantes desenvolverem experiências de trabalho real, no terreno, num ambiente multidisciplinar e internacional, com formação específica em inovação e novas metodologias, permitindo o desenvolvimento de aptidões e competências profissionais e competências pessoais/sociais (refletidas no enriquecimento do curriculum vitae). Com efeito, o Relatório de 2023 da *European Training Foundation* aponta para ganhos relevantes nas competências sobretudo em contexto de trabalho, mesmo que na modalidade de trabalho remoto, mais do que em contexto educativo/escolar. Neste sentido, projetos como os que apresentamos surgem como uma resposta promissora e de qualidade, integrada no currículo académico, para o desenvolvimento de competências essenciais ao mercado de trabalho (European Training Foundation, 2023).

Potenciou-se, ainda, os contactos profissionais e oportunidades de recrutamento ou autoemprego (criação de *start-ups* com base nos resultados do projeto, atendendo

até aos direitos de autoria dos resultados assegurados com a participação no projeto). Destaca-se, ainda, o reconhecimento académico.

Houve, também, outros benefícios de ordem material associados ao curso: 6 ECTS em suplemento ao diploma, creditações a unidades curriculares, bolsa, Certificado Internacional da Finnish Government Accreditation Agency, possibilidade de participar em concurso nacional (prémios de 5000€, 3000€ e 1500€ e viagem/participação em evento internacional).

Os desafios explorados pelos estudantes abrangeram diferentes temáticas: tecnologias, cultura e arte, desenvolvimento social, saúde e bem-estar, desporto, economia, sustentabilidade, turismo, comunicação, empregabilidade e desenvolvimento comunitário. De uma forma geral, os estudantes, nos questionários de avaliação do grau de satisfação com a participação no projeto, mostraram-se muito satisfeitos, destacando o trabalho em equipa e a pesquisa, recolha e análise de informação como principais competências desenvolvidas, seguindo-se as ferramentas de gestão, criatividade e espírito crítico. Também valorizaram a liderança e o empreendedorismo, bem como a capacitação para criar emprego. Apontaram, ainda, como fatores positivos, a possibilidade de aperfeiçoarem as suas competências digitais. Estes resultados vão ao encontro do que a literatura hoje nos aponta como fatores de sucesso e megatendências no mundo do trabalho: tecnologia como fator de transformação das organizações e dos empregos, pensamento analítico e criatividade como principais competências valorizadas pelas entidades empregadoras e formação em contexto de trabalho como estratégia de aprendizagem crucial (World Economic Forum, 2023).

É importante ressaltar que os testemunhos dos estudantes apontaram para a importância do Projeto no que se refere à possibilidade de "trabalhar em equipa e com colegas internacionais", com recurso a "novas ferramentas digitais", numa iniciativa de "aproximação ao mundo do trabalho". Este "percurso de aprendizagem intenso", apesar do "esforço, dedicação e tempo exigido", com "o apoio do facilitador" permitiu "explorar interesses vocacionais", "criar contactos" e "enriquecer o currículo", ficando um "sentimento de utilidade" que decorreu de "uma experiência única e desafiante".

Nos questionários de satisfação aplicados às organizações parceiras, os responsáveis das empresas reportaram níveis de satisfação muitíssimo elevados, ao longo das seis edições. Destacaram a criação de valor com a parceria e o trabalho colaborativo, bem como a aquisição de conhecimento multidisciplinar como principais benefícios associados à participação. A construção de novas soluções e a possibilidade de identificar oportunidades e ameaças revelaram-se também como aspetos extremamente positivos associados à participação das empresas no projeto. Os responsáveis das organizações apontaram, ainda, a análise crítica da informação, organização e contexto e a implementação de ferramentas digitais e de gestão como mais-valias associadas à sua participação.

Alinhar os curricula no ensino superior, com as exigências das organizações, que decorrem das demandas da sociedade em cada momento histórico, revela-se fundamental. Neste contexto, o desenvolvimento de competências, incluindo as que permitam fazer face à Indústria 4.0, com recurso a metodologias de trabalho em contexto, constitui-se como um dos meios privilegiados para a sua bem-sucedida concretização (Gadre & Deoskar,

2024). O recurso às tecnologias na formação no ensino superior tem vindo a crescer no nosso país. Com efeito, as instituições de ensino superior desenvolvem respostas de ensino a distância e disponibilizam ações, por exemplo, em formato de MOOC, em várias plataformas (Bianchi et al., 2022), mas que devem ser complementadas com a aprendizagem em contexto profissional.

Principalmente no que respeita às últimas quatro ações, posteriores ao período pandémico, foram organizadas visitas a empresas e a centros de investigação, contando com a participação das várias equipas de estudantes. Mais uma vez, ressalta-se a importância do trabalho em contexto real, evidenciada na literatura, para o desenvolvimento das competências que temos vindo a referir.

De uma forma geral, as seis edições caracterizaram-se pelo sucesso quer ao nível dos estudantes, quer das organizações parceiras, potenciando a relação academia-indústria com o apoio dos docentes de ensino superior envolvidos, atuando como facilitadores.

4. Conclusão

O contributo destes dois projetos, que se complementam, é crucial na promoção de experiências de empreendedorismo no ensino superior que, por sua vez, potenciam a criação de emprego, desenvolvimento económico e criação de valor social para o bem público comum. Destacam-se, nestas iniciativas três elementos fundamentais:

1. o professor enquanto facilitador da aprendizagem, com recurso a estratégias pedagógicas inovadoras;
2. o estudante que assume um papel ativo no centro do processo de ensino-aprendizagem;
3. as organizações parceiras enquanto co-construtores de conhecimento.

Tal como postulado por Amante e Fernandes (2022), e como plasmado nos testemunhos de formandos/facilitadores participantes ao longo das seis ações dos Projetos apresentados, a inovação pedagógica do curso de formação no IPV foi reconhecida e amplamente valorizada pelos docentes.

Também a experiência de participação dos estudantes e empresas permite aferir o sucesso e cumprimento dos objetivos do programa Demola Portugal Initiative, como descrito acima e sustentado pelo estudo de Amante e Fernandes (2022), Fernandes e Amante (2022), Amante e Fernandes (2023) e Amante (2023).

A implementação dos projetos em período pandémico (numa fase inicial) foi possível apenas atendendo ao recurso às tecnologias que permitiram a comunicação entre estudantes, docentes e organizações a distância (ex. Colibri Zoom, MS Teams...), trabalho em plataformas colaborativas (ex. Miro), visitas virtuais, entre outras. Contudo, os participantes destacaram que teria sido benéfico incrementar a componente do trabalho *in loco*, mantendo-se, ainda assim, em equilíbrio com a articulação *online*, sobretudo nas primeiras edições, mais afetadas pelo confinamento a que estivemos sujeitos. Apontamos, ainda, como limitação, o *terminus* do financiamento do projeto, sendo fundamental perspetivar novas fontes de apoio financeiro que permitam dar continuidade a experiências desta natureza.

Futuramente, impõe-se, no entanto, uma análise retrospetiva sobre os desafios das seis ações que decorreram no IPV, bem como um olhar prospetivo, no sentido de se conhecerem as implicações concretas da metodologia DEMOLA e respetivas ferramentas nas práticas docentes e na investigação, visando a articulação, de forma integrada, de saberes, agentes e recursos fundamentais para a inovação, competitividade e empreendedorismo qualificado, numa sociedade da informação e do conhecimento.

Referências

Amante, S. (2024). Exploring E-portfolios: Illuminating Accounts of the Pedagogical Innovation Training Programme at the Polytechnic Institute of Viseu. *Journal of Global Business and Technology*, 20(2), 35-52.

Amante, F. S. (2023). 'Now Open for Action!' – A Real-World Challenge Project Developed at the Polytechnic Institute of Viseu. *Social Sciences Humanities Open, 8*(1). https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2023.100729

Amante, S., & Fernandes, R. (2023). Aligning HE Pedagogical Innovation with VET, Industry, and Research Partnerships: Insights on the Demola Portugal Initiative. *Education Sciences 13*, 1, 93. https://doi.org/10.3390/educsci13010093

Amante, S. & Fernandes, R. (2022). Learning based on co-creation processes: a glimpse of the (Demola) Pedagogical Innovation Training course at IPV. In P. Sklias & N. Apostolopoulos (Eds.), *Proceedings of the 17th European Conference on Innovation and Entrepreneurship, 17*(1), 15-21. https://doi.org/10.34190/ecie.17.1.306

Amante, S., Antunes, M.J., Dygala, M., & Gökce, I. (2021). Stepping up to Global Challenges (SGC): Empowering students across the world. *Psychology of Language and Communication, 25*(1), 217-239. https://doi.org/10.2478/plc-2021-0010

Bianchi, I., Daehn, C., Dávila, G., Tovma, N., & Shurenov, N. (2022). Cursos online Abertos Massivos (MOOCs) como potencializadores do conhecimento em Instituições de Educação Superior. *RISTI – Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 48(12), 59-73. https://doi.org/10.17013/risti.48.59–73

Catalá-Perez, D., Rask, M., & Miguel-Molina, M. (2020). The Demola model as a public tool boosting collaboration in innovation: a comparative study between Finland and Spain. *Technology in Society, 63*, 101358. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101358

Costa, C., Pereira, F., Barbedo, I., Almeida, J., & Almeida-de-Souza, J. (2021). Demola co-creation approach: The students' perspective. 7th International Conference on Higher Education Advances, HEAd 2021, Universidad Politecnica de Valencia, pp. 873-880, https://doi.org/10.4995/HEAd21.2021.13090

Costa, M.T. & Carvalho, L. (2011). A educação para o empreendedorismo como facilitador da inclusão social: Um caso no ensino superior. *Revista Lusófona de Educação, 19*, 103-118.

Dimitrova, G., Madzhurova, B., Raychev, S., & Stoyanova, D. (2022). Education 4.0 – the Change of Higher Education Institutions and the Labour Market. *PEDAGOGIKA, 94*, 515–529. https://doi.org/10.53656/ped2022-4.08

European Training Foundation. (2023). *Education, skills and employment — trends and developments: An ETF cross-country monitoring report*. https://www.etf.europa.eu/sites/default/files/2023-11/ETF%20CrossCountry%20Monitoring%20Report%202023%20FINAL%20%20%281%29.pdf

Fernandes, R., & Amante, S. (2022). From Teachers' Innovative Practices to Students' Co-Creation: A Glimpse of the Project "Link Me Up – 1000 Ideias." In P. Sklias & N. Apostolopoulos (Eds.), *Proceedings of the 17th European Conference on Innovation and Entrepreneurship, 17*(1), 226-231. https://doi.org/10.34190/ecie.17.1.396

Fernandes, R., Sargento, J., Martins, E., & Mendes, F. (2021, julho). *Empreendedorismo em estudantes de ensino superior da área social*. Paper presented at International Conference on Multidisciplinary Research, Politécnico de Viseu.

Gabinete do Coordenador Nacional da Estratégia de Lisboa e do Plano Tecnológico. (2008). *Estratégia de Lisboa: Plano Nacional de Reformas – Portugal*. Lisboa. https://observatorio-lisboa.eapn.pt/ficheiro/Relatorio_PNR_2008_PT_full.pdf

Gadre, M., & Deoskar, A. (2024). Aligning higher education with industry 4.0: A pathway to achieving sustainable development goals (SDGS). *Madhya Pradesh Journal of Social Sciences*, 29(1), 7–14.

González, R., Chávez, E., Alvarez, E., Beltrán, R., Carvache, K., & Borja-Cabrera, G. (2023). Los espacios colaborativos de investigación durante la pandemia por covid-19. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, e58, 232-249.

Hassenzahl, M. (2008). User experience (UX): Towards an experiential perspective on product quality. *ACM International Conference Proceeding Series, 339*, 11-15. https://doi.org/10.1145/1512714.1512717

Hora, O. (2022). *Youth, labour market insecurity and institutions*. Projects NEGOTIATE.

Instituto Politécnico de Viseu. (2021a). *Projeto Cocriação*. https://site.ipv.pt/cocriacao_proj.htm

Instituto Politécnico de Viseu. (2021b). *Projeto Link me up – 1000 Ideias*. https://site.ipv.pt/linkmeup.htm

Lauder, H., & Mayhew, K. (2020). Higher education and the labour market: An introduction. *Oxford Review of Education, 46*, pp. 1-9. https://doi.org/10.1080/03054985.2019.1699714

Mironova, D.Y., Kumar, V. V., & Murugesan, R. (2019). Demola international project as an instrument of students involvement in science - business integration. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 8*(7C2), 239-247.

Mónico, L., Carvalho, C., Nejati, S., Arraya, M., & Parreira, P. (2021). Entrepreneurship education and its influence on higher education students' entrepreneurial intentions and motivation in Portugal. *Brazilian Administration Review, 18*(3), e190088. https://doi.org/10.1590/1807-7692bar2021190088

Scarborough, N. & Cornwall, J. (2018). Preface. In N. Scarborough & J. Cornwall (Eds.), *Essentials of entrepreneurship and small business management* - 9th ed. (pp. 15-24). Pearson Global Editions.

Shahida, S. & Guggilla, N. (2021). Soft skills significance for learning and career achievement. *International Journal of Research, IX*, 60-72.

Shore, C. & McLauchlan, L. (2012). 'Third mission' activities, commercialisation and academic entrepreneurs. *Social Anthropology, 20*(3), 267-286. https://doi.org/10.1111/j.1469-8676.2012.00207.x

Soriano Sánchez, J. G. & Jiménez-Vázquez, D. (2023). *Innovative educational practices in higher education: A systematic review*. https://doi.org/10.35622/j.rie.2023.05.002

Verhulsdonck, G., Howard, T., & Tham, J. (2021). Investigating the impact of design thinking, content strategy, and artificial intelligence: A "Streams" approach for technical communication and user experience. *Journal of Technical Writing*.

World Economic Forum. (2023). *Future of Jobs Report*. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2023.pdf

Este trabalho é financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto Ref.ª UIDB/05507/2020 com o identificador DOI https://doi.org/10.54499/ UIDB/05507/2020. Agradecemos adicionalmente ao Centro de Estudos em Educação e Inovação (Ci&DEI) e ao Instituto Politécnico de Viseu pelo apoio prestado.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 15/03/2024
Aceitação/Acceptance: 28/06/2024

Rol de las Fuerzas Armadas Durante los Conflictos Sociales: Entre la Violencia y el Orden Interno

Mery Orejuela Nuñez[1], Eduardo Ramos Lalupu[2], Sandro Pedro Villanes Rojas[3], Percy Junior Castro Mejía[4], Erik Omar Escalona Aguilar[5]

mcorejuelan@esofa.edu.pe; eramosl@esofa.edu.pe; a20065292@pucp.pe; percycm@ucvvirtual.edu.pe; erik.escalona@ubo.cl

[1] Instituto Superior Tecnológico Aeronáutico Manuela Polo Jiménez, 15046, Lima, Perú.

[2] Instituto Superior Tecnológico Aeronáutico Manuela Polo Jiménez, 15046, Lima, Perú.

[3] Pontificia Universidad Católica del Perú, 15046, Lima, Perú.

[4] Universidad Cesar Vallejo, 15046, Lima, Perú.

[5] Universidad Bernardo O'Higgins, 8320000, Santiago, Chile.

Pages: 171-179

Resumen: A pesar de la existencia de un marco legal y jurídico, así como de procedimientos para la intervención de las Fuerzas Armadas durante los conflictos sociales, sigue siendo controversial su actuación. El presente artículo tuvo como propósito definir conceptos e ideas que permitan entender las responsabilidades y funciones inherentes a las Fuerza Armadas a la luz de la normatividad vigente. Se desarrolló desde un enfoque cualitativo; bajo una investigación de tipo documental-bibliográfico. Se realizó una revisión de la legislación nacional aplicable al tema, así como libros y artículos relevantes. Se analizó críticamente dichas fuentes; describiendo los hallazgos encontrados, permitiendo desarrollar el cuerpo teórico en relación al tema de estudio; para luego emitir un conjunto de argumentos y conclusiones relacionados a la investigación. Se concluyó que hay un abuzo en el uso de los estados de emergencia y que las Fuerzas Armadas deben evitar el enfrentamiento con la población, siendo lo más asertivo el cuidado de activos críticos y no la neutralización de las protestas. El entrenamiento y capacitación de las FF.AA. es vital porque disminuye los impactos negativos durante su intervención.

Palabras clave: Estado de Emergencia; uso de la fuerza; conflicto social; Fuerzas Armadas.

Role of the Armed Forces During Social Conflicts: Between Violence and Internal Order

***Abstract*:** Despite the existence of a legal and juridical framework, as well as procedures for the intervention of the forces of order during social conflicts, their performance remains controversial. The purpose of this article was to define concepts and ideas that allow understanding the responsibilities and functions inherent to the Armed Forces in light of current regulations. It was developed from

a qualitative approach; under documentary bibliographical research. A review of the national legislation applicable to the subject was carried out, as well as relevant books and articles. These sources were critically analyzed; describing the findings found, allowing the development of the theoretical body in relation to the subject of study; to then issue a set of arguments and conclusions related to the investigation. It was concluded that there is abuse in the use of states of emergency and that the armed forces should avoid confrontation with the population, the most assertive being the care of critical assets and not the neutralization of protests. The training and training of the armed forces is vital because it reduces the negative impacts during their intervention.

Keywords: State of Emergency; use of forcé; social conflicto; armed forces.

1. Introducción

Las Fuerzas Armadas tienen como rol constitucional y principal la de garantizar la independencia, soberanía e integridad territorial de la nación. Además de ello, constitucionalmente también, pueden participar en el orden interno en los regímenes de excepción de acuerdo a los artículos 137 y 165 de la Constitución Política apoyando a la Policía Nacional. Participar y apoyar en el Orden Interno es un rol adicional de las Fuerzas Armadas derivado de la Constitución el cual está amparado en un marco jurídico y normativo que establece los lineamientos de procedimiento de las Fuerzas Armadas en zonas declaradas como "Estado de Emergencia". Los conflictos sociales son un proceso complejo en el cual sectores de la sociedad, el Estado y/o las empresas perciben que sus posiciones, intereses, objetivos, valores, creencias o necesidades son contradictorios, creándose una situación que podría derivar en violencia. (Defensoría del Pueblo. s.f.) Cuando el conflicto social escala en intensidad se llega a un estado de violencia. El Estado percibe esta situación como amenaza a la gobernabilidad y orden interno, recurre a sus instrumentos jurídicos y decreta 'estado de emergencia' en la zona afectada y con ello se ejecuta el consecuente procedimiento establecido para dichas situaciones. La gran dicotomía es como restablecer el orden interno sin aplicar más violencia. Por normativa, las FF.AA. hacen uso de la fuerza para apaciguar el conflicto y se encuentran ante la disyuntiva de respetar los derechos inalienables a la persona y los derechos suspendidos en un estado de emergencia. La investigación es importante y tiene un valor significativo porque pretende promover la reflexión que lleve a un mejor entendimiento del rol de las FF.AA. durante un conflicto social y de haber vacíos, generar el debate para perfeccionar los procedimientos en beneficio de la ciudadanía y los miembros de las FF.AA. Por tanto, el presente artículo tiene como propósito definir conceptos e ideas que permitan entender las responsabilidades y funciones inherentes a las Fuerza Armadas a la luz de la normatividad vigente durante un conflicto social.

2. Contextualizando: Orden Interno versus orden público

El concepto de orden interno muchas veces se confunde con otros conceptos tales como orden público o seguridad interna. Incluso aún existe controversia por definir que término es más generalizador. Se ha llegado a la idea de que un concepto es más amplio que el otro, por ende, uno está contenido en el otro. Montesquieu en el 'El Espíritu de las Leyes', refería que, al haber tantos pueblos en el planeta, se necesitaba de leyes

que rijan las relaciones entre los diversos pueblos. A ello le llamo el 'derecho de gente'. Asimismo, para que una sociedad se mantenga deben existir leyes que rigen entre los gobernantes y los gobernados: es el derecho político. Igualmente debe haber leyes que regulen las relaciones existentes entre ciudadanos: es el derecho civil. Por tanto, las leyes que rigen las relaciones entre los estados generan un orden internacional; las leyes que rigen las relaciones entre los gobernantes y los gobernados, generan el orden interno y leyes que regulan las relaciones existentes entre los ciudadanos, generan un orden público. Se observa que Montesquieu realiza una diferenciación basándose en el tipo de relación que existe entre los elementos políticos y sociales de una sociedad. Se infiere que el orden interno se relaciona con las estructuras y quienes detentan el poder del Estado, mientras que el orden publico se circunscribe a la relación propia de las personas en una comunidad. Orden interno quedaría definido como "una situación de paz en el territorio nacional y de equilibrio en las estructuras socio-jurídicos políticas del Estado, regulado por el Derecho Público y el poder político, orientado a mantener el Estado de Derecho a fin de lograr el desarrollo nacional". (Martínez, 2018). Mientras que orden público "es una situación de equilibrio social, condicionado por el respeto al Orden Jurídico y acompañado de una voluntad formal en función a las costumbres, convicciones y sentimientos de una comunidad". (Martínez, 2018). En síntesis, el orden interno es la paz y tranquilidad entre los diferentes aspectos de la 'vida de un país', mientras que el orden publico es el equilibrio y tranquilidad entre los asuntos ciudadanos. El país no podría alcanzar sus objetivos de desarrollo, sin la existencia de la paz y tranquilidad que proporciona el orden interno.

2.1. Una Situación de especial atención: El estado de emergencia

El estado de emergencia es un régimen de excepción. Hace referencia a aquellas competencias de crisis que la Constitución otorga al Estado con el carácter de extraordinarias, a efectos de que pueda afrontar hechos, sucesos o acontecimientos que, por su naturaleza, ponen en peligro el normal funcionamiento de los poderes públicos o amenazan la continuidad de las instituciones estatales y los principios básicos de convivencia dentro de una comunidad política. Se infiere que el estado de emergencia se decreta ante una situación que amenaza al orden público y al orden interno.

El artículo 137° de la Constitución establece que el estado de emergencia puede decretarse en caso de perturbación de la paz o del orden interno, de catástrofe o de graves circunstancias que afecten la vida de la nación. Además, se señala que el plazo de duración de esta medida no puede exceder de 60 días y su prórroga requiere la expedición de un nuevo decreto. Por este motivo, no existe la prórroga automática. La misma norma regula que sólo pueden restringirse el ejercicio de cuatro derechos constitucionales: libertad y seguridad personales; inviolabilidad de domicilio; libertad de tránsito y libertad de reunión.

Sin embargo, debe alertarse que la declaración de un estado de emergencia no implica ausencia de derechos ni luz verde para pasar por encima de ellos. Por el contrario, exige un mayor criterio de las fuerzas armadas para discernir entre lo permitido y no permitido. Esto debido a que los motivos que llevan a la declaratoria del estado de emergencia son los mismos que deben juzgarse, de forma rápida, en una situación de enfrentamiento entre las fuerzas del orden y la población, bajo los principios de razonabilidad y proporcionalidad.

Cabe anotar, que la declaratoria de estado de emergencia ha sido un instrumento recurrente, muchas veces injustificado, en los sucesivos gobiernos desde principios del siglo XXI llegando a la normalización del 'estado de emergencia'. Al respecto "Si bien la mayoría de estas emergencias han sido utilizadas para enfrentar el terrorismo, el estudio muestra que en el Perú posconflicto esta figura también ha sido utilizada de manera consistente en situaciones de conflictividad social" (Tafur y Quezada, 2020, p. 205)

Así, mientras que en el VRAEM se identifica una normalización de la emergencia tras el argumento de la guerra antiterrorista, la aplicación sistemática de estados de emergencia y la intervención de las Fuerzas Armadas en situación de conflictos socioambientales, contribuye a consolidar prácticas extraordinarias como modos regulares de preservación del orden interno (Mendoza y Tamara, 2019)

Por lo demás, los instrumentos internacionales de derechos humanos, en especial la Convención Americana sobre Derechos Humanos, y el Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos (PIDCP), admiten la instauración de regímenes excepcionales ante situaciones de peligro, con tal de que dichas situaciones sean reales y de inminente realización. Es decir, no han de ser supuestos erigidos sobre la base de meras especulaciones ni de posibilidades remotas, sino peligros efectivos, y de realización real y próxima.

2.2. ¿Un aspecto negativo?: Los conflictos sociales

El conflicto es entendido como una disputa entre dos partes. Al añadirle el componente social, se involucra a una población o comunidad que ve amenazado algún factor que genera bienestar común, generalmente por la acción del poder. Un conflicto tiene causas positivas, entre ellas, puede aclarar un contexto difuso, haciendo posible un análisis profundo de problemas que eran agenda a medias, propiciando que se tomen posturas al respecto. Para Maring (2022), los conflictos brindan al gobierno la oportunidad de proponer programas que involucren a no solo a las partes interesadas, sino que brinden un enfoque transformador a través de una colaboración a largo plazo en la comunidad, con intercambios sostenibles y el soporte de políticas integradoras de bienestar.

Ahora bien, los conflictos sociales tienen una gran cantidad de orígenes, uno de los más resonantes es la reacción natural de la población ante la opresión, las dictaduras y las leyes que les son lesivas. La democracia, y los esfuerzos que por lograr que se mantenga en América Latina, se construye sobre la base de la idea de que estas formas de gobierno hagan valer sus derechos fundamentales e inherentes de las personas, logrando paz y armonía social. Cuando estos elementos y preceptos se ausentan de la atención de los asuntos públicos, se crean las bases para un conflicto social agudo que se materializa en confrontaciones, crisis sociopolítica y alteraciones civiles que deben enfrentar los gobiernos (Meléndez et. al, 2022, p. 5948).

Por lo general, los conflictos sociales tienen una dinámica y un proceso similar que se da en todos los lugares. Empieza con el rechazo y negativa de la población hacia un determinado proyecto privado o estatal o muestran su desacuerdo con alguna decisión política. Luego, expresan esas diferencias haciendo uso de los derechos que los asisten, como lo es, el derecho a la protesta. Para magnificar la protesta se valen de medidas más drástica. Cuando éstas se hacen más agresivas y persistentes en el tiempo, e incluso

atentan contra la propiedad privada se llega al punto de considerarlas con alteración del orden público, dando inicio a la declaratoria del estado de emergencia.

El desenlace inevitable de este proceso es la confrontación entre las fuerzas del orden y la población. En este punto, en el fragor del enfrentamiento se cae en una zona gris, donde por un lado esta la licencia que concede un estado de emergencia a las fuerzas armadas y del otro, el respeto irrestricto a los derechos fundamentales de la persona.

Se observa la inexistencia de un mecanismo específico y un desarrollo normativo que permita determinar con claridad los alcances y límites del estado de emergencia, ha tenido graves consecuencias en la afectación de derechos de manera desproporcionada, en el caso de los derechos cuya limitación es legítima; y la afectación de otros respecto a los cuales el Estado no se encontraba legitimado a intervenir (Ladino y Turpo, 2022, p. 10).

2.3. El quid del asunto: El uso de la fuerza

Existe un decreto legislativo que regula el uso de la fuerza para la Policía Nacional del Perú y otro para las Fuerzas Armadas. El DL N°1186 para la PNP y el DL N°1095 para las FFAA. Es importante señalar que, a nivel internacional, en el sistema universal de los derechos humanos existe el 'Código de conducta para funcionarios encargados de hacer cumplir la ley' en el que se establecen reglas aplicables para el personal policial, militar y, eventualmente, para otros funcionarios estatales que cumplan funciones análogas. (Saldaña y Portocarrero, 2018, p.320)

Asimismo, otro documento fundamental son los 'Principios Básicos sobre el empleo de la fuerza y de armas de fuego por los funcionarios encargados de hacer cumplir la ley' (1990). Ahí se establece el criterio del uso diferenciado y progresivo de la fuerza, priorizando los medios no violentos y se prohíbe el uso de armas letales, salvo cuando sea en defensa propia o de otras personas. (Saldaña y Portocarrero, 2017, p.320)

Respecto al Decreto Legislativo N°1186 se encuentran recogidos el uso progresivo y diferenciado de la fuerza, así como los niveles de uso, sean preventivos o reactivos. Respecto a los niveles reactivos existen los siguientes: i) control físico, ii) tácticas defensivas no letales y iii) fuerza letal; además se encuentran desarrolladas detalladamente las circunstancias que darían lugar a los distintos niveles del uso de la fuerza, caracterizando a la fuerza letal como excepcional (DL 1186)

De manera similar, el Decreto Legislativo N°1095 establece la Reglas de empleo y uso de la Fuerza por parte de las Fuerzas Armadas en el territorio nacional. La intervención de las Fuerzas Armadas no implica de modo alguno la restricción, suspensión ni afectación de los derechos fundamentales consagrados en la Constitución política del Perú, las leyes y los tratados internacionales sobre derechos humanos de los que el Perú es parte (Art 4 Estado de derecho de la Resolución Suprema 050-2020-IN del 05 de junio del 2020).

De acuerdo a los distintos reglamentos y manuales, toda intervención para mantener o recuperar el control del orden público debe estar planificada al detalle, lo que incluye desde la línea de comando hasta la distribución del personal, el equipamiento que porta y la manera en que debe usarlo.

Es importante mencionar que, según el 'Manual de procedimientos para las operaciones de mantenimiento y restablecimiento de orden público':

Para el uso de las armas de fuego en las operaciones de mantenimiento y restablecimiento del orden público se debe tener en consideración que las armas de fuego no deben considerarse como una herramienta táctica sino como un recurso excepcional y de última instancia en respuesta a situaciones individuales que amenazan con causar muertes o heridas graves (Policía Nacional del Perú, 2016)

Un aspecto importante a tener en cuenta son los principios de necesidad y proporcionalidad, los que limitan el uso de la fuerza a supuestos en que no exista ninguna otra medida menos lesiva y con un criterio de proporcionalidad respecto del ataque que se busca repeler. Resulta importante la obligación que asume el Estado de capacitar y educar a los agentes en mecanismos idóneos para garantizar el orden en contextos de protestas sociales.

3. Entre el derecho a la protesta y el uso de la fuerza

El Estado peruano enfrenta las protestas sociales de forma desproporcionada y con métodos poco democráticos tales como la represión violenta sobre la base de normas legales que autorizan el uso de la fuerza, que en la mayoría de los casos se da, de forma desproporcionada.

La normatividad que lo justifica, se sustenta en la visión de que el conflicto social es un problema y tradicionalmente ha sido interpretado como esencialmente negativo, ligado a la violencia y a la destrucción. Por ello, el concepto de conflictos sociales ha sido construido solo en lo que respecta a su sentido de amenaza al mantenimiento de la gobernabilidad y el orden interno. La mirada puramente negativa de los conflictos produce el efecto de hacer invisibles los problemas que los motivaron, y pone como relevante únicamente lo que en él hay de amenaza para la gobernabilidad democrática y el orden interno

Y si bien existe un marco legal para el uso de la fuerza, este debe ser progresivo, siempre en respeto de los derechos humanos, por los cual la policía debe estar en capacitación constante sobre el uso de la fuerza (Cangas et. al, 2022). Por ejemplo, el uso de la fuerza por debe ser limitado a los derechos fundamentales inherentes al ser humano, razón por la cual la relación Policía Nacional – población civil, debe encontrarse enmarcada en el respeto mutuo para de esta manera evitar inconvenientes que dejen personas de la población civil lesionadas o causen en ellas consecuencias mortales. (López y Villanueva, 2023, p.5)

El uso de la fuerza por parte de la fuerza pública es aceptable para poder garantizar y mantener el orden público, pero este uso de la fuerza debe ser siempre ejercido bajo los criterios correspondientes sin ningún criterio extra respetando los derechos de los manifestantes, pero a la vez evitando vulneración de derechos, siempre observando los principios de legalidad absoluta necesidad y proporcionalidad. (Valle & De la Vega, 2021)

En este sentido el principio de legalidad hace referencia a que las actuaciones de la fuerza pública deben estar siempre encaminadas a la ley y reguladas por la misma, no se admiten algo por fuera del marco legal, esto es totalmente condenable, además de que el

uso de la fuerza deberá realizando bajo debido a que es respuesta a un objeto legítimo. La absoluta necesidad hace referencia a que no existe otra forma de proteger un derecho, es decir responde a que para garantizar la vida o tutelarla se debe recurrir al uso de la fuerza. En cuanto a la proporcionalidad quiere decir que debe estar regulado por un uso progresivo de la fuerza (Granja & Rengifo, 2022, p. 812)

Y aunque el estado de emergencia siempre sirve para detener e intimidar la violencia a través de la criminalización de la protesta, nos siempre sirve para frenar la protesta (Wright & Mendoza, 2017, p.26)

Sin embargo, los conflictos sociales pueden resolverse mediante la intervención de las instituciones estatales para mediar entre las partes. Las instituciones públicas cuentan con oficinas para atender los conflictos. Es imprescindible fortalecer la capacidad de escucha activa y la comunicación asertiva es una solución efectiva a los conflictos sociales.

El Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas (CCFFAA) debe evidenciar que está regulado de manera precisa los procedimientos que deben usarse en el control del orden interno, asegurando la adecuación de esta normativa a los estándares internacionales sobre el uso de la fuerza, que contiene disposiciones destinadas a regular el ejercicio del uso de la fuerza de conformidad con los estándares internacionales en materia de derechos humanos y las normas constitucionales y legales relativas al ejercicio de la función.

La «protección de instalaciones estratégicas para el funcionamiento del país». La práctica de los gobiernos muestra que se busca proteger las instalaciones vinculadas a industrias extractivas. Se permite la intervención de las FF.AA. sin que medie una declaratoria de emergencia para garantizar el normal funcionamiento de los servicios esenciales y establecimientos públicos y privados tales como servicios de agua, luz, aeropuertos, vías de acceso, puentes, entre otros, con ocasión de la interrupción de vías de comunicación y paros que están impidiendo el normal desarrollo de actividades en dicho departamento (RS 218-2009-DE/SG).

Las relaciones cívico militares en un estado de emergencia debe ser integradora, pues la misión tanto de las Fuerzas Armadas como del Estado, en seguridad y desarrollo, respectivamente, debe compatibilizar como las demandas y reclamos sociales. (Gallardo, 2020, p.36)

4. Conclusiones

El control del orden interno le corresponde a la Policía Nacional del Perú. Asimismo, conviene destacar que en el Perú, la práctica constante ha sido recurrir al estado de emergencia para enfrentar situaciones que afectan a la seguridad nacional y a la seguridad humana.

Si se va a disponer la participación de las FF. AA. en este escenario, no debe perderse de vista que esta constituye una situación muy excepcional y de estricta necesidad, ya que el control del orden interno no es la función principal de FF. AA., sino de la PNP. Las FF.AA. solo intervienen durante regímenes de excepción; es decir, asumen el control del orden interno de conformidad con el artículo 137º de la Constitución.

El centro de la discusión gira en torno a como debe ser el comportamiento de los miembros de las fuerzas armadas durante los conflictos sociales. Específicamente se debate sobre el Decreto Legislativo N°1095 que establece los lineamientos y procedimientos que regulen el empleo y uso de la fuerza durante las operaciones y acciones militares de las Fuerzas Armadas.

Al respecto, se considera que durante un conflicto social las fuerzas armadas deben evitar el rol policial de neutralizar las movilizaciones y marchas. Su rol debe estar enfocado en el protección y seguridad de activos críticos para la ciudadanía e intereses nacionales.

El enfrentamiento con la población durante la protección y seguridad de activos críticos, debe ser el último recurso. En ese caso las fuerzas armadas deben tener confianza y ser respaldados por el marco jurídico que le da como instrumento de protección y acción la declaratoria de estado de emergencia y el reglamento de uso de la fuerza.

Debe existir entrenamiento y capacitación permanente de las FF.AA. para el rol de protección de activos críticos durante los conflictos sociales. El entrenamiento en la materia ha demostrado tener mejores resultados minimizando daños a terceros durante el ejercicio de sus funciones.

Referencias

Cangas, L., Salazar, L., Hernández, E., & Iglesias, J. (2022). Vaguedad del ordenamiento jurídico ecuatoriano referente al uso progresivo de la fuerza. Universidad Y Sociedad, 14(S2), 415-422. Recuperado a partir de https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2804

Defensoría del Pueblo (s.f) Paz social y conflictos sociales. Recuperado de https://www.defensoria.gob.pe/areas_tematicas/paz-social-y-prevencion-de-conflictos/#:~:text=En%20materia%20de%20conflictos%2C%20la,a%20procesos%20de%20di%C3%A1logo%20que

Granja, D., & Rengifo, J. (2022). Validez del uso progresivo de la fuerza en las protestas sociales en Ecuador. Iustitia Socialis. Revista Arbitrada de Ciencias Jurídicas. Año VII. Vol. VII. N° 2. Edición Especial. 2022-II. https://doi.org/10.35381/racji.v7i2.2172

Gallardo, G. (2020). El estado de emergencia y sus implicancias en las relaciones cívico militares, análisis del caso VRAEM, 2012-2015. Tesis para optar por el grado de Maestro. Centro de Altos Estudios Nacionales. http://repositorio.caen.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13097/176/TESIS%20GALLARDO%20MARQUINA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ladino, Y., & Turpo, E. (2021). Causas y consecuencias del uso del régimen de estado de emergencia frente a la crisis sanitaria por COVID-19 en el Perú. Tesis de Licenciatura. Universidad Cesar Vallejo. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/67212/Ladino_VYV-Turpo_TEA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

López, E., & Villanueva, A. (2023). Límites y alcances de la policía nacional para el uso de la fuerza frente a la protesta social. Recuperado de: https://hdl.handle.net/10901/25201.

Maring, P. (2022). Conflict transformation and collaboration in developing social forestry in Flores, Indonesia. Forest and Society, 6(1), 40–66. https://doi.org/10.24259/fs.v6i1.13199

Martínez, J. (2020). Seguridad y orden interno. https://luisjmartinezj.freetzi.com/DINIV/unid_II.html

Meléndez, J., Maldonado, Y., Herquinio,. J.,Contreras, R., & Álvarez C. (2022). Gestión de los conflictos sociales y la gobernanza: una mirada desde la acción transformadora y la intervención del estado. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 6(6), 5946-5965. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.3852

Mendoza, M., & Tamara, L. (2019). La utilización del estado de emergencia como herramienta represiva en el Perú contemporáneo: los casos del VRAEM y el Proyecto minero Conga. Revista electrónica de estudios latinoamericanos, vol. 17, núm. 67, https://www.redalyc.org/journal/4964/496459743001/496459743001.pdf

Quesada, D., & Tafur, A. (2020). El estado de emergencia en el Perú democrático posconflicto: Un estudio preliminar de las normas de emergencia. Anuario De Derechos Humanos, 16(2), 205–234. https://doi.org/10.5354/0718-2279.2020.57432

Saldaña, J., & Portocarrero, J. (2017). La violencia de las leyes: el uso de la fuerza y la criminalización de protestas socioambientales en el Perú. .Derecho PUCP, (79), 311-352. http://dx.doi.org/10.18800/derechopucp.201702.013.

Valle, A. y De la Vega, D. (2021). Crónica de una represión anunciada: análisis de las protestas de octubre del 2019 en Ecuador. Anuario de Derecho Constitucional Latinoamericano, 27; 237-259. Recuperado de: https://n9.cl/w39jm

Wright, C., & Mendoza, F. (2017). Cuando dos paradigmas de desarrollo se chocan. Estados de emergencia y protesta indígena en Cajamarca, Perú. Publisher Instituto de Investigaciones Jurídicas de la Universidad Nacional Autónoma de México. Pag 7-32 https://pure.udem.edu.mx/ws/portalfiles/portal/37443004/2017_Wright_Mendoza_IIJ_Cuando_dos_paradigmas_se_chocan.pdf.

Decreto Legislativo Nº 1186 que regula el uso de la fuerza por parte de la PNP.

Decreto Legislativo Nº 1095 que regula el uso de la fuerza por parte de las FF.AA.

Ministerio del Interior (2016) Manual de operaciones de mantenimiento y restablecimiento del orden público.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 11/02/2024
Aceitação/Acceptance: 23/05/2024

Defensa legal en el ciberespacio: una aproximación bibliométrica desde Scopus y Web of Science

Adriana Arboleda-Lopez[1], Jackeline Valencia-Arias[2], Luis Fernando Garcés- Giraldo[3], Eduar Antonio Rodríguez Flores[3], Aarón José Oré León[2]

aarboleda@americana.edu.co; javalenca.a@gmail.com; lgarces@continental.edu.pe; erodriguez@continental.edu.pe; aaron.ore@urp.edu.pe

[1] Corporación Universitaria Americana, Cl. 50 #43-65, 050012, Medellín, Colombia

[2] Universidad Ricardo Palma, 33, Av. Alfredo Benavides 5440, Santiago de Surco 15039, Perú

[2] Universidad Continental, Av. Alfredo Mendiola 5210, Los Olivos 15306, Lima, Perú

Pages: 180-191

Resumen: La defensa legal en el ciberespacio, una esfera crítica en la actualidad enfrenta desafíos complejos en la intersección entre la tecnología y el derecho, el entorno digital es vulnerable a amenazas como robo de datos e intrusiones cibernéticas. La investigación en esta área enfrenta vacíos que demandan un entendimiento más completo de los desafíos y soluciones. El objetivo es examinar las tendencias investigativas sobre defensa legal en el ciberespacio. Utilizando metodología PRISMA-2020, se analizó la literatura de Scopus y Web of Science. Los resultados identifican un crecimiento exponencial en la investigación, principalmente en el 2022 y 2023. Se destacan autores como Lowry PB. La evolución temática pasó de Reference Monitor a temas actuales como la War Against Ukraine. La clasificación de palabras clave reveló enfoques emergentes en Regulation y Leadership. En las conclusiones, se ofrece una visión completa del panorama actual y futuro de la defensa legal en el ciberespacio.

Palabras-clave: Legislación; cumplimiento; protección; delitos cibernéticos; privacidad.

Legal defense in cyberspace: a bibliometric approach from Scopus and Web of Science

Abstract: Legal defense in cyberspace, a critical area today, faces complex challenges at the intersection of technology and law; the digital environment is vulnerable to threats such as data theft and cyber intrusions. Research in this area faces gaps that require a more complete understanding of the challenges and solutions. The goal is to examine research trends in legal defense in cyberspace. Using the PRISMA-2020 methodology, literature from Scopus and Web of Science was analyzed. The results show an exponential growth in research, especially in 2022 and 2023. Authors like Lowry PB stand out. The thematic evolution went from Reference Monitor to current topics such as the war against Ukraine. Keyword classification revealed emerging approaches in regulation and leadership. The

conclusions offer a complete vision of the current and future panorama of legal defense in cyberspace.

Keywords: Legislation; Compliance; Protection; Cybercrime; Privacy.

1. Introducción

La defensa legal en el ciberespacio constituye un área crítica en el contexto contemporáneo, donde la intersección entre la tecnología y el derecho plantea desafíos multifacéticos, en este escenario, el entorno digital se convierte en un terreno propenso a amenazas que van desde el robo de datos hasta la intrusión cibernética, lo que demanda la implementación de políticas y estrategias eficaces para salvaguardar la integridad y la privacidad de la información. En consonancia con esta perspectiva, (Li et al., 2019) exploraró la influencia de la conciencia sobre las políticas de ciberseguridad en el comportamiento de los empleados, destacando la relevancia de la sensibilización en la mitigación de riesgos.

Por otro lado, (Senarak, 2021) propuso un modelo estructural para la prevención y el desarrollo de políticas en torno a la ciberseguridad portuaria, subrayando la importancia de enfoques preventivos en la protección contra amenazas digitales, asimismo, en (Farid, Warraich & Iftikhar, 2023) se llevó a cabo una revisión sistemática sobre la gestión de la seguridad de la información digital en bibliotecas académicas, evidenciando la necesidad de políticas que aborden de manera integral los desafíos de seguridad en este contexto, en este sentido, el análisis y la comprensión de la defensa legal en el ciberespacio constituyen aspectos fundamentales para el desarrollo de marcos regulatorios y prácticas que garanticen la protección y la confiabilidad de los sistemas informáticos y los datos digitales.

La importancia de la defensa legal en el ciberespacio radica en la creciente interdependencia entre las tecnologías de la información y las comunicaciones y la infraestructura jurídica que las respalda. En este contexto, (Szczepaniuk y Szczepaniuk, 2022) destaca la necesidad de analizar las competencias en ciberseguridad como base para formular políticas eficaces en el ámbito de las telecomunicaciones, la comprensión de estas competencias no solo permite evaluar los riesgos y las vulnerabilidades presentes en los entornos digitales, sino que también orienta el diseño de estrategias preventivas y de respuesta ante posibles amenazas cibernéticas.

En la misma línea, (Kang y Hovav, 2020) propone un método de benchmarking para evaluar y mejorar las políticas de seguridad de la información, resaltando la importancia de contar con marcos de referencia sólidos y adaptados a las necesidades específicas de cada organización o sector, en este aspecto, la investigación y el desarrollo de políticas en materia de defensa legal en el ciberespacio constituyen elementos fundamentales para garantizar la integridad, la confidencialidad y la disponibilidad de la información en un entorno digital cada vez más interconectado y dinámico.

La investigación en defensa legal en el ciberespacio aún enfrenta diversos vacíos que requieren ser abordados para comprender de manera integral los desafíos y las soluciones en este campo. Por ejemplo, (Kuppusamy et al., 2022) identifica la necesidad de desarrollar modelos y teorías que expliquen y predigan el comportamiento de cumplimiento de políticas de seguridad de la información, este aspecto es crucial, ya que

el cumplimiento efectivo de las políticas de seguridad es fundamental para garantizar la protección de los activos digitales y la prevención de brechas de seguridad. Sin embargo, la comprensión de los factores que influyen en el comportamiento de cumplimiento aún no está completamente esclarecida en la literatura científica.

Además, la investigación en defensa legal en el ciberespacio también carece de una comprensión profunda de las implicaciones legales y éticas de las tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial, el blockchain y el Internet de las cosas, en el contexto de la seguridad cibernética.

Por tanto, se tiene que el objetivo de la presente investigación es examinar las tendencias investigativas sobre defensa legal en el ciberespacio. Por lo cual, además, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuáles son los años donde más intereses se ha presentado sobre defensa legal en el ciberespacio?
- ¿Qué tipo de crecimiento presenta la cantidad de artículos científicos sobre defensa legal en el ciberespacio?
- ¿Cuáles son los principales referentes investigativos sobre defensa legal en el ciberespacio?
- ¿Cuál es la evolución temática derivada de la producción científica sobre defensa legal en el ciberespacio?
- ¿Cuáles son las palabras clave crecientes y emergentes en el campo de investigación de defensa legal en el ciberespacio?
- ¿Cómo se clasifican las palabras clave de la literatura científica sobre defensa legal en el ciberespacio según su función?

2. Metodología

La defensa legal en el ciberespacio es crucial en la era digital actual, donde la seguridad de la información y la protección de datos son fundamentales. (Page et al., 2021) resalta la importancia de actualizar las pautas para informar sobre revisiones sistemáticas, reconociendo la necesidad de abordar aspectos legales y éticos en la investigación científica, en un entorno digital en constante evolución, la comprensión y aplicación de estrategias de defensa legal son esenciales para salvaguardar la integridad y la confidencialidad de la información en línea, así como para proteger los derechos y la privacidad de usuarios y organizaciones.

2.1. Criterios de elegibilidad

Los criterios de inclusión se basan en los títulos, palabras clave y sinónimos relevantes. Se excluyen registros con indexación errónea, documentos sin acceso al texto completo (solo para Revisiones Sistemáticas de Literatura) y se eliminan actas de conferencia, documentos con indexación incompleta y textos no relevantes en tres fases de exclusión, esto asegura la precisión y la relevancia de los datos analizados.

2.2. Fuentes de información

Se eligieron las bases de datos Scopus y Web of Science debido a su amplia cobertura y precisión en la indexación de publicaciones científicas, como destaca (Singh et al., 2021)

en un análisis comparativo, estas bases de datos son reconocidas por su exhaustividad y calidad, lo que las convierte en fuentes indispensables para la investigación académica y científica actual.

2.3. Estrategia de búsqueda

Para realizar la búsqueda en las bases de datos seleccionadas, se diseñaron dos ecuaciones de búsqueda especializadas que se ajustaban a los criterios de inclusión definidos y a las características de búsqueda de cada base de datos.

Para la base de datos Scopus: TITLE (“Cybersecurity” OR “Internet Security” OR “Information Security” OR “Computer Security” OR “Network Security”) AND TITLE (“Laws” OR “Legislation” OR “Regulations” OR “Legal Framework” OR “Policy” OR “Jurisprudence”)

Para la base de datos Web of Science: TI=(“Cybersecurity” OR “Internet Security” OR “Information Security” OR “Computer Security” OR “Network Security”) AND TI=(“Laws” OR “Legislation” OR “Regulations” OR “Legal Framework” OR “Policy” OR “Jurisprudence”)

2.4. Gestión de datos

En este estudio, se utilizó Microsoft Excel® para extraer, almacenar y tratar la información de las bases de datos seleccionadas (Yusri, Edriati & Yuhendri, 2020). Asimismo, se empleó el software gratuito VOSviewer® (Wong, 2018), junto con Microsoft Excel®, para realizar las gráficas de los diferentes indicadores bibliométricos, esta combinación de herramientas permitió un análisis detallado y una visualización efectiva de los datos recopilados en el estudio.

2.5. Proceso de selección

Según la declaración PRISMA 2020, resaltada en (Page et al., 2021), es crucial mencionar el uso de clasificadores automáticos y validaciones internas o externas para evitar estudios perdidos o clasificaciones incorrectas, en este estudio, se emplearon herramientas de automatización en Microsoft Excel® desarrolladas por todos los investigadores. Cada uno las usó de manera independiente para aplicar los criterios de inclusión y exclusión, reduciendo así el riesgo de pérdida de estudios o clasificaciones erróneas y garantizando la consistencia en la selección de artículos sobre defensa legal en el ciberespacio.

En este análisis bibliométrico se comenzó identificando registros mediante la estrategia de búsqueda en cada fuente de información y eliminando duplicados, luego, se aplicaron tres fases de exclusión para eliminar registros erróneos o irrelevantes, finalmente, se incluyeron 348 artículos tras el proceso de selección para la bibliometría.

3. Resultados

En la sección de resultados, se presentan los hallazgos obtenidos a partir del análisis bibliométrico, estos resultados proporcionan una visión detallada y cuantitativa de la producción académica en este campo, revelando tendencias, patrones y áreas de interés destacadas en la literatura científica recopilada, la información presentada en esta

sección contribuye a comprender el panorama actual y la evolución de la investigación en defensa legal en el ciberespacio.

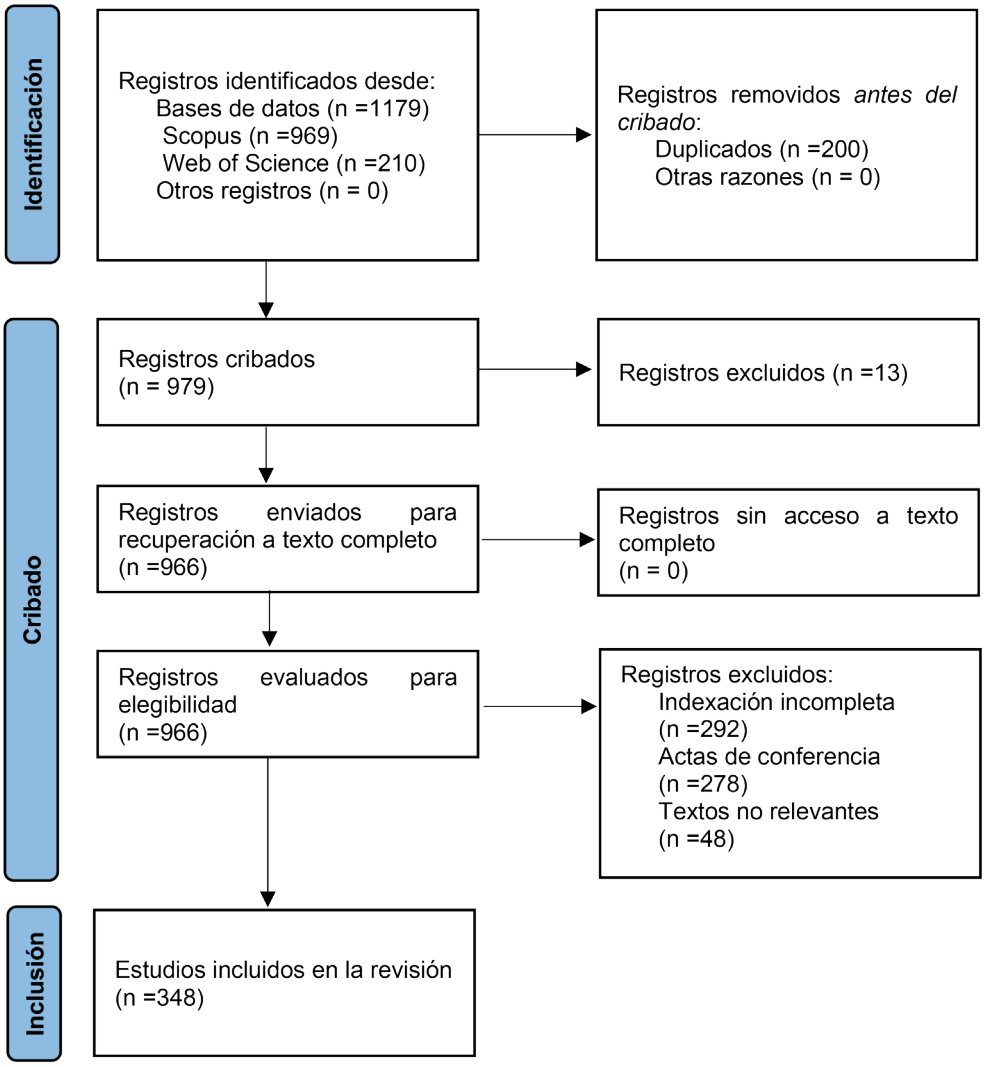


Figura 1 – Diagrama de flujo PRISMA-2020

El presente análisis revela un crecimiento exponencial del 98.66%, como muestra la Figura 2. Los años con mayor número de publicaciones son 2022, 2023 y 2021, lo que indica un aumento significativo en el interés y la atención hacia esta área de estudio, resaltando la evolución y la importancia creciente de la investigación en defensa legal en el ciberespacio en los últimos años.

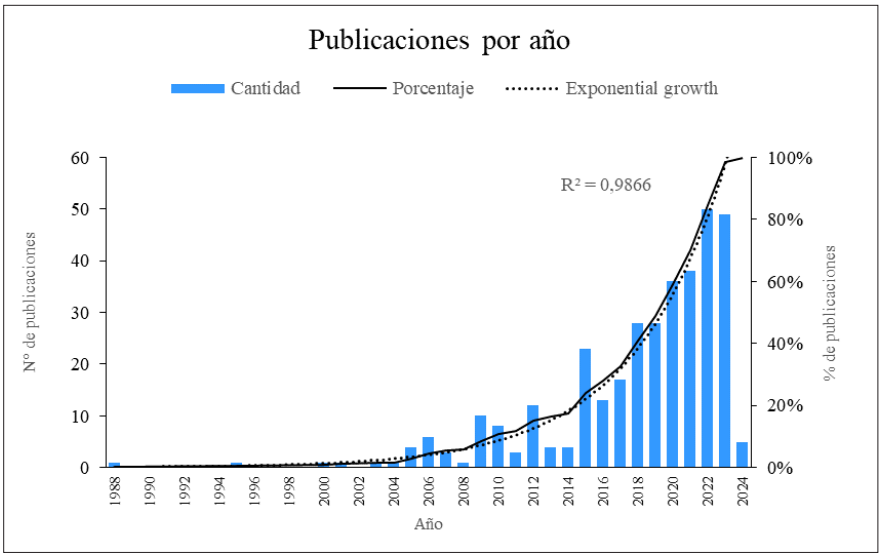


Figura 2 – Publicaciones por año

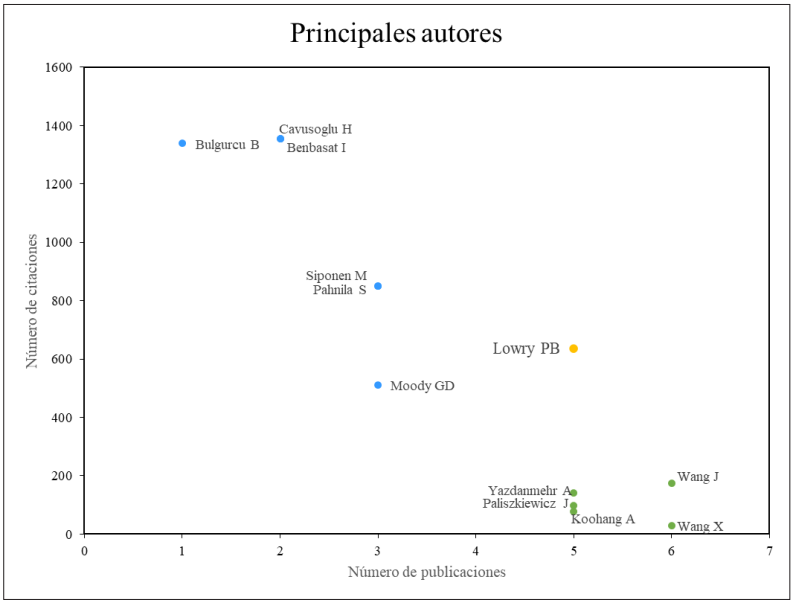


Figura 3 – Principales autores

En cuanto a los principales autores, se identificaron tres grupos , el primero, encabezado por Lowry PB, destaca por su productividad y el impacto de sus investigaciones, el

segundo grupo, liderado por autores como Bulgurcu B, Cavusoglu H y Benbasat I, sobresale por su impacto académico a pesar de una menor productividad científica, por último, un tercer grupo, representado principalmente por Wang J, se distingue por su alta productividad científica, aunque sus trabajos no sean los más citados, estos hallazgos ofrecen una visión integral de los diferentes perfiles y contribuciones de los autores en el ámbito de la defensa legal en el ciberespacio.

Como se observa en la Figura 4, esta investigación exploró la evolución temática en la literatura relacionada con esta área, analizando la palabra clave más utilizada en cada año de investigación desde 1995 hasta 2024, incluyendo el año 1995 como primer año con el concepto Reference Monitor, se evidencia una tendencia emergente hacia temas como War Against Ukraine, Information Security Policy, Data Management y Cyberattacks en los últimos años, lo que refleja las dinámicas y prioridades actuales de investigación en el campo de la defensa legal en el ciberespacio.

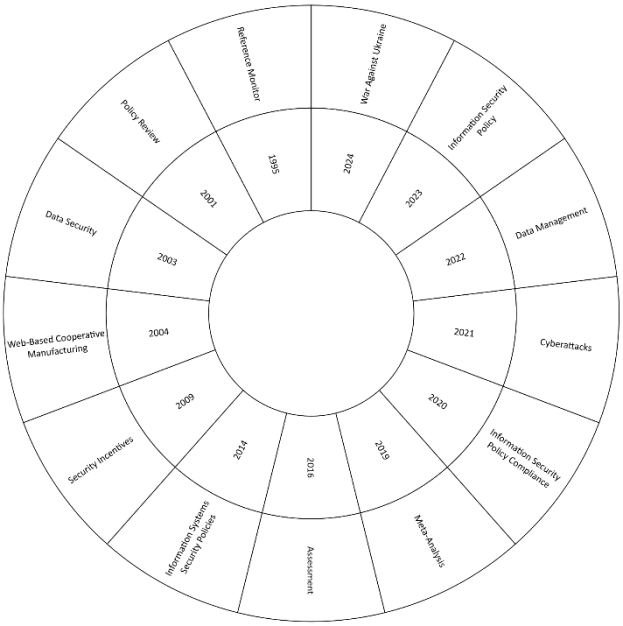


Figura 4 – Evolución temática

Se presenta un plano cartesiano que combina la frecuencia y la vigencia de palabras clave, dividiendo el análisis en cuatro cuadrantes distintos, como se muestra en la Figura 8. El cuarto cuadrante alberga conceptos decrecientes en términos de uso y relevancia, el cuadrante 2 destaca palabras clave emergentes, poco frecuentes, pero altamente vigentes, como Regulation, Leadership, Cyberspace, Policy y Information Security Policy Compliance, por otro lado, en el cuadrante 1 se encuentran conceptos consolidados y en crecimiento, como Information Security Policy y Cybersecurity, indicando su relevancia continua en la literatura científica sobre el tema.

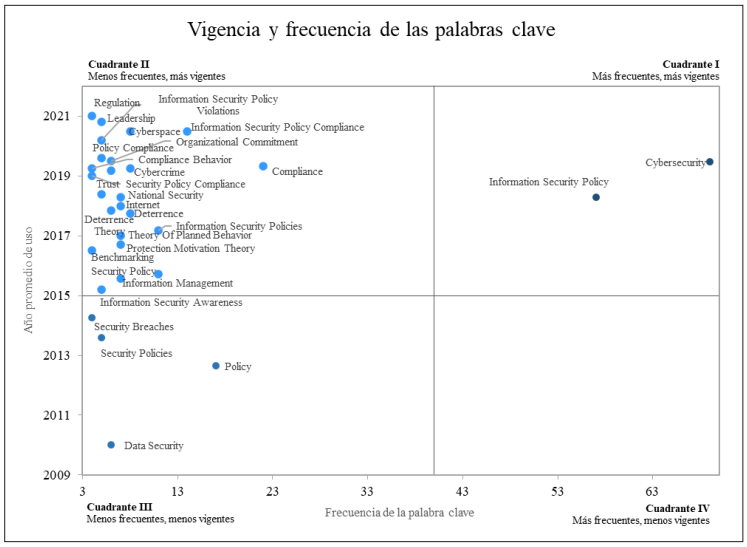


Figura 5 – Frecuencia y vigencia de palabras clave

La Tabla 1 proporciona una clasificación detallada de las principales palabras clave emergentes y crecientes según su función. Este análisis permite identificar las características y aplicaciones principales de cada una de estas funciones categorizadas.

Palabra Clave	Herramientas Asociadas	Aplicaciones	Características
Regulation	Legislación, Normativa, Compliance	Control de Cumplimiento Normativo	Estándares, Cumplimiento Legal, Regulación
Leadership	Gestión de Equipos, Liderazgo Estratégico	Dirección de Proyectos, Toma de Decisiones	Inspiración, Motivación, Orientación
Cyberspace	Internet, Redes Virtuales, Espacio Digital	Comunicación Online, Comercio Electrónico	Conexión Global, Virtualidad, Interconexión
Policy	Normativa, Política Organizacional, Directrices	Gestión de Riesgos, Administración de Recursos	Lineamientos, Normas, Directrices
Information Security Policy Compliance	Cumplimiento de Políticas de Seguridad de la Información	Auditoría de Seguridad, Evaluación de Riesgos	Conformidad, Protección de Datos, Control
Information Security Policy	Gestión de la Seguridad de la Información	Protección de Datos, Prevención de Amenazas	Seguridad Cibernética, Confidencialidad, Integridad
Cybersecurity	Seguridad Informática, Protección de Datos	Detección de Amenazas, Respuesta a Incidentes	Resiliencia, Prevención, Mitigación

Tabla 1 – Clasificación de principales palabras clave según su función

A través de esta clasificación, se ofrece una visión estructurada y comprensiva de las tendencias actuales en la investigación sobre defensa legal en el ciberespacio, permitiendo a los investigadores y profesionales identificar áreas de interés y enfoque para futuros estudios y desarrollos en este campo en constante evolución.

4. Discusión

La sección de discusión desempeña un papel esencial al analizar en detalle los resultados obtenidos y al presentar las implicaciones prácticas y limitaciones del estudio, en esta sección, se examinan minuciosamente las tendencias y hallazgos identificados, proporcionando una comprensión profunda de la investigación, además, se destacan las aplicaciones prácticas de los resultados y se abordan las posibles limitaciones del estudio, ofreciendo una visión equilibrada y transparente de su alcance y áreas de mejora para futuras investigaciones.

4.1. Análisis de los resultados

Durante los años más prominentes de la bibliometría, específicamente en 2022, 2023 y 2021, se ha evidenciado una significativa producción científica. (Hong y Furnell, 2022) explora la motivación para el cumplimiento de políticas de seguridad de la información, mientras que (Nwankpa y Datta, 2023) analiza el papel de la conciencia cibernética y las políticas de ciberseguridad entre los trabajadores remotos, reflejando la relevancia y la diversidad de la investigación en el campo, abordando temas críticos para la protección y seguridad de la información en entornos digitales.

En los resultados, se destacan autores clave por su contribución investigativa. (Lowry y Moody, 2015) propuso el Modelo de Cumplimiento Control-Reactividad (CRCM), explicando las motivaciones para cumplir con políticas de seguridad, por su parte, (Bulgurcu, Cavusoglu & Benbasat, 2010) realizó un estudio sobre conformidad con políticas de seguridad, abordando creencias y conciencia de seguridad, estos trabajos han sido fundamentales para comprender el cumplimiento de políticas de seguridad en entornos organizacionales y contribuir al campo de la ciberseguridad.

La evolución temática reveló un cambio notable en los enfoques de investigación a lo largo del tiempo. En los primeros años, como en 1995, se centró en conceptos como el Reference Monitor (Abrams y Moffett, 1995), mientras que en la actualidad, temas como la War Against Ukraine y las políticas de seguridad de la información han ganado relevancia, como se evidencia en (Vilpišauskas, 2024) y (Yazdanmehr, Li & Wang, 2023). Este cambio refleja la necesidad de adaptarse a los desafíos contemporáneos y subraya la importancia de abordar las amenazas y políticas emergentes en el ciberespacio.

En los resultados, el cuadrante 2 del plano cartesiano destaca por albergar conceptos emergentes, como “Regulation” y “Leadership”, con una importancia creciente en la actualidad y el futuro próximo, estudios como (El Rob, 2023) subrayan la necesidad de regulaciones efectivas en sectores críticos, como la atención médica, para garantizar la seguridad cibernética, mientras que, (Ajabnoor, 2023) resalta el papel del liderazgo relacional en la conformidad con las políticas de seguridad de la información, estos conceptos emergentes enfatizan la importancia de abordar tanto los aspectos regulatorios como de liderazgo para fortalecer la defensa legal en el ciberespacio.

4.2. Limitaciones e implicaciones prácticas

Una limitación de la presente bibliometría es la exclusión de algunas fuentes de información debido a restricciones de acceso y la dependencia de herramientas informáticas como Microsoft Excel® y VOSviewer®, lo que puede introducir sesgos en el análisis de datos bibliométricos y afectar la precisión de los resultados, se requiere atención futura para abordar estas limitaciones y mejorar la comprensión del tema.

Se tuienen importantes implicaciones prácticas para diversos ámbitos, la identificación de la evolución temática, que ha transitado de un enfoque centrado en el Reference Monitor hacia aspectos más amplios como la War Against Ukraine, las políticas de seguridad de la información, la gestión de datos y los ciberataques, proporciona una visión integral de las tendencias y desafíos actuales en materia de defensa legal en el ámbito digital, este cambio conceptual refleja la necesidad de adaptarse a un entorno cibernético en constante evolución y de abordar las amenazas y vulnerabilidades emergentes que afectan la seguridad informática y la protección de datos.

El análisis de la frecuencia y vigencia de las palabras clave revela la aparición de conceptos emergentes como Regulation, Leadership, Cyberspace, Policy y Information Security Policy Compliance, así como el crecimiento continuo de términos como Information Security Policy y Cybersecurity, estas tendencias indican la importancia de centrar los esfuerzos en el desarrollo de regulaciones y políticas efectivas, el fortalecimiento del liderazgo en materia de seguridad cibernética, la comprensión del ciberespacio como un ámbito crítico para la defensa legal, y el cumplimiento de las políticas de seguridad de la información, además, resaltan la necesidad de mantenerse actualizado sobre las últimas tendencias y enfoques en defensa legal en el ciberespacio para garantizar la protección adecuada de los sistemas y datos digitales en un entorno cada vez más interconectado y digitalizado.

5. Conclusiones

Se tienen conclusiones significativas que reflejan la evolución y el interés en esta área de investigación, se destaca un aumento notable de la producción científica en los años 2022 y 2023, indicando un crecimiento exponencial en la literatura sobre el tema. Los principales referentes investigativos identificados son Lowry PB y Bulgurcu B, quienes han contribuido de manera significativa al desarrollo del campo. En cuanto a la evolución temática, se observa un cambio de enfoque desde el Reference Monitor hacia temas más actuales como la War Against Ukraine, las políticas de seguridad de la información y los ciberataques.

El análisis de las palabras clave revela la prominencia de conceptos consolidados como Information Security Policy y Cybersecurity, así como la emergencia de términos como Regulation y Leadership. Esta clasificación de palabras clave refleja una agenda investigativa en constante evolución, con un enfoque en profundizar en los principales conceptos y desarrollar futuros estudios en un campo en continua expansión, estas conclusiones destacan la importancia y la relevancia de la defensa legal en el ciberespacio como un área de investigación dinámica y en constante evolución, con implicaciones significativas para la seguridad y protección en el entorno digital.

Referencias

Abrams, M. D., & Moffett, J. D. (1995). A higher level of computer security through active policies. *Computers & Security*, *14*(2), 147-157. https://doi.org/10.1016/0167-4048(95)97048-F

Ajabnoor, N. (2023). A Neutrosophic Model for Identifying and Analyzing the Effect of Relational Leadership on Information Security Policy Compliance: A Case Study of the Hotel Industry. *International Journal of Neutrosophic Science*, *21*(2), 204-04. https://doi.org/10.54216/IJNS.210217

Bulgurcu, B., Cavusoglu, H., & Benbasat, I. (2010). Information security policy compliance: an empirical study of rationality-based beliefs and information security awareness. *MIS quarterly*, 523-548. https://doi.org/10.2307/25750690

El Rob, M. A. (2023). A narrative review of advantageous cybersecurity frameworks and regulations in the United States healthcare system. *Issues in Information Systems*, *24*(4).

Farid, G., Warraich, N. F., & Iftikhar, S. (2023). Digital information security management policy in academic libraries: A systematic review (2010–2022). *Journal of Information Science*, 01655515231160026. https://doi.org/10.1177/01655515231160026

Hong, Y., & Furnell, S. (2022). Motivating information security policy compliance: Insights from perceived organizational formalization. *Journal of Computer Information Systems*, *62*(1), 19-28. https://doi.org/10.1080/08874417.2019.1683781

Kang, M., & Hovav, A. (2020). Benchmarking methodology for information security policy (BMISP): Artifact development and evaluation. *Information Systems Frontiers*, *22*, 221-242. https://doi.org/10.1007/s10796-018-9855-6

Kuppusamy, P., Samy, G. N., Maarop, N., Magalingam, P., Kamaruddin, N., Shanmugam, B., & Perumal, S. (2022). Information Security Policy Compliance Behavior Models, Theories, and Influencing Factors: A Systematic Literature Review. *Journal of Theoretical & Applied Information Technology (JATIT)*. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1551/1/012005

Li, L., He, W., Xu, L., Ash, I., Anwar, M., & Yuan, X. (2019). Investigating the impact of cybersecurity policy awareness on employees' cybersecurity behavior. *International Journal of Information Management*, *45*, 13-24. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.10.017

Lowry, P. B., & Moody, G. D. (2015). Proposing the control-reactance compliance model (CRCM) to explain opposing motivations to comply with organisational information security policies. *Information Systems Journal*, *25*(5), 433-463. https://doi.org/10.1111/isj.12043

Nwankpa, J. K., & Datta, P. M. (2023). Remote vigilance: The roles of cyber awareness and cybersecurity policies among remote workers. *Computers & Security*, *130*, 103266. https://doi.org/10.1016/j.cose.2023.103266

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). Updating guidance for reporting systematic reviews: development of the PRISMA 2020 statement. *Journal of clinical epidemiology*, *134*, 103-112. https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2021.02.003

Senarak, C. (2021). Port cybersecurity and threat: A structural model for prevention and policy development. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, *37*(1), 20-36. https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2020.05.001

Singh, V. K., Singh, P., Karmakar, M., Leta, J., & Mayr, P. (2021). The journal coverage of Web of Science, Scopus and Dimensions: A comparative analysis. *Scientometrics*, *126*, 5113-5142. https://doi.org/10.1007/s11192-021-03948-5

Szczepaniuk, E. K., & Szczepaniuk, H. (2022). Analysis of cybersecurity competencies: Recommendations for telecommunications policy. *Telecommunications Policy*, *46*(3), 102282. https://doi.org/10.1016/j.telpol.2021.102282

Vilpišauskas, R. (2024). Gradually and then suddenly: the effects of Russia's attacks on the evolution of cybersecurity policy in Lithuania. *Policy Studies*, 1-22. https://doi.org/10.1080/01442872.2024.2311155

Wong, D. (2018). VOSviewer. *Technical Services Quarterly*, *35*(2), 219-220. https://doi.org/10.1080/07317131.2018.1425352

Yazdanmehr, A., Li, Y., & Wang, J. (2023). Does stress reduce violation intention? Insights from eustress and distress processes on employee reaction to information security policies. *European Journal of Information Systems*, *32*(6), 1033-1051. https://doi.org/10.1080/0960085X.2022.2099767

Yusri, R., Edriati, S., & Yuhendri, R. (2020). Pelatihan Microsoft Office Excel Sebagai Upaya Peningkatan Kemampuan Mahasiswa Dalam Mengolah Data. *RANGKIANG: Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, *2*(1), 32-37. https://doi.org/10.22202/rangkiang.2020.v2i1.4214

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 12/02/2024
Aceitação/Acceptance: 15/05/2024

Reduciendo la brecha de género: explorando el papel de las tecnologías de la información y comunicación en la educación femenina a partir de un análisis bibliométrico

Jackeline Valencia-Arias[1], Adriana Arboleda-Lopez[2], Diego Alejandro Correa Correa[2], Luis Fernando Garcés- Giraldo[3], Eduar Antonio Rodríguez Flores[3], Renata Teodori de la Puente[2]

javalenca.a@gmail.com; aarboleda@americana.edu.co; dcorrea@americana.edu.co; lgarces@continental.edu.pe; erodriguez@continental.edu.pe; renata.teodori1@gmail.com

[1] Universidad Ricardo Palma, 33, Av. Alfredo Benavides 5440, Santiago de Surco 15039, Perú

[2] Corporación Universitaria Americana, Cl. 50 #43-65, 050012, Medellín, Colombia

[2] Universidad Continental, Av. Alfredo Mendiola 5210, Los Olivos 15306, Lima, Perú

Pages: 192-204

Resumen: El estudio del impacto de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en la educación femenina refleja la evolución educativa junto con los avances tecnológicos. Sin embargo, la investigación en este campo enfrenta varias lagunas y desafíos que requieren abordarse. Por tanto, el objetivo es examinar las tendencias investigativas alrededor del tema. La metodología, comprende un análisis bibliométrico, basado en PRISMA-2020, que analiza datos de Scopus y Web of Science. Los resultados revelan un aumento exponencial de publicaciones en 2022 y 2023. Se identifican Leiner T y Wolterink JM con Viergever MA como principales referentes. La evolución temática destaca el cambio de Special Education a enfoques como Students, Prognosis Prediction, Deep Learning y Machine Learning. Las palabras clave emergentes incluyen Medical Education y Artificial Intelligence, con Machine Learning como consolidado. La clasificación funcional indica direcciones para futuras investigaciones.

Palabras-clave: Equidad de género; acceso a la tecnología; competencias tecnológicas; aprendizaje en línea; alfabetización digital.

Reducing the gender gap: exploring the role of information and communication technologies in female education based on a bibliometric analysis

Abstract: The study of the impact of information and communication technologies (ICTs) on women's education reflects the evolution of education along with technological advances. However, research in this area faces several gaps and challenges that need to be addressed. Therefore, the objective is to examine the research trends around the topic. The methodology includes a bibliometric analysis

based on PRISMA-2020, which analyzes data from Scopus and Web of Science. The results show an exponential increase in publications in 2022 and 2023. Leiner T and Wolterink JM are identified with Viergever MA as the main reference. The thematic evolution highlights the shift from Special Education to approaches such as Students, Prognosis Prediction, Deep Learning and Machine Learning. Emerging keywords include medical education and artificial intelligence, with machine learning consolidated. The functional classification indicates directions for future research.

Keywords: Gender equity; access to technology; technology literacy; online learning; digital literacy.

1. Introducción

La educación femenina ha sido objeto de análisis y transformación en consonancia con los avances tecnológicos, particularmente en el ámbito de las tecnologías de la información y comunicación (TIC). Este tema ha cobrado relevancia en un contexto global marcado por la pandemia de COVID-19, que ha acelerado la transición hacia modalidades educativas a distancia. (Rizun y Strzelecki, 2020) destaca el impacto de la pandemia en la aceptación de los estudiantes ante la transición de la educación superior hacia el aprendizaje a distancia, un fenómeno que ha afectado significativamente la percepción y experiencia educativa.

Este tema implica analizar cómo las TIC, que incluyen herramientas digitales, plataformas en línea, y recursos tecnológicos, están influyendo en la educación de las mujeres en diferentes contextos y regiones del mundo. (Albarrak et al., 2021) examina la disposición y conocimiento de los médicos respecto a la telemedicina, una aplicación de las TIC que también ha adquirido importancia en la región de Riyadh, Arabia Saudita, se refleja la creciente intersección entre las TIC y la educación femenina, subrayando la necesidad de comprender y evaluar cómo estas tecnologías pueden influir en el acceso, la calidad y la equidad educativa para las mujeres en diferentes contextos y regiones del mundo.

La importancia del papel de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en la educación femenina es evidente en diversos contextos y regiones, como lo demuestran los estudios recientes. (Choi et al., 2022) examina el uso de la telemedicina entre adultos mayores durante la pandemia de COVID-19, revelando asociaciones significativas con características sociodemográficas, posesión de dispositivos tecnológicos y habilidades de aprendizaje tecnológico, los hallazgos sugieren que las TIC pueden desempeñar un papel crucial en la inclusión y accesibilidad de servicios de salud y educación para las mujeres de diferentes grupos demográficos. Además, (Mindu et al., 2023) exploró las intervenciones de salud mental digital para jóvenes en áreas rurales de Sudáfrica, destacando las perspectivas y desafíos para su implementación, resaltando el potencial de las TIC para ampliar el acceso a recursos educativos y de salud, especialmente para las mujeres que residen en zonas remotas o desatendidas.

La investigación sobre el papel de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en la educación femenina enfrenta diversos vacíos, si bien existen avances significativos en este campo, hay áreas críticas que requieren una mayor atención. Por ejemplo, (Brown et al., 2020) examina las aplicaciones de embarazo disponibles en la tienda de Google Play, sin embargo, hay una falta de estudios específicos que analicen el

impacto y la eficacia de las TIC en la educación de las mujeres en diferentes etapas de la vida, incluyendo la adolescencia, la edad adulta y la tercera edad, además, la mayoría de las investigaciones se centran en países desarrollados, lo que limita la comprensión de cómo las TIC pueden influir en la educación femenina en contextos menos desarrollados o en comunidades marginadas.

Otro vacío importante radica en la falta de análisis sobre cómo las barreras socioeconómicas y culturales pueden afectar el acceso y la utilización efectiva de las TIC en la educación femenina, estos vacíos de investigación subrayan la necesidad de llevar a cabo una bibliometría para identificar las tendencias, lagunas y áreas prioritarias de investigación que contribuyan a mejorar la comprensión y la aplicación de las TIC en la educación de las mujeres. Por tanto, se tiene que el objetivo de la presente investigación es examinar las tendencias investigativas sobre el papel de las tecnologías de la información y comunicación en la educación femenina. Por lo cual, además, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuáles son los años donde más intereses se ha presentado sobre el papel de las tecnologías de la información y comunicación en la educación femenina?
- ¿Qué tipo de crecimiento presenta la cantidad de artículos científicos sobre el papel de las tecnologías de la información y comunicación en la educación femenina?
- ¿Cuáles son los principales referentes investigativos sobre el papel de las tecnologías de la información y comunicación en la educación femenina?
- ¿Cuál es la evolución temática derivada de la producción científica sobre el papel de las tecnologías de la información y comunicación en la educación femenina?
- ¿Cuáles son las palabras clave crecientes y emergentes en el campo de investigación del papel de las tecnologías de la información y comunicación en la educación femenina?
- ¿Cómo se clasifican las palabras clave de la literatura científica sobre el papel de las tecnologías de la información y comunicación en la educación femenina según su función?

2. Metodología

El estudio del papel de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en la educación femenina es esencial para comprender su impacto en el acceso, calidad y equidad educativa. (Page et al., 2021) destaca la importancia de actualizar las directrices para informar revisiones sistemáticas, lo que refleja la necesidad de mantenerse al día con las tendencias y métodos de investigación en este campo en constante evolución. La integración efectiva de las TIC en la educación femenina puede empoderar a las mujeres, cerrar brechas de género y promover un desarrollo inclusivo y equitativo en la sociedad.

2.1. Criterios de elegibilidad

La inclusión de textos se basa en títulos y palabras clave como metadatos principales, abarcando diversas formas de referirse al tema. Se consideran términos como “tecnologías educativas para mujeres” y “uso de TIC en la enseñanza a mujeres” para capturar la amplitud de la literatura relevante. En las tres fases de exclusión, se eliminan

registros con indexación errónea, documentos sin acceso al texto completo en revisiones sistemáticas, y se depuran metadatos incompletos, actas de conferencia y textos no pertinentes, este proceso garantiza la precisión y relevancia de los datos analizados en la investigación bibliométrica.

2.2. Fuentes de información

Se optó por utilizar las bases de datos Scopus y Web of Science debido a su reconocimiento como las principales fuentes de información científica y académica en la actualidad. (AlRyalat, Malkawi & Momani, 2019) destaca que estas bases de datos ofrecen una cobertura amplia y exhaustiva de la literatura científica, abarcando diversas disciplinas y áreas temáticas, además, proporcionan herramientas avanzadas para la búsqueda, análisis y visualización de datos bibliométricos, lo que las convierte en recursos fundamentales para investigaciones de este tipo. La elección de Scopus y Web of Science garantiza la inclusión de un espectro representativo de publicaciones científicas relevantes en el campo de estudio, lo que contribuye a la robustez y validez de los resultados obtenidos en la bibliometría.

2.3. Estrategia de búsqueda

Para materializar la búsqueda en las bases de datos seleccionadas, Scopus y Web of Science, se diseñaron dos ecuaciones de búsqueda especializadas, adaptadas a los criterios de inclusión definidos y a las características de búsqueda de cada plataforma.

Para la base de datos Scopus: ((TITLE (“Information and Communication Technology” OR “ICT” OR “Digital Technology” OR “Computer Technology”) AND TITLE (“Education” OR “Learning” OR “Pedagogy” OR “Instruction” OR “Teaching” OR “Academic”) AND TITLE (wom?n OR female OR girl)) OR (KEY (“Information and Communication Technology” OR “ICT” OR “Digital Technology” OR “Computer Technology”) AND KEY (“Education” OR “Learning” OR “Pedagogy” OR “Instruction” OR “Teaching” OR “Academic”) AND KEY (wom?n OR female OR girl)))

Para la base de datos Web of Science: ((TI=(“Information and Communication Technology” OR “ICT” OR “Digital Technology” OR “Computer Technology”) AND TI=(“Education” OR “Learning” OR “Pedagogy” OR “Instruction” OR “Teaching” OR “Academic”) AND TI=(wom?n OR female OR girl)) OR (AK=(“Information and Communication Technology” OR “ICT” OR “Digital Technology” OR “Computer Technology”) AND AK=(“Education” OR “Learning” OR “Pedagogy” OR “Instruction” OR “Teaching” OR “Academic”) AND AK=(wom?n OR female OR girl)) OR (KP=(“Information and Communication Technology” OR “ICT” OR “Digital Technology” OR “Computer Technology”) AND KP=(“Education” OR “Learning” OR “Pedagogy” OR “Instruction” OR “Teaching” OR “Academic”) AND KP=(wom?n OR female OR girl)))

2.4. Gestión de datos

Se empleó Microsoft Excel® para extraer, almacenar y analizar la información de las bases de datos, posteriormente, se utilizaron Microsoft Excel® y el software gratuito

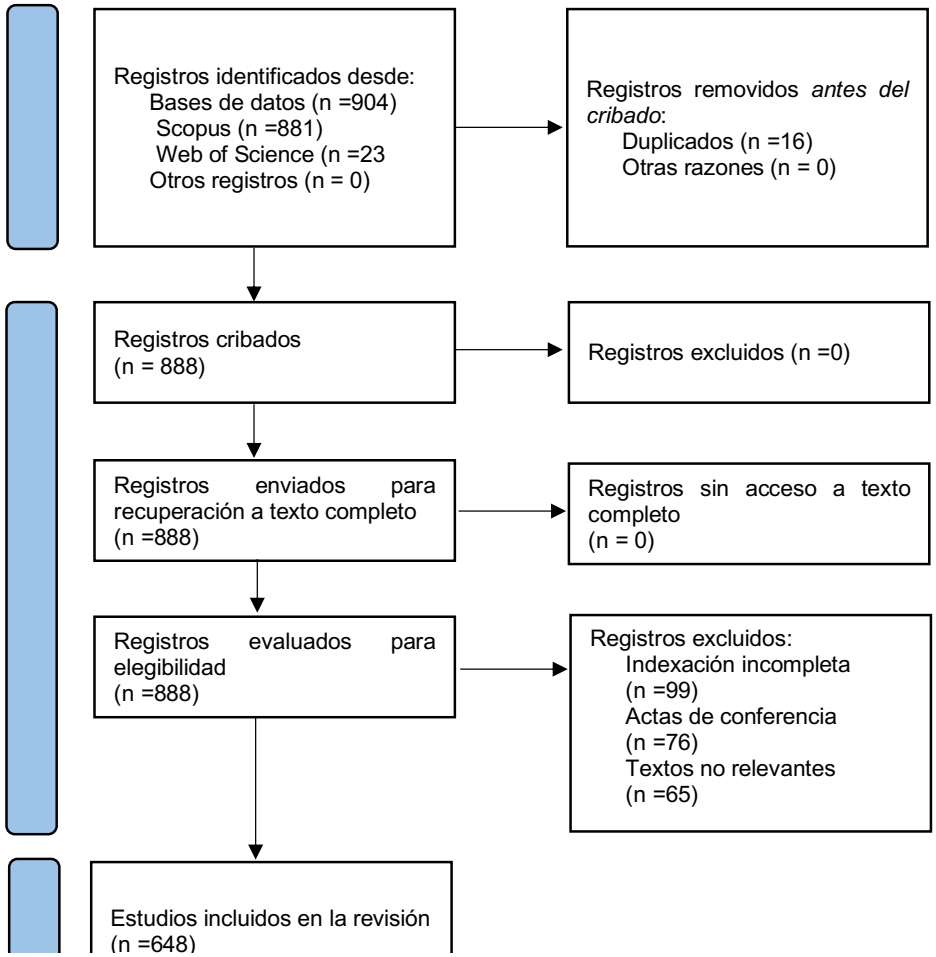


Figura 1 – Diagrama de flujo PRISMA-2020

VOSviewer® para la realización de gráficas de los diferentes indicadores bibliométricos. VOSviewer® permite analizar las relaciones entre autores, instituciones y términos clave en el campo de estudio, la metodología integral utilizada facilitó el análisis y la representación de los resultados de manera efectiva (Sianipar, Zulfah & Astuti, 2023).

2.5. Proceso de selección

Según la declaración PRISMA 2020 (Page et al., 2021), es importante mencionar si se empleó un clasificador automático interno y la validación interna o externa para reducir el riesgo de estudios perdidos o clasificaciones incorrectas, en este estudio, se

utilizó una herramienta de automatización en Microsoft Excel® desarrollada por todos los investigadores, quienes la aplicaron de forma independiente en la selección de estudios, esto ayudó a minimizar el riesgo de omitir estudios relevantes o clasificarlos incorrectamente al converger los resultados.

Inicialmente, se identificaron registros y se eliminaron duplicados según la estrategia de búsqueda, luego, se aplicaron tres fases de exclusión y finalmente, se incluyeron 648 artículos en este estudio.

3. Resultados

La sección de resultados revela las tendencias y patrones de la investigación sobre las tecnologías de la información y comunicación en la educación femenina, se analizan las publicaciones, autores destacados y temas relevantes, proporcionando una visión general de la literatura científica en este ámbito.

La presente bibliometría permitió identificar un crecimiento exponencial del 96,98% en la publicación de artículos, como se observa en la Figura 2. Este aumento significativo en la producción científica resalta la creciente atención y el interés por este tema en la comunidad académica, se observa que los años con mayor número de publicaciones son 2021, 2022 y 2023, lo que sugiere una tendencia ascendente en la investigación y el desarrollo de conocimiento en esta área específica, reflejando la importancia y relevancia de las tecnologías de la información y comunicación en el contexto de la educación femenina.

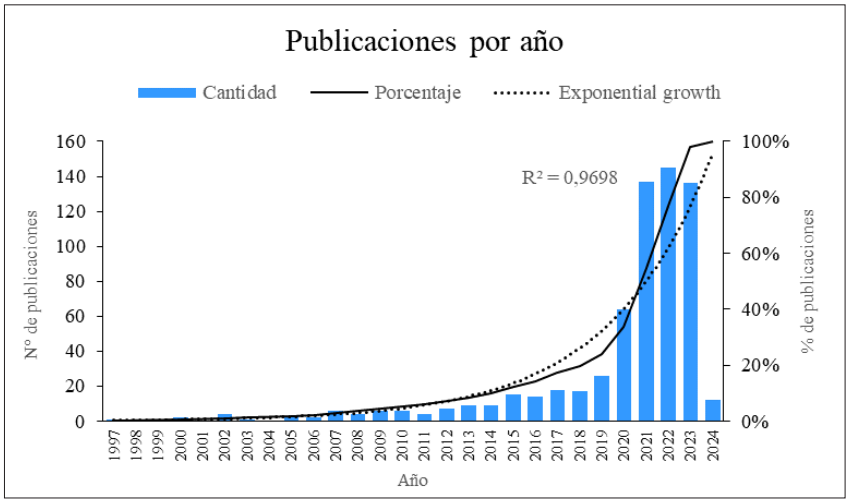


Figura 2 – Publicaciones por año

Se identifican tres grupos de autores en el estudio del papel de las tecnologías de la información y comunicación en la educación femenina. El primer grupo, representado

por autores como Leiner T, destaca tanto en productividad como en impacto, autores como Wolterink JM, Viergever MA y Isgum I exhiben un alto impacto a pesar de una baja productividad, el grupo liderado por Wang X se caracteriza por una alta productividad, aunque con menor número de citaciones, estos resultados ilustran la diversidad de perfiles de autores y sus contribuciones al campo.

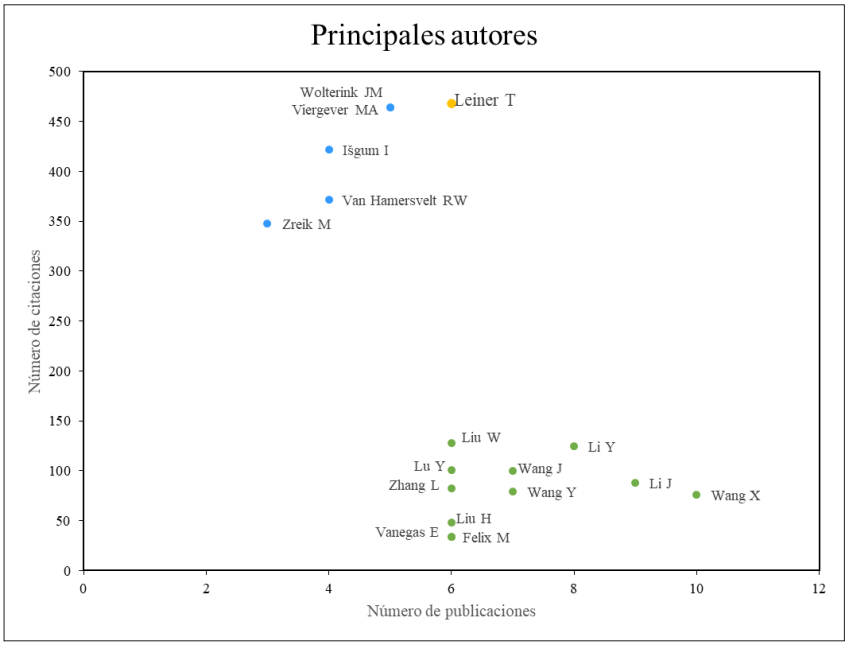


Figura 3 – Principales autores

Se abordó la evolución temática en la literatura, como se observa en la Figura 4. Desde 2003 hasta 2024, se identificaron palabras clave más utilizadas cada año, el año inicial, 2003, destaca la aparición de conceptos como Special Education, mientras que en los últimos años predominan temas como Students, Prognosis Prediction, Deep Learning, Machine Learning y Convolutional Neural Network, reflejando las tendencias actuales de investigación en el campo.

La investigación presenta un enfoque innovador al proponer un plano cartesiano que evalúa la frecuencia y vigencia de palabras clave en el campo de las tecnologías de la información y comunicación en la educación femenina, como se muestra en la Figura 8. Este plano permite identificar cuatro cuadrantes distintos, donde el cuarto cuadrante alberga conceptos decrecientes, como “Ict”, en el cuadrante 2 se encuentran palabras poco frecuentes pero altamente vigentes, consideradas emergentes, tales como “Medical Education”, “Artificial Intelligence”, “Older Adults” y “Digital Health”, en contraste, los conceptos consolidados y en crecimiento, como “Machine, ofreciendo una herramienta visual y analítica para comprender la dinámica y evolución de las palabras clave en el ámbito de estudio, permitiendo identificar tendencias emergentes y conceptos

consolidados en la investigación sobre tecnologías de la información y comunicación en la educación femenina.

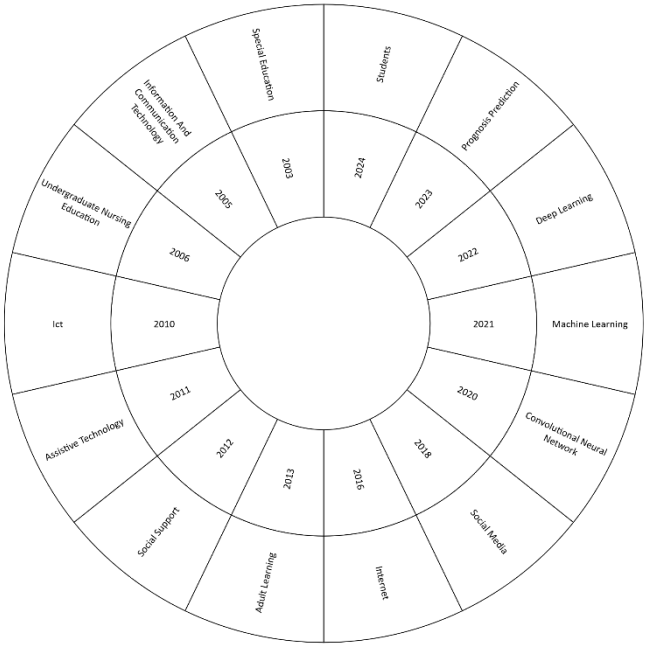


Figura 4 – Evolución temática

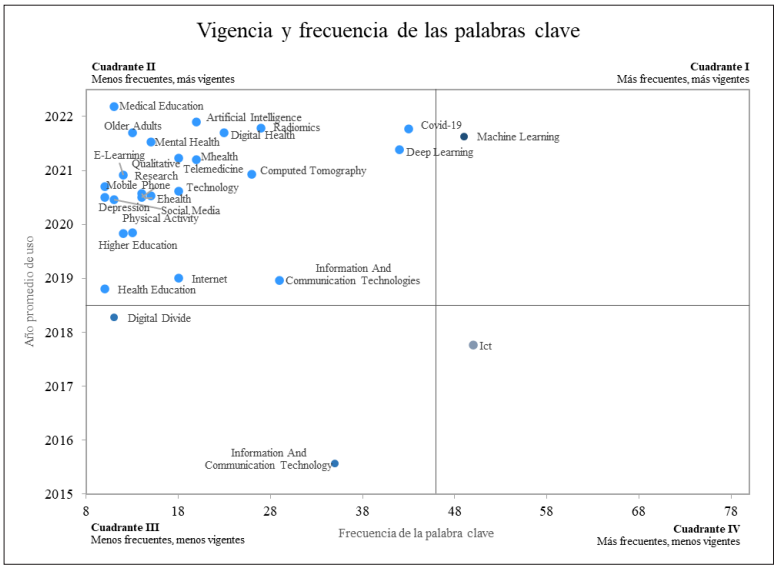


Figura 5 – Frecuencia y vigencia de palabras clave

La Tabla 1 proporciona una clasificación de las principales palabras clave emergentes y crecientes relacionados con el papel de las tecnologías de la información y comunicación en la educación femenina, organizadas según su función.

Palabra Clave	Herramientas Asociadas	Aplicaciones	Características
Medical Education	Simuladores médicos, Plataformas e-learning	Capacitación de profesionales de la salud, Formación en procedimientos médicos	Interactividad, Realismo en la simulación
	Bibliotecas digitales, Realidad aumentada	Entrenamiento en habilidades clínicas, Simulación de escenarios médicos	Personalización del aprendizaje, Retroalimentación inmediata
Artificial Intelligence	Machine Learning, Natural Language Processing	Automatización de procesos, Análisis de grandes volúmenes de datos	Aprendizaje continuo, Toma de decisiones inteligente
	Computer Vision, Speech Recognition	Reconocimiento de imágenes médicas, Procesamiento de lenguaje natural	Identificación de patrones, Comprensión del lenguaje humano
Older Adults	Teleasistencia, Tecnología de asistencia	Cuidado de la salud a distancia, Monitoreo de signos vitales	Facilita la independencia, Promueve el bienestar social
	Aplicaciones de recordatorio de medicamentos, Dispositivos de monitoreo de actividad física	Mejora la calidad de vida, Promueve el envejecimiento activo	Seguridad y privacidad, Accesibilidad y usabilidad
Digital Health	Telemedicina, Aplicaciones móviles	Diagnóstico remoto, Gestión de enfermedades crónicas	Acceso a la atención médica desde cualquier lugar, Facilita la comunicación médico-paciente
	Plataformas de telemonitoreo, Sensores de salud wearable	Promoción de la salud y prevención de enfermedades, Monitoreo continuo de signos vitales	Integración de datos, Personalización de la atención
Machine Learning	Deep Learning, Supervised Learning	Reconocimiento de patrones, Predicción de resultados	Adaptabilidad a nuevos datos, Eficiencia en el procesamiento
	Unsupervised Learning, Reinforcement Learning	Agrupamiento de datos no etiquetados, Optimización de la toma de decisiones	Descubrimiento de patrones ocultos, Aprendizaje interactivo

Tabla 1 – Clasificación de principales palabras clave según su función

Esta clasificación permite identificar las principales características y aplicaciones de cada una de las funciones categorizadas, lo que brinda una visión panorámica de los aspectos clave en el campo de estudio.

Style Name	Format
title	size-18 “Georgia” font, with simple spacing and followed by a 24-point paragraph spacing
heading1	size-12, bold “Georgia” font, left-aligned, with simple spacing, a 24-point spacing before the text and 12-point spacing after the text

4. Discusión

La sección de discusión analiza los resultados, explora los hallazgos, sus implicaciones prácticas y las limitaciones del estudio.

4.1. Análisis de los resultados

Los resultados revelaron que, durante los años 2021, 2022 y 2023, se observó un aumento significativo en la producción científica sobre tecnologías de la información y comunicación en la educación femenina. Estudios como (Yan et al., 2022) y (Jiang et al., 2023) han destacado por su aplicación de inteligencia artificial en el análisis de imágenes médicas, lo que señala un avance importante en el campo.

En la sección de resultados, se encontró que el principal autor en términos de productividad e impacto fuero Leiner T, mientras que Wolterink JM con Viergever MA y Isgum I figuraron por impacto y Wang X destacó en productividad con un aporte de 10 publicaciones. Leiner T se destaca en la investigación por su contribución en el análisis de imágenes de tomografía computarizada coronaria para la identificación de estenosis coronaria significativa (Zreik et al., 2018), a la vez que, Wolterink JM y Viergever MA han desarrollado un sistema basado en redes neuronales convolucionales recurrentes para la detección automática y clasificación de placas y estenosis en angiografías coronarias por tomografía computarizada (Zreik et al., 2018).

En la evolución temática, se observó un cambio significativo en el enfoque conceptual a lo largo del tiempo. Inicialmente, en 2003, el énfasis estaba en la educación especial, como demostró (Brodin y Lindstrand, 2003). Sin embargo, en años más recientes, como 2023 y 2024, se ha ampliado el enfoque hacia temas como la predicción de pronósticos en estudiantes y la actitud hacia el aprendizaje en línea entre estudiantes de profesiones de la salud, según los estudios (Tong et al., 2023) y (Güllü, Kara & Akgün, 2024), respectivamente, estos cambios reflejan la adaptación de las tecnologías de la información y comunicación en la educación femenina para abordar desafíos contemporáneos y necesidades educativas emergentes.

El cuadrante 2 del plano cartesiano destaca conceptos emergentes como Medical Education y Artificial Intelligence, estos términos reflejan la creciente importancia de la intersección entre la tecnología y la educación en la investigación contemporánea, un ejemplo de ello es (Banerjee et al., 2021), que analiza el impacto de la inteligencia

artificial en la educación clínica y ofrece recomendaciones para formadores médicos, lo que sugiere que estos conceptos emergentes serán fundamentales en el futuro próximo del campo educativo y médico.

4.2. Limitaciones e implicaciones prácticas

Esta bibliometría se basó en la metodología PRISMA-2020, empleando Scopus y Web of Science como bases de datos principales, se utilizaron herramientas como Microsoft Excel® y VOSviewer® para analizar indicadores bibliométricos, a pesar de su rigurosidad, las limitaciones incluyen la posible omisión de trabajos relevantes debido a la selección de bases de datos y la restricción de la metodología, lo que podría afectar la representatividad de los resultados obtenidos.

Se revelan importantes implicaciones prácticas para diversos actores en el ámbito educativo y tecnológico. En primer lugar, este estudio revela un cambio temático de Special Education hacia áreas más amplias como Students, Prognosis Prediction, Deep Learning, Machine Learning y Convolutional Neural Network, sugiriendo la necesidad de adaptarse a nuevas demandas educativas y tecnológicas. El análisis de palabras clave muestra tendencias emergentes y crecientes, como Medical Education y Artificial Intelligence, mientras que ICT muestra una disminución en relevancia, estas tendencias señalan la importancia de integrar herramientas innovadoras en la educación femenina para promover la inclusión y la igualdad de género.

Las implicaciones prácticas incluyen la actualización de enfoques pedagógicos y políticas educativas inclusivas, esto garantizaría un acceso equitativo y una calidad educativa para todas las mujeres y niñas, aprovechando el potencial transformador de las tecnologías de la información y comunicación.

5. Conclusiones

La investigación revela una tendencia significativa en cuanto a los años de mayor interés, destacando los años 2022 y 2023 como los periodos más relevantes, este interés se refleja en un crecimiento exponencial de la literatura científica sobre el tema, lo que subraya la importancia y la relevancia creciente de esta área de estudio.

Los principales referentes investigativos identificados, Leiner T y Wolterink JM con Viergever MA, son fundamentales para comprender la evolución temática en el campo, desde el enfoque inicial en Special Education, la investigación ha evolucionado hacia áreas más amplias como Students, Prognosis Prediction, Deep Learning, Machine Learning y Convolutional Neural Network, destacando la diversificación y la amplitud del conocimiento generado. Asimismo, el análisis de palabras clave revela tendencias emergentes y crecientes, como Medical Education y Artificial Intelligence, mientras que Machine Learning se consolida como un concepto protagónico, estas tendencias, junto con la clasificación funcional de las palabras clave, delinean la agenda investigativa y sugieren direcciones prometedoras para futuros estudios en el campo de las tecnologías de la información y comunicación en la educación femenina.

Referencias

Albarrak, A. I., Mohammed, R., Almarshoud, N., Almujalli, L., Aljaeed, R., Altuwaijiri, S., & Albohairy, T. (2021). Assessment of physician's knowledge, perception and willingness of telemedicine in Riyadh region, Saudi Arabia. *Journal of infection and public health*, *14*(1), 97-102. https://doi.org/10.1016/j.jiph.2019.04.006

AlRyalat, S. A. S., Malkawi, L. W., & Momani, S. M. (2019). Comparing bibliometric analysis using PubMed, Scopus, and Web of Science databases. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, (152), e58494. https://dx.doi.org/10.3791/58494

Banerjee, M., Chiew, D., Patel, K. T., Johns, I., Chappell, D., Linton, N., ... & Zaman, S. (2021). The impact of artificial intelligence on clinical education: perceptions of postgraduate trainee doctors in London (UK) and recommendations for trainers. *BMC medical education*, *21*(1), 1-10. https://doi.org/10.1186/s12909-021-02870-x

Brodin, J., & Lindstrand, P. (2003). What about ICT in special education? Special educators evaluate information and communication technology as a learning tool. *European Journal of Special Needs Education*, *18*(1), 71-87. https://doi.org/10.1080/0885625032000042320

Brown, H. M., Bucher, T., Collins, C. E., & Rollo, M. E. (2020). A review of pregnancy apps freely available in the Google Play Store. *Health Promotion Journal of Australia*, *31*(3), 340-342. https://doi.org/10.1002/hpja.270

Choi, N. G., DiNitto, D. M., Marti, C. N., & Choi, B. Y. (2022). Telehealth use among older adults during COVID-19: Associations with sociodemographic and health characteristics, technology device ownership, and technology learning. *Journal of Applied Gerontology*, *41*(3), 600-609. https://doi.org/10.1177/07334648211047347

Güllü, A., Kara, M., & Akgün, Ş. (2024). Determining attitudes toward e-learning: what are the attitudes of health professional students?. *Journal of Public Health*, *32*(1), 89-96. https://doi.org/10.1007/s10389-022-01791-3

Jiang, J., Wei, J., Zhu, Y., Wei, L., Wei, X., Tian, H., ... & Li, Y. (2023). Clot-based radiomics model for cardioembolic stroke prediction with CT imaging before recanalization: a multicenter study. *European Radiology*, *33*(2), 970-980. https://doi.org/10.1007/s00330-022-09116-4

Mindu, T., Mutero, I. T., Ngcobo, W. B., Musesengwa, R., & Chimbari, M. J. (2023). Digital mental health interventions for young people in rural South Africa: Prospects and challenges for implementation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *20*(2), 1453. https://doi.org/10.3390/ijerph20021453

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). Updating guidance for reporting systematic reviews: development of the PRISMA 2020 statement. *Journal of clinical epidemiology*, *134*, 103-112. https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2021.02.003

Rizun, M., & Strzelecki, A. (2020). Students' acceptance of the COVID-19 impact on shifting higher education to distance learning in Poland. *International journal of environmental research and public health*, *17*(18), 6468. https://doi.org/10.3390/ijerph17186468

Sianipar, F. A., Zulfah, Z., & Astuti, A. (2023). Analisis Bibliometrik Terhadap Motivasi Belajar Berbasis Vos Viewer. *Jurnal Ilmiah Matematika Realistik*, *4*(1), 126-130. https://doi.org/10.33365/ji-mr.v4i1.3561

Tong, L., Sun, Y., Zhu, Y., Luo, H., Wan, W., & Wu, Y. (2023). Prognostic estimation for acute ischemic stroke patients undergoing mechanical thrombectomy within an extended therapeutic window using an interpretable machine learning model. *Frontiers in Neuroinformatics*, *17*. https://doi.org/10.3389%2Ffninf.2023.1273827

Yan, C., Wang, L., Lin, J., Xu, J., Zhang, T., Qi, J., ... & Lambin, P. (2022). A fully automatic artificial intelligence–based CT image analysis system for accurate detection, diagnosis, and quantitative severity evaluation of pulmonary tuberculosis. *European Radiology*, 1-12. https://doi.org/10.1007/s00330-021-08365-z

Zreik, M., Lessmann, N., van Hamersvelt, R. W., Wolterink, J. M., Voskuil, M., Viergever, M. A., ... & Išgum, I. (2018). Deep learning analysis of the myocardium in coronary CT angiography for identification of patients with functionally significant coronary artery stenosis. *Medical image analysis*, *44*, 72-85. https://doi.org/10.1016/j.media.2017.11.008

Zreik, M., Van Hamersvelt, R. W., Wolterink, J. M., Leiner, T., Viergever, M. A., & Išgum, I. (2018). A recurrent CNN for automatic detection and classification of coronary artery plaque and stenosis in coronary CT angiography. *IEEE transactions on medical imaging*, *38*(7), 1588-1598. doi: 10.1109/TMI.2018.2883807

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 16/03/2024
Aceitação/Acceptance: 19/06/2024

O Impacto da Ética na Cultura Organizacional dos Bombeiros: Revisão Sistemática pelo Método PRISMA

Gualter Cruz[1], Carlos Rouco[2], Vítor Reis[3,4]

Gualter095@gmail.com; carlos.rouco@ulusofona.pt; vitor.reis@enb.pt

[1, 3] Escola Nacional de Bombeiros, Rua Doutor António Macieira, 2710-689, Sintra, Portugal

[2] Intrepid Lab/ CETRAD, Universidade Lusófona, , Campo Grande 376, 1749-024, Lisboa, Portugal

[4] LE@D, Universidade Aberta, Rua da Escola Politécnica 147, 1269-001 Lisboa, Portugal

Pages: 205-222

Resumo: A ética é essencial nas organizações e estas operacionalizam a sua introdução através da adoção de códigos que orientam o agir dos seus colaboradores. A adoção de um comportamento ético torna-se assim um pilar fundamental, em particular para os bombeiros. É objetivo desta revisão identificar o impacto da ética na cultura organizacional dos bombeiros. Para o efeito realizou-se uma revisão sistemática pelo método prisma através da busca nas bases de dados eletrónicos Biblioteca virtual em saúde, CINAHL, MEDLINE e APA PsycInfo através do uso de descritores e operadores booleanos. De um total de 2422 artigos, após aplicação dos critérios de elegibilidade apenas foram incluídos 17 artigos. Os resultados demonstram que a adoção de um código de ética nos bombeiros apresenta vantagens ao nível da cultura organizacional, comando, chefia e liderança, desempenho ético-profissional e também no conhecimento ético. Existe sempre uma responsabilidade ética associada a qualquer ação durante uma missão.

Palavras-chave: Ética; Cultura organizacional; Desempenho; Bombeiros.

The Impact of Ethics on the Organizational Culture of Firefighters: Systematic Review Using the PRISMA Method

Abstract: Ethics is essential in organizations, and they operationalize its introduction through the adoption of codes that guide the actions of their employees. The adoption of ethical behaviour thus becomes a fundamental pillar, particularly for firefighters. The objective of this review is to identify the impact of ethics on the organizational culture of firefighters. For this purpose, a systematic review was conducted using the prisma method through the search in the electronic databases Virtual Health Library, CINAHL, MEDLINE and APA PsycInfo using descriptors and Boolean operators. Out of a total of 2422 articles, only 17 articles were included after applying the eligibility criteria. The results show that the adoption of a code of ethics in firefighters has advantages in terms of organizational culture, command, leadership and leadership, ethical-professional performance and in ethical

knowledge. There is always an ethical responsibility attached to any action during a mission.

Keywords: Ethics; Organizational culture; Performance; Firefighters.

1. Introdução

Os profissionais dos corpos de bombeiros no desempenho diário da sua missão são confrontados com a necessidade permanente de refletir a sua responsabilidade perante a sociedade. Esta reflexão constante e permanente permite analisar e mitigar as consequências e/ou irresponsabilidades, resultantes dos seus atos e dilemas. Atualmente a sociedade examina atentamente o nível de competência de qualquer profissional na sua atividade o que incute de forma tácita a responsabilidade social (Oliveira, 2012).

No exercício de uma função, é fundamental reconhecer que a presença de uma ética profissional cria a oportunidade de uma reflexão sobre a ação, derivando dai importantes vantagens para a organização como a tomada de decisões eticamente responsáveis (Peixoto, 2016).

Porém, nem todas as organizações possuem códigos de ética para serem tomados como referência e seguidos pelos seus profissionais. Um exemplo disso, são os bombeiros portugueses, profissionais que assumem importantes responsabilidades nas suas missões e que não possuem um código de ética. Torna-se assim imperativo que esta organização adote um código de ética nacional que oriente todos os bombeiros a agir eticamente em todas as suas atividades.

No sentido de se compreender a realidade europeia sobre códigos de ética nos bombeiros, desenvolveu-se uma pesquisa para se conhecer quais os países que têm códigos de ética implementados nos Bombeiros. Essa informação foi adquirida essencialmente de duas formas. Dos 28 países da Europa, 12 tinham os códigos de ética disponíveis no site oficial da organização de bombeiros do próprio pais, a saber, Alemanha, Bulgária, Eslovénia, Espanha, França, Itália, Lituânia, Polónia, Reino Unido, Roménia, República Checa e Suécia. Nos demais países europeus não foi possível encontrar informação sobre o código de ética, pelo que foi enviado email para as respetivas Instituições a solicitar informação sobre os seus códigos de ética. Responderam ao email 5 países, a saber, Hungria (Nacional Directorate General for Disaster Management, comunicação pessoal, 28 abril, 2022), Letónia (Horuna [Letónia], comunicação pessoal, 28 abril, 2022) e Chipre (Ketis, comunicação pessoal, 18 abril, 2022), que confirmaram a existência de um código de ética, a Bélgica (Berghe, comunicação pessoal, 21 abril, 2022), que confirmou não ter código de ética e a Holanda (Delvalle, comunicação pessoal, 19 abril, 2022), que enviou um documento que se configura como um código de conduta. Portugal é a par da Bélgica, dos países que se confirma não ter um código de ética para os bombeiros, apesar de haver uma corporação de bombeiros portuguesa que dispõe de um código de ética implementado em 2021. Os demais países da Europa não responderam ao email pelo que não dispomos de informação que nos permita afirmar se existe ou não códigos de ética nesses países. Os dados que dispomos permitem afirmar que dos 28 países da europa, 15 têm códigos de ética implementados nos bombeiros.

De acordo com o artigo 1 da Constituição da República Portuguesa "Portugal é uma República soberana, baseada na dignidade da pessoa humana e na vontade popular e

empenhada na construção de uma sociedade livre, justa e solidária". Na alínea d) do artigo nono da mesma constituição, é tarefa fundamental do estado "promover o bem-estar e a qualidade de vida do povo e a igualdade real entre os portugueses" e ainda na alínea e) do mesmo artigo " Proteger e valorizar o património cultural do povo português, defender a natureza e o ambiente, preservar os recursos naturais" (Constituição Da República Portuguesa [CRP], 2005).

Em concordância com o ponto anterior a lei de bases de proteção civil refere no seu artigo 1 que a finalidade do Estado é a de "prevenir riscos coletivos inerentes a situações de acidente grave ou catástrofe, de atenuar os seus efeitos e proteger e socorrer as pessoas e bens em perigo quando aquelas situações ocorram" e a mesma apresenta no ponto 2 "carácter permanente, multidisciplinar e plurissectorial"(DRE, 2006).

Segundo Ricou (2011, p. 152) "as profissões que se dedicam à pessoa humana terão igualmente uma responsabilidade acrescida (...) no sentido da promoção do bem-estar do ser-humano e da vida em geral". Defende ainda que esta responsabilidade sublinha a importância da regulação ética das profissões que se dedicam à vida humana e é um dever imperioso que os cuidados devem ser acrescidos.

A resolução nº157-A/2017 de 21 de outubro do Conselho de Ministros, determinou uma revisão importante do Sistema de Gestão de Operações (SGO) decorrente dos incêndios ocorridos naquele ano nos quais ocorreu uma elevada perda de vidas humanas. O objetivo é a correta adequação do mesmo à complexidade das diferentes situações de emergência, definindo claramente as funções, responsabilidades e níveis de decisão (Despacho n.º 3317-A/2018 | DRE, 2018).

A ética direciona-nos para pensar que é "o humano enquanto humano, pensado como responsabilidade absoluta ou responsabilidade incondicional. Esta responsabilidade não predica o humano, não é uma qualidade do humano, ela é a própria humanidade", ainda que o ser humano na sua etnicidade "não pode fugir à sua própria humanidade e, como tal, não pode fugir à sua responsabilidade" estamos, diante de uma responsabilidade meta-ética (Guimarães, 2012, p. 163). A ética requer que os seres humanos sejam estimulados e amparados na compreensão da sua própria consciência e crença sobre a ética e também sobre os seus apropriados valores (Almeida et al., 2021).

Muitas corporações de bombeiros, a nível mundial, têm códigos de ética que orientam os bombeiros a tomarem as melhores decisões perante qualquer missão. Apesar desta relevância a maioria dos corpos de bombeiros portugueses não tem um código de ética para reger a sua atuação de forma ética, o que se configura como uma importante lacuna que necessita de ser pesquisada. Face ao que antecede, é objetivo desta revisão identificar o impacto da ética na cultura organizacional dos bombeiros. Assim, foi formulada a seguinte questão de partida: Qual o impacto da ética na cultura organizacional dos bombeiros?

2. Métodos

A revisão sistemática foi realizada de acordo com as recomendações estabelecidas pelo método PRISMA – *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis*. Para a seleção dos artigos foi realizada uma pesquisa de artigos nas seguintes

bases de dados eletrónicas: Biblioteca virtual em saúde, CINAHL, MEDLINE e APA PsycInfo. A pesquisa foi realizada entre os anos 2020 e 2021. No início as seguintes palavras-chave foram usadas de forma isolada: "*codes of ethics*", "*principle-based ethics*", "*ethics, professional*", "*ethics, institutional*", "*firefighter*", "*fire fighters*", "*firemen*", adoptando-se no final pela seguinte estratégia de busca: "*codes of ethics*" OR "*principle-based ethics*" OR "*ethics, professional*" OR "*ethics, institutional*" AND "*firefigther*" OR "*fire fighters*" OR "*firemen*".

A seleção e análise dos artigos foi realizado por três revisores e através do programa Rayyan QRCI (*Qatar Computing Research Institute*) excluiu-se os duplicados, seguido da leitura do título inicialmente, na segunda fase o resumo e no final a leitura completa dos artigos.

Para a elegibilidade dos artigos usou-se os seguintes critérios de inclusão: artigos originais de pesquisa qualitativa e/ou quantitativa; artigos escritos em inglês e português; artigos de revisão; artigos da área da saúde, gestão, economia e psicologia, porque são as áreas que mais debatem este tema; artigos publicados nos anos de 2020 e 2021. Foram excluídos durante a análise dos artigos os estudos de caso.

3. Resultados

A triagem inicial recuperou 2422 artigos (Figura 1) e após a remoção de artigos duplicados através da utilização do programa Rayyan foram avaliados quanto aos critérios de elegibilidade um total de 2011 artigos. Após a leitura dos títulos foram excluídos 1688 e de seguida analisou-se os resumos, que permitiram por sua vez a exclusão de mais 218 artigos. Nesta fase, realizou-se a leitura completa de 105 artigos e desses 17 estavam de acordo com os critérios de elegibilidade. Nesta etapa, todos os artigos elegíveis foram incluídos porque rapidamente se percebeu que os mesmos continham informações essenciais sobre várias dimensões da ética, como a liderança, a segurança e a cultura ética dentro de organizações nomeadamente, dos bombeiros.

O modelo de Itens de relatório preferidos para revisões sistemáticas e meta-análises (PRISMA), apresenta o fluxo de procura por evidências, de acordo com a Figura 1.

Pela análise dos artigos e em conformidade com a Tabela 1, o país com mais artigos publicados sobre o tema foi os EUA com (n= 7), seguido da Inglaterra , Brasil, Alemanha, Hong Kong, Taiwan, Grécia, Paquistão, Roménia, Suécia e Coreia do Sul (n= 1). Alguns estudos envolveram a colaboração de autores de diferentes países como Hong Kong e a China (n= 1), EUA e Canadá (n=1), EUA e China (n= 1), realizados entre os anos de 2020 e 2021. Os artigos foram publicados em 16 jornais diferentes e 15 estavam escritos em inglês e 1 em português.

Jornais	
1. Journal of Safety Research	9. Journal of Risk Research
2. Journal of Business Ethics	10. Revista Psicologia: Organizações e Trabalho
3. Ethics & Behavior	11. International journal of environmental research and public health
4. Human Relations	12. European Journal of Psychotraumatology

Jornais	
5. Leadership & Organization Development Journal	13. Leadership & Organization Development Journal
6. Yonsei medical journal	14. American Journal of Bioethics
7. International Journal of Qualitative Studies on Health & Well-Being	15. Safety Science
8. Behavior Analysis in Practice	16. Organizational Dynamics

Tabela 1 – Jornais de publicação dos artigos.

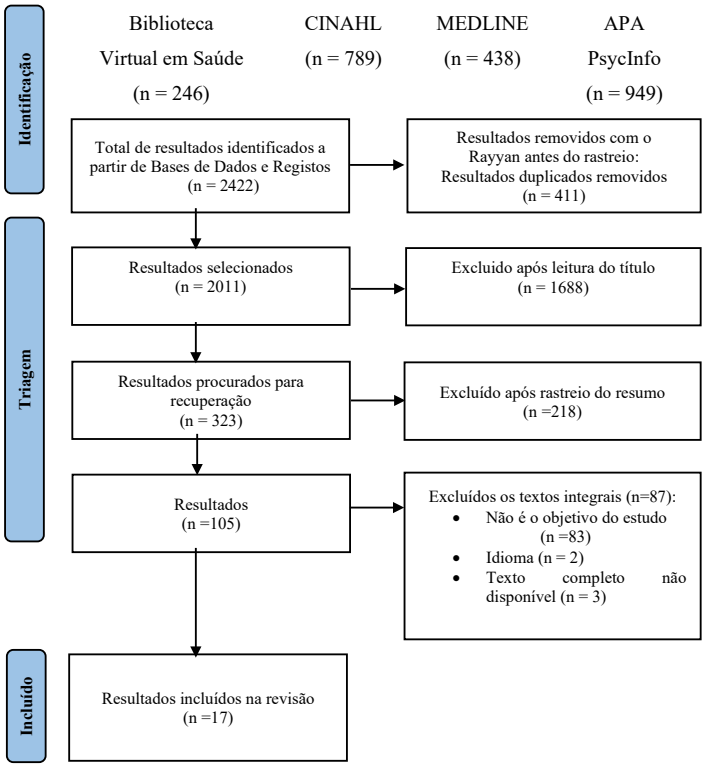


Figura 1 – Diagrama de fluxo da etapa de seleção dos artigos conforme modelo PRISMA.

Em relação às disciplinas, Saúde (n= 6) liderou as publicações, seguido de Gestão (n= 4), Psicologia com (n= 3) e Economia com (n= 2), Saúde pública e Ciências Sociais (n= 1) respetivamente.

Em anexo, a Tabela 2 - Síntese dos principais aspetos abordados nos artigos incluídos que apresenta de forma sucinta informações importantes relativas a cada artigo elegido. De modo geral, quando o profissional compreende as políticas e padrões da organização, estará mais bem preparado para decidir na sua missão.

Autor, ano, País	Área do estudo	Abordagem metodológica	Participantes (n)	Descrição do estudo	Pontos importantes	Conclusão do estudo
(Graham et al., 2020) **EUA**	Ciências Sociais	Metodologia quantitativa	Estudo 1 (n =477) Estudo 2 (n =461) Estudo 3 (n =182)	Teste de hipóteses	Atos de comportamento organizacional não ético, não servem os interesses da organização e potenciam os interesses próprios dos colaboradores.	Estabelecer expectativas claras de conduta ética e responsabilizar os colaboradores são ações importantes para uma conduta eticamente responsável.
(Wong et al., 2020) **Hong Kong, China**	Gestão	Metodologia quantitativa	Gestores (n =117) Subordinados (n =302)	Teste de hipóteses	Através da gestão de conflitos de forma cooperativa, os líderes desenvolvem uma confiança mutuamente comprometida nas relações com os colaboradores.	As conclusões sugerem que os líderes podem ter um impacto positivo na implementação de uma gestão cooperativa em vez de competitiva de conflitos.
(Hsieh et al., 2020) **Taiwan**	Gestão	Metodologia quantitativa	Colaboradores (n =251)	Teste de hipóteses	A desconexão moral medeia a relação entre líderes éticos, colaboradores éticos e colaboradores com comportamento organizacional não ético (COE). O COE torna-se fraco quando o comportamento ético é alto.	É importante criar um ambiente ético no local de trabalho para que todos adoptem comportamentos éticos, porque a adoção de uma cultura organizacional ética reduz a ocorrência de COE no geral.
(Fotaki et al., 2020) **Grécia**	Economia	Metodologia quantitativa	Empresas (n =90)	Teste de hipóteses Questionário	Valores éticos fortes são a chave elementar para uma gestão organizacional efetiva, enquanto os valores instrumentais desempenham um papel importante apenas na presença de compliance.	Os resultados realçam que os benefícios da gestão podem emanar desde a manutenção de um nível ético alto bem como de sinergias entre a compliance e o foco nos valores organizacionais.
(Shafique et al., 2020) **Paquistão**	Gestão	Metodologia quantitativa	Colaboradores (n =397)	Teste de hipóteses Questionário	O comportamento de liderança ética desempenha um papel vital na elevação da participação, conformidade e atitude de segurança na alta probabilidade de acidente.	Os resultados mostram que a exposição ao perigo percebido não modera a relação entre liderança ética e as duas facetas do desempenho de segurança (participação segura e conformidade de segurança).

Autor, ano, País	Área do estudo	Abordagem metodológica	Participantes (n)	Descrição do estudo	Pontos importantes	Conclusão do estudo
(West & Zhong, 2020) **EUA, Canadá**	Gestão	Metodologia qualitativa	Não reportado	Revisão critica de investigação experimental	Os gestores, perante conflitos de interesse ético, não devem procurar a promoção de um raciocínio puramente deliberativo, mas reconhecer que as emoções são importantes para a tomada de decisões deliberativas.	Os gestores devem esforçar-se para criar um local de trabalho no qual os procedimentos de tomada de decisão permitem que as emoções sirvam como sinais morais.
(Go, 2020) **Inglaterra**	Psicologia	Metodologia qualitativa		Revisão critica	O artigo analisa criticamente como devemos alocar a responsabilidade pessoal pelas ações realizadas por agentes que experimentam diferentes influências sociais, económicas e políticas internas e externas.	O artigo distingue entre responsabilidade e culpabilidade, aborda objeções contra outras concepções de responsabilidade e tem em conta as influências estruturais nas ações.
(Sisk et al., 2020) **EUA**	Saúde	Metodologia qualitativa	Não reportado	Artigo de opinião	Os eticistas devem adoptar uma mentalidade que permita formular e implementar normas, colaborando com peritos com experiência na implementação de políticas e práticas.	Ao se formular uma norma ética específica deve-se considerar se essa norma pode ser decretada de forma exequível. O propósito dessa norma é suportar ações éticas.
(Moss et al., 2020) **EUA, China**	Economia	Metodologia quantitativa	Pesquisa 1 (n= 289) Pesquisa 2 (n= 249)	Teste de hipóteses Questionário	Os líderes podem promover um clima onde os colaboradores sintam um sentido de dever de evoluir para melhorar a equipa e a organização.	Os comportamentos resultantes de feedback são essenciais para promover a melhoria das capacidades dos colaboradores. É necessário potencializar líderes com altos atributos éticos.
(Kelly et al., 2021) **EUA**	Psicologia	Metodologia qualitativa	Não reportado	Artigo de revisão	A aplicação de regras éticas sem contexto pode resultar numa abordagem excessivamente simplificada e mecanística da resolução ética de problemas.	Os princípios éticos podem ajudar os profissionais no comportamento ético a comunicar ideias éticas a colegas não profissionais e às partes interessadas.

Autor, ano, País	Área do estudo	Abordagem metodológica	Participantes (n)	Descrição do estudo	Pontos importantes	Conclusão do estudo
(Roşca et al., 2021) **Roménia**	Saúde Pública	Metodologia quantitativa	Bombeiros (n =1434)	Questionário	Os profissionais envolvidos no processo de seleção e recrutamento podem considerar o uso de preditores de aceitação de riscos, como o maquiavélico e a psicopatia. Ao fazê-lo, podem melhorar os comportamentos de segurança dos bombeiros.	Esta pesquisa demonstrou o poder preditivo dos traços da tríade das Trevas (psicopatia, narcisismo e maquiavelismo) sobre a aceitação do risco no trabalho dos bombeiros e testou o efeito de mediação do altruísmo e da honestidade.
(Jacobsson et al., 2020) **Suécia**	Saúde	Metodologia qualitativa	Bombeiros Grupo de foco (n= 25) Entrevista (n=3)	Grupos focais Entrevista Revisão bibliográfica	Os temas sobre obstáculos à saúde no que diz respeito à diversidade, trabalho preventivo e educação, identificadas como comuns, relacionam-se com mudanças na cultura do trabalho e a profissão de bombeiro.	Um desafio para os serviços de resgate enfrentarem no futuro, será como transformar o combate a incêndios para ser mais inclusivo e ainda manter uma boa saúde e bem-estar dos bombeiros.
(Hyun et al., 2020) **Coreia do Sul**	Saúde	Metodologia quantitativa	Bombeiros (n= 18101)	Questionário	Os bombeiros com as exigências dos cidadãos, o stress laboral e o stress pós-traumático podem experienciar graves consequências adversas, como a depressão e o suicídio.	Este trabalho sugere que a exposição contínua e a experiência emocional do trabalho de um bombeiro contribuem para o aumento da ideia suicida.
(Davis et al., 2020) **EUA**	Saúde	Metodologia qualitativa	Não reportado	Revisão bibliográfica	A pesquisa da Cultura de Segurança Organizacional (CSO) dos Corpos de Bombeiros é divulgada às partes interessadas do serviço de bombeiros através da investigação aplicada na prática e partilha dos resultados dos instrumentos de recolha de dados, relatórios, currículo e formação.	Os corpos de bombeiros focam-se na redução de resultados negativos em termos de segurança, nomeadamente falhas, ferimentos e mortes em serviço. A Pesquisa da CSO dos Corpos de Bombeiros ajuda os bombeiros a desviar a sua atenção para montante na direção da prevenção.

Autor, ano, País	Área do estudo	Abordagem metodológica	Participantes (n)	Descrição do estudo	Pontos importantes	Conclusão do estudo
(Schnell et al., 2020) **Alemanha**	Saúde	Metodologia quantitativa	Bombeiros (n= 232)	Questionário	Os bombeiros voluntários pertencem a uma população de risco no desenvolvimento de stress pós-traumático (SPT), no entanto, a prevalência parece relativamente baixa.	As intervenções psicológicas pré e pós-atividade podem ser eficazes para preparar os bombeiros para as missões e protegê-los dos efeitos adversos do stress ocupacional.
(Lopes & Barbosa, 2020) **Brasil**	Psicologia	Metodologia quantitativa	Bombeiros (n= 101)	Questionário	Este estudo avaliou o impacto do suporte social no trabalho e da autoeficácia sobre a Qualidade de Vida Profissional (QVP), com os seguintes questionários: ProQOL-IV, EPSST, QSG – 12 e Questionário Sociodemográfico.	O melhor preditor da QVP foi o Fator de Redução da Autoeficácia, mediado pelos suportes Informacional e Emocional, definindo que os bombeiros experimentam uma excelente QVP.
(Smith et al., 2020) **EUA**	Saúde	Metodologia quantitativa	Bombeiros (n= 742)	Pesquisa online	Esta investigação procura identificar fatores que influenciam comportamentos positivos de bombeiros associados ao uso de equipamento de proteção individual (EPI), vital para a sua proteção.	Algumas estratégias de liderança potenciam os colaboradores a adotar comportamentos de segurança. Os bombeiros muitas vezes abandonam a sua segurança para a execução da missão.

Tabela 2 – Síntese dos principais aspetos abordados nos artigos incluídos.

4. Discussão

As organizações têm valores que se constituem como um conjunto de crenças que orientam os colaboradores na escolha da melhor ação e estão relacionados com uma variedade de processos, características e resultados organizacionais.

4.1. Cultura Organizacional Ética

Um clima organizacional ético é aquele em que existem normas fortes de reciprocidade, altos níveis de coesão de grupo, inspiram os colaboradores a criar um sentido de propósito e incutir incentivos intrínsecos de bom desempenho, como a satisfação intrínseca, autoestima e aprovação social. Se os valores éticos forem decretados em ações do dia-a-dia, os colaboradores estão mais propensos a desenvolver relações construtivas baseadas na confiança (Fotaki et al., 2020).

Um comportamento organizacional antiético é definido como as ações que visam promover o funcionamento eficaz da organização e ao mesmo tempo violam valores sociais fundamentais, morais, leis ou padrões de conduta adequada (Umpress e Bingham, 2011).

Uma ação, como deturpar a verdade para demonstrar uma imagem organizacional positiva para beneficiar a organização pode, em última análise, resultar em consequências nocivas, tais como multas ou reações negativas das partes interessadas. São antiéticas porque violam normas éticas amplamente aceites na sociedade (Graham et al., 2020).

Uma pessoa é responsável pela sua ação se, e somente se, o ato for totalmente voluntário, estiver na posse de informação completa e livre de quaisquer influências estruturais. Isto distingue os atos responsáveis dos atos praticados sob coação significativa, manipulação ou força, ou seja, que um ato seja abrangente e atribuível a um agente, isento de influência interna ou externa (Go, 2020).

As normas refletem a infraestrutura ética da organização e a existência de padrões egoístas (incentivam os membros a agir em interesse próprio) dificultam a interpretação da ética no dia-a-dia. O conhecimento ético tem um papel integral na orientação de decisões, intenções e ações, evitando que os colaboradores escondam ou ignorem as implicações éticas das suas ações (Graham et al., 2020).

Uma vez desenvolvida uma norma, a sua adopção é um processo que requer colaborações multidisciplinares de indivíduos com ampla experiência para além da ética normativa. Tal visão não é sustentável se abraçar uma ampla noção de ética como uma ciência prática em que as decisões não mostram respeito pelos seres humanos. Uma norma não cumpre a função essencial da ética se não levar eventualmente a ações éticas (Sisk et al., 2020).

Os fortes valores éticos são o elemento-chave para uma gestão eficaz, enquanto os valores instrumentais desempenham um papel significativo apenas no sentido do cumprimento que embora não suficiente por si só, serve como mecanismo complementar de reforço dos valores éticos. Os valores éticos fortes são o determinante mais importante da eficácia da gestão e podem tornar-se motivadores para os colaboradores agirem conscientemente para a proteção e criação de valor da organização (Fotaki et al., 2020).

Os princípios como a beneficência, não maleficência entre outros, proporcionam informações e orientações que podem ser usadas para interpretar, priorizar e

contextualizar regras éticas durante o processo de tomada de decisão ética. Eles relembram os colaboradores sobre os valores fundamentais que orientam o seu trabalho e os ideais usados para tomar decisões sobre dilemas éticos que são, por definição, situações difíceis com propostas de valor concorrente (Kelly et al., 2021).

Quando as pessoas não consideram todas as informações relevantes relacionadas com uma questão moral, não são moralmente sensíveis a todas as implicações éticas e esta é uma falha de conhecimento moral. Os códigos de ética, transmitem aos colaboradores o que é valorizado e esperado, influenciando a forma como estes avaliam a ética das suas ações (Graham et al., 2020).

A ética está focada em fazer boas escolhas para permitir que as pessoas vivam bem juntas. Para Aristóteles, a ética pertencia ao domínio das ciências práticas, que concerne as escolhas e ações dos indivíduos e das sociedades. Quando tiramos conclusões no domínio da ética, estamos, na verdade, a fazer escolhas em relação às ações (Sisk et al., 2020).

As decisões e ações são tomadas num contexto de informações disponíveis, pressões estruturais, influências ambientais, restrições legais, compulsões pessoais e crenças. Pessoas diferentes são influenciadas a agir de forma diferente por estes fatores. Estas disparidades colocam questões importantes à ideia de responsabilidade pessoal, nomeadamente se aqueles que têm dificuldade em fazer boas escolhas devem ser responsabilizados pelas suas ações. Evidentemente, nem todos escolhemos de forma idêntica com opções e circunstâncias iguais (Go, 2020).

4.2. Liderança ética

Os líderes éticos são pessoas morais, que se comportam de forma justa e seguem padrões éticos criando condições onde os colaboradores entendem e agem moralmente, sejam responsáveis e promovam a justiça. Estes líderes podem promover atitudes desejáveis dos colaboradores e trazer resultados positivos procurando relações de confiança e duradouras. Trabalham para estabelecer práticas e normas que apoiem a tomada de decisões e ações éticas, responsabilizando e disciplinando os colaboradores de forma consistente, tratando-os com consideração, justiça e respeito (Wong et al., 2020).

Ser uma pessoa moral significa ser visto como uma pessoa com certos traços de personalidade, envolvendo-se em comportamentos específicos e seguindo normas éticas na tomada de decisões. Estes líderes são honestos, de confiança, fazem as coisas eticamente certas e seguem regras éticas na tomada de decisões. Usam estratégias como a modelação de papéis através de ações visíveis, recompensas, disciplina e comunicação sobre ética e valores (Shafique et al., 2020).

Na gestão de organizações, é evidente que a componente principal para o sucesso das missões, é o factor humano assumindo a liderança um papel importante. Todos os líderes percebem que o elemento fundamental que garante o cumprimento da missão é o factor humano. A liderança é o fator essencial que permite estabelecer as relações interpessoais entre líder e liderado e, naturalmente, garantir o sucesso da missão. A função de liderança, influencia de forma direta os membros e indirectamente os seus comportamentos e desempenho, ao influenciar o ambiente interno e externo da organização (Rouco, 2012).

A liderança tem uma gama de efeitos construtivos onde os lideres e os colaboradores contribuem para a eficácia da organização, envolvem-se na cidadania da organização

e comprometem-se para o bem-estar geral. Ser ético implica seguir regras, mas agir moralmente também requer explorar e resolver questões emergentes e complexas (Wong et al., 2020).

A exigência cognitiva do trabalho pode apoiar resultados moralmente bons, mas gestores com conhecimento limitado, por vezes tomam decisões éticas erradas. Agir eticamente quando se é confrontado com um conflito de interesse requer muitas vezes coragem e atos de coragem moral podem ser impossíveis num local de trabalho onde as emoções são suprimidas. Os colaboradores temem as consequências que podem acompanhar determinada ação num local de trabalho onde as emoções são desencorajadas (West & Zhong, 2020).

A liderança ética refere-se a um estilo em que o líder demonstra uma conduta normativa e comunica a importância de tal conduta com o objetivo de promover comportamentos de cidadania organizacional e evitar comportamentos desviantes ou antiéticos. Esta liderança define-se como a demonstração de uma conduta normativamente apropriada através de ações e relações interpessoais. Na interação com líderes éticos, os colaboradores tendem a adotar valores e atitudes baseadas na imagem moral dos líderes, evitando desvios de conduta (Hsieh et al., 2020).

É expectável que os líderes promovam a segurança no local de trabalho através da sua influência idealizada e preocupam-se com a saúde, segurança e bem-estar dos colaboradores no trabalho. Esforçam-se por garantir os mais elevados padrões de ética, comportamento moral, honestidade e regras de decisão pautadas na ética. Exercem a sua autoridade para supervisionar, avaliar de forma honesta e justa a conduta dos colaboradores, permitindo que se desenvolvam comportamentos que contribuem para aumentar a segurança (Shafique et al., 2020).

Os gestores nem sempre podem contrariar a forma como tomam decisões e por vezes são obrigados a tomar decisões sob restrições de tempo, aumento de carga cognitiva ou fadiga de decisão. Estas deficiências cognitivas contribuem para uma menor disposição ou capacidade de se envolverem num raciocínio deliberativo sobre uma tarefa ética de tomada de decisão. Alguns fatores como a pressão do tempo, a privação do sono e os efeitos do dia-a-dia (situações recorrentes em profissionais como os bombeiros) podem levar a um aumento da desonestidade e a um aumento de comportamentos antiéticos (West & Zhong, 2020).

Com a implementação de códigos de ética, os colaboradores serão mais propensos a garantir que o seu comportamento é consistente com padrões éticos. Se um líder definir um código de ética como prioridade no local de trabalho, isto, ajudará os colaboradores a evitar a tomada de decisões antiéticas (Hsieh et al., 2020).

4.3.A tríade: ética, saúde e os Bombeiros

A saúde e o bem-estar físico têm sido objeto de diferentes reflexões filosóficas ao longo da história, inclusive no âmbito da profissão de bombeiros. A Organização Mundial de Saúde (OMS) define em 7 de abril de 1948 a saúde como um conceito positivo que valoriza os recursos pessoais, sociais e as capacidades físicas. É um processo em curso, constantemente criado e mantido num contexto que pode ainda ser entendido

como resposta às pressões externas e às exigências da sociedade sobre a atividade dos bombeiros (Jacobsson et al., 2020).

Os bombeiros trabalham para a comunidade com o objetivo de protegê-la, prevenir e combater incêndios. A sua profissão é feita por atividades que implicam operar veículos e equipamentos para atingir estes objetivos. O combate a incêndios é considerado uma profissão perigosa que impõe riscos únicos para a saúde (Lopes & Barbosa, 2020).

A profissão de bombeiro envolve um conjunto de medidas preventivas, assistenciais e reconstrutivas destinadas a evitar ou minimizar os efeitos de desastres naturais e de eventos (im)previsíveis. Além da prevenção e extinção de incêndios, desempenham outras missões como o salvamento de vidas humanas, socorro em emergências e proteção de bens patrimoniais (Roşca et al., 2021).

Kant (1785 cit. em Bezerra, 2010; Martins et al., 2013) realça a hegemonia ética absoluta do ser humano sobre todos os bens e também a igualdade absoluta entre todas as pessoas. Sendo a pessoa humana considerada como um fim em si mesmo e não um meio da vontade, podemos referir ainda que o ser humano tem dignidade e não preço. O ser humano é obrigado a reconhecer a dignidade da humanidade em todos os seres humanos, logo, enraiza nele um dever de respeito que tem inevitavelmente de demonstrar por todos os seres humanos (Martins et al., 2013).

Esta noção deontológica define que existem pessoas com maior orientação de dever para o seu grupo e terão uma maior motivação deontológica para melhorar continuamente o seu desempenho através da procura de feedback. Aqui os líderes podem ser fundamentais para promover o senso de dever dos colaboradores. A orientação do dever pode ser definida em três dimensões: para com os colegas do grupo; para com a missão/tarefa do grupo; para com os códigos (Moss et al., 2020).

Salvar vidas em emergências, catástrofe ou de perigo constitui a função central de algumas profissões como bombeiros, médicos, socorristas, entre outros. Um fator importante nestas profissões é que para se ser eficiente e assertivo, o colaborador precisa, além do conhecimento e domínio técnico, sentir-se empático com a vítima, adotando atitudes cordiais, afetivas e de respeito (Lopes & Barbosa, 2020).

O desempenho da atividade profissional implica, por vezes, em abordagens limiares que, quando não ponderadas, se ultrapasse os limites éticos aceitáveis, com repercussões para a vida. A ética permite interrogar estas abordagens previamente sobre as consequências e o risco envolvido. Isto ampara a pessoa a ponderar a sua necessidade e exequibilidade ética, impondo responsabilidade e competência, monitorizando a relação entre o risco e benefício (Miranda, 2008).

Os bombeiros trabalham muitas vezes em situações perigosas, estando expostos a níveis de tensão mais elevados que podem fazer favorecer o aparecimento de problemas como a depressão, ansiedade e transtorno de stress pós-traumático. O burnout é uma síndrome psicológica causada pelo stress persistente do trabalho emocional interpessoal com sintomas que podem incluir a falta de realização pessoal, exaustão emocional, e sentimentos de desumanização (Kim et al., 2020).

Os bombeiros são frequentemente expostos a eventos traumáticos, tornando-os assim uma população de alto risco para o desenvolvimento de stress pós-traumático. As

intervenções pré e pós-avaliação psicológica são provavelmente eficazes para preparar os bombeiros para missões de forma a resultar num elevado sentido de coerência, que por sua vez pode proteger contra os consequentes efeitos adversos causados pelo stress ocupacional (Schnell et al., 2020).

O trabalho emocional tem demonstrado estar associado a problemas de saúde física e mental devido a dois tipos de atuação: a superficial (o ato de suprimir os próprios sentimentos que ocorrem durante a execução de uma missão) e a profunda (esconde-se os sentimentos reais para expressar emoções positivas). Á medida que as funções dos bombeiros se expandiram, desde o combate a incêndios a tarefas complexas, como o resgate e emergência, a exposição a sentimentos de perda, trauma mental e raiva aumentou no decorrer das missões (Hyun et al., 2020).

Os indivíduos em *burnout* atingem níveis de saturação onde a insatisfação com o emprego se tornam suficientemente elevados para que apenas exerçam o mínimo de esforço necessário para manter as suas posições e nesta fase, pode aumentar os conflitos no local de trabalho e até a fazerem escolhas perigosas, como o suicídio, além de afetar negativamente as doenças físicas e mentais (Kim et al., 2020).

A pessoa doente obedece a uma norma social que implica abdicar da realização do seu papel e sujeitar-se a ser cuidada ou tratada. A dimensão ética manifesta-se pelo equilíbrio que o individuo consegue manter entre as inteligências cognitiva e emocional. A diversidade de relações e o equilíbrio ponderado das dimensões sociais deverão ser ponderados de forma a não causar lesões nos indivíduos e especialmente na própria pessoa (Miranda, 2008).

A pertinência deste problema deve-se ao fator de doença no âmbito profissional poder coagir o profissional de forma indireta a não agir de forma ética. Dai ser imprescindível existir um código que ampare o agir profissional mesmo nas situações de doença.

Kant (1785 cit. em Bezerra, 2010) argumentou que o indivíduo não só tem o dever de desenvolver o seu eu moral, mas também um dever moral de desenvolver todo o seu eu, melhorando as suas competências para contribuir para a sociedade. Platão argumentou que as pessoas têm talentos ou aptidões especificas e, assim, têm o dever moral de desenvolver essas capacidades únicas para desempenhar ao máximo os seus papéis (Moss et al., 2020).

Os bombeiros precisam ter a coragem suficiente para atuar na sua profissão, agir em conformidade com as normas existentes e evitar riscos desnecessários que possam afetar ou ter resultados negativos nas suas atividades. Devem sentir-se atraídos o suficiente pelo risco, preocuparem-se com a paixão e o compromisso com a sua profissão, mas não muito empenhados em assumir o risco de forma a comprometer os protocolos de segurança do seu trabalho (Roşca et al., 2021).

A motivação para o comportamento auto-protetor é, portanto, central neste contexto de segurança. O combate aos incêndios é uma ocupação bastante única, na medida em que o trabalho dos bombeiros não é evitar o perigo, mas confrontá-lo diretamente e suprimi-lo. A utilização de equipamentos de proteção individual (EPI) é muitas vezes necessária em ambientes e situações que não podem ser totalmente controladas por uma questão

de segurança sendo considerada uma contramedida ativa que requer uma ação (Smith et al., 2020).

Perante este cenário paradoxal de paixão pela profissão, trabalho heróico e consequentemente alto risco de doença profissional, é de fundamental importância que existam protocolos a serem seguidos não só do ponto de vista técnico, mas também ético. No entanto, nem todas as corporações possuem códigos de ética implementados para uniformizar a ação e a tomada de decisão, a exemplo da maioria das corporações portuguesas e na Holanda.

Com a realização desta revisão, conseguiu-se apurar que a ética aplicada a uma organização como os bombeiros apresenta várias vantagens, nomeadamente: Cultura organizacional ética – uma organização com normas éticas bem consolidadas pode inspirar os colaboradores a criar um sentido de propósito e incutir incentivos intrínsecos de bom desempenho, como a satisfação, autoestima e aprovação social; Liderança ética – pessoas que seguem padrões éticos e criam ambientes onde os colaboradores agem moralmente, são responsáveis e promovem a justiça; Desempenho ético-profissional – qualquer ação no desempenho de uma missão implica sempre uma responsabilidade ética; O conhecimento ético - desempenha um papel importante na orientação de decisões, intenções e ações.

É importante compreender que existe sempre uma responsabilidade ética associada a qualquer ação mesmo quando essa ação é realizada a nível profissional no desempenho da missão.

4.4. Limitações

As limitações presentes neste estudo abrem a possibilidade de se realizar investigações futuras relacionadas com o tema. Deste modo, salienta-se a temporalidade dos artigos incluídos, que apesar de ser limitada neste estudo, correspondeu ao propósito da recolha da informação mais recente acerca do tema. Nesta perspetiva, sugere-se que estudos futuros sejam realizados para traçar o percurso histórico da implementação de códigos de ética em corporações de bombeiros.

5. Conclusões

A adoção de um código de ética na organização dos bombeiros é de extremo benefício para esta profissão, no entanto, essa implementação não garante a prática de valores e regras estabelecidas, pois esta é inerente a cada profissional. Conforme reportado por George (1990 cit. em Ramaciotti, 2007), a ética pode ser estuda em dois aspetos: 1) a ética geral – que analisa os princípios básicos da moralidade do agir humano expresso diariamente; 2) a ética específica – que aplica os conceitos da ética geral para resolver problemas ou investigar a moralidade do agir humano. Diante disto, a adoção de um código de ética permite aos bombeiros, conhecer o seu compromisso perante a sociedade, os seus valores, deveres e princípios. Para que o mesmo tenha impacto positivo na organização, todos os colaboradores, sejam eles internos ou externos devem contribuir para o seu cumprimento, respeitar o que nele está expresso e denunciar condutas incorretas suscetíveis de prejudicar negativamente toda a organização.

Referências

Almeida, A., Silva, R., Bastos, H., Calixto, T., & Silva, M. (2021). Brazilian Journal of Development A construção de valores éticos na educação infantil: uma reflexão necessária The construction of ethical values in early childhood education: a necessary reflection. *Brazilian Journal of Development*, *5*, 47699–47716. https://doi.org/10.34117/bjdv7n5-259

Bezerra, F. (2010). Ética judicial A dignidade da pessoa humana e os valores da verdade, justiça e amor. *Revista de Informação Legislativa*, *47*, 265–274.

Constituição da República Portuguesa. (n.d.). Retrieved April 15, 2022, from https://www.parlamento.pt/Legislacao/Paginas/ConstituicaoRepublicaPortuguesa.aspx

Davis, A., Allen, J., Shepler, L., Resick, C., Lee, J., Marinucci, R., & Taylor, J. (2020). Moving FOCUS - The Fire Service Organizational Culture of Safety survey - From research to practice. *Journal of Safety Research*, *74*, 233–247. https://doi.org/10.1016/j.jsr.2005.06.003

Despacho n.º 3317-A/2018 | DRE. (n.d.). Retrieved April 15, 2022, from https://dre.pt/dre/detalhe/despacho/3317-a-2018-114969817

DRE, D. da R. E. (2006). Lei de Bases da Protecção Civil - Lei n . º 27 / 2006. In *Diário da República n . º 126 / 2006 , Série I de 2006-07-03*.

Fotaki, M., Lioukas, S., & Voudouris, I. (2020). Ethos is destiny: Organizational values and compliance in corporate governance. *Journal of Business Ethics*, *166*(1), 19–37. https://doi.org/10.1007/s10551-019-04126-7

Go, J. J. (2020). Structure, choice, and responsibility. *Ethics & Behavior*, *30*(3), 230–246. https://doi.org/10.1080/10508422.2019.1620610

Graham, K. A., Resick, C. J., Margolis, J. A., Shao, P., Hargis, M. B., & Kiker, J. D. (2020). Egoistic norms, organizational identification, and the perceived ethicality of unethical pro-organizational behavior: A moral maturation perspective. *Human Relations*, *73*(9), 1249–1277. https://doi.org/10.1177/0018726719862851

Guimarães, A. (2012). Da Responsabilidade Infinita. Uma visão sobre o Código Deontológico da Associação Portuguesa de Gestores do Património Cultural. *Millenium*, *42*, 161–173.

Hsieh, H.-H., Hsu, H.-H., Kao, K.-Y., & Wang, C.-C. (2020). Ethical leadership and employee unethical pro-organizational behavior: A moderated mediation model of moral disengagement and coworker ethical behavior. *Leadership & Organization Development Journal*, *41*(6), 799–812. https://doi.org/10.1108/LODJ-10-2019-0464

Hyun, D. S., Jeung, D. Y., Kim, C., Ryu, H. Y., & Chang, S. J. (2020). Does Emotional Labor Increase the Risk of Suicidal Ideation among Firefighters? *Yonsei Medical Journal*, *61*(2), 179–185. https://doi.org/10.3349/ymj.2020.61.2.179

Jacobsson, A., Backteman-Erlanson, S., & Egan Sjolander, A. (2020). Diversity, preventive work and education—matters of health and well-being in firefighter discourse. *International Journal of Qualitative Studies on Health & Well-Being*, *15*(1), 1–11. http://10.0.4.56/17482631.2020.1817661

Kelly, E. M., Greeny, K., Rosenberg, N., & Schwartz, I. (2021). When rules are not enough: Developing principles to guide ethical conduct. *Behavior Analysis in Practice*, *14*(2), 491–498. https://doi.org/10.1007/s40617-020-00515-x

Kim, R., Ha, J. H., & Jue, J. (2020). The moderating effect of compassion fatigue in the relationship between firefighters' burnout and risk factors in working environment. *Journal of Risk Research*, *23*(11), 1491–1503. https://doi.org/10.1080/13669877.2020.1738529

Lopes, H. L., & Barbosa, S. da C. (2020). Qualidade de Vida Profissional: o que mantém o bem-estar psíquico de bombeiros? *Revista Psicologia: Organizações e Trabalho*, *20*(2), 1002–1010. https://doi.org/10.17652/rpot/2020.2.18277

Martins, C. A., Nadai, B., Kosbiau, D., & Hulshof, M. (2013). *Immanuel Kant Metafisica Dos Costumes* (Universitária São Francisco (Ed.); Edição dig).

Miranda, A. (2008). *BIOÉTICA E SAÚDE MENTAL: No limiar dos Limites: O que o doente mental mantém de homem ético?* Universidade do Porto.

Moss, S., Song, M., Hannah, S., Wang, Z., & Sumanth, J. J. (2020). The Duty to Improve Oneself: How Duty Orientation Mediates the Relationship Between Ethical Leadership and Followers' Feedback-Seeking and Feedback-Avoiding Behavior. *Journal of Business Ethics : JBE*, *165*, 615–631.

Oliveira, A. (2012). *Ética Profissional*.

Peixoto, A. N. (2016). *A importância dos Códigos de ética nas organizações públicas versus privadas*. Universidade do Minho.

Ramaciotti, C. (2007). *A ÉTICA E A CONFIANÇA NAS ORGANIZAÇÕES: um estudo descritivo junto a profissionais da Grande São Paulo*. Fundação Getúlio Vargas.

Ricou, M. (2011). *A Ética e a Deontologia no Exercío da Psicologia*.

Roşca, A. C., Burtăverde, V., Dan, C.-I., Mateizer, A., Petrancu, C. R., Iriza, A. I., & Ene, C. A. (2021). The Dark Triad Traits of Firefighters and Risk-Taking at Work. The Mediating Role of Altruism, Honesty, and Courage. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(11). https://doi.org/10.3390/ijerph18115983

Rouco, J. C. D. (2012). *Modelo de gestão de desenvolvimento de competências de liderança em contexto militar*. Universidade Lusíada de Lisboa.

Schnell, T., Suhr, F., & Weierstall-Pust, R. (2020). Post-traumatic stress disorder in volunteer firefighters: Influence of specific risk and protective factors. *European Journal of Psychotraumatology*, *11*(1). https://doi.org/10.1080/20008198.2020.1764722

Shafique, I., Kalyar, M. N., & Rani, T. (2020). Examining the impact of ethical leadership on safety and task performance: A safety-critical context. *Leadership & Organization Development Journal*, *41*(7), 909–926. https://doi.org/10.1108/LODJ-07-2019-0335

Sisk, B. A., Mozersky, J., Antes, A. L., & DuBois, J. M. (2020). The "Ought-Is" Problem: An Implementation Science Framework for Translating Ethical Norms Into Practice. *American Journal of Bioethics*, *20*(4), 62–70. https://doi.org/10.1080/15265161.2020.1730483

Smith, T. D., DeJoy, D. M., & Dyal, M.-A. (2020). Safety specific transformational leadership, safety motivation and personal protective equipment use among firefighters. *Safety Science*, *131*. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104930

West, C., & Zhong, C.-B. (2020). How to decide when facing ethical conflicts of interest? *Organizational Dynamics*, *49*(1), 8. https://doi.org/10.1016/j.orgdyn.2019.02.002

Wong, A., Wang, X., Wang, X., & Tjosvold, D. (2020). Ethical leaders manage conflict to develop trust. *Leadership & Organization Development Journal*, *41*(1), 133–146. https://doi.org/10.1108/LODJ-10-2018-0363

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 14/03/2024
Aceitação/Acceptance: 20/06/2024

Códigos de Ética e Organizações: Revisão Integrativa pelo Método PRISMA

Gualter cruz[1], Carlos Rouco[2], Vitor Reis[3,4]

gualter095@gmail.com; carlos.rouco@ulusofona.pt; vitor.reis@enb.pt

[1,3] Escola Nacional de Bombeiros, Rua Doutor António Macieira, 2710-689, Sintra, Portugal

[2] Intrepid Lab/ CETRAD, Universidade Lusófona, Campo Grande 376, 1749-024, Lisboa, Portugal

[4] LE@D, Universidade Aberta, Rua da Escola Politécnica 147, 1269-001 Lisboa, Portugal

Pages: 223-238

Resumo: A ética profissional afeta qualquer organização em todas as suas vertentes, na medida que garante a qualidade dos serviços prestados e é um pilar fundamental no processo de tomada de decisão de qualquer colaborador. O objetivo desta revisão integrative foi identificar as vantagens da implementação de um código de ética numa organização. Realizou-se uma revisão integrativa da literatura (RIL) usando as bases de dados eletrónicos (Pubmed, *Web of Science*, plataforma EBSCOhost, CINAHL e na plataforma b-on) mediante uso de descritores e operadores booleanos. A procura foi apresentada através do diagrama PRISMA para apresentar o fluxo de busca por evidências. A procura recuperou um total de 1865 artigos e após avaliação dos critérios de elegibilidade, 22 artigos foram incluídos. Os resultados demonstraram que a adoção de códigos de ética pelas organizações é uma prova firme de declaração da organização comprometer-se em respeitar os direitos dos cidadãos e da sociedade.

Palavras-chave: Código de ética; Obrigação Moral; Ética organizacional; Má conduta profissional.

Codes of Ethics and Organizations: Integrative Review by the PRISMA Method

***Abstract*:** Professional ethics affects any organization in all its aspects, as it guarantees the quality of the services provided and is a fundamental pillar in the decision-making process of any employee. The aim of this integrative review was to identify the advantages of implementing a code of ethics in an organization. An integrative literature review (ILR) was performed using electronic databases (Pubmed, *Web of Science*, EBSCOhost platform, CINAHL and the b-on platform) using descriptors and Boolean operators. The search was presented through the PRISMA diagram to present the search flow for evidence. The search retrieved a total of 1865 articles and after evaluating the eligibility criteria, 22 articles were included. The results showed that the adoption of codes of ethics by organizations is a firm proof of the organization's commitment to respect the rights of citizens and society.

Keywords: Code of ethics; Moral Obligation; Organizational ethics; Professional misconduct.

1. Introdução

A ética é uma temática relevante para o mercado de trabalho e dentro das organizações. Alguns conceitos procuram explicar a complexidade das organizações modernas, do comportamento humano e das práticas de gestão. Muitos estudos sobre ética e responsabilidade social defendem que as atitudes éticas trazem vantagens para as organizações, no entanto, ainda existem organizações sem um código de ética aplicado, como por exemplo os Bombeiros Portugueses e a Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil.

As organizações de proteção civil no desempenho das suas missões, a gestão de eventos de proteção e socorro, além de complexa é exigente e os seus agentes devem obter conhecimentos éticos para que a resposta a essas missões seja eticamente fundamentada.

A proteção e reconhecimento do ser humano resulta da evolução do pensamento sobre o significado de ser pessoa e os valores intrínsecos a essa condição, onde o principio da dignidade é a nascente dos direitos humanos e dos direitos fundamentais (Meinero & Beltrami, 2016)

No artigo 1 da Lei de Bases da Proteção Civil, a missão da proteção civil é o socorro e proteção de pessoas e bens (Diário da República, 2006) e enquanto atividade pluridisciplinar e plurissectorial, a proteção civil é considerada transversal à sociedade, onde se considera importante a integração do cidadão no sentido de que o envolvimento de cada um de nós é fundamental para a criação de uma verdadeira cultura de segurança (Lopes, 2015).

Qualquer agente de proteção civil, enquanto membro de uma equipa multidisciplinar, deverá assumir uma atuação eticamente responsável na sua área de competência e reconhecer a especificidade de outros agentes de proteção civil (Costa, 2015; Diário da República, 2006; Lopes, 2015).

A palavra ética é proveniente do grego "*ethos*" que significa carácter, comportamento, costume ou hábito, definida no dicionário Barsa (2001, p. 760, citado em Barroso et al., 2020) como "parte da filosofia que estuda os valores morais e os princípios ideais de conduta humana. É na ciência normativa que serve de base à filosofia prática". Declara ainda, ser um conjunto de princípios morais (...) no exercício de uma profissão (Vecchio & Cezimbra, 2020).

A ética é um conjunto de valores e princípios universais, que regem as relações humanas válidos para todas as pessoas, enquanto a moral refere-se ao comportamento e conduta humana (Ahlert, 2007). Pode-se ainda dizer que se divide em ética de aspeto descritivo, que se descreve e questiona valores e comportamentos humanos e ética de aspeto normativo, a expressão em forma de normas que definem o comportamento humano. A justificação da exigência ética é a dignidade humana (Almeida et al., 2021).

Face ao exposto, o objetivo da presente revisão consiste em identificar as vantagens que as implementações dos códigos de ética trazem para as organizações.

2. Métodos

Para se atingir o objetivo do trabalho, foi realizada uma revisão integrativa (RIL) da literatura a fim de responder a seguinte pergunta de pesquisa: "Quais as vantagens da implementação de um código de ética nas organizações?". Para tal, a procura pelos artigos, foi realizada nas seguintes bases de dados eletrónicas e plataformas: Pubmed, *Web of Science*, plataforma EBSCOhost, CINAHL e na plataforma b-on refinando a pesquisa com base no assunto conforme apresentado na Tabela 1.

Assunto	
• **X**ethics • **X**responsibility • **X**duty • **X**codes of ethics • **X**business ethics	• **X**social responsibility of ... • **X**professional ethics • **X**organizational ethics • **X**morality • **X**ethical decision making • **X**ethical problems

Tabela 1 – b-on refinar a pesquisa (assunto)

A pesquisa foi realizada no período de 2020 e 2021. Inicialmente usou-se as seguintes palavras-chave isoladamente: *"Code of ethics", "professional misconduct", "moral Obligation" e "organizational ethics"* e por fim adoptou-se a estratégia de busca: *"code of ethics" OR "professional miscondut" OR "moral obligation" OR "organizational ethics"*. Os critérios de inclusão foram: artigos originais de pesquisa qualitativa ou quantitativa, organizações com código de ética e artigos escritos em português ou inglês. O processo de seleção e análise dos artigos foi realizado por três revisores e com auxílio do programa *Rayyan QRCI (Qatar Computing Research Institute)*, no qual primeiramente excluiu-se os duplicados, em seguida foi realizada a triagem de títulos e resumos para verificar se os artigos recuperados respondiam aos critérios de elegibilidade.

Os critérios de elegibilidade foram os seguintes: os artigos devem ser originais, artigos de revisão ou papéis de conferência; os estudos de caso foram excluídos; deverão estar escritos em português ou inglês e do campo das ciências da saúde, sociais, educação, economia e negócios.

3. Resultados

Inicialmente foram identificadas 1865 citações (Figura 1) e após a remoção de artigos duplicados pelo programa *Rayyan QRCI* foi avaliado um total de 1648 artigos. Destes, foram excluídos 1390 após a leitura dos títulos e, portanto, 258 resumos foram analisados, sendo excluídos nesta etapa 175 artigos. De seguida procedeu-se à leitura de 83 artigos completos e desses 22 estavam de acordo com os critérios de elegibilidade. Nesta fase, todos os artigos foram incluídos porque facilmente se percebeu durante a sua análise que continham informações importantes sobre códigos de ética e as mesmas eram essenciais para o objetivo da revisão. Para esquematizar utilizou-se o modelo de Itens de relatório preferidos para revisões sistemáticas e meta-análises (PRISMA) conforme a Figura 1.

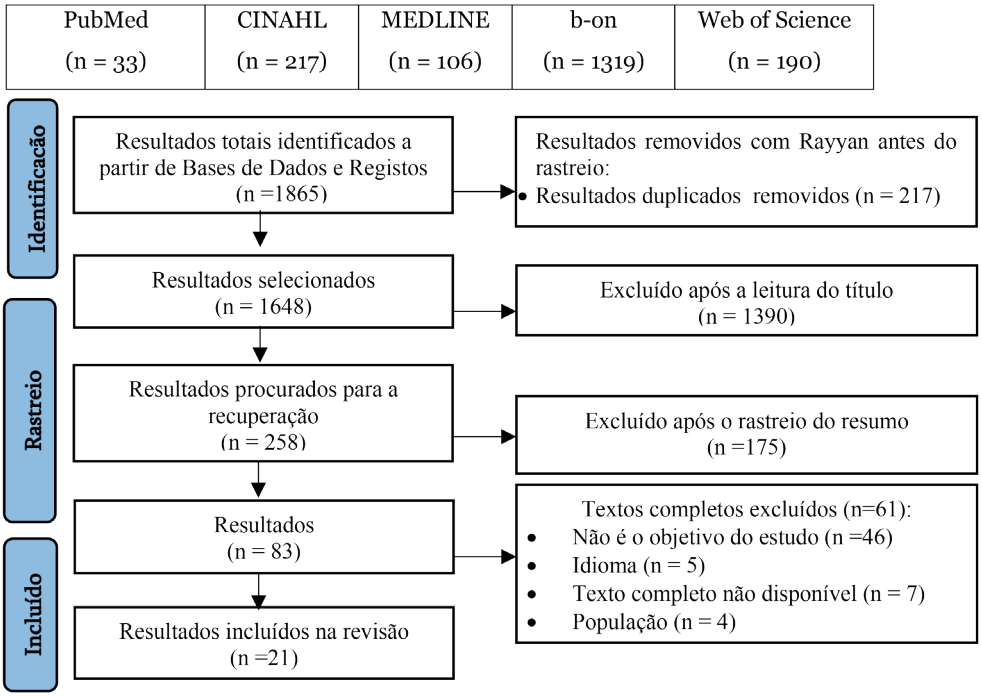


Figura 1 – Diagrama de fluxo da etapa de seleção dos artigos conforme modelo PRISMA.

O País com mais artigos sobre o tema foi o Brasil com (n = 4), Austrália e Suíça, cada um com (n = 3), a Inglaterra com (n = 2), Irão, Alemanha, Itália, Suécia, Jordânia, India, Estados Unidos, Holanda, Espanha e Polónia (n = 1). Os artigos foram publicados em 21 jornais diferentes, sendo que 20 foram escritos em inglês e 2 em português.

Jornais	
1. Archives of Iranian Medicine	**12.** International Journal of Nursing Education
2. Australian Health Review	**13.** Journal of Business Ethics
3. BMC Medical Ethics	**14.** Journal of International Management
4. British Journal of Social Work	**15.** Journal of Occupational and Organizational Psychology
5. Business and Society Review	**16.** Journal of Risk and Financial Management
6. Ciência e Saúde Coletiva	**17.** Profesional de la Informacion
7. Corporate Social Responsibility and Environmental Management	**18.** RACE - Revista de Administração, Contabilidade e Economia
8. Electronic Journal of the International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine	**19.** Revista de Administração da UFSM
9. European Journal for Research on the Education and Learning of Adults	**20.** Revista do Serviço Público

Jornais	
10. Heliyon	**21.** Zeszyty Teoretyczne Rachunkowości
11. International Journal of Ethics Education	

Tabela 2 – Jornais de publicação dos artigos.

Em relação às disciplinas, Gestão e Saúde (n = 6) liderou as publicações, seguido de Educação (n = 5) e economia (n =4) e Psicologia (n = 1) respectivamente.

Na Tabela 4 estão expostas de forma sucinta as principais informações relativas a cada um dos artigos.

4. Discussão

Neste estudo procura-se identificar as vantagens que a implementação de um código de ética traz para uma organização, devendo a mesma procurar uma visão transparente, tendo a ética como seu ponto de partida na atuação e na continuação. Os estudos incluídos abordaram as vantagens dos códigos de ética em organizações da área da saúde, gestão, educação e economia (Vecchio & Cezimbra, 2020).

4.1. Saúde

Nas instituições hospitalares, os códigos deontológicos padronizam as boas práticas, na procura da excelência nas certificações que definem as relações existentes entre a instituição, os clientes, os fornecedores e a sociedade. Esses quadros normativos estabelecem que todos devem atuar de acordo com as normas e politicas internas da instituição, tendo a função de adoptar um conjunto geral de comportamentos que visem garantir a ordem coletiva (Paraizo & Bégin, 2020).

Na área médica, os profissionais redigiram documentos que contêm diretivas para amparar as tomadas de decisão ética em várias circunstâncias profissionais, especialmente quando confrontados com condições éticas complicadas (a exemplo de cuidados paliativos e iatrogenias). A adopção deste instrumento é uma prova firme de declaração, da comunidade médica demonstrar o seu respeito aos direitos individuais e sociais das pessoas (Shamsi-Gooshki et al., 2020).

Os membros de uma sociedade profissional podem construir um código que seja adequado para o objetivo da sua jurisdição individual e preserve os fundamentos, aceites mundialmente como vitais para tais politicas, significando ter uma politica bem formulada, publicamente acessível e moralmente aceitável (Davey, 2020).

Na odontologia, o código de ética foi importante para essa organização refletir a sua posição como uma comunidade moral onde o serviço ao público é o objetivo principal para a continuação da profissão. Um código de ética reflete como cada profissão escolhe como usá-lo e descreve quatro tipos diferentes: aspiracional (enumeram princípios básicos), educacional (oferecem um conhecimento dos valores da profissão) regulamentar (relacionam deveres, aplicam normas e sanções) e ainda os mistos (englobam mais de um tipo) (Holden, 2020).

Autor, ano, País	Área do estudo	Abordagem metodológica	Participantes (n)	Descrição do estudo	Pontos importantes	Conclusão do estudo
Alrabadi et al, 2021 **Jordânia**	Saúde	Quantitativa	Participantes com experiência de pesquisa (n=18)	Entrevistas	A análise qualitativa revelou três temas principais: a falta de consciência sobre o código de ética, a necessidade de orientações claras para a investigação em farmacologia e a necessidade de mais workshops e cursos de formação para investigadores.	A falta de consciência relativamente à presença do Código Nacional de Ética pode ter implicações negativas na investigação médica. Pensava-se que o código de ética deveria ser incorporado na educação, em cursos de formação ou pós-graduados.
Shweiki et al, 2021 Palestina	Educação	Qualitativa	Educadores e especialistas (n=25)	Entrevistas e reuniões de grupo de foco	Os educadores desempenham um papel vital no sucesso da aprendizagem online, e em particular, na prática de uma ética positiva.	A existência de um código de ética na aprendizagem online é uma questão muito importante para qualquer curso ou programa académico.
Furlotti, K.; Mazza T., 2020 **Itália**	Gestão	Qualitativa	Empresas com códigos de ética (n=202)	Análise de códigos de ética de empresas	Numa análise de regressão em 808 observações por ano-empresa, os resultados mostraram que a independência do conselho de administração foi positivamente relacionada com o código de ética.	A independência do conselho é a expressão de supervisão, apoio à transparência e com o objetivo de salvaguardar os melhores interesses de todas as partes interessadas, incluindo os colaboradores.
Slaughter et al, 2020 **Inglaterra**	Psicologia	Quantitativa	**Estudo 1** (n=94) **Estudo 2** (n=238)	Inquéritos online.	As conclusões meta-analíticas sugeriram que a aplicação forte de códigos de conduta éticos reduz o comportamento antiético.	A aplicação de um código de conduta ética e de consciência individual interage para influenciar um comportamento ético.
Vitolla et al, 2021 EUA	Gestão	Qualitativa	Empresas com código de ética (n=191)	Análise de conteúdo	Apesar da relevância global da ética, os processos de redação e o conteúdo dos códigos éticos diferem consideravelmente entre os países.	Empresas internacionais mostram que a qualidade dos códigos de ética está relacionada com o context onde se inserem.

Autor, ano, País	Área do estudo	Abordagem metodológica	Participantes (n)	Descrição do estudo	Pontos importantes	Conclusão do estudo
Gonçalves et al., 2020 Portugal e Espanha	Gestão	Qualitativa	Associações Espanholas e Portuguesas da Aliança Global (n=4)	Análise de conteúdo	Através de uma análise de conteúdo qualitativa comparativa, identificaram-se 7 valores fundamentais:(1) Trabalhar para o interesse público;(2) Honestidade, verdade e comunicação baseada em fatos;(3) Integridade;(4) Transparência; (5) Lidar com os públicos com justiça e respeito; (6) Comportar-se de forma a engrandecer a profissão; e (7) Atuar com profissionalismo.	Apesar de existir nuances no quadro normativo das associações profissionais locais, há princípios globais de prática que se destacam e que demonstram a possibilidade de um código de ética global para as Relações-Públicas.
Cunha et al., 2020 Brasil	Educação	Qualitativa	Estudantes (n=101)	Análise de conteúdo	Os resultados que a média de acertos de alunos que já estudaram a disciplina de Ética e Filosofia Política é, estatisticamente, maior que alunos que ainda não estudaram. A mediana do número de acertos é o dobro dos alunos que ainda não estudaram	Tais resultados, à luz do teor das questões em que houve melhora do desempenho, sustentam a conclusão que estudar a disciplina de ética impacta, positivamente, o desempenho.
Milligan et al, 2021 Austrália	Saúde	Qualitativa	Códigos de conduta e de ética profissionais (n=16)	Análise de conteúdo	A maioria dos Códigos de ética (14 de 16) confundiu os povos insulares Aborígenes e os de Torres Estreitas tanto culturalmente como linguisticamente, minando a soberania dos Primeiros Povos da Austrália.	A revisão identificou várias áreas para melhorar o conteúdo dos códigos para garantir uma prática culturalmente segura. Recomenda a atualização sistemática de todos os códigos de conduta e de Ética.
Davey, 2020 Austrália	Saúde	Qualitativa	Laboratórios clínicos com código de ética (n=3)	Análise comparativa	O Grupo de Trabalho de Ética da Federação Internacional de Química Clínica e Medicina Laboratorial examina uma seleção cuidada de códigos para ajudar as sociedades nacionais na elaboração do seu próprio Código de Ética.	A escolha do alvo como a categoria de classificação primária ao estruturar um Código de Ética provavelmente funciona melhor a um nível prático, tendo em conta o respeito pelas pessoas, a beneficência e a justiça.

Autor, ano, País	Área do estudo	Abordagem metodológica	Participantes (n)	Descrição do estudo	Pontos importantes	Conclusão do estudo
Malach, 2020 Polónia	Educação	Qualitativa	Escolas e Associações de Educação de Adultos (n=26)	Análise comparativa	Códigos para educadores adultos são criados principalmente por associações profissionais, enquanto códigos para professores pelas autoridades governamentais.	Os códigos e códigos de conduta éticos desempenham um papel significativo na criação de uma cultura profissional de educadores adultos. São documentos essenciais.
Kotzian et al, 2021 **Alemanha**	Economia	Qualitativa	Estudantes, e colaboradores (n=188)	Desenho experimental	A existência de um código é significativa e aumenta as intenções éticas comportamentais dos decisores.	Uma questão prática é se as empresas precisam adaptar os seus códigos aos empregados, pelo menos em termos de conceção de Código.
Holden, 2020 **Austrália**	Saúde	Qualitativa	Não reportado (n=2)	Análise de discurso critica	Através desta avaliação, foi demonstrado que ambos os códigos sofrem devido à sua incapacidade de considerar o público como um dos principais intervenientes na criação e curadoria de um Código de Ética.	O mais recente Código de Ética de 2018 dos médicos dentistas demonstra uma visão sobre as mudanças na confiança pública colocadas nas profissões.
Paraizo, 2020 **Brasil**	Saúde	Qualitativa	Não reportado	Análise de conteúdo	Todas as organizações, incluindo as de saúde, apresentam uma micro visão da empresa a partir da sua missão, visão e valores que determinam como a empresa deve comportar-se na sociedade.	Uma gestão ética partilha, para além do compromisso com a lei, a atitude ética e a responsabilidade moral e política presente no processo de trabalho.
Shapira-Lishchinsky et al; 2020 **Israel**	Educação	Qualitativa	Trabalhadores sociais (n=48)	Análise de conteúdo	O estudo revelou que os dilemas, as regras de conduta ética e os códigos de ética variavam de soluções flexíveis até estabelecer limites firmes.	As conclusões ajudaram a desenvolver uma abordagem sistémica entre os trabalhadores no sentido de enfrentar desafios éticos.

Autor, ano, País	Área do estudo	Abordagem metodológica	Participantes (n)	Descrição do estudo	Pontos importantes	Conclusão do estudo
Abdeen et al, 2020 **Egito**	Educação	Design correlacional descriptivo	Enfermeiros (n=384)	Design correlacional descriptivo randomizado	O estudo revelou que 89,1 % dos enfermeiros tinham uma perceção positiva do clima de trabalho ético. Da mesma forma, 85,4% e 83 ,1 % dos enfermeiros tinham elevada coragem e angústia moral, respectivamente, e 47, 7% deles tinha moderado comportamento de cidadania.	O clima de trabalho ético foi significativo e positivamente correlacionado com a coragem moral e comportamento de cidadania organizacional, enquanto foi negativamente correlacionado com a angústia moral.
Malchev et al 2021 **República da Macedónia do Norte**	Economia	Quantitativa	Auditores de Contas Certificados (n=62)	Questionário	Os resultados indicam que a observância do Código de Ética afeta a qualidade dos compromissos de auditoria na prática interna. A maioria dos praticantes considera que os princípios fundamentais são claramente elaborados e podem fornecer uma base adequada para a conduta ética.	Os resultados da investigação fornecem uma visão geral da prática da ética que pode ser útil como guia para futuras ações destinadas a sensibilizar sobre a importância da ética na prática de auditoria interna.
Graça et al., 2020 **Brasil**	Gestão	Qualitativa	Códigos de ética (n=5)	Análise comparativa	Comparativamente, embora em diferentes aspetos, os códigos analisados estão em busca da eficiência, eficácia e efetividade dos serviços públicos. Na orientação do cidadão como agente, na transparência ou na preocupação com a destinação dos recursos públicos.	Os códigos de ética podem ajudar a trazer os valores do Estado Democrático de Direito à organização do Estado. A sua função está atrelada a desmistificar os princípios éticos constitucionais da administração pública.
Gooshki et al, 2020 **Irão**	Saúde	Qualitativa	Não reportado	Revisão da literatura	De acordo com os códigos de ética na educação médica, os membros de universidades médicas ou de ensino superior devem apresentar a melhor educação possível para os alunos e tratá-los respeitosamente.	A necessidade de educação não pode, de forma alguma, ignorar os direitos e interesses do doente. Nos casos de conflito entre a educação e o interesse do doente, prevalece o interesse do doente.

Autor, ano, País	Área do estudo	Abordagem metodológica	Participantes (n)	Descrição do estudo	Pontos importantes	Conclusão do estudo
Babri et al, 2021 **EUA Suécia**	Economia	Qualitativa	Códigos corporativos de ética em organizações empresariais (n=100)	Revisão da literatura	Os contextos em que os códigos de ética são estudados são heterogéneos (cultural, legal, hierárquico, organizacional), e existem inúmeros fatores que influenciam os resultados.	Para que os códigos de ética sejam eficazes de forma positiva, é necessário um compromisso tanto da gestão dentro da organização como dos consumidores.
Silva et al, 2021 **Brasil e Malásia**	Gestão	Estudo descritivo transversal	Colaboradores técnicos e não técnicos (n=184)	Questionários	A adoção de um código ético pode ser considerada uma forma de formalizar, incentivar e orientar comportamentos responsáveis entre funcionários e organizações, contribuindo para criar e manter uma boa reputação corporative.	O Código de Ética e Conduta surge como um instrumento para orientar o comportamento ético em organizações, é a declaração do conjunto de direitos, deveres, conduta empresarial para com as partes interessadas.
Kozáková et al, 2021 **Eslováquia**	Gestão	Quantitativa	Subsidiárias de empresas multinacionais (n=225)	Questionário	Os códigos éticos de menos de cinco páginas são documentos gerais em que as empresas geralmente se definem em relação a práticas antiéticas em geral e não lhes permite praticar atividades antiéticas específicas ou concretizar o comportamento desejado em situações específicas.	1º- empresas pequenas usam códigos de ética com frases gerais. 2º- empresas com um número baixo de empregados não precisam de um código de ética extensivo devido a regras claras com as quais eles estão familiarizados. 3º- empresas com filiais estrangeiras usam diferentes abordagens de gestão, e, portanto, os códigos éticos diferem em extensão e conteúdo.

Tabela 3 – Informações extraídas dos estudos.

Uma descoberta-chave é a declaração comum em vários códigos de ética que os profissionais devem mostrar respeito e sensibilidade com as culturas (Milligan et al., 2021) e não se basear no pressuposto de ter um padrão ético diferente para cada cultura. Os códigos podem enfocar as principais questões que causam desafios éticos (Alrabadi et al., 2021).

4.2. Gestão

Na construção de um código de ética Kozáková et al., (2021) referem que o seu propósito deve ser coerente com os princípios e práticas éticas valorizadas pela organização. Os códigos influenciam a cultura organizacional, orientando as ações dos colaboradores, valorizam a reputação e a imagem da organização; promovem o comportamento ético; incentivam a adesão à cultura institucional, reduzindo sanções e impulsionando o desenvolvimento.

O código garante o respeito pelos interesses da organização e também uma resposta às expectativas e pressões do contexto externo. Os gestores são responsáveis pela estratégia de inclusão do código como componente central e são elementos-chave para a sua eficácia (Furlotti & Mazza, 2020).

A cultura organizacional influencia a qualidade de um código de ética. A introdução de um código permite às organizações explicar o comportamento expectável, a missão e a visão em contexto profissional. Cada organização possui um sistema de valores e crenças que definem uma cultura organizacional específica. A cultura organizacional é por sua vez formada e influenciada pelo contexto social, religioso e cultural onde atua (Vitolla et al., 2021).

Duas premissas foram identificadas para a eficácia dos códigos: valores culturais e comunicação. Códigos integrados na cultura podem ser ferramentas estratégicas poderosas e quando os valores, são comunicados de forma clara e fazem parte da cultura organizacional, o código atua sobre o comportamento dos colaboradores positivamente (Stevens, 2008 cit. em Silva et al., 2021).

A ética no âmbito da administração pública intenciona assegurar que o funcionário público esteja comprometido com a promoção do bem-estar geral. Um Código de ética permite pautar a ação e o comportamento dos colaboradores. Deve ser inspirador para que este seja um instrumento com impacto positivo na administração pública (Graça & Sauerbronn, 2020).

Os códigos de ética refletem a evolução normativa de uma profissão e podem ser entendidos como o resultado de uma negociação continua entre a profissão e a sociedade onde esses mesmos profissionais atuam. Existem pelo menos duas razões interrelacionadas: reforçar a confiança do público na profissão e orientar a conduta profissional (Gonçalves & Ruiz-Mora, 2020).

4.3. Educação

O clima de trabalho de uma organização é muito importante para aumentar a eficácia e a produtividade organizacional e melhorar a qualidade da gestão e do desempenho (Abdeen Abdeen & Mahdy Atia, 2020).

Durante a atuação profissional é necessário a presença progrssiva de pessoas que demonstrem atitudes éticas, exigidas por uma sociedade ou grupos sociais que julgam incessantemente a conduta correta a ser seguida (Cunha et al., 2020).

Os códigos de conduta ética incorporam as normas injuntivas de uma organização, porque especificam o que constitui um comportamento aceitável dentro de uma organização (Slaughter et al., 2020).

Os requisitos para o desempenho profissional de educadores de adultos estão incluídos no seu código de ética, sendo por vezes o único documento normativo que apresenta o comportamento e funções dos educadores ou complementa os padrões de prática (Malach, 2020).

Os códigos éticos, derivados de regras éticas de conduta, apenas recomendam como agir de forma adequada e relembra-se que um código não substitui a lei, em vez disso, ele complementa e aborda questões que a lei não responde adequadamente (Shapira-Lishchinsky & Ben-Amram, 2020).

O código enfoca a necessidade de proteger o público de danos. Entre muitos objetivos destaca-se a melhoria dos relacionamentos morais entre os membros da profissão, com os alunos (melhorando o seu comportamento) e com pessoas externas para a obtenção e promoção da confiança da comunidade na profissão docente (Shweiki et al., 2021).

4.4. Economia

Uma importante ação de gestão organizacional é a utilização do código de ética, definido como um documento escrito com um conjunto de regras onde se expressa os compromissos normativos e os valores éticos que orientam as estratégias das empresas e o comportamento dos trabalhadores, o que aumenta a necessidade de uma gestão interna eficaz (Kotzian et al., 2021).

Estes documentos são importantes porque implicitamente estabelecem limites para o comportamento antiético e podem fornecer um guia para a conduta ética de profissionais em situações ambíguas. Os princípios fundamentais expressos num código são elaborados de forma suficientemente clara para fornecer uma base adequada para a conduta ética (Malchev & Bozhinovska-Lazarevska, 2021).

Define-se código de ética como um documento escrito e formal que visa aumentar a resistência moral na organização e direcionar o comportamento organizacional, com efeito positivo nos outcomes e na confiança dos clientes. Alguns códigos de ética ainda usam uma linguagem autoritária de controle (Babri et al., 2021).

Na profissão de contabilidade na Austrália, um código de ética além de incorporar o reconhecimento da profissão, das responsabilidades com o público, clientes e colaboradores, protegeu os interesses privados da profissão (Jenkins et al., 2020).

Os conteúdos dos códigos revelam que estes reforçam a hierarquia corporativa com uma enfase autoritária de cima para baixo e em vez de serem instrumentos facilitadores de trabalho, podem ser usados como instrumento de dominação.

Existe várias vantagens na implementação de um código de ética, nomeadamente: visão transparente, responsabilidade, gestão interna eficaz, coerência, respeito entre

colaboradores e cidadãos. Permite proteger a diversidade e multiculturalidade, complementar questões que a lei não responde adequadamente além de ser uma ferramenta estratégica poderosa. Apesar das vantagens ainda existem organizações que não têm Código de ética como por exemplo os bombeiros portugueses. Reforça-se a necessidade desta organização desenvolver um código de ética próprio e em plena execução para garantir o sucesso da organização.

5. Ética nos Agentes de Proteção Civil

Em Portugal são considerados Agentes de Proteção Civil, em concordância com as suas atribuições próprias: os corpos de Bombeiros, as Forças de Segurança, as Forças Armadas, os órgãos da Autoridade Marítima Nacional, a Autoridade Nacional da Aviação Civil, o Instituto Nacional de Emergência Médica, I.P., e demais entidades públicas prestadoras de cuidados de saúde e os Sapadores Florestais (DRE, 2006).

Destes agentes de proteção civil, apenas os bombeiros e sapadores florestais não têm código de ética, bem como a Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil.

6. Limitações

Tal como ocorre na maioria dos estudos, este em particular apresenta algumas limitações que abrem oportunidades para futuras investigações. Em primeiro lugar, o número total de artigos incluídos é limitado pelos critérios de seleção, onde optou-se por selecionar artigos sustentados em palavras-chave específicas, em motores de busca específicos, correndo-se o risco de se perder alguns trabalhos, no entanto, apresentamos a metodologia de pesquisa e os critérios para que a seleção de documentos fosse o mais transparente possível. Em segundo lugar, o período de inclusão dos estudos, sugere-se que estudos futuros usem uma temporalidade maior para se incluir mais estudos. Na presente investigação, gostaríamos de ter o retrato mais atual deste cenário, por isso optamos pela restrição na temporalidade.

7. Contribuições

A presente revisão ajudou a ampliar o conhecimento relacionado com a ética e com os códigos de ética nas organizações. A contribuição desta revisão serviu para a elaboração de uma proposta de um código de ética para um agente de proteção civil, nomeadamente os bombeiros. Este será um documento valioso para todos os cidadãos que desempenhem funções na atividade de bombeiro em Portugal.

8. Conclusão

A sociedade e as organizações têm uma relação que se pode constituir como uma oportunidade que pode ser vantajosa para ambas. Nas organizações, a ética constitui-se como uma área de conhecimento essencial e importante que deve estar integrado dentro de qualquer estratégia, de forma a garantir que todos os objetivos sejam atingidos da forma mais correta e transparente possível.

A complexidade das relações humanas, da comunicação, da interação com outros profissionais ou outras organizações revelou a necessidade de as organizações adotarem princípios éticos nas suas normas internas, de forma a facilitar a implementação de estratégias de sucesso. A adoção de um código de ética pelas organizações permite criar formas de controlo interno para diminuir ou eliminar as más ações que podem prejudicar a imagem da organização.

No âmbito dos bombeiros e da proteção civil verifica-se uma evolução de âmbito quantitativo, onde a preocupação é mais equipas, mais meios e mais diversidade de agentes de proteção civil ou agentes com dever especial de colaboração. Os bombeiros devem apostar na adopção de um código de ética que permita o aumento da qualidade das suas missões.

Referências

Abdeen Abdeen, M., & Mahdy Atia, N. (2020). Ethical Work Climate, Moral Courage, Moral Distress and Organizational Citizenship Behavior among Nurses. *International Journal of Nursing Education*, *12*(2), 79–85. https://doi.org/10.37506/ijone.v12i3.9731

Ahlert, A. (2007). Ética E Direitos Humanos: Princípios Educacionais Para Uma Sociedade Democrática. *Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*, *16*(2), 1–9.

Almeida, A., Silva, R., Bastos, H., Calixto, T., & Silva, M. (2021). Brazilian Journal of Development A construção de valores éticos na educação infantil: uma reflexão necessária The construction of ethical values in early childhood education: a necessary reflection. *Brazilian Journal of Development*, *5*, 47699–47716. https://doi.org/10.34117/bjdv7n5-259

Alrabadi, N. N., Mukattash, T. L., Alzoubi, K. H., Abu-Farha, R. K., Khabour, O. F., & Mhaidat, N. M. (2021). Awareness of pharmacy researchers about the national research code of ethics: A study from Jordan. *Heliyon*, *7*(6). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07180

Babri, M., Davidson, B., & Helin, S. (2021). An Updated Inquiry into the Study of Corporate Codes of Ethics: 2005–2016. *Journal of Business Ethics*, *168*(1), 71–108. https://doi.org/10.1007/s10551-019-04192-x

Barroso, A. L., Ferreira, J. dos S., & Costa, O. R. (2020). Ética e tecnologia: Pressupostos necessários na educação pós-moderna. *Brazilian Journal of Development*, *6*(5), 27781–27794. https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-285

Costa, D. H. da. (2015). *As Forças Armadas em apoio à proteção em caso de catástrofe*. Instituto de Estudos Superiores Militares.

Cunha, K. S. da, Casagrande, M. D. H., Soares, S. V., & Góis, A. D. (2020). O conhecimento dos estudantes de Ciências Contábeis acerca do Código de Ética. *RACE - Revista de Administração, Contabilidade e Economia*, *19*(3), 1–24. https://doi.org/10.18593/race.21319

Davey, R. X. (2020). Codes of ethics for laboratory medicine: Definition, structure and procedures – A narrative review based on existing national codes. *Electronic Journal of the International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, *31*(4), 262–273. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33376466/

Diário da República (2006). Lei de Bases da Protecção Civil - Lei n . º 27 / 2006. In *Diário da República n . º 126 / 2006 , Série I de 2006-07-03*.

Furlotti, K., & Mazza, T. (2020). Code of ethics and workers' communication policies: The role of corporate governance. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, *27*(6), 3060–3072. https://doi.org/10.1002/csr.2024

Gonçalves, G., & Ruiz-Mora, I. (2020). Public relations ethics. A comparative study of the professional codes of conduct in spain and portugal and the global alliance for public relations and communication management code. *Profesional de La Informacion*, *29*(3), 1–16. https://doi.org/10.3145/epi.2020.may.16

Graça, G. R., & Sauerbronn, F. F. (2020). Códigos de ética em sistemas de governança pública: um estudo comparativo Brasil, Estados Unidos, Reino Unido, Nova Zelândia e Coréia do Sul. *Revista Do Serviço Público*, *71*(2), 297–329. https://doi.org/10.21874/rsp.v71i2.3160

Holden, A. C. L. (2020). Exploring the evolution of a dental code of ethics: A critical discourse analysis. *BMC Medical Ethics*, *21*(1), 1–7. https://doi.org/10.1186/s12910-020-00485-3

Jenkins, J. G., Popova, V., & Sheldon, M. D. (2020). Monitoring the accounting profession under the AICPA code of professional conduct: An analysis of state board of accountancy participation. *Journal of Accounting and Public Policy*, *39*(3), 106742. https://doi.org/10.1016/j.jaccpubpol.2020.106742

Kotzian, P., Stöber, T., Weißenberger, B. E., & Hoos, F. (2021). Effective, but not all the time: Experimental evidence on the effectiveness of a code of ethics' design. *Business and Society Review*, *126*(2), 107–134. https://doi.org/10.1111/basr.12231

Kozáková, J., Urbánová, M., & Savov, R. (2021). Factors Influencing the Extent of the Ethical Codes: Evidence from Slovakia. In *Journal of Risk and Financial Management* (Vol. 14, Issue 1, p. 40). https://doi.org/10.3390/jrfm14010040

Lopes, L. (2015). *Cultura de Segurança em Proteção Civil*. Universidade Nova de Lisboa.

Malach, J. (2020). Ethical codes in adult education as subjects of comparative analysis. *European Journal for Research on the Education and Learning of Adults*, *11*(2), 199–217. https://doi.org/10.3384/rela.2000-7426.ojs841

Malchev, B., & Bozhinovska-Lazarevska, Z. (2021). New challenges of the IFAC International Code of Ethics. The case of the Republic of North Macedonia. *Zeszyty Teoretyczne Rachunkowości*, *45*(2), 145–160. https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.9567

Meinero, F., & Beltrami, F. (2016). O Princípio Da Dignidade Humana Como Conceito Interpretativo. *Revista Brasileira de Direitos e Garantias Fundamentais*, *2*(1), 55–79. https://doi.org/10.21902/Organiza

Milligan, E., West, R., Saunders, V., Bialocerkowski, A., Creedy, D., Minniss, F. R., Hall, K., & Vervoort, S. (2021). Achieving cultural safety for Australia's First Peoples: A review of the Australian Health Practitioner Regulation Agency-registered health practitioners' Codes of Conduct and Codes of Ethics. *Australian Health Review*, *45*(4), 398–406. https://doi.org/10.1071/AH20215

Paraizo, C. B., & Bégin, L. (2020). Organizational ethics in health settings. *Ciencia e Saude Coletiva*, *25*(1), 251–259. https://doi.org/10.1590/1413-81232020251.28342019

Shamsi-Gooshki, E., Parsapoor, A., Asghari, F., Parsa, M., Saeedinejad, Y., Biroudian, S., Fadavi, M., Khalajzadeh, M. R., Namazi, H. R., Ghasemzadeh, N., Samani, R. O., Milanifar, A., Raoofi, A., Halvaei, S. R., Mousavi, M. S., Zali, A., Fazel, I., Zafarghandi, M. R., Idani, E., & Moin, M. (2020). Developing "Code of Ethics for Medical Professionals, Medical Council of Islamic Republic of Iran." *Archives of Iranian Medicine*, *23*(10), 658–664. https://doi.org/10.34172/aim.2020.83

Shapira-Lishchinsky, O., & Ben-Amram, M. (2020). Developing a code of ethics amongst social workers in supported employment: Exploring the socio-ecological model. *British Journal of Social Work*, *50*(6), 1834–1853. https://doi.org/10.1093/BJSW/BCAA009

Shweiki, S., Abd-Rabo, A., Badah, A., Tarteer, S., Mahmoud, S., Odeh, A., & Affouneh, S. (2021). A code of ethics proposal for Palestinians' educators: attitudes and themes. *International Journal Of Ethics Education*, 1–18.

Silva, R. R. da, Santos, R. C. Dos, Sousa, A. M. R., Orso, L. É., & Khatib, S. F. A. (2021). Code of ethics and conduct in the light of corporate governance: the stakeholders' perspective. *Revista de Administração Da UFSM*, *14*(2), 405–422. https://doi.org/10.5902/1983465954702

Slaughter, J. E., Cooper, D. A., & Gilliland, S. W. (2020). Good apples in good barrels: Conscientious people are more responsive to code enforcement. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, *93*(4), 834–860. https://doi.org/10.1111/joop.12325

Vecchio, F. B., & Cezimbra, L. V. (2020). Ética Y Cumplimiento En Brasil: ¿Que Es Necesario a Las Empresas Brasileñãs? / Ethics and Compliance in Brazil: What Is Necessary for Brazilian Companies? *Brazilian Journal of Development*, *6*(12), 103647–103656. https://doi.org/10.34117/bjdv6n12-751

Vitolla, F., Raimo, N., Rubino, M., & Garegnani, G. M. (2021). Do cultural differences impact ethical issues? Exploring the relationship between national culture and quality of code of ethics. *Journal of International Management*, *27*(1), N.PAG-N. PAG. https://doi.org/10.1016/j.intman.2021.100823

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 25/03/2024
Aceitação/Acceptance: 15/06/2024

Análise do Risco em Cibersegurança do Serviço de Imagiologia Clínica de um Hospital em Portugal

Ana Patrícia Borges[1], João Pavão[2], Dário Carreira[3], Victor Costa[4], Nelson Pacheco Rocha[5]

anapatborges27@gmail.com; jpavao@utad.pt; dariocarreira@netcabo.pt; vcosta@chtmad.min-saude.pt; npr@ua.pt

[1] Escola de Ciência e Tecnologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000 Vila Real, Portugal

[2] INESC-TEC, Escola de Ciência e Tecnologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000 Vila Real, Portugal

[3] Instituto Superior da Maia, Avenida Carlos Campos Maia, 4475 Maia, Portugal

[4] Centro Hospitalar de Trás-os-Montes e Alto Douro, Av. da Noruega, 5000-508 Vila Real, Portugal

[5] IEETA, Universidade de Aveiro, Campo de Santiago, 3810 Aveiro, Portugal

Pages: 239-250

Resumo: O aumento dos dispositivos médicos interligados e a quantidade da informação produzida pelo setor hospitalar, tornam-no um alvo apetecível para a ocorrência de ciberataques. Este estudo teve como objetivo analisar o risco em cibersegurança do serviço de imagiologia clínica de uma instituição hospitalar pertencente ao Serviço Nacional de Saúde português. A partir da identificação de ameaças e vulnerabilidades recorreu-se ao modelo Factor Analysis of Information Risk (FAIR) para quantificar os riscos de cibersegurança, e determinar nomeadamente os seus impactos para o serviço em causa, bem como identificar e priorizar medidas a implementar para melhorar a sua ciber resiliência.

Palavras-chave: Cibersegurança; Ciber resiliência; modelo FAIR; Análise quantitativa do risco; Imagiologia Clínica.

Cybersecurity Risk Analysis of the Medical Imaging Service of a Hospital in Portugal

Abstract: The increase in interconnected medical devices and the amount of information produced by the hospital sector make it a desirable target for cyberattacks. This study aimed to analyze the cybersecurity risk of the medical imaging service of a hospital institution belonging to the Portuguese National Health Service. From the identification of vulnerabilities, the Factor Analysis of Information Risk (FAIR) model was used to quantify cybersecurity risks and determine in particular their impacts on the medical imaging service, as well as to identify and prioritize measures to be implemented to improve its cyber resilience.

Keywords: Cybersecurity; Cyber resilience; FAIR model; Quantitative risk analysis, Medical Imaging.

1. Introdução

O sector da saúde, em consequência da sua adesão às tecnologias digitais (Kioskli, Fotis and Mouratidis, 2021), é um setor particularmente vulnerável e um alvo constante para a ocorrência de eventos relacionados com a cibersegurança (Argaw *et al.*, 2020; Burke and Saxena, 2021). Em particular, o aumento da conectividade dos dispositivos médicos é considerado como uma das maiores vulnerabilidades do setor da saúde porquanto ataques diretos podem colocar em causa a segurança dos pacientes e, adicionalmente, podem ter um impacto bastante significativo para as organizações, em termos de perdas financeiras e de reputação (Kioskli, Fotis and Mouratidis, 2021).

Assim, é claramente evidente a importância da implementação de medidas de cibersegurança. Contudo, somente a implementação de medidas de cibersegurança não é suficientemente capaz de conferir a proteção total das organizações. É crucial que estas apresentem a capacidade de antecipar eventuais problemas que possam surgir através de um ciberataque, e desenvolvam planos de resposta que lhes permitam lidar com os problemas inicialmente identificados, ou seja, que sejam ciber resilientes (Hausten, 2020). Nesse sentido, a ciber resiliência tem merecido um interesse crescente tanto no setor da saúde (Garcia-Perez *et al.*, 2023), bem como noutros setores como, por exemplo, cidades inteligentes (Pavão, Bastardo and Rocha, 2023) ou defesa (Pavão, Bastardo, Carreira and Rocha, 2024).

O National Institute of Standards and Technology Cybersecurity Framework (NIST-CSF) (NIST, 2018) pretende auxiliar as organizações na compreensão, gestão e redução do risco relacionado com cibersegurança, bem como na proteção dos seus sistemas de informação. O componente central deste modelo, e de outros modelos com o mesmo propósito, é a gestão do risco. Este processo é faseado através da identificação, análise, avaliação, priorização e, no seu conjunto, tem o intuito de minimizar o impacto de ameaças para as organizações. A análise de risco pode ser efetuada de forma qualitativa ou quantitativa e representa um processo determinante para a ciber resiliência, pois é o que permite às organizações obterem conhecimento sobre os seus níveis atuais de risco e definirem os controlos necessários para o tratar, nomeadamente mitigarem-no para limites considerados aceitáveis.

As matrizes representam o diferencial dos resultados obtidos através de uma análise do risco qualitativa (Kuzminykh, Ghita, Sokolov and Bakhshi, 2021) como, por exemplo, matrizes de risco baseadas em mapas de calor (verde, amarelo, vermelho) ou descritivas (alto, moderado, baixo) e escalas (1 a 5). Contrariamente à análise qualitativa, a abordagem quantitativa fornece resultados em intervalos de valores que permitem uma quantificação do risco mais objetiva, uma melhor compreensão do nível de risco e do seu impacto e, consequentemente, uma tomada de decisão mais concreta e credível (Crotty and Daniel, 2022; Hubbard and Seiersen, 2023). O modelo Factor Analysis of Information Risk (FAIR) (Freund and Jones, 2014) é um exemplo da análise quantitativa do risco, fornecendo uma estrutura completa para a perceção, análise e quantificação do risco em termos de impactos financeiros. Neste contexto, o principal objetivo para a realização do presente trabalho consistiu numa avaliação e estudo, em contexto hospitalar, da aplicabilidade das técnicas de análise quantitativa do risco baseadas no modelo FAIR ao serviço de imagiologia clínica de um hospital público português pertencente ao Serviço Nacional de Saúde (SNS).

2. Materiais e Métodos

2.1. Serviço de Imagiologia Clínica

O serviço de imagiologia clínica que foi objeto deste estudo conta com um total de 82 colaboradores e, anualmente, realiza em média cerca de 760.000 estudos imagiológicos, dispondo para isso um diversificado de equipamento diagnóstico em termos de radiologia, radioscopia, mamografia, ecografia, tomografia axial computorizada (TAC) e ressonância magnética.

Importa referir que muitos destes equipamentos se encontram deslocados fisicamente do serviço central obedecendo a um regime de prestação e conveniência de realização de exames nos locais onde é necessário prestar cuidados aos pacientes.

Para além de todos os dispositivos de imagem médica anteriormente referidos, o serviço é apoiado por vários computadores, com o sistema operativo Windows 10, um conjunto de aplicações próprias e necessárias à produção e visualização de imagens médicas e um conjunto de impressoras. Todos estes dispositivos se encontram interligados através da rede interna do hospital e a sua manutenção é da responsabilidade do serviço informático hospitalar. O mesmo não acontece com os equipamentos de diagnóstico cuja manutenção, presencial ou remota, é da responsabilidade dos seus fornecedores.

2.2. Modelo FAIR

O modelo FAIR baseia-se numa análise de dados objetivos, com base nos fatores essenciais do risco, a fim de evitar as matrizes e escalas pouco esclarecedoras. Considerando risco como a frequência e a magnitude prováveis de perdas futuras (Freund and Jones, 2014), os fatores a considerar para o cálculo do risco são a Frequência do Evento de Perda e a Magnitude de Perda, as quais, por sua vez, podem ser estimadas a partir de fatores de risco de mais baixo nível como, por exemplo, a Frequência do Evento Ameaça (*i.e.*, frequência provável, dentro de um determinado período, de que os agentes de ameaça agirão de uma maneira que possa resultar em perda) e da vulnerabilidade (*i.e.*, probabilidade de uma ação praticada por um agente ameaça que resulta em perda).

A Frequência do Evento de Perda representa a frequência provável, durante um determinado intervalo de tempo, para que a perda se materialize como resultado de uma ação de um agente de ameaça, enquanto a Magnitude de Perda consiste na magnitude provável de perdas primárias e secundárias que resultam da ocorrência de um evento ameaça. Por sua vez, as perdas primárias correspondem às perdas diretas que se materializam como resultado de um evento ameaça sobre as partes interessadas principais e as perdas secundárias, correspondem às perdas que envolvem as reações negativas das partes interessadas secundarias, à perda primária.

Uma vez determinadas a Frequência do Evento de Perda e a Magnitude de Perda recorre-se ao método de simulação de Monte Carlo que considera gamas de valores aleatórios para as variáveis desconhecidas, por forma a determinar i) a Exposição de Perda Anualizada e ii) a Curva de Excedência de Perda (Freund and Jones, 2014). Assim, com o objetivo de determinar valores de Exposição de Perda Anualizada e a Curva de Excedência de Perda para avaliar a capacidade de gestão do ciber risco do serviço de imagiologia clínica de um hospital público português, começou-se por definir quatro possíveis cenários de

ameaça. De seguida, determinou-se a probabilidade da ameaça prevista em cada cenário se concretizar e o cálculo das perdas estimadas para cada cenário. Estes valores, por sua vez, serviram de variáveis de entrada para a aplicação FAIR-U (FAIR, 2017), a aplicação fornecida pelo Instituto FAIR para o cálculo da Exposição de Perda Anualizada e a Curva de Excedência de Perda.

2.3. Definição de Cenários

Com base nas potenciais ameaças e vulnerabilidades detetadas foram elaborados quatro cenários relativos a furto de informação interno, phishing, furto de informação externo e ransomware, cujas características são apresentadas na Tabela 1.

No cenário 1 (furto interno de informação) a principal ameaça é a apropriação, de forma não autorizada de qualquer tipo de informação confidencial relativa aos pacientes para, posteriormente, proceder à sua venda. Corresponde a uma ação intencional e maliciosa de um colaborador interno que, através da captação de fotografias, regista a informação sensível que se encontra disponível em diferentes sistemas como, por exemplo, relatórios de estudos imagiológicos. Neste cenário a comunidade de ameaça são os próprios funcionários do serviço de imagiologia clínica e a sua motivação é financeira.

No cenário 2 (phishing) o objetivo da ameaça é semelhante ao do cenário 1, mas a ameaça é executada por um individuo ou grupo de indivíduos externos à organização hospitalar, sendo a sua motivação exclusivamente financeira. O agente de ameaça faz-se passar por uma pessoa pertencente à organização como, por exemplo, um colaborador do serviço informático, e procede ao envio de um e-mail para um colaborador do serviço de imagiologia clínica pedindo-lhe para aceder a um determinado link, a fim de realizar a alteração das suas credenciais de autenticação. Este não desconfia da autenticidade do remetente, pelo que, inocentemente, faz o que lhe é solicitado, permitindo ao agente de ameaça o acesso a sistemas do serviço de imagiologia clínica e, consequentemente, a registos de pacientes.

No cenário 3 (furto de informação externo) são comprometidos os resultados de estudos imagiológicos, através da interceção das comunicações Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM). A não obrigatoriedade da implementação de protocolos de segurança e da encriptação dos dados armazenados leva, muitas vezes, as instituições a negligenciarem as suas comunicações internas. Tal pode permitir que o agente de ameaça, após conseguir entrar na rede de comunicações do hospital, consiga intercetar mensagens DICOM para aceder a informações sensíveis.

No cenário 4 (ransomware) a ameaça pretende negar o acesso ao dispositivo que recebe as imagens produzidas pelo equipamento TAC. Esta modalidade foi selecionada por ter sido considerada como a mais crítica, uma vez que tem de estar constantemente disponível. A ação maliciosa e intencional é praticada por um grupo de indivíduos criminosos externos à organização e que levam a cabo o ataque através das vulnerabilidades existentes no software da estação de trabalho, que foi desenvolvido para receber e disponibilizar as imagens especificamente daquele dispositivo. O equipamento TAC em questão necessita de um software característico para o seu funcionamento, mais concretamente o syngoVia, que apresenta um conjunto de vulnerabilidades (NIST, 2022). Assim, neste cenário prevê-se a concretização de um ataque que nega à estação de trabalho o acesso

ao aplicativo de visualização de exames, enquanto não for pago um resgate, o que leva a organização a ser impedida de realizar estudos imagiológicos de TAC.

	Cenário 1	**Cenário 2**	**Cenário 3**	**Cenário 4**
Ativos em risco	Informação de pacientes	Informação de pacientes	Informação de pacientes	Equipamento TAC
Comunidade de ameaça	Funcionários do serviço	Cyber criminosos	Cyber criminosos	Cyber criminosos
Tipo de ameaça	Maliciosa			
Efeito	Confidenciali-dade	Confidenciali-dade	Confidenciali-dade	Confidenciali-dade e disponi-bilidade
Propósito	Registar informação sensível e, posterior-mente, proceder à sua venda	Registar informação sensível e, posterior-mente, proceder à sua venda	Registar informação sensível e, posterior-mente, proceder à sua venda	Prejudicar a instituição hospitalar
Background	Não existe nenhum histórico sobre a ocorrência deste tipo de eventos na organização			

Tabela 1 – Características dos quatro cenários

2.4. Determinação da Frequência do Evento de Perda e da Magnitude de Perda

A Frequência do Evento de Perda de cada um dos cenários foi estimada diretamente, considerado os tipos de ameaças e as vulnerabilidades específicas associados a cada cenário.

Por sua vez, para determinar as Magnitude de Perda, foi necessário definir quais são os tipos de perdas que se materializam em primeiro lugar, o que segundo FAIR corresponde a considerar as perdas primárias e perdas secundárias.

Em termos de recursos humanos internos, consideramos que a equipa a envolver é composta pelo diretor e técnicos do serviço de imagiologia clínica, representantes do serviço informático, recursos humanos, bem como dos serviços jurídicos e do conselho de administração.

Para o cálculo das perdas primárias considerou-se o seguinte:

- Produtividade - custos associados à não operacionalidade de ativos do serviço de imagiologia clínica afetados por uma ameaça concretizada.
- Substituição - custos associados à substituição dos ativos do serviço afetados por uma ameaça concretizada.
- Resposta - custos associados à gestão do evento de perda, desde as despesas logísticas às horas de trabalho necessárias, por pessoa, para lidar com o acontecimento. Geralmente, os custos de resposta distribuem-se pelas seguintes categorias: i) custos dos recursos humanos internos necessários para gerir um incidente; e ii) custos de investigação por parte de uma equipa especializada externa.

A participação de uma equipa especializada externa pode ser necessária para recolher o maior número de provas possível para, eventualmente, identificar os responsáveis e recuperar a informação que foi comprometida. Em termos de custos, consideram-se os custos de uma equipa de investigação forense constituída por quanto técnicos, com funções de coordenação e de inspeção.

Finalmente, para determinar um valor médio para os dias de investigação, considerou-se que o tempo médio para a deteção e contenção deste tipo de eventos de acordo com o expresso num relatório técnico da IBM (IBM, 2022).

Em termos de perdas secundárias, assumiu-se o seguinte:

- Resposta - Valor total dos custos de notificação do paciente, custos associados com o aumento do suporte de chamadas, custos de monitorização, custos associados à disponibilização de colaboradores em reuniões para a tomada de decisões após o evento, custos relativos aos processos judiciais e coimas, e ainda custos com relações públicas.
- Vantagem competitiva - Prejuízos resultantes da deterioração de ativos que diferenciam a organização dos seus competidores.
- Multas e julgamentos - Envolve as custas judiciais, incluindo taxas de justiça (*i.e.*, valor a pagar apenas para dar início a um processo judicial), custas de encargos (*i.e.*, despesas envolvidas na necessidade de serviços extra como, por exemplo, peritagem) e custas de parte (*i.e.*, valor que é devolvido à parte requerida, sempre que o processo avance, o seu autor seja identificado e condenado). Adicionalmente, de acordo com o Regulamento Geral da Proteção de Dados (RGPD), perante uma violação de dados na área da saúde, a instituição incorre num crime que pode ser classificado de grave ou muito grave.
- Reputação - Perdas associadas a uma perceção externa da diminuição do valor da organização.

Nos quatro cenários considerados assumimos que as perdas em termos de vantagem competitiva e reputação não são relevantes uma vez que estamos em presença de um hospital público sem grande concorrência direta, pelo que não é previsível uma diminuição significativa dos utentes da organização em causa.

3. Resultados

3.1. Frequência do Evento de Perda

A Tabela 2 apresenta os valores mínimos, mais prováveis e máximos da Frequência do Evento de Perda para os quatro cenários. Adicionalmente, considerámos uma elevada Frequência do Evento de Perda secundária (*i.e.*, uma probabilidade elevada de eventos de perdas primárias resultarem em perdas de partes interessadas secundárias).

Para determinar os valores da Tabela 2 assumiu-se que para o cenário 1 não existe nenhum histórico da ocorrência deste tipo de eventos e, se acontecesse pela primeira vez, seria muito menos provável de acontecer novamente, devido à mudança de atitudes por parte da instituição (*e.g.*, utilização de dispositivos móveis durante o horário de trabalho). Sendo assim, parece razoável assumir que este tipo de eventos aconteça cerca

de uma vez a cada cinco anos em todo o hospital, pelo que, tendo em conta a proporção do número de colaboradores do serviço de imagiologia clínica em relação ao número de colaboradores de todo o hospital, consideramos uma frequência mais provável de 0.02 e uma frequência mínima de 0.01. Como frequência máxima, vamos assumir que este tipo de eventos ocorre, no máximo, três vezes num ano.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Mais provável	0.02	1.50	0.20	0.25
Mínimo	0.01	0.75	0.10	0.13
Máximo	3.00	4.00	0.33	2.00

Tabela 2 – Valores da Frequência do Evento de Perda calculados para os quatro cenários

Por sua vez, para o cenário 2, apesar de não existir nenhum histórico da ocorrência deste tipo de eventos no serviço de imagiologia clínica, a sua probabilidade de ocorrer pela primeira vez é elevada. Assim admitimos que este evento ocorre cerca de três vezes em quatro anos (*i.e.*, uma frequência de 0.75). Ajustando para um valor mais provável temos uma frequência de 1.50 (o que corresponde a três vezes em dois anos). Adicionalmente, assumimos uma frequência máxima de quatro vezes por ano.

Para o cenário 3, apesar de o único tipo de controlo que o serviço de imagiologia clínica implementou foi a instalação de firewalls, não existe nenhum histórico sobre a ocorrência deste tipo de eventos, pelo que assumimos uma frequência mais provável de 0.2, com valores a variar entre um mínimo de 0.10 e um máximo de 0.33.

De uma forma semelhante aos restantes cenários, para o cenário 4 não existe nenhum histórico da ocorrência deste evento no serviço de imagiologia clínica, pelo que supusemos que a probabilidade do evento de ameaça acontecer é uma vez em cada oito anos (*i.e.*, aproximadamente 0.113). Como valor mais provável consideramos 0.25 (*i.e.*, uma vez em cada quatro anos) e que o evento pode ocorrer no máximo duas vezes num ano.

3.2. Magnitude de Perda

A Tabela 3 apresenta os valores de Magnitude de Perda primária dos diferentes cenários, enquanto a Tabela 4 apresenta os respetivos valores da Magnitude de Perda secundária.

Nos cenários 1, 2 e 3, perdas de produtividade e substituição não são aplicáveis, visto que o acesso não autorizado e furto de informação considerada sensível não afeta as atividades do serviço de imagiologia clínica nem o funcionamento dos seus ativos. Em contrapartida, no cenário 4, existem perdas de produtividade resultantes da não disponibilidade de visualização de estudos imagiológicos, embora não seja necessário considerar a substituição do equipamento.

Para determinar as perdas de produtividade no cenário 4, considerou-se que o equipamento TAC estaria indisponível durante um dia. Estimando que se podem realizar 65 exames por dia, valor este que pode variar de um mínimo de 48 exames diários e 96 exames diários, e que o custo médio da realização de exames de TAC é de 143 €.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Produtividade				
Valor provável	-	-	-	9 k€
Mínimo-máximo	-	-	-	7-14 k€
Substituição	-	-	-	-
Resposta				
Valor provável	59 k€			
Mínimo-máximo	18-116 k€			

Tabela 3 – Perdas primárias

Os custos de resposta primária estão associados aos custos das equipas de investigação interna e externa. De acordo com o relatório técnico da IBM (IBM, 2022), considerou-se para os diferentes cenários um tempo de investigação provável de 110 dias (com um valor máximo de 220 dias), o qual foi subdividido em equipa interna e equipa externa (i.e., 50% para cada equipa).

A resposta secundária incluí i) notificação a utentes, ii) notificação a fornecedores, iii) chamadas de suporte, iv) pessoas em reuniões, v) custos de relações públicas, e vi) custos legais.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Resposta				
Notificação a utentes	-	-	-	-
Notificação a fornecedores	-	-	-	-
Chamadas de suporte	-	-	-	-
Pessoas em reuniões	19 k€ como valor provável, podendo variar de 15 a 37 k€			
Custos de relações públicas	Muito provável custo zero, podendo atingir um máximo de 179 k€	Muito provável custo zero, podendo atingir um máximo de 179 k€	Muito provável custo zero, podendo atingir um máximo de 179 k€	-
Custos legais	225 k€ como valor provável, podendo variar de 31 a 481 k€	225 k€ como valor provável, podendo variar de 31 a 481 k€	225 k€ como valor provável, podendo variar de 31 a 481 k€	-
Reputação	-	-	-	-
Vantagem competitiva	-	-	-	-
Multas e julgamentos	10 M€ como valor provável, podendo variar de 0 € a 20 M€	10 M€ como valor provável, podendo variar de 0 € a 20 M€	10 M€ como valor provável, podendo variar de 0 € a 20 M€	-

Tabela 4 – Perdas secundárias

Para todos os cenários, considerando que pode existir um grande número de registos comprometidos, a instituição não tem capacidade para efetuar uma notificação individual a todos os lesados. Assim, para colmatar esta situação, pode ser feita uma comunicação pública através do website da instituição o que, por se tratar de um erro do hospital e ser um assunto de interesse público, vai chamar a atenção da comunicação social, pelo que podemos considerar os custos de notificação aos utentes pouco significativos, o mesmo acontecendo com os custos a fornecedores.

Para os custos da equipa interna de gestão do evento considerou-se como o valor mais provável 38 dias de investigação, podendo variar de 31 a 76 dias.

Em termos do valor mais provável para os custos de relações públicas, considerámos que estes custos seriam insignificantes porquanto no caso de um hospital público a probabilidade de perder utentes é pequena, pelo que apenas se considerou o pior caso possível que seria de 179 k€, o que corresponde ao valor gasto em relações públicas pela unidade hospitalar em 2022.

Para os cenários 2 e 3, dado que podem existir entidades terceiras a pedirem indemnizações em tribunal, é preciso considerar a taxa de justiça (*i.e.*, o valor a pagar para iniciar o processo judicial), as custas de encargos (*i.e.*, despesas extras envolvidas no processo, como custos com peritagens, correios, transportes ou telecomunicações) e as custas de parte (*i.e.*, o valor total das despesas com o processo que é reembolsado pela parte vencida à parte vencedora).

Para o cenário 4 não há mais perdas secundárias a considerar. O valor para os custos legais não é aplicável, tendo em conta que o serviço de imagiologia clínica tem processos alternativos de redireccionamento dos utentes, o que evita a apresentação de queixas. Também a reputação e a vantagem competitiva não são afetadas. O mesmo acontece para as multas e julgamentos, pois não ocorreu nenhuma violação de dados pessoais dos utentes.

De igual modo, tendo em conta a natureza da organização também não se consideraram perdas de reputação e vantagem competitiva para os restantes cenários. Em contrapartida, no que diz respeito às multas e julgamentos dos cenários 1, 2 e 3, dado que houve acesso indevido a informações sensíveis, de acordo com o RGPD, a instituição pode incorrer num crime grave (a que corresponde ao pagamento de uma multa que varia entre os 2.5 k€ e os 1 0 M€) ou muito grave (a que corresponde ao pagamento de uma multa que varia entre os 5 k€ e os 20 M€). Assim, assumimos o valor médio da multa como valor provável, e um valor mínimo e máximo, entre 0 € (no caso de não ser aplicada a multa) e 20 M€.

Uma vez determinadas as perdas primárias e secundárias é possível calcular a Magnitude de Perda de cada cenário, tal como é apresentado na Tabela 5.

3.3. Determinação da Exposição de Perda Anualizada e da Curva de Excedência de Perda

Os valores da obtidos para a Exposição de Perda Anualizada através da ferramenta FAIR-U são apresentados na Tabela 6. Por sua vez, a Figura 1 apresenta as Curvas de Excedência de Perda dos quatro cenários.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Perdas primárias				
Valor provável	59 k€	59 k€	59 k€	68 k€
Mínimo-máximo	18-116 k€	18-116 k€	18-116 k€	25-130 k€
Perdas secundárias				
Valor provável	10.2 M€	10.2 M€	10.2 M€	19 k€
Mínimo-máximo	46 k€ - 20.7 M€	46 k€ - 20.7 M€	46 k€ - 20.7 M€	15-37 k€
Total				
Valor provável	10.3 M€	10.3 M€	10.3 M€	87 k€
Mínimo-máximo	64 k€ - 20.8 M€	64 k€ - 20.8 M€	64 k€ - 20.8 M€	40-167 k€

Tabela 5 – Magnitude de Perda dos quatro cenários

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Mínimo	0 €	0 €	0 €	0 €
Médio	5.2 M€	18.1 M€	186.4 k€	37.6 k€
Máximo	44.8 M€	74.4 M€	19 M€	232.2 k€

Tabela 6 – Valores mínimo, médio e máximo da Exposição de Perda Anualizada para os quatro cenários

4. Discussão

Os valores mínimo e máximo para a Exposição de Perda Anualizada correspondem, respetivamente aos resultados mais baixos e mais altos que são gerados pelas simulações Monte Carlo. O facto dos valores mínimos obtidos para os diferentes cenários estarem próximo dos 0 € significa que, em pelo menos uma simulação do modelo, o evento de perda não ocorreu. Por outro lado, o valor máximo resulta de pelo menos uma simulação, mas a sua concretização é pouco provável, tal como pode ser inferido pela Curva de Excedência de Perda de cada cenário. Finalmente, o valor médio (*e.g.*, 5.2 M€ no cenário 1) consiste na média estatística de todos os cenários que foram gerados através da simulação de Monte Carlo.

Considerando os quatro cenários os valores médios variam de 41.1 k€ para o cenário 4 até 18.0 M€ para o cenário 3. Relativamente aos dois outros cenários, obtiveram-se valores de 154.8 k€ para o cenário 3 e 5.2 M€ para o cenário 1. Destes valores é possível verificar que os cenários que implicam maiores perdas são aqueles relacionados com o acesso indevido de informação de pacientes tendo em conta as coimas previstas no RGPD.

De acordo com os valores obtidos, é possível priorizar as intervenções a implementar. Claramente, o cenário que deve merecer a máxima atenção é o cenário 2 logo seguido pelo cenário 1. Assim, a instituição hospitalar pode colocar em prática ações e implementar controlos que permitam diminuir a sua vulnerabilidade para este tipo de eventos e,

consequentemente, reduzir o impacto financeiro que podem acarretar para a instituição. Exemplos de medidas a implementar são: i) gestão de privilégios de acesso que reporte acessos a infraestruturas e sistemas críticos do hospital; ii) controlos de vigilância nos acessos às salas e gabinetes do serviço de imagiologia clínica; e iii) controlos de utilização de dispositivos móveis, no interior do serviço de imagiologia clínica, durante o horário de trabalho.

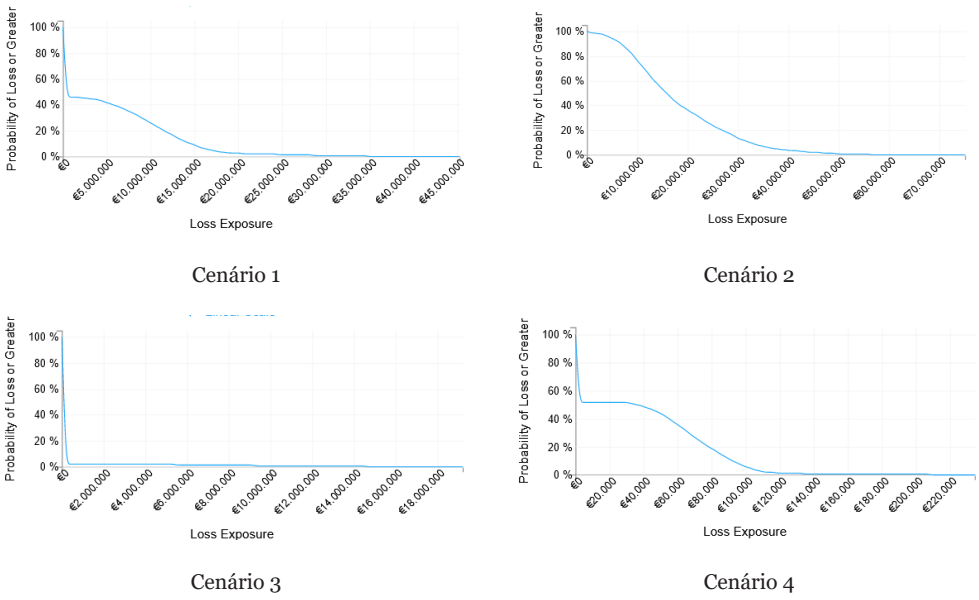


Figura 1 – Curvas de Excedência de Perda determinadas para os quatro cenários

Dado que no presente teste trabalho foi usada a Ferramenta FAIR-U de acesso livre, como trabalho futuro, será interessante fazer as mesmas simulações na versão paga, onde é possível, num só gráfico, comparar as diferentes curvas LEC entre si, assim como a sua relação com a curva de tolerância ao risco da organização.

5. Conclusão

Os métodos que permitiram a concretização do presente trabalho baseiam-se no modelo FAIR, tendo sido utilizada a ferramenta FAIR-U para a concretização das técnicas estatísticas Monte Carlo que permitiram realizar milhares de simulações de cenários possíveis para um determinado evento de incerteza.

Dos resultados é possível concluir o modelo FAIR e as suas ferramentas podem ser adotadas por um qualquer serviço de imagiologia clínica para lidar com eventos de incerteza e, consequentemente, ter uma melhor compreensão do impacto de determinados riscos e, consequentemente, potenciar a tomada de decisões sustentadas para os minorar.

Referências

Argaw, S. T., Troncoso-Pastoriza, J. R., Lacey, D., Florin, M.-V., Calcavecchia, F., Anderson, D., Burleson, W., Vogel, J.M., o Leary, C., Eshaya-Chauvin, B., & Flahault, A. (2020). Cybersecurity of Hospitais: Discussing the challenges and working towards mitigating the risks. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 20(1), 146.

Burke, G., & Saxena, N. (2021). Cyber Risks Prediction and Analysis in Medical Emergency Equipment for Situational Awareness. *Sensors*, 21(16), 5325.

Crotty J., & Daniel, E. (2022). Cyber threat: Its origins and consequence and the use of qualitative and quantitative methods in cyber risk assessment. *Applied Computing and Informatics*.

FAIR (2017). FAIR-U: Powered by risklens. https://app.fairu.net/analysis.

Freund, J., & Jones, J. (2014). *Measuring and managing information risk: a FAIR approach*. Butterworth-Heinemann.

Garcia-Perez, A., Cegarra-Navarro, J. G., Sallos, M. P., Martinez-Caro, E., & Chinnaswamy, A. (2023). Resilience in healthcare systems: Cyber security and digital transformation. *Technovation*, 121, 102583.

Hausken, K. (2020). Cyber resilience in firms, organizations and societies. *Internet of Things*, 11, 100204.

Hubbard, D. W., & Seiersen, R. (2023). *How to measure anything in cybersecurity risk*. John Wiley & Sons.

IBM (2022). *Relatório de custo da violação de dados de 2022*. IBM Portugal.

Kioskli, K., Fotis, T., & Mouratidis, H. (2021). The landscape of cybersecurity vulnerabilities and challenges in healthcare: Security standards and paradigm shift recommendations. In *16th International Conference on Availability. Reliability and Security* (pp. 1-9). IEEE.

Kuzminykh, I., Ghita, B., Sokolov, V., & Bakhshi, T. (2021). Information Security Risk Assessment. *Encyclopedia*, 1(3), 602-617.

NIST (2018). *Framework for improving critical infrastructure cybersecurity*. National Institute of Standards and Technology.

NIST (2022). *CVE-2022-29875 Detail*. https://nvd.nist.gov/vuln/detail/CVE-2022-29875.

Pavão, J., Bastardo, R., & Rocha, N. P. (2023). Cyber Resilience and Smart Cities, a Scoping Review. In *18th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)* (pp. 1-6). IEEE.

Pavão, J., Bastardo, R., Carreira, D., Rocha, N.P. (2024). Ciber-Resiliência no Contexto da Segurança e Defesa Nacionais. *RISTI*, E65, 359-371.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 25/03/2024
Aceitação/Acceptance: 27/06/2024

Análise do Risco em Cibersegurança de um Serviço de Patologia Clínica de um Hospital Português Aplicando o Modelo FAIR

Ana Luísa Teixeira[1], João Pavão[2], Dário Carreira[3], Victor Costa[4], Nelson Pacheco Rocha[5]

anaaateixeira08@hotmail.com; jpavao@utad.pt; dariocarreira@netcabo.pt; vcosta@chtmad.min-saude.pt; npr@ua.pt

[1] Escola de Ciência e Tecnologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000 Vila Real, Portugal

[2] INESC-TEC, Escola de Ciência e Tecnologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000 Vila Real, Portugal

[3] Instituto Superior da Maia, Avenida Carlos Campos Maia, 4475 Maia, Portugal

[4] Centro Hospitalar de Trás-os-Montes e Alto Douro, Av. da Noruega, 5000-508 Vila Real, Portugal

[5] IEETA, Universidade de Aveiro, Campo de Santiago, 3810 Aveiro, Portugal

Pages: 251-263

Resumo: Existem atualmente diversos modelos de ciber resiliência, com níveis de criticidade bem definidos, com o objetivo de mitigar os riscos associados a diferentes tipos de ameaças à segurança dos sistemas de informação. Particularmente os modelos de análise de risco quantitativos permitem aos responsáveis pela gestão de risco agregar, comparar e decidir sustentadamente através da priorização de problemas com base em parâmetros objetivos. O presente artigo reporta a aplicação do modelo quantitativo Factor Analysis of Information Risk (FAIR) a um serviço de patologia clínica de um hospital português. Dos resultados é possível concluir que o modelo FAIR e as suas ferramentas permitiram a tomada de decisões informadas para aumentar a ciber resiliência do serviço de patologia em análise.

Palavras-chave: Cibersegurança; Ciber resiliência; modelo FAIR; Análise quantitativa do risco; Patologia Clínica.

Cybersecurity Risk Analysis of a Clinical Pathology Service of a Portuguese Hospital

Abstract: There are currently several cyber resilience models, with well-defined levels of criticality, with the aim of mitigating the risks associated with different types of threats to the security of information systems. In particular, quantitative risk analysis models allow those responsible for risk management to aggregate, compare and make sustainable decisions by prioritizing problems based on objective parameters. This article reports the application of the Factor Analysis

of Information Risk (FAIR) quantitative model to a clinical pathology service in a Portuguese hospital. From the results, it is possible to conclude that the FAIR model and its tools allowed informed decision-making to increase the cyber resilience of the pathology service that was analyzed.

Keywords: Cybersecurity; Cyber resilience; FAIR model; Quantitative risk analysis; Clinical Pathology.

1. Introdução

A cibersegurança pode ser definida como a coleção de ferramentas, políticas, conceitos, agentes de proteção, diretrizes, abordagens de gestão de risco, ações, treino, práticas, garantias e tecnologias que são usadas para proteger o ciberespaço e os ativos conectados a esse mesmo ciberespaço (Stallings, 2018).

Sendo impossível impedir todos os ciberataques, quer pela sua diversidade e sofisticação, quer por falta de meios adequados, é, geralmente, aceite que a implementação de medidas de cibersegurança não é por si só suficiente para minorar os problemas resultantes de ciberataques bem-sucedidos, devendo as organizações implementar planos integrados que lhes permitam ser ciber resilientes, ou seja, que lhes permitam a recuperação total ou pelo menos parcial, quando atacadas. A ciber resiliência é definida pelo National Institute of Standards and Technology (NIST) como a capacidade para antecipar, resistir, recuperar e adaptar-se a condições adversas, tensões, ataques ou comprometimentos (NIST, 2018). Neste contexto, o NIST propôs o modelo NIST Cybersecurity Framework (NIST-CSF) (NIST, 2018), o qual é baseado em práticas reconhecidas e eficazes de outros modelos e referências, para ajudar as organizações a aprimorar a gestão e a reduzir o ciber risco. Em Portugal, baseado no NIST-CSF, foi criado o Quadro Nacional de Referência para a Cibersegurança (QNRCS) que permite às organizações reduzir o risco associado a ciber ameaças. Para o efeito, o Centro Nacional de Cibersegurança (CNCS) disponibilizou o Quadro de Avaliação de Capacidades, o qual define para as diferentes medidas de cibersegurança três níveis de capacidade para que seja possível às organizações, tendo em conta os seu contextos e dimensões, o cumprimento dos objetivos do QNRCS, (CNCS, 2019).

Sendo a análise do risco considerada um componente fundamental da ciber resiliência, há que ter em conta a família de normas ISO 27000 (ISO/IEC, 2018), que constituem um conjunto de certificações de segurança da informação e proteção de dados para as organizações. Em especial, a ISO 27005 (ISO/IEC, 2022) sistematiza boas práticas para que a gestão de risco da segurança da informação seja feita a partir de uma abordagem sistemática e modular.

Certas abordagens para a análise de risco fornecem matrizes qualitativas de risco, o que pode criar um ambiente difícil para a tomada de decisões bem informadas, uma vez que em muitos casos não existem detalhes suficientes para entender e priorizar quais os recursos financeiros, ou outros, que devem ser dedicados à mitigação dos riscos identificados (Cox Jr, 2008). Em contrapartida, as análises quantitativas do risco permitem às organizações agregar, comparar, e priorizar as medidas a implementar e garantir que as decisões são sustentadas em parâmetros objetivos (Hubbard and Seiersen, 2011). Um dos modelos que surgiu para ultrapassar as dificuldades associadas

às análises de risco qualitativas foi o modelo Factor Analysis of Information Risk (FAIR) (Freund and Jones, 2014), o qual inclui uma taxonomia clara e objetiva dos fatores que contribuem para o risco e quais as relações entre si. Por sua vez, estas relações podem ser descritas matematicamente, o que permite calcular o risco a partir de medições e estimativas desses fatores de risco (Freund and Jones, 2014).

Os ataques cibernéticos (*e.g.*, phishing, negação de serviço, malware, ou software destrutivo) assumem uma importância crescente no setor da saúde (Bhosale, Nenova and Ilieve, 2021; Wasserman and Wasserman, 2022), sendo conhecido que, em 2019, 24% dos ciber ataques tiveram como alvos serviços de saúde (Martignani, 2019). Tal implica um interesse crescente na ciber resiliência em diversos setores (Ahmadi-Assalemi, Al-Khateeb, Epiphaniou and Maple, 2020; Estay, Sahay, Barfod and Jensen, 2020; Pavão, Bastardo, Carreira and Rocha, 2023; Pavão, Bastardo and Rocha, 2023; Pavão, Bastardo, Carreira and Rocha, 2024). Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo verificar a aplicabilidade do modelo FAIR para avaliar a capacidade de gestão do ciber risco do Serviço de Patologia Clínica (SPC) de um hospital público português.

2. Materiais e Métodos

2.1. Serviço de Patologia Clínica

O SPC selecionado para o presente estudo conta com 32 funcionários, entre eles médicos, técnicos de diagnóstico e terapêutica e assistentes técnicos, sendo da responsabilidade dos assistentes técnicos a receção de análises provenientes de vários serviços hospitalares, nomeadamente dos serviços de internamento, consultas externas, urgência e ambulatório.

O SPC funciona 24 horas por dia e é composto por três laboratórios: i) bioquímica e hematologia; ii) microbiologia; e iii) imunologia. Cada um dos laboratórios está equipado com equipamentos informáticos e diversos dispositivos médicos de meios auxiliares de diagnóstico, todos eles conectados à rede de comunicação hospitalar. No que diz respeito às colheitas de amostras biológicas, o serviço dispõe de uma área com postos de colheita. Após a colheita, as amostras são transportadas para os laboratórios que constituem o SPC onde são realizadas as análises.

2.2. Modelo FAIR

O modelo FAIR prevê a utilização de métodos de simulação Monte Carlo para avaliar múltiplos cenários, considerando as probabilidades de determinadas ameaças se concretizarem e os intervalos de perdas estimadas. Para tal o Instituto FAIR disponibiliza a ferramenta FAIR-U (FAIR, 2017) que implementa simulações Monte Carlo considerando valores aleatórios para as variáveis desconhecidas por forma a calcular a Exposição de Perda Anualizada e a Curva de Excedência de Perda (Freund and Jones, 2014).

Para cada risco específico, a Exposição de Perda Anualizada indica a perda financeira esperada durante um período de um ano, enquanto a Curva de Excedência de Perda é uma representação gráfica que ilustra a gama de potenciais perdas. No seu conjunto, a Exposição de Perda Anualizada e a Curva de Excedência de Perda permitem

compreender a distribuição de potenciais perdas e sustentar a gestão dos riscos associados. Em contrapartida, para se poder calcular a Exposição de Perda Anualizada e a Curva de Excedência de Perda associadas a uma determinada ameaça, é necessário estimar as variáveis de entrada da ferramenta FAIR-U, ou seja, a Frequência do Evento de Perda (*i.e.*, frequência provável, dentro de um determinado período de que a perda se materializará a partir da ação de um agente de ameaça) e a Magnitude de Perda (*i.e.*, os intervalos e os valores médios de perdas que podem ocorrer caso a ameaça se concretize). Tal estimativa pode ser feita a partir de um hipotético cenário que considere a ameaça em análise. Assim, para avaliar a capacidade de gestão do ciber risco do SPC com base nos resultados da simulação Monte Carlo prevista pelo modelo FAIR consideraram-se os seguintes passos para permitir a utilização da ferramenta FAIR-U: i) definição de cenários; e ii) determinação da Frequência do Evento de Perda e da Magnitude de Perdas de cada cenário.

2.3. Definição de Cenários

Foram considerados quatro cenários diferentes, dois em que a ameaça se prende com a apropriação de informação sensível de pacientes e outros dois focados em ameaças a ativos físicos. A Tabela 1 apresenta um resumo consolidado das caraterísticas dos vários cenários.

No cenário 1 (furto de equipamento) foi equacionado o furto de um equipamento do SPC, com o objetivo de prejudicar o hospital, impedindo-o de realizar rastreios de biologia molecular durante algum tempo. Esta hipótese, embora difícil, é possível uma vez que o equipamento de diagnóstico está localizado numa sala relativamente isolada e, durante a noite, o número de funcionários presentes no SPC é reduzido.

No cenário 2 (captação de dados por um colaborador) considerou-se a cópia indevida de informação do SPC, especificamente, informação de pacientes, com o objetivo de lucro indevido (*e.g.*, venda de dados clínicos na dark web). Neste cenário assumiu-se que um colaborador, pode copiar diariamente cem registos diferentes durante seis meses até ser detetado. Este número é possível se o colaborador estiver sozinho com regularidade e se o processo de pesquisa de registos for simples. Na verdade, apesar da existência de diferentes níveis de acesso à informação clínica, todos os colaboradores têm acesso a informações sensíveis de pacientes. A política de segurança de suporte de dados impede a utilização de qualquer dispositivo amovível de informação, uma vez que existe um bloqueio em todos os computadores das ligações de dispositivos USB. No entanto, a informação pode ser obtida através de fotografias, utilizando, por exemplo, um smartphone.

No cenário 3 (ransomware) foi equacionada a situação de um e-mail de phishing aberto por um colaborador do SPC num computador da instituição. Nestes casos, os e-mails estão disfarçados, tendo o remetente como alguém conhecido (*e.g.*, um funcionário do hospital). Caso o e-mail seja aberto e o funcionário aceda a um link nele inserido pode ativar um vírus informático preparado para aceder ao computador em causa e a todos os dispositivos conectados. Num caso destes, não só os registos do SPC podem ser comprometidos, bem como outros registos hospitalares.

No cenário 4 (ataque a um dispositivo médico de diagnóstico) considerou-se que um ciber criminoso externo ao serviço explora uma vulnerabilidade de um dispositivo médico de diagnóstico forçando a sua paragem e, consequentemente, impedindo a realização de exames. Existe ainda a possibilidade de acesso a alguma informação sensível, através do computador ligado ao equipamento de diagnóstico.

2.4. Determinação da Frequência do Evento de Perda e da Magnitude de Perda

A Frequência do Evento de Perda de cada um dos cenários foi estimada diretamente, considerado os tipos de ameaças e as vulnerabilidades específicas associados a cada cenário.

Por outro lado, para determinar a Magnitude de Perda de cada cenário, calculou-se segundo FAIR o correspondente a perdas primárias e perdas secundárias.

	Cenário 1	**Cenário 2**	**Cenário 3**	**Cenário 4**
Ativos em risco	Um sistema de diagnóstico contendo amostras de pacientes	Informações de pacientes	Informações de pacientes e dados hospitalares	Um sistema de diagnóstico contendo informações de pacientes
Comunidade de ameaça	Criminosos	Trabalhadores do serviço	Criminosos	Criminosos
Tipo de ameaça	Maliciosa			
Efeito	Disponibilida-de e integrida-de	Confiden-cialidade	Disponibili-dade, confiden-cialidade e integridade	Disponibili-dade e confiden-cialidade
Propósito	Prejudicar o serviço	Lucrar com a obtenção de informação sensível	Tornar inacessível todo o sistema hospitalar, lucrar com a obtenção de informação sensível	Prejudicar o serviço
Background	Não existe, é um cenário fictício			

Tabela 1 – Características dos quatro cenários

Para o cálculo das perdas primárias considerou-se o seguinte:

- Produtividade, ou seja, a redução na capacidade de uma organização gerar a sua proposta de valor primário (*e.g.*, receita, bens, serviços) que corresponde aos custos associados à sua inatividade em resultado da concretização da ameaça durante um período estimado (*e.g.*, cinco dias).
- Substituição, ou seja, o valor intrínseco de um ativo e que, normalmente, representada a despesa de capital associada à substituição de ativos perdidos ou danificados (*e.g.*, reconstruir uma instalação ou comprar um computador pessoal ou substituir um funcionário).

- Resposta, ou seja, despesas associadas à gestão de um evento de perda e que incluem as despesas associadas à equipa interna envolvida na gestão do incidente, bem como despesas de investigação, caso seja necessário requerer a equipas externas.

Em termos de despesas associadas à equipa interna, considerou-se um valor diário baseado na média ponderada dos salários dos diferentes funcionários que poderão estar envolvidos na gestão do incidente (*e.g.*, diretor do serviço de patologia, técnicos de diagnóstico e terapêutica, secretariado, representantes dos serviços de informática, serviços jurídicos e do conselho de administração hospitalar), enquanto para as despesas associadas às equipas externas, considerou-se os custos diários de equipas forenses de investigação, concretamente funcionários da polícia judiciária. Por outro lado, para o número provável de dias de investigação considerou-se o relatório técnico da IBM os custos associados à violação de dados em 2022 (IBM, 2022).

Em contrapartida, em termos de perdas secundárias, considerou-se o seguinte:

- Resposta. Os custos de resposta secundária incluem os custos de notificações (utentes ou fornecedores), custos associados à condução de estratégia de resposta, custos legais e custos de relações públicas. Os custos da equipa envolvida na resposta secundária são calculados de uma forma semelhante à utilizada para determinar os custos da equipa interna envolvida na resposta primária.
- Vantagem competitiva, ou seja, prejuízos resultantes da deterioração de ativos que diferenciam a organização face aos seus potenciais competidores (*e.g.*, segredos comerciais).
- Multas e julgamentos, ou seja, os custos resultantes de ações legais ou regulatórias interpostas contra uma organização. Tal inclui as multas resultantes da violação de dados pessoais de acordo com o Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados (RGPD) e potenciais pedidos de indemnizações e custos associados a processos judiciais.
- Reputação, ou seja, perdas associadas a uma perceção externa de que a proposta de valor de uma organização sofre uma diminuição, proporcionando, por exemplo, a saída de funcionários.

Neste caso, uma vez que estamos a falar de uma instituição do Estado sem grande concorrência direta, não existe grande relevância em calcular quantos utentes abandonariam o hospital. Embora exista uma possibilidade de alguns utentes deixarem o hospital e decidirem usar os hospitais privados, esta minoria não terá um impacto nas receitas do hospital. Assim sendo, os custos de reputação não foram considerados. Da mesma forma, que não existe perda de reputação, também não faz sentido calcular os custos associados à perda de vantagem competitiva, mesmo considerando que se podem ter afetado expectativas relativamente a potencial redução no financiamento do Estado Central.

3. Resultados

3.1. Frequência do Evento de Perda

A Tabela 2 apresenta os valores mínimos, mais prováveis e máximos da Frequência do Evento de Perda para os quatro cenários.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Mais provável	0.10	0.75	0.25	0.20
Mínimo	0.05	0.20	0.13	0.10
Máximo	0.20	2.00	2.00	3.00

Tabela 2 – Valores da Frequência do Evento de Perda para os quatro cenários

Para o cenário 1, tendo em conta que um caso destes tem uma probabilidade de acontecer muito próxima de zero, assumimos que este evento ocorre apenas uma vez a cada dez anos (0,01), sendo este o valor mais provável, o mínimo uma vez a cada 20 anos (0.05) e o máximo uma vez em cinco anos (0.20). Para o cenário 2 assumimos que o evento ocorre no mínimo uma vez a cada cinco anos (0.20), é muito provável que ocorra três vezes a cada quatro anos e, como frequência máxima, pode ocorrer duas vezes num ano. Por sua vez, para o cenário 3, como não existem dados relativos a um evento deste género, são assumidas probabilidades baseadas em exemplos semelhantes (Freund and Jones, 2014), ou seja, a probabilidade de acontecer será de uma vez a cada quatro anos (0.25). A probabilidade mínima de 0.13 (uma vez a cada oito anos) e a máxima de duas vezes no mesmo ano. Finalmente, para o cenário 4, considerámos que um evento deste género ocorre apenas uma vez a cada cinco anos (0.20). Sendo este o nosso valor mais provável, assumiremos o mínimo como uma vez a cada dez anos (0.10) e como máximo três vezes num ano.

Adicionalmente, consideramos que existe uma probabilidade elevada de eventos de perdas primárias resultarem em perdas de partes interessadas secundárias (*i.e.*, Frequência do Evento de Perda secundária).

3.2. Magnitude de Perdas

A Tabela 3 apresenta os valores de Magnitude das Perdas primárias dos diferentes cenários.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Produtividade				
Valor médio	170 k€	-	-	14 k€
Mínimo-máximo	57-577 k€	-	-	7k€ - 4.8 M€
Substituição				
Valor médio	338 k€	-	-	-
Mínimo-máximo	300-347 k€	-	-	-

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Resposta				
Valor médio		122 k€		
Mínimo-máximo		119-124 k€		

Tabela 3 – Perdas primárias

Em termos de produtividade e substituição, nos cenários 2 e 3, apesar de ter existido acesso indevido a informação sensível, tal não afeta a produtividade dos sistemas de diagnóstico atacados nem é necessário realizar as suas substituições.

Para determinar as perdas de produtividade no cenário 1, considerou-se a impossibilidade de utilizar o sistema de diagnóstico durante um período de um a dez dias, sendo o mais provável uma paragem de três dias. Dado que o sistema tem uma capacidade para realizar cerca de 1000 testes diários, e que cada teste custa em média 57 €, de acordo com os valores em vigor no Serviço Nacional de Saúde português, é possível determinar os custos de produtividade do cenário 1. Em contrapartida, para os custos de substituição, consideraram-se os custos de aquisição do equipamento afetado.

Finalmente, para o cenário 4, dado que o SPC possui um segundo sistema do mesmo modelo com a mesma configuração, assumimos que as perdas de produtividade estariam associadas ao processo de mudar as amostras clínicas do sistema atacado para o segundo sistema.

Os custos de resposta primária estão associados aos custos das equipas de investigação interna e externa. De acordo com o documento da IBM (IBM, 2022), considerou-se um tempo de investigação mais provável de 216 dias, podendo variar de 214 a 220 dias, o qual foi subdividido em equipa interna e equipa externa (*i.e.*, 50% para cada equipa).

Na Tabela 4 são apresentados os valores de Magnitude das Perdas secundárias dos quatro cenários.

O cenário 1 e o cenário 4 não envolvem acesso a informações sensíveis de pacientes, pelo que não é relevante calcular o valor associado a chamadas de suporte ou custos de notificação dos mesmos. Nos cenários 2 e 3, uma vez que houve acesso indevido a informação de pacientes, de acordo com o RGPD é obrigatório notificar os pacientes envolvidos. Para tal, o mesmo RGPD prevê uma comunicação pública ou uma medida semelhante, cujos custos são insignificantes. Analogamente, em todos os cenários, os custos de notificação a fornecedores e chamadas de suporte são insignificantes.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Resposta				
Notificação a pacientes	-	-	-	-
Notificação a fornecedores	-	-	-	-
Chamadas de suporte	-	-	-	-

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Pessoas em reuniões	39 k€ como valor provável, podendo variar de 38 e 40 k€			
Custos de relações públicas	Muito provável custo zero, podendo atingir um máximo de 179 k€			
Custos legais	-	240 k€ como valor provável, podendo variar de 31 a 481 k€	240 k€ como valor provável, podendo variar de 31 a 481 k€	-
Reputação	-	-	-	-
Vantagem competitiva	-	-	-	-
Multas e julgamentos	-	10 M€ como valor provável, podendo variar de 0 € a 20 M€	10 M€ como valor provável, podendo variar de 0 € a 20 M€	-

Tabela 4 – Magnitude de Perda secundária

Para os custos de resposta associados à equipa interna de gestão do evento, de acordo com o reportado pela IBM (IBM, 2022), considerou-se como o valor mais provável 68 dias de investigação, podendo variar de 65 a 70 dias.

Por sua vez, no que concerne aos custos de relações públicas, para o valor mais provável, consideramos que estes custos seriam insignificantes porquanto no caso de um hospital público a probabilidade de perder utentes é pequena, pelo que apenas se considerou o pior caso possível que seria de 179 k€, o que corresponde ao valor gasto em relações públicas pela unidade hospitalar em 2022.

Finalmente, em termos de custos legais, o cenário 1 e o cenário 4 não envolvem acesso a informação sensível de pacientes, pelo não existem entidades terceiras a pedirem indeminizações. Assim, os custos legais são insignificantes porquanto apenas dizem respeito a despesas necessárias para formalizar uma queixa contra terceiros.

Para os cenários 2 e 3 dado que podem existir entidades terceiras a pedirem indemnizações em tribunal, é preciso considerar a taxa de justiça (*i.e.*, o valor a pagar para iniciar o processo judicial), as custas de encargos (*i.e.*, despesas extras envolvidas no processo, como custos com peritagens, correios, transportes ou telecomunicações) e as custas de parte (*i.e.*, o valor total das despesas com o processo que é reembolsado pela parte vencida à parte vencedora).

Por sua vez, no que concerne à reputação e vantagem competitiva consideramos para todos os cenários os custos relacionados como insignificantes, uma vez que o hospital público em análise continuaria a ser o único ponto de acesso a serviços de saúde especializados para a grande maioria da população.

Finalmente, em termos de multas e julgamentos, o cenário 3 e o cenário 4 envolvem o acesso indevido a informação de pacientes à guarda da unidade hospitalar. De acordo com artigos 37.º e 38.º do RGPD, perante uma violação de dados na área da saúde, a

instituição poderá ser alvo das seguintes contraordenações: i) grave de 2.5 k€ a 10 M€; ii) muito grave, de 5 k€ a 20 M€.

Uma vez determinadas as perdas primárias e secundárias é possível calcular a Magnitude de Perda de cada cenário, tal como é apresentado na Tabela 5.

3.3. Determinação da Exposição de Perda Anualizada e da Curva de Excedência de Perda

Os valores obtidos para a Exposição de Perda Anualizada através da ferramenta FAIR-U são apresentados na Tabela 6.

Por sua vez, a Figura 1 apresenta as Curvas de Excedência de Perda dos quatro cenários.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Perdas primárias				
Valor provável	630 k€	122 k€	122 k€	136 k€
Mínimo-máximo	476 k€ - 1.1 M€	119-124 k€	119-124 k€	126 k€ - 4.9 M€
Perdas secundárias				
Valor provável	39 k€	10.3 M€	10.3 M€	39 k€
Mínimo-máximo	38-219 k€	69 k€ - 20.7 M€	69 k€ - 20.7 M€	38-219 k€
Total				
Valor provável	669 k€	10.4 M€	10.4 M€	175 k€
Mínimo-máximo	514 k€ - 1.3 M€	188 k€ -20.8 M€	10.1-20.6 M€	165 k€ - 5.1 M€

Tabela 5 – Magnitude de Perdas dos quatro cenários

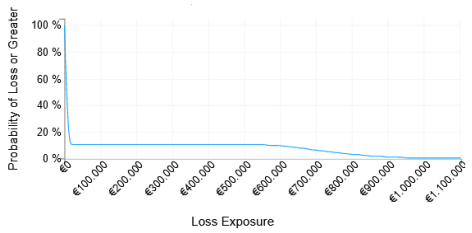
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Mínimo		0 €		
Médio	77 k€	4.7 M€	5.6 M€	649 k€
Máximo	1.1 M€	38.4 M€	38.1 M€	8.3 M€

Tabela 6 – Valores mínimo, médio e máximo da Exposição de Perda Anualizada para os quatro cenários

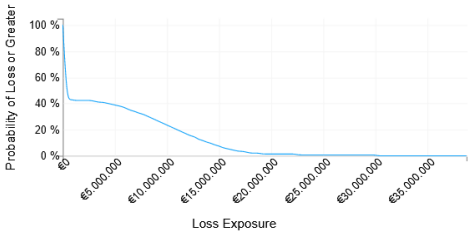
4. Discussão e Conclusão

O modelo FAIR surgiu para colmatar as dificuldades associadas à análise qualitativa do risco, baseando-se numa análise quantitativa que permite decidir de forma objetiva sobre os riscos a que a organização está sujeita. O ponto de partida para a aplicação do modelo FAIR é a criação de cenários, sendo necessário definir o ativo em risco, a comunidade de ameaças, o tipo de ameaça e efeito (por exemplo, em termos de confidencialidade de dados) e os controlos existentes. Os cenários servem para estimar a Frequência do Evento de Perda e a Magnitude de Perdas, valores estes que são necessários para a realização de simulações baseadas em técnicas estatísticas Monte Carlo, utilizando a

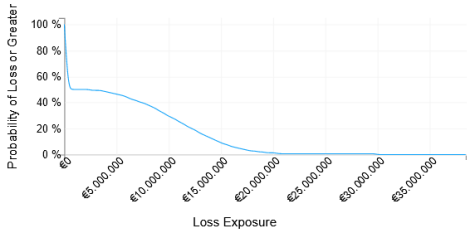
ferramenta FAIR-U do Instituto FAIR, por forma a calcular a gama de possíveis valores da Exposição de Perda Anualizada e as suas probabilidades de concretização (*i.e.*, Curvas de Excedência de Perda).



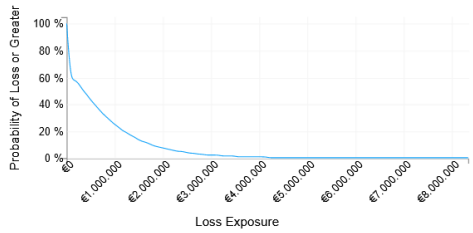
Cenário 1



Cenário 2



Cenário 3



Cenário 4

Figura 1 – Curvas de Excedência de Perda determinadas para os quatro cenários

A Exposição de Perda Anualizada é a métrica chave na forma mais simples de como se comunica o risco, ou seja, constitui a perda potencial que uma empresa enfrenta cada vez que toma uma decisão que implica gastos monetários. Estes gastos vão desde a aplicação de um processo novo dentro da instituição até à compra de novo hardware. Neste contexto, a Exposição de Perda Anualizada permite comparar questões de risco distintas que podem ter frequências e impactos diferentes, o que possibilita a identificação do impacto potencial e assim decidir quais as estratégias de gestão de risco que devem ser implementadas para evitar perdas financeiras.

Considerando os quatro cenários, os valores da Exposição de Perda Anualizada médios variam de 78 k€ para o cenário 1 até 5.3 M€ para o cenário 3. Relativamente aos dois outros cenários, obtiveram-se valores de 658 k€ para o cenário 4 e 3.9 M€ para o cenário 2. Os cenários 2 e 3 são aqueles com maior impacto de perdas. Tal deve-se ao facto de estes dois cenários estarem relacionados com o acesso indevido de informação de pacientes, o que potencia a aplicação de coimas previstas no RGPD.

De acordo com os valores obtidos, é possível priorizar as intervenções a implementar no SPC (*e.g.*, limitar o acesso físico ao serviço ou promover a formação dos colaboradores). Assim sendo, os cenários 2 e 3 devem merecer máxima atenção, devendo a organização hospitalar planear e implementar diversos controlos para diminuir a sua vulnerabilidade ao tipo de eventos considerados.

Dos resultados é possível concluir que o modelo FAIR e as suas ferramentas podem ser adotadas por um qualquer serviço de patologia clínica para a análise quantitativa dos riscos associados a ameaças cibernéticas e físicas aos seus ativos e permitir a tomada de decisões informadas que permitam minorar o seu impacto, ou seja, aumentar a ciber resiliência da organização.

Referências

Ahmadi-Assalemi, G., Al-Khateeb, H., Epiphaniou, G., & Maple, C. (2020). Cyber resilience and incident response in smart cities: A systematic literature review. *Smart Cities*, 3(3), 894-927.

Bhosale, K. S., Nenova, M., & Iliev, G. (2021). A study of cyber attacks: In the healthcare sector. In *Sixth Junior Conference on Lighting (Lighting)* (pp. 1-6). IEEE.

CNCS (2019). *Quadro Nacional de Referência de Cibersegurança*. Centro Nacional de Cibersegurança.

Cox Jr, A. (2008). What's wrong with risk matrices? *Risk Analysis: An International Journal*, 28(2): 497–512.

Estay, D.A.S., Sahay, R., Barfod, M.B., & Jensen, C.D. (2020). A systematic review of cyber-resilience assessment frameworks. *Computers & security*, 97, 101996.

FAIR (2017). FAIR-U: Powered by risklens. https://app.fairu.net/analysis.

Freund, J., & Jones, J. (2014). *Measuring and managing information risk: a FAIR approach*. Butterworth-Heinemann.

Hubbard, D.W., & Seiersen, R. (2016). *How to measure anything in cybersecurity risk*. John Wiley & Sons.

IBM (2022). *Relatório de custo da violação de dados de 2022*. IBM Portugal.

ISO/IEC (2018). *ISO/IEC 27000: 2018 - information technology. security techniques. information security management systems. overview and vocabulary*. ISO/IEC.

ISO/IEC (2022). *ISO/IEC 27005: 2022 information security, cybersecurity and privacy protection - guidance on managing information security risks*. ISO/IEC.

Martignani, C. (2019). Cybersecurity in cardiac implantable electronic devices. *Expert review of medical devices*, 16(6), 437-444.

NIST (2018). *Framework for improving critical infrastructure cybersecurity*. National Institute of Standards and Technology.

Pavão, J., Bastardo, R., Carreira, D., & Rocha, N. P. (2023). Cyber Resilience, a Survey of Case Studies. *Procedia Computer Science*, 219, 312-318.

Pavão, J., Bastardo, R., & Rocha, N. P. (2023). Cyber Resilience and Smart Cities, a Scoping Review. In *18th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)* (pp. 1-6). IEEE.

Pavão, J., Bastardo, R., Carreira, D., Rocha, N.P. (2024). Ciber-Resiliência no Contexto da Segurança e Defesa Nacionais. *RISTI*, E65, 359-371.

Stallings, W. (2018). *Effective cybersecurity: a guide to using best practices and standards*. Addison-Wesley Professional.

Wasserman, L., & Wasserman, Y. (2022). Hospital cybersecurity risks and gaps: Review (for the non-cyber professional). *Frontiers in Digital Health*, 4, 862221.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 13/02/2024
Aceitação/Acceptance: 29/05/2024

Marco de Trabajo y Productividad en el Desarrollo de Sistemas de Información en el Ministerio de Economía y Finanzas, 2023

Claudio Arango Palomino[1], Cayo Vıctor Leon Fernandez[1], Gloria Maritza Valencia Vivas[1,2,3], Winston Ugaz Cachay[1]

claudio.arango@unmsm.edu.pe; cleonf@unmsm.edu.pe; gmvalencia@espe.edu.ec; wugazc@unmssm.edu.pe

[1] Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Lima, Perú.

[2] Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE

[3] UPSE Universidad Estatal Península de Santa Elena

Pages: 264-278

Resumen: La productividad en el desarrollo de sistemas de información es afectada por los problemas de integración y cohesión en los equipos de trabajo; conformar equipos de alto rendimiento motivados y comprometidos es un gran desafío. Esta investigación tiene como objetivo determinar de qué manera el marco de trabajo influye en la productividad en el desarrollo de sistemas de información. La investigación fue de enfoque cuantitativo, tipo de investigación aplicada, diseño no experimental transeccional correlacional. Para la recolección de datos se realizó mediante el uso cuestionario a una población conformada por 46 programadores que laboran en la Oficina General de Tecnologías de la Información del Ministerio de Economía y Finanzas de la ciudad de Lima durante el 2023. El resultado indica con un Rho de Spearman igual a 0.381; por lo tanto, el marco de trabajo influye significativamente en la productividad de desarrollo en sistemas de información.

Palabras-clave: Marco de trabajo; productividad; factores sociales y humanos.

Framework for Work and Productivity in the Development of Information Systems in the Ministry of Economy and Finance, 2023

Abstract: The productivity in the development of information systems is affected by integration and cohesion issues within work teams; forming motivated and committed high-performance teams is a significant challenge. This research aims to determine how the work framework influences productivity in the development of information systems. The research took a quantitative approach, specifically an applied research type, employing a non-experimental transactional correlational design. Data collection was carried out using a questionnaire administered to a population consisting of 46 programmers working in the General Office of Information Technologies at the Ministry of Economy and Finance in the city of

Lima during 2023. The result indicates a Spearman's Rho of 0.381; therefore, the work framework significantly influences development productivity in information systems.

Keywords: Framework; productivity; social and human factors.

1. Introducción

La investigación se refiere a los procesos tecnológicos del Marco de Trabajo y los Factores Sociales y Humanos que influyen en la Productividad en equipos de desarrollo de Sistemas de Información en el Ministerio Economía y Finanzas. Para analizar esta problemática es necesario mencionar las causas; relacionadas con diversos Factores Sociales y Humanos, como: factores asociados con el individuo, asociados con la interacción del equipo y los factores organizacionales; relacionados con las capacidades y la experiencia que influyen en la productividad del equipo de desarrollo de software.

Los Factores Sociales y Humanos juegan un papel importante en la ingeniería de software y pueden influir en la productividad del equipo de desarrollo. Los Factores Sociales y Humanos son elementos importantes de un proyecto de software; en consecuencia, los estudios sobre su influencia en la productividad en el desarrollo de software son un tema de especial interés para las organizaciones de desarrollo de software. El estudio de las características personales y el comportamiento humano ofrece oportunidades para mejorar la productividad.

Se realizó un estudio basado en encuestas con el fin de determinar que los desarrolladores de software del Ministerio Economía y Finanzas consideran que los procesos tecnológicos del Marco de Trabajo y los Factores Sociales y Humanos si influyen en la productividad de su equipo de trabajo.

Según Kitchenham & Pfleeger (2008) las encuestas de opinión personal constan de seis pasos:

- Establecer los objetivos
- Diseño de la encuesta
- Desarrollar instrumento de la encuesta (es decir, el cuestionario)
- Evaluación del instrumento de la encuesta
- Obtención de datos validos
- Análisis de los datos. (p.63)

Esta investigación basada en encuestas siguió el proceso de seis pasos. En el primer paso, se definió el propósito de la encuesta, que fue medir la percepción de los profesionales del desarrollo de software del Ministerio Economía y Finanzas que consideran que los procesos tecnológicos del Marco de Trabajo y los Factores Sociales y Humanos influyen en la productividad. En el segundo paso, el diseño de la investigación se estableció como no experimental, transeccional correlacional y se decidió utilizar un cuestionario de los Formularios de Google. En el tercer paso, se establecieron las preguntas para medir cada proceso tecnológico del Marco de Trabajo y los Factores Sociales y Humanos y se construyó el instrumento.

En el cuarto paso, se evaluó la validez y confiabilidad del instrumento; basado en el criterio del juicio de expertos y el coeficiente de confiablidad de Alfa de Cronbach. El

quinto paso se definió el tamaño de la muestra considerando los criterios de inclusión y exclusión; y el sexto paso, análisis, interpretación y discusión de resultados de estadística descriptiva e inferencial que se describen en esta investigación.

Determinar los procesos tecnológicos del Marco de Trabajo y los Factores Sociales y Humanos si influyen en la productividad, esto permitirá incluirlos en los nuevos enfoques de trabajo, ya que se consideran importantes, lo que reducirá las fallas en la gestión de proyectos de software, reducirá el costo del producto y el tiempo de desarrollo y generará ventaja competitiva. Asimismo, conocer los procesos tecnológicos del Marco de Trabajo y los Factores Sociales y Humanos puede ayudar al Ministerio Economía y Finanzas y a las organizaciones de desarrollo de software a asegurar una adecuada gestión de sus equipos de trabajo, logrando el éxito de los proyectos y haciéndose que sean más competitivos y la calidad en la entrega de productos, ya que una de las principales aspiraciones de la investigación es aumentar la productividad.

De los resultados de la investigación se obtienen las siguientes contribuciones:

- Estudiamos 33 procesos tecnológicos del Marco de Trabajo y 17 Factores Sociales y Humanos en el contexto de la productividad del desarrollo de software, y proponemos la clasificación en dos variables de investigación.
- Los resultados de la percepción sobre los procesos tecnológicos del Marco de Trabajo y Factores Sociales y Humanos evidencian que los encuestados perciben que estos factores influyen en la productividad, por lo tanto, ayuda a justificar la importancia de promover los aspectos humanos en el desarrollo de sistemas de información.

De acuerdo con los objetivos de la investigación, es implementar el Marco de Trabajo para gestionar los equipos de desarrollo de software; a partir de los procesos de tecnologías de información: estándares, elementos colaborativos, gestión de calidad, gestión de alcance, gestión de comunicación, gestión de equipo, transferencia de conocimiento. La finalidad de esta investigación proponer el Marco de Trabajo, que permite encontrar soluciones concretas a problemas a nivel de desempeño, productividad, rendimiento y efectividad en los equipos de desarrollo de sistemas de información.

Finalmente, las conclusiones de esta investigación indican de manera concluyente que existe una relación significativa entre el marco de trabajo y la productividad de los equipos de desarrollo en sistemas de información en el Ministerio de Economía y Finanzas. Este hallazgo se sustenta en el coeficiente de correlación de Rho de Spearman, que asciende a 0.381. Este resultado indica que existe la influencia entre el marco de trabajo y la productividad en los equipos de desarrollo de software del Ministerio de Economía y Finanzas.

2. Metodología

2.1. Población de Estudio

La población de estudio está conformada por todos aquellos profesionales dedicados a la Programación de Aplicaciones Informáticas que pertenecen a la Oficina General de Tecnologías de la Información del Ministerio de Economía y Finanzas. La población

constó de 52 programadores de tecnologías Java, Oracle, Visual Fox Pro, .Net repartidos en diferentes proyectos de desarrollo de sistemas de información.

2.2. Tamaño de la Muestra

El tamaño de muestra quedara determinado por la expresión:

$$n = \frac{Z^2_{1-\frac{\alpha}{2}} xPxQxN}{Z^2_{1-\frac{\alpha}{2}} xPxQ + e^2(N-1)}$$

$$n = \frac{(1.96)^2 x0.5x0.5x52}{(1.96)^2 x0.5x0.5 + (0.05)^2(52-1)} \approx 46$$

requiriéndose un total de 46 programadores de aplicaciones informáticas, los valores que se usarán vendrían en la fórmula están dados por:

Parámetro	Valor
α	0.05
$Z(1-\frac{\alpha}{2})$	1.960
N	52
e	5%
P	0.5
Q	0.5

Tabla 1 – Valores para el cálculo del tamaño de la muestra

2.3. Técnicas e Instrumentos

Según (Niño, 2011) afirma que: "se está hablando aquí de las técnicas como los procedimientos específicos que, en desarrollo del método científico, se han de aplicar en la investigación para recoger la información o los datos requeridos" (p.61). El proyecto de investigación tendrá se aplicará la técnica la encuesta.

DIMENSIONES/INDICADORES	Nro.	
DIMENSIÓN 1: Transferencia de Conocimiento	1	Mala comunicación y habilidades interpersonales
	2	Distancia Física
	3	Cultura Organizacional
	4	Tiempo Disponible
DIMENSIÓN 2: Gestión equipo	5	Creación de relaciones de trabajo
	6	Toma de decisiones
	7	Desarrollo del Espíritu de Equipo

DIMENSIONES/INDICADORES	Nro.	
DIMENSIÓN 3: Gestión de comunicación	8	Videoconferencias y Conferencias de voz (Reuniones Virtuales)
	9	Requisitos y objetivos claros
	10	Estructura de descomposición del trabajo (EDT)
	11	Comunicación y coordinación
DIMENSIÓN 4: Gestión de alcance	12	Requisitos y objetivos claros
	13	Estructura de descomposición del trabajo (EDT)
	14	Comunicación y coordinación
DIMENSIÓN 5: Gestión de calidad	15	Trabajo con requerimientos
	16	Trabajo con la implementación - diseño, codificación y pruebas
	17	Metodologías
	18	Capacitación

Tabla 2 – Contenido del Instrumento que Mide: Marco de Trabajo

DIMENSIONES/INDICADORES	Nro.	
DIMENSION 6: Factores Individuales	19	Satisfacción laboral
	20	Motivación
	21	Competencias de trabajo
	22	Relaciones interpersonales y empatía
DIMENSION 7: Factores Grupales	23	Cohesión
	24	Participación
DIMENSION 8: Factores Organizacionales	25	Clima organizacional

Tabla 3 – Contenido del Instrumento que Mide: Productividad de Equipos en Desarrollo de Sistemas de Información

2.4. Estadística Descriptiva

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Válido	Porcentaje Acumulado
Regular	3	7.5	7.5	7.5
Bueno	27	67.5	67.5	75.0
Muy Bueno	10	25.0	25.0	100.0
Total	40	100.0	100.0	

Tabla 4 – Niveles Para el Marco de Trabajo. Información obtenida en base al cuestionario de investigación. Elaboración propia.

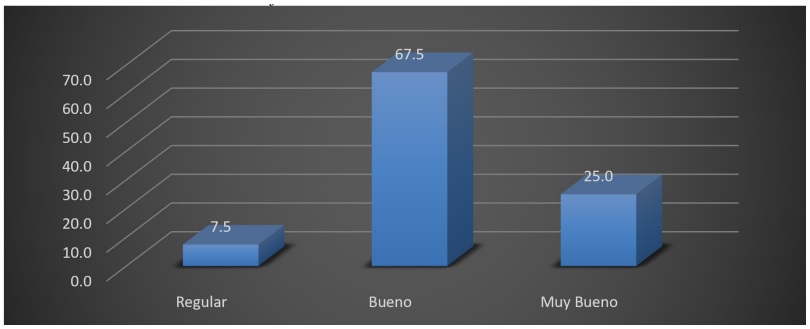


Figura 1 – Niveles Para el Marco de Trabajo. Información obtenida en base al cuestionario de investigación. Elaboración propia.

La tabla 4 muestra los niveles calculados para el marco de trabajo donde el 7.5% (3 Trabajadores) mostraron un nivel regular, 67.5 (27 trabajadores) un nivel bueno y el 25% (10 trabajadores) un nivel muy bueno.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Válido	Porcentaje Acumulado
Regular	5	12.5	12.5	12.5
Bueno	33	82.5	82.5	95.0
Muy Bueno	2	5.0	5.0	100.0
Total	40	100.0	100.0	

Tabla 5 – Niveles Para la Productividad de Equipos en Desarrollo de Sistemas de Información.

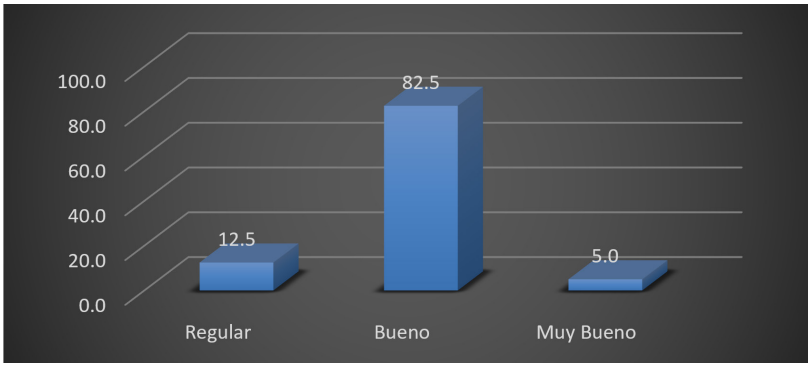


Figura 2 – Niveles Para la Productividad de Equipos en Desarrollo de Sistemas de Información. Información obtenida en base al cuestionario de investigación. Elaboración propia.

La tabla 5 muestra los niveles calculados para la Productividad de equipos en desarrollo de sistemas de información donde el 45.0% (18 Trabajadores) mostraron un nivel bueno y el 55.0% (22 trabajadores) un nivel muy bueno.

2.5. Estadística Inferencial

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	**gl**	**Sig.**
Marco de Trabajo	0.720	40	0.00
Factores Individuales	0.591	40	0.00
Factores Grupales	0.701	40	0.00
Factores Organizacionales	0.576	40	0.00
Productividad	0.570	40	0.00

Tabla 6 – Prueba de normalidad. Elaboración propia

Según Carmona & Carrión (2015) sostiene, que "la prueba de Shapiro Wilk (SW), se restringió originalmente para tamaños de muestras peque˜nos (n <50)" (p.84); y en muestras grandes es equivalente a la prueba de Kolmogórov-Smirnov. En la Tabla 6, se observa los resultados de la prueba de Shapiro Wilk de las variables que están siendo analizadas en el estudio, no presentan una distribución normal, mostrándonos que nuestro análisis estará basado en la prueba no paramétrica (p < 0,05).

2.6. Presentación de Resultados

2.6.1. Formulación de la Hipótesis General de Investigación

H_o El empleo del marco de trabajo no influye de manera significativa a la productividad en los equipos de desarrollo en sistemas de información en el Ministerio de Economía y Finanzas.

H_a El empleo del marco de trabajo influye de manera significativa a la productividad en los equipos de desarrollo en sistemas de información en el Ministerio de Economía y Finanzas.

			Marco de Trabajo	**Productividad de Equipos en Desarrollo de Sistemas de Información**
Rho de Spearman	V_1: Marco de Trabajo	Coeficiente de correlación	1.000	,381*
		Sig. (bilateral)		0.015
		N	40	40
	V_2: Productividad de equipos en desarrollo de sistemas de información	Coeficiente de correlación	,381*	1.000
		Sig. (bilateral)	0.015	
		N	40	40

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Tabla 7 – Correlación entre el marco de trabajo y la Productividad de equipos en desarrollo de sistemas de información.

En la Tabla 7 muestra el resultado de la Correlación entre el Marco de Trabajo y la Productividad de Equipos en Desarrollo de Sistemas de Información, mediante el coeficiente de correlación de Spearman; se concluye que, el empleo del Marco de Trabajo influye de manera significativa a la Productividad en los equipos de Desarrollo en Sistemas de Información en el Ministerio de Economía y Finanzas ($p < 0,05$).

3. Propuesta para la Solución

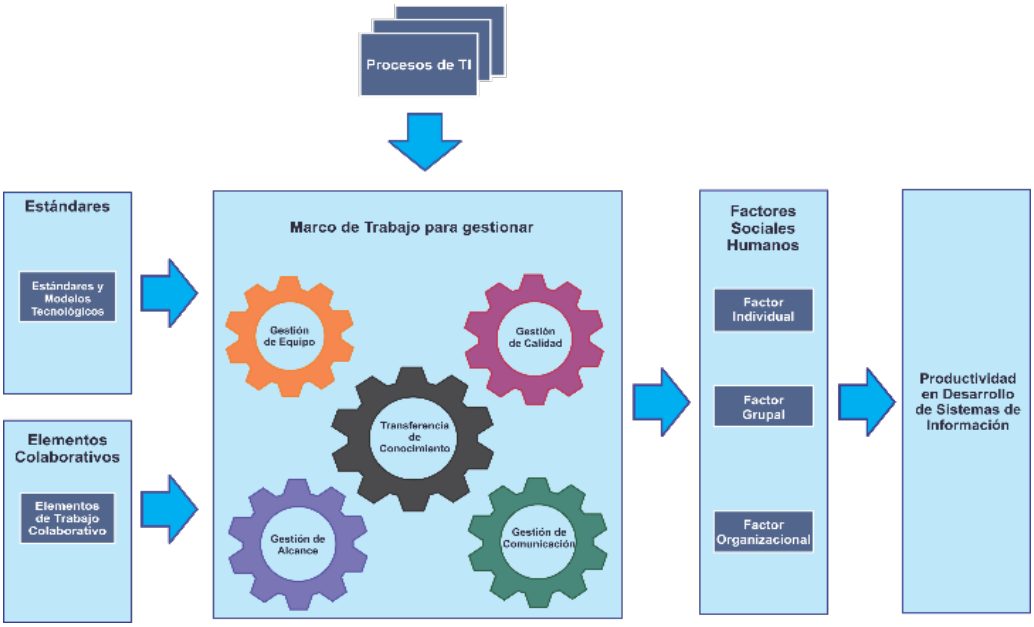


Figura 2 – Marco de Trabajo y Productividad. Modelo de marco de trabajo y productividad en desarrollo de sistemas de información. Elaboración propia.

3.1. Marco de Trabajo y Productividad en Teoría

El marco de trabajo propuesto de esta investigación consta de seis etapas, las cuales son fundamentales; para lograr la mayor productividad de los equipos de desarrollo de software:

1. Procesos de tecnologías de información.
2. Estándares.
3. Elementos colaborativos.
4. Marco de trabajo para gestionar (gestión de equipo, gestión de calidad, gestión de alcance, gestión de comunicación, transferencia de conocimiento)
5. Factores humanos y sociales.
6. Productividad.

4. Discusión

En la investigación realizada sobre "*Marco de Trabajo y Productividad en el Desarrollo de Sistemas de Información en el Ministerio Economía y Finanzas, 2023*"; se realizó la encuesta a 46 programadores del Ministerio de Economía y Finanzas el 2023.

Método: El caso estudio de la investigación se utilizó el método de la distribución normal Shapiro–Wilk.

Resultados: La investigación sobre la productividad de equipos de desarrollo de sistemas de información, se empleó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk para la distribución normal. Los hallazgos revelaron que tanto los Factores Individuales (como la satisfacción laboral, motivación, competencias de trabajo, relaciones interpersonales y empatía) como los Factores Grupales (cohesión y participación) ejercen una influencia significativa en la productividad. Se identificó una correlación positiva entre el marco de trabajo y la productividad de los equipos, con un coeficiente de correlación de 0.381. Además, se observaron correlaciones positivas entre el marco de trabajo y los Factores Individuales (coeficiente de correlación de 0.405) y los Factores Grupales (coeficiente de correlación de 0.437) del equipo de desarrollo de sistemas de información.

Finalmente se concluye que, a partir de los resultados de las tres investigaciones realizados, se llegó a analizar que los Factores Humanos y Sociales, si influyen positivamente en la Productividad; y de las investigaciones sobre transferencia de conocimiento, se analiza y se concluye que la cultura organizacional, estilo de gestión, motivación personal; son muy importantes, la transferencia de conocimiento sería más efectiva con una cultura organizacional abierta y receptiva.

5. Conclusiones

1. En base a los resultados de la investigación, se puede concluir que existe una relación significativa entre el empleo del marco de trabajo y la productividad de los equipos de desarrollo en sistemas de información en el Ministerio de Economía y Finanzas. Este hallazgo se respalda por el coeficiente de correlación de Rho de Spearman, que es igual a 0.381, y el valor de significancia de 0.015, el cual es significativamente menor al nivel de significancia predefinido de 0.05 para la muestra aleatoria. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula que sostiene que no hay influencia significativa y se acepta la hipótesis alternativa. Estos resultados sugieren que el uso del Marco de Trabajo tiene un impacto positivo y estadísticamente significativo en la productividad de los equipos de desarrollo de sistemas de información en el Ministerio de Economía y Finanzas.
2. Los resultados obtenidos en el análisis estadístico respaldan la hipótesis planteada, que afirmaba que el empleo del marco de trabajo tiene una influencia significativa en los factores individuales del equipo de desarrollo de sistemas de información en el Ministerio de Economía y Finanzas. El coeficiente de correlación de Rho de Spearman, que fue calculado como 0.405, indica una relación positiva moderada entre el empleo del marco de trabajo y los factores individuales del equipo. Además, el valor de significancia de 0.010 es mucho menor que el nivel de significancia establecida 0.05, lo que lleva al rechazo de la hipótesis nula. En consecuencia, se puede concluir con confianza que existe una

relación estadísticamente significativa entre el empleo del marco de trabajo y los factores individuales, respaldando la idea de que el marco de trabajo influye de manera significativa en el desempeño y comportamiento individual de los equipos de desarrollo de software en el contexto del Ministerio de Economía y Finanzas.

3. Los resultados del análisis estadístico respaldan de manera significativa la hipótesis formulada, que sostenía que el empleo del marco de trabajo influye en los factores grupales del equipo de desarrollo de sistemas de información en el Ministerio de Economía y Finanzas. El coeficiente de correlación de Rho de Spearman, calculado en 0.437, revela una relación positiva moderada entre el empleo del marco de trabajo y los factores grupales del equipo. El valor de significancia obtenido, que es de 0.005, es considerablemente inferior al nivel de significancia establecido 0.05, lo que conduce al rechazo de la hipótesis nula. En consecuencia, se puede concluir de manera concluyente que el empleo del Marco de Trabajo tiene una influencia significativa en los Factores Grupales de los Equipos de Desarrollo de Software en el Ministerio de Economía y Finanzas.
4. Los resultados del análisis estadístico no respaldan de manera significativa la hipótesis formulada, que planteaba que el empleo del marco de trabajo influye en los factores organizacionales de los equipos de desarrollo de sistemas de información en el Ministerio de Economía y Finanzas. El coeficiente de correlación de Rho de Spearman, con un valor de 0.009, indica una relación muy débil o prácticamente nula entre el empleo del marco de trabajo y los factores organizacionales del equipo. Además, el valor de significancia obtenido, que es de 0.958, es mucho mayor que el nivel de significancia establecido 0.05, lo que lleva a no rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se concluye que, según los resultados de este estudio, el empleo del Marco de Trabajo no influye de manera significativa en los Factores Organizacionales de los Equipos de Desarrollo de Software en el Ministerio de Economía y Finanzas.

Referencias

Ahdika, A. (2021). Improvement of Quality, Interest, Critical, and Analytical Thinking Ability of Students through the Application of Research Based Learning (RBL) in Introduction to Stochastic Processes Subject. International Electronic Journal of Mathematics Education, 12(2), 167–191. https://doi.org/10.29333/iejme/608

Arias, J. L. (2020). Técnicas e Instrumentos de Investigación Científica Enfoques Consulting EIRL. www.cienciaysociedad.org

Avendaño, V., \& Flores, M. (2016). Modelos teóricos de gestión del conocimiento: descriptores, conceptualizaciones y enfoques. Entre ciencias: Diálogos En La Sociedad Del Conocimiento, 4(10), 201–227. https://doi.org/10.21933/J.EDSC.2016.10.181

Behar, D. (2008). Introducción a la Metodología de la Investigación.

Bhardwaj, M., Rana, A., \& Sharma, N. K. (2019). How software size influence productivity and project duration. International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), 9(3), 2006. https://doi.org/10.11591/ijece.v9i3.pp2006-2017

Buchtik, Liliana. (2013). Secrets to mastering the WBS in real-world projects: the most practical approach to work breakdown structures (WBS)! Project Management Institute.

Carmona, M., \& Carrión, H. (2015). Universidad Autónoma del Estado de México "Potencia de la Prueba Estadística de Normalidad Jarque-Bera Frente a las Pruebas de Anderson-Darling, Tesis que para Obtener el Título de: Licenciado en Actuaria.

Catur, W., Ika, W., Dayanti, S., Nizar, A., \& Eitiveni, H. I. (2018). Prioritizing solutions for overcoming knowledge transfer barriers in software development using the fuzzy analytic hierarchy process. In Knowledge Management \& E-Learning (Vol. 10, Issue 2).

Cequea, M. M., Monroy, C. R., \& Bottini, M. A. N. (2011). La productividad desde una perspectiva humana: Dimensiones y factores. Intangible Capital, 7(2), 549–584. https://doi.org/10.3926/ic.2011.v7n2.p549-584

Chang, J. Y. T., Wu, X. (Jason), Discenza, R., \& Klein, G. (2022). Creative Software Development with Team Boundary Management. Journal of Computer Information Systems, 62(4), 694–705. https://doi.org/10.1080/08874417.2021.1903366

Contreras, F. G., \& Moyano, H. V. (2018). Factores individuales y grupales que influyen en la productividad de los trabajadores de las grandes y medianas empresas de Guayaquil Individual and group factors influencing the productivity of workers in large and medium-sized enterprises of Guayaquil.

Crawford, J., Leonard, L. N. K., \& Jones, K. (2013). The Role of Worker Tenure and Employment Heterogeneity on Software Development Work Activities. Journal of Information Systems and Technology Management, 10(3), 483–502. https://doi.org/10.4301/S1807-17752013000300002

Defranco, J. F., \& Laplante, P. A. (2017). Review and analysis of software development team communication research. In IEEE Transactions on Professional Communication (Vol. 60, Issue 2, pp. 165–182). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. https://doi.org/10.1109/TPC.2017.2656626

Etemadi, V., Bushehrian, O., \& Robles, G. (2022). Task assignment to counter the effect of developer turnover in software maintenance: A knowledge diffusion model. Information and Software Technology, 143, 106786. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2021.106786

Fatema, I., \& Sakib, K. (2017). Factors Influencing Productivity of Agile Software Development Teamwork: A Qualitative System Dynamics Approach. 2017 24th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC), 737–742. https://doi.org/10.1109/APSEC.2017.95

Galeano-Ospino, S., Machuca-Villegas, L., \& Gasca-Hurtado, G. P. (2021). Knowledge Transfer in Software Development Teams Using Gamification: A Systematic Literature Review (pp. 115–130). https://doi.org/10.1007/978-3-030-63329-5_8

Ganga, F., \& Villacís, H. (2018). Factores individuales y grupales que influyen en la productividad de los trabajadores de las grandes y medianas empresas de Guayaquil.

Gasca-Hurtado, G. P., Gómez-Álvarez, M. C., Machuca-Villegas, L., \& Muñoz, M. (2021). Design of a gamification strategy to intervene in social and human factors associated with software process improvement change resistance. IET Software, 15(6), 428–442. https://doi.org/10.1049/sfw2.12045

Gasca-Hurtado, G. P., \& Machuca-Villegas, L. (2019). Toward a Model based on Gamification to Influence the Productivity of Software Development Teams.

George, B., Sims, P., McLean, A., \& Mayer, D. (2017). Inteligencia Emocional el Auténtico Liderazgo.

Gilal, A. R., Jaafar, J., Capretz, L. F., Omar, M., Basri, S., \& Aziz, I. A. (2018). Finding an effective classification technique to develop a software team composition model. Journal of Software: Evolution and Process, 30(1), e1920. https://doi.org/10.1002/smr.1920

Gómez, S. (2021). Organizaciones Inteligentes.

Hassan, I. U., \& Asghar, S. (2021). A Framework of Software Project Scope Definition Elements: An ISM-DEMATEL Approach. IEEE Access, 9, 26839–26870. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3057099

Hernández, A. (2014). Medidas de productividad en los proyectos de desarrollo de software: una aproximación por puestos de trabajo.

Hernández, R., \& Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.

Iden, J., Tessem, B., \& Päivärinta, T. (2010). Problems in the interplay of development and IT operations in system development projects: A Delphi study of Norwegian IT experts. Information and Software Technology, 53(4), 394–406. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2010.12.002

Kitchenham, B. A., \& Pfleeger, S. L. (2008). Personal Opinion Surveys. In Guide to Advanced Empirical Software Engineering (pp. 63–92). Springer London. https://doi.org/10.1007/978-1-84800-044-5_3

Ku, H.-Y., Tseng, H. W., \& Akarasriworn, C. (2013). Collaboration factors, teamwork satisfaction, and student attitudes toward online collaborative learning. Computers in Human Behavior, 29(3), 922–929. https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.12.019

Lee, J., Park, J.-G., \& Lee, S. (2015). Raising team social capital with knowledge and communication in information systems development projects. International Journal of Project Management, 33(4), 797–807. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.12.001

Lledó, P. (2016). Director de proyectos: cómo aprobar el examen PMP® sin morir en el intento.

Lledó, Pablo. (2013). Director profesional de proyectos: como aprobar el PMP sin morir en el intento.

Machuca-Villegas, L., Gasca-Hurtado, G. P., Puente, S. M., \& Tamayo, L. M. R. (2021). An instrument for measuring perception about social and human factors that influence software development productivity. Journal of Universal Computer Science, 27(2), 111–134. https://doi.org/10.3897/jucs.65102

Maxwell, J. C. (2001). Las 17 leyes incuestionables del trabajo en equipo. Editorial Caribe/Betania.

Mehta, A., Mehta, N., \& Bindal, I. (2022). Maximizing integrative learning in software development teams: A systematic review of key drivers and future research agenda. Journal of Systems and Software, 190, 111345. https://doi.org/10.1016/j.jss.2022.111345

Mehta, N., Hall, D., \& Byrd, T. (2014). Information technology and knowledge in software development teams: The role of project uncertainty. Information \& Management, 51(4), 417–429. https://doi.org/10.1016/j.im.2014.02.007

Mejía, E. (2005). Técnicas e Instrumentos de Investigación.

Ministerio de Educación. (2019). Trabajo colaborativo y Desarrollo Profesional Docente en la escuela.

Mishra, A., \& Otaiwi, Z. (2020). DevOps and software quality: A systematic mapping. In Computer Science Review (Vol. 38). Elsevier Ireland Ltd. https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2020.100308

Mondelo, E., \& Siles, R. (2019). Guía Metodológica PM4R.

Mortensen, M., \& Gardner, H. (2022). Inteligencia Emocional IE VIRTUAL.

Mota, J. S., Tives, H. A., \& Canedo, E. D. (2021). Tool for Measuring Productivity in Software Development Teams. Information, 12(10), 396. https://doi.org/10.3390/info12100396

Niño, V. (2011). Metodología de la Investigación Diseño y ejecución. Ediciones de la U.

Noel, R., Riquelme, F., Lean, R. mac, Merino, E., Cechinel, C., Barcelos, T. S., Villarroel, R., \& Munoz, R. (2018). Exploring Collaborative Writing of User Stories with Multimodal Learning Analytics: A Case Study on a Software Engineering Course. IEEE Access, 6, 67783–67798. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2876801

Oliveira, E., Conte, T., Cristo, M., \& Valentim, N. (2018). Influence Factors in Software Productivity - A Tertiary Literature Review. 68–103. https://doi.org/10.18293/SEKE2018-149

Ortiz, S., \& Solleiro, J. (2019). 81.Proceso de Construcción Modelo IndicadoresTT V1.

Pantaleo, G. (2016). Calidad en el Desarrollo de Software.

Park, J.-G., \& Lee, J. (2014). Knowledge sharing in information systems development projects: Explicating the role of dependence and trust. International Journal of Project Management, 32(1), 153–165. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.02.004

Perez, J. (2003). Managing teams: a strategy for success. Thomson Learning.

Prieto, B. (2018). El uso de los métodos deductivo e inductivo para aumentar la eficiencia del procesamiento de adquisición de evidencias digitales. Cuadernos de Contabilidad, 18(46). https://doi.org/10.11144/javeriana.cc18-46.umdi

Project Management Institute. (2017). Preparación para el examen de PMP autorizado por el PMI.

Project Management Institute. (2021). The standard for project management and a guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide).

Ramirez-Mora, S. L., \& Oktaba, H. (2018). Team Maturity in Agile Software Development: The Impact on Productivity. 2018 IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution (ICSME), 30(1), 732–736. https://doi.org/10.1109/ICSME.2018.00091

Road, P., Maha Ratchawans, P. B., \& Nakhon, P. (2022). Knowledge Transfer and Its Impacts on Software Development in a Multinational Enterprise.

Rodríguez C., F. (2007). Ciencias de la Educación Artículo de Investigación. https://doi.org/10.23857/pc.v7i4.3850

Rodríguez, F. N. (2007). Generalidades Acerca de las Técnicas de Investigación Cuantitativa. 2(1), 9–39.

Sablis, A., Smite, D., \& Moe, N. (2021). Team-external coordination in large-scale software development projects. Journal of Software: Evolution and Process, 33(3). https://doi.org/10.1002/smr.2297

Salas, Luis. (2018). Universidad de Lima Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas Notas Académicas ¿La Tecnología de la Información sigue siendo una Ventaja Competitiva?

Santiago, M. De. (2007). Manual de Indicadores de Internacionalizacion de la Ciencia y la Tecnología. http://www.ricyt.org

Scott, E., Charkie, K. N., \& Pfahl, D. (2020). Productivity, Turnover, and Team Stability of Agile Teams in Open-Source Software Projects. 2020 46th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA), 124–131. https://doi.org/10.1109/SEAA51224.2020.00029

Strode, D., Dingsøyr, T., \& Lindsjorn, Y. (2022). A teamwork effectiveness model for agile software development. Empirical Software Engineering, 27(2), 56. https://doi.org/10.1007/s10664-021-10115-0

Subsecretaría de Educación Media Superior. (2015). Desarrollo de Mecanismos para el Trabajo Colaborativo.

Vásquez-Bravo, D.-M., Sánchez-Segura, M.-I., Medina-Domínguez, F., \& Amescua, A. (2014). Knowledge management acquisition improvement by using software engineering elicitation techniques. Computers in Human Behavior, 30, 721–730. https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.09.003

Viana, D., Conte, T., \& de Souza, C. (2014). Knowledge Transfer between Senior and Novice Software Engineers: A Qualitative Analysis.

Vivian, R., Falkner, K., Falkner, N., \& Tarmazdi, H. (2016). A Method to Analyze Computer Science Students' Teamwork in Online Collaborative Learning Environments. ACM Transactions on Computing Education, 16(2), 1–28. https://doi.org/10.1145/2793507

Wagner, S., \& Ruhe, M. (2018). A Systematic Review of Productivity Factors in Software Development. http://arxiv.org/abs/1801.06475

Wang, H., Li, X., Shen, K., Wang, T., \& Chen, Y. (2021). A Data-driven Productivity Assessment Framework for Collaborative Research Teams. 2021 The 5th International Conference on Compute and Data Analysis, 1–7. https://doi.org/10.1145/3456529.3456530

Yolima, D., Buitrago, F., Alfonso, M., \& Castrillón, G. (2006). La gestión del conocimiento.

Zapata Cantú, L., Rialp Criado, J., \& Rialp Criado, A. (2009). Generation and transfer of knowledge in IT-related SMEs. Journal of Knowledge Management, 13(5), 243–256. https://doi.org/10.1108/13673270910988088

Zenger, J., \& Folkman, J. (2017). Saber Escuchar Inteligencia Emocional.

Zolduoarrati, E., Licorish, S. A., \& Stanger, N. (2022). Impact of individualism and collectivism cultural profiles on the behaviour of software developers: A study of stack overflow. Journal of Systems and Software, 192, 111427. https://doi.org/10.1016/j.jss.2022.111427

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 31/03/2024
Aceitação/Acceptance: 30/06/2024

Natalidad y longevidad de la población: estresores estratégicos para la Defensa Nacional

Fulvio Queirolo Pellerano[1,2], Nadezda Abbas[1], Claudio Ruff[1], Marcelo Ruiz[2]

Nadezda.abbas@ubo.cl

[1] Universidad Bernardo O´Higgins

[2] Academia Nacional de Estudios Políticos y Estratégicos

Pages: 279-294

Resumen: En una rápida mirada al mundo se puede advertir una manifiesta tendencia decreciente de natalidad de la población humana, mientras que la longevidad aumenta. Estos resultados han encendido las alertas de organizaciones internacionales por posibles efectos e impactos en la fuerza laboral. ¿Qué tan grave es esta tendencia y qué consecuencias puede generar? En este plano la tecnología irrumpiría como solución a los problemas enunciados. El desarrollo tecnológico, en la era de la Cuarta Revolución industrial, podría subsanar las dificultades en un entorno donde la fuerza laboral requiere de mayores habilidades, capacidades, competencias y conocimientos. Así las cosas, el recurso humano sería reemplazado por máquinas. No muy alejado a esta realidad se encuentra el recurso humano de las Fuerzas Armadas. A sus integrantes se les exigen nuevas capacidades y cualidades para cumplir sus tareas. De acuerdo al comportamiento tendencial, existirá disponibilidad de recurso humano para cubrir las necesidades de las Fuerzas Armadas.

Palabras clave: Natalidad, longevidad, tecnología, inmigración, Fuerzas Armadas

Birth rate and population longevity: strategic stressors for National Defense

***Abstract*:** In a quick look at the world, one can see a clear decreasing trend in the birth rate of the human population, while longevity is increasing. These results have raised alarms among international organizations due to their effects and impacts on the workforce. How serious is this trend and what consequences can it generate? At this level, technology would emerge as a solution to the problems stated. Technological development, in the era of the Fourth Industrial Revolution, could overcome difficulties in an environment where the workforce requires greater skills, abilities, competencies and knowledge. As things stand, human resources will be replaced by machines. Not far from this reality is the human resource of the Armed Forces. Its members are required to have certain capabilities and qualities to fulfill their tasks. According to trend behavior, there will be availability of human resources to cover the needs of the Armed Forces.

Keywords: Natality, longevity, technology, immigration, Armed Forces

1. Introducción

Admitiendo la importancia que presentan las variables natalidad y longevidad de la población humana, se puede colegir que se encaminan en direcciones contrapuestas. La tendencia revela que, de no adoptarse medidas correctivas, en breve período algunas organizaciones comenzarán a resentir los efectos de la disponibilidad del recurso humano para suplir el reemplazo de aquellos que finalizan su vida útil laboral.

El entorno descrito presenta características globales y efectos multisectoriales. En este ámbito se encuentra el recurso humano de quienes integran las fuerzas de la Defensa Nacional. Convengamos que este tipo de organizaciones basa su estructura organizacional, principalmente, en una elevada disponibilidad de este recurso, al cual se les exige particulares competencias y focalizado en grupos etarios situados entre los 20 y 40 años. Dicho rango obedece a la función operacional que deben desarrollar las FF. AA. en ambientes con altas exigencias físicas y psicológicas, considerados de alto riesgo.

En escenarios de crisis y conflictos actuales, como aquellos proyectados a futuro, observados por diferentes centros de planeamiento estratégico, se concluye que se deberían modificar significativamente los modos y modelos de empleo de las fuerzas. Se advierte que junto a la incertidumbre propia de un entorno violento a que está sometido el recurso humano, es posible vislumbrar efectos de estrés provocado, principalmente, por la transformación del escenario desde el plano físico a uno digital; del mismo modo, la irrupción de actores no militares; y la transformación de zonas urbanas en objetivos militares, un entorno profusamente híbrido. Así las cosas, la disponibilidad de fuerzas 7/24, que cuenten con entrenamiento y doctrina actualizada, sustentada por tecnología de punta, se hace cada vez más imprescindible.

En consecuencia, qué impactos pueden presentar el factor etario del recurso humano disponible, tanto para el ingreso como permanencia en las fuerzas de defensa. El cuestionamiento que se plantea ¿Constituirá un elemento relevante para el desarrollo de nuevas capacidades para la Defensa Nacional?

En el ecosistema descrito se puede constatar que diferentes fuerzas de defensa ya han iniciado una fase de adaptación de su recurso humano. En este sentido, se ha optado por la extensión en la permanencia de sus efectivos, otras han reconfigurado estructuras organizacionales propiciando la tecnología para substituir la falta de personal. También se ha abierto espacio para el ingreso de profesionales civiles para desarrollar funciones que antes eran solo para militares de carrera.

El trabajo de investigación ha establecido como hipótesis que las variables de natalidad y longevidad humana constituirán factores estresores estratégicos para la Defensa nacional y, en dicha condición, comenzarán a intervenir en la disponibilidad del recurso humano de las FF. AA., pudiendo incluso condicionar nuevos cometidos que se han configurado.

En consideración a las pautas del trabajo, su especificidad, así como el acceso a la información, metodológicamente, se optará por un empleo sustancial de instrumentos de tipo cuantitativo. En efecto, datos estadísticos, estudios comparativos y modeladores tendenciales, permitirán arribar a conclusiones que validen la hipótesis planteada,

recursos que no excluirán el respectivo análisis cualitativo para robustecer el enfoque seleccionado.

Con el fin de situar el marco correlacional de las variables natalidad y longevidad e impacto en el recurso humano de las FF. AA., situaremos el estudio en los países Colombia, Chile y Uruguay. La selección obedece a su condición de actores integrantes de la Organización para el Desarrollo Económico (OCDE, por sus siglas en Ingles), considerando la disponibilidad y estandarización de la información para el estudio. Se ha adicionado Brasil, a partir de su influencia política, económica y militar en la región suramericana, además de constituir un actor relevante en temas de Defensa.

Para asegurar el logro del planteamiento, se cotejarán datos aportados por organismos internacionales como la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), OCDE, la Organización de Naciones Unidas (ONU), el Banco Mundial (BM), y particularmente, documentos de defensa oficiales de los países seleccionados, sin dejar de revisar otros estudios relevantes para el trabajo.

Todo ello iniciado a partir de la primera década del 2000 y proyectar posibles entornos al 2050. Dicho período permitirá llevar a cabo un amplio examen para la observación del comportamiento de las variables señaladas, considerando que requieren años para su manifestación tendencial. De esta manera se pretende dar respuesta al axioma "Lo que no se puede medir no se puede gestionar" (atribuido a Peter Druker), corroborando la hipótesis planteada.

2. Identificando ejes del problema

A fin de conectar el cuestionamiento de la disponibilidad del recurso humano que, a priori, se ha establecido con la hipótesis de trabajo, resulta fundamental identificar las particularidades que está presentando este factor, en general, con el fin de articularlo con los cometidos de las FF. AA. La pesquisa pretende establecer elementos de impacto, observables y medibles, que a partir del año 2000 comenzaron a influir en el diseño del recurso humano de las FF. AA. y proyectarlos a la fecha. Así las cosas, ¿Qué roles y funciones se han establecido, cuáles son los nuevos cometidos y sus respectivas tendencias?

País	2000 - 2010	2011 - 2020	Tendencia 2021 >+
Chile	Defensa Nacional – Apoyo electoral – Catástrofes – Desarrollo nacional - OPAZ	Defensa Nacional - Apoyo electoral – Desastres y catástrofes - Desarrollo - OPAZ	Ídem – Control de fronteras – Cambio climático.
Colombia	Defensa Nacional – Garantes del orden constitucional – Desarrollo nacional - OPAZ	Defensa Nacional – Mantenimiento del orden público – Contribuir con las capacidades de la Fuerza Pública – Protección de Infraestructura estratégica – Control de Fronteras – Lucha contra el narcotráfico – Lucha contra extracción ilícita de yacimientos mineros – Contrabando de armas y tráfico de personas – Secuestro – Extorsión – OPAZ	Ídem – Crimen organizado – Cambio climático. Seguridad interior

País	2000 - 2010	2011 - 2020	Tendencia 2021 >+
Uruguay	Defensa Nacional – Desarrollo nacional - Desastres y catástrofes – OPAZ	Defensa Nacional – Desarrollo nacional - Desastres y catástrofes – OPAZ	Ídem – Cambio climático Excepcionalmente delincuencia organizada transnacional, droga, corrupción, lavado de activos, tráfico de armas.
Brasil	Defensa Nacional – Garantes del orden constitucional – Garantes del orden interno - Desarrollo nacional - OPAZ	Defensa Nacional – Mantenimiento del orden público – Protección de Infraestructura estratégica – Control de Fronteras – Lucha contra el narcotráfico – Lucha contra extracción ilícita de yacimientos mineros – Contrabando de armas y tráfico de personas – Promover la estabilidad regional – OPAZ	Ídem – Cambio climático Seguridad interior

Fuente: Elaboración propia en base a fuentes oficiales digitales de Políticas de Defensa (Chile, 2020; Uruguay, 2022; CONPES, 2020), (CEEAG, 2022), (Resolución Nº. 3, 2021).

Tabla 1 – Cometidos de las Fuerzas Armadas

De los documentos analizados se comprueba una clara tendencia por recurrir al empleo de las FF. AA. en actividades catalogadas como secundarias a su rol principal (Alda y Sampó, 2019). Así, la cooperación para el control de fenómenos relacionados con la seguridad interna se ha posicionado en sus cometidos, toda vez que amenazas de conflictos bélicos, prácticamente no se vislumbra en la región, sin descartarse.

Un reciente estudio publicado por la Fundación Getulio Vargas permite otorgar validez a las pesquisas sintetizadas en el la tabla 1. Las entrevistas, así como las experiencias vividas por diferentes autoridades, civiles y militares brasileras, confirman la consistente tendencia en el empleo de las FF. AA. en actividades internas para garantizar el cumplimiento de la ley y orden, aun cuando, en los últimos dos años, se ha reducido levemente. Incluidas cuestiones ambientales (Carballo, 2020).

Dichas tareas se han orientado en otorgar apoyo policial y logístico en períodos electorales; del mismo modo garantizar la seguridad en eventos internacionales locales; también, en casos de huelga de la Policía Militarizada del Estado, proveyendo la debida seguridad y; finalmente, funciones de vigilancia y procedimientos interinstitucionales para frenar la violencia urbana (FGV Editora, 2023).

Sin embargo, tareas muy cercanas al rol principal de las FF. AA. como son las Operaciones de Paz (OPAZ), también presentan una evidente reducción, aun cuando la Comunidad Internacional, a través del Consejo de Seguridad de Naciones Unidas, solicita frecuentemente contingentes a los países contribuyentes. Sostengamos que Chile, Colombia, Uruguay y Brasil pertenecen a esta categoría. En una rápida mirada al entorno internacional se identifica la necesidad de asistencia a 13 operaciones de Mantenimiento de la Paz y otras 23 misiones de políticas especiales (ONU, DPKO 2024).

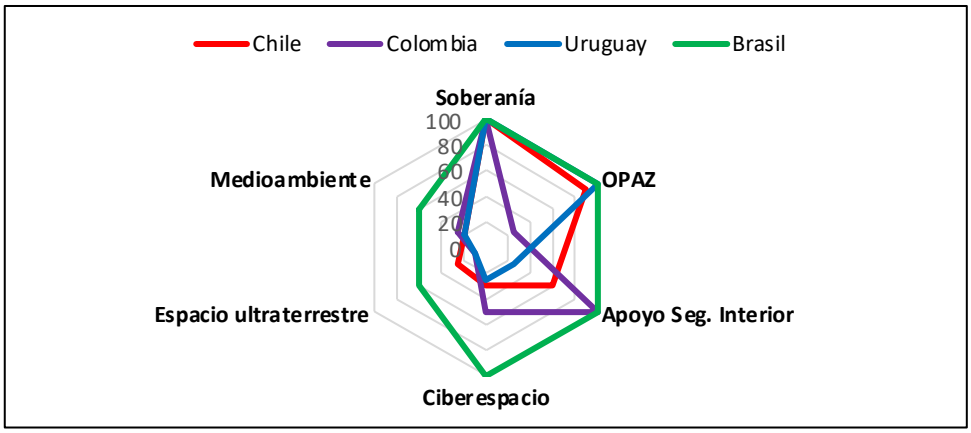


Gráfico 1 – Principales orientaciones cometidos de las FF. AA. (últimos 5 años). Fuente: Elaboración propia en base a fuentes oficiales digitales.

Un caso relevante fue la participación internacional en la Misión de Estabilización de las Naciones Unidas en Haití (UN.ORG, Minustah, 2017). Operación que luego de 13 años (2004–2017), las Naciones Unidas dio por cumplida. Sin embargo, a la luz de los últimos hechos de violencia todo indica que el problema político, social y económico haitiano continúa (ONU, noticias, 25 de enero 2024). Sin considerar otras de larga data como las desarrolladas en Oriente Medio, Asia y Europa (ONU, DPKO, 2024). ¿Habrá que preparar recurso humano para estos eventos?

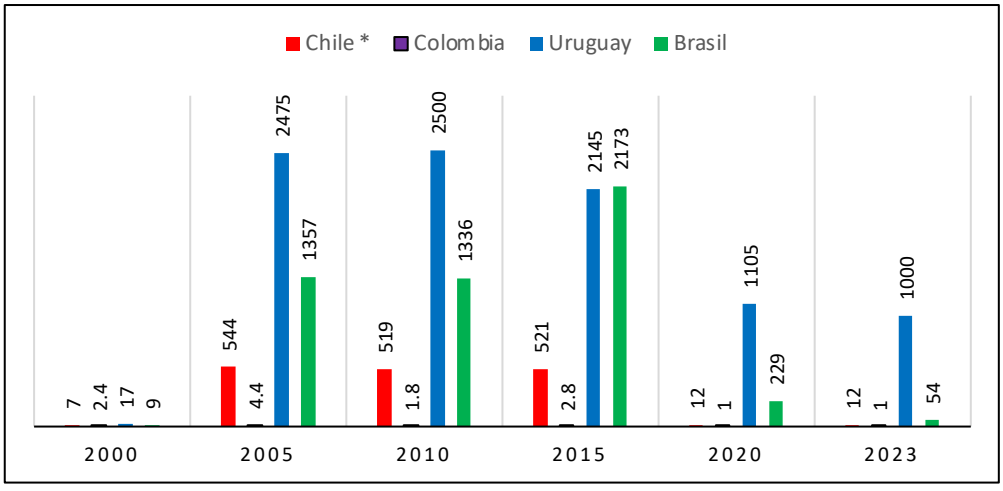


Gráfico 2 – Participación de contingente de FF. AA. en OPAZ. Fuente: Elaboración propia sobre la base de información disponible en UN.ORG, 2024.

Con el fin de confrontar los fenómenos de natalidad y longevidad, sindicados como estresores de la Defensa Nacional, oportuno resulta analizar estudios de prospectiva estratégica. Para estos efectos el trabajo llevado a cabo por el Supremo Comando Aliado Europeo permite despejar el camino de esta investigación. En dicho análisis se enfatiza que el envejecimiento de las sociedades y la escasez de mano de obra cualificada, en un horizonte al año 2043, constituyen factores influyentes para el desarrollo de capacidades estratégicas (SFA, 2023). Elementos que se suman a la tecnología, el encarecimiento de los sistemas de armas y la adaptación de las fuerzas al vector cambio climático, entre las más relevantes.

Respecto del fenómeno del envejecimiento de la población latinoamericana versus la tasa de reemplazo, la CEPAL arribó a similares conclusiones (CEPAL, 2018). En estudios posteriores presenta datos demográficos que no son muy auspiciosos, toda vez que, al envejecimiento poblacional y reducción a las tasas de natalidad, se adicionan a otros factores fisiológicos-sanitarios, propios de la edad. Entre ellos se observan limitaciones en la visión, reducción auditiva, disminución de la capacidad de movilidad e incluso problemas de concentración y/o de comunicación. Sin duda que estos factores también afectan a quienes integran las FF. AA. (CEPAL, 2020).

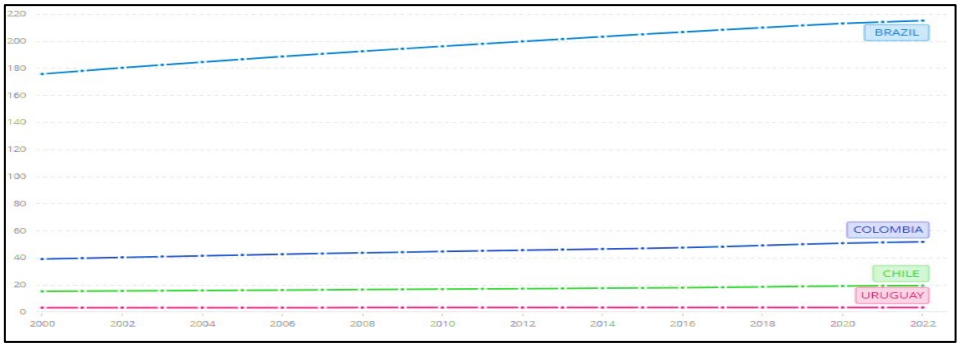


Gráfico 3 – Crecimiento de la población países seleccionados 2000–2022 (en millones) -Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ONU. 2022 - 2023.

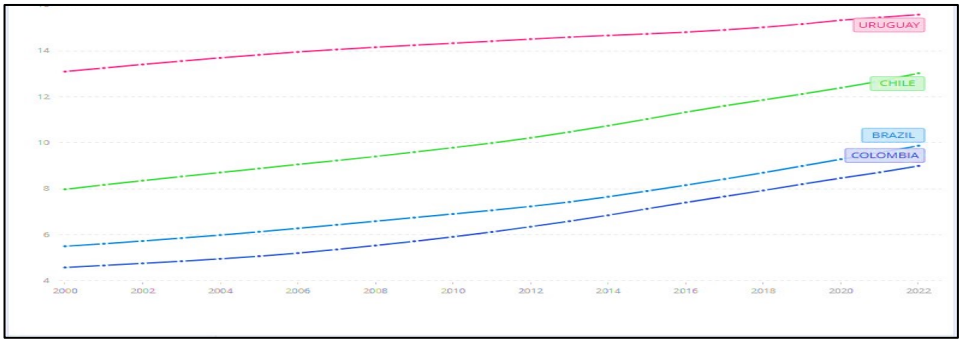


Gráfico 4 – Porcentaje de población mayor de 65 años. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ONU. 2022 - 2023.

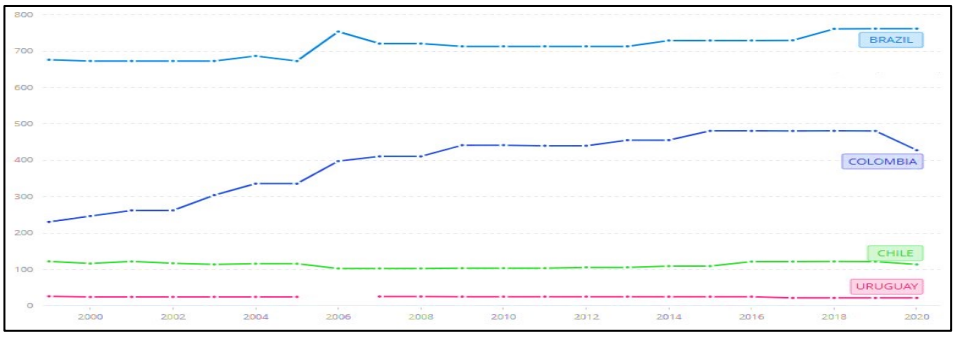


Gráfico 5 – Fuerza militar 2000–2021 (como % de la fuerza laboral). Fuente: Elaboración propia en base a BM. 2024.

De los antecedentes expuestos, hasta aquí, se da cuenta sobre la tendencia creciente de la participación de las FF. AA. en tareas subsidiarias. Cuestiones como cambio climático, apoyo a actividades de seguridad interna, como forma para combatir la delincuencia y crimen organizado, se han tomado la agenda de Defensa. Si bien la defensa de la soberanía continúa como misión principal de las FF. AA., la creciente diversidad de nuevos cometidos ha conducido a una readecuación de los medios para participar en escenarios más complejos e híbridos.

En este sentido, se han establecido nuevas doctrinas de empleo. Una de ellas ha sido emplear las capacidades de la fuerza en tareas diferentes a la guerra (MOOTW, por sus siglas en inglés). En el campo del diseño de sistemas se ha acuñado una concepción de polivalencia de los medios, optando por elementos que permitan utilizarse en escenarios de tensión y conflicto así como en espacios de crisis humanitarias y catástrofes (CEEAG. 2022, 113 - 144). Una fórmula que se ha estado empleando para enfrentar las múltiples y nuevas funciones.

Por otra parte, pese a un aumento paulatino de la población y adición de cometidos para la Defensa Nacional, solo Brasil y Colombia han incrementado la incorporación del recurso humano en sus FF. AA. Asumiendo que esta capacidad posee un valor finito, cuánto es suficiente para cumplir con las nuevas tareas.

3. Comprobando estresores

Sosteniendo que el mercado laboral, así como la malla productiva de un país, está siendo impactado por la irrupción de nuevas tecnologías y, de paso, automatizando sus procesos. Afirmar que la mano de obra requerirá de mayores cualificaciones y estará sujeta al accionar de máquinas, es un escenario muy probable. De mantener ambas tendencias, la pregunta se sitúa sobre qué profesiones, actividades o funciones, y a quiénes les impactará un entorno cada vez más tecnológico.

Los datos analizados indican que grupos etarios más jóvenes se encuentran más proclives a la adaptación de nuevas tecnologías que grupos más longevos. Una condición prácticamente innata en las nuevas generaciones. En consecuencia, resulta relevante

este factor de decisión a la hora de contratar personas o bien reclutar capital humano con competencias para el uso de tecnologías de punta. En estos casos, a los costos de reclutar mano de obra calificada o bien recapacitar aquellos que se mantienen con su ciclo laboral efectivo, debe adicionarse el tiempo. Costo, beneficio y utilidad se sitúan como variables a considerar en el proceso de reclutamiento.

En este ámbito, para la Defensa Nacional resulta fundamental conocer y establecer los escenarios de riesgos y amenazas de futuro y sobre los cuales se debiese trabajar en la preparación de sus integrantes, ya sea capacitar, entrenar y/o bien incorporar.

Si el recurso humano constituye o no un elemento esencial para la Defensa Nacional, representa una premisa fundamental. A la pregunta ¿qué competencias se precisan y cuáles se requerirán en las FF. AA. para cumplir con los cometidos (actuales y de futuro), es un cuestionamiento complejo de responder? Las respuestas, por ahora, van por optar por jóvenes más competentes, o bien por adultos cualificados. Entonces, ¿quiénes estarán más cualificados para futuros escenarios de conflicto?

La Organización Mundial de la Salud (OMS), define que salud "es un estado completo de bienestar físico, mental y social y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades" (OMS. Octubre, 2006). Un concepto que, para la Organización Panamericana de la Salud (OPS), permitió establecer que la condición física de las personas constituye un factor de riesgo, y su naturaleza posee un fuerte nexo con la edad (OPS. 2017), así como factor innegable para generar estrés laboral.

En consecuencia, la longevidad del ser humano podría tener directa relación sobre algunas funciones fundamentales del cerebro y provocar un efecto en cadena sobre otras, especialmente en profesiones de mayor riesgo. Este aspecto es analizado por Toro y Yepes, estableciendo que todas las personas, en la medida que avanza su edad, van perdiendo velocidad con la que el cerebro procesa la información, en algunos casos mengua la facultad de recordar cosas (Toro y Yepes, 2018). Ello no es sinónimo de enfermedad, salvo la presencia de patologías previas.

Una amplia gama de estudios de campo laboral, identifican algunas profesiones que están más expuestas al estrés y, por ende, les afecta su desempeño. El sitio laboral CareerCast, distingue en dicho grupo a trabajadores de la salud, bomberos, policías y pilotos, e integrantes de las FF.AA. (Infobae, 2017). Para Soriano-Sánchez, la condición de "permanente disponibilidad al servicio de la nación… hace que sus miembros se vean sometidos a presiones que pueden provocar problemas psicológicos y sociales, afectando sus competencias y/o habilidades intrapersonales e interpersonales (Soriano-Sánchez, 2023, pág. 35). La articulación con el servicio público exige de liderazgo y su acción o inacción puede afectar la vida de terceros.

Junto a lo anterior, el personal de las FF. AA. requieren adicionalmente de otras capacidades. Deben estar preparados para permanecer constantemente en zonas de conflicto y/o guerra; poseer disposición al riesgo de sufrir algún daño físico; estar en conocimiento de exponerse a traumas psicológicos por vivencias en terreno. Y, últimamente, se les ha adicionado otra carga emocional, esta vez, circunscrita al rol que han asumido en situaciones de emergencias (antrópicas o bien en catástrofes humanitarias). Una combinación de elementos multifuncionales que influye directamente en el desempeño funcional.

En consecuencia, se puede concluir que el personal de las FF. AA. requieren de competencias prioritarias y subsidiarias que merecen de especial consideración. A la nacionalidad, le siguen las condiciones físicas, psicológicas y sanitarias aptas para el servicio, además de sortear restricciones etarias y barreras educacionales y culturales, como las más observables.

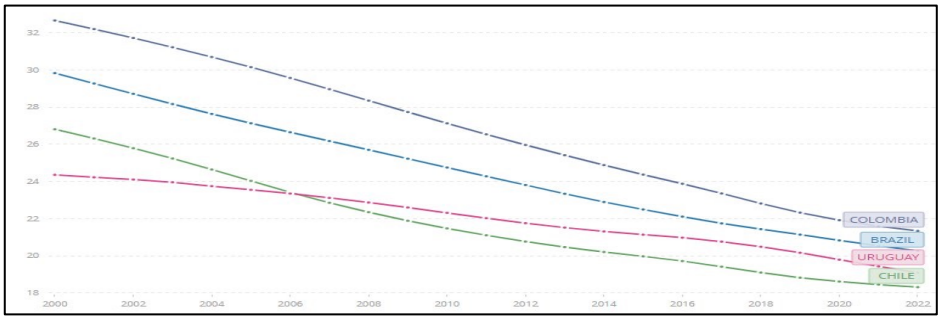


Gráfico 6 – Porcentaje de nacidos menores de 14 años 2000–2022. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del BM-ONU. 2022.

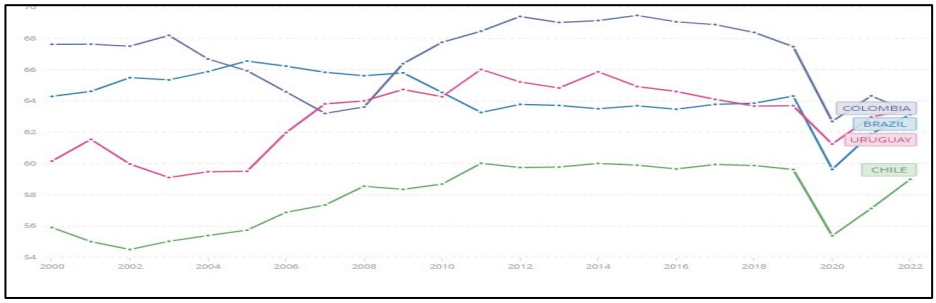


Gráfico 7 – Participación fuerza laboral mayor de 15 años 2000–2022 Fuente: Elaboración propia a partir de datos del BM-ONU. 2022.

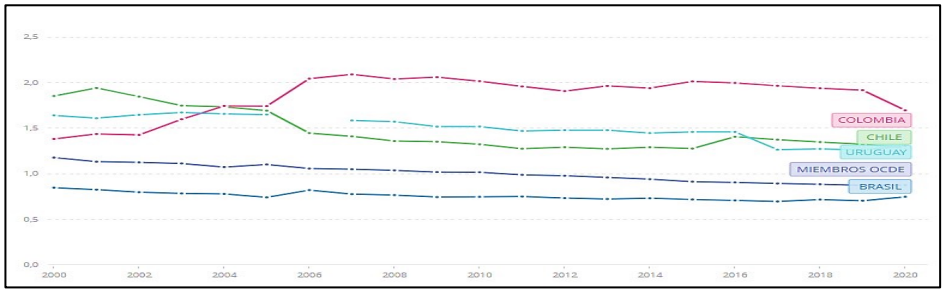


Gráfico 8 – Relación del personal FF. AA. como porcentaje de la fuerza laboral para servicio - Fuente: Elaboración propia a partir de datos del BM–Inst. Int. Est. Estratég. 2024.

Las evidencias permiten sostener una robusta fundamentación sobre ambos factores. La natalidad y longevidad transitan por sendas antagónicas. Un comportamiento que viene acrecentándose y que comienza a impactar en la disponibilidad de recurso humano. Sobre qué rangos etarios y en qué proporción se ven más afectadas profesiones, labores y actividades. ¿Cuál es la vinculación de dichas variables con las FF. AA?

El factor natalidad se encuentra sensiblemente alineado con la participación laboral de mayores de 15 años. El porcentaje de mano de obra disponible, en un futuro inmediato, se reduce. Una base laboral restringida condiciona la procedencia de selección. Aun cuando la demanda laboral se mantenga, la menor oferta genera ralentización en los requisitos de selección de organizaciones que buscan integrar nuevos talentos.

Observamos que la relación de profesiones vinculadas a la tecnología está a la vanguardia. Una tendencia global que se propaga con mayor velocidad con la irrupción de Inteligencia Artificial y avances tecnológicos. Escuelas, universidades y organizaciones han tenido que dar un paso cuantitativo y cualitativo en todas sus estructuras para no quedar rezagados en un mundo más digital.

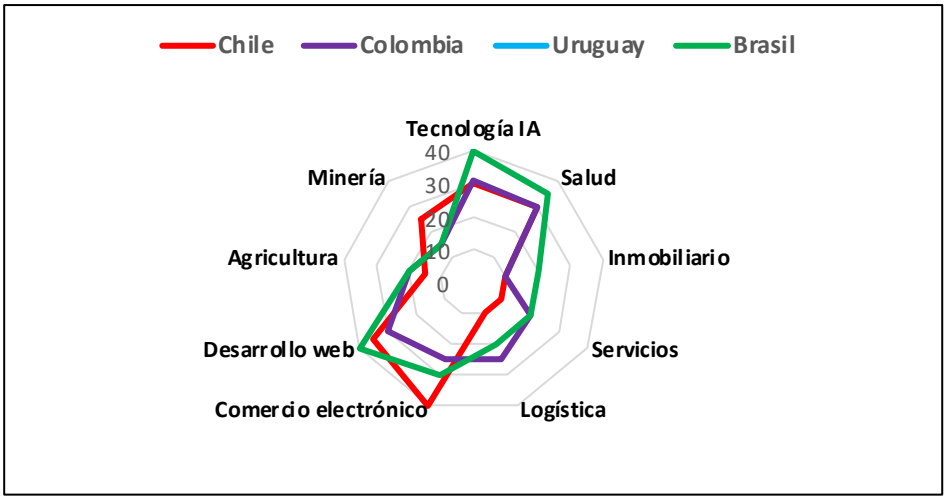


Gráfico 9 – Profesiones, oficios tendenciales. Fuente: Elaboración propia.

Afirmando que las generaciones o grupos etarios más jóvenes poseen una mayor disposición al uso, así como constante avance tecnológico, y por otra parte, las generaciones mayores presentan una brecha conductual de rezago, resulta necesario llevar a cabo un ejercicio de simulación sobre el comportamiento generacional de los países seleccionados. El objeto de esta indagación es identificar relaciones entre grupos etarios y disponibilidad de mano de obra.

Porcentaje de rangos etarios de población total por países 2024–2050 (proyección).

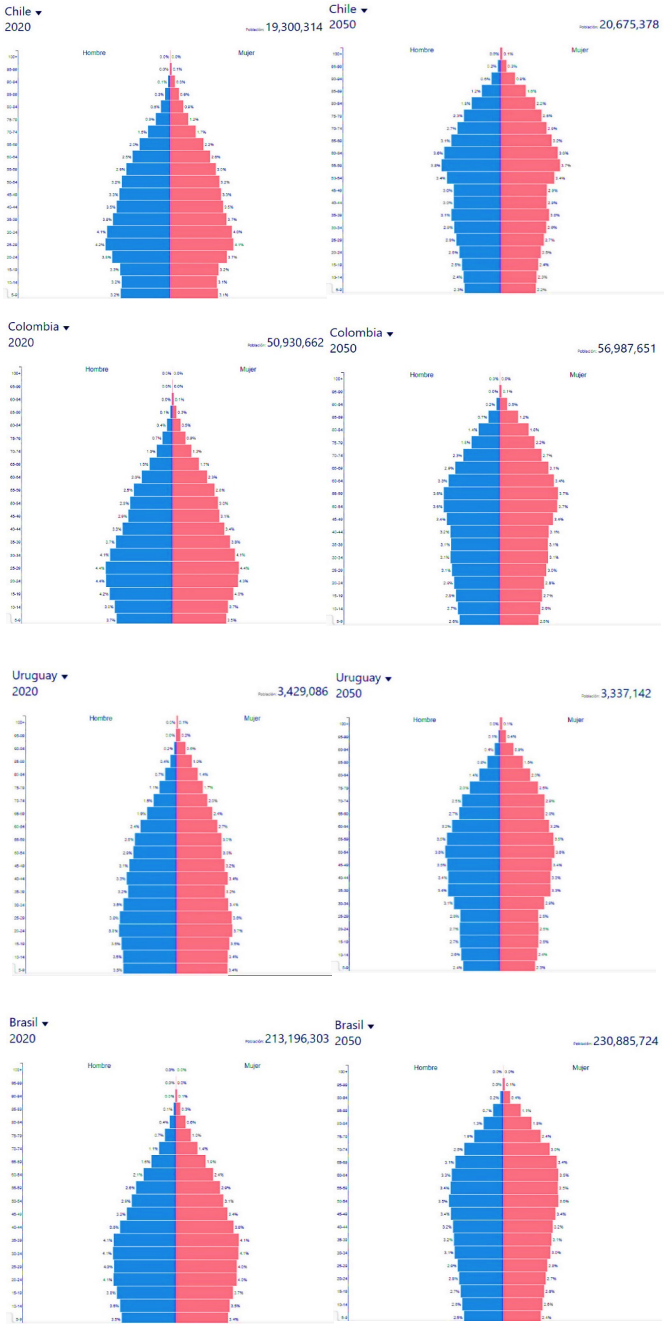


Gráfico 10 – Porcentaje rangos etarios. Fuente: Elaboración propia según P. Pyramid 2024.

Se confirma la validez de las premisas planteadas en que la base de selección se reduce en el grupo 20/40, mientras que se amplía en el grupo 40/50. ¿Podrá la tecnología o bien otra variable sectorial suplir esta brecha generacional?

4. Evaluando posibles soluciones

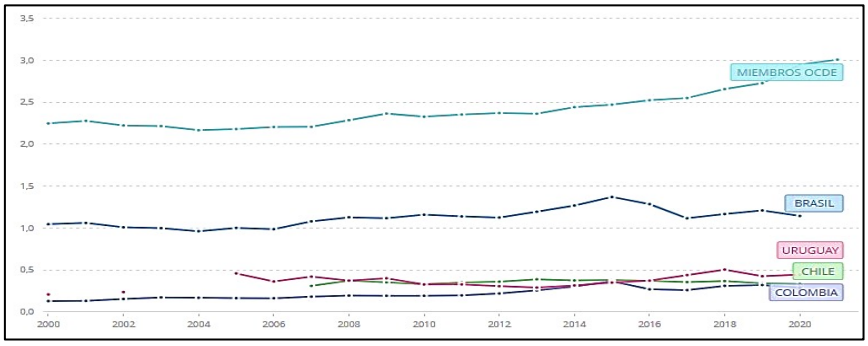


Gráfico 11 – Gasto en I + D como porcentaje del PIB 2000–2022. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del BM., 2024.

El gasto en I + D es importante en Brasil situándolo a la cabeza de los países latinoamericanos, pese a estar por debajo de la media de la OCDE. Mientras que Chile, Colombia y Uruguay por debajo de la media OCDE. Concordando en que la tecnología es una variable que puede mover la aguja y otorgar soluciones significativas, no solamente en el área de la Defensa, lamentablemente la realidad de los datos indica que se está lejos de lograr.

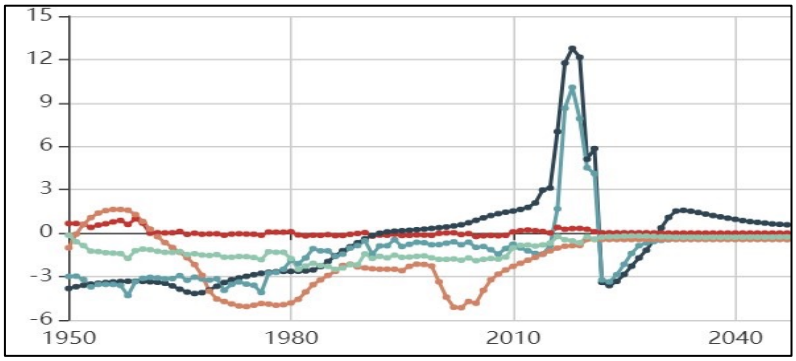


Gráfico 12 – Tasa de migración (Perfil demográfico). Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CEPAL 2022.

Por otra parte, organismos internacionales han profundizado en estudios que sindican a la inmigración como fórmula de ajuste a la tendencia del envejecimiento de la población.

Si bien las muestras de los estudios varían de acuerdo a múltiples factores y de extensa discusión, la data sustantiva que aporta CEPAL refleja que esta disponibilidad tiene a asimilarse a la población local. En otras palabras, en un período de 5 años la inmigración de grupo etario joven no será sustantiva como tasa de reemplazo. Lo más significante es que, para el caso de la Defensa, el requisito de ingreso es la nacionalidad. Por lo tanto, constituye una disponibilidad de recurso que no cuenta con posibilidad de acceso mientras no sea connacional.

Finalmente, resulta provocador para la investigación el recoger información que permita identificar las características que presentan las nuevas generaciones (PRC, 2019). De esta manera, para los reclutadores de talentos el conocimiento sobre inquietudes, habilidades, así como valores generacionales, resulta un combustible para la selección. La Defensa Nacional no está ajena a esta realidad. La formación de futuros cuadros en las FF. AA. deben estar en sintonía con los escenarios de riesgos y amenazas diseñados. Tal como un diamante que debe ser trabajado por un profesional para convertirse en brillante, el recurso humano debe lograr una capacidad observable, medible y evaluable para certificar sus competencias.

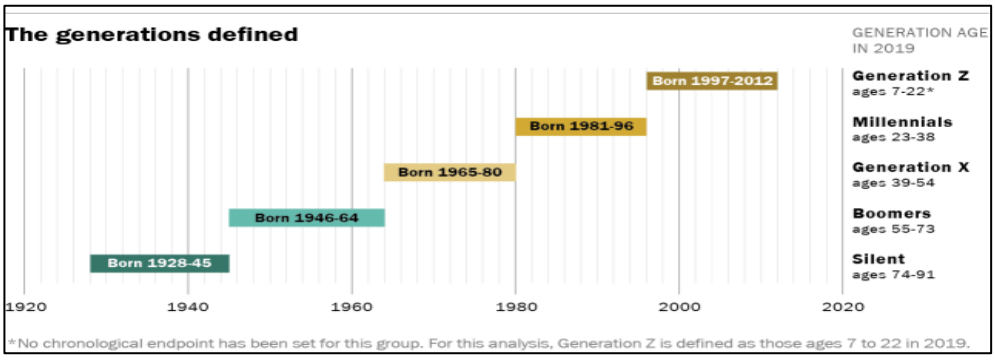


Gráfico 13 – Perfil generacional . Fuente: En base a datos de Pew Reseach Center, 2019.

La distribución generacional que hace PRC permite establecer un marco referencial de ciertas características etarias que identifican a sus generaciones. Así, las generaciones mayores presentan aptitudes de significativo compromiso laboral en la misma empresa (carrera funcionaria), y la tecnología la han ido incorporando paulatinamente en sus procesos. Mientras que en las más jóvenes se observa un cambio conductual tanto en la manera de trabajar, relacionarse y el rol conferido a la tecnología. Esta última, operada sustantivamente en la Generación Z y Millennials.

5. Conclusiones

Los registros indican que las FF. AA. están siendo requeridos para asumir nuevos cometidos, además de la concepción original de defender la soberanía. Entre los más observables están aquellos vinculados con operaciones distintas a la guerra (MOOTW). Así, procedimientos de apoyo a las policías, colaboración en emergencias y catástrofes

constituyen sus principales actividades. Un ámbito que ha impulsado la reorientación del recurso humano y material, crear nuevas doctrinas y rediseñar sistemas de armas con orientación polivalente.

Se consigna el impacto que está presentando en la sociedad la variable natalidad. A la reducción de las tasas de natalidad y su consiguiente disponibilidad de fuerza laboral, situada a partir de los 15 años, irrumpe el factor longevidad.

En la actualidad las FF. AA., satisfacen las necesidades de personal. Sin embargo, los datos de disponibilidad de la fuerza laboral para el servicio permiten concluir que se reducirá a partir del 2030. Dicha reducción impactará en la dinámica de selección de ingreso, formación y capacitación de futuros profesionales de las armas.

La variable tecnológica e inmigración no presentan datos plausibles que puedan revertir o corregir la disponibilidad del recurso humano. Los guarismos de los países estudiados muestran una tendencia inferior a la media de la OCDE.

El envejecimiento de la fuerza de trabajo trae consigo una permanente capacitación para evitar la obsolescencia laboral. Sin embargo, para las FF. AA. es materia de suma relevancia. Se requieren planes y programas que, junto con actualizar o modernizar los sistemas de armas obsoletos, sopesen los costos de reentrenar a generaciones mayores para evitar la curva del desacople.

El factor salud en la fuerza laboral se ve condicionado por el rango etario. En lo general, en grupos etarios mayores se presenta una elevada propensión a la pérdida de habilidades.

Finalmente, el estudio sobre las características generacionales irrumpe como un vector relevante a la hora de incorporar nueva fuerza laboral. El conocimiento de sus habilidades, competencias y valores representan elementos básicos para las FF. AA. Conocer la disposición al espíritu de lucha, trabajo en equipo, resiliencia al esfuerzo físico y psicológico, incluso dispuesto a dar la vida por sus connacionales, no será una tarea simple para los educadores de las FF. AA. de futuro. Resulta imprescindible responder ¿qué FF. AA. se deberían concebir para el 2030/40/50?

De esta manera la hipótesis planteada resulta positiva. La baja natalidad y el envejecimiento de la población constituirán factores estresores para sociedad y, en lo particular, para las FF. AA. Se hace imperiosa la necesidad de establecer planes y programas que incentiven la tasa de nacimientos, así como acceso a salud, educación y otros estímulos sectoriales que podrían mover la aguja hacia una recuperación en la disponibilidad laboral en el grupo etario de 20 años.

Referencias

ALDA, Sonia y SAMPÓ, Carolina. (Compiladoras, 2019). La transformación de las Fuerzas Armadas en América Latina ante el Crimen Organizado. Real Instituto El Cano y CEEEP. Recuperado el 29 de febrero de 2024, de https://media.realinstitutoelcano.org/wp-content/uploads/2020/12/transformacion-fuerzas-armadas-america-latina-crimen-organizado.pdf

BM. (2024). Personal de las Fuerzas Armadas. En: https://datos.bancomundial.org/indicator/MS.MIL.TOTL.TF.ZS

BM. Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB) - Brazil, Chile, Colombia, Uruguay, OECD members. Último acceso el 08 de marzo 2024. En https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?end=2021&locations=BR-CL-CO-UY-OE&start=2000

CARBALLO, Fabio de Souza. (2020). Agenda ambiental: o Exército Brasileiro na Amazônia. Recuperado el 4 de marzo 2024, de https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/7651/1/MO%200936%20-%20CARBALLO.pdf

CEEAG. (2022). Nuevas Formas de Empleo de la Fuerza Militar. Centro de Estudios Estratégicos CEEAG. (113–144). Recuperado el 10 de febrero de 2024, de https://publicacionesacague.cl/index.php/tica/issue/view/28/11

CEPAL. (2018). Envejecimiento, personas mayores y Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible: Perspectiva regional y de derechos humanos. Recuperado el 10 de febrero de 2024, de https://www.cepal.org/es/publicaciones/44369-envejecimiento-personas-mayores-agenda-2030-desarrollo-sostenible-perspectiva.

CEPAL. (2020). Perfil demográfico de Países. En: https://www.cepal.org/es/subtemas/proyecciones-demograficas/america-latina-caribe-estimaciones-proyecciones-poblacion/perfil-demografico-paises

CEPAL. (2022). Documentos de proyectos. Sobre las contribuciones de la migración al desarrollo sostenible. Estudios en países seleccionados. Recuperado el 1 de marzo 2024, de https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/327ad422-16d9-4fa8-9c90-63398ffd18ee/content

CONPES. Consejo Nacional de Política Económica y Social de Colombia, (2020). Política de desarrollo espacial: condiciones habilitantes para el impulso de la competitividad nacional. Recuperado el 4 de marzo de 2024, de https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3983.pdf

FGV Editora (2023). Armed Forces in Public Security in Brazil: The military point of view / Celso Castro... [et al.], editors; translation by Igor Acácio, Verônica Azzi.

Infobae. Los 10 trabajos más estresantes. 09 Feb, 2017 En: https://www.infobae.com/tendencias/2017/02/09/los-10-trabajos-mas-estresantes/

Ministerio de Defensa Nacional Uruguay. (2022). Recuperado el 4 de marzo 2024, de https://medios.presidencia.gub.uy/legal/2022/proyectos/12/mdn_729.pdf

Ministerio de Defensa Nacional Uruguay (2020). Política de Defensa Nacional-directivas período 2020-2025. Recuperado el 4 de marzo 2024, de https://www.gub.uy/ministerio-defensa-nacional/comunicacion/noticias/politica-defensa-nacional-directivas-periodo-2020-2025

MDN. Política de Defensa Nacional de Chile 2020. Recuperado el 01 de marzo de 2024, de https://www.defensa.cl/wp-content/uploads/2023/06/POLÍTICA-DE-DEFENSA-NACIONAL-DE-CHILE-2020.pdf

OMS. (2024). Constitución de la Organización Mundial de la Salud. Basic Documents, Forty-fifthedition, Supplement, October 2006. Recuperado el 5 de marzo 2024, de https://www.who.int/publications/m/item/constitution-of-the-world-health-organization

ONU. (2022). Recuperado el 10 de enero de 2024, de https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf

ONU. (2023). UN Population Division Data Portal. En: https://population.un.org/dataportal/home?df=8554a25d-30fe-4491-bc75-6627ff88fb04

ONU. DPKO. (2024). Sitio oficial Naciones Unidas de Operaciones de Mantenimiento de la Paz. https://www.unmissions.org/#block-views-missions-political-missions

ONU. Noticias. Haití: Sólo un proceso político logrará dar estabilidad a largo plazo. Último acceso 7 de marzo 2024. https://news.un.org/es/story/2024/01/1527322

OPS. (2017). Organización Panamericana de Salud. Iniciativa Regional de Datos Básicos en Salud. Recuperado el 5 de marzo 2024, de https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_tabs&view=article&id=2151&lang=es#gsc.tab=0

POPULATION PYRAMID. (2024). Population Pyramids of the World from 1950 to 2100. En: https://www.populationpyramid.net/es/chile/2023/

PRC. Pew Research Center (2019). Defining generations: Where Millennials end and Generation Z begins. 17 january 2019. En: https://www.pewresearch.org/short-reads/2019/01/17/where-millennials-end-and-generation-z-begins/

RESOLUCIÓN Nº. 3 (2021). Presidência da República Brasil. Recuperado el 4 de marzo 2024, de https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-3-de-9-de-abril-de-2021-314033004

SFA. (2023). Allied Command Transformation Strategic Foresight Analysis 2023. NATO – OTAN. Recuperado el 20 de enero 2024, de https://www.act.nato.int/wp-content/uploads/2024/01/SFA2023_Final.pdf

SORIANO-SÁNCHEZ, José-Gabriel. (2023). Beneficios de la intervención ante el trastorno de estrés postraumático en soldados. Una revisión sistemática. Rev. estud. psicol. (2023). Vol. 3 Núm.1 pág. 34-48. Recuperado el 12 de marzo 2024, de https://estudiospsicologicos.com/index.php/rep/article/view/92/168

TORO, Jaime G. y YEPES, Manuel S. (2018). El cerebro del siglo XXI. Editorial El Manual Moderno (Colombia) S. A. S. En: http://biblioteca.usfa.edu.bo/cgi-bin/koha/opac-retrieve-file.pl?id=fe1e718c51818d71571b0365bebd24ee

UN.ORG. (2017). Misión de Estabilización de las Naciones Unidas en Haití. Minustah. Último acceso el 7 de marzo de 2024. En: https://peacekeeping.un.org/es/mission/minustah

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 24/03/2024
Aceitação/Acceptance: 10/06/2024

Motivación Mediante Recompensas versus la Iniciativa como Factores Estimulantes del Liderazgo

Alonso Iraola-Arroyo[1(*)], Ivan Iraola-Real[2]

air_2025@outlook.com

[1*] Universidad Tecnológica del Perú, Lima 15046, Ate, Perú.

[2] Universidad de Ciencias y Humanidades, Los Olivos, Lima 15314, Lima, Perú.

Pages: 295-304

Resumen: A nivel educativo, se ha reflexionado sobre los aspectos que contribuyen a la formación de líderes. Intentando identificar si son las condiciones educativas como el estilo motivacional que aplican los docentes o si es la iniciativa personal la que tiene mayor influencia en el futuro líder. Ante estos cuestionamientos, en esta investigación se propone analizar la influencia del estilo motivacional basado en recompensas y la iniciativa en los niveles de liderazgo en estudiantes preuniversitarios de Lima – Perú. La muestra fue de 355 estudiantes preuniversitarios que eran candidatos a diversas carreras profesionales. De los encuestados, 213 eran mujeres (59.7%) y 144 varones (40.3%) entre 16 a 44 años (M_{edad} = *18.75, DE = .49*). Los resultados mostraron que, el estilo motivacional por recompensas, la iniciativa y el liderazgo se relacionan entre sí. Finalmente, solo la iniciativa predice al liderazgo; pero, el estilo motivacional por recompensas no debido a que no favorece a la iniciativa.

Palabras-clave: Estilo motivacional docente, recompensas, liderazgo, iniciativa, competencia profesional.

Reward-Based Motivational Style vs. Initiative as Leadership Stimulants

Abstract: At the educational level, we have reflected on the aspects that contribute to the formation of leaders. Trying to identify if it is the educational conditions such as the motivational style applied by teachers or if it is personal initiative that has the greatest influence on the future leader. In view of these questions, this research aims to analyze the influence of reward-based motivational style and initiative on leadership levels in pre-university students in Lima, Peru. The sample consisted of 355 pre-university students who were candidates for various professional careers. Of the respondents, 213 were women (59.7%) and 144 men (40.3%) between 16 and 44 years old (M_{age} = *18.75, SD = .49*). The results showed that motivational reward style, initiative and leadership are related to each other. Finally, only initiative predicts leadership. Nevertheless, the motivational style for rewards does not because it does not favor initiative.

Keywords: Motivational Teaching Style, Rewards, Leadership, Initiative, Professional Competence.

1. Introducción

El liderazgo es una competencia de gran relevancia social. Así, el estudio del liderazgo ha tomado interés multidisciplinario; razón por la cual, existen aportes teóricos desde la psicología, la filosofía, las ciencias sociales y principalmente desde la administración empresarial; sin embargo, usualmente, se considera como una especialización en áreas en las que se ejerce la administración o los negocios (Gutterman, 2023). Tradicionalmente, el liderazgo ha sido considerado como la acción de dirigir a un equipo u organización para lograr el posicionamiento empresarial (Tripathi & Agrawal, 2014). Así, el liderazgo se ha concebido como la capacidad de dirigir, pero también se le asocia a la auto dirección con una perspectiva de futuro (Steyn & Van Staden, 2018). En ambos casos, el liderazgo y la gestión resultan ser actividades indivisibles; por lo que todo líder realiza labores de planificación, organización y control (Gutterman, 2023). Acciones en las que debe analizar el contexto para alcanzar óptimos resultados (Sanders, 2023). Desde luego que, en las concepciones clásicas, el estudio del liderazgo se asoció al concepto del "Great Man" ("Gran Hombre") de Tolstoi que refiere que, por presunción y desconocimiento, los grandes hombres se sentían así, pensando erradamente que, los acontecimientos históricos se impulsan gracias a ellos y a su supuesta omnipresencia (Tolstoy, 1996).

Desde luego que, esta visión del líder como grandes hombres de poder y protagonismo ha sido criticada (Mouton, 2019). Esto se sustenta en que, el liderazgo al ser una actividad asociada a la organización de equipos (Tripathi & Agrawal, 2014); y a la gestión (Gutterman, 2023); el liderazgo se ha transformado, logrando el cambio de una visión individual por una colaborativa (Ryan & Goldingay, 2022). Así, en contextos como la pandemia, el liderazgo ejercido en equipo fue eficiente para descentralizar las actividades (Edge, 2022). Siendo una forma eficiente el E-liderazgo en el que se incorporaron las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) (Mohd et al., 2021). Así, el líder se puede concentrar en tareas de mayor demanda como desarrollar su iniciativa. O garantizar el crecimiento empresarial desarrollando las competencias de sus trabajadores (Anderson et al., 2021). Acciones que pueden haber sido aprendidas por influencia de los docentes durante su educación, o también por iniciativa personal. Ambas se analizan a continuación para comprender mejor aquello que podría influir más en la formación de un líder.

2. Marco conceptual

2.1. La educación, los estilos motivacionales docentes y la formación de líder

Desde luego que, la sociedad moldea a los líderes de la misma forma que moldea a todos (Gutterman, 2023). Pero, algunas veces, el contexto social no recibe la suficiente valoración en el estudio de liderazgo; el contexto social es esencial para el desarrollo del liderazgo porque influye en el logro de los resultados (Sanders, 2023). Pero si se piensa en el contexto educativo en el cual el líder se educa, es en el que aprende a decidir

y a dirigir. Por ello, es importante pensar en los agentes educativos encargados de la formación de líderes. Por ejemplo, las universidades que han asumido la idea académica de educar líderes con una visión de equidad y para el servicio social (Allen et al., 2021). Lo que se ejecuta en coherencia al modelo de la Educación Basada en Competencias (EBC), mediante el cual, se aspira a lograr profesionales que brinden soluciones prácticas a los problemas económicos y sociales (Beneitone et al., 2007). Así, los planes curriculares de las universidades desarrollan habilidades cognitivas y procedimentales que forman profesionales competentes en un contexto empresarial dinámico (Lombana et al., 2014). Proceso en el cual, los estilos de motivación que los docentes o los coach emplean cuando interactúan con los estudiantes obtienen relevancia (Reeve, 2009), porque pueden favorecer o limitar la formación de los líderes.

Entre estos estilos motivacionales se habla del apoyo a la autonomía en el cual, el docente o el coach promueven la iniciativa de los aprendices, quienes poseen su propia capacidad de motivarse para auto realizarse (Vansteenkiste & Soenens, 2015). Además, se encuentra el estilo motivacional controlador en el cual, los docentes se imponen, son dominantes y piensan que los estudiantes deben compartir sus puntos de vista ignorando las opiniones de los estudiantes, descuidándolos y frustrándolos (Haerens et al., 2015). En el estilo motivación controlador algunos docentes pueden usar recompensas o contingencias para motivar a los estudiantes (Ryan & Deci, 2000); además, al aplicar la coerción, logra que participen de las clases por el deseo de evitar algún castigo o ganar alguna recompensa material (Assor et al., 2005). Sin embargo, este tipo de prácticas tienden a reducir la motivación y el bienestar (Ryan & Deci, 2000); por lo que podrían frustrar o afectar el estilo de liderazgo. Debido a que, el motivar a los estudiantes mediante recompensas reducen la motivación intrínseca, la autonomía, la iniciativa (Gagné & Deci, 2000); además de, generar ansiedad y malestar psicológico (Vansteenkiste et al., 2010).

2.2. La iniciativa y el liderazgo

Luego del análisis de los estilos motivacionales docentes, parece quedar claro que el estilo motivacional de apoyo a la autonomía es el más beneficioso. Porque, si los estudiantes perciben que sus docentes apoyan su autonomía; es decir, si perciben que aceptan sus puntos de vista y les dejan tomar iniciativa, esto los motiva y les genera bienestar (Haerens et a., 2018). Lo cual se considera importante para el liderazgo. Quizás, la iniciativa se asocia a otros conceptos. Por ejemplo, el *"kairós"*, que refiere a la capacidad de reconocimiento, de elección, de capitalizar oportunidades, de perseverar en el impulso de actuar (Sanders, 2023), y de investigar para estar actualizados (Lombana, et al., 2014). Asimismo, la iniciativa permite el emprendimiento porque se asocia a la motivación intrínseca favoreciendo el inicio deliberado y voluntario de acciones que permitirán alcanzar objetivos organizacionales (Frese & Fay, 2001). Así, de esta forma, la iniciativa resulta ser un factor predictor de óptimas condiciones para ejercer el liderazgo (Iraola-Real et al., 2022).

Como se observa, la iniciativa presenta cualidades favorables para el liderazgo. Siendo una condición beneficiosa para el tipo de liderazgo colaborativo que se debe ejercer en el contexto post pandémico (Edge, 2022). En el cual, es prioritario impulsar transformaciones políticas, alcanzar la equidad social y lograr la reconstrucción

económica (Blandford & Thome, 2020), mediante emprendimientos que garanticen el desarrollo empresarial (Frese & Fay, 2001). Y ante este contexto, las universidades deben hacer las adaptaciones en la gestión y el quehacer docente (Blandford & Thome, 2020). Como adecuar las estrategias de enseñanza y promover los estilos motivacionales que apoyen la autonomía para así favorecer el desarrollo de la iniciativa de los estudiantes (Haerens et a., 2018); a la vez, favorecer el desarrollo del liderazgo (Iraola-Real et al., 2022). Sin embargo, surge la interrogante de ¿cómo lidiar con estilos de enseñanza mecánicos y expositivos o estilos motivacionales tradicionales basados en refuerzos y sanciones que muchas veces los docentes practican y reducen la iniciativa de los estudiantes? De acuerdo a esta interrogante, en el presente estudio se pretende: analizar la influencia del estilo motivacional basado en recompensas y la iniciativa en los niveles de liderazgo en estudiantes preuniversitarios de Lima – Perú.

3. Metodología

La metodología se desarrolla mediante la aplicación de tres escalas estandarizadas para analizar la relación entre el estilo motivacional basado en recompensas, la iniciativa y el liderazgo. Por estos motivos, el estudio corresponde al enfoque cuantitativo (Maxwell, 2019). Además, asume un nivel correlacional predictivo (Bingham & Fry, 2010). Así la metodología permite identificar cuál de las variables predice al liderazgo.

3.1. Muestra

Debido a la accesibilidad a los estudiantes se aplicó el muestreo por conveniencia (Stratton, 2021). Así, se encuestó a 355 estudiantes preuniversitarios que se preparaban para afrontar exámenes de admisión para diversas profesiones: 69 (19.7%) a carreras económicos y financieras, 7 (2.0%) ciencias puras y 275 (78.3.7%) ingenierías. Hubo 6 encuestados que no indicaron su elección profesional. Del total, 213 eran mujeres (59.7%) y 144 varones (40.3%). Las edades oscilaban entre 16 a 44 años (M_{edad} = *18.75, DE = .49*).

3.2. Instrumentos

Escala de Estilo Motivacional Basado en Recompensas (extracto de la versión de Bartholomew et al., 2010). Es una dimensión de la escala denominada "*Controlling Coach Behaviors Scale*". En este estudio se aplica la última dimensión de cuatro ítems de estilo controlador basado en recompensas. La escala posee siete opciones de respuesta en escala de Likert (1 "Totalmente en desacuerdo" – 7 "totalmente de acuerdo"). Al realizar el análisis de validez factorial para el presente estudio, el ajuste de muestra de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) fue de .73 y el Test de Esfericidad de Bartlett fue significativo (χ^2 *= 550,293, gl = 6, p <.001*). Evidenciando óptimos niveles de validez (Field, 2018). Y el coeficiente de confiabilidad del Alfa de Cronbach fue de .83. Confirmando que posee óptimos niveles de confiabilidad (Saito et al., 2021) (ver Tabla 1).

Escala para evaluar la Competencia de la Iniciativa (Iraola-Real et al., 2022). En un estudio previo, formó parte de una escala de competencias gerencias de 12 ítems. En esta oportunidad se aplicó la dimensión de la iniciativa de dicha escala. Esta dimensión posee tres ítems con siete alternativas en escala de Likert (1 "Totalmente en desacuerdo"

– 7 "totalmente de acuerdo"). Por ejemplo, el séptimo ítem plantea lo siguiente: "*Soy de aquellos que no espera órdenes para actuar*". En el presente estudio, se analiza como escala independiente; así, la validez, en el KMO fue de .65 y el Test de Esfericidad de Bartlett fue significativo ($\chi^2 = 133{,}866$, $gl = 3$, $p < .001$). Confirmando su validez (Field, 2018). Y la confiabilidad con un Alfa de Cronbach de .64. Considerado un nivel fiable para el estudio (Aiken, 2002) (ver Tabla 1).

Escala de Aptitudes para el Liderazgo (Iraola-Real et al., 2022). Esta escala evalúa la autopercepción para ser líder. Posee tres ítems en los que el encuestado puede decidir entre siete opciones en escala de Likert (1 "Totalmente en desacuerdo" – 7 "totalmente de acuerdo"). Por ejemplo, el segundo ítem plantea: "*Se me hace fácil ser el que organiza un equipo de trabajo*". En estudios previos con 152 estudiantes de administración de negocios internacionales logró óptimos niveles de validez factorial con un KMO de .69 (p<.001), y un Alfa de Cronbach de .77. En el presente estudio logró un KMO de .68 y el Test de Esfericidad de Bartlett fue significativo ($\chi^2 = 269{,}025$, $gl = 3$, $p < .001$). Evidenciando óptimos niveles de validez factorial (Field, 2018). Y el coeficiente de confiabilidad del Alfa de Cronbach fue de .76. Evidenciando ser fiable para el estudio (Saito et al., 2021) (ver Tabla 1).

Escala	**Prueba de Kaiser Meyer y Olkin (Validez)**	**Coeficiente Alfa de Cronbach**
Escala de Estilo Motivacional por Recompensas	.73 (p<.000) $x^2 = 550{,}293$ $(gl = 6)$	.83
Escala de Competencia de la Iniciativa	.65 (p<.000) $x^2 = 133{,}866$ $(gl = 3)$	.64
Escala de Liderazgo	.68 (p<.000) $x^2 = 269{,}025$ $(gl = 3)$	.76

Tabla 1 – Análisis de Validez y Confiabilidad de las Escalas

Durante el estudio, se aplicaron criterios éticos como la aplicación de un protocolo de consentimiento informado. En el que se aclaró que se mantendría la reserva de los datos proporcionados por los estudiantes (Wolff-Michael & von Unger, 2018).

4. Resultados

4.1. Análisis de Estadísticos Descriptivos

En el análisis de los estadísticos descriptivos en la Tabla 2 se observa que la media del estilo motivación por recompensas es de 4.05, lo que según la escala de Likert representa que los encuestas están "ni de acuerdo ni desacuerdo" en que los docentes empleen recompensas o ellos pretendan evitar sanciones. Luego, respecto a la iniciativa, la media fue de 5.35, indicando los estudiantes se encuentran en "relativo acuerdo" en sentirse en la capacidad de iniciar actividades de forma autónoma. Luego, el liderazgo logró una media de 5.28, indicando que los estudiantes están en "relativo acuerdo" en poder organizar y dirigir equipos.

Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	D. E.
Estilo Motivacional por Recompensas	354	1	7	4.05	1.233
Iniciativa	357	2	7	5.35	.971
Liderazgo	354	2	7	5,28	1.132
Nro. Válido (por lista)	354				

Tabla 2 – Análisis de Estadísticos Descriptivos (Medias)

4.2. Análisis de Relaciones entre Variables

Luego de los análisis de medias, se estudiaron las correlaciones con el *r* de Pearson; observándose que todas las variables se relacionan entre sí. Así, en la Tabla 3 se observa que el estilo motivacional por recompensas se relaciona de forma positiva y significativa con la iniciativa ($r=.25^{***}; p<.001$), y con el liderazgo ($r=.14^{**}; p<.01$). Luego, la iniciativa se relaciona de forma positiva y significativa con el liderazgo ($r=.57^{***}; p<.001$).

Variables		1	2
1	Estilo Motivacional por Recompensas		
2	Iniciativa	$.25^{***}$	
3	Liderazgo	$.14^{**}$	$.57^{***}$

Nota: Las correlaciones son significativas si *** <.001, ** <.01, * <.05.

Tabla 3 – Análisis de relación entre variables

4.3. Análisis Predictivos (Regresiones Lineales Múltiples)

Luego, se realizaron los análisis de regresiones lineales múltiples para identificar la influencia predictiva (Bingham & Fry, 2010). Así, en la Tabla 4 se aprecia que mediante el método introducir se ingresaron como variables predictoras al estilo motivacional por recompensas y a la competencia de iniciativa; y como variable dependiente al liderazgo. Así, se observó que la iniciativa predice positivamente al liderazgo ($\beta = .57$; $p < .001$). Sin embargo, el estilo motivacional por recompensas no ($\beta = .001, p > .05$). Las variables explican el 32% de la varianza ($R^2 = .32$). Anova$^{Variable\ Dependiente:\ Liderazgo}$ (*Suma de cuadrados = 452.196, gl =2, f = 83.437, p <.001*$^{Variables\ Predictoras:\ Estilo\ motivacional\ por\ recompensas,\ iniciativa}$).

5. Discusión

Durante la historia el liderazgo ha obtenido especial atención de diversas disciplinas (Gutterman, 2023). Por lo que es un concepto que se ha analizado desde ópticas tradicionales haciendo alusión a que los líderes eran personas “grandes” y sabias que podían definir el curso de la historia; visión que fue criticada (Tolstoy, 1996). Desde luego que, en la tradición social e intelectual, el líder siempre ha estado relacionado a las funciones de dirección de equipos y de empresas (Tripathi & Agrawal, 2014). Como también, de auto dirigirse responsablemente (Steyn & Van Staden, 2018). Y desde luego,

Coeficientes[a]						
Modelo (Variables Predictoras)		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		β	Desv. Error	*β*		
1	(Constante)	1,755	.294		5.962	.000
	Estilo Motivacional por Recompensas	.001	.042	.001	.027	.978
	Iniciativa	.660	.053	.567	12.502	.000
a. Variable dependiente: Liderazgo						

Tabla 4 – Análisis de regresión lineal múltiple

ha habido interrogantes asociadas cuáles son los factores determinantes o influyentes en la formación de un líder; es decir, "si el líder nace o de hace". La primera parte de esta reflexión podría estar relacionada a que el líder por sí mismo, puede desarrollar su iniciativa (Anderson et al., 2021). O considerar que esta iniciativa, es una cualidad previa que promueve en los jóvenes la motivación propia para auto desarrollarse (Vansteenkiste & Soenens, 2015); y así, se convierte en una condición que predice al futuro líder (Iraola-Real et al., 2022). Pero, por otro lado, existen argumentos de la segunda opción que los líderes son moldeados por la sociedad, es decir, que la sociedad influye en ellos, en su formación (Gutterman, 2023). Porque, el contexto social es esencial para el desarrollo del liderazgo; además, influye en el logro de los resultados (Sanders, 2023); pero según ello, podría influir en su formación previa. Por ejemplo, la formación educativa en las universidades y su influencia en la formación de líderes con visión de equidad y servicio (Allen et al., 2021), apoyados en diseños curriculares que permitan desarrollar habilidades cognitivas y procedimentales en los futuros líderes (Lombana et al., 2014). Ante estos debates, se considera si los factores educativos o los personales favorecen a la formación del líder.

Ante este debate, en este estudio se analiza si los estilos motivaciones basados en recompensas (como elementos educativos) o la propia iniciativa influyen en los niveles de liderazgo. Ante esto, los primeros resultados evidenciaron que los estudiantes están indecisos si los docentes emplean recompensas, y están en relativo acuerdo en sentirse con iniciativa y capaces de liderar equipos. Estos resultados podrían ser debido a que los estudiantes preuniversitarios conocen dos formas de enseñanza. Por un lado, la metodología de enseñanza tradicional memorista basada en la exposición de contenidos (Manrique, 2018); en contraposición a la EBC en la que se evita la enseñanza tradicional y se promueve más su autonomía (Beneitone et al., 2007). Además, el ambiente del sistema preuniversitario, presenta prácticas educativas en las que el estudiante no refuerza su iniciativa y cuenta con menores oportunidades de liderar equipos a diferencia de la educación en las universidades o en la educación escolar básica.

Luego, se observó que el estilo motivacional por recompensas, la iniciativa y el liderazgo se relacionan entre sí. Sin embargo, solo la iniciativa predice al liderazgo. Esto podría indicar la relevancia que tiene la iniciativa al favorecer al emprendimiento para lograr objetivos, siendo lo que requiere un líder (Frese & Fay, 2001). Lo que sustenta la necesidad de promover el estilo motivador de apoyo a la autonomía mediante el cual,

el docente promueva la iniciativa de los estudiantes (Haerens et a., 2018), quienes en consecuencia se sienten motivados, desean autorrealizarse (Vansteenkiste & Soenens, 2015), y les genera condiciones para que desarrollen las capacidades para liderar (Iraola-Real et al., 2022). Pero, por el contrario, si el docente motiva aplicando recompensas reduce la autonomía y la iniciativa (Gagné & Deci, 2000); y sin la iniciativa, no se podría predecir condiciones para desarrollar el liderazgo (Iraola-Real et al., 2022). Si bien es cierto, algunos modelos educativos asumen que la aplicación de prácticas educativas conductistas basadas en recompensas y sanciones. En este estudio, a pesar de las indecisiones de los encuestados respecto al estilo motivacional docente y su relativo acuerdo en cuanto a su nivel de iniciativa y de liderazgo; permite comprender que la iniciativa es una condición importante para formar al futuro líder.

Referencias

Aiken, R. (2002). *Psychological testing and assessment* (11th Ed.). Allyn & Bacon.

Allen, A., Butler-Henderson, K., Reupert, A., Longmuir, F., & Finefter-Rosenbluh , I. (2021). Work like a girl: Redressing gender inequity in academia through systemic solutions. *Journal of University Teaching & Learning Practice, 18*(3), 1-15. https://doi.org/10.53761/1.18.3.3

Anderson, C., Bieck, Ch., & Marshall, A. (2021). How business is adapting to Covid-19: Executive insights reveal post-pandemic opportunities. *Strategy & Leadership, 49*(1), 38 – 47. https://doi.org/10.1108/SL-11-2020-0140

Assor, A., Kaplan, H., Kanat-Maymon, Y., & Roth, G. (2005). Directly controlling teacher behaviors as predictors of poor motivation and engagement in girls and boys: The role of anger and anxiety, *Learning and Instruction 15*, 397-413. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2005.07.008

Bartholomew, J., Ntoumanis, N., & Thøgersen-Ntoumani, C. (2010). The controlling interpersonal style in a coaching context: Development and initial validation of a psychometric scale. *Journal of Sport & Exercise Psychology,* 31, 193-216. https://doi.org/10.1123/jsep.32.2.193

Beneitone, P., Esquetini, E., González, J., Marty, M., Siufi, G., & Wagenaar, R. (2007). *Reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina: Informe Final – Proyecto Tuning – América Latina 2004 – 2007*. https://tuningacademy.org/wp-content/uploads/2014/02/TuningLAIII_Final-Report_SP.pdf

Bingham, N. & Fry, J. (2010). *Regression: Linear models in statistics*. Springer.

Blandford, R., & Thome, K. (2020). Post – Pandemic science and education. *American Journal of Physics, 88*(7), 518 – 520. https://authors.library.caltech.edu/104005/1/10.0001390.pdf

Edge, K. (2022). A tale of two leaders: Reflecting on senior co-leadership in higher education. In D. Netolicky (Ed.) Future alternatives for educational leadership. Diversity, inclusion, equity and democracy (1st ed., pp.135-140). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003131496-13

Field, A. (2018). *Discovering statistics using SPSS* (5ta Ed.). Sage Publications.

Frese, M. & Fay, D. (2001). Personal initiative: An active performance concept for work in the 21st century, *Research in Organizational Behavior*, 23,133–187. https://doi.org/10.1016/S0191-3085(01)23005-6

Gagné, M., & Deci, E. (2005). Self-Determination theory and work motivation, *Journal of Organizational Behavior*, 26, 331-362. https://doi.org/10.1002/job.322

Gutterman, A. (August 25, 2023). History and evolution of leadership studies. http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4552091

Haerens, L., Aelterman, N., Vansteenkiste, N., Soenens, B., & Van Petegem, S. (2015). "Do Perceived Autonomy-supportive and Controlling Teaching Relate to Physical Education Students' Motivational Experiences Through Unique Pathways? Distinguishing Between the Bright and Dark Side of Motivation." *Psychology of Sport and Exercise,* 16, 26–36. https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2014.08.013

Haerens, L., Vansteenkiste, M., De Meester, A., Delrue, J., Tallir, I., Van de Broek, G., Goris, W., & Aelterman, N. (2018). Different combinations of perceived autonomy support and control: identifying the most optimal motivating style, *Physical Education and Sport Pedagogy, 23*(1), 16-36. https://doi.org/10.1080/17408989.2017.1346070

Iraola-Real, I., Iraola-Arroyo, A., Iraola, D., & Nakamine, K. (2022). Perfil psicológico del líder: un estudio exploratorio con estudiantes de la carrera de Administración de Negocios Internacionales. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, E49, 237-248.

Lombana, J., Cabeza, L., Castrillón, J., & Zapata, Á. (2014). Formación en competencias gerenciales. Una mirada desde los fundamentos filosóficos de la administración. *Estudios Gerenciales, 30*(132), 301-313. https://doi.org/10.1016/j.estger.2014.01.017

Manrique, A. (2018). *Factores de la educación preuniversitaria vinculados a la formación integral de los estudiantes del nivel secundario de la educación básica regular*. [Tesis de licenciatura, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. Repositorio institucional UCSS. https://hdl.handle.net/20.500.14095/566

Maxwell, J. A. (2019). Distinguishing Between Quantitative and Qualitative Research: A Response to Morgan. *Journal of Mixed Methods Research, 13*(2), 132–137. https://doi.org/10.1177/1558689819828255

Mohd Tahir, L., Shi Ping, C., Atan, N. A., Ali, M. F., & Mohd Yusof, S. (2021). Evaluating the Practice of ICT-Based E-Leadership: The Experiences of Private-Based Secondary Teachers. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, *16*(23), 74–85. https://doi.org/10.3991/ijet.v16i23.27437

Mouton, N. (2019). A literary perspective on the limits of leadership: Tolstoy's critique of the great man theory. *Leadership*, *15*(1), 81-102. https://doi.org/10.1177/1742715017738823

Reeve, J. (2009). "Why Teachers Adopt a Controlling Motivating Style Toward Students and How They can Become More Autonomy Supportive." *Educational Psychologist* 44, 159–175. https://doi.org/10.1080/00461520903028990.

Ryan, R., & Deci, E. (2000). The darker and brighter sides of human existence: basic psychological needs as a unifying concept, *Psychological Inquiry, 11*(4), 319–338. https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_03

Ryan, J., & Goldingay, S. (2022). University leadership as engaged pedagogy: A call for governance reform. *Journal of University Teaching & Learning Practice, 19*(1), 122-139. https://doi.org/10.53761/1.19.1.08

Saito, D., Yajima, R., Washizaki, H., & Fukazawa, Y. (2021). Validation of Rubric Evaluation for Programming Education. *Education Sciences,* (11), 656. https://doi.org/10.3390/educsci11100656

Sanders, P. (2023). Leader-in-context and historical leadership research. *Leadership*, *19*(3), 255-274. https://doi.org/10.1177/17427150231166171

Steyn, Z. & Van Staden, L. (2018). Investigating selected self-management competencies of managers. *Acta Commercii-Independet Research Journal in the Management Sciences, 18*(1), 1–10. http://dx.doi.org/10.4102/ac.v18i1.530

Stratton, S. (2021). Population Research: Convenience Sampling Strategies. *Prehospital and Disaster Medicine, 36*(4), 373-374. https://doi.org/10.1017/S1049023X21000649

Tolstoy L (1996) *War and Peace*. Norton Critical Editions.

Tripathi, K., & Agrawal, M. (2014). Competency based management in organizational context: A literature review. *Global Journal of Finance and Management., 6*(4), 349–356.

Vansteenkiste, M., Niemiec, C., & Soenens, B. (2010). The development of the five mini-theories of self-determination theory: an historical overview, emerging trends, and future directions, Urdan, T.C. and Karabenick, S.A. (Ed.) *The Decade Ahead: Theoretical Perspectives on Motivation and Achievement* (*Advances in Motivation and Achievement, Vol. 16 Part A*), Emerald Group Publishing Limited, Leeds, pp. 105-165. https://doi.org/10.1108/S0749-7423(2010)000016A007.

Vansteenkiste, M., & B. Soenens. (2015). *Vitamines voor groei: Ontwikkeling voeden vanuit de Zelf-Determinatie Theorie*. Acco.

Wolff-Michael, R., & von Unger, H. (2018). Current Perspectives on Research Ethics in Qualitative Research. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research, 19*(3), 1-12. https://doi.org/10.17169/fqs-19.3.3155

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 26/03/2024
Aceitação/Acceptance: 12/06/2024

Disposición de Herramientas Tecnológicas y su Influencia en la Salud Mental de los Docentes de Educación Inicial del Perú

Ivan Iraola-Real[1], Carla Vasquez[1]

iiraola@uch.edu.pe; cvasquez@uch.edu.pe

[1] Universidad de Ciencias y Humanidades, Los Olivos, Lima 15314, Lima, Perú.

Pages: 305-316

Resumen: La labor de los docentes de educación básica es considerada como una de las más estresantes. Situación que, luego de la pandemia demandó la adaptación de las estrategias de enseñanza a la virtualidad, y con ello nuevas ocupaciones relacionadas al uso de herramientas digitales, generando saturación en los docentes y afectando su salud mental. Todo esto, también afectó a los docentes de educación inicial, quienes además de la virtualidad, afrontaron también problemas de salud mental como estrés, ansiedad y depresión. Por ello, en este estudio, el objetivo fue analizar la influencia entre la disposición de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la salud mental de los docentes de educación inicial del Perú. La muestra fue de 3940 docentes de educación inicial de Perú. Del total 3236 eran mujeres (97,9%) y 71 eran varones (2,1%). Hubo 633 casos perdidos que no indicaron su género. Todos oscilaban entre 21 a 65 años (*Media = 43,30; SD = 9,03*). Finalmente, en los resultados se observó que disponer de un celular se relaciona significativamente con haber experimentado depresión. Luego, disponer de datos de internet se relaciona significativamente con haber sufrido de estrés. Finalmente, el disponer de internet o Wifi se relaciona significativamente con haber sufrido de estrés y ansiedad.

Palabras-clave: Tecnología de la información, estrés, estrés laboral, ansiedad, depresión, educación preescolar, educación básica.

Availability of Technological Tools and their Influence on the Mental Health of Early Childhood Education Teachers in Peru

Abstract: The work of basic education teachers is considered one of the most stressful. A situation that, after the pandemic, demanded the adaptation of teaching strategies to virtuality, and with it new occupations related to the use of digital tools, generating saturation in teachers and affecting their mental health. All this also affected early childhood teachers, who in addition to virtuality, also faced mental health problems such as stress, anxiety and depression. Therefore, in this study, the objective was to analyze the influence of the availability of Information and Communication Technologies (ICT) on the mental health of early childhood teachers in Peru. The sample consisted of 3940 early childhood education teachers

in Peru. Of the total, 3236 were women (97.9%) and 71 were men (2.1%). 633 missed cases did not indicate their gender. All ranged from 21 to 65 years (Mean = 43.30; SD = 9.03). Finally, the results showed that having a cell phone is significantly related to having experienced depression. Then, having data from the internet is significantly related to having suffered from stress. Finally, having internet or Wi-Fi is significantly related to having suffered from stress and anxiety.

Keywords: Information technology, stress, occupational diseases, anxiety, depression, early childhood education, basic education, investigative skills.

1. Introducción

En la pandemia y en la post pandemia fue necesario que se desarrolle la educación virtual como una medida necesaria ante el aislamiento social (Lederman, 2020). En estas etapas, se analizaron varios aspectos de la gestión pedagógica, de los procesos de enseñanza y aprendizaje en la modalidad remota (Cuadra et al., 2023). Desde luego que, la educación virtual fue evaluada desde diversas ópticas. Por un lado, algunos estudiantes consideraban que era una modalidad beneficiosa para educarse (Lee et al., 2023); considerando que era una mejor opción que la educación presencial (Roselló et al., 2023). Pero, por otro lado, otros estudiantes percibieron dificultades en el dominio de las competencias digitales por parte de sus docentes (Allen et al., 2020). Quienes, tuvieron que hacer adaptaciones de sus métodos de enseñanza, de sus materiales didácticos y sus estrategias de evaluación a la modalidad virtual (Lepp et al., 2021). Así, la pandemia generó la necesidad de impulsar la educación virtual y el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) con más vigor. Pero, al mismo tiempo, a nivel mundial dejó al descubierto muchas brechas de accesibilidad y dominio del uso de las herramientas tecnológicas por parte de estudiantes y docentes (Alcántara, 2020). Problemática a la que se sumaron las dificultades de conectividad, para el dominio de determinados programas y recursos digitales que eran necesarios para la enseñanza virtual (Comisión Económica para América Latina y El Caribe [CEPAL], 2020). Esto generó en los docentes un incremento de actividades relacionadas a su labor pedagógica, entre las cuales se pueden mencionar, la adecuación de su trabajo a la virtualidad, lo cual representó duplicar sus funciones. Por ello, este proceso demandó que se capaciten en el uso de las TIC para adaptar sus estrategias de enseñanza a la virtualidad. Lo que al final generó como consecuencia que, a mayor uso de herramientas tecnológicas, experimenten mayores niveles de estrés, malestar fisiológico, emocional y cognitivo (Espíritu-Romero & Iraola-Real, 2023).

2. Marco conceptual

2.1. La labor de los docentes de educación básica

La labor del profesorado es una de las que recibe menor aprecio de la sociedad; y como prueba de ello, se observa la elevada carga laboral que le genera desgaste físico y psicológico (Castillo & Montero, 2010). Por estas razones, desde la década de los noventa del siglo pasado, se consideró a los docentes como los profesionales

con mayor nivel de estrés (Pithers & Fogarty, 1995); hecho que no cambió en la primera década del presente siglo (Extremera et al., 2010); y en la segunda década marcada por la pandemia y la necesidad de innovar sus metodologías basadas en la enseñanza virtual, generó que los docentes sigan experimentando niveles de estrés (Espíritu-Romero & Iraola-Real, 2023). Una de las razones de este estrés es que, siempre se asigna a los docentes la enseñanza de asignaturas que no se relacionan con su formación profesional o su especialidad; además de, realizar labores de gestión educativa, tutoriales (Árias & Gonzáles, 2009), para afrontar los problemas de indisciplina estudiantil (Marqués et al., 2005). Adicionalmente, para ellos, lidiar con su pobre percepción salarial (Castillo & Montero, 2010), asociada a su inexperiencia en diversas actividades, le generan malestar físico y mental (Marenco-Escuderos & Ávila-Toscano, 2016).

Ante esta problemática, también se debe considerar que, la virtualidad ha demandado nuevas competencias. Ante esto, surgió la ansiedad, la inseguridad y el temor a emplear recursos tecnológicos sin dañarlos (Bellini et al., 2016); incrementando la sensación de incomodidad y el rechazo al uso de las herramientas tecnológicas (Awofala et al., 2017). Este tipo de temor o ansiedad digital, implica la sensación de miedo por el trabajar con herramientas tecnológicas ya sea en la vida laboral, en los estudios y en la vida familiar (dos Santos & Santana, 2018). Problemática que involucra factores como la edad, el género, el estado civil (Estrada et al., 2022); así como, particularmente en los docentes, otro factor fue el desconocimiento del uso de las TIC para desarrollar su labor educativa (Osman, 2020). Lo que no fue la excepción en el Perú, donde durante la pandemia se capacitó a los docentes en el uso de las TIC. Capacitaciones que fueron vistas de forma positiva y muy útiles para su labor pedagógica por la mayoría de docentes (Ministerio de Educación del Perú [MINEDU], 2020). Así, el aprendizaje del uso de las TIC favoreció al desarrollo de las sesiones de aprendizaje, y el desarrollo cognitivo de los estudiantes (Montes et al., 2022).

2.2. Uso de herramientas tecnológicas y bienestar psicológico docente

Desde luego que, diversos estudios han indicado que los docentes de educación básica, son profesionales con elevados niveles de estrés (Extremera et al., 2010) y malestar psicológico (Marenco-Escuderos & Ávila-Toscano, 2016). Esto se ha visto antes de la pandemia. Incluso, el incorporar las TIC a su labor pedagógica, se asoció a experimentar niveles de estrés (Coppari et al., 2017). Así como, en la post pandemia el uso de las TIC se asocia a experimentar malestar físico y emocional (Espíritu-Romero & Iraola-Real, 2023). Hecho que el MINEDU (2020) confirmó con la Encuesta Nacional Docente (ENDO), en la que se observó que, en el primer año de la pandemia, el 60,4% de los docentes sufrieron de estrés, y el 32,6% de ansiedad; pero, de todos los encuestados, 99,2% poseía un celular, 80,5% una Tablet o laptop, 37,4% una computadora, 88,3% poseían un plan de datos de internet y el 62,5% poseían internet en su hogar. Luego, en 2021 el estrés afectó al 55,8% de los docentes peruanos, la ansiedad al 28,4% y la depresión al 19,1%; sin embargo, del total de encuestados, el 83,4% consideró que acceder a la tecnología y poseer internet ayudaría a mejorar su práctica pedagógica (MINEDU, 2021).

Desde luego que, en estas encuestas la intención no es relacionar el uso de las TIC con la ansiedad, el estrés o la depresión. Pero, en estudios realizados durante la pandemia, se confirmó en la revisión bibliográfica que, los docentes experimentaron niveles altos de estrés y ansiedad debido al uso de las TIC en el desarrollo de sus clases (Fernández-Batanero et al., 2021). También, en un estudio con 244 docentes italianos se observó que el interés hacia el uso de las TIC se relacionó negativamente con la ansiedad (es decir, a mayor interés, la ansiedad era menor); pero, se relacionó positivamente con el bienestar emocional, social y psicológico (Bianchi & Caso, 2022). Desde luego que, considerar estas relaciones entre el uso de las TIC y los problemas emocionales de los docentes es relevante, debido a que, el éxito de la integración de las TIC va a depender de diversos aspectos como las habilidades digitales, el uso de la información digital o la ansiedad digital (Guillén-Gámez et al., 2023). Así como, el buen desempeño docente en cuanto a sus sesiones de aprendizaje virtual, dependen de sus conocimientos y habilidades con las TIC (Montes et al., 2022). Pero, también es necesario considerar algunas consecuencias negativas si se analiza el uso de las TIC como un factor influyente del malestar emocional, físico y cognitivo de los docentes de educación básica (Espíritu-Romero & Iraola-Real, 2023).

2.3. Objetivo del estudio

Como se observó, algunos estudios empíricos demuestran que la labor docente es una de las más estresantes (Extremera et al., 2010). Situación que se complicó con la incorporación de las TIC a los procesos de enseñanza. Lo que se asoció a experimentar niveles de estrés (Coppari et al., 2017), generando malestar psicológico (Marenco-Escuderos & Ávila-Toscano, 2016). Además, en este contexto de la post pandemia, los docentes siguen desarrollando labores pedagógicas integrando las TIC; lo que incrementa sus problemas emocionales y físicos (Espíritu-Romero & Iraola-Real, 2023). Por estos motivos, es importante analizar cómo el uso de las TIC en su labor docente influye en su bienestar psicológico. De esta manera, el objetivo de este estudio es analizar la influencia entre la disposición de las TIC en la salud mental de los docentes de educación inicial del Perú.

3. Metodología

El estudio se desarrolló aplicando procedimientos del enfoque cuantitativo en la medida que se aplicó el método deductivo y el análisis de racionalidad estadística (Creswell & Creswell, 2018). Del mismo modo, corresponde al tipo análisis documental (Hernández-Ayala & Tobón-Tobón, 2016) de nivel de alcance descriptivo correlacional (Creswell, 2015).

3.1. Muestra

En la base de datos de la ENDO (MINEDU, 2021) se identificó La muestra de 3940 docentes de educación inicial de Perú. Del total 3236 eran mujeres (97,9%) y 71 eran varones (2,1%). Hubo 633 casos perdidos que no reportaron el género.

Todos oscilaban entre 21 a 65 años de edad (*Media = 43,30; SD = 9,03*) (ver Figura 1).

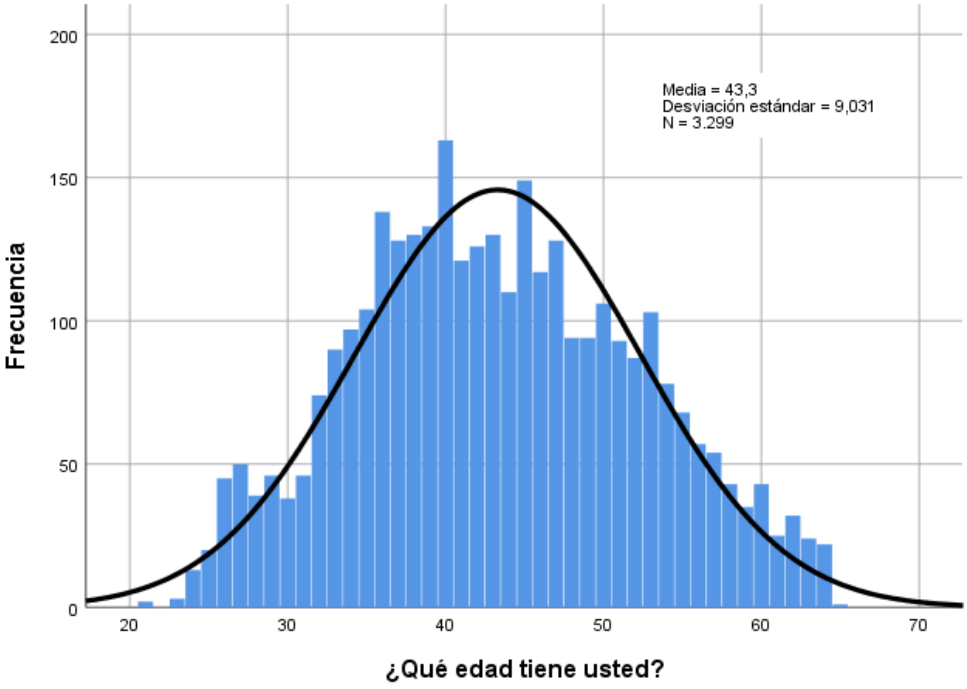


Figura 1 – Frecuencia según la edad.

3.2. Instrumentos

Encuesta Nacional Docente (ENDO) (MINEDU, 2021)**.** Es una encuesta que se orientó a evaluar diversos aspectos de la vida laboral, personal, la formación continua y el acceso a recursos tecnológicos de los docentes peruanos de escuelas públicas. Es una encuesta que inicialmente posee preguntas demográficas y luego siete secciones. La primera sección es sobre la ***trayectoria y valorización docente*** que posee 6 preguntas. La segunda sección es sobre ***capacitación y formación en servicio*** con 2 preguntas. Luego la tercera sección denominada ***preguntas para el/la docente*** con 1 pregunta. La cuarta sección es sobre ***bienestar docente*** con 12 preguntas. La quinta sección es acerca de la ***práctica docente*** con 2 preguntas. La penúltima sección es sobre el ***reconocimiento docente*** con 2 preguntas. Finalmente, la séptima sección acerca del ***resultado de la entrevista*** que reporta la fecha, la hora de inicio y fin de la encuesta, el resultado, etc. Las preguntas se caracterizan por ser de tipo selección múltiple y algunas de respuesta múltiple. Por ejemplo, en la sección 3, la pregunta 1 plantea "*En su hogar ¿Usted dispone de algunos de los siguientes bienes (operativos) y/o servicios?*" y las opciones de respuesta son: *a.*

¿Celular?, b. ¿Computadora?, c. ¿Laptop/Tablet?, d. ¿TV?, e. ¿Radio?, f. ¿Plan de datos (celular)?, g. ¿Teléfono fijo?, h. ¿Internet en el hogar?, i. Ninguno.

3.2. Procedimientos de investigación

Se procedió a descargar la encuesta ENDO remota, su ficha técnica y la base de datos (MINEDU, 2021). Luego, se leyeron los resultados a nivel nacional y por regiones. Se exploraron los datos obtenidos por cada pregunta, así también se exploró la base de datos. Para identificar lo acontecido con los docentes de educación inicial en el Perú, se aplicó el filtro del software Statistical Package Social Science (SPSS) (International Business Machines [IBM], 2023). Así, se contó con la muestra de docentes de educación inicial del Perú. Luego, se analizaron las frecuencias de la edad, el género, del área en la que ejercen la docencia (rural y urbana), ámbito geográfico y escala salarial. Finalmente, se correlacionó el uso de los dispositivos tecnológicos con el estrés, ansiedad y depresión.

4. Resultados

Respecto a algunos datos demográficos de la muestra encuestada de docentes de educación inicial en el Perú, se obtuvo lo siguiente:

4.1. Análisis demográficos

La Tabla 1 muestra que la mayoría de docentes (2126) ejerce la docencia en un área urbana (54%), y 1814 docentes lo hacen en un área rural (46%).

Área		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Rural	1814	46,0	46,0	46,0
	Urbano	2126	54,0	54,0	100,0
	Total	3940	100,0	100,0	

Tabla 1 – Área en la que ejerce la docencia

Luego, la Tabla 2 muestra que la mayor parte de docentes labora en la selva; siendo 903 (22,9%). Sin embargo, hay que considerar que esta región no se subdivide como en el caso de la costa o sierra. La sierra norte es la que tiene menor cantidad de encuestados, siendo 269 (6,8%). Desde luego, es importante destacar que Lima Metropolitana (la ciudad capital del Perú) obtuvo 447 (11,3%) encuestados.

En la Tabla 3 se observa que la mayor parte de encuestados se ubican en la primera escala salarial, siendo 467 (35,4%) docentes quienes perciben el salario más bajo (aproximadamente S/2,850). A diferencia de un solo docente (0,1%) quien se encuentra en la séptima escala salarial (recibiendo aproximadamente S/5,985).

Área geográfica		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Costa Central	374	9,5	9,5	9,5
	Costa Norte	543	13,8	13,8	23,3
	Cost Sur	278	7,1	7,1	30,3
	Lima Metropolitana	447	11,3	11,3	41,7
	Selva	903	22,9	22,9	64,6
	Sierra Centro	578	14,7	14,7	79,3
	Sierra Norte	269	6,8	6,8	86,1
	Sierra Sur	548	13,9	13,9	100,0
	Total	3940	100,0	100,0	

Tabla 2 – Ámbito geográfico en el que ejerce la docencia

Escalas salariales del nivel I al VII		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	I	467	11,9	35,4	35,4
	II	412	10,5	31,2	66,6
	III	264	6,7	20,0	86,6
	IV	120	3,0	9,1	95,7
	V	41	1,0	3,1	98,8
	VI	15	,4	1,1	99,9
	VII	1	,0	,1	100,0
	Total	1320	33,5	100,0	
Perdidos	Sistema	2620	66,5		
Total		3940	100,0		

Tabla 3 – Escalas salariales

4.2. Análisis de relaciones

En la Tabla 4 se observan las relaciones entre el uso de algunos dispositivos tecnológicos y la salud mental de los docentes. En este análisis se puede resaltar que disponer de un celular se relaciona significativamente con haber experimentado depresión. Luego, disponer de datos de internet se relaciona significativamente con haber sufrido de estrés. Finalmente, el disponer de internet o Wifi se relaciona significativamente con haber sufrido de estrés y ansiedad. Si bien los coeficientes de correlación son bajos, sus valores de significatividad evidenciaron las relaciones ($p<,05$).

Aspectos a relacionar		1	2	3	4	5	6	7
1	Dispone de celulares							
2	Dispone de computadora	,05**						
3	Dispone de Laptop Tablet	-,03	-,37***					
4	Dispone datos de internet	,03	,04*	,05**				
5	Dispone de Internet - Wifi	,07***	,26***	,05	-,09***			
6	Sufrió de estrés	,02	,01	,02	,04*	,06**		
7	Sufrió de ansiedad	,01	,01	,02	,01	,06***	,41***	
8	Sufrió de depresión	,04*	,01	-,01	,02	,01	,28***	,44***

Tabla 4 – Análisis de relaciones

5. Discusión

La educación virtual se aplicó durante la pandemia y en la post pandemia para dar continuidad de los procesos de enseñanza (Lederman, 2020). Sin embargo, se observaron limitaciones en el desarrollo de competencias digitales de parte de los docentes (Allen et al., 2020); debido al desconocimiento del uso de las TIC en la educación (Osman, 2020). Problemática ante la cual, en la educación básica se capacitó al profesorado en el uso de herramientas tecnológicas en la enseñanza (MINEDU, 2020). Así, mejorar dominio del uso de las TIC, las cuales favorecieron al desempeño docente y al desarrollo cognitivo estudiantil (Montes et al., 2022). Sin embargo, a pesar de las capacitaciones, los docentes experimentaron elevados niveles de estrés usando las TIC (Espíritu-Romero & Iraola-Real, 2023). Por ello, el presente estudio se desarrolló de acuerdo al objetivo de analizar la influencia entre la disposición de las TIC en la salud mental de los docentes de educación inicial del Perú. Particularmente, en los docentes de educación inicial; quienes siempre coordinan las clases virtuales y las tareas con las madres; incrementando el tiempo en su labor educativa (Iraola-Real & Palomino-Paredes, 2023).

Al analizar esta muestra, los resultados demostraron que el disponer de un celular se relacionó con haber experimentado depresión. Si bien, puede deberse a diversos motivos, esto podría confirmar que, el uso de las TIC se asocia a problemas emocionales de los docentes (Espíritu-Romero & Iraola-Real, 2023). Como el malestar psicológico; dependiendo de esto sus habilidades digitales (Guillén-Gámez et al., 2023); su desempeño y el aprendizaje estudiantil (Montes et al., 2022). Claro que, queda la consideración si los docentes solo emplearon sus celulares para su labor pedagógica o también para su vida personal, y el estar en contacto con las noticias de la pandemia o al usar sus celulares se enteraron de la pérdida de un familiar influyó en sentirse deprimidos. Luego, en otro resultado se observó que, disponer de datos de internet se relacionó con haber sufrido de estrés. Desde luego que, esto tiene que ver con el uso frecuente de las TIC, como factor que incrementa el estrés (Fernández-Batanero et al.,

2021). Esto sucede porque el internet es parte de la vida cotidiana; además, la educación virtual se basó en el uso del internet, al cual no todos los docentes tuvieron acceso (Alcántara, 2020). Por lo que demandó que, muchos realicen pagos a sus compañías de teléfono para comprar datos y continuar su labor. Para comprender mejor esto, se debe considerar que el 88,3% de los docentes peruanos poseían un plan de datos de internet y el 55,8% de los docentes sufrió de estrés, así como el 19,1% de depresión (MINEDU, 2021). Entonces, es necesario ampliar el análisis para determinar si su voluntad de ejercer su labor y los gastos en datos de internet influyó en su estrés.

Respecto al resultado final se observó que, el disponer de internet en casa se relacionó con haber sufrido de estrés y ansiedad. Desde luego que si se parte que la educación virtual se realizó usando el internet (Alcántara, 2020); se confirman los estudios que explican que, el uso de las TIC en la educación se relaciona con sufrir de estrés (Espíritu-Romero & Iraola-Real, 2023); y ansiedad (Fernández-Batanero et al., 2021). También, confirma los estudios realizados con docentes italianos en quienes se observó que la ansiedad está relacionado al interés por el uso de las TIC (Bianchi & Caso, 2022). Confirmando también los estudios de Guillén-Gámez et al. (2023), quienes relacionaron el uso de TIC con la ansiedad. Desde luego que, si se considera que en la ENDO se observó que el 62,5% de docentes peruanos poseían internet en su hogar; así como, un 55,8% que padeció de estrés y un 28,4% de ansiedad (MINEDU, 2021); estos resultados ofrecen una posible relación, la cual debe someterse a un análisis más exhaustivo para comprender mejor la problemática del uso de las TIC y la salud mental de los docentes de educación inicial del Perú.

Referencias

Alcántara, A. (2020). Educación superior y Covid-19: Una perspectiva comparada. En H. Casanova (Comp.). *Educación y pandemia. Una visión académica*. (pp. 75-82). Universidad de Nacional Autónoma de México: Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación.

Allen, J., Rowan, L., & Singh, P. (2020). Teaching and teacher education in the time of COVID-19, *Asia-Pacific Journal of Teacher Education, 48*(3), 233-236. https://doi.org/10.1080/1359866X.2020.1752051

Árias, F., & Gonzáles, M. (2009). Estrés, agotamiento profesional (burnout) y salud en profesores de acuerdo a su tipo de contrato. *Ciencia y Trabajo*, 33, 172–176

Awofala, A., Akinoso, O., & Fatade, O. (2017). Attitudes towards computer and computer self-efficacy as predictors of pre-service mathematics teachers' computer anxiety. *Acta Didactica Napocensia, 10*(2), 91-108. https://doi.org/10.24193/ADN.10.3.9

Bellini, C., Filho, M., de Moura, P., & Pereira, R. (2016). Self-efficacy and anxiety of digital natives in face of compulsory computer-mediated tasks: A study about digital capabilities and limitations. *Computers in Human Behavior*, 59, 49-57. http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2016.01.015

Bianchi, M., & Caso, D. (2022). Distance learning during Covid-19 pandemic: Italian teachers' well-being and the role of age on ICT adoption. *Statistica Applicata – Italian Journal of Applied Statistics, 33*(2), 177 – 198. https://doi.org/10.26398/IJAS.0033-010

Castillo, A., & Montero, C. (2010). La naturaleza del trabajo docente de los profesores de la escuela primaria pública. en. D. Andrade y Feldfeber, M. (Eds.), *Nuevas regulaciones educativas en América Latina: Políticas y procesos del trabajo docente*, (pp. 143-163). Lima, Fondo Editorial de la Universidad de Ciencias y Humanidades.

Comisión Económica para América Latina y El Caribe. (2020). *La educación en tiempos de la pandemia de COVID-19*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374075

Coppari, N., Bagnoli, L., Codas, G., Montanía, M., Martínez, U., & López, H. (2017). Uso de Tecnologías de la Comunicación e Información y Tecnoestrés en Estudiantes Paraguayos: su relación con la edad. *Cuadernos de Neuropsicología/Panamerican Journal of Neuropsychology*, *11*(3), 166-181. https://doi.org/10.7714/CNPS/11.3.210

Creswell, J. (2015). *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating and Quantitative and Qualitative Research* (5a ed.). Pearson.

Creswell, J., & Creswell, J. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (5ta ed.). SAGE Publications.

Cuadra, G., Chirinos, K., Del Rosario, H., Morales, J., & Iraola-Real, I. (2023). Performance Evaluation of Psychology Teachers of a Private University in Lima – Peru: An Experience in Emergency Remote Teaching. In: Botto-Tobar, M., Zambrano Vizuete, M., Montes León, S., Torres-Carrión, P., Durakovic, B. (eds) Applied Technologies. ICAT 2022. Communications in Computer and Information Science, vol 1757. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24978-5_15

dos Santos, T., & Santana, V. (2018). Computer Anxiety and Interaction: A Systematic Review. W4A '18: Proceedings of the 15th International Web for All Conference. 18, 1-10. https://doi.org/10.1145/3192714.3192825

Espíritu-Romero, Y., & Iraola-Real, I. (2023). El uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación y el Tecnoestrés: Un estudio correlacional en docentes de educación primaria. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, E56, 383-396.

Estrada, E., Gallegos, N., Paredes, Y., Quispe, R., Zuloaga, M., & Mamani, H. (2022). Tecnoestrés en docentes peruanos de educación básica durante la pandemia de Covid-19, *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, *41*(4), 279–285. http://doi.org/10.5281/zenodo.6945125

Extremera, N. Rey, L., & Pena, M. (2010). La docencia perjudica seriamente la salud: análisis de los síntomas asociados al estrés docente. *Boletín de Psicología*, 100, 43-54. https://www.uv.es/seoane/boletin/previos/N100-3.pdf

Fernández-Batanero, J., Román-Graván, P., Reyes-Rebollo, M., & Montenegro-Rueda, M. (2021). Impact of Educational Technology on Teacher Stress and Anxiety: A Literature Review. *International Journal Environmental Research Public Health, 18*(548), 1-13. https://doi.org/10.3390/ijerph18020548

Guillén-Gámez, F., Ruiz-Palmero, J., & García, M. (2023). Digital competence of teachers in the use of ICT for research work: development of an instrument from a PLS-SEM approach. *Education and Information Technologies, 28*, 16509–16529. https://doi.org/10.1007/s10639-023-11895-2

Hernández-Ayala, H., & Tobón-Tobón, S. (2016). Análisis documental del proceso de inclusión en la educación. *Revista Ra Ximhai, 12*(6), 399-420. https://www.redalyc.org/pdf/461/46148194028.pdf

International Business Machines. (2023). *IBM SPSS statistics*. https://www.ibm.com/es-es/products/spss-statistics

Iraola-Real, I., & Palomino-Paredes, J. (2023). ¿Educar con recursos tecnológicos? Se puede intentar: un estudio de caso de madres y una docente de educación inicial en Puno - Perú. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, E57, 548-559.

Lederman, D. (2020). Preparing for a Fall without In-person Classes. https://www.insidehighered.com/digital-learning/article/2020/04/01/preparingquietly-fall-semester-without-person-instruction

Lee, Y. J., Davis, R. O., & Wan, L. (2023). International Students' Satisfaction with Online Learning during the COVID-19 at a South Korean University. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, *22*(3), 19–32. https://doi.org/10.26803/ijlter.22.3.2

Lepp, L., Aaviku, T., Leijen, L., Pedaste, M., & Saks, K. (2021). Teaching during COVID-19: The Decisions Made in Teaching. *Education Science, 11*(47). https://doi.org/10.3390/educsci11020047

Marenco-Escuderos, A., & Ávila-Toscano, J. (2016). Burnout and mental health issues in teachers: differences related to demographic and social-labor aspects. *Psychologia. Avances de la Disciplina, 10*(1), 91-100. https://www.redalyc.org/pdf/2972/297245905009.pdf

Marqués, A., Lima, M., & Da Silva, A. (2005). Fuentes de estrés, burnout y estrategias de coping en profesores portugueses. *Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones*, *21*(1-2), 125-143.

Ministerio de Educación del Perú. (2020). *Encuesta Nacional a Docentes de Instituciones Educativas Públicas de Educación Básica Regular: ENDO Remota 2020*. http://www.minedu.gob.pe/politicas/docencia/pdf/ppt-endo-2020.pdf

Ministerio de Educación del Perú. (2021). *Encuesta Nacional a Docentes de Instituciones Educativas Públicas de Educación Básica Regular: ENDO Remota 2021*. http://www.minedu.gob.pe/politicas/docencia/pdf/endo/2021/endo2021-0-nacional.pdf

Montes, E. A., Badillo Acuña, P., Torres Pinedo, J., & Iraola-Real, I. (2023). Teacher Digital Literacy and Its Influence on Learning Sessions at the Initial Level in Schools in the Context of Covid-19. In: Botto-Tobar, M., Zambrano Vizuete, M., Montes León, S., Torres-Carrión, P., Durakovic, B. (eds) Applied Technologies. ICAT 2022. Communications in Computer and Information Science, vol. 1757. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24978-5_22

Osman, M. (2020). Global impact of COVID-19 on education systems: the emergency remote teaching at Sultan Qaboos University. *Journal of Education for Teaching, 46*(4), 463-471. https://doi.org/10.1080/02607476.2020.1802583

Pithers, T., & Fogarty, J. (1995). Occupational stress among vocational teachers. *British Journal of Educational Psychology*, 65, 3-14.

Roselló, L. A., Ferández Rodicio, C. I., & Reyes Suarez, D. C. (2023). Differences in university students' perceptions of teaching support according to methodology, level of studies and age. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, *26*(2), 193–205. https://doi.org/10.6018/reifop.555341

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 21/03/2024
Aceitação/Acceptance: 18/06/2024

Implementação de FMECA em Veículos Militares Autónomos Submarinos

Suzana Lampreia[1], Victor Lobo[1], Hugo Policarpo[1], Valter Vairinhos[1]

suzanalampreia@gmail.com; vlobo@novaims.unl.pt; diniz.policarpo@escolanaval.pt; valter.vairinhos@sapo.pt

[1] CINAV – Portuguese naval Academy, Base naval de Lisboa, Alfeite, 2810-001, Almada, Portugal

Pages: 317-326

Resumo: Este artigo apresenta uma investigação sobre *Failure Modes, Effects and Criticality Analysis* (FMECA) em sistemas complexos, neste caso, veículos submarinos militares autónomos (Unmanned Underwater Vehícles – UUV). Serão apresentados os desafios na adaptação da FMECA a veículos autónomos em ambientes submarinos considerando a importância de identificar, avaliar e mitigar as falhas nos seus equipamentos e prever e planear intervenções de forma dinâmica. Será verificada a aplicabilidade da integração da FMECA na análise de risco de operação do UUV. Com a exploração e processamento de dados considerados, será demonstrado e analisados um caso de estudo para verificar como é que a FMECA pode melhorar a fiabilidade, a segurança a operacionalidade dos UUV. Esta investigação demonstra a importância da monitorização do estado destes equipamentos para garantir o sucesso das missões dos UUV.

Palavras-chave: FMECA; Veículos; Autónomos; Submarinos; Militar.

Implementation of FMECA in Underwater Autonomous Military Vehicles

Abstract: This article presents an investigation into Failure Modes, Effects and Criticality Analysis (FMECA) in autonomous military underwater vehicles (Unmanned Underwater Vehicles – UUV). The challenges in adapting FMECA to underwater environments will be presented, considering the importance of identifying, evaluating and mitigating failures in critical equipment. Methodologies that are applicable in complex systems will be explored and processed, in this case equipment for an autonomous underwater vehicle. The applicability of FMECA integration in UUV life cycle analysis will be verified. With the demonstration and analysis of practical examples, it will be demonstrated how FMECA can improve the reliability, safety and operability of UUVs. This investigation demonstrates the importance of monitoring the condition of this equipment to ensure the success of UUV missions.

Keywords: FMECA; Vehicles; Autonomous; Submarines; Military.

1. Introdução

Por veículo autónomo entende-se por um sistema que integra um conjunto de tecnologia, de sensores, sistemas de controlo e atuadores que lhe permitem executar manobras e ações de forma autónoma.

Os veículos autónomos têm nas últimas décadas sido desenvolvidos na área da investigação científica, da academia, do comércio e na área militar (Othman, 2022). Com estes veículos é possível obter informações e imagens, que outrora eram dificultadas pela geografia dos territórios (Zeng et al., 2021), sem pôr em risco a vida humana ou necessitar de perícias que não sejam a manobra dos veículos.

A nível da aplicabilidade, os veículos submarinos são, atualmente, utilizados para estudos de batimétrica, estudos submarinos, vigilância de portos, inspeção de infraestruturas offshore e arqueologia subaquática, e desminagem marítima (Bibuli et al, 2022).

O Veículo em estudo é um veículo autónomo sem intervenção humana durante a operação, UUV.

Face a sua aplicabilidade, a emergência do desenvolvimento tecnológico e criação de autonomia na conceção deste tipo de veículos, de forma a criar reforços também naquilo que diz respeito à segurança cibernética de modo a que a sua operação não sofra intervenções maliciosas de terceiros, efetuou-se esta investigação de modo a definir os modos de falha de um veículo submarino, mas ao mesmo tempo entender que tipos de sensores pretendo incluir para prevenir as possíveis falhas em teatro de operações.

Várias metodologias podem ser aplicadas quando existe um conceito de monitorização online ou Internet of Things (IoT), por exemplo Kinjo et al (2022) aplicaram as redes Bayesianas no sentido de detetar a probabilidade de falha num sistema com IoT.

Desta forma para mitigar as falhas foi escolhido utilizar a FMECA de forma a definir os critérios a considerar para que no futuro se saiba em que estado se encontra o veículo, qual o nível da sua criticidade para execução de determinado tipo de missões. Com o conhecimento do estado do UUV pretende-se que seja possível definir de modo dinâmico as intervenções de manutenção para que as missões sejam cumpridas com um nível de performance elevado.

2. Veículos Submarinos Autónomos

Os Veículos Subaquáticos Autônomos (AUVs, ou UUV em inglês) representam um avanço significativo na exploração marítima, pesquisa e aplicações industriais. Estes veículos com sistemas de propulsão e não tripulados navegam em ambientes subaquáticos sem intervenção humana direta. Isso faz deles um meio aplicável em vários tipos de ambiente, mesmo ambientes hostis. (Madureira, 2018)

Uma das principais vantagens dos UUVs reside na sua autonomia. Equipados com sensores sofisticados, sistemas de navegação e computadores de bordo, os UUVs podem operar de forma independente por longos períodos, recolhendo dados e executando tarefas onde a presença humana não é possível ou é ou perigosa. Esta autonomia não só aumenta a eficiência, mas também reduz os custos operacionais e os riscos para os mergulhadores humanos. (Zhang, 2023)

Os recentes avanços na inteligência artificial e na aprendizagem automática (machine learning) melhoraram ainda mais as capacidades dos UUVs, permitindo-lhes realizar tarefas cada vez mais complexas com níveis mais elevados de autonomia e eficiência, como sejam a análise dos dados da sua própria condição, ou estado do material. (Singh, 2020)

Na conceção dos veículos autónomos vários tipos de propulsão podem ser considerados, de preferência todos com base em energia elétrica, sejam eles de propulsão a hélice, biomiméticos (inspirados na mobilidade de animais marinhos) ou até por controlo de tanques de lastro. Desta forma uma das suas limitações é a energia necessária à sua movimentação que será limitada provavelmente à capacidade de armazenagem de energia por parte de baterias e a forma como o veículo otimiza o seu movimento em função das missões em que é empenhado (Conde, 2023).

Na presente investigação pretende-se que através da definição de alguns subsistemas a integrar na plataforma UUV sejam considerados desde a sua conceção estratégias de intervenção de manutenção, porqui estas devem ser planeadas aquando do projeto e construção (Eckestein, 2020).

Nos veículos autonomos é possível controlar o nível de falhas toleráveis, no desenvolvimnento de ações por estes veículos é necessário implenentar uma série de dependências funcionais até que estes sejam capazes de ser empenhados em missões outrora desempenhadas por sistemas operados pelo ser humano (Crestani et al., 2015).

Um sistema de avaliação da condição de sistemas autonomos deve ser implementado à medida que a necessidade de autonomia dos sistemas aumenta (Glover et al, 2010).

3. FMECA

O Método de Análise e Avaliação de Modo de Falha, Efeito e Criticidade (FMECA) é uma abordagem sistemática para identificar e avaliar os modos de falha potenciais em sistemas, componentes ou processos, analisando seus efeitos e determinando a criticidade de cada falha. A FMECA é amplamente utilizado em diversas indústrias, incluindo manufatura, automotiva, aeroespacial, saúde e energia, para garantir a confiabilidade, segurança e desempenho dos produtos e processos.

As etapas da FMECA são: a identificação dos modos de falha, a análise dos efeitos e a avaliação da criticidade. Após a identificação das falhas possíveis de ocorrer, o efeito dessas falhas no desempenho por exemplo de um equipamento e avaliada a criticidade em que se considera a severidade da ocorrência, a probabilidade de ocorrer e a capacidade que os técnicos têm de detetar essa falha. (Stamatis, 2003) (Daya & Lazakis, 2022).

A combinação destes três fatores é dada por ICF=S*O*D, s sua quantificação individual é alvo de valorização fixa de 1 a 10 normalmente recomendada por alguns autores. No presente artigo não são seguidos estes valores, por razão de escala, e porque vai ser entrado com um outro fator que é uma valorização para o controlo de condição dos equipamentos ou sistemas. (Stamatis, 2003)

O ICF é classificado numa escala que mede a criticidade do sistema e que vai apoiar na definição das prioridades de manutenção. (Stamatis, 2003) (Vaurio & Veseley, 2006)

Com base na análise de criticidade é depois possível, de acordo com as características do equipamento definir um conjunto de ações corretivas, em que se esta técnica for aplicada logo na fase de projeto pode apoiar a correção de possíveis futuras anomalias nos sistemas. (Blanchard & Fabrycky, 2011)

A FMECA é útil na gestão de risco em equipamentos, promovendo a melhoria contínua da performance dos sistemas e a sua fiabilidade durante as operações em que são utilizados. É um sistema que pode auxiliar a evitar falhas catastróficas reduzindo custos de manutenção inopinada, aumentando a operacionalidade dos meios. (Smith & Smith, 2005)

O uso da FMECA pode permitir que os gestores de manutenção tenham um profundo conhecimento acerca de um equipamento, nomeadamente no que diz respeito às suas fragilidades e nível de risco associado à sua operação (Daya & Lazakis, 2022).

Várias metodologias podem ser utilizadas para aumentar a qualidade de um equipamento ou sistema. A metodologia 8D inclui o FMEA, e foi utilizada por Divanoglu & Tas (2022) como forma de minimização das falhas de qualidade e para aumentar a eficiência na produção na indústria automóvel.

Aliado ao FMECA sistemas inteligentes de análise de risco podem ser utilizados em veículos autónomos, por exemplo pode ser integrado no próprio veículo um sistema de processamento de dados lidos por sensores em que seja o próprio veículo a efetuar a análise de risco em vez de operadores humanos em terra (Chen, 2023). No presente artigo será explorado o processamento de dados pelo veículo e a sua transmissão para sistemas em terra de apoio à decisão.

Alguns estudos fomentam o estudo quantitativo do risco associado a equipamentos, tendo em consideração dados históricos e considerando esta análise dinâmica (Chet et al, 2023), ou seja, entre outros, os parâmetros a considerar podem variar de acordo com a operação em que os equipamentos são emprenhados.

Alguns autores como é exemplo Cullum et al. (2018) definem passos na definição de um sistema de manutenção planeada são eles: a avaliação de risco, planeamento da manutenção e quantificação da disponibilidade e custo para a realização da manutenção.

4. Metodologia FMECA em UUV

No presente artigo considerou-se a sequência de ações presente na Figura 1 para a implementação de um sistema de monitorização baseado na FMECA.

Se após a aplicação da FMECA-CC os resultados forem aceitáveis, o sistema de monitorização do equipamento continua a recolher dados, e os analistas podem eventualmente introduzir melhorias na parte da identificação.

Ao do modo de falhas e do seu efeito (FMEA). Se os resultados não forem aceitáveis estuda-se a hipótese eventual de proceder a uma intervenção de manutenção, se a opção for não continua a monitorização através do FMECA-CC, senão passa-se a efetuar uma intervenção de manutenção.

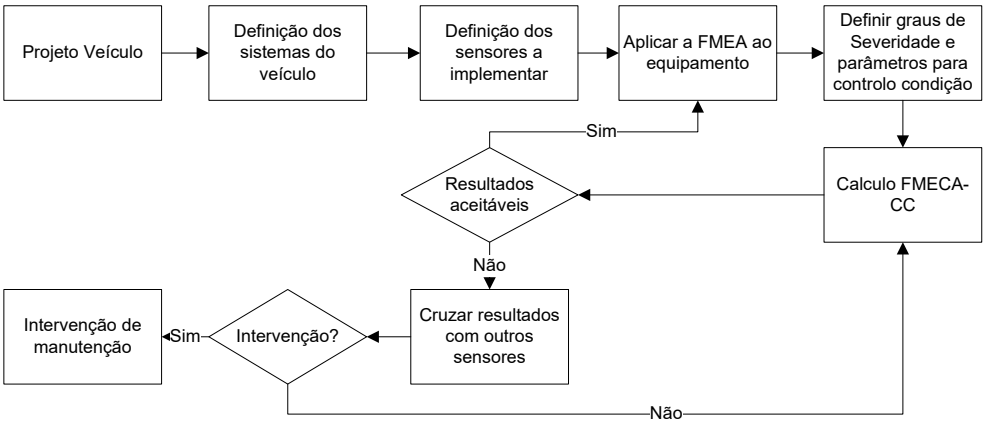


Figure 1 – FMECA-CC methodology

5. Case Study – FMECA aplicado a veículos autónomos submarinos.

No presente caso foi efetuada uma adaptação do FMECA original (FMECA_CC) da seguinte forma: foram consideradas 4 severidades (a severidade na segurança - Ss, a severidade no ambiente - Sa, a severidade no equipamento – Se, e a severidade operacional - So) em que se efetuou a média das quatro de forma a obter uma severidade média Sm; depois foi considerada a probabilidade de ocorrência e a deteção já consideradas normalmente na FMECA; para este caso especifico foi considerado ainda o controlo de condição com 3 tipos de controlo para o caso do UUV (o controlo de vibração medido através de acelerómetros nas chumaceiras e na estrutura, foi anda utilizado a medição de temperatura no motor elétrico propulsor e no interior do UUV, foi ainda utilizado um sensor para contabilizar a corrente consumida de propulsor. Todos estes fatores combinam-se conforme é apresentado nas equações nº 1 e nº 2.

$$Sm=Ss+Sa+Se+So \quad (1)$$

De referir que a forma logarítmica foi incluída de forma a considerar, mas ao mesmo tempo amortizar o resultado da consideração dos valores do controlo de condição.

$$RPNm=Sm*O*D*\ln (CCV+CCT+CCP)=FMECA\_CC \quad (2)$$

Os critérios considerados para o cálculo de RPN, ou neste caso FMECA_CC relativamente à severidade foram os seguintes:

Atribuição Valor	Severidade Segurança (Ss)	Severidade Ambiente (Sa)	Severidade Equipamento (Se)	Severidade Operacional (So)
0,1	Sem impacte	Sem impacte	Sem impacte	Sem impacte
1	Impacte leve	Impacte leve	Impacte leve	Impacte leve
2	Impacte gravidade média	Impacte gravidade média	Equipamento a funcionar sem sistemas segurança	Impacte grave
3	Impacte grave	Impacte grave	Equipamento a funcionar em modo degradado geral	UUV Limop
4	UUV Inoperacional	Impacte no interior no UUV	Equipamento inoperacional com redundância	UUV Limop com risco falha iminente
5	Impacte na segurança do UUV	Impacte interno e externo agravado	UUV inoperacional sem redundância	UUV Inoperacional

Tabela 1 – Critérios das Severidades

Na tabela 2 apresentam-se os critérios considerados para o controlo de condição relativamente à vibração, medição de temperatura e medição da corrente. De referir que o nome aplicado à medição de correntes, é CCP (controlo de condição de parâmetros), em que o parâmetro (P) nomeou-se desta forma porque pode integrar outros tipos de parâmetros através da média, mas para o presente estudo foi a corrente a considerada, pois através desta e da sua continuidade e valor é possível determinar com que qualidade e performance o motor propulsor do UUV está a operar. Os valores de vibração e das correntes serão enquadrados aquando da conceção do UUV.

Atribuição Valor	Controlo de Condição - Vibração (CCV)	Controlo de Condição -Temperatura (CCT)	Controlo de Condição - P (Correntes) (CCP)
1	Nível baixo	Nível baixo (não há diferença)	Nível baixo
2	Nível médio baixo	Nível médio baixo (diferença 1º - 4ºC do normal)	Nível médio baixo
3	Nível médio	Nível médio (diferença 4º - 15ºC do normal)	Nível médio
4	Nível médio alto	Nível médio alto (diferença 15ºC e mantém)	Nível médio alto
5	Nível alto	Nível alto (diferença >15ºC do normal)	Nível alto

Tabela 2 – Critérios do Controlo Condição

Mediante o resultado da FMECA_CC foram definidos os critérios para intervenção de manutenção na tabela 3.

Valorização	FMECA_CC - Significância	Atuação/Intervenção
1	Não significativo	Sem intervenção
2	Pouco significativo	Monitorizar continuamente
3	Pouco significativo	Monitorizar continuamente
4	Pouco significativo	Monitorizar continuamente
7	Aceitável	Planear manutenção - definir medidas preventivas
9	Significativo	Planear manutenção - definir medidas corretivas
12	Significativo	UUV LIMOP - Medidas corretivas
16	Inaceitável	UUV INOP - Medidas corretivas imediatas

Tabela 3 – Critérios para intervenção

NR	Sub-sistemas	Aspeto	Impacto	Deteção	FMECA_CC
1	Motor Propulsor	Consumo excessivo de energia	Decréscimo de autonomia	Sensor corrente elétrica	20
2	Veio propulsor	Aquecimento no veio	Gripagem do veio	Acelerómetro medição vibrações	36
3	Veio propulsor	Entrada de água pelo veio	Danificação sistemas no interior	Medidor de humidade no interior	12
4	Hélice	Vibrações	Cavitação/desgaste material	Acelerómetro medição vibrações	11
5	Corrente elétrica no motor	Corrente baixa/ alta/inexistente	Velocidade baixa, dificuldade de manobra.	Verificação baterias	5
6	Bateria Propulsão	Não recebe carga adequada	Desaperto terminais	Verificação aperto terminais	22
7	Bateria Propulsão	Não recebe carga adequada	Falha no sistema de carregamento	Medição e verificação estado geral sistema de carregamento	36
8	Estrutura do veículo	Aparente desagregação material	Corrosão, danos profundos na estrutura/ infiltração água	Inspeção visual, ou ultrassons	44
9	Sistema de recolha de amostras de água	Falha na abertura de válvula	Incapacidade recolher amostras	Sensor de nível não deteta entrada fluido	16
10	MODEM processamento dados	Falha de comunicação na recolha de dados e movimentação UUV	Falha intermitente na manobra	Observação das manobras do UUV e da recolha de dados	8
11	Sistema de transmissões	Falhas na transmissão ou sem transmissão	Falhas intermitentes nas comunicações	Testar transmissões, comunicações e ligações	11

NR	Sub-sistemas	Aspeto	Impacto	Deteção	FMECA_ CC
12	Bateria das transmissões/ comunicações	Incapacidade de transmissão	Veículo desgovernado e/ ou sistemas de terra sem recolha de dados	Observação das manobras do UUV e da recolha de dados	16
13	Câmara de recolha de imagens	Não transmite imagens	Sistema de monitorização não recebe imagens para tratamento	Sistemas de receção em terra não recebem imagens	5
14	Câmara de recolha de imagens	Não regista/não recolhe imagens	Não existem imagens para tratamento.	Após recolha imagens com veículo em terra, verifica-se que não existem registo de imagens.	8

Tabela 4 – Cálculo FMECA_CC

Foi efetuado o cálculo da FMECA_CC de forma a verificar o risco associado a uma avaliação da condição do UUV, aliando a metodologia FMECA e três parâmetros de controlo da condição.

De referir que os resultados são definidos com base naquilo que pretendemos definir para o UUV, aquando da sua conceção e apetrechamento é que serão ajustados em que critérios se enquadram as especificações dos meios (ex.: motor elétrico, veio, hélice, sistema de baterias, sensores de temperatura, acelerómetros, etc)

Dado os níveis definidos de significância para efetuar intervenção no sistema, obteve-se resultados entre 5 a 44 de significância, tabela 4.

A condição 3 do sistema encontra-se com um nível significativo, provoca limitação no UUV e necessita de intervenção corretiva.

A condição 4 e 11 estão em modo significativo, necessitam que se definam medidas preventivas de correção.

A condição 10 e 14 estão no estado aceitável, mas necessitam como medida preventiva de definir manutenção planeada preventiva.

Verificaram-se que 7 condições de sistemas (condições: 1, 2, 6, 7, 8, 9 e 12), de acordo com o definido na tabela 3 se encontram no estado inaceitável, pelo que necessitam de medidas imediatas de intervenção. Dendo que as condições 3, 7 e 8 são inaceitáveis extremas. Quais as medidas de intervenção vão fazer parte da base de dados que um software de apoio à monitorização integrará como sistema de apoio à decisão dos gestores nos atos de manutenção do meio.

Para o cálculo do FMECA_CC, foram utilizados os critérios de experiência dos autores, pretende-se agora testar e validar o método disponibilizando esta avaliação aos setores operacionais e a especialistas nestes veículos e dos sistemas nele incluídos.

6. Conclusões

Foi efetuado um breve estudo sobre performance e formas de controlo de condição de UUV.

Foi desenvolvida uma metodologia de monitorização baseada na FMECA, que foi modificada para FMECA_CC, onde a base original desta metodologia lhe foi acrescida três formas de controlo de condição, por vibração, medição de temperatura e medição de correntes. Ao considerar o controlo de condição foram criados critérios de valorização de forma a poder ser incluído na metodologia FMECA.

Esta forma de monitorização do equipamento permite fornecer aos operadores do sistema o estado do equipamento, de forma a aumentar a disponibilidade operacional deste, e minimizar a probabilidade de perda do próprio mar, uma vez que as suas caraterísticas operacionais aumentam a risco de perda no mar. com este método será possível otimizar a intervenções, melhorando a sustentabilidade do meio, minimizando o impacto ambiental por desperdício de material ou perca do meio no mar.

Como trabalho futuro, deverá ser efetuada: a validação da FMECA por mais elementos especialistas na área, da criação da base de dados de sugestões de intervenção no meio, e finalmente a integração da informação da FMECA_CC e das sugestões de intervenção no meio e sistemas associados de forma a tornar um sistema dinâmico de intervenção no UUV de forma a manter e melhorar a sua performance.

Referencias

Bibuli, M., Zereik, E., de Palma, D., Ingrosso, R., & Indiveri, G. (2022). Analysis of an Unmanned Underwater Vehicle Propulsion Model for Motion Control. Journal of Guidance, Control, and Dynamics, 45(6), 1046–1059.

Blanchard, B. S., & Fabrycky, W. J. (2011). Systems engineering and analysis. Prentice Hall.

Bureau of Shipping, A. (2015). Guidance Notes on Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) for Classification. ABS. https://www.eagle.org

Chen, X. (2023). Risk Analysis and Decision Making for Autonomous Underwater Vehicles. PhD Thesis from Faculty of Engineering and Applied Science from Memorial University of Newfoundland, Canada.

Chen, X., Bose, N., Brito, M., Khan, F., Thanyamanta, B., & Zou, T. (n.d.). A Review of Risk Analysis Research for the Operation of Autonomous Underwater Vehicles (AUVs).

Cullum, J., Binns, J., Lonsdale, M., Abbassi, R. & Garaniya, V. (2018). Risk-Based Maintenance Scheduling with Application to Naval Vessels and Ships. Journal of Ocean Engineering 148, 476-485.

Conde, M. S. (2023). Coordinated Control of Autonomous Underwater Vehicles. Tese Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Crestani, D., Godary-Dejean, K., Lapierre, L., Crestani, D., Godary-Dejean, K., & Lapierre, L. (2015). Enhancing Fault Tolerance of Autonomous Mobile Robots. Robotics and Autonomous Systems, 68, 140–155. https://doi.org/10.1016/j.robot.2014.12.015ï

Glover, W., Cross, J., Lucas, A., Stecki, C., & Stecki, J. (2010). The Use of Prognostic Health Management for Autonomous Unmanned Air Systems. In Conference of the Prognostics and Health Management Society.

Daia, A. & Lazakis, I. (2022). Investigating ship system performance degradation and failure criticality using FMECA and artificial neural networks. (n.d.). Trends in Maritime Technology and Engineering Edition. CRC Press.

Eckestein, M. (2020). Navy Striving for 71% On-Time Ship Maintenance This Year, No Extensions By End of 2021. USNI News. https://news.usni.org/2020/01/23/navy-striving-for-71-on-time-ship-maintenance-this-year-no-extensions-by-end-of-2021

RISTI – Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (47), 87-108. https://doi.org/10.17013/risti.47.87-108

Madureira, L. (2018). Veículos subaquáticos autônomos: uma visão geral de desenvolvimentos e aplicações. Dissertação de mestrado, Escola politécnica da Universidade de São Paulo.

Othman, K. (2022). Exploring the implications of autonomous vehicles: a comprehensive review. In Innovative Infrastructure Solutions 7(165). Springer Nature Switzerland AG. https://doi.org/10.1007/s41062-022-00763-6

Singh, H. et al. (2020). Recent Advances in Autonomous Underwater Vehicles: A Review. Marine Technology Society Journal, 54(5), 68-83.

Smith, D. R., & Smith, K. A. (2005). Reliability, maintainability and risk: practical methods for engineers including reliability centred maintenance and safety-related systems. Butterworth-Heinemann.

Stamatis, D. H. (2003). Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution. ASQ Quality Press.

Uslu Divanoğlu, S., & Taş, Ü. (2022). Application of 8D methodology: An approach to reduce failures in automotive industry. Engineering Failure Analysis, 134. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2021.106019

Vaurio, J. K., & Vesely, W. E. (2006). Risk analysis for process plant, pipelines, and transport. John Wiley & Sons.

Zeng, J., Li, S., & Liu, Y. (2021). Application of unmanned underwater vehicles in polar research. In Advances in Polar Science 32(3), (pp.173–184). Editorial Office of Advances in Polar Science. https://doi.org/10.13679/j.advps.2021.0018

Zhang, B., Ji, D., Liu, S. Zhu, X., & Xu, W. (2023). Autonomous Underwater Vehicle navigation: A review. Elsevier, Ocean Engineering Journal, 273 (113861), 1-29. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0029801823002457

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 27/03/2024
Aceitação/Acceptance: 30/06/2024

Modelos de formação de liderança para Oficiais Subalternos e Capitães nos PALOP: Estudo comparado

Felisberto Kiluange[1,3], Carlos Rouco[2], Ana Paula Silva[3], Lenisha Ginga Fragoso Baio[4]

a22102219@alunos.ulht.pt; p5540@ulusofona.pt; p4000@ulusofona.pt; lg.upakila@gmail.com

[1] Instituto Superior Técnico Militar (ISTM), Estrada de Catete, Km 9, Luanda, Angola

[2] Intrepid Lab/CETRAD, Universidade Lusófona, Campo Grande 376, 1749-024, Lisboa, Portugal

[3] CeiED, Universidade Lusófona, Campo Grande, 376, 1749-024 Lisboa, Portugal

[4] Atlantic University, 777 Glades Road Boca Raton 33431, FL, USA

Pages: 327-341

Resumo: Os Países Africanos de Língua Oficial Portuguesa (PALOP) tornaram-se Estados soberanos em meados da década de 70'. Desde então, criaram e têm vindo a desenvolver as suas Forças Armadas, em diferentes fases e processos complexos, para garantir a sua defesa militar. Mas, quanto à formação de Oficiais Subalternos e Capitães, em que modelos de formação de liderança militar se baseiam? Assim, os objetivos do estudo foram: identificar os Ramos das Forças Armadas dos PALOP, as suas Escolas Militares para Oficiais Subalternos e Capitães, os critérios de admissão, as dimensões da formação, a duração e o perfil de saída dos cursos e os seus modelos de formação de liderança militar; confrontar esses modelos para descrever as suas similaridades e diferenças. Para concretizar estes objetivos, optou-se por um estudo comparativo com uma abordagem qualitativa, com base na informação recolhida nos sites das respetivas Escolas Militares e Forças Armadas. Para o efeito, os dados foram recolhidos, analisados e sintetizados, de acordo com uma lista de verificação concebida para o efeito, constituída pelos seguintes itens: país, ramos das Forças Armadas, Escolas Militares selecionadas, critérios de admissão, dimensões da formação, duração do curso e perfil de saída, legislação e enquadramento teórico da liderança. Os dados apontam para o facto de a formação dos referidos Oficiais nos PALOP ser diversificada, visto que alguns são formados em Academias Militares no âmbito do Ensino Superior Militar para os Quadros Permanentes e outros em Escolas Militares de formação básica para o Serviço Militar Obrigatório. Por outro lado, a organização das Forças Armadas condiciona a formação dos quadros, com particular incidência no desenvolvimento de competências de liderança militar.

Palavras-chave: PALOP; Liderança militar; Modelos de formação de liderança militar; Formação de liderança para Oficiais Subalternos e Capitães nos PALOP; Ensino Superior Militar.

Leadership training models for Subaltern Officers and Captains in the PALOP: Comparative study

Abstract: The Portuguese-speaking African countries (PALOP) became sovereign states by the mid-1970s. Since then, they have established and been developing their armed forces, under their own stages and complex processes, to ensure their military defense. But, as far as Subaltern Officers and Captains education is concerned, on which military leadership training models do they base their training? Thus, the study objectives were to identify the Armed Forces Branches of the PALOP, their Military Schools for Subaltern Officers and Captains, the admission criteria, training dimensions and course length and output profile, and their military leadership training models; to confront those models in order to describe their similarities and differences. To achieve those objectives, we opted for a comparative study with a qualitative approach, based on the information collected from their Military Schools and Armed Forces websites. For this purpose, data were collected, analyzed, and synthetized, accordingly with a checklist conceived for this purpose, consisting in the following items: country, Armed Forces branches, selected military schools, admission criteria, training dimensions, course length and output profile, legislative and theoretical framework for leadership. Data point out that the education of those officers in the PALOP is diverse, some are trained in Military Academies in the context of Higher Military Education for the Permanent Staff and others in Military Schools in basic training for compulsory military service. On the other side, the organization of the Armed Forces affects staff training, with a particular focus on the development of military leadership competencies.

Keywords: PALOP; Military leadership; Military leadership training models; Leadership training for Subaltern Officers and Captains in the PALOP; Higher Military Education.

1. Introdução

Os dados mais recentes sobre a população mundial fornecem informações relevantes sobre o seu crescimento. Em relação a África, indicam que o continente tem uma população estimada em 1,5 mil milhões de habitantes, sendo o país mais populoso a Nigéria, com cerca de 224 milhões de habitantes (World Population Data Sheet, 2023). Das 55 nações africanas, seis são Países Africanos de Língua Oficial Portuguesa (PALOP), também conhecidos como África Lusófona (Figura 1), por terem adotado a língua portuguesa como língua oficial, uma vez que têm muitas línguas locais, designadamente: Angola, Cabo Verde, Guiné-Bissau, Moçambique, São Tomé e Príncipe e, desde 2014, a Guiné Equatorial.

Os seis países são antigas colónias do Império Português, ainda que de 1778 até à independência, a Guiné Equatorial foi também uma colónia do Império Espanhol (Santos et al., 2019). À exceção da Guiné-Equatorial, tornaram-se independentes no seguimento de vários fatores internos e externos combinados, essencialmente: a Revolução do 25 de abril de 1974, que resultou no fim do Estado Novo e desencadeou o processo de descolonização de Portugal e o fim das guerras contra o domínio de Lisboa, fundamentalmente em Angola, Moçambique e Guiné-Bissau (Delaunay, 2022).



Figura 1 – Distribuição dos PALOP

Como se pode observar no mapa do continente africano, os países que integram a organização inter-estatal denominada PALOP ocupam áreas geográficas muito dispersas no continente (Figura 1). Entretanto, todos têm costa marítima, sendo as maiores as de Angola e Moçambique. Por outro lado, é interessante notar as diferenças nas estatísticas demográficas, económicas e sociais entre eles (Commission économique pour l'Áfrique, 2024), bem como as datas das suas independências (Tabela 1). Tais elementos permitem estender a análise às Forças Armadas de cada um destes países, para às quais são formados os líderes militares, visando o desenvolvimento das mesmas, para assegurar a sua defesa militar.

País	Área (Km²)	População [1]	GDP per capita [2]	% de Lusófonos [3]	Data de Independência [4]
Angola	1 247 000	36,7 M	3 000,2	71%	11.Nov.1975
Moçambique	801 590	33,9 M	558,3	60%	25.Jun.1975
Guiné-Bissau	36 126	2,2 M	775,8	57%	24.Sept.1973
Guiné-Equatorial	28 050	1,7 M	7 182,3	Desconhecido	*12.Oct.1968
Cabo Verde	4 033	0,6 M	3 754,3	87%	5.Jul.1975
São Tomé e Príncipe	963,5	0,2 M	2 386,7	91%	12.Jul.1975

Fonte: Elaboração própria dos dados recolhidos de: [1] World Population Data Sheet (2023); [2] World Bank [dados de 2022] (2024); [3,4] Wikipedia (2023); *Independência de Espanha

Tabela 1 – Dados estatísticos, demográficos, económicos e sociais dos PALOP

O Ensino Superior Militar é de vital importância para o desenvolvimento da cultura militar das Forças Armadas (FA), para o desenvolvimento de competências de comando e

liderança por parte dos seus Oficiais, para assegurar um processo de ascensão na carreira militar que respeite as normas legais estabelecidas, visando resolver os problemas que a profissão militar enfrenta atualmente (Centro de Estudos Estratégicos de África, 2022). Desta forma, foram desenvolvidos quadros legais de apoio ao Ensino Superior Militar em algumas Forças Armadas (DP n.º 41/09; DL n.º 62/2003), em Instituições de Ensino Superior Militar (IESM), enquanto outros Estados ainda não os desenvolveram.

Entretanto, no que respeita à formação dos Oficiais Subalternos e Capitães, em que modelos de formação de liderança militar se baseiam? Assim, este estudo tem como objetivos identificar os Ramos das Forças Armadas dos PALOP, as suas Escolas Militares para Oficiais Subalternos e Capitães, os critérios de admissão, as dimensões da formação, a duração e perfil de saída dos cursos e os seus modelos de formação de liderança militar; confrontar esses modelos para descrever as suas similaridades e diferenças.

2. Metodologia

Para atingir os objetivos propostos, foi realizado um estudo comparativo com uma abordagem qualitativa, de acordo com Vilelas (2020, p.61), "visando verificar semelhanças e explicar possíveis divergências" entre os modelos de formação de liderança militar para os referidos Oficiais. Como já foi referido, os grupos sociais a comparar foram os Oficiais Subalternos e os Capitães das Forças Armadas dos PALOP, relativamente aos modelos de formação de liderança militar. Para o efeito, o estudo foi dividido em duas partes. Um momento analógico, mais direcionado para identificar e caraterizar as semelhanças entre os modelos, e um momento contrastivo para descrever as diferenças encontradas.

As fontes de dados selecionadas foram os sites das Forças Armadas de cada país (Forças Armadas Angolanas – FAA, Forças Armadas de Cabo-Verde – FACV, Forças Armadas Revolucionárias Populares da Guiné-Bissau – FARP, Forças Armadas da Guiné-Equatorial – FAGE, Forças Armadas de Defesa de Moçambique – FADM e Forças Armadas de São Tomé e Príncipe – FAST), bem como as Escolas Militares responsáveis pela formação desses Oficiais. Complementarmente, foi feita uma pesquisa de artigos, teses e dissertações no *Google Scholar*, para fundamentar as análises. Os dados foram recolhidos, analisados e sintetizados, de acordo com uma lista de verificação elaborada e critérios selecionados para o efeito. A *checklist* foi constituída por sete itens para análise comparativa entre as Escolas Militares selecionadas, nomeadamente: país, Ramos das Forças Armadas, Escolas Militares selecionadas, critérios de admissão, dimensões da formação, duração do curso e perfil de saída, enquadramento legislativo da liderança e enquadramento teórico (Kiluange, Rouco, Silva, & Baio, 2024).

3. Principais resultados

Identificados os elementos definidos nos objetivos e analisados nos dois momentos, analógico e contrastivo, apresentam-se os mesmos, destacando as suas similaridades, diferenças e algumas particularidades.

3.1. Similaridades identificadas entre os modelos

As evidências do estudo indicam que a estrutura das Forças Armadas não é uniforme para todos os países estudados. Algumas estão organizadas nos ramos do Exército, da Força Aérea e da Marinha, enquanto outras estão organizadas apenas em Exército e Guarda Costeira. Este facto é particularmente significativo, uma vez que a formação dos militares terá como objetivo o exercício de cargos e funções nos mesmos ramos, sendo simultaneamente produtor e produto da formação (Kiluange, Rouco, Silva, & Fragoso Baio, 2024). Por outro lado, os dados sobre a criação das suas instituições nacionais de formação militar mostram a atenção que os Estados têm dado às suas Forças Armadas, com uns a desenvolverem-se mais do que outros, sem perder de vista a contribuição de outros fatores, como as capacidades financeiras dos Estados (Mandele, 2014).

Com efeito, as Academias Militares (AM) de Angola e de Moçambique evoluíram das suas antigas Escolas de Formação de Oficiais (AMEx, 2021; Langa, 2020), adaptadas à necessidade de Oficiais altamente qualificados com formação superior, consubstanciada numa sólida formação académica, ético-comportamental e profissional-militar, para fazer face às crescentes exigências e desafios do mundo moderno em termos de tecnologia, educação (Kiluange, 2024), gestão de pessoal, ciência/arte militar e ameaças. Nestes programas, os Oficiais subalternos são formados para os quadros permanentes. Por outro lado, as Forças Armadas que não dispõem de academias próprias formam maioritariamente os seus Oficiais no estrangeiro, conforme os acordos de cooperação no domínio da defesa, e realizam nas suas escolas militares cursos de curta duração (para Oficiais, Sargentos e Soldados) para o Serviço Militar Obrigatório, cuja prestação varia de acordo com a legislação de cada país (Jornal de Angola, 2023).

Tanto a Academia Militar de Angola como a Academia Militar de Moçambique formam Oficiais Subalternos para exercerem funções de comando militar, nos níveis de execução em que são colocados, no final do seu programa de formação (Máquina, 2016; Muirequetule & Machado, 2018). A organização do Ensino Superior Militar nas duas Academias obedece ao quadro legal do Ensino Superior Nacional. Por outro lado, apesar de ter sido encontrada uma referência à Academia Militar da Guiné-Equatorial, não foram encontrados elementos online para a confirmação da informação.

Salienta-se, também, que em todas as Instituições de Ensino Militar analisadas para cada país, enfatiza-se na preparação dos quadros a formação profissional militar para o exercício dos cargos e desempenho das funções militares, nos níveis/graus de execução (Cunha, 2014; Muirequetule & Machado, 2018; Decreto-legislativo n.º 1/2020; Costa & Rouco, 2023). Em todos os casos, a formação militar decorre em regime de internato, com o objetivo de, para além da aquisição de competências militares, desenvolver a cultura militar e os valores a ela inerentes, no quadro da vida socialmente partilhada (Benelli, 2002). Em todas as Escolas Militares e respetivas Forças Armadas a formação militar destina-se exclusivamente a cidadãos nacionais, a desempenharem-se em diferentes formas de prestação de serviço. Para a admissão aos cursos, todas realizam testes de admissão, ainda que a constituição e ênfase seja diferente em função da abordagem da formação, em nível básico ou superior.

País/ Forças Armadas	Ramos	Escolas Militares selecionadas	Critérios de admissão	Dimensões da formação	Duração do curso e perfil de saída	Enquadramento legislativo para a Liderança militar	Enquadramento teórico para a Liderança militar
Angola (FAA)	Exército Força Aérea Marinha de Guerra	**Academia Militar do Exército** (AMEx)	Cidadão nacional Idade limite 19-24 (civil e militar) Qualificação certificada para admissão ao ensino superior Testes de aplicação (médicos, psicotécnicos e físicos)	Académica Treino físico Treino militar Ética	Licenciatura em Ciências Militares, com diferentes especializações	Lei nº 1/93 Lei nº 2/93 Decreto-Lei nº 13/18 DP nº 107/18 DP nº 108/18	Programas curriculares
Moçambique (FADM)	Exército Marinha Força Aérea	**Academia Militar "Marechal Samora Machel"** (AMMSM)	Cidadão nacional Qualificação certificada para admissão ao ensino superior Testes de aplicação (médicos, psicotécnicos e físicos)	Académica Treino físico Treino militar Ética	Licenciatura em Ciências Militares, com diferentes especializações	Lei nº 18/97 Lei nº 24/97 Conceito Estratégico Militar Estatuto Militar das Forças Armadas	Programas curriculares
Guiné-Bissau (FARP)	Exército Marinha Força Aérea	*	Cidadão nacional Testes de aplicação	Atualização técnico-militar Cultura militar Treino físico	——	Lei orgânica da organização das Forças Armadas	Não encontrado

País/ Forças Armadas	Ramos	Escolas Militares selecionadas	Critérios de admissão	Dimensões da formação	Duração do curso e perfil de saída	Enquadramento legislativo para a Liderança militar	Enquadramento teórico para a Liderança militar
Guiné-Equatorial (FAGE)	Exército Marinha Força Aérea Gendarmaria	**Academia Militar ?** Escola Naval	Não encontrada	Não encontradas	___	Não encontrado	Não encontrado
Cabo-Verde (FACV)	Exército Marinha Força Aérea	*	Cidadão nacional Testes de aplicação	Atualização técnico-militar Cultura militar Treino físico	___	Lei do SMO Lei nº 62/IV/92 Resolução nº 5/2011	Não encontrado
São Tomé e Príncipe (FAST)	Exército Guarda Costeira	*	Cidadão nacional Testes de aplicação	Atualização técnico-militar Cultura militar Treino físico	___	Lei nº 8/201 Lei do SMO	Não encontrado

Fonte: Elaboração própria dos dados da pesquisa. SMO: Serviço Militar Obrigatório * Não tem Academia Militar

Tabela 2 – Similaridades entre os modelos

Ambas as academias, de Angola e de Moçambique, gozam de autonomia científica, pedagógica e administrativa ao abrigo da legislação nacional, o que lhes permite conferir graus académicos. Neste caso, conferem a Licenciatura em Ciências Militares, com vários perfis, consoante a arma, serviço, especialidade ou classe (Tabela 2). A ênfase é colocada no ensino para o desenvolvimento de competências académicas, combinada com o treino militar, para a aquisição de hábitos e habilidades militares, e com o treino físico, para o desenvolvimento das capacidades físicas e combativas, essenciais ao Oficial Subalterno. Em toda a pesquisa efetuada, não foi referida a formação de Capitães, quer no âmbito das Forças Armadas, quer no âmbito da cooperação em defesa, o que levanta a questão: como é que as Forças Armadas em causa promovem a formação de Capitães? Que modelos de formação de liderança existem para eles?

3.1. Diferenças identificadas entre os modelos

Enquanto as FAA têm três Academias Militares para a formação de Oficiais Subalternos de cada ramo, as FADM têm uma única Academia Militar dedicada à formação do pessoal dos três ramos. Para desenvolver competências de comando e liderança militar, as academias das duas forças armadas têm no seu currículo uma unidade curricular sobre liderança militar. A Academia Militar do Exército de Angola, tem uma carga letiva de cerca de 40 horas, enquanto a Academia Militar "Marechal Samora Machel" dedica-lhe cerca de 220 horas letivas (Muirequetule & Machado, 2018). Os mesmos autores referem que as aulas teóricas são privilegiadas para o desenvolvimento de competências de liderança, combinadas com exercícios práticos e estágios, que se têm revelado insuficientes para esse efeito. Apelam a um aumento do número de horas atribuídas à unidade curricular de Comando e Liderança, a uma combinação de atividades teóricas e práticas, com maior ênfase nas atividades práticas e ao intercâmbio de cadetes com alunos de outras instituições de ensino superior nacionais e internacionais.

Relativamente a Cabo-Verde, tem uma Escola Militar, que é responsável pela instrução básica, bem como pelos cursos de qualificação e promoção de pessoal nas diversas modalidades de serviço militar, assim como pela promoção de estudos nos domínios da doutrina, das técnicas e das ciências militares. (Escola Militar, 2024). Dada a inexistência de uma AM, muitos dos seus Oficiais são formados em AM de outros países, nomeadamente Portugal, EUA, China e Angola.

Enquanto os Oficiais formados nas AM de Angola e Moçambique ingressam de imediato nos QP das FA, no caso das FA dos outros países em estudo, os candidatos que frequentam a Escola Militar apenas cumprem o SMO. Podem, posteriormente, candidatar-se a ingressar no QP, mediante determinados critérios.

Surpreendentemente, verificou-se que a República da Guiné-Bissau não possui nenhuma instituição de ensino militar responsável pela formação dos seus quadros, tendo a primeira escola militar do país sido inaugurada em julho de 2023 (Jornal de Angola, 2023; RFI, 2023). A Tabela 3 mostra algumas das diferenças entre as datas de início das Instituições de Ensino Militar selecionadas de cada uma das FA, o perfil de saída dos seus graduados, bem como as formas de prestação de serviço. É de salientar que a AM "Marechal Samora Machel", para além da Licenciatura em Ciências Militares, confere também o grau de Mestre em três áreas distintas das Ciências Sociais e Humanas (Formação, Trabalho e Recursos Humanos; Psicopedagogia, Administração e Regulação

País/ Forças Armadas	Ramos	Escolas Militares selecionadas	Data de fundação	Critérios de admissão	Dimensões da formação	Duração do curso e perfil de saída	Enquadramento legislativo para a Liderança militar	Enquadramento teórico para a Liderança militar
Angola	___	**Academia Militar** Academia da Força Aérea Academia Naval ISTM	9.09.2009	18 – 24 anos	Académica Treino físico Treino militar Ética	5 - 7 anos (Licenciatura) 300 ECTS (QP)	(DP nº 108/18)	Modelos de Atuação Profissional
Moçambique	___	**Academia Militar "Marechal Samora Machel"** (Exército, Marinha e Força Aérea)	24.12.2003	18 – 26 anos	Académica Treino físico Treino militar Ética	4 - 5 anos (Licenciatura) 2 anos (Mestrado)* (QP)	____	___
Guiné-Bissau	___	**Escola Militar**	22.Jul.2023	Não encontrado	Atualização técnico-militar, Cultura militar e Treino físico	Oficiais, Sargentos e Praças. (SMO)	Não encontrado	Não encontrado
Guiné-Equatorial	___	**Academia Militar** Escola Naval	28.Jul.2019 (Escola Naval)	Não encontrado	Idem	(SMO)	Não encontrado	Não encontrado
Cabo-Verde	___	**Escola Militar**	Não encontrada	Não encontrado	Idem	Oficiais, Sargentos e Praças (SMO)	(Decreto-legislativo nº 1/2020)	Não encontrado
São Tomé e Príncipe	Exército Guarda Costeira	**Escola Militar**	2011	Não encontrado	Idem	Oficiais, Sargentos e Praças (SMO)	___	Não encontrado

Fonte: Elaboração própria dos dados da pesquisa. (*) Mestrado em Formação, Trabalho e Recursos Humanos; Mestrado em Psicopedagogia, Administração e Regulação da Educação; Mestrado em Relações Internacionais, Defesa e Segurança. QP: Quadro Permanente; SMO: Serviço Militar Obrigatório. ISTM: Instituto Superior Técnico Militar

Tabela 3 – Diferenças entre os modelos de formação de liderança

da Educação; Relações Internacionais, Defesa e Segurança), distinguindo-se das suas congéneres angolanas. A formação dos seus Oficiais tem sido efetuada no âmbito de acordos de cooperação em matéria de defesa, nomeadamente com Angola, Brasil e Portugal, com efeitos muito positivos na transformação da cultura organizacional daquelas FA (Camará, 2022).

4. Discussão

A formação das Forças Armadas dos PALOP é anterior à constituição dos seus Estados, embora na altura fossem forças de guerrilha, organizadas sob a direção de movimentos independentistas, cuja atuação a vários níveis e sob vários fatores conjugados, de natureza interna e externa, resultou nas respetivas independências. Com isso, cada nação seguiu caminhos diferentes que levaram ao seu atual estado político, económico e social, que hoje tem um impacto particular nas suas Forças Armadas (Luz & Matias, 2013; Mandele, 2014; Monteiro, 2015; Inocêncio, 2016). A título de exemplo, Angola foi dilacerada por uma guerra civil de cerca de 27 anos, enquanto "a Guiné-Bissau tem um historial de fragilidade política e institucional desde a sua independência (...), tendo havido quatro golpes de Estado e 17 tentativas de golpe" (World Bank, 2024), até à data, com consequências imediatas na situação das suas Forças Armadas a todos os níveis (Camará, 2022). Além disso, a sua dependência da ajuda externa para o desenvolvimento dos seus vários projetos e para a realização das despesas públicas constitui um grande entrave ao desenvolvimento do país (Djaló, 2020).

Apesar destes países serem independentes desde a década de 70', as suas Escolas Militares são recentes. No entanto, os elementos levantados permitiram perceber que no caso de Angola, a atual Academia Militar do Exército (AMEx) evoluiu da então Escola de Oficiais (EFO), surgindo também as Academias da Força Aérea, da Marinha de Guerra e, anteriormente, o Instituto Superior Técnico Militar, para os cursos de Saúde Militar e de Engenharia Militar, vocacionados para a preparação dos quadros para o QP. Por outro lado, a Academia Militar "Marechal Samora Machel" foi criada com a incumbência de assegurar a formação dos Oficiais de todos os ramos. Entretanto, as outras Forças Armadas mantêm-se com Escolas Militares, mais vocacionadas para a formação para o Serviço Militar Obrigatório (SMO). Porém, ainda que se mantenha na legislação o SMO, na prática não se cumpre, uma vez que o ingresso nas Forças Armadas dos PALOP, ultimamente, tem caráter voluntário.

As IESM de Angola e de Moçambique foram criadas em consonância com a legislação para o Subsistema Nacional de Ensino Superior (Kiluange, 2024) e com a de carácter militar, com o objetivo de proporcionar aos seus efetivos uma sólida formação superior baseada no desenvolvimento técnico-científico, pedagógico e da arte/ciência militar na atualidade (Langa, 2020). Neste âmbito, orientam-se para os objetivos e interesses das Forças Armadas quanto à formação dos seus quadros, sendo ministrada em regime de internato, conjugando o desenvolvimento de competências técnico-profissionais e de um comportamento ético e moral, de acordo com a cultura militar.

Como refere Guimarães (2015), desde o início da década de 2000, tem-se assistido a um incremento da Cooperação Técnico-Militar Portuguesa com os PALOP, fundamentalmente no domínio da formação de quadros nas Instituições de Ensino

Superior Militar de todos os ramos em Portugal. Isto tem potenciado o desenvolvimento dos seus sistemas de formação de quadros e, consequentemente, das suas Forças Armadas, em vários domínios. Por outro lado, é de salientar a ação de Angola no apoio à formação de alguns Oficiais dos PALOP nas suas Academias, contribuindo para o desenvolvimento das suas Forças Armadas e para a estabilidade dos seus países (Teixeira, 2013; ISTM, 2024) .

Existem lacunas na legislação de alguns países quanto a missão e atribuições das Forças Armadas, o que prejudica a utilização constitucionalmente consagrada das mesmas e a sua formação para o cumprimento das suas missões estatutárias (Silva, 2017). Tais debilidades da lei dificultam o enquadramento legal da liderança militar. Ao nível teórico, a escassez de estudos sobre liderança militar nestes países parece contribuir para a dificuldade de constituição de um quadro teórico de referência para a formação em liderança dos referidos Oficiais. Os programas de unidades curriculares analisados baseiam-se essencialmente em literatura do ramo empresarial, revelando uma descontextualização do âmbito de atuação das Forças Armadas. Isto tem implicações diretas sobre a formação em liderança ministrada aos Oficiais e nas competências de liderança que devem desenvolver. Assim, o binómio formação-profissão militar apresenta um desfasamento desde o currículo, (Costa, 2022; Costa, 2023).

5. Conclusão

A formação das Forças Armadas dos PALOP é anterior à constituição dos seus Estados. Embora na altura fossem forças de guerrilha, organizadas sob a direção de movimentos independentistas, a sua atuação a vários níveis e sob vários fatores conjugados, de natureza interna e externa, resultou nas respetivas independências.

O atual estado político, económico e social de cada um destes países tem impacto direto sobre as suas Forças Armadas, relativamente à sua cultura organizacional, recrutamento e gestão de pessoal, assim como o seu comissionamento nas várias formas de prestação de serviço. Assim, os países com maior poder económico detêm Academias Militares, destacando-se as Forças Armadas Angolanas com três Academias Militares e um Instituto para a formação dos seus Oficiais em especialidades de cada ramo e áreas transversais, como as Ciências da Saúde Militar e das Engenharias Militares. Por outro lado, vem prestando apoio à formação superior dos quadros militares de todos os PALOP.

A formação em liderança para os Oficiais Subalternos e Capitães não nos pareceu assente em perfis de liderança específicos, ainda que seja lecionada uma unidade curricular de Comando e Liderança nalguns cursos de formação dos seus Oficiais. Entretanto, ao se analisar os programas a que tivemos acesso assiste-se a uma tendência em abordar as questões da liderança com alguma necessidade de contextualização, uma vez que se baseiam indiscriminadamente em referências do mundo empresarial e do contexto militar. É fundamental não perder de vista que ao concluir a formação os Oficiais desempenharão funções militares. Por isso, a formação em liderança a desenvolver deve estar assente no desempenho das suas funções e não enfatizar conceitos teóricos do mundo empresarial, uma vez que não estão a ser formados para serem *CEOs* de empresas, mas sim comandantes militares.

Por outro lado, assiste-se a uma escassez gritante de estudos sobre liderança militar em todas as Forças Armadas dos PALOP, o que resulta na ausência de um quadro teórico de referência para a formação em liderança dos seus Oficiais Subalternos e Capitães. Deste modo, o presente estudo afigura-se-nos útil, para fazer o ponto de situação sobre tal necessidade nos PALOP e servir como referência para estudos futuros, de natureza teórica e empírica. Contudo, dada a falta de informação online por parte de algumas Escolas Militares e Forças Armadas, alguns elementos levantados e analisados poderão estar em falta.

Financiamento: Não foi recebido qualquer financiamento para esta investigação.

Contribuição dos autores: *Kiluange*: Conceptualização, investigação, recolha de dados, redação do rascunho e texto final; *Rouco*: Supervisão e revisão do texto final; *Silva*: Supervisão e revisão do texto final; *Fragoso Baio*: Investigação e revisão do texto final. Todos os autores leram e aprovaram o texto final.

Informação suplementar: Toda a informação encontra-se no artigo.

Conflito de interesses: Os autores declaram não ter conflitos de interesse.

Autor correspondente: Felisberto Kiluange a22102219@alunos.ulht.pt

Referências

Africa Center for Strategic Studies. (2022, abril 8). Instituições de ensino militar profissional em África. *Centro de estudos estratégicos de África*.

AMEx. (2021, novembro). *Academia e os Novos desafios*.

Benelli, S. J. (2002). O internato escolar como instituição total: Violência e subjetividade. *Psicologia em Estudo*, 7(2), 19–29. https://doi.org/10.1590/S1413-73722002000200004

Camará, G. M. (2022). *As Externalidades da Formação dos Oficiais do Exército da Guiné-Bissau no Estrangeiro: O impacto na Cultura Organizacional* [Master Thesis, Academia Militar de Portugal]. https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/42254

Commission économique pour l'Afrique. (2024). Aperçu de l'évolution récente de la situation économique et sociale en Afrique. *Conseil économique et social des Nations Unies/ECA*, 42(1). https://repository.uneca.org/handle/10855/50084

Costa, F. K. F. da, & Rouco, J. C. D. (2023). Mapping Military Leadership Competencies: A Systematic Literature Review. In Rich, M. *European Conference on Management Leadership and Governance*, 19(1), 583-592. Bayes Business School, City, University of London, UK https://doi.org/10.34190/ecmlg.19.1.1966

Costa, F. K. F. da. (2022). Currículo: Perspectivas de análisis para un concepto polisémico y polémico en la formación de Oficiales de las Fuerzas Armadas Angoleñas. *Revista AICA*, 15, 75–88 https://www.aica-madeira.org/revistas/303-revista-cientifica-da-aica-no15.html

Costa, F. K. F. da. (2023). *Caraterísticas de um currículo para a educação dos Oficiais das Forças Armadas Angolanas*. In Araújo, V. F. (org). *A educação enquanto fenômeno social: Propósitos econômicos, políticos e culturais*, 2, 162–173. Atena Editora. https://doi.org/10.22533/at.ed.75923310514

Cunha, J. (2014). *A Formação de Formadores e a Qualidade do Ensino nas Forças Armadas Angolanas*. [Master Thesis, Academia Militar Portuguesa] https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/10092

Decreto n.º 62/2003, *Cria a Academia Militar das FADM*. https://archive.gazettes.africa/archive/mz/2003/mz-government-gazette-series-i-supplement-no-2-dated-2003-12-24-no-52.pdf

Decreto Presidencial n.º 107/18, que *aprova o Conceito Estratégico de Defesa Nacional*. https://faa.ao/themes/admin/assets/img/normas/conceito_nacional.pdf

Decreto Presidencial n.º 41/09, que *cria a Academia Militar do Exército* (FAA).

Decreto Presidencial nº. 108/18, que *aprova o Livro Branco de Defesa Nacional*. https://faa.ao/themes/admin/assets/img/normas/livro_defesa%20_nacional.pdf

Decreto-legislativo n.º 1/2020, *Estatuto dos Militares (FACV)*.

Decreto-Lei n.º 13/18, *Lei das Carreiras dos Militares das Forças Armadas Angolanas*.

Delaunay, M. (2022). Portugal e o regresso dos colonos de Angola e Moçambique. *Cidades, Comunidades e Territórios*, 44, Artigo 44. https://journals.openedition.org/cidades/5728

Djaló, B. (2020). *Atitude e Percepção dos Impostos—O caso da Guiné-Bissau*. [Master Thesis, Universidade do Porto]. https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/129521

Escola Militar – *Forças Armadas de Cabo Verde*. (2024). https://fa.gov.cv/escola-militar/

Guimarães, P. S. de C. (2015). *A Cooperação Técnico – Militar Portuguesa: Análise do impacto no ensino em Portugal dos futuros Oficiais dos Países Africanos de Língua Oficial Portuguesa (PALOP)* [Master Thesis, Escola Naval]. https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/12881

Inocêncio, J. C. da G. (2016). *Forças Armadas de Cabo Verde. O impacto económico e financeiro da profissionalização das Forças Armadas* [Master Thesis, Academia Militar de Portugal]. http://hdl.handle.net/10400.26/15213

ISTM. (2024). Sobre o Instituto Superior Técnico Militar: Nossa história, missão e valores. https://istm-faa.co.ao/index.php/istm/sobre-o-istm

Jornal de Angola (2023, julho 23). *Guiné-Bissau: Presidente inaugura primeira escola de formação de militares*. https://www.jornaldeangola.ao

Kiluange, F. (2024). Sistema educativo angolano: Processos de desconstrução, construção e reconstrução dos seus fins e estrutura. *Sapientiae*, 9(2), 196–211. https://doi.org/10.37293/sapientiae92.07

Kiluange, F., Rouco, J. C. D., Silva, A. P., & Baio, L. G. F. (2024). Leadership training models for Junior Officers and Captains in Europe. *INTED2024 Proceedings*, 7162–7168. Valência. https://doi.org/10.21125/inted.2024.1888

Kiluange, F., Rouco, J. C. D., Silva, A. P., & Fragoso Baio, L. G. (2024). *Characteristics of Leadership in a Military Context: Systematic Literature Review by PRISMA Method*. In Á. Rocha, C. H. Fajardo-Toro, & J. M. R. Rodríguez (Eds.), *Developments and Advances in Defense and Security* (pp. 197–208). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-99-8894-5_17

Langa, J. da C. E. (2020). Academia Militar «Marechal Samora Machel»: Um contributo para o Ensino Superior em Moçambique. *Proelium*, VIII(4), 47–76. https://academiamilitar.pt/images/site_images/Revista_Proelium/Proelium_VIII_4_-_Jan2020.pdf

Lei n.º 1/93, *Lei Geral do Serviço Militar*. República de Angola. https://faa.ao/themes/admin/assets/img/normas/lei_servico_militar.pdf

Lei n.º 18/97, *Lei da Defesa Nacional e das Forças Armadas*. República de Moçambique.

Lei n.º 2/93, *Lei de Defesa Nacional e das Forças Armadas Angolanas*. República de Angola

Lei n.º 24/97, *Lei do Serviço Militar*. República de Moçambique

Lei n.º 62/IV/92, *Lei que define as Forças Armadas*. República de Cabo-Verde

Lei n.º 8/2010 *de 22 de setembro*, *Lei de Defesa Nacional e das Forças Armadas*. República de São Tomé e Príncipe.

Luz, J. M. da, & Matias, J. (2013). *As forças Armadas dos PALOP - Forças Armadas angolanas: Natureza, contingentes e estruturas*. 84–85. Janus. https://repositorio.ual.pt/handle/11144/839

Mandele, I. (2014). *Os impactos da estabilidade e do desenvolvimento económico-social nas Forças Armadas Angolanas* [Master Thesis, Academia Portuguesa]. https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/7418

Máquina, D. J. (2016). *Modelo de gestão de competências de liderança para as Forças Armadas Angolanas* [Master Thesis, Academia Militar Portuguesa]. https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/13537

Monteiro, E. C. (2015). *Estudo para Implementação de um Sistema Integrado de Gestão para as Forças Armadas de Cabo Verde* [Master Thesis, Escola Naval Portuguesa]. https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/10858

Muirequetule, V., & Machado, J. (2018). Ensino superior militar e desenvolvimento de competências de comando e liderança. *Revista Portuguesa de Investigação Educacional*, Especial, 152-171. https://doi.org/10.34632/investigacaoeducacional.2018.3449

Resolução n.º 5/2011, *Aprova o Conceito Estratégico de Defesa e Segurança Nacional*. República de Cabo-Verde

RFI. (2023, julho 22). *Guiné-Bissau: Presidente inaugura primeira escola de formação de militares*. https://www.rfi.fr/pt/guin%C3%A9-bissau/20230722-guin%C3%A9-bissau-presidente-inaugura-primeira-escola-de-forma%C3%A7%C3%A3o-de-militares

Santos, L. L., Spencer, H., Miguel, F., Tulsidás, S., Rodrigues, B., & Lopes, L. (2019). Fight against cancer in Portuguese-speaking African countries: Echoes from the last cancer meetings. *Infect Agents and Cancer*, 14(6) https://doi.org/10.1186/s13027-019-0222-0

Silva, T. (2017). *A intervenção das forças armadas na segurança interna São-tomense* [Master Thesis, Instituto Superior de Ciências Policiais e Segurança Interna]. https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/20024

Teixeira, A. R. (2013). *As Forças Armadas dos PALOP*. Janus. https://janusonline.pt/arquivo/popups2013/2013_2.pdf

Vilelas, J. (2020). *Investigação: O processo de construção do conhecimento* (3ª Ed.). Edições Sílabo.

Wikipedia. (2023). Portuguese-speaking African countries. In Wikipedia. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Portuguese-speaking_African_countries&oldid=1192584202

World Bank. (2024, março). *Guiné-Bissau: Aspetos gerais*. https://www.worldbank.org/pt/country/guineabissau/overview

World Population Data Sheet. (2023). *Africa overview: Trends in Africa*. https://2023-wpds.prb.org/africa/

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 17/02/2024
Aceitação/Acceptance: 28/05/2024

Influência do revestimento antirreflexo e da camada adicional de InGaAsP no desempenho de fotodetectores para o SWIR

Marcelo Gomes Rua[1, 2], Rudy Massami Sakamoto Kawabata[1, 2], Mauricio Pamplona Pires[3], Carlos Luiz Ferreira[4], Guilherme Torelly[1, 2] e Patricia Lustoza de Souza[1, 2]

marceloruas_6@hotmail.com; rudykawarudykawa@gmail.com; pires@if.ufrj.br; cferreira@ime.eb.br; torelly@puc-rio.br e plustoza@puc-rio.br

[1] Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 22451-900, Rio de Janeiro, Brasil

[2] Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Nanodispositivos Semicondutores, 22451-900, Rio de Janeiro, Brasil

[3] Universidade Federal do Rio de Janeiro, 21941-909, Rio de Janeiro, Brasil

[4] Instituto Militar de Engenharia, 22290-270, Rio de Janeiro, Brasil

Pages: 342-354

Resumo: Investigamos neste trabalho duas otimizações para diodos *pin* de InGaAs/InP na faixa do SWIR. A primeira otimização foi a introdução do quaternário InGaAsP entre o InGaAs e o InP, visando suavizar a variação do *bandgap* entre esses materiais. Com a introdução do quaternário, obtivemos um aumento na corrente de escuro, menos de uma ordem de grandeza. Porém, observamos um aumento entre 5% e 10% na intensidade da fotocorrente para a faixa de comprimento de onda de 1100 a 1650 nm. A segunda otimizaçoão foi a deposição de um revestimento antirreflexo formado por duas bicamadas de TiO2 e SiO2. Esta otimização visa aumentar a fração dos fótons incidentes que podem contribuir para a geração da fotocorrente. Com o revestimento antirreflexo, obtivemos um aumento aproximado de 30% na intensidade da fotocorrente para todos os dispositivos. A responsividade do dispositivo com quaternário foi aproximadamente 6 vezes superior à do dispositivo sem quaternário, 28,53 mA/W contra 4,86 mA/W, respectivamente.

Palavras-chave: Fotodetector; SWIR; InP; InGaAsp; Revestimento.

Influence of the anti-reflective coating and the additional InGaAsP layer on the performance of photodetectors for SWIR

Abstract: In this work, we have investigated two optimizations for InGaAs/InP *pin* diodes in the SWIR range. The first optimization is the introduction of the quaternary InGaAsP between the InGaAs and the InP to smoothen the change in bandgap between these materials. With the introduction of the quaternary, we obtained an increase in dark current, less than an order of magnitude. However, we observed an increase between 5% and 10% in the photocurrent intensity for the 1100 to 1650 nm wavelength range. The second optimization is the deposition of an

anti-reflective coating formed by two bilayers of TiO_2 and SiO_2. This optimization aims to increase the fraction of incident photons that can contribute to the photocurrent generation. With the anti-reflective coating, we obtained an increase of approximately 30% in the photocurrent intensity for all devices. The responsivity of the device with quaternary was approximately 6 times higher than that of the device without quaternary, 28.53 mA/W versus 4.86 mA/W, respectively.

Keywords: Photodetector; SWIR; InP; InGaAsP; Coating.

1. Introdução

A escassez de componentes e as disputas pela liderança na produção de semicondutores em todo o mundo evidenciam a importância do desenvolvimento dessa tecnologia. Os componentes semicondutores desempenham um papel fundamental nos avanços tecnológicos globais, portanto, dominar as técnicas de desenvolvimento e a produção desses dispositivos é crucial para qualquer país. Como pode ser observado na Figura 1, os investimentos anuais na fabricação desses dispositivos alcançam centenas de bilhões de dólares em todo o mundo (Cambou & Rothrock, 2023).

Os fotodetectores são dispositivos capazes de detectar fótons e convertê-los em sinais elétricos. Devido à ampla gama do espectro eletromagnético, a faixa de detecção de fótons varia conforme o material utilizado. No caso da faixa de infravermelho de onda curta (SWIR), que varia de 0,9 a 3,0 μm, o material amplamente explorado é o InGaAs (Boisvert et al, 2008) (Lee et al, 1981) (Rouvié et al, 2013). Os fotodetectores fabricados com InGaAs possuem uma extensa gama de aplicações, desde usos civis, como detecção de doenças e tumores, até aplicações científicas, como astronomia (conforme ilustrado na Figura 2). Porém, principalmente por suas aplicações militares, que incluem imageamento térmico e visão noturna (Figura 3), a venda desses dispositivos é fortemente regulamentada pelos países produtores. Devido às restrições significativas na aquisição desses sensores, o desenvolvimento e a produção desses dispositivos se tornam estratégicos para a defesa, pesquisa e segurança de uma nação.

Diferentes técnicas são utilizadas para deposição de material semicondutor na fabricação de dispositivos. Em particular, para produzir fotodetectores de InGaAs, industrialmente, a técnica mais utilizada é a de epitaxia em fase vapor usando fontes metalorgânicas (MOVPE, do inglês "*metal organic vapor phase epitaxy*"). Esses fotodetectores de InGaAs podem ser produzidos utilizando dois tipos de estruturas: mesa ou planar (Campbell et al, 1985) (Lee et al, 1981). A estrutura tradicionalmente empregada na fabricação dos dispositivos é a estrutura do tipo mesa, na qual as camadas de contato do dispositivo são dopadas e os detectores são isolados por meio de um processo de corrosão das mesas, conforme Figura 4. No entanto, estudos na literatura mostraram que adotar uma geometria planar reduz significativamente a corrente de escuro (Boisvert et al, 2008) (Campbell et al, 1985) (Rouvié et al, 2013). Essa redução na corrente de escuro ocorre porque as junções tipo *pn* das camadas em geometria planar não ficam expostas, ao contrário da estrutura de mesa, conforme mostra a Figura 4. Em diodos avalanche, foi demonstrado que utilizar uma camada quaternária de InGaAsP com *bandgap* mais elevado do que a camada ativa melhora o desempenho do dispositivo (Liang et al, 2023).

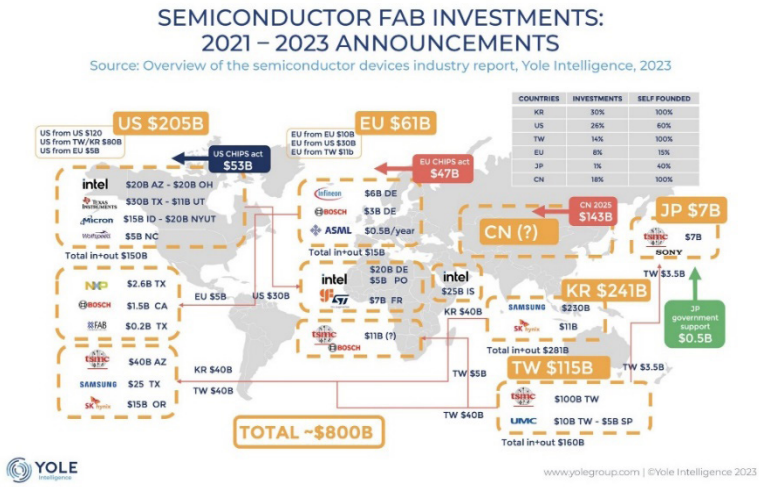


Figura 1 – Gráfico que mostra os valores de investimento anunciados entre 2021-2023 para a área de fabricação de semicondutores. Em destaque, estão os valores investidos em cada uma das empresas e o total investido por região. O total de todos os investimentos soma aproximadamente 800 bilhões de dólares (Cambou & Rothrock, 2023).

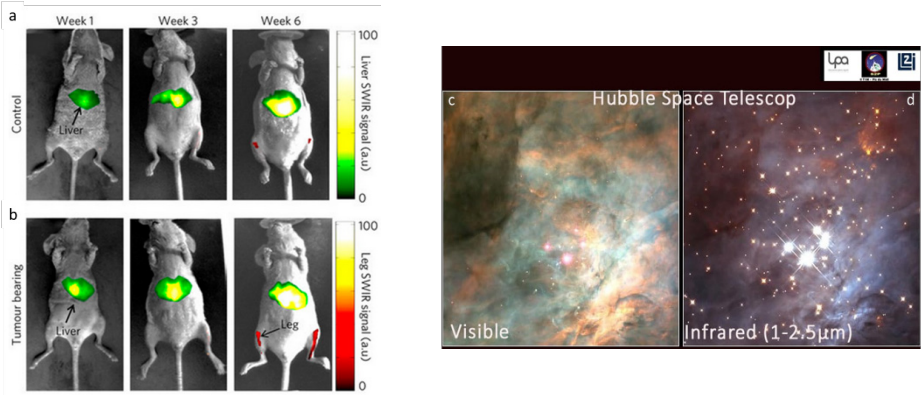


Figura 2 – Imagens de aplicações civil e espacial de detectores na faixa do SWIR. Temos nanopartículas fotônicas (em verde) discernindo lesões ósseas (em vermelho) in vivo, em (a) animais saudáveis (não portadores de tumor) e (b) camundongos portadores de tumor. Imagens do espaço (c e d) obtidas através do telescópio de monitoramento Hubble. Em (c) temos a imagem na faixa do visível e em (d) temos a mesma área da imagem (c), mas utilizando um sensor na faixa do SWIR, onde é possível observar diversas estrelas (Kantamneni et al, 2017) (MultiPix, 2018).

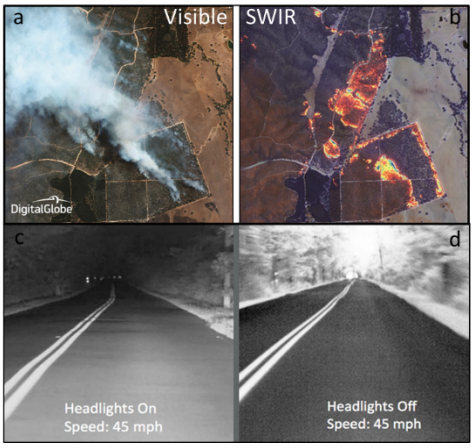


Figura 3 – Nestas imagens temos a comparação entre sensores na faixa do visível, (a) e (c), contra sensores SWIR (b) e (d). Nas imagens acima, (a) e (b), temos um incêndio florestal onde é possível observar na faixa do SWIR claramente os focos de incêndio, mesmo com toda a fumaça gerada. Nas imagens abaixo, (c) e (d), temos uma estrada escura durante o período noturno. Mesmo com os faróis apagados (d), é possível observar a via nitidamente na faixa do SWIR (Maxar Technologies, 2015) (Sensors Inc., 2024).

Além da importância da estrutura adotada, os dispositivos possuem um revestimento antirreflexo (AR), que visa melhorar a eficiência dos mesmos, reduzindo a perda por

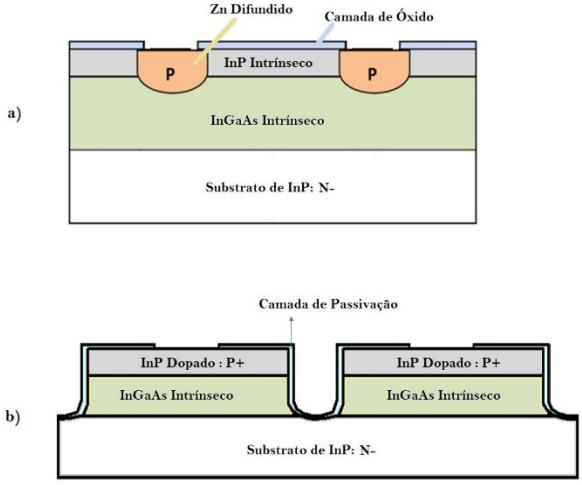


Figura 4 – Estruturas de fotodetectores de InGaAs do tipo diodo *p-i-n*. Em (a) temos a estrutura do tipo planar, onde é necessária a difusão do dopante para criar a camada *p* da junção *p-n* e em (b) temos um dispositivo com estrutura do tipo mesa. Nas estruturas do tipo mesa, a camada de contato do tipo *p* é depositada em todo o plano e é necessária a corrosão dos detectores para separá-los.

reflexão na superfície, além de aprimorar o contraste da imagem, através da redução de transmissão da luz difusa. A importância na otimização desse revestimento, em termos de material e espessuras, foi evidenciada na atual célula solar que detém o recorde mundial de eficiência (Fraunhofer ISE, 2022). Diversos materiais podem ser utilizados para construir revestimentos AR, como Al_2O_3, TiO_2 e outros dielétricos, a depender da aplicação (Rezende et al, 2022) (DeSimone & Vieira, 2019).

Neste trabalho, primeiro propomos investigar o papel da inserção de uma camada quaternária de InGaAsP em um fotodetector de infravermelho do tipo diodo *pin* de InGaAs, aumentar a fotocorrente e a resposividade do dispositivo. Em segundo lugar, buscamos melhorar o desempenho do dispositivo por meio da deposição de um novo revestimento AR com baixa refletância na faixa do SWIR.

2. Detalhes experimentais

2.1. Crescimento e estrutura do dispositivo

As principais vantagens da técnica de MOVPE são sua capacidade de produzir camadas uniformes, intrínsecas, com dopagem residual mínima e com interfaces abruptas. O equipamento utilizado para fazer os crescimentos das estruturas apresentadas é o modelo AIX-200 da empresa Aixtron SE, que incorpora um sistema de medida *in-situ* para garantir a qualidade cristalina desejada.

As estruturas utilizadas neste trabalho estão apresentadas na Figura 5. O que difere a estrutura Figura 5(a) da estrutura Figura 5(b) é somente a adição da camada de InGaAsP entre a camada ativa de InGaAs e a camada do tipo *n* de InP, as demais camadas são iguais em ambas as estruturas. O substrato utilizado foi de InP semi-isolante, o que apresenta uma dopagem residual baixa, influenciando minimamente na absorção dos fótons quando a incidência é feita pelo substrato. Acima do substrato temos uma camada de InP (material com *bandgap* maior) introduzida como camada buffer para melhorar a qualidade cristalina. A seguir temos a camada ativa do dispositivo de InGaAs não dopado intencionalmente (nid). Com foco na produção de dispositivos com tecnologia planar e detecção pelo substrato, temos uma camada de InP com 1000 nm nid, com a função de isolar os detectores adjacentes e também recebeu localmente a dopagem seletiva *p* para formar a junção *p-n*. Sobre a camada InP *nid,* foi crescida uma fina camada de InGaAs para facilitar a formação do contato ôhmico entre semicondutor e metal.

Na Figura 5(b) temos a adição de uma camada do quaternário InGaAsP na estrutura visando reduzir o armadilhamento de buracos entre a camada ativa (InGaAs) e a camada de contato do tipo *n* (InP). Todas as camadas foram crescidas com parâmetro de rede casado com o InP.

2.2. Difusão seletiva e difusão uniforme

A escolha do método de dopagem da camada de contato superior depende do tipo de estrutura escolhida para o dispositivo. No caso de uma estrutura do tipo mesa, a dopagem pode ser realizada durante o crescimento da camada ou por meio da difusão uniforme do dopante após o crescimento de toda a estrutura, como as amostras analisadas neste trabalho.

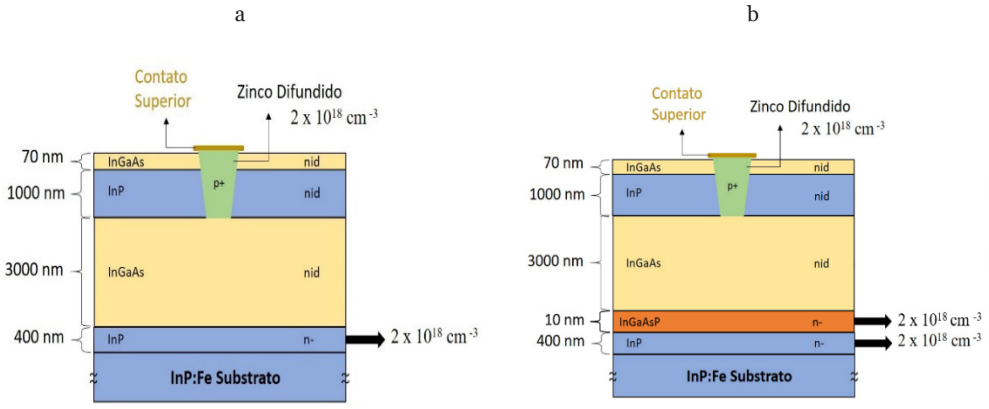


Figura 5 – Estruturas dos dispositivos utilizados neste trabalho. Em (a) temos uma estrutura de diodo *pin* de InGaAs sem a introdução da camada quaternária de InGaAsP. Em (b) temos a introdução da camada de InGaAsP no diodo (a).

Já na estrutura do tipo planar, a difusão de dopantes é obrigatória e deve ser realizada seletivamente, isto é, apenas em pontos selecionados. Para alcançar essa seletividade, é essencial recobrir o material crescido com uma camada que sirva como barreira durante o processo de difusão do dopante. Nessa barreira, são abertas áreas por onde o dopante pode se difundir na estrutura. Como a difusão é realizada localmente, não há necessidade de separar fisicamente os detectores, o que reduz os defeitos formados durante o processamento do dispositivo. Na Figura 6, estão delineadas as etapas de processamento para realizar a difusão seletiva no material. Para este trabalho, optou-se por utilizar uma camada de 150 nm de SiO_2 para servir como barreira de difusão do dopante Zn. A difusão foi realizada no mesmo reator MOVPE do crescimento da estrutura.

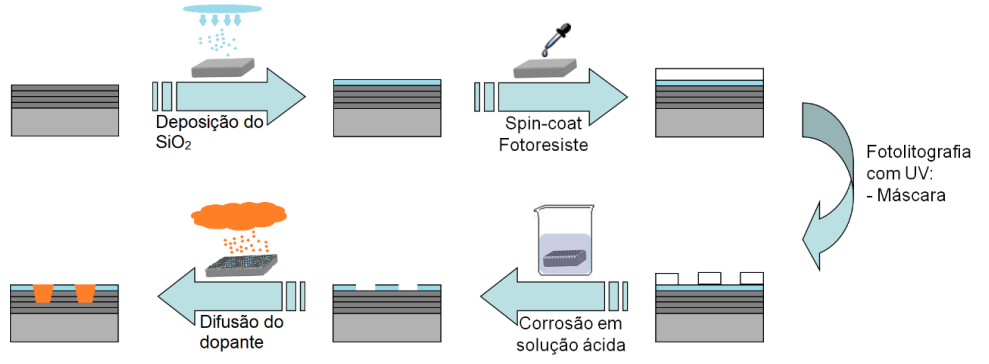


Figura 6 – Etapas utilizadas para o processo de difusão seletiva nos dispositivos.

2.3. Medidas de corrente de escuro

Um experimento de medida da corrente em função da tensão aplicada no dispositivo (*IxV)* foi utilizado para determinar a corrente de escuro do dispositivo, ou seja, quando não há incidência de radiação. Dessa forma, a corrente medida é fruto de excitações térmicas e serve como um indicador da qualidade do processamento realizado na amostra. As medições de *IxV* foram conduzidas em um criostato da Janis Research Company modelo VPF-100 equipado com um escudo térmico e controlador de temperatura Lakeshore Cryotronics Inc. modelo 325. As curvas *IxV* foram obtidas utilizando um analisador de parâmetros de semicondutores da HP modelo 4145b.

2.4. Medidas de espectro de fotocorrente

O espectro de fotocorrente permite avaliar a corrente gerada pelo dispositivo em função do espectro eletromagnético incidente. Para obter o espectro de fotocorrente, utilizamos uma lâmpada da Oriel Instruments modelo 66881, um monocromador da Oriel Instruments modelo 74100, uma lente convexa, um filtro de Si, um amplificador de corrente da Stanford Research Systems modelo SR570 e um amplificador lock-in da Stanford Research Systems modelo SR530.

2.5. Medidas de responsividade

A responsividade de um fotodetector é uma medida da eficiência do dispositivo em converter a potência óptica incidente em uma resposta elétrica. As medidas de responsividade foram feitas usando um amplificador de corrente da Stanford Research Systems modelo SR570, um amplificador lock-in da Stanford Research Systems modelo SR530, um *chopper* e um corpo negro a 800 K da marca CI modelo SR-2-23.

2.6. Simulação do revestimento AR

Com o software Essential Macleod, foi projetado um revestimento AR capaz de reduzir a refletância do InP para menos de 1% em toda a faixa SWIR. O banco de dados de índice de refração do Filmetrics (KLA Company) foi usado como referência para desenvolver o revestimento. A Figura 7 mostra a simulação da refletância para InP puro (curva tracejada em rosa), alumina – Al_2O_3 (curva tracejada e pontilhada em azul) e revestimento AR proposto (curva pontilhada em vermelho), que consiste em uma camada dupla de SiO_2/TiO_2 com as espessuras apresentadas na Figura 7. A alumina é um material de camada única já investigado pelo nosso grupo devido à sua baixa refletância em 1300 nm [13]. Conforme mostrado na Figura 7, o revestimento AR proposto possui uma refletância menor em toda a faixa do SWIR (900 a 1700 nm). Quanto menor a refletância do revestimento AR, maior será o aproveitamento de fótons incidentes e, consequentemente, melhor será o desempenho do dispositivo.

2.7. Deposição do revestimento AR

As deposições foram conduzidas utilizando um equipamento de pulverização catódica da marca AJA International modelo ATC 2200-V. Durante o processo, o vácuo na câmara do equipamento foi mantido em torno de 5 mTorr, com um fluxo de argônio de 50 sccm e sem aquecimento do substrato. A potência elétrica aplicada ao alvo de SiO_2 foi de 100 W,

resultando em uma taxa de deposição de 0,4 Å/s. Para o alvo de TiO_2, a potência elétrica utilizada foi de 100 W, com uma taxa de deposição de 0,3 Å/s. Os dielétricos foram depositados sobre substratos de Si para posterior análise das propriedades ópticas e das espessuras das camadas depositadas. Ao final de todas as análises, o revestimento AR foi depositado sobre a amostra final, seguindo os mesmos parâmetros de deposição mencionados.

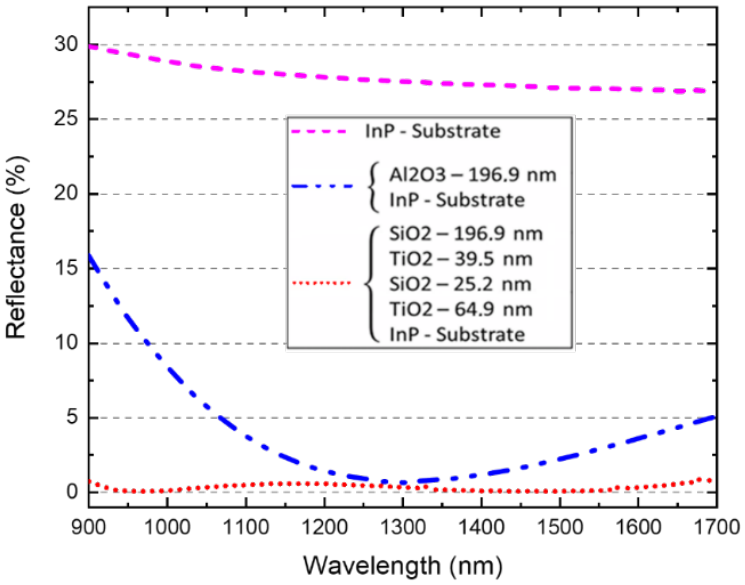


Figura 7 – Curvas de simulação de refletância utilizando o software Essential Macleod com índice de refração do banco de dados Filmetrics. A curva rosa tracejada é a refletância do InP puro, a curva vermelha pontilhada é o revestimento AR proposto composto por uma camada dupla de SiO_2/TiO_2, e em azul tracejado e pontilhado está a curva para a alumina (Al_2O_3).

3. Resultados

Para a obtenção da junção *pn* nos dispositivos, foi feita a difusão uniforme do dopante Zn conforme Figura 5. Na figura 8, obtivemos um resultado esperado em relação à amostra com o quaternário (curva sólida em preto): a corrente de escuro do diodo com quaternário foi superior à corrente de escuro do detector sem InGaAsP (curva tracejada e pontilhada em vermelho). Mesmo comparando a área efetiva de absorção de fótons (no quaternário é 5% menor), o dispositivo com quaternário obteve um desempenho pior do que o dispositivo sem quaternário, possivelmente porque a adição do InGaAsP serve para reduzir a densidade de armadilhas na interface InGaAs/InP, melhorando a extração dos portadores térmicos do dispositivo aumente.

Também na Figura 8, podemos perceber que as curvas de corrente de escuro após a deposição do AR são similares e estão dentro da incerteza experimental. As curvas de corrente de escuro foram obtidas em temperatura ambiente (300 K).

Na Figura 9 estão apresentados os espectros de fotocorrente entre 1000 nm e 2000 nm para amostras com e sem quaternário. Todos os espectros foram obtidos em temperatura ambiente (300K) e com a mesma montagem experimental. Foi utilizado para a obtenção dos espectros da Figura 9 um filtro de Si, bloqueando a radiação de comprimento de onda abaixo de 1000 nm, visando eliminar harmônicos. Podemos perceber que surpreendentemente no dispositivo com InGaAsP há fotocorrente para energias menores do que o *bandgap* dos materiais, ou seja, energias menores do que 0,75 eV. Analisando os espectros entre 1000 nm e 1700 nm, percebemos que o diodo com InGaAsP obteve um aumento na intensidade da fotocorrente em torno de 10% em relação ao dispositivo sem o quaternário. Esse aumento na fotocorrente foi atribuído à melhora na extração dos portadores fotogerados. Comparando os espectros de fotocorrente, podemos perceber na Figura 9 que há um aumento considerável na intensidade da fotocorrente entre as amostras com e sem o revestimento. Já era esperado um aumento nas intensidades de fotocorrente, pois sem o revestimento AR, 1/3 dos fótons incidentes nos dispositivos são perdidos por refletância. Comparando os dispositivos DsQ após a deposição do revestimento AR, tivemos um aumento próximo de 15% na intensidade do espectro de fotocorrente no pico (próximo de 1200 nm). Já na amostra DQ com AR, o aumento na intensidade foi próximo de 25% no pico, se comparado com a fotocorrente do dispositivo DQ sem revestimento.

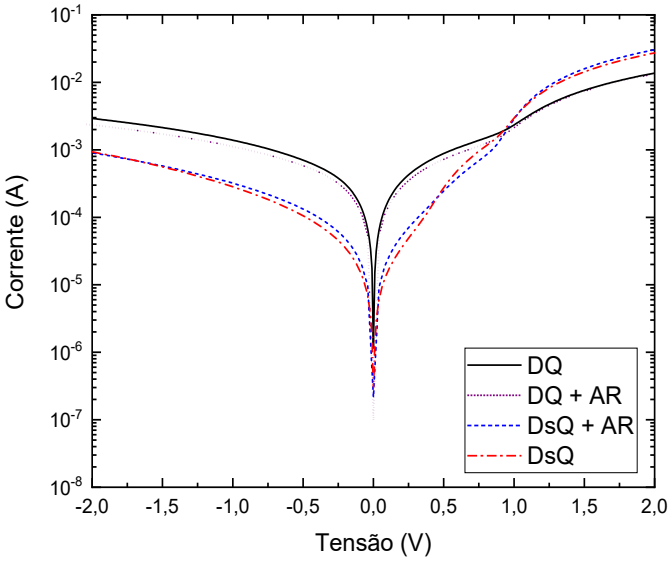


Figura 8 – Curvas de corrente de escuro dos dispositivos. Em vermelho tracejado e pontilhado temos a curva do dispositivo sem o quaternário (DsQ) e sem revestimento AR; em preto temos a curva continua do dispositivo com quaternário InGaAsP (DQ) e sem revestimento AR; em azul tracejado temos a curva do dispositivo sem quaternário e com revestimento AR (DsQ + AR) e em roxo temos a curva de fotocorrente do dispositivo com quaternário e com revestimento AR (DQ + AR). As curvas das correntes de escuro foram obtidas em temperatura ambiente (300 K).

Comparando ambos os dispositivos com AR, a diferença da intensidade no pico (1200 nm) foi próxima de 10%. A mesma diferença pode ser observada nos dispositivos sem o revestimento. As medidas de responsividade foram feitas em temperatura ambiente e no modo fotovoltaico (sem polarização). O comparativo apresentado na Figura 10 mostra que o revestimento AR aumentou em 20% a responsividade do detector DsQ.

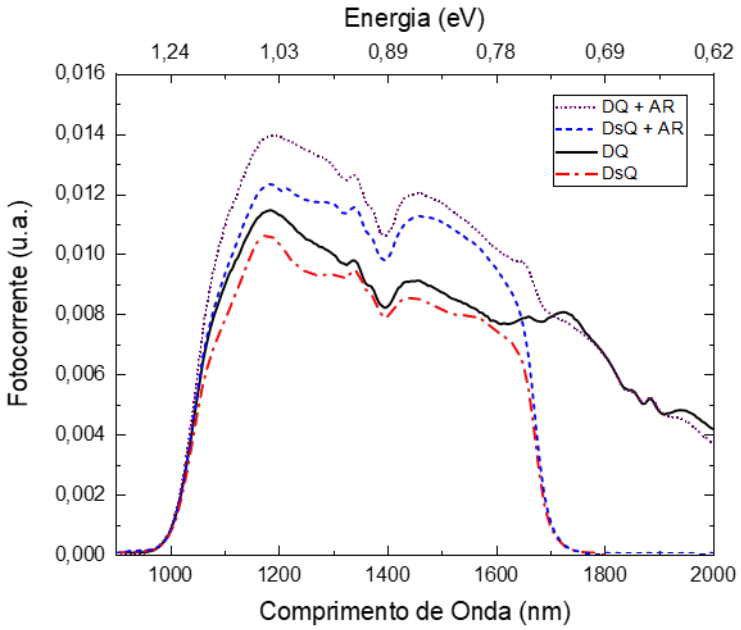


Figura 9 – Espectros de fotocorrente dos dispositivos. Em vermelho tracejado e pontilhado temos a curva do dispositivo sem o quaternário (DsQ) e sem revestimento AR; em preto temos a curva continua do dispositivo com quaternário InGaAsP (DQ) e sem revestimento AR; em azul tracejado temos a curva do dispositivo sem quaternário e com revestimento AR (DsQ + AR) e em roxo temos a curva de fotocorrente do dispositivo com quaternário e com revestimento AR (DQ + AR). Os espectros de fotocorrente foram obtidos em temperatura ambiente (300 K).

O dispositivo DQ com AR (28,53 mA/W) apresentou um aumento aproximado de 6 vezes o valor da responsividade se comparado com o DsQ com AR (4,86 mA/W). A notável melhoria de desempenho observada pode ser atribuída à extração da corrente fotogerada. No entanto, essa melhoria superou as expectativas iniciais. Portanto, será conduzida uma investigação detalhada das propriedades ópticas e morfológicas dessa interface para esclarecer completamente essa questão.

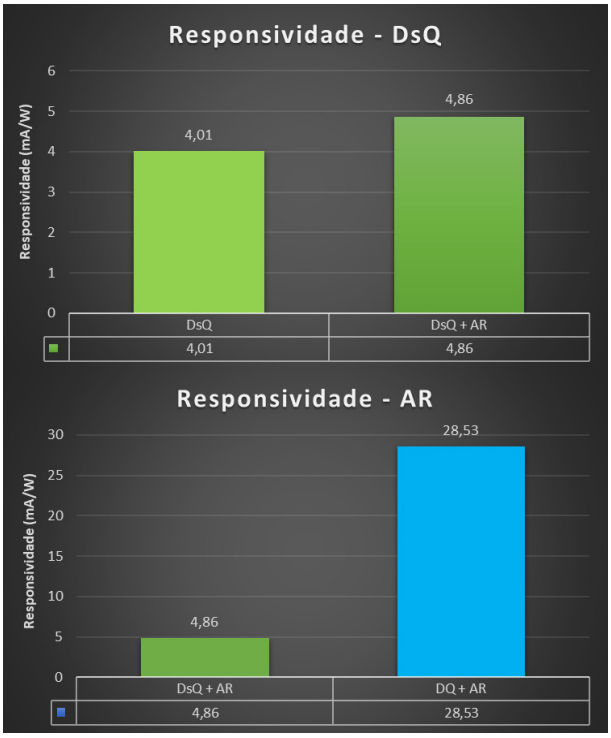


Figura 10 – Valores de responsividade das amostras obtidos em temperatura ambiente e no modo fotovoltaico. Em verde temos os dispositivos sem adição do quaternário (DsQ e DsQ +AR) e em azul temos o dispositivo com quaternário e revestimento AR.

4. Conclusões

Fabricamos um dispositivo fotodetector de InGaAs/InP com camada quaternária e difusão de Zn com sucesso pela técnica de MOVPE. Os resultados demonstram que a introdução do quaternário, conforme esperado, apesar de aumentar ligeiramente a corrente de escuro, melhora significativamente o desempenho geral do dispositivo. Com a iluminação frontal do dispositivo, obtivemos um ganho médio na intensidade da fotocorrente do dispositivo com quaternário da ordem de 10% em relação ao dispositivo sem InGaAsP. Ainda é necessário um melhor entendimento dos mecanismos envolvidos nas interfaces entre o quaternário, o InGaAs e o InP, para explicarmos o comportamento da fotocorrente para comprimentos de onda maiores do que 1700 nm. As medidas de responsividade mostraram que o dispositivo com quaternário foi superior quase 6 vezes em relação ao dispositivo sem o InGaAsP. O revestimento AR conseguiu melhorar o aproveitamento dos fótons incidentes nos diodos. Na fotocorrente, obtivemos um

aumento na intensidade em torno de 30% para ambos os dispositivos analisados e na responsividade um aumento de 20% em relação ao dispositivo sem quaternário e com AR. Como futuro desdobramento deste trabalho, serão produzidos dispositivos com difusão seletiva e o desempenho desses dispositivos será comparado com o desempenho dos componentes fabricados por difusão uniforme. Dessa forma, o papel do método de difusão será evidenciado.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Agradecemos ao CBPF pela utilização das instalações para deposição do revestimento AR.

Referências

Boisvert, J., Isshiki, T., Sudharsanan, R., Yuan, P., & McDonald, P. (2008). Performance of very low dark current swir pin arrays. *Proc. SPIE 6940, Infrared Technology and Applications XXXIV,* 69400L. https://doi.org/10.1117/12.781432

Cambou, P. & Rothrock, S. (2023). *Global semiconductor players prepare to cash in the CHIPS and invest to secure supply*. Yole Group. https://www.yolegroup.com/strategy-insights

Campbell J.C., Dentai A.G., Qua G.J., Long J. & Riggs V.G. (1985). Planar InGaAs PIN photodiode with a semi-insulating InP cap layer. *Electronics Letters,* 21(10), 447–448. https://doi.org/10.1049/el:19850318

DeSimone G.B.C. & Vieira G.S. (2019). Uso de cálculos computacionais para auxílio ao projeto e análise de revestimentos antirrefletores para sensores de infravermelho. *R. bras. Fís. Tecnol. apl, Ponta Grossa,* 6(2), 20-43. http://dx.doi.org/10.3895/rbfta.v6n2.9703

Fraunhofer ISE. (2022). Develops the World's Most Efficient Solar Cell with 47.6 Percent Efficiency. *Press Release (13).*

Maxar Technologies. (2015). *Use cases for SWIR imagery - taking a closer look - part 2 of 2*. Maxar Technologies. https://blog.maxar.com/earth-intelligence/2015/use-cases-for-swir-imagery-taking-a-closer-look-part-2-of-2

Kantamneni, H., Zevon, M., Donzanti, M. J., Zhao, X., Sheng, Y., Barkund, S. R., ... & Moghe, P. V. (2017). Surveillance nanotechnology for multi-organ cancer metastases. *Nat Biomed Eng ,* 1, 993–1003. https://doi.org/10.1038/s41551-017-0167-9

Lee T., Burrus C. & Dentai A. (1981). InGaAs/InP p-i-n photodiodes for lightwave communications at the 0.95-1.65 μm wavelength. *IEEE Journal of Quantum Electronics,* 2, 232-238. https://doi.org/10.1109/JQE.1981.1071055

Liang, W., Yin, R., Guo, H., Ren, G., Gan, L., & Chen, Q. (2023) Research progress of InGaAs single-photon avalanche diode arrays detector. *Fourteenth International Conference on Information Optics and Photonics (CIOP 2023),* 12935. https://doi.org/10.1117/12.3007767

MultiPix. (2018). *NIT SWIR camera takes on space*. MultiPix News. https://multipix.com/nit-swir-camera-space/

Rezende, I.H.W.S., Semaan, F.S., Borges, L.E.P. & Pereira, R.P. (2022). Nanomaterials, Energy Devices and Defense: Metal Oxides and *Supercapacitors. In: Rocha, Á., Fajardo-Toro, C.H., Rodríguez, J.M.R. (eds) Developments and Advances in Defense and Security. Smart Innovation, Systems and Technologies*, 255. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4884-7_19

Rouvié, A., Reverchon, J. L., Huet, O., Djedidi, A., Robo, J. A., Truffer, J. P., ... & Costard, E. (2012). InGaAs focal plane array developments at III-V lab. *Proc. SPIE 8353, Infrared Technology and Applications XXXVIII,* 835308. https://doi.org/10.1117/12.921134

Rouvié, A., Huet, O., Hamard, S., Truffer, J. P., Pozzi, M., Decobert, J., Costard, E., Zécri, M., Maillart, P., Reibel, Y. & Pécheur, A. (2013). Swir InGaAs focal plane arrays in France. *Proc. SPIE 8704, Infrared Technology and Applications XXXIX,* 870403. https://doi.org/10.1117/12.2015355

Sensors Inc. (2024). *(SWIR) Short Wave Infrared Night Vision Camera Systems for Vehicle Navigation*. Sensors Unlimited. https://www.sensorsinc.com/applications/military/

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 27/03/2024
Aceitação/Acceptance: 08/06/2024

Explorando las Dinámicas Globales de Innovación: Un Análisis Multivariante del Índice Global de Innovación y su Impacto en el Desarrollo Sostenible

Héctor Fernández[1], Marcelo Ruiz[2], Claudio Ruff[2], Alexis Matheu3, Purificación Galindo[3]

hector.fernandez@ubo.cl

[1] Universidad Bernardo O´Higgins, Santiago de Chile, Universidad de Salamanca, España, Doctorado en Estadística Multivariante Aplicada

[2] Universidad Bernardo O´Higgins, Santiago de Chile

[3] Universidad de Salamanca, España, Doctorado en Estadística Multivariante Aplicada

Pages: 355-369

Resumen: El Índice Global de Innovación (GII) ofrece una perspectiva crucial sobre las tendencias de innovación a nivel mundial, identificando cómo los países abordan desafíos globales y regionales mediante prácticas innovadoras. Este estudio emplea un análisis de datos multivariantes y biplots dinámicos para explorar la evolución y el impacto de la innovación en el desarrollo económico y social. Destacando la importancia de la innovación en la promoción de un desarrollo sostenible, los resultados evidencian una correlación significativa entre la capacidad de innovación de un país y mejoras en bienestar social, enfrentamiento al cambio climático y reducción de la desigualdad económica. Especialmente en América Latina, se subraya la necesidad de políticas que fortalezcan los ecosistemas de innovación y promuevan la inversión en investigación y desarrollo, apuntando a cerrar las brechas en capacidad de innovación para fomentar la competitividad y la inclusión económica. El principal resultado resalta la heterogeneidad en el progreso de los diferentes países y la compleja interacción entre los diversos indicadores de innovación, revelando que la innovación no solo es crucial para el crecimiento económico sostenido, sino también esencial para mejorar la calidad de vida a nivel global y regional. Este análisis proporciona una base sólida para la formulación de estrategias efectivas que permitan a los países afrontar los retos contemporáneos de manera innovadora.

Palabras-clave: Innovación, Desarrollo Sostenible, Análisis Multivariante, Biplots Dinámicos, Ecosistemas de Innovación

Exploring Global Innovation Dynamics: A Multivariate Analysis of the Global Innovation Index and Its Impact on Sustainable Development

Abstract: The Global Innovation Index (GII) provides a crucial perspective on innovation trends worldwide, identifying how countries tackle global and regional challenges through innovative practices. This study utilizes multivariate data analysis and dynamic biplots to explore the evolution and impact of innovation on

economic and social development. Highlighting the importance of innovation in promoting sustainable development, results show a significant correlation between a country's innovation capacity and improvements in social welfare, climate change mitigation, and economic inequality reduction. Particularly in Latin America, the need for policies that strengthen innovation ecosystems and promote investment in research and development is emphasized, aiming to bridge gaps in innovation capacity to enhance competitiveness and economic inclusion. The main outcome underscores the heterogeneity in the progress of different countries and the complex interaction among various innovation indicators, revealing that innovation is not only crucial for sustained economic growth but also essential for improving quality of life at both global and regional levels. This analysis provides a solid foundation for formulating effective strategies that enable countries to face contemporary challenges innovatively.

Keywords: Innovation, Sustainable Development, Multivariate Analysis, Dynamic Biplots, Innovation Ecosystem

1. Introducción

El concepto de innovación ha sido estudiado considerablemente a lo largo de la historia, siendo en la actualidad visualizado desde distintos enfoques teóricos, metodológicos y bajo la mirada de diversos autores. A nivel mundial, una de las definiciones más aceptadas es la de la OECD (2005) que en su Manual de Oslo define la innovación como "la implementación de un producto (bien o servicio) o un proceso nuevo o significativamente mejorado, un nuevo método de comercialización o un nuevo método organizativo en las prácticas empresariales, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores".

Uno de los primeros en dar cuenta de la relevancia del desarrollo tecnológico en lo que respecta al crecimiento económico, es Schumpeter (1934). Este define la innovación de acuerdo a cinco componentes. El primero corresponde a un nuevo producto introducido en el mercado, este obedece a un bien que no ha sido explotado hacia el público, por ende, es situado como una nueva clase de bienes. En segundo lugar, cuando se desarrolla un nuevo método de producción fuera de los existentes dentro de la industria, que exige también un nuevo descubrimiento científico. En tercer lugar, especifica la apertura de un mercado incipiente, habiendo o no existido ese mercado en otro país. En cuarto lugar, adquirir una nueva fuente de abastecimiento de materias primas. Finalmente, la implementación de una estructura nueva en el mercado (Cilleruelo, 2007).

En otras palabras, Schumpeter (1967) considera la innovación como la producción de otras cosas o las mismas, pero por métodos distintos. Además, plantea que la innovación se haya en el centro de la actividad industrial misma, más no en las necesidades de los consumidores, siendo estas irrelevantes para el productor (Olaya, 2008). Es por ello que resalta el proceso de innovación como un elemento importante en la productividad y esta, a su vez, como una impulsora del crecimiento económico a largo plazo. De esta forma, el avance tecnológico se genera primordialmente por la innovación industrial que es determinante en su teoría dentro del proceso productivo de una economía (Chandra, Eröcal, Padoan y Primo, 2009).

Hoy en día la innovación también es entendida como un factor que promueve las exportaciones y el comercio exterior, además de que impulsa el desarrollo económico,

fomenta la oferta laboral, unifica y direcciona las políticas sociales, económicas y ambientales de los Estados. También ayuda a diversificar la canasta exportadora y aumenta el ingreso per cápita propiciando una mejor calidad de vida para la población (Gonzales, 2014).

2. Índice Global de Innovación

El Índice Global de Innovación o GII (Global Innovation Index) es considerado como el indicador de innovación líder a nivel mundial. Este fue creado por la Universidad de Cornell, el INSEAD y la Organización Mundial para la Propiedad Intelectual (OMPI) para dar a conocer las economías más innovadoras a nivel mundial.

Es por ello que se evalúan 141 economías de diferentes países, destacándose los puntos débiles y fuertes en el área, tomando en consideración 81 indicadores. El objetivo del Índice Mundial de Innovación es brindar apoyo a los Estados en todas las etapas de desarrollo con el fin de fortalecer su ecosistema de innovación. Es por ello, que este estudio se considera como un instrumento para la formulación y creación de políticas públicas favorables a la innovación (GII, 2022).

De esta manera, el GII está compuesto por variables tradicionales de innovación, como el nivel de investigación y desarrollo, así como por diferentes indicadores que identifican aspectos externos claves y del progreso tecnológico de todas las economías investigadas. Asimismo, este indicador se basa en dos sub-índices relevantes que son el Innovation Input Sub-Index, este abarca los elementos de la economía nacional que permiten y promueven la actividad innovadora; así como el Innovation Output Sub-Index que expone los resultados de innovación actualizados (Arango, 2016).

Esto se muestra en el siguiente mapa conceptual construido a partir de Arango 2016 desde la información obtenida por GII 2015:



Fuente: Johnson Cornell University, INSEAD, WIPO (s.f.)

Lo característico de este índice, es el gran número de países que estudia, los indicadores de entrada y salida sobre innovación, la mayoría de los indicadores utilizados son recolectados a partir de datos duros cuantitativos y sólo cinco de ellos de encuestas o datos cualitativos. También este índice mide el desempeño de la innovación como resultado de actividades de investigación y desarrollo I+D y de actividades creativas no menos importantes (Fernandes y Fernandes, 2016).

De acuerdo al resumen del Índice Mundial de Innovación 2022 Suiza por duodécimo año consecutivo es el país que ocupa el primer puesto en el ranking, luego se encuentra EEUU y le sigue Reino Unido, los Países Bajos y la República Coreana.

En cuanto a América Latina, Chile es el único país de la región que se instala dentro de los 50 primeros puestos siendo el líder latinoamericano, luego aparece Brasil en el puesto 54 y México en el lugar 58 quedando dentro de los tres primeros lugares de la zona. Cabe destacar que países como Colombia (63) y Perú (65), Argentina (69) y República Dominicana (90) han registrado avances notorios en cuanto a la clasificación mundial en materias de innovación. Perú en especial, se consolida como país referente en cuanto a los indicadores de disponibilidad de préstamos de instituciones de microfinanciación (1), graduados en ciencia e ingeniería (18) y modelos de utilidad (22).

En lo que respecta a las clasificaciones focalizadas por país en América Latina y el Caribe a nivel general se mantiene una relentización en cuanto al avance de los Estados dentro de los puestos, México baja tres puestos respecto al año 2021 siendo su peor ponderación desde 2017. Sólo ocho de las 18 economías suben puestos dentro del ranking, pero de manera limitada en contraste con las demás economías del mundo, sin embargo Colombia (63), Perú (65) y Argentina (69) son los países que suben y se sitúan entre los 70 primeros. Ahora bien, Uruguay es la primera economía de la región en instituciones (32), el Perú es pionero en cuanto a capital humano e investigación (47) y desarrollo de los mercados (40) y Chile en infraestructuras (47) y producción de conocimientos y tecnología (54). Mientras que Brasil se impone como líder regional en lo que respecta a desarrollo empresarial (35) (Índice Global de Innovación, 2022).

Asimismo, se denota una persistente brecha regional de innovación al no existir cambios en las clasificaciones de las regiones a nivel mundial entorno a los resultados de la innovación. Esto al seguir siendo América del Norte y Europa los líderes globales, seguidos por el Sudeste Asiático, Asia Oriental y Oceanía, luego con más distancia África del Norte y Asia Occidental, América Latina y el Caribe, Asia Central y Meridional y finalmente África Subsahariana (Índice Global de Innovación, 2022).

El objetivo de la investigación es evaluar y comparar la innovación en diferentes países, proporcionando una base para el análisis de fortalezas y debilidades específicas. Además, al incluir una gama tan diversa de indicadores, el GII destaca la naturaleza multifacética de la innovación, reconociendo que se nutre tanto de un fuerte entorno institucional y capital humano, como de sofisticados mercados y empresas, junto con la capacidad de generar y aplicar conocimientos y tecnologías.

La investigación a través de los análisis multivariantes aportara elementos para entender cómo la innovación impulsa el crecimiento económico y el bienestar social, busca además, impactar en políticas gubernamentales para evaluar y mejorar sus ecosistemas de innovación. Al identificar áreas específicas de mejora, pueden diseñar políticas más

efectivas para impulsar la innovación, también permitirá rastrear cómo la capacidad de innovación de un país cambia a lo largo del tiempo, ofreciendo insights sobre tendencias emergentes, áreas de rápido crecimiento, y desafíos potenciales.

El Índice Global de Innovación es una herramienta crucial para entender la dinámica de la innovación a nivel mundial. Permite una comparación exhaustiva entre países y regiones, identificando no solo a los líderes en innovación, sino también aquellos aspectos donde los países pueden mejorar para fomentar un desarrollo sostenible y equitativo.

Otro de los rankings de innovación es el European Innovation Scoreboard (EIS) el cual proporciona a la UE una evaluación comparativa del rendimiento de las investigaciones y la innovación de sus Estados miembros. De esta manera, la información recabada en datos provee a los Estados miembros, las regiones y a la UE el poder evaluar sus fortalezas y debilidades relacionadas a los sistemas de investigación e innovación. Así, el objetivo de este índice, es poder medir las áreas en las cuales los Estados se hayan con mejor rendimiento, junto con las que deben centrar sus esfuerzos en términos de mejorar el enfoque centrado en la innovación (European Commission, 2019).

La Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología -Iberoamericana e Interamericana- (RICYT) está integrada por todos los países de América, junto con España y Portugal. Ha sido adoptada por el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) como red iberoamericana y por la Organización de Estados Americanos (OEA) como red interamericana (RICYT, 2023). Esta busca promover el desarrollo de instrumentos para la medición y análisis de la ciencia y la tecnología en Iberoamérica, dentro de un marco de cooperación internacional. A su vez, tiene el objetivo de expandir su conocimiento y utilización como un instrumento político para la toma de decisiones (RICYT, 2022).

En la Red participan universidades, agencias e institutos nacionales de estadística y organismos privados sin fines de lucro del área de ciencia y tecnología de cada uno de los países de América y de la Península Ibérica en la construcción de indicadores, tanto en el suministro de datos, como modelando o estimando cada uno de estos indicadores (Arango, 2016).

Según el informe “El Estado de la Ciencia” elaborado por RICYT (2022) analizando el contexto económico entre los años 2011 y 2020 se evidencia una tendencia al crecimiento del Producto Interno Bruto a nivel global, también se observa un cambio de tendencia en la serie durante el año 2020, originado por la pandemia COVID-19 lo que produjo una contracción en la mayoría de las economías de la región respecto a los años anteriores (El Estado de la Ciencia, 2022). Lo anterior significó que los recursos económicos destinados a I+D sufrieran una caída del 6% en el año 2020 en comparación al 2019 para los países de América Latina y el Caribe, mientras que esta tendencia no se visualiza en los países iberoamericanos (-3%).

Esta situación no se produce en todos los bloques geográficos estudiados, más bien en países como Estados Unidos y Canadá o los países asiáticos, mostraron un crecimiento en los recursos destinados a I+D sin excepción del 2020. Dentro de América Latina Brasil invierte el 1,17%, Argentina y Cuba el 0,52% y el resto de países invirtió menos del 0,50% del PIB en I+D.

En cuanto a recursos humanos dedicados a I+D la cantidad de investigadores con Equivalencia a Jornada Completa (EJC) en Iberoamérica ha experimentado un crecimiento del 39% entre 2011 a 2020. Al considerar la distribución de los recursos humanos de acuerdo con su sector de empleo, en 2020 el 58% de los investigadores desarrolló sus actividades en universidades, el 30% en el área empresarial y el 11% en instituciones de I+D del ámbito público. Finalmente se analizan las patentes, para ello se examina el número de patentes solicitadas mediante el Tratado de Cooperación en Patentes (PCT) por titulares iberoamericanos que descendió a un 6% entre 2011 y 2020, en tanto para ALC aumentó en un 21% (RICYT, 2022).

Dada la complejidad y la importancia crítica de la innovación en el desarrollo económico y social a nivel mundial, el análisis y la discusión sobre los resultados del Índice Global de Innovación (GII) arrojan luz sobre los desafíos tanto globales como regionales que enfrentan distintos países. En este sentido, es vital reconocer cómo la innovación puede ser un motor clave para abordar problemas contemporáneos, como el cambio climático, la desigualdad económica y los desafíos en salud pública. Por ejemplo, Dutta, Lanvin, y Wunsch-Vincent (2022) en el Informe del Índice Global de Innovación, destacan que la capacidad de innovación de un país no solo impulsa su crecimiento económico, sino que también juega un papel crucial en la superación de barreras estructurales y en la promoción de un desarrollo sostenible. Esta capacidad de innovación se ve reflejada en la mejora de los índices de salud, educación y bienestar general de la población.

A nivel regional, los desafíos incluyen la necesidad de fortalecer los ecosistemas de innovación, promover la inversión en investigación y desarrollo, y fomentar la colaboración entre el sector público y privado. Para América Latina, por ejemplo, la CEPAL sugiere que es imperativo abordar las brechas en la capacidad de innovación para impulsar la competitividad y la inclusión económica. Esto incluye políticas enfocadas en la educación, la infraestructura tecnológica y el fomento de la investigación aplicada. (Jung y Katz, 2023)

3. Metodología

El análisis de datos multivariantes es una herramienta poderosa para explorar relaciones complejas entre múltiples variables. Entre las técnicas más útiles en este campo se encuentra el biplot, que permite visualizar simultáneamente tanto las observaciones como las variables en un mismo gráfico (Gabriel, 1971). Esta investigación hace uso de los biplots dinámicos, una extensión que incorpora información temporal o de series temporales en el análisis.

Un Biplot es una representación gráfica de datos multivariantes de la misma manera que lo hace un gráfico de dispersión sobre dos ejes que representan dos variables. En el caso de los Biplot, se representa la distribución conjunta sobre tres o más variables en un gráfico dos dimensional donde cada eje representa una componente compuesta por las variables de origen. De este modo, dentro de la representación gráfica, las variables son visualizadas como flechas donde mientras menor sea el ángulo entre ellas indica mayor correlación, siendo el ángulo de 90° y 270° la representación de variables no correlacionadas, ángulos cercanos a 0° entre variables representa correlación directa entre variable y ángulos cercanos a los 180° representa correlaciones fuertes pero de

manera inversa entre variables. Además, el largo de las flechas que representan a las variables de análisis indicara que tanta variación se presenta en la misma variable.

Por otra parte, los ejes coordenados representarán los ejes factoriales de representación compuesta para las variables de análisis, por lo que, si una variable se representa con una dirección cercana a la horizontal, estará muy bien representada sobre el eje factorial horizontal y de manera análoga con el vertical.

Existen tres tipos de Biplot, a saber, GH-BIPLOT, JK-BIPLOT y HJ-BIPLOT, siendo este último el utilizado para el análisis, el cual genera la mejor representación gráfica de individuos y variables.

Por último, la representación de un individuo en cada una de las variables se puede obtener bajo la proyección perpendicular sobre las flechas que representan a estas últimas. Por lo tanto, las proyecciones de un individuo que caen sobre el vector de la variable indican que este individuo está por sobre la media en esa variable; y las proyecciones que caen sobre la prolongación del vector proyectado, hacia el sentido opuesto, indican que el individuo tiene un valor bajo la media en esa variable.

Por otra parte, los biplots dinámicos ofrecen una forma poderosa de visualizar y comprender datos multivariantes en una investigación longitudinal de componentes temporales, el estudio proporciona un marco para la aplicación efectiva de biplots dinámicos en estudios de datos temporales, permitiendo una exploración más profunda y una comprensión más completa del fenómeno estudiado. (Husson, Josse, & Le, 2017)

Este método combina técnicas de análisis de datos multivariantes con técnicas de visualización dinámica para representar la variación de las observaciones y las variables a lo largo del tiempo. El análisis estadístico utilizando en la técnica de los biplots dinámicos de esta investigación es:

- Recopilación de Datos Temporales: Los datos incluyen series temporales de los siete indicadores del Índice de Innovación Global correspondientes a Instituciones, Capital humano e investigación, Infraestructura, Sofisticación del mercado, Sofisticación del negocio, Productos de conocimiento y tecnología y Resultados creativos, los anteriores en el periodo desde el 2012 al 2022.
- Preprocesamiento de Datos: Los datos fueron procesados en Excel, eliminando a aquellos países, tanto a nivel latinoamericano como mundial, que no tenían información en más de un periodo y excluyendo el año 2011 del análisis por falta de información. Para aquellos países que presentaban un dato faltante, estos fueron imputados a través de medias móviles de los últimos 5 periodos para no perder observaciones en el análisis y poder incluir el panorama 2022 en el estudio.
- Análisis de Componentes Principales Dinámico (DCPA): La técnica aplica el Análisis de Componentes Principales (ACP) a los datos en cada momento temporal para obtener las componentes principales y los valores propios asociados que son los ejes de los gráficos que serán representados.
- Variación Temporal: Se examinarán además, la variación temporal de los componentes principales para comprender cómo cambian las estructuras de los datos a lo largo del tiempo.

- Construcción del Biplots Dinámico: Se proyectan finalmente las observaciones y las variables en el espacio de los componentes principales obtenidos en el paso anterior, para construir el biplot dinámico que muestra la relación entre las observaciones y las variables a lo largo del tiempo, considerando el 2022 como año referencial de la visualización, evidenciando el panorama actual por país y permitiendo verificar las trayectorias hacia el pasado para países e indicadores.

4. Resultados y discusión

En la actual investigación se exploran las dinámicas de innovación a nivel global, enfocándose en el análisis de las variaciones y tendencias dentro del Índice Global de Innovación (GII) a lo largo del tiempo, con especial atención en América Latina. Desde el análisis multivariante de datos, se logra una representación profunda y comprensiva de la evolución de la innovación en los países estudiados. Los resultados destacan trayectorias significativas de cambio y desarrollo en la sofisticación del mercado, el capital humano e investigación, así como en los resultados creativos, evidenciando no solo la heterogeneidad en el progreso de los diferentes países sino también la interacción compleja entre diversos indicadores de innovación. A través de este análisis, se busca no solo comprender cómo la innovación impulsa el crecimiento económico y el bienestar social, sino también proporcionar una base sólida para la formulación de políticas gubernamentales que mejoren los ecosistemas de innovación. Con una mirada crítica hacia las trayectorias de innovación desde el 2013 al 2022, se absorbe más del 80% de la varianza total de los datos, lo que asegura una representación de calidad y revela insights cruciales sobre la dinámica de innovación en un contexto global y regional.

En la figura 1 se observan el biplot dinámico representando a los países de américa latina presentes en el Global Innovation Index identificando las trayectorias y evolución de las variables a lo largo de los años, destacando las variaciones al alza desde el 2013 al 2022, absorbiendo más del 80% de la varianza total de los datos asegurando una excelente calidad de representación. En el indicadore de Sofisticación del mercado, enmarcando que en esta variable el índice a ponderado a un grupo de países mucho más heterogéneo a través de los años; situación similar se ha presentado en la variable de Capital humano e investigación. Por otra parte, el indicador de Resultados creativos observa variaciones importantes a lo largo de los años, presentando correlaciones casi perfectas con el indicador Instituciones en los años desde el 2016 al 2021, separándose en gran manera en la clasificación 2022, lo cual podría evidenciar cambios en las bases metodológicas de las mediciones del índice. Las otras variables no presentan variaciones mayores en el periodo de análisis.

Por otra parte, el panorama visualizado en la figura presenta la grave situación de Guinea en términos de innovación, situación también presentada en países como Guatemala, El Salvador y Honduras en menor magnitud. Además, se destaca la dominancia de Chile en los indicadores de innovación medidos en el ranking, posicionándose entre los primeros tres lugares en 6 de los 8 indicadores, lo cual se puede visualizar bajos las proyecciones del biplot.

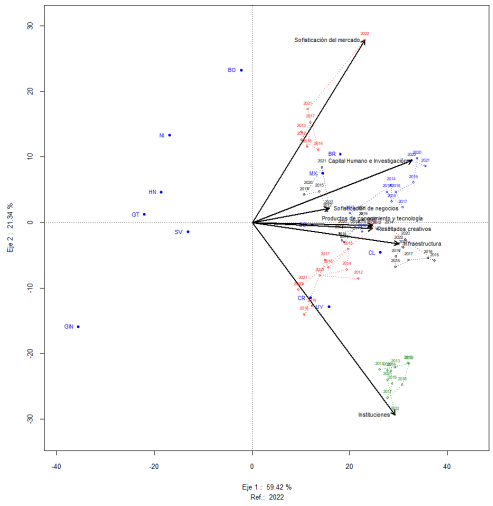


Figura 1

En la figura 2 se visualiza la trayectoria de los países en el GII en el periodo 2018 al 2022 para una representación limpia y que permita interpretatividad, absorbiendo la misma varianza de la figura anterior ya que también está enmarcado en la referencia 2022 con la las mismas variables e individuos.

Se destaca la trayectoria de Guinea, la cuál presenta una involución a través del tiempo en todos los indicadores analizados, identificando como a descendido en todos los indicadores de la clasificación, siendo el país ubicado por debajo de la media de mayor manera.

Del mismo modo pero en menor magnitud se observa el retroceso de países como Guatemala, Honduras, Nicaragua, Ecuador y Paraguay, quienes estaban bien representados en la variable de Sofisticación de mercado, alcanzando valores sobre la media en aproximadamente 0.5 desviaciones estándar, pero descendiendo a través del tiempo en todos los indicadores y ubicándose bajo la media en el panorama actual.

Por otra parte, se destaca Costa Rica quien ha tenido rendimientos sobre la media en los indicadores del ranking con excepción de Sofisticación de mercado, donde se enmarca con un rendimiento promedio, en el 2022 sus proyecciones sobre los indicadores Sofisticación de negocios, Productos de conocimiento y tecnología, Resultados creativos e Infraestructura migraron hacia el de instituciones, teniendo una proyección levemente mayor sobre este indicador, en el último año, con respecto a los anteriores. Por último se destaca la participación de Chile, ubicada en proyecciones sumamente estables a través de los años sobre todos los indicadores, destacándose en los de Sofisticación de negocios, Productos de conocimiento y tecnología, Resultados creativos e Infraestructura.

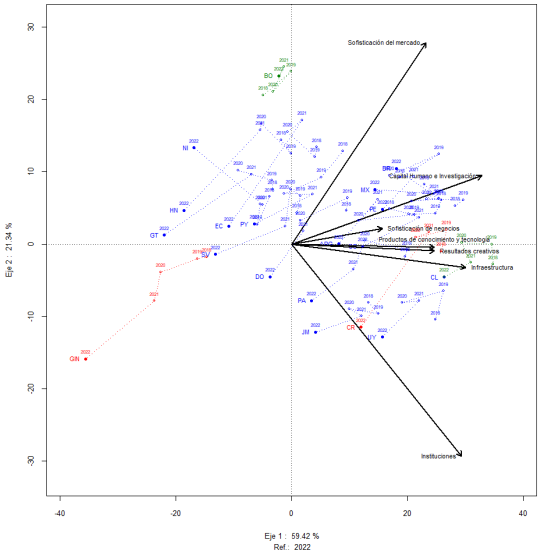


Figura 2

En la figura 3 se muestra el movimiento de indicadores entre los años 2012 al 2022, en este caso en un contexto global, con una visualización que absorbe más de un 87% de la varianza de los datos, principalmente señalada en el eje factorial horizontal, permitiendo alta interpretatividad sobre las distancias horizontales. Por otra parte, considerando el volumen de países a nivel global, se consideró un filtro de inercia al 70% para evitar el exceso de información en la visualización, considerando solo los países con valores relativamente alejados de valores promedios, los cuales nos interesa analizar. Se destaca la separación de las variables a través de los años, observando que al inicio del periodo de análisis se observaba una alta correlación entre todos los indicadores con excepción de el de instituciones, donde a través de los años los indicadores de Resultados creativos y Sofisticación de mercado se individualizaron con respecto a las otras variables pero manteniendo una alta correlación positiva entre ellas, además, se observa que la variabilidad de estas a aumentado a través del tiempo con respecto a los países analizados.

Por último, se destaca el hecho de que la variable instituciones se mantiene completamente individualizada de las demás, la cual se ha hecho mucho más evidente en el último año, señalando la importancia y particularidad en los atributos que esta podría medir en lo que a innovación respecta en el ambiente mundial, medido a través del Global Innovation Index.

En términos globales, el panorama 2022 destaca el desempeño de los países Europeos, Estados Unidos, China y Japón en el desempeño general, liderando en todos los indicadores. Además, se debe poner en mira el desarrollo de países como Irán, Bolivia

y Yemen, quienes no solo están bajo el promedio en todas las variables, también presentan posiciones críticas en el indicador de Instituciones lo cual sugiere potenciar el desarrollo y apoyo político y legal, el entorno regulatorio y el ambiente para el desarrollo de emprendimiento y negocios en estos países.

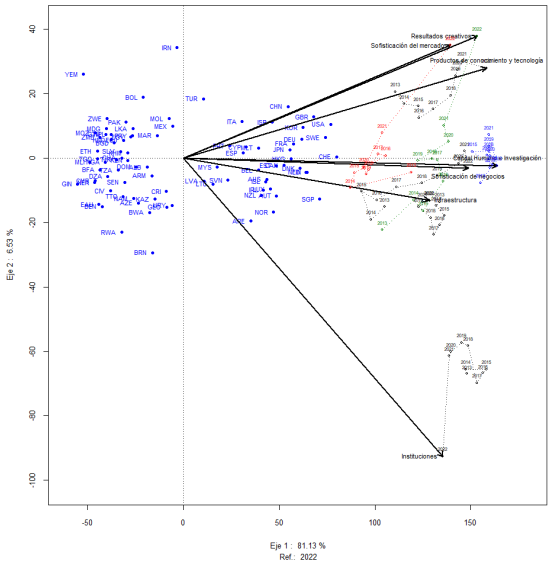


Figura 3

En la figura 4 se observa el mismo biplot dinámico de la figura anterior, destacando ahora la trayectoria de los países respecto a los indicadores de innovación del GII en los últimos 5 años de análisis, con un filtro de inercia del 95% para visualizar solo aquellos países de movimientos significativamente lejanos a la media de los datos en los indicadores de estudio. No se observan movimientos mayormente significativos, destacando países como Rwanda, Benin, Uganda y Costa de Marfil, los cuales a pesar de ser países ubicados bajo la media en todas las variables, han mejorado evidentemente su puntuación en el indicador de instituciones, mayormente en el último año.

Por otra parte, países como China se han mantenido sumamente estables en los últimos años de estudio, manteniendo sus mejores proyecciones sobre los vectores correspondientes a las variables de Resultados creativos y Sofisticación de Mercado. Por último, se evidencia dominancia de Suiza sobre todos los indicadores de innovación, destacando su solidez en esta área durante todo el periodo de estudio, pero señalando leves descensos en la dirección horizontal, hacia la baja en los indicadores, los cuales, al considerar que el eje factorial horizontal acumula más del 81% de la varianza de los datos, señala correcta y alta interpretatividad sobre el descenso de esta nación, sobre todo en los indicadores de Capital humano e Investigación y Sofisticación de negocios.

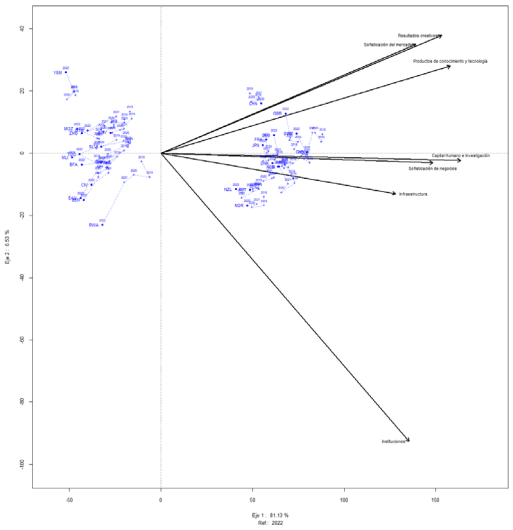


Figura 4

4.1. Discusión

El análisis de los resultados revelados en el estudio proporciona una visión amplia sobre los desafíos globales y regionales en el ámbito de la innovación. Estos desafíos son:

4.2. Desafíos Globales

Brecha en Innovación: Los resultados subrayan una persistente brecha en innovación entre distintas regiones del mundo. América del Norte y Europa continúan liderando, evidenciando una concentración de capacidad y resultados de innovación en países con economías avanzadas. Esto plantea el desafío global de democratizar la innovación, asegurando que países en desarrollo también puedan acceder a los recursos y conocimientos necesarios para impulsar su propio desarrollo innovador.

Sostenibilidad y Cambio Climático: La innovación juega un papel crucial en la dirección de desafíos globales como el cambio climático. Los resultados podrían ser utilizados para identificar áreas donde la innovación está contribuyendo a soluciones sostenibles y, al mismo tiempo, señalar donde es necesario un mayor esfuerzo. La integración de indicadores relacionados con la innovación verde y sostenible en futuros análisis podría fomentar prácticas que apoyen objetivos medioambientales.

Innovación en Salud Pública: La reciente pandemia ha resaltado la importancia de la innovación en salud pública. Analizar cómo los diferentes países han integrado la innovación en este sector podría proporcionar lecciones valiosas sobre la preparación y respuesta ante crisis sanitarias globales.

4.3. Desafíos Regionales

Desarrollo Desigual: La variabilidad en la capacidad de innovación dentro de América Latina, por ejemplo, refleja desafíos regionales significativos. Mientras que países como Chile muestran un desempeño notable en varios indicadores de innovación, otros luchan por superar barreras estructurales que limitan su desarrollo innovador. Esto señala la necesidad de políticas regionales enfocadas en cerrar esta brecha, promoviendo el intercambio de conocimientos y mejores prácticas entre países.

Fortalecimiento Institucional: Los resultados indican que la variable de instituciones se mantiene distintivamente separada de otras, sugiriendo que el fortalecimiento institucional es fundamental para el fomento de la innovación. Esto es particularmente relevante en regiones donde las deficiencias en el entorno regulatorio y el apoyo gubernamental limitan el potencial innovador. La colaboración regional para mejorar el marco institucional podría ser una estrategia clave para superar este desafío.

Capital Humano e Investigación: La heterogeneidad en la variable de capital humano e investigación sugiere diferencias en cómo los países invierten en su talento y capacidades investigativas. Desarrollar estrategias regionales para la educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM), así como incentivar la investigación y desarrollo, son pasos críticos para construir sociedades innovadoras.

5. Conclusiones

El análisis detallado de la innovación, su trayectoria y sus impactos, es fundamental para diseñar estrategias efectivas que permitan afrontar los retos contemporáneos de manera innovadora, asegurando no solo un crecimiento económico sostenido sino también la mejora en la calidad de vida de las poblaciones a nivel global y regional.

El estudio realizado sobre las dinámicas globales de innovación enfatiza la vital importancia de la capacidad de innovación de los países para impulsar el desarrollo económico y social, resaltando su papel crucial en abordar desafíos contemporáneos como el cambio climático, la desigualdad económica, y la mejora del bienestar social. A través de un análisis multivariante detallado, revela la diversidad en el progreso de innovación entre naciones y la complejidad de sus interacciones, subrayando la necesidad en América Latina de políticas que fortalezcan los ecosistemas de innovación y fomenten la inversión en investigación y desarrollo. Este enfoque provee una perspectiva amplia para la formulación de políticas efectivas, orientadas a cerrar brechas de innovación y promover un desarrollo sostenible y equitativo, demostrando que la innovación no solo es esencial para el crecimiento económico, sino también indispensable para el avance social a nivel global y regional.

Referencias

Arango, A. (2016). Innovación y Crecimiento Económico, una Aproximación desde la Teoría [Trabajo de Grado, Universidad EAFIT]. file:///Users/macos/Documents/ArangoAlvarez_Angelica_2016_innovacio%CC%81n.pdf

Chandra, V., Erôcal, D., Padoan, P. C., & Primo, C. A. (2009). Innovation and Growth. Chasing a Moving Frontier. OCDE y Banco Internacional de Reconstrucción y Desarrollo.

Cilleruelo, E. (2007). Compendio de Definiciones del Concepto "Innovación" Realizadas por Autores Relevantes: Diseño Híbrido Actualizado del Concepto. Revista de Ingeniería de Organización. https://www.revistadyo.es/index.php/dyo/article/view/20

Corral, V. (2021). Índices Europeos y Regionales de Innovación 2021: El Casode Andalucía y su Potencial Crecimiento en I+D+i. Linkedin https://es.linkedin.com/pulse/%C3%ADndices-europeos-y-regionales-de-innovaci%C3%B3n-2021-el-su-corral-franco

Dutta, S., Lanvin, B., León, L. R., & Wunsch-Vincent, S. (Eds.). (2021). Global innovation index 2021: tracking innovation through the covid-19 crisis. WIPO.

European Commission. (2019). Cuadros de Indicadores de Innovación 2019: Aumentan los Resultados de la UE y sus Regiones en Materia de Innovación. Bruselas. file:///Users/macos/Downloads/2019_Innovation_Scoreboards__The_innovation_performance_of_the_EU_and_its_regions_is_increasing%20es%20(1).pdf

Fernandes, N., & Fernandes, C. (2016). Global innovation index: Moving beyond the absolute value of ranking with a fuzzy-set analysis. Journal of Business Research, 69(11), 5265–5271. http://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.04.123

Gabriel, K. R. (1971). The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. Biometrika, 58(3), 453-467.

Garzón, M. A. e Ibarra, A. (2013). Innovación empresarial, difusión, definiciones y tipología. Una revisión de literatura. Revista Dimensión Empresarial, vol. 11, Núm. 1, pp. 45-60. file:///Users/macos/Downloads/Dialnet-InnovacionEmpresarialDifusionDefinicionesYTipologi-4714355.pdf

González Valencia, S. (2014). La innovación como fuente de desarrollo. Bogotá: Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia.

Olaya Dávila, A. (2008). Economía de la innovación y del cambio tecnológico: una aproximación teórica desde el pensamiento Schumpeteriano. Revista Ciencias Estratégicas, 237-246.

Husson, F., Josse, J., & Le, S. (2017). FactoMineR: An R package for multivariate analysis. Journal of Statistical Software, 25(1), 1-18.

Jung J. y Katz R., "Impacto del COVID-19 en la digitalización de América Latina", Documentos

de Proyectos(LC/TS.2022/177/Rev.1), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2023.

Organisation for Economic Co-Operation and Development - OECD; European Commission. (2005). Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting innovation Data. OECD Publishing: http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/scienceand-technology/oslo-manual_9789264013100-en#page1

Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología. (2022). El Estado de la Ciencia: Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos Interamericanos. Equipo Técnico RICYT.

RICYT. (s.f.). Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana. Obtenido de RICYT: http://www.ricyt.org/indicadores

Schumpeter, Joseph A. (1934). The Theory of Economic Development. McGraw-Hill, Nueva York.

WIPO. (2022). Resumen Índice Mundial de Innovación 2022. https://www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/reportpdf/GII_2022_ES-ExSum_WEB.pdf

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 04/02/2024
Aceitação/Acceptance: 10/05/2024

Proyecto Etnoenglish Cultural Exchange: Una Experiencia Pedagógica de Digiculturalidad y Educación Inclusiva en la escuela

Melissa González-Rubio Villa[1], Jairo Andrés Sastoque Zapata[2], María Natalia Ospina-Giraldo[3], Mónica Maritza Orozco Holguín[4], Diego Fernando Galviz Cataño[5], Jesús Daniel Rico Buitrago[6]

mgonzalezrubio@americana.edu.co; jsastoque@coruniamericana.edu.co; natalia.ospina2801@gmail.com; morozco@americana.edu.co; diego.galvis@ tdea.edu.co; jesus.rico@ tdea.edu.co.

1 Corporación Universitaria Americana, Medellín, Colombia.

2 Corporación Universitaria Americana, Medellín, Colombia.

3 Magisterio República de Colombia.

4 Corporación Universitaria Americana, Medellín, Colombia.

5 Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria, y Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas, Medellín, Colombia.

6 Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria, y Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas, Medellín, Colombia.

Pages: 370-381

Resumen: El proyecto Etnoenglish Cultural Exchange es una experiencia pedagógica que busca fortalecer los procesos de educación intercultural mediante la enseñanza del inglés y algunas lenguas indígenas de Colombia a través de la digiculturalidad y el fomento de la educación inclusiva en la escuela, vinculando dos instituciones educativas que generan aprendizaje colaborativo entre estudiantes y maestros. La metodología que guía este proyecto se enmarca desde la investigación cualitativa bajo el diseño de investigación acción participativa (IAP), los participantes de esta experiencia son niños y niñas de educación primaria, quienes diseñaron una serie de contenidos digitales que permitieron la creación de una comunidad de aprendizaje en red. Entre los aprendizajes más significativos se encuentra la transversalización de diversas asignaturas del currículo que fortalecieron no sólo las competencias comunicativas inglés, sino la reivindicación de las lenguas ancestrales y las habilidades en el uso de las TIC.

Palabras-clave: Interculturalidad, Digiculturalidad, Educación Inclusiva, Enseñanza del Inglés.

Etnoenglish Cultural Exchange Project: A Pedagogical Experience of Digiculturality and Inclusive Education at School

Abstract: The Etnoenglish Cultural Exchange project is a pedagogical experience that seeks to strengthen intercultural education processes through the teaching of English and some indigenous languages of Colombia through digiculturalism and the promotion of inclusive education at school, linking two educational institutions that generate collaborative learning between students and teachers. The methodology that guides this project is framed from qualitative research under the design of participatory action research (PAR), the participants of this experience are children of primary education, who designed a series of digital content that allowed the creation of a networked learning community. Among the most significant lessons learned was the transversalization of various curriculum subjects that strengthened not only English communication skills, but also the vindication of ancestral languages and skills in the use of ICTs.

Keywords: Interculturality, Digiculturality, Inclusive Education, English Teaching.

1. Introducción

Debido a la necesidad de fortalecer los procesos de educación intercultural, la enseñanza del inglés como lengua extranjera y la reivindicación de las lenguas nativas colombianas surge la motivación de establecer un estudio mediante el diseño de un proyecto de aula mediado por las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para reducir las brechas culturales y lingüísticas de las diferentes poblaciones. Para esto, la institución Educativa la Libertad ubicada en la comuna 8 de Medellín se focaliza como el eje para iniciar un estudio de inmersión transformación, ya que se caracteriza por ser un asentamiento producto de diferentes procesos migratorios y de desplazamiento sufrido por las comunidades colombianas y algunos países extranjeros por ejemplo el caso venezolano, estas diversidades han impactado el ámbito educativo al encontrar estudiantes cuya lengua nativa no es el español como sucede con los niños y niñas pertenecientes a los pueblos indígenas. Las migraciones de las comunidades indígenas de sus territorios de origen no es nada nuevo, este acontecimiento está marcado históricamente con problemáticas de violencia debido a los grupos al margen de la ley que han azotado las regiones más apartadas del país. Lo anterior, ha provocado el despojo de sus tierras, el olvido de su identidad y de su cultura al llegar a las grandes ciudades. Estas migraciones tocan las realidades educativas, pues los niños ingresan a la educación pública de carácter urbano desde los niveles iniciales de preescolar y básica primaria bajo un modelo de educación general que continúa desconociendo e invisibilizando sus culturas. En consecuencia, se produce el ocultamiento de la procedencia étnica, el abandono de la lengua materna, la deserción escolar, pues estos niños y niñas se enfrentan con los imaginarios donde la condición de ser indígena se relaciona con lo rural, con lo folclórico y con lo menos civilizado, preceptos que continúa reforzando la educación hegemónica que promueve la estandarización de los estudiantes.

Lo descrito anteriormente expone una mirada de lo que hasta hoy es expresión de algunos pueblos indígenas ubicados aún en territorios ancestrales o urbanos, sobre el hecho educativo y la exclusión de sus epistemes propias en el sistema educativo oficial colombiano y por ende en el cotidiano pedagógico del aula en la que hacen vida niñas, niños y adolescentes originarios de estos pueblos indígenas. La invisibilización histórica de las comunidades indígenas se evidencia en los procesos de inclusión de

esta población en las escuelas urbanas desde las normativas que regulan los procesos de interculturalidad en la educación primaria. En consecuencia, solo se encuentra en los antecedentes una investigación similar en Colombia denominada "Etnoenglish, trenzando palabras, proyectos de vida e historias del pueblo Zenú de Jaraba y Arrieta (2012), tiene como foco la población estudiantil de secundaria vinculando el aprendizaje del inglés y la lengua Zenú en una institución educativa de carácter rural y cuya población mayoritaria es indígena y la formación impartida debe fortalecer los procesos culturales y lingüísticos de los pueblos indígenas. A diferencia de este proyecto que tienen como participantes niños y niñas de una institución educativa urbana en el nivel primario en cuyos planes de estudio no se contempla la enseñanza de otra lengua diferente al inglés como dictan los currículos hegemónicos como mencionan De la Herrán y Rodríguez (2017) las lenguas originarias son patrimonio de la humanidad poseen un gran valor cultural y la capacidad de representar al mundo y uno de los factores que inciden en la perdida de estas lenguas es la falta de enseñanza, tanto en los territorios rurales como urbanos. En el caso colombiano las políticas lingüísticas se encuentran desarticuladas con la realidad sociocultural del país, aunque el Ministerio de Cultura (2013) afirme que Colombia es un país multilingüe con una realidad lingüística diversa, Cisneros y Mahecha (2020) resaltan que las lenguas indígenas y criollas aún son miradas con indiferencia y desde una postura que las ubica como exóticas, por consiguiente, esta investigación permite evidenciar la necesidad de preservar las lenguas indígenas desde la realidad sociocultural colombiana que permite a la población urbana acceder a estos saberes.

1.1. Interculturalidad Bilingüe y Competencia Comunicativa en la Enseñanza del Inglés

En Colombia se reconocen 68 lenguas nativas pertenecientes a los diversos grupos étnicos del país, entre estas se tienen, 65 lenguas indígenas, 2 lenguas criollas; la creole lengua propia de las islas de San Andrés, Santa Catalina y Providencia y el palenquero originaria en el municipio de San Basilio de Palenque, Bolívar. Estas lenguas criollas pertenecen a los pueblos afrocolombianos, palenqueros y raizales. La lengua Rromaní del pueblo Rrom o gitano también pertenece a esta diversidad lingüística del país.

En las políticas públicas educativas la noción de interculturalidad se da como respuesta a los modelos anteriores hegemónicos, sin embargo, esta interculturalidad está pensada solo para aquellos que se auto reconocen como miembros de los grupos étnicos, desde la denominada interculturalidad bilingüe que surge en 1989 en Colombia afirmando que: la etnoeducación es flexible, intercultural, bilingüe, participativa y colectiva, está basada en el conocimiento propio, la investigación y los procesos de enseñanza realizados fundamentalmente en colectivo (grupos) en la búsqueda y promoción del trabajo y la vida como valores fundamentales. Esta llamada "pedagogización" de la interculturalidad como afirman Hecht, García, Enriz y Diez (2015) aplica para el contexto educativo como una categoría teórica que describe las presencia de "otros" bajos un marco legal que no amplía de forma crítica las relaciones entre grupos, escasamente mencionan las variables acerca de la desigualdad, la clase social y poder. Estos mismos autores mencionan que, la implementación del concepto de interculturalidad podrá ser más efectiva en la medida que deje de presentar a los "otros" desde la folclorización, la reducción desde un punto de vista exótico que desconoce sus luchas históricas y las relaciones de poder que enfrentan en la cotidianidad. Siguiendo esta misma línea, Rojas y Castillo (2007)

menciona que en Colombia la interculturalidad se encuentra etnizada, pues considera desde el marco normativo se define como la relación entre indígenas, afrocolombianos, gitanos y migrantes con la sociedad dominante, sin ser un asunto que necesario para el relacionamiento de la sociedad en general y en todos los contextos, ya sea urbanos o rurales, con la presencia o no de miembros pertenecientes a los grupos étnicos.

Teniendo en cuenta lo anterior, en el ámbito educativo la interculturalidad bilingüe en la cual se promueve la enseñanza de las lenguas nativas tiene lugar en aquellos espacios donde los grupos étnicos son mayoría, es decir, donde se puede llevar a cabo proyectos pedagógicos de educación propia que promuevan la cosmovisión de los pueblos indígenas en sus territorios de origen.

Sin embargo, para la población mayoritaria de Colombia la lengua castellana se constituye como el idioma oficial en todo el territorio nacional, así como en la escuelas. No obstante, desde 1994 la Ley General de educación estableció la enseñanza de las lenguas extranjeras de manera obligatoria desde los niveles de educación básica hasta la media, entre este rango se encuentran los grados de primero de primaria hasta el grado once donde se culmina la formación secundaria. Desde allí se plantea la incursión de elementos conversación, lectura, comprensión y capacidad de expresarse en una segunda lengua que para la mayoría de instituciones educativas es el inglés.

Más adelante, surge el Programa Nacional de Bilingüismo en 2004 cuya base principal de acción se fundamenta en tres grandes pilares: lengua, comunicación y cultura. Esta última, se articula en la capacidad para comunicarse con los miembros de otras culturas desde la tolerancia a las diferencias, generalmente estos intercambios culturales propuestos desde esta normativa están direccionados haciendo uso del inglés en situaciones comunicativas que requieran el fortalecimiento de esta lengua (MEN, 2005).

Para el año 2006 el Ministerio de Educación Nacional concreta por medio de los Estándares Básicos de Competencia en Lenguas Extranjeras: inglés, la necesidad de mejorar la calidad del sistema educativo en lo relacionado a las habilidades necesarias que necesitan los estudiantes para acceder a mejores oportunidades y ofrecer una educación actual acorde a los requerimientos que los procesos de globalización instauran. La comunicación intercultural va de la mano con los avances de la ciencia y la tecnología, desde allí se encuentra la pertinencia de hablar un idioma común que permita acceder a un mundo cada vez más globalizado. Los estándares básicos de competencia en inglés establecen la enseñanza de la lengua extranjera según el marco común europeo, teniendo en cuenta los niveles de desempeños y las competencias requeridas para la educación básica y media, se espera que al finalizar la educación secundaria los estudiantes terminen con un nivel B1. Entre los aspectos relevantes a resaltar de estos lineamientos es la definición de la competencia comunicativa, vista como un conjunto de saberes, conocimientos y destrezas que evidencian en un contexto determinado (MEN, 2006). La competencia comunicativa incluye la competencia lingüística, pragmática y sociolingüística. La competencia lingüística hace parte de los usos formales de la lengua en situaciones cotidianas donde se evidencie el manejo de conceptos gramaticales, ortográficos o semánticos. La competencia pragmática se relaciona con el uso de elementos discursivos, formación de oraciones en secuencias para crear fragmentos textuales. Por otro lado, la competencia sociolingüística implica el conocimiento de las normas sociales y culturales que se expresan haciendo uso de la

lengua en contextos específicos donde existen diferentes normas de comportamiento, variaciones en el acento y costumbres.

La enseñanza de la lengua extranjera como se describió anteriormente, se implementa en aquellas instituciones educativas que atienden a la población mayoritaria, la población cuya lengua materna es el español. Cabe mencionar que, para esta población no existe en el currículo, ni en los lineamientos legales que determinan el bilinguismo en Colombia la enseñanza de lenguas originarias desconociendo así la interculturalidad propria como país y a su vez para los modelos de educación propia cuya lengua materna no es el español no se encuentra como prioridad la enseñanza del inglés, sino del español. Así mismo, reconocer el papel de los grupos en la construcción del conocimiento para este caso lingüístico y cultural diferente al occidental permite fortalecer el currículo en la escuela desde el reconocimiento de la identidad cultural y la propia historia (González-Rubio et al., 2023).

1.2. Tejiendo Redes Inclusivas a través de la Digiculturalidad

La Digiculturalidad en palabras de Silva et al. (2024) se evidencia en la práctica educativa por medio de intercambios académicos que favorecen el uso de las TIC entre estudiantes, lo cual mejora las competencias relaciones, socioculturales y emocionales. Por otro lado, Chamorro et al. (2024) afirman que las competencias digiculturales permiten la creación de espacios mixtos de comunicación que implican la creación de comunidades en red que facilitan la comprensión de la interculturalidad por medio de intercambios comunicativos que rompen con el currículo tradicional y hegemónico en la educación. Para estos autores, es de vital importancia que los docentes conozcan la importancia de las competencias culturales digitales y se posicionen desde un rol de intermediarios desde el cual generen propuestas educativas interculturales que promuevan el trabajo colaborativo en red y la participación de los estudiantes.

Es importante mencionar, que la digiculturalidad se ha posicionado como una tendencia emergente que genera procesos de reflexión en torno al papel que ofrecen las TIC a las instituciones educativas para trabajar en la disminución de las brechas entre la escuela y las realidades socioculturales diversas, de la mano de un paradigma inclusivo e intercultural (Leiva y Almenta, 2013). De forma similar, Se convierte en una estrategia para abordar la diversidad cultural por medio de la creación de redes comunicativas con personas de distintos lugares fortaleciendo el desarrollo de destrezas lingüísticas, pluriculturales y pragmáticas (Rodríguez, 2017) citado en (García et al., 2021).

En las siguientes secciones se establece como el proyecto de aula que emerge desde la enseñanza del inglés como lengua extranjera y la reivindicación de las lenguas indígenas de Colombia. Permiten la estructura de una investigación acción participativa, desde la articulación de los aprendizajes de ambas lenguas, contenidos digitales y las redes de participación que se generan, con la vinculación de estudiantes de otros sectores de Colombia.

2. Materiales y métodos

Se presenta un estudio de tipo cualitativo puesto que analiza y produce datos descriptivos obtenidos por medio de la observación del comportamiento de las personas o palabras

dichas o escritas por estas (Taylor & Bogdan, 1984), a través de procesos de interpretación entre el observador y el observado, buscando describir expresiones sociales y culturales, estudiando la realidad desde el contexto natural (Hernández, Fernández y Baptista, 2010), a partir de representaciones simbólicas, que permiten obtener información sobre la realidad y complejidad de los fenómenos sociales (Verd y Lozares, 2016)

Esta investigación se posiciona dentro del diseño de investigación acción participativa (IAP) ya que pretende mejorar la calidad de las acciones en el aula, involucrando a los participantes a ser protagonistas de la investigación (Elliot, 1991),

Entre las características de la IAP mencionadas por Hernández (2014) inicia con preguntas de investigación sobre problemáticas encontradas en un grupo para el caso de esta experiencia pedagógica, las problemáticas se centran en la necesidad de brindar una educación intercultural desde la enseñanza del inglés en contextos educativos urbanos en los que se encuentran estudiantes provenientes de pueblos indígenas cuya lengua nativa no es el español y la lengua extranjera no está presente en los currículos de educación propia, siendo así, se requiere de la vinculación de sus trayectorias educativas para compartir la enseñanza de lenguas nativas, costumbres y cosmovisiones.

Para implementar el diseño mencionado anteriormente, se tienen en cuenta las fases planteadas por Elliot (1991) fase de planeación, fase de acción, fase de observación y fase de reflexión.

2.1. Fase de planeación

Es necesario determinar un análisis documental de los referentes de calidad establecidos por el Ministerio de Educación Nacional para realizar el proceso de transversalización de las diferentes lenguas nativas con las demás asignaturas propuestas en el currículo educativo. Además, se hizo necesario especificar la articulación del proyecto con las políticas educativas que buscan fortalecer los procesos de educación inclusiva e intercultural en las instituciones educativas.

Para esta etapa fue fundamental iniciar preguntando ¿Cómo enseñar inglés a estudiantes indígenas en básica primaria cuya lengua materna no es el español?, lo anterior surge de la necesidad de vincular a estos estudiantes no solamente a las clases de inglés, sino incluirlos en un sistema educativo homogéneo que desconoce sus cosmovisiones y epistemes. Para ello, fue necesario crear guías de observación y entrevistas a estudiantes indígenas y sus familias. Como resultado de este proceso se crea una propuesta de intervención denominada “Etnoenglish Cultural Exchange”.

La primera fase del proyecto se planeó en compañía de 80 estudiantes indígenas y sus familias quienes se encargaron de vincular la enseñanza de la lengua Embera Dobida a los contenidos establecidos para grado quinto de primaria desde las áreas de inglés y ética y valores.

La segunda fase del proyecto inició con la integración del centro educativo rural Malouyen ubicado en Maicao la Guajira, Colombia. En esta institución educativa se desarrolla un modelo de educación propia basado en la cultura de la comunidad indígena Wayúu, para esta fase los niños y niñas de los grados tercero, cuarto y quinto, comenzaron un intercambio comunicativo intercultural con los estudiantes indígenas para compartir

contenidos digitales para la enseñanza del inglés y a su vez, recibir materiales educativos de los niños, niñas y maestras indígenas para aprender wayunaiki creados y diseñados por ellos mismos. Se integran 40 participantes más a la muestra que se establece dentro del estudio.

La tercera fase, se centra en el aprendizaje de la lengua Sikuani, vinculando más asignaturas del currículo educativo, las cuales permiten vincular a los miembros de una familia perteneciente a este pueblo indígena, quien en tiempos de pandemia y haciendo uso de las Tics comparte vocabulario básico asociado a los contenidos del nivel de inglés A1 y A2. .

Para finalizar se establece una fase de reflexión en el cual se analizan los avances de los estudiantes. A partir del material elaborado por los estudiantes. En un diario de campo donde se analiza el avance en las competencias linguisticas.

3. Resultados y Discusión

3.1. Fase de acción

Durante esta etapa se ejecutó el proyecto de aula, en la primera fase se desarrolló con la participación de 40 niños y niñas de grado quinto, una familia indígena proveniente del pueblo Embera Dobida y una maestra. En la segunda fase, la cantidad de participantes y áreas transversalizadas aumentó, como se mencionó anteriormente, se vincularon dos instituciones educativas, una ubicada en Medellín, Colombia con 240 estudiantes de los grados tercero, cuarto y quinto, el otro centro educativo con 27 niños y niñas, seguido de la participación de dos maestras etnoeducadoras y una maestra de aula regular. Las áreas curriculares vinculadas para esta fase son: ética y valores, inglés, tecnología e informática, lengua castellana y ciencias sociales. La última fase de acción se desarrolló desde la virtualidad debido al confinamiento por el covid 19, por medio de guías de aprendizaje digitales y encuentros sincrónicos y asincrónicos, en los cuales los estudiantes y sus familias compartían experiencias de aprendizaje de la lengua Sikuani, utilizando el vocabulario y las expresiones cotidianas aprendidas tanto en esta lengua como en inglés en sus actividades en casa, saludos, videos con los miembros de la familia, partes de la casa e implementos de estudio. Cabe mencionar que para cada una de las intervenciones con la población se establece un consentimiento informado con todos los participantes y un estudio previo por parte del comité de ética de las instituciones que participan, quienes dan el aval para el estudio.

Esta experiencia se vincula al proyecto de etnoeducación, que para el caso de la ciudad de Medellín se establece por el acuerdo 085 del Concejo, cuyo fin radica en construir relaciones interculturales basadas en el intercambio mutuo de saberes y tradiciones para reconocer la diversidad social, parte del PEI (Proyecto Pedagógico Institucional), buscando fortalecer las propias costumbres a partir del contraste de otras culturas.

Para describir las áreas o asignaturas que se vincularon a este proyecto pedagógico se hace necesario mencionar que los referentes curriculares que determinan los aprendizajes desde lo establecido por el Ministerio de Educación Nacional para cada grado en Colombia son los Estándares Básicos de Competencias, los Lineamientos Curriculares y los Derechos básicos de Aprendizaje (DBA). Desde las diferentes áreas

que transversaliza esta experiencia, como es el caso de humanidades, en la asignatura de inglés se busca como indican los DBA describir de manera oral lugares y comunidades usando oraciones simples, lo que da cuenta del uso de las competencias comunicativa, pragmática y sociolingüística, para dar a conocer datos importantes sobre sí mismo, su comida favorita, su familia, su colegio, su ciudad y su barrio. Teniendo en cuenta este referente curricular, los estudiantes de la ciudad de Medellín comenzaron un trabajo colaborativo que respondía a la necesidad de grabar videos para los estudiantes de la Guajira, en los cuales mostrarán su colegio, los lugares de su barrio el vocabulario aprendido en la clase de inglés para enseñarles a sus pares en otra región de Colombia donde el aprendizaje de este idioma no es obligatorio por ser una institución educativa indígena. Al finalizar la grabación de los videos se continuaba con la edición de los mismos utilizando el programa *Movie Maker* para luego poderlos enviar. Finalmente, de sus compañeros de la Guajira recibían otros videos aprendiendo el vocabulario sobre la escuela, la comunidad y los saludos, en la lengua wayunaiki. Con la creación y uso de los diferentes videos que fueron enviados de forma periódica ambos grupos de estudiantes de las dos regiones de Colombia lograron avanzar en el aprendizaje del inglés en el nivel A1 según el marco común europeo, pero también en el aprendizaje de las lenguas originarias de Colombia, las cuales no se encuentran reglamentadas en los currículos hegemónicos para la población mayoritaria.

Es importante mencionar, que los contenidos digitales no se limitaron solamente a videos, también se crearon infografías en la aplicación *Canva* con el fin de dar a conocer datos relevantes sobre su colegio, de esta manera se fortalece el uso de la lengua materna (el español para los niños y niñas de Medellín) y la segunda lengua para los niños indígenas , esto se hace posible teniendo en cuenta los DBA (2016) para grado quinto, los cuales tienen como fin, la construcción de textos orales y escritos atendiendo a los posibles contextos de uso e interlocutores, como es el caso del uso de infografías como texto informativo que tiene en cuenta propuestas de reelaboración y edición por parte de los compañeros (Estándares básicos de competencias en lenguas extranjeras, 2006)

Desde el área de ética y valores bajo una mirada del contexto sociocultural y desde lo planteado por el MEN (1998) en los lineamientos curriculares que rigen esta asignatura, el ethos para la convivencia que retoma los conceptos de costumbre, comportamiento y carácter, se implementó la actividad denominada *el diario ancestral* donde los estudiantes reafirman sus los rasgos de su propia identidad a partir de la valoración de las costumbres, tradiciones y creencias del país. Esta actividad permitió a los estudiantes investigar sobre sus raíces culturales, quienes eran sus ancestros, las tradiciones familiares y de esta manera comprender con mucha más precisión la diversidad cultural del país y las tradiciones específicas del pueblo indígena Wayúu, la importancia del tejido, de la preservación de la lengua ancestral, el cuidado del medio ambiente, los relatos de origen y la cosmovisión.

Todo lo anterior mediado por la utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación disponibles en el entorno escolar (celulares, computadores) permitiendo a los estudiantes fortalecer los aspectos planteados en las Orientaciones Curriculares para el área de Tecnología e Informática, publicadas por el MEN (2022) sobre la participación en equipos de trabajos para desarrollar proyectos con componentes tecnológicos que permitan la utilización de las tecnologías disponibles en el entorno para el aprendizaje, la búsqueda, la investigación y validación de la información.

3.2. Fase de Observación

La observación participativa desarrollada responde al propósito de hacer seguimiento a la propuesta diseñada para el fortalecimiento de las competencias comunicativas e interculturales en los niños y niñas de los centros educativos seleccionados. Para ello, se retoman las características de la digiculturalidad mencionadas por Priegue y Leiva (2012) quienes mencionan que la primera de ellas es la multialfabetización de los estudiantes destacando los ámbitos de la alfabetización tecnológica propuestos por Yuste (2011) y que se resumirán en la siguiente tabla, de acuerdo a lo vivenciado en esta experiencia pedagógica.

Dimensión	Saber	Descripción
Instrumental	Acceder a la información	Búsqueda de aplicaciones y programas para la edición de videos y sistematización de información.
Cognitiva	Transformar la información en conocimiento	Interpretación de la información aprendida en inglés y en las lenguas originarias.
Sociocomunicacional	Expresarse y comunicarse	Habilidades para la creación y edición de contenidos de aprendizaje interculturales y lingüísticos.
Axiológica	Uso ético de la información	Trabajo cooperativo que fomento la conformación de comunidades de aprendizaje por medio de la digiculturalidad y laimplementación de la IAP como metodología de investigación.

Tabla 1 – Alfabetización tecnológica derivada de la experiencia pedagógica "Etnoenglish Cultural Exchange"

De la mano de los resultados obtenidos sobre multialfabetización desde la digiculturalidad como se muestran en el párrafo anterior, los resultados en el aprendizaje del inglés según el Marco Común Europeo muestran un avance de los estudiantes, la caracterización previa a la experiencia situaba a los niños y a las niñas en un nivel Pre A1 Starters o principiante, luego de los intercambios interculturales pasaron a un nivel A2 logrando comunicarse en el idioma extranjero en situaciones cotidianas y de uso común en contextos cercanos a ellos como la escuela, la familia, el entorno. Así mismo, el aprendizaje en las lenguas nativas proporcionó vocabulario básico para relacionar el nivel de inglés en las expresiones de uso de la lengua en la cotidianidad.

4. Conclusiones

4.1. Fase de reflexión

Esta fase permite evaluar la efectividad de la experiencia desarrollada y como hito fundamental se denota, el desarrollo de la competencia comunicativa, pragmática y socio lingüística en las diferentes lenguas abordadas, lo que ha permitido desarrollar el respeto por la pluralidad y las culturas, disminuyendo así, el etnocentrismo, permitiendo a los estudiantes interactuar con otros en lengua extranjera y desenvolverse en situaciones

comunicativas de su cotidianidad, desarrollando mayor conciencia lingüística y aplicación de esta en la vida diaria.

La pertinencia del Proyecto Etnoenglish Cultural Exchange se hace necesaria en la reivindicación de las lenguas ancestrales de Colombia, las cuales no son enseñadas en los currículos para la población mayoritaria, pues los esfuerzos del bilingüismo se encuentran direccionados solo al aprendizaje del inglés, por lo que se siguen desconociendo e invisibilizando los aportes de los pueblos indígenas de nuestro país. Por lo tanto, el aprendizaje más importante de esta experiencia es el desarrollo de prácticas interculturales, entiendo el termino interculturalidad, como lo propone Fornet-Betancourt (2008) tiene que ver con la relación entre las culturas que supone una apertura a lo otro, al reconocimiento de diferencias identitarias y es en esta trasformación recíproca, donde la identidad propia no desaparece, por el contrario, se fortalece en ese proceso de interacción con los otros. Interacción que se logra a través de la digiculturalidad y la educación inclusiva la cual permite reconocer y validar las diferencias culturales que convergen en la escuela como posibilidad de aprendizaje mutuo.

Por último, la evolución y el alcance del proyecto en la práctica pedagógica desde la metodología de la IAP permitió vincular diversas áreas del currículo que no están establecidas para el reconocimiento y la visibilidad de los aportes de los grupos étnicos del país, pero que sin embargo, es posible vincularlas desde los saberes ancestrales, paulatinamente se fueron transversalizando más áreas, integrando más grupos, familias y logrando la vinculación e intercambio con otra escuela ubicada en otra región de Colombia para lograr el aprendizaje de las lenguas indígenas, el fortalecimiento del inglés y de las competencias digitales mediadas por las TIC y evidenciar los resultados en el fortalecimiento de en los procesos de interculturalidad crítica, como plantea Walsh (2010) donde no solamente se da un intercambio cultural, sino que se logra reflexionar desde una postura crítica y asertiva el lugar de los grupos étnicos de Colombia históricamente excluidos de la escuela por un currículo único que no resalta las diversidades culturales y sus aportes en la ciencia y la cultura.

Referencias

Cisneros, M. E., & Mahecha, M. Á. (2020). Enseñanza de la (s) lengua (s) en Colombia desde una perspectiva glotopolítica. *Cuadernos de Lingüística Hispánica*, (35), 157-178.

Chamorro, MIH., Ruiz, L. Álvarez., Ruiz, MR., Muñoz, FCA., Hernández, PM., & Sánchez, EG. (2024). Representación mental del concepto cultural digital y su relación con la práctica educativa 'Voces Etnoeducativas'. Cartas de migración , 21 (S4), 246–256. Obtenido de https://migrationletters.com/index.php/ml/article/view/7198

Concejo de Medellín (2018) Acuerdo Número 085. Por medio del cual se institucionaliza el programa de etnoeducación en el municipio de Medellín.

De la Herrán Gascón, A., & Rodríguez Blanco, Y. L. (2017). Indicadores de supervivencia y muerte de culturas y lenguas indígenas originarias en contextos hispanohablantes excluyentes: la enseñanza como clave. *Revista iberoamericana de educación*.

Fornet-Betancourt, R. (2008). Interculturalidade. Críticas, diálogo e perspectivas. Trad.

García, L. M. G., Gutiérrez-Santiuste, E., & Moreno-López, I. (2021). La videoconferencia: recurso educativo para promover la educación intercultural entre los estudiantes. Profesorado, Revista de Currículum y Formación del Profesorado, 25(2), 213-236.

González-Rubio, V, M., Ospina-Giraldo, M. N., Zapata, J. A. S., Vasco-Ospina, A. M., & Giraldo-Jiménez, E. A. (2023). Proyecto VALE: Una estrategia de implementación de la Etnoastronomía en la escuela y la equidad de género. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (E59), 261-271.

Hecht, A. C., García Palacios, M., Enriz, N., & Diez, M. L. (2015). Interculturalidad y educación en Argentina: reflexiones a propósito de un concepto polisémico. G. Novaro, A. Padawer y AC Hecht (Coords.), Educación, pueblos indígenas y migrantes. Reflexiones desde México, Brasil, Bolivia, Argentina y España. Buenos Aires: Editorial Biblos.

Hernández, R., Fernández, C, y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación, 6ta edición. México: Mc Graw Hill

Jaraba Ramírez, D. L., & Arrieta Carrascal, A. (2012). Etnoenglish: trenzando palabras, historias y proyectos de vida del pueblo zenú. *Íkala, revista de lenguaje y cultura*, *17*(1), 95-104.

Leiva, J. J. O., & Almenta, E. (2013). La "digiculturalidad" o la interculturalidad a través de las TIC: una tendencia emergente de e-learning humanizador. Etic@ net. Revista científica electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento, 13(1), 1-13.

Ministerio de Educación Nacional (2005). Colombia bilingüe. Al Tablero, 37. Recuperado de http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-97495.html.

Ministerio de Educación Nacional (2006). Estándares Básicos de Competencias en Lenguas Extranjeras: Inglés. Bogotá: Imprenta Nacional.

Ministerio de Educación Nacional (2006). Formar en lenguas extranjeras: ¡El reto!: Lo que necesitamos saber y saber hacer. Bogotá: Imprenta Nacional.

Ministerio de Educación Nacional, MEN. (2017). Mallas de Aprendizaje de Inglés para Transición a 5o. Bogotá, CO: Author. Retrieved from

Ministerio de Educación Nacional. (2016). Derechos Básicos de Aprendizaje. Recuperado de http://aprende.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/colombiabilingue/dbacurriculo/cartilla_dba/Derechos%20Baicos%20de%20Aprendizaje%20Tr%20y%20Primaria.pdf

Ministerio de Educación Nacional MEN (1998) Lineamientos curriculares Educación en ética y valores humanos. Congreso de la República de Colombia

Ministerio de Educación Nacional MEN (2022) Orientaciones Curriculares para el Área de Tecnología e Informática en Educación Básica y Media. Congreso de la República de Colombia

Ministerio de Cultura, Colombia. (2013). Diversidad lingüística en Colombia: muchas voces, resistencia cultural y agenda de nación. En Dossier para la representación de Colombia en el Smithsonian Folklife Festival Washington, EE.UU. 26 de junio a 4 de julio de 2013 Resumen Ejecutivo. https://www.mincultura.gov.co/areas/poblaciones/noticias/Documents/Dossier%20Representaci%C3%B3n%20Colombia%20Smithsonian%20Folklife%20Festival.pdf

Priegue, D. y Leiva, J. (2012). Las competencias interculturales en la sociedad del conocimiento: Reflexiones y análisis pedagógico. Revista Electrónica de Tecnología Educativa, 40, 1-12. https://doi.org/10.21556/edutec.2012.40.370

Rojas, A., & Guzmán, E. C. (2007). Multiculturalismo y políticas educativas interculturalizar la educación?. Revista Educación y pedagogía, (48), 11-24.

República de Colombia (1994). Ministerio de Educación Nacional. Ley 115. Por medio del cual se reglamenta la Ley General de Educación.

Silva, J. N. C., Nuñez, C. X. Z., Pailiacho, H. R. Y., & Peñafiel, G. O. B. (2024). Narrativas en redes sociales: Experiencias pedagógicas digiculturales. Dominio de las Ciencias, 10(1), 1088-1102.

Taylor, S., & Bogdan, R. (1984). Introducción ir hacia la gente. Introducción a los métodos cualitativos de investigación.

Verd, J. M., & Lozares, C. (2016). Introducción a la investigación cualitativa: Fases, métodos y técnicas. Síntesis.

Walsh, C. (2010). Interculturalidad crítica y educación intercultural. Construyendo interculturalidad crítica, 75, 96.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 06/02/2024
Aceitação/Acceptance: 03/05/2024

Ciberseguridad y periodismo: Estrategias para garantizar la seguridad de la información

Kruzkaya Ordóñez[1], Abel Suing[2], María Isabel Punín[3], Lilia Carpio[4]

kordonez@utpl.edu.ec; arsuing@utpl.edu.ec; mipunin@utpl.edu.ec; lkcarpio@utpl.edu.ec

[1 2 3 4] Universidad Técnica Particular de Loja, San Cayetano Alto, 110107, Loja, Ecuador.

Pages: 382-392

Resumen: La ciberseguridad es un asunto de agenda gubernamental. Cada territorio trabaja continuamente para protegerse de las amenazas y ataques que se presentan en el ciberespacio. Para ello, se diseñan Políticas de Ciberseguridad que, en algunos casos, excluyen al sector mediático el cual enfrenta múltiples ataques y que, a pesar de la desarticulación de la política nacional, deben proteger la información en el marco de su accionar. La aplicación de estos procesos en Ecuador aún es deficiente y el periodismo es un agente proactivo en el ciberespacio y la seguridad digital se convierte en una garantía de libertad de expresión. Por lo tanto, este estudio de corte cualitativo se enfoca en conocer la normativa ecuatoriana existente para respaldar la seguridad digital periodística e indagar sobre las estrategias a implementarse para el resguardo y protección de datos, fortalecimiento de seguridades contra intrusiones maliciosas tanto a nivel de hardware y software.

Palabras-clave: Ciberseguridad; periodismo; libertad de expresión; ciberataques; seguridad digital.

Cybersecurity and journalism: Strategies to ensure information security

Abstract: Cybersecurity is a matter of government agenda. Each territory continuously works to protect itself from threats and attacks that occur in cyberspace. To this end, cybersecurity policies are designed, which in some cases exclude the media sector, which faces multiple attacks and, despite the disarticulation of national policy, must protect information within the framework of its actions. The implementation of these processes in Ecuador is still deficient. Journalism is a proactive agent in cyberspace, and digital security becomes a guarantee of freedom of expression. Therefore, this qualitative study focuses on understanding the existing Ecuadorian regulations to support journalistic digital security and investigating the strategies to be implemented for the safeguarding and protection of data, as well as strengthening security against malicious intrusions at both hardware and software levels.

Keywords: Cybersecurity; journalism; freedom of expression; cyberattacks; digital security.

1. Introducción

El periodismo con la digitalización ha evolucionado inmensurablemente y esta convergencia entre la tecnología y el periodismo ha traído grandes desafíos entre ellos la seguridad digital. Por ello, el estudio de la ciberseguridad es un asunto de atención prioritaria, las amenazas en el ámbito digital van en aumento y los adversarios buscan nuevas formas intrusivas para robar, dañar o bloquear información. “Con la Covid-19, las amenazas han ido en aumento al mismo ritmo que los ciberataques a los organismos estatales autonómicos” (Canals Ametller, 2021, p. 22)

“Este fenómeno ha provocado el desarrollo de las primeras normativas focalizadas en la protección de las infraestructuras y la seguridad de los sistemas” (Manfredi Sánchez, et. al., 2020). En el caso de Ecuador, territorio delimitado para el estudio” se lanza la Estrategia Nacional de Ciberseguridad con el “objetivo de generar un espacio seguro para los ciudadanos promoviendo agilidad en los procesos y creando confianza a nivel internacional”(Mintel, 2019).

La seguridad digital, junto con la justicia y la libertad de prensa es uno de los objetivos del Estado. En el campo periodístico la tarea de establecer las políticas en el ámbito de la ciberseguridad es responsabilidad de los propios periodistas y del medio. El objetivo proteger la información, la seguridad digital individual, del medio y ser vigilantes del cumplimiento (Figura 1), que en este ámbito establece el estado, sin caer en la excusa de protección para vulnerar el derecho de acceso a la información.



Figura 1 – Pilares de la Seguridad de la información Ecuador

Estos pilares de seguridad: confidencialidad, integridad y disponibilidad que se establecen, rigen en todos los niveles de actuación gubernamental, empresarial y mediático, por cuanto los delincuentes y espías se encuentran en la búsqueda de entidades públicas, privadas y/o entes con información relevante con un bajo nivel de seguridad para realizar extracciones de datos no autorizadas con el fin de establecer y sentar las bases de sus operaciones delictivas.

Un ejemplo de ello "en el 2022 se observaron exploits de Día Cero [...] intrusiones dirigidas a organizaciones con sede en Norteamérica. Los adversarios vinculados a China usaron exploits para afectar [...] a sectores aeroespacial, jurídico y académico", y operaciones cibernéticas para ciberataques contra sectores estratégicos de energía, telecomunicaciones y medios de comunicación (Global Threat Report 2023).

Así mismo, el conflicto bélico entre Rusia y Ucrania ha desencadenado una guerra cibernética en donde las empresas mediáticas están expuestas de manera continua a ataques maliciosos y a la proliferación de un ecosistema atestado de fake news y desinformación (Panda Security, 2022).

Cabe anotar, que también la "seguridad física sigue siendo un elemento fundamental la seguridad de la información. Un motivo es que hay [...] información sensible almacenada en dispositivos transportables" (Deutsch, 2022, p 182) y la pérdida de información puede ocurrir con un robo.

Por otro lado, se menciona que los periodistas han recibido amenazas tanto físicas como digitales y esto sigue en aumento especialmente en zonas sin conflictos armados. [...] "El encarcelamiento de periodistas ha alcanzado una cifra récord, mientras que la violencia y acoso en línea, especialmente contra las mujeres periodistas, fomentan la autocensura" (ONU, 2023).

Lo que no para y su ascenso es cada vez alarmante son las ciberamenazas y las filtraciones crecen aceleradamente de forma que, al cierre del año 2022, las tácticas de los adversarios incidieron en un 71% según el Informe 2023 Global Threat Report en comparación al año 2021 (62%) y el año 2020 (51%).

Dado este escenario, la Unión Internacional de Telecomunicaciones, ratifica su compromiso por afrontar y reducir las amenazas a la ciberseguridad, ante el constante y rápido cambio de las actividades y servicios que operan en la esfera digital (Canals Ametller, 2021). Y para contrarrestar a nivel mundial estas amenazas cuyos tipos se enlistan: a) Los delitos cibernéticos que incorporan actores individuales o grupos organizados que actúan para beneficio propio o solamente para provocar interrupciones. b) Ciberataques para obtener información con fines políticos. c) El ciberterrorismo que tiene como finalidad debilitar los métodos electrónicos para provocar temor o pánico (UTI, 2021) los gobiernos están destinando recursos para salvaguardar la seguridad de la información y la infraestructura digital. El gasto global en ciberseguridad alcanzó los 133.700 millones de dólares.

2. Metodología

Por la importancia que requiere el estudio de Ciberseguridad se propone esta investigación sobre Ciberseguridad y periodismo: Estrategias para garantizar la seguridad de la información. Para lo cual se aplica la metodología cualitativa a través de la revisión de documentos legales existentes en Ecuador para la aplicación de la política de ciberseguridad y entrevistas semiestructuradas.

Los objetivos que se apuntan son: conocer la normativa existente en el Ecuador para respaldar la seguridad digital periodística, e indagar sobre las estrategias implementadas

para el resguardo y protección de datos, fortalecimiento de seguridades contra intrusiones maliciosas tanto a nivel de hardware y software.

La muestra para el cumplimiento del primer objetivo la conforman todos aquellos documentos normativos que formen parte de la Política de Ciberseguridad del Ecuador y su alcance al ámbito de seguridad digital periodística. Para completar este estudio se realizaron entrevistas a expertos ecuatorianos en ciberseguridad.

Los expertos seleccionados para la entrevista fueron inicialmente en un número de seis de los cuales solamente tres nos proporcionaron la entrevista. El contacto se lo efectuó de forma virtual. La muestra de expertos la conforman: 1) Elsa Cisneros. Directora de la Facultad de Tecnología de la Universidad del Pacífico, 2) Gabriel Córdova. Ingeniero vinculado a la Escuela Politécnica del Litoral. Consultor y proveedor de servicios de seguridad informática. 3) Edwin Chiluiza. Consultor y proveedor de servicios de seguridad informática.

El cuestionario de entrevista ha sido diseñado con las directrices: ciberseguridad, estrategias para el resguardo de información, protección de datos, intrusiones maliciosas en hardware y software.

El periodo de levantamiento de información se establece en el segundo trimestre del año 2023 que comprende los meses de abril, mayo y junio.

3. Resultados

La seguridad cibernética se define como un conjunto de pautas, tecnología y capacitación que brindan protección a los datos e infraestructuras informáticas y de comunicación digital (Mandrefi, 2021). Con esta premisa, en Ecuador se establece la Política de Ciberseguridad (PC, 2021) que tiene como "objetivo construir y fortalecer las capacidades nacionales que permitan garantizar el ejercicio de los derechos y libertades de la población y la protección de los bienes jurídicos del Estado en el ciberespacio".

La política tiene un enfoque multisectorial y multidimensional que alcanza a actores públicos y privados y se alinea a la normativa y demás instrumentos de política pública. La ciberseguridad en Ecuador es un tema de agenda de seguridad nacional, desarrollo y derechos humanos y en este contexto los medios de comunicación asumen el rol de vigilancia externa con el proceso de evaluación seguimiento, y en de forma estratégica se convierten en los instrumentos esenciales para la concientización "sobre las potenciales vulnerabilidades que se presentan en el entorno cibernético "lo que permitirá propender a la garantía de los derechos humanos y libertades, como la seguridad integral en el ciberespacio"(PC, 2021).

Estos avances de política pública en el tema de ciberseguridad no vinculan al sector de los medios de comunicación puesto que en la planificación dejó de lado a este sector estratégico, que opera bajo el paraguas de la Ley Orgánica de Comunicación del Ecuador y, en la que claramente se especifica en el Capítulo II. sobre los Derechos a la Comunicación, en el Sección I. Derechos de libertad y tratamiento de la información. Siendo así, no se observa una inclusión ni directa ni indirectamente de los medios de comunicación o periodistas en estas políticas según lo que se detalla en la tabla 1.

Planificación	Vinculación
Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 "Toda una vida	Garantizar la soberanía y la paz, y posicionar estratégicamente al país en la región y el mundo.
Plan Nacional de Seguridad Integral 2019-2030.	Identifica como problemática las amenazas a través del ciberataque producto de la evolución tecnológica.
Agenda de Coordinación Intersectorial de Seguridad.	En la Estrategia 3 se señala la automatización de la obtención y administración de la información para inteligencia estratégicas.
Política de Defensa Nacional 2018	Determina que el ciberterrorismo, ciberespionaje e infiltraciones a los sistemas informáticos son instrumentos de agresión.
Plan Específico de Defensa Nacional 2019-2030.	Reconoce al ciberespacio como un componente más del territorio ecuatoriano.
Plan Específico de Seguridad Pública y Ciudadanía 2019-2030.	Se establecen políticas articuladas y coordinadas de prevención y control respecto de las distintas expresiones del delito y en sus diferentes ámbitos, lo que lleva a prevenir, anticipar y combatir amenazas locales, nacionales e internacionales.
Plan Específico de Inteligencia 2019-2030.	Se establece como una de las amenazas para el Ecuador las acciones contra el Estado en el ciberespacio.
Plan Específico de Relaciones exteriores y movilidad humana 2019-2030	Objetivo Estratégico 3: Fomentar la cooperación internacional para la lucha contra la delincuencia organizada transnacional y las amenazas a la seguridad nacional.
Plan Nacional de Sociedad de la Información y del Conocimiento 2018-2021.	Dentro del Programa 1: Seguridad de la Información y uso responsable de las TIC, se busca de manera primordial fortalecer el marco regulatorio, normativo y estratégico para incrementar la seguridad de la información en el país por lo que promueve la elaboración la Estrategia Nacional de Ciberseguridad.
Plan Nacional de Gobierno Electrónico 2018-2021.	Este Plan plantea catorce estrategias, una de ellas enfocada en la ciberseguridad mencionando como principales beneficiarios a las personas naturales y jurídicas.
Política Ecuador Digital	Se compone de 3 ejes: Ecuador Conectado, Ecuador Eficiente y Ciberseguro y Ecuador Innovador y Competitivo. Cada uno incluye un conjunto de proyectos para incrementar los índices de accesibilidad a las tecnologías de la información y comunicación.
Política Pública para una Internet segura para niños, niñas y adolescentes.	Instrumento cuyo objetivo es proteger la dignidad e integridad física, psicológica, emocional y sexual de la niñez y adolescencia; y potenciar las oportunidades y habilidades que ofrecen las tecnologías digitales en su vida y desarrollo integral.
Plan Nacional de Seguridad Ciudadana y Convivencia Social Pacífica 2019-2030	Objetivo 7: Implementar anticipación estratégica en las acciones públicas para enfrentar riesgos y amenazas, fundamentalmente los relacionados al crimen organizado, lavado de activos, delincuencia transnacional, terrorismo y cibercriminalidad.

Tabla 1 – Vinculación de la Ciberseguridad con la Planificación Nacional

Toda la planificación expuesta para el diseño de la Política de Ciberseguridad orientada a determinar acciones gubernamentales para protección del ciberespacio promueve la participación principalmente del aparato público y de la sociedad civil. En esta política se incluye al sector de las telecomunicaciones, competencia del Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, y para lo cual se establecen 4 planes nacionales estratégicos: Aislamiento digital, Gobierno en Línea, Banda Ancha, Gobierno Electrónico. La aplicación de la normativa todavía excluye a algunos sectores como el de los medios.

En resumen, aunque estas políticas y planes estratégicos abordan aspectos relacionados con la seguridad, la tecnología y la ciberseguridad, no incluyen a los medios de comunicación o periodistas en su alcance o consideración. Sin embargo, es importante señalar que la seguridad de la información y la ciberseguridad también pueden tener implicaciones indirectas para la libertad de prensa y protección de los periodistas, en un contexto donde los medios están cada vez más digitalizados y dependen de infraestructuras tecnológicas vulnerables a ataques cibernéticos.

Por lo tanto, queda en manos de los periodistas como los medios el implementar políticas de ciberseguridad que estén alineadas con los códigos deontológicos. Siendo crucial incluir aspectos de seguridad digital, lo que constituye un asunto pendiente que debe ser abordado en la Ley Orgánica de Comunicación (2019). La responsabilidad de protección y seguridad digital periodística, en Ecuador, actualmente es responsabilidad de los profesionales de la comunicación como de los colectivos relacionados en este campo.

Como segundo objetivo de este estudio se propuso indagar sobre las estrategias a implementar para el resguardo y protección de datos, fortalecimiento de seguridades contra intrusiones maliciosas tanto a nivel de hardware y software. Como resultado se expone que, bajo la opinión de los expertos entre los desafíos principales de la ciberseguridad está mantener la integridad de la información, en las bases de datos y protegerla contra delincuentes informáticos como hackers (Cisneros, 2023). Protegerse de amenazas a la privacidad, ataques dirigidos para obtener acceso a correos electrónicos, archivos y mensajes (Córdova, 2023). Proteger la privacidad de las fuentes y combatir la falta de educación y conciencia sobre la ciberseguridad entre los periodistas (Chiluiza, 2023).

Así también, identifican vulnerabilidades estas se relacionan con ataques comunes conocidos como Phishig, rasomware o malware (Córdova, 2023, Chiluiza, 2023). para robar credenciales, ataques a sitios web y redes sociales utilizadas por los periodistas; rastreos en línea que incluyen la vigilancia gubernamental que pone en peligro la libertad de prensa y las fuentes de los periodistas y la desinformación en línea que convierten a las personas en víctimas de campañas manipuladas y que afectan a la credibilidad mediática (Córdova, 2023). En resumen, sobre la directriz de ciberseguridad los tres entrevistados coinciden en algunos puntos clave (tabla 2):

Protección de la integridad de la información	Los expertos (1) (2) (3) destacan la importancia de mantener la integridad de la información en las bases de datos para accesos no autorizados, en especial por delincuentes informáticos hackers.
Amenazas a la privacidad	Los expertos (1) (2) (3) mencionan que los periodistas manejan información sensible y confidencial lo que los hace vulnerables en el ámbito digital como físico.
Ataques comunes	Los expertos (2) y (3) señalan el riesgo de vigilancia gubernamental que amenazan la libertad de expresión y ponen en peligro las fuentes. Esta acción se relaciona con el rastreo en línea.
Desinformación en línea	Y campañas manipuladas que buscan afectar la credibilidad de los periodistas. Los tres expertos coinciden indirectamente al señalar de las precauciones que los periodistas deben tomar para precautelar su credibilidad.
Necesidad de educación y conciencia sobre Ciberseguridad	Considerado este aspecto un desafío significativo (3). Se sugiere promover campañas de seguridad digital (1 y 2).
Medidas preventivas	La recomendación se basa en el uso de herramientas de cifrado, autenticación adicional y la colaboración con organizaciones de libertad de prensa para mejorar la ciberseguridad de los periodistas.

1.Cisneros Elsa, 2. Gabriel Córdova, 3. Edwin Chiliuza.

Tabla 2 – Resultados de expertos sobre Ciberseguridad

La segunda directriz de estudio es el resguardo de información, sobre este aspecto los tres expertos destacan la importancia de implementar medidas como el uso de contraseñas robustas y la necesidad de cambiarlas regularmente (Córdova, 2023), (Chiluiza, 2023). Además, subrayan la relevancia del cuidado en el manejo de dispositivos de almacenamiento, se enfocan en la seguridad de pen drives y discos duros externos, con precauciones adicionales para evitar interferencias magnéticas. Estas estrategias resaltan la atención especializada hacia la protección física de la información almacenada, proporcionando una base sólida para la seguridad de los datos (Cisneros, 2023).

En términos de herramientas tecnológicas se observa una convergencia en la utilización de encriptación de datos, autenticación de dos pasos y almacenamiento en la nube con cifrado. Los expertos sugieren la implementación de firewalls y herramientas de protección de endpoints como antivirus y antimalware para salvaguardar dispositivos contra amenazas en línea.

Estos hallazgos revelan un enfoque integral hacia la ciberseguridad, incorporando herramientas para abordar múltiples aspectos de la protección de la información confidencial (Cisneros, 2023). Se menciona, además que, los expertos coinciden en la adopción de estrategias y herramientas para el resguardo de información (Tabla 3), en la implementación de medidas para garantizar la seguridad digital de la información en el contexto periodístico.

Coincidencias en estrategias de Resguardo	Coincidencias en Herramientas tecnológicas
Contraseñas fuertes	Almacenamiento en la nube
Encriptación de datos	Uso de VPNs
Autenticación de factores	Firewalls y herramientas de protección endpoints.
Cuidados en almacenamiento físico	Auditorías de Seguridad
Colaboración de expertos en ciberseguridad	Administradores de contraseñas

Tabla 3– Resultados sobre resguardo de información y uso de herramientas tecnológicas

Como tercer aspecto consultado es la protección de datos, sobre este tema, los expertos coinciden en la importancia de las medidas legales, controles internos, educación continua, cumplimiento legal y tecnologías avanzadas para garantizar la protección de datos personales y prevenir la pérdida o acceso no autorizado en el ámbito periodístico. A continuación, se presenta los resultados identificando los procedimientos a implementarse para la protección de datos y las medidas para evitar el acceso no autorizado a la información.

Protección de datos	
Experto (**1**)	Protección de datos: destaca la importancia de la honestidad y confidencialidad, respaldo de documentos legales. Control de acceso y auditorías: Realizar un control interno constante, incluyendo auditorías para evaluar claves y accesos para mantener un control riguroso y autorizado de la información.
Experto (**2**)	Evaluación u cumplimiento legal: Señala la importancia de la educación sobre la privacidad y sobre el cumplimiento de las leyes de protección de datos. Minimización de datos y acceso restringido: por niveles jerárquicos, utilizando contraseñas fuertes y autenticación de dos factores. Auditorías y monitoreo constante: de actividades sospechosas cumpliendo con estándares legales y de privacidad.
Experto (**3**)	Enfoque integral de ciberseguridad: combinar técnicas organizativas y humanas utilizando tecnologías de encriptación y seguridad endponits. Políticas y formación: Establecer políticas claras y procedimientos para el manejo seguro de datos, junto con capacitación y sensibilización para crear una cultura de seguridad en la organización
Medidas para evitar pérdida o acceso no autorizado	
Experto (**1**)	Control interno y sorpresivo: establecer evaluación de accesos
Experto (**2**)	Cifrado de datos y acceso restringido: para utilizar el cifrado de datos, acceso por niveles, auditorías periódicas para evaluar y mantener la seguridad del sistema. Cumplimiento legal y evaluación de proveedores: con el afán de cumplir con leyes de protección de datos, evaluar estándares de privacidad para evitar la divulgación no autorizada de la información.
Experto (**3**)	Defensa en Profundidad: implementación de enfoque integral con firewalls, cifrado de datos, control de acceso y autenticación de múltiples factores para prevenir pérdida o acceso no autorizado.

1.Cisneros Elsa, 2. Gabriel Córdova, 3. Edwin Chiliuza.

Tabla 4– Resultados de entrevista a expertos. Protección de datos

En resumen, los expertos sugieren la adopción de estrategias para garantizar la seguridad y confidencialidad de la información en el ámbito periodístico, incluso con aquella información catalogada como datos abiertos que son puestos a disposición con características técnicas y jurídicas para hacer usados (Ordóñez, et. al. 2024).

La combinación de medidas técnicas, organizativas y humanas que abarcan desde la educación sobre privacidad y el cumplimiento legal hasta la implementación de tecnologías avanzadas como cifrado de datos y autenticación de dos factores reflejaría un compromiso con la protección de datos sensibles. Por otro lado, la importancia atribuida a la formación continua, auditorías y evaluaciones periódicas resalta la naturaleza dinámica de los desafíos en ciberseguridad, subrayando la necesidad constante de adaptarse a las evoluciones tecnológicas y legales para mantener un entorno seguro en el periodismo moderno.

Finalmente, al consultar sobre intrusiones maliciosas en hardware y software los expertos desde su experiencia indicaron que han experimentado intrusiones que han llevado a tomar medidas para el manejo de la situación y a futuro prevenir estos ataques.

	Experiencia	**Manejo de la situación**	**Medidas Preventivas**
Experto (1)	Intento de intrusión, se difundió una clave de usuario.	Se utilizó auditorías para controlar el acceso a las bases de datos registrándose la fecha, la hora y la dirección IP	Con enfoque profesional se implementaron medidas para evitar accesos no autorizados.
Experto (2)	Ataque a equipos, como medida inmediata se desconecto red, aislamiento de equipos. Se detectó la entrada de malware a través de correo electrónico.	Notificación del delito autoridades, limpieza de equipos, restauración de red y conexión de equipos.	Se instauró un protocolo con pasos a seguir: notificación, limpieza y restauración.
Experto (3)	Intrusión maliciosa de hardware y software realizando el trabajo periodístico.	Detener actividades en línea, desconectó red, reporte al equipo de incidencias de seguridad que eliminó la amenaza y restauró el equipo.	Actualización de software de seguridad, autenticación de múltiples factores, cifrado de datos. Instauración de buenas prácticas post incidente.

1.Cisneros Elsa, 2. Gabriel Córdova, 3. Edwin Chiliuza.

Tabla 5 – Resultados de entrevista a expertos. Intrusiones maliciosas

Los expertos señalan que después de experimentar incidentes de seguridad, se deben implementar medidas preventivas robustas con un protocolo riguroso que incluya auditorías para controlar el acceso a bases de datos, registro detallado de actividades y medidas de seguridad avanzadas con la autenticación de múltiples factores y cifrado de datos.

Además, se ha instituido un enfoque profesional para evitar accesos no autorizados, notificación inmediata de incidentes, limpieza exhaustiva de equipos infectados,

restauración de red y conexión de equipos de manera segura. Estas medidas se constituyen en estrategias de buenas prácticas post incidente.

4. Conclusiones

Entre las conclusiones más relevantes tomando en cuenta los objetivos que plantea la revisión de la normativa, se indica que, en el proceso de revisión de políticas y planes estratégicos se excluye directa e indirectamente a los medios de comunicación o periodistas, accionar que puede vulnerar la libertad de expresión y deja pendiente el tema de protección digital. Tomando en cuenta que la seguridad tanto física y digital es de fundamental importancia porque las amenazas persisten y no solo en zonas de conflicto porque los delitos y ataques digitales son transfronterizos. Además, que la violencia y el acoso en línea especialmente contra las mujeres fomentan la autocensura.

La Política de Ciberseguridad de Ecuador establece 4 planes nacionales estratégicos: Aislamiento digital, Gobierno en Línea, Banda Ancha, Gobierno Electrónico, sin embargo, en el país hace falta una cultura de ciberseguridad que no ha logrado consolidarse, su alcance se ha limitado y no se toma conciencia de los riesgos que trae consigo la tecnología.

Finalmente, entre las estrategias para garantizar la seguridad de la información, los expertos consultados animan a la adopción de tácticas para garantizar la seguridad y confidencialidad en el ámbito periodístico. Entre las cuales están el cifrado y la autenticación de dos factores para la protección de datos sensibles.

Los expertos basan su criterio en experiencias de intrusión maliciosa, por ello, destacan la importancia de respuestas rápidas y medidas preventivas. Estos coinciden en prácticas como: desconectar la red para aislar equipos, investigar la entrada de malware, limpiar y restaurar el sistema y equipos, son procedimientos que funciona. Además, la conciencia de seguridad, la notificación a autoridades y la implementación de medidas técnicas, como la autenticación de múltiples factores son esenciales para prevenir futuras intrusiones.

Así también la recurrencia a las seguridades comunes como cambio de clave con contraseñas robustas, resguardo de información en aparatos físicos y en la nube. La seguridad se extiende al ámbito personal, manejo cauteloso de la vida privada en redes sociales o uso de correo con protocolos de seguridad que no permitan el rastreo y acceso a información sensible.

Entre las vulnerabilidades detectadas están el Phishig, rasomware y malware que ponen en peligro el trabajo periodístico y la libertad de prensa.

La combinación de medidas técnicas, organizativas y humanas que abarcan desde la educación sobre protección digital y el cumplimiento legal hasta la implementación de estrategias de seguridad para el resguardo de información, representan un avance significativo tanto para el Ecuador como para el entorno mediático.

Referencias

Canals Ametller, D. (2021). Ciberseguridad un nuevo reto para el Estado y los Gobiernos Locales. Wolters Kluwer. https://lc.cx/POeScT

Córdova, G. Entrevista personal 2023. Entrevistador Enio Martillo

Cisneros, E. Entrevista personal 2023. Entrevistador Enio Martillo

Chiluiza. E. Entrevista personal 2023. Entrevistador Enio Martillo

Deutsch, V. E. (2022). *Ciberseguridad para Directivos: Riesgo control y eficiencia de las Tecnologías de la Información*. Lid Editorial Empresarial S.L.

Global Threat Report 2023. De adversarios implacables a negocios resilentes. https://www.crowdstrike.com/ (2023).

Ley Orgánica de Comunicación (2013). https://lc.cx/U94u9x

Manfredi, J. L. Ciberseguidad 2020: la consolidación de la disciplina. (2020). Ediciones de la Universidad Castilla de la Mancha. https://lc.cx/KcC3Q8

Manfredi Sánchez, JL. Ufarte Ruiz, M.J., Herranz de la Casa, J, M. (2020). *Periodismo y Ciberseguridad en tiempos de incertidumbre,* pp.,190. Comunicación Social Ediciones y Comunicaciones Salamanca. https://lc.cx/h4jpew

Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la información (Publicación 5 de agosto de 2022). Por primera vez Ecuador cuenta con su Estrategia Nacional de Ciberseguridad. https://lc.cx/-7F1Z0

Organización de Naciones Unidas ONU (2023). La seguridad de los periodistas. Periodismo: una profesión esencial, pero peligrosa. https://lc.cx/WyMEy_

Ordóñe, K. Puertas, L., Suing, A. Los datos, sus usos e implicaciones en espacios democráticos. RISTI, E69, pags. 102-114 (2024). https://lc.cx/dHikRq

Política de Ciberseguridad (Acuerdo Ministerial 006- 2021). Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. https://lc.cx/pVlNXY

Panda Security (noviembre, 2022) Alza del número de ciberataques a medios de comunicación. https://lc.cx/bXURzy

Unión Internacional de la Telecomunicaciones UTI. Los países refuerzan sus estrategias de ciberseguridad (2021). https://lc.cx/hyPdJf

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 11/03/2024
Aceitação/Acceptance: 19/06/2024

Propiedades psicométricas de una escala para evaluar la cultura de aprendizaje en organizaciones no lucrativas de Latinoamérica

Javier Enrique Espejo-Pereda[1], Elizabeth Emperatriz García-Salirrosas[2], Miluska Villar-Guevara[3], Israel Fernández-Mallma[4]

javier.espejo@upeu.edu.pe; egarciasa@autonoma.edu.pe; miluskavillar@upeu.edu.pe; pastorisrael@upeu.edu.pe

[1] UPG de Ciencias Empresariales, Escuela de Posgrado, Universidad Peruana Unión, Lima 15102, Perú.

[2] Faculty of Management Science, Universidad Autónoma del Perú, Lima 15842, Perú.

[3] EP de Administración, Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad Peruana Unión, Juliaca 21100, Perú.

[4] EP de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Juliaca 21100, Perú.

Pages: 393-406

Resumen: Construir una cultura de aprendizaje consiste en apoyar métodos sistemáticos e integrales destinados a lograr un alto nivel de aprendizaje organizacional, debido a su importancia, se planteó como objetivo evidenciar las propiedades psicométricas de una escala para evaluar la cultura de aprendizaje en organizaciones no lucrativas. Bajo un muestreo no probabilístico a conveniencia, se obtuvo la participación de 186 trabajadores pertenecientes a ocho países latinos. Los resultados establecen una métrica distribuida en tres factores con indicadores de confiabilidad y validez alta (α=0.798 a 0.942; CR=0.800 a 0.943; AVE=0.667 a 0.847); además la métrica posee un buen índice de bondad de ajuste (CMIN/DF= 1.344; CFI=0.996; SRMR=0.025; RMSEA=0.043 y Pclose=0.530). Esta escala promete ser una herramienta útil para conocer las percepciones de los empleados y medir si el trabajo en la organización va alineado con la idea de enfocarse hacia su aprendizaje.

Palabras-clave: Cultura de aprendizaje, organizaciones no lucrativas, escala, validez, propiedades psicométricas.

Psychometric properties of a scale to assess learning culture in Latin American non-profit organizations

Abstract: Building a learning culture consists of supporting systematic and comprehensive methods aimed at achieving a high level of organizational learning. Due to its importance, the objective was to demonstrate the psychometric properties of a scale to assess the learning culture in nonprofit organizations. Under a non-probabilistic convenience sampling, the participation of 186 workers

from eight Latin American countries was obtained. The results establish a metric distributed in three factors with high reliability and validity indicators (α=0.798 to 0.942; CR=0.800 to 0.943; AVE=0.667 to 0.847); in addition, the metric has an excellent goodness-of-fit index (CMIN/DF= 1.344; CFI=0.996; SRMR=0.025; RMSEA=0.043 and Pclose=0.530). This scale promises to be a useful tool to know employees' perceptions and to measure whether the work in the organization is aligned with the idea of focusing on their learning.

Keywords: Learning culture, non-profit organizations, scale, validity, psychometric properties.

1. Introducción

Las organizaciones que desean alcanzar altos niveles de efectividad necesitan ajustarse a ciertos cambios que logren trasladarlos a donde quieren estar (Ramos et al., 2020), es allí donde una verdadera cultura de aprendizaje debe tomar lugar (Martínez et al., 2020). El comercio global, los diferentes lugares de trabajo y los constantes cambios tecnológicos han hecho que las organizaciones sean conscientes de la competencia en la que se desenvuelven y que las motiva a buscar una ventaja competitiva en el aprendizaje y el conocimiento (Gil et al., 2023; Torgaloz et al., 2023). Las organizaciones pueden mantener una ventaja competitiva y ser innovadoras siempre que opten por buscar más conocimiento y lo sepan gestionar con efectividad (Ramos et al., 2020; Udin, 2023).

Por esta razón, la cultura de aprendizaje cumple un rol importante el proceso de adaptación a un entorno cambiante (Gedifew & Muluneh, 2022; Gil et al., 2023; Troskie-de Bruin et al., 2014). Siendo que las empresas del siglo XXI se desenvuelven en contexto cada vez más inciertos (Atanassova & Bednar, 2022; Kelling et al., 2021; Silva & Ferreira, 2017), estas deberían aprender más rápido y mejor, ya que esto garantiza la sostenibilidad (Torgaloz et al., 2023). Además, conservar una cultura de aprendizaje podría optimizar las habilidades para gestionar alcanzando como resultado el desempeño del negocio (Cegarra-Navarro et al., 2021).

Una cultura de aprendizaje fomenta la experimentación y el pensamiento crítico (Barabasch & Keller, 2020). Cuando los empleados se sienten seguros para probar nuevas ideas y aprender de sus errores, las organizaciones se vuelven innovadoras y pueden adaptarse rápidamente a los cambios de la industria (Jung et al., 2021; Porcu et al., 2020). Por otro lado, las organizaciones que valoran y fomentan una cultura de aprendizaje permanente lograrán mejores resultados (Raemy et al., 2023). Y en ese sentido, aquellos empleados que constantemente adquieren nuevos conocimientos y habilidades pueden desempeñar mejor sus funciones y contribuir al éxito general de la institución (Cavazotte et al., 2015).

En ese sentido, luego de una diligente revisión de los antecedentes antes mencionados, ha surgido un creciente interés en continuar estudiando este tópico entre profesionales de los negocios, líderes de la gestión del talento humano y académicos. Los indicadores bibliométricos revelan los diez países que más divulgan sus resultados científicos, entre los que se encuentran: Estados Unidos, Reino Unido, Australia, Alemania, China, Indonesia, India, Canadá, Malasia y Corea del Sur. Los mismos que mayormente han

aplicado sus estudios a diversas áreas, sectores y poblaciones, como las ciencias sociales, los negocios, la informática, el arte y humanidades y la ingeniería. Por otro lado, al discernir la divulgación científica por país, se ha encontrado que los estudios realizados en población Latinoamericana son muy escasos, además, la búsqueda también demostró la carencia de estudio instrumentales sobre este constructo para este contexto en particular. En tal sentido, el propósito del presente estudio fue traducir y analizar la evidencia de validez y confiabilidad de una escala para evaluar la cultura de aprendizaje en organizaciones sin fines de lucro.

A continuación, el presente estudio se divide en las siguientes secciones: La Sección 2 contiene la revisión de la literatura. La sección 3 proporciona materiales y métodos. La sección 4 se centra en los resultados. La sección 5 se refiere a la discusión y conclusiones del estudio.

2. Revisión de la literatura

Algunos estudios afirman que los empleados con deseos de aprender buscan un entorno que fomente crecimiento y desarrollo; es decir, sistema de aprendizaje sólido puede ayudar a retener a estos empleados clave brindándoles la oportunidad de desarrollarse y crecer dentro de la organización (Miño-Puigcercós et al., 2019; Walan & Gericke, 2023). Además, se ha demostrado que la capacidad de adaptarse en un entorno empresarial cambiante es fundamental para la supervivencia a largo plazo de una organización (Rebelo et al., 2017). Una cultura de aprendizaje fomenta la flexibilidad y la velocidad, lo que permite a las organizaciones adaptarse rápidamente a nuevas situaciones y oportunidades (Gedifew & Muluneh, 2022).

Otro factor importante se centra en los líderes, siendo que ellos valoran y fomentan el aprendizaje continuo, marcando la pauta para toda la organización (Cavazotte et al., 2015). Esta cultura crea un sentido de comunidad y colaboración entre los empleados, promoviendo así el compromiso, el trabajo en equipo, ambiente de trabajo de apoyo (Tripathi & Kalia, 2022), la transferencia de aprendizaje (Maggi-da-silva et al., 2022), capacidad dinámica y desempeño de equipos (Gonzalez, 2022), y la identidad corporativa. En consecuencia, estudiar, evaluar y analizar la cultura de aprendizaje en una organización es esencial para fomentar elementos esenciales como la innovación, mejorar el rendimiento, retener el talento, aumentar la capacidad de adaptación, promover el liderazgo efectivo y fortalecer la cultura organizacional en su conjunto (Kucharska & Rebelo, 2022).

Mientras ha evolucionado este constructo, su aplicación se ha trasladado a diversos campos de estudio como el de la salud (Barlow et al., 2023; Udin et al., 2023), las tecnologías de la información (Koivula et al., 2022; Tripathi & Kalia, 2022), la educación (Gedifew & Muluneh, 2022; Huang & Asghar, 2018; Mejía-Manzano et al., 2022), el bancario (Cegarra-Navarro et al., 2021; Khan et al., 2020) y el deportivo (Matic, 2022). Sin embargo, aunque la comunidad académica ha ido despertando mayor interés en desarrollar escalas de medición (Lin & Huang, 2020; Maggi-da-silva et al., 2022; Naqshbandi & Tabche, 2018; Ramos et al., 2020; Rebelo & Gomes, 2011; Yang, 2003), todavía es necesario concentrarse en grupos poblacionales más específicos.

3. Materiales y métodos

Esta investigación fue desarrollada bajo el diseño instrumental (Ato et al., 2013). La población estuvo compuesta por trabajadores de una organización sin fines de lucro de ocho países pertenecientes a Sudamérica y Centroamérica. Cabe señalar que este estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Escuela de Posgrado de la Universidad Peruana Unión (2023-CE-EPG-00153). En tal sentido, para participar de este estuvo se consideró que los trabajadores voluntarios otorgaran su consentimiento informado. La encuesta se realizó en el primer trimestre de 2024 y se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia. El cuestionario estuvo alojado en *Google Form* y la distribución del cuestionario en línea se realizó por correo electrónico a los directores de las instituciones que de cada país que cumplían con los criterios del estudio, ellos a su vez distribuyeron el cuestionario virtual a través de los grupos de WhatsApp de sus compañías para invitarlos a participar voluntariamente. Se compartió a un promedio de 600 personas, obteniendo un total de 186 encuestas válidas.

3.1. Participantes

A continuación, se presentan las características de los participantes en este estudio, siendo el 60.75% mujeres y 39.25% varones. El 46% de los encuestados informaron ser casados. Los que tenían un rango de edad entre 20 y 30 años alcanzaron mayor representación (37.63%). El país con mayor participación en este estudio fue Perú (47.85%) y Chile (13.98%). Mayores detalles se pueden observar en la Tabla 1.

Características		**Frecuencia**	**Porcentaje (%)**
Sexo	Femenino	113	60.75
	Masculino	73	39.25
Rango de edad	20 – 30 años	70	37.63
	31 - 40 años	53	28.50
	41 – 50 años	38	20.43
	Mas 51 años	25	13.44
Estado Civil	Soltero (a)	82	44.09
	Casado (a)	87	46.78
	Divorciado (a)	11	5.90
	Conviviente	6	3.23
Grado de instrucción	Superior Técnico	31	16.67
	Bachiller	47	25.27
	Título Profesional	81	43.55
	Maestría	24	12.90
	Doctorado	3	1.61
Cargo que ocupa	Director o Alta Dirección	18	9.68
	Jefe de Área	35	18.82
	Personal Administrativo	52	27.96
	Personal Técnico	81	43.54

Características		Frecuencia	Porcentaje (%)
País donde labora	Perú	89	47.85
	Ecuador	9	4.84
	Chile	26	13.98
	Colombia	2	1.08
	Venezuela	4	2.15
	Brasil	52	13.44
	Paraguay	1	0.54
	México	3	1.61
Años de servicio	1 - 5 años	130	69.89
	6 - 10 años	28	15.05
	11 - 15 años	6	3.23
	16 años a más	22	11.83

Tabla 1 – Características sociodemográficas del estudio (n= 186)

3.2. Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se utilizaron dos tipos de software estadísticos: En primer lugar, para evaluar el análisis factorial exploratorio se usó el SPSS, y para realizar el análisis factorial confirmatorio, evaluar la confiabilidad convergente y discriminante y el ajuste del modelo de medición se utilizó el modelo de ecuaciones estructurales de covarianza (CB-SEM), para lo cual se usó el software AMOS.

3.3. Instrumentos

Para evaluar la cultura de aprendizaje se utilizó un modelo reciente de tres factores (Dominguez & Massaroli, 2017). La escala fue traducida al español y adaptada al contexto de trabajadores de organizaciones sin fines de lucro. Los factores se codificaron de la siguiente manera: Intercambio de conocimiento, Participación activa de la gestión y Asumir riesgos y fomentar el proceso creativo. El cuestionario constaba de 7 ítems y se estructuró en 3 secciones (Tabla 2): la primera sección consistía en las instrucciones del llenado y el consentimiento informado de los participantes, la segunda sección contenía los ítems de la escala y la tercera incluía las variables sociodemográficas. Para responder a los ítems se utilizó una escala tipo Likert de 5 puntos, que van desde 1 (“totalmente en desacuerdo”) hasta 5 (“totalmente de acuerdo”).

Predictor	Ítem	Afirmaciones
		En la organización donde laboro...
Participación activa de la gestión (MAP)	MAP1	Los directivos participan en actividades de mejora.
	MAP2	Los directivos ayudan a la solución de problemas.
	MAP3	Los directivos guían a los colaboradores.
Intercambio de conocimiento (KS)	KS1	Los colaboradores comparten información y conocimientos sobre problemas que lograron resolver.
	KS2	Los colaboradores cooperan con las ideas de mejora de sus colegas.

Predictor	Ítem	Afirmaciones
Asumir riesgos y fomentar el proceso creativo (RCP)	RCP1	Las iniciativas fallidas son parte de un proceso de aprendizaje.
	RCP2	Se promueve tomar decisiones y asumir riesgos.

Tabla 2 – Instrumentos de medida

3.4. Proceso de traducción

Se desarrolló un método de prueba bilingüe de retro-traducción, el inglés original de la escala fue traducido al español. Dos hablantes nativos de español bilingües (español-inglés) completaron las traducciones al inglés y al español, respectivamente. Para obtener el primer cuestionario completo en español. Seguidamente se organizó un *Focus Group* conformado por un trabajador representante de cada país invitado (juicio de expertos) perteneciente a la organización sin fines de lucro, quienes revisaron la traducción comparando, discutiendo y refinando la escala de medición. Además, la escala fue traducida del español al portugués para ser aplicada a hablantes nativos y a su vez fue revisado por expertos locales antes de distribuirlo a la muestra del estudio.

4. Resultados

La Tabla 3 presenta los resultados estadísticos descriptivos de los ítems, como la media, desviación estándar, asimetría y curtosis de la escala. Se observa que los valores de asimetría y curtosis son en su mayoría inferiores a +/− 1.50 (Ferrando & Anguiano-Carrasco, 2010), excepto para los ítems KS1, MAP1, MAP2 y MAP3 de la columna curtosis, que mostraron un ligero incumplimiento de la normalidad multivariante de los datos, ante ello se usó el método cuadrados mínimos generalizados.

Código	Media	Desviación Estándar	Asimetría	Curtosis
KS1	4.0376	0.91456	-1.146	1.531
KS2	4.1237	0.83878	-1.015	1.364
MAP1	4.0376	0.91456	-1.189	1.634
MAP2	4.0215	0.99162	-1.254	1.575
MAP3	4.0054	0.99999	-1.290	1.697
RCP1	3.9140	0.93179	-1.043	1.259
RCP2	3.8495	0.99127	-0.837	0.555

Tabla 3 – Análisis descriptivo de los ítems (n=186)

4.1. Análisis Factorial Exploratorio

En la Tabla 4 se muestra el Análisis Factorial Exploratorio (AFE) de los ítems, donde se puede observar que los ítems se distribuyen en tres factores según la variable analizada. Se observa que existe una clara diferencia entre los tres factores. La prueba

de KMO y Bartlett (medida de adecuación de la muestra de Kaiser-Meyer-Olkin = 0.855 mayor que 0.70 es alta, y la prueba de Bartlett (Sig = 0.000) es muy significativa para realizar el análisis factorial. La varianza total explicada en el modelo es 77.518%, la cual es mayor al 50%, siendo Participación activa de la gestión (MAP) = 60.221%, intercambio de conocimiento (KS) = 10.664% y asumir riesgos y fomentar el proceso creativo (KCP) = 6.633%. Todos los ítems se agruparon según sus dimensiones iniciales. Luego, se procedió con el análisis factorial confirmatorio (AFC).

Ítem	Factor		
	1	2	3
MAP3	0.961		
MAP2	0.892		
MAP1	0.888		
KS1		0.886	
KS2		0.800	
RCP1			0.936
RCP2			0.577

Método de extracción: cuadrados mínimos generalizados.
Método de rotación: Promax con normalización Kaiser.

Tabla 4 – Matriz de patrón de Análisis Factorial Exploratorio (AFE)

La Tabla 5 muestra la validación del modelo de medición final con confiabilidad y validez convergentes. Se observa que los valores del Alfa de Cronbach (α) están entre 0.798 y 0.942. Estos valores son satisfactorios ya que para que el modelo sea considerado en un nivel adecuado, todos los valores deben estar por encima de 0.70 (Agbo, 2010). Asimismo, los valores de confiabilidad compuesta (CR) están entre 0.800 y 0.943, lo que también es favorable ya que, para que se considere un modelo óptimo, los valores deben ser mayores a 0.60 (Bagozzi & Yi, 1988). Por otro lado, los valores de AVE están entre 0.667 y 0.847, lo que se considera óptimo ya que, para tener valores aceptables para este indicador, deben ser iguales o superiores a 0.50 (Hair et al., 2014). Esto significa que el modelo de medición cumple con todos los indicadores de confiabilidad y validez convergente.

Predictor	Ítem	Estimar	α	CR	AVE
Participación activa de la gestión (MAP)	MAP1	0.892 ***	0.942	0.943	0.847
	MAP2	0.927 ***			
	MAP3	0.941 ***			
Intercambio de conocimiento (KS)	KS1	0.721 ***	0.826	0.847	0.739
	KS2	0.978 ***			
Asumir riesgos y fomentar el proceso creativo (RCP)	RCP1	0.781 ***	0.798	0.800	0.667
	RCP2	0.851 ***			

El Alfa de Cronbach (α) para todas las variables es >0,7, la confiabilidad compuesta (CR) > 0,60 y la media-varianza extraída (AVE) > 0,50; *** p < 0,001 (nivel de significancia), lo que indica una validez significativa del modelo.

Tabla 5 – Validación del modelo de medición final confiabilidad y validez convergentes

La Tabla 6 muestra los indicadores del ajuste del modelo de medida de la escala para evaluar la cultura de aprendizaje. Según los resultados del AFC con una estructura con tres dimensiones donde los siete ítems explicaban los tres factores, se obtuvieron los índices de ajuste excelentes. Por otro lado, la Figura 1 presenta la estructura factorial de la escala para evaluar la cultura de aprendizaje en la muestra de estudio.

Medida	Límites	Estimar	Interpretación
CMIN	--	14.785	--
DF	--	11.000	--
CMIN/DF	Between 1 and 3	1.344	Excellent
CFI	>0.95	0.996	Excellent
SRMR	<0.08	0.025	Excellent
RMSEA	<0.06	0.043	Excellent
Pclose	>0.05	0.530	Excellent

Nota: CMIN= Chi cuadrado, DF= Grados de libertad, SRMR= Raíz residual estandarizada cuadrática media, RMSEA= Error cuadrático Medio de Aproximación, CFI= Índice de ajuste comparativo.

Tabla 6 – Índices estadísticos de bondad de ajuste de la escala

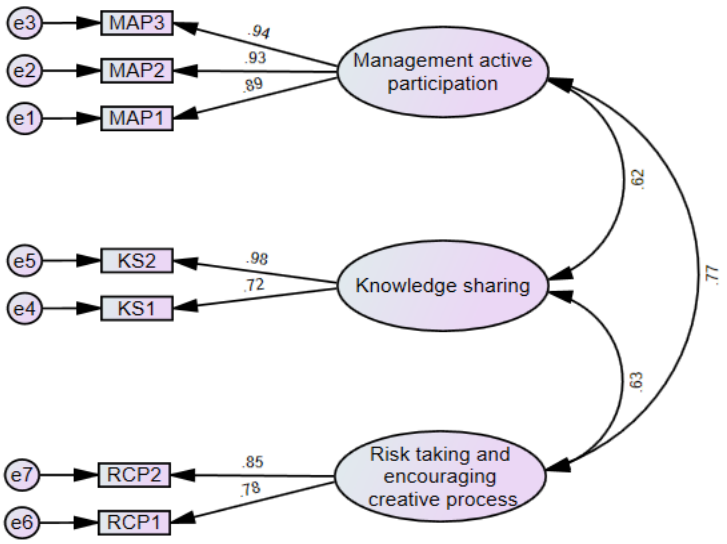


Figura 1 – Estructura factorial de la escala para evaluar la cultura del aprendizaje

Para evaluar la validez discriminante del modelo se utilizó el criterio de Fornell-Larker, así, se calculó la raíz cuadrada del AVE de cada factor, la cual debía ser mayor que la correlación más alta entre los factores del modelo de medida (Hair et al., 2014). La

Tabla 6 muestra que todos los valores en la diagonal en negrita son mayores que las correlaciones. Adicionalmente en este estudio se ha tomado en cuenta el criterio de heterotrait-monotrait (HTMT) (Henseler et al., 2015). Si el valor HTMT es inferior a 0.90 se considera que existe validez discriminante entre dos constructos reflexivos. En este sentido, en la Tabla 7 se observa que la correlación más alta tiene un valor de 0.775 lo cual es menor a 0.90. Con estos resultados se cumple la validez discriminante del modelo.

Criterio de Fornell-Larcker				**Heterotrait-monotrait ratio (HTMT)**	
	MAP	KS	RCP	Correlación	HTMT
MAP	**0.920**			MAP-KS	0.619
KS	0.625	**0.859**		MAP-RCP	0.775
RCP	0.767	0.628	**0.817**	KS-RCP	0.638

Tabla 7 –Validez Discriminante

5. Discusiones y conclusiones

El propósito del estudio fue traducir y analizar la evidencia de validez y confiabilidad de una escala para evaluar la cultura de aprendizaje en organizaciones sin fines de lucro. La escala utilizada para este estudio fue tomada de Dominguez y Massaroli (2017), quién construyó esta escala de medida basada en los conceptos de estudios precedentes (Cooper et al., 2016; Irani et al., 2009; Lefebvre et al., 2016). El instrumento original consta de tres dimensiones y cuenta con 6 ítems. En la traducción del instrumento se decidió dividir la primera pregunta de la dimensión Participación activa de la gestión (MAP 1) en dos ítems. Los resultados agruparon a los 7 ítems en sus dimensiones, obteniendo excelentes puntuaciones, lo que respalda la validez y confiabilidad del instrumento original. Otros instrumentos que miden la cultura de aprendizaje como el de Maggi-da-silva et al. (2022), han sido validados basados en una versión resumida de 7 ítems basado en los estudios de Yang (2003). Aunque se han observado su capacidad para medir significativamente (Marsick & Watkins, 2003).

Rebelo y Gomes (2011), por su parte, validaron la escala OLC (*Organizational Learning Culture*), la cual consta de dos dimensiones. La primera, integración interna de 12 ítems, tiene que ver con la forma como la organización estructura y coordina sus procesos a fin de promover y valorar el aprendizaje, mientras que la adaptación externa, de 8 ítems, se refiere a la forma como se relaciona la organización con su entorno. Ramos et al. (2020) han validado el cuestionario OLC (*Organizational Learning Culture*) con las mismas dimensiones que Rebelo y Gomes, adaptación externa (7 ítems) e integración interna (8 ítems). Por sus dimensiones el presente estudio se distingue a los anteriores mencionados, enfocando su alcance en la Participación activa de la organización para la apropiada gestión del aprendizaje.

5.1. Implicancias teóricas y prácticas

Desde una perspectiva teoría, el presente estudio refleja la evolución de la comprensión y medición de la cultura de aprendizaje en contextos organizacionales específicos. Los

resultados de valides y confiabilidad del instrumento, han sido corroborados en un nuevo contexto hispano, lo que representa un aporte y permite la utilización de esta herramienta en futuras investigaciones. Los investigadores pueden utilizar esta escala para analizar áreas de mejora en las organizaciones y diseñar intervenciones específicas para promover la cultura del aprendizaje.

5.2. Limitaciones y futuras investigaciones

Aunque el estudio presenta resultados prometedores, se reconoce que existen limitaciones que afectan la generalización de resultados. La muestra de 186 participantes provenientes de empleados de países sudamericanos puede no representar plenamente la diversidad y complejidad presentes en las diversas organizaciones. Se recomienda ampliar el número de participantes y utilizar mayor diversidad de organizaciones del tercer sector y buscar encontrar resultados similares. Las diferencias de sexo y años de servicio pueden también afectar los resultados. Se podrían considerar en futuras investigaciones muestras más homogéneas.

Referencias

Agbo, A. A. (2010). Cronbach's Alpha: Review of Limitations and Associated Recommendations. *Journal of Psychology in Africa*, *20*(2), 233–239. https://doi.org/10.1080/14330237.2010.10820371

Atanassova, I., & Bednar, P. (2022). Managing Uncertainty: Company's Adaptive Capabilities during Covid-19. *Complex Systems Informatics and Modeling Quarterly*, *2022*(33), 14–39. https://doi.org/10.7250/csimq.2022-33.02

Ato, M., López, J. J., & Benavente, A. (2013). Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología. *Anales de Psicologia*, *29*(3), 1038–1059. https://doi.org/10.6018/analesps.29.3.178511

Bagozzi, R. R., & Yi, Y. (1988). On the Evaluation of Structural Equation Models. *Journal of Academy of Marketing Science*, *16*(1), 74–94. https://doi.org/10.1007/BF02723327

Barabasch, A., & Keller, A. (2020). Innovative learning cultures in VET–'I generate my own projects.' *Journal of Vocational Education and Training*, *72*(4), 536–554. https://doi.org/10.1080/13636820.2019.1698642

Barlow, M., Watson, B., Jones, E., Morse, K. J., Maccallum, F., & Rudolph, J. (2023). Building a Workplace-Based Learning Culture: The "Receiver's" Perspective on Speaking Up. *Journal of Applied Behavioral Science*, 1–24. https://doi.org/10.1177/00218863231190951

Cavazotte, F. de S. C. N., Moreno, V. de A., & Turano, L. M. (2015). Continuous learning culture, attitudes and job performance: Comparing companies in public and private sectors. *Revista de Administracao Publica*, *49*(6), 1555–1578. https://doi.org/10.1590/0034-7612136534

Cegarra-Navarro, J. G., Jimenez-Jimenez, D., & Garcia-Perez, A. (2021). An Integrative View of Knowledge Processes and a Learning Culture for Ambidexterity: Toward Improved Organizational Performance in the Banking Sector. *IEEE Transactions on Engineering Management*, *68*(2), 408–417. https://doi.org/10.1109/TEM.2019.2917430

Cooper, A. L., Huscroft, J. R., Overstreet, R. E., & Hazen, B. T. (2016). Knowledge management for logistics service providers: The role of learning culture. *Industrial Management and Data Systems*, *116*(3), 584–602. https://doi.org/10.1108/IMDS-06-2015-0262

Dominguez, R. V., & Massaroli, T. (2017). Linkage between dynamics capability and knowledge management factors: A structural equation model. *Management Decision*, *55*(10), 2256–2276. https://doi.org/10.1108/MD-03-2017-0180

Ferrando, P., & Anguiano-Carrasco, C. (2010). El análisis factorial como técnica de investigación en psicología. *Papeles Del Psicólogo*, *31*(1), 18–33.

Gedifew, M. T., & Muluneh, G. S. (2022). A Learning Culture in Public Universities: Improving Institutions' Adaptive Capacity for Changes. *Journal of Higher Education Policy and Leadership Studies*, *3*(4), 83–105. https://doi.org/10.52547/johepal.3.4.83

Gil, A. J., Mataveli, M., Garcia-Alcaraz, J. L., & Ibanez-Somovilla, L. (2023). Organisational climate and change-orientated behaviour: The mediating effects of employee learning culture and perceptions of performance appraisal. *European Management Review*, 1–13. https://doi.org/10.1111/emre.12601

Gonzalez, R. V. D. (2022). How do learning culture and dynamic capability interfere with team performance? *Gestao e Producao*, *29*, 1–20. https://doi.org/10.1590/1806-9649-2022v29e134

Hair, J. F., Sarstedt, M., Hopkins, L., & Kuppelwieser, V. G. (2014). Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM): An emerging tool in business research. *European Business Review*, *26*(2), 106–121. https://doi.org/10.1108/EBR-10-2013-0128

Henseler, J., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2015). A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the Academy of Marketing Science*, *43*(1), 115–135. https://doi.org/10.1007/s11747-014-0403-8

Huang, Y. S., & Asghar, A. (2018). Science education reform in Confucian learning cultures: Teachers' perspectives on policy and practice in Taiwan. *Cultural Studies of Science Education*, *13*(1), 101–131. https://doi.org/10.1007/s11422-016-9762-4

Irani, Z., Sharif, A. M., & Love, P. E. D. (2009). Mapping Knowledge Management and Organizational Learning in Support of Organizational Memory. *International Journal of Production Economics*, *122*(1), 1–21.

Jung, K. B., Ullah, S. M. E., & Choi, S. B. (2021). The mediated moderating role of organizational learning culture in the relationships among authentic leadership, leader–member exchange, and employees' innovative behavior. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(19), 1–12. https://doi.org/10.3390/su131910802

Kelling, N. K., Sauer, P. C., Gold, S., & Seuring, S. (2021). The Role of Institutional Uncertainty for Social Sustainability of Companies and Supply Chains. *Journal of Business Ethics*, *173*(4), 813–833. https://doi.org/10.1007/s10551-020-04423-6

Khan, S., Anjam, M., Abu, M., Khan, F., & Khan, H. (2020). Probing the Effects of Transformational Leadership on Employees' Job Satisfaction With Interaction of Organizational Learning Culture. *SAGE Open*, *10*(2), 1–9. https://doi.org/10.1177/2158244020930771

Koivula, M., Laaksonen, S. M., & Villi, M. (2022). Practical, Not Radical: Examining Innovative Learning Culture in a Public Service Media Organization. *Journalism Studies*, *23*(9), 1018–1036. https://doi.org/10.1080/1461670X.2022.2065339

Kucharska, W., & Rebelo, T. (2022). Knowledge sharing and knowledge hiding in light of the mistakes acceptance component of learning culture- knowledge culture and human capital implications. *Learning Organization*, *29*(6), 649–669. https://doi.org/10.1108/TLO-03-2022-0032

Lefebvre, V. M., Sorenson, D., Henchion, M., & Gellynck, X. (2016). Social capital and knowledge sharing performance of learning networks. *International Journal of Information Management*, *36*(4), 570–579. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2015.11.008

Lin, C. Y., & Huang, C. K. (2020). Employee turnover intentions and job performance from a planned change: The effects of an organizational learning culture and job satisfaction. *International Journal of Manpower*, *42*(3), 409–423. https://doi.org/10.1108/IJM-08-2018-0281

Maggi-da-silva, P., Bido, D. de S., & Reatto, D. (2022). The Effects of Job Autonomy, Learning Culture, and Organizational Cynicism On Learning Transfer in MBA. *Revista Brasileira de Gestao de Negocios*, *24*(2), 230–246. https://doi.org/10.7819/rbgn.v24i2.4166

Marsick, V. J., & Watkins, K. E. (2003). Demonstrating the Value of an Organization's Learning Culture: The Dimensions of the Learning Organization Questionnaire. *Advances in Developing Human Resources*, *5*(2), 132–151. https://doi.org/10.1177/1523422303005002002

Martínez, G., Ariza, G., & Rey, A. (2020). El rol de los modelos en el aprendizaje organizacional y el diseño de políticas. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, *E28*, 386–398.

Matic, R. M. (2022). Marketing Concept in Elite Team Sports Clubs in Serbia: Impact of Leadership Styles, Organizational Learning Culture, and Climate for Innovation. *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine*, *11*(1), 71–80. https://doi.org/10.26773/mjssm.220309

Mejía-Manzano, L. A., Sirkis, G., Rojas, J. C., Gallardo, K., Vázquez-Villegas, P., Camacho-Zuñiga, C., Membrillo-Hernández, J., & Caratozzolo, P. (2022). Embracing Thinking Diversity in Higher Education to Achieve a Lifelong Learning Culture. *Education Sciences*, *12*(12), 1–17. https://doi.org/10.3390/educsci12120913

Miño-Puigcercós, R., Domingo-Coscollola, M., & Sancho-Gil, J. M. (2019). Transforming the teaching and learning culture in higher education from a diy perspective. *Educacion XX1*, *22*(1), 139–160. https://doi.org/10.5944/educxx1.20057

Naqshbandi, M. M., & Tabche, I. (2018). The interplay of leadership, absorptive capacity, and organizational learning culture in open innovation: Testing a moderated mediation model. *Technological Forecasting and Social Change*, *133*, 156–167. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.03.017

Porcu, O., Hermans, L., & Broersma, M. (2020). Unlocking the Newsroom: Measuring Journalists' Perceptions of Innovative Learning Culture. *Journalism Studies*, *21*(10), 1420–1438. https://doi.org/10.1080/1461670X.2020.1758956

Raemy, P., Widmer, L., & Barabasch, A. (2023). "Those Who Would Have Drifted Off Somewhere…" promoting social advancement with new learning cultures in retail. *Journal of Adult and Continuing Education*, *29*(2), 360–378. https://doi.org/10.1177/14779714231170755

Ramos, V., Herrera, L., Franco-Crespo, A., Guerra, Y., González-Pérez, L., Ramos-Galarza, C., Rebelo, T., & Tejera, E. (2020). Validation of the questionnaire OLC (Organizational Learning Culture) in ecuadorian organizations. *Revista Iberoamericana de Diagnóstico y Evaluación Psicológica*, *3*(56), 159–169. https://doi.org/10.21865/RIDEP56.3.12

Rebelo, T., de Sousa, B., Dimas, I., & Lourenço, P. R. (2017). Learning culture and affective well-being at work: How does the need for individual growth matter in this relationship? *Psihologija*, *50*(2), 187–201. https://doi.org/10.2298/PSI160502005R

Rebelo, T. M., & Gomes, A. D. (2011). Conditioning factors of an organizational learning culture. *Journal of Workplace Learning*, *23*(3), 173–194. https://doi.org/10.1108/13665621111117215

Silva, A. A., & Ferreira, F. C. M. (2017). Uncertainty, flexibility and operational performance of companies: Modelling from the perspective of managers. *Revista de Administracao Mackenzie*, *18*(4), 11–38. https://doi.org/10.1590/1678-69712017/administracao.v18n4p11-38

Torgaloz, A. O., Acar, M. F., & Kuzey, C. (2023). The effects of organizational learning culture and decentralization upon supply chain collaboration: Analysis of covid-19 period. *Operations Management Research*, *16*(1), 511–530. https://doi.org/10.1007/s12063-022-00316-1

Tripathi, A., & Kalia, P. (2022). Examining the effects of supportive work environment and organisational learning culture on organisational performance in information technology companies: The mediating role of learning agility and organisational innovation. *Innovation: Organization and Management*, 1–21. https://doi.org/10.1080/14479338.2022.2116640

Troskie-de Bruin, C., Albertyn, R. M., & Machika, P. (2014). Changing the departmental learning culture to enable student-centred learning in large classes. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, *5*(8), 386–395. https://doi.org/10.5901/mjss.2014.v5n8p386

Udin, U. (2023). Linking transformational leadership to organizational learning culture and employee performance: The mediation-moderation model. *International Journal of Professional Business Review*, *8*(3), 1–17. https://doi.org/10.26668/businessreview/2023.v8i3.1229

Udin, U., Dharma, R. D., Dananjoyo, R., & Shaikh, M. (2023). The Role of Transformational Leadership on Employee Performance Through Organizational Learning Culture and Intrinsic Work Motivation. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, *18*(1), 237–246. https://doi.org/10.18280/ijsdp.180125

Walan, S., & Gericke, N. (2023). Transferring makerspace activities to the classroom: A tension between two learning cultures. *International Journal of Technology and Design Education*, *33*(5), 1755–1772. https://doi.org/10.1007/s10798-022-09799-2

Yang, B. (2003). Identifying Valid and Reliable Measures for Dimensions of a Learning Culture. *Advances in Developing Human Resources*, *5*(2), 152–162. https://doi.org/10.1177/1523422303005002003

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 13/03/2024
Aceitação/Acceptance: 28/06/2024

Pruebas de intrusión y la evaluación de los sistemas de seguridad de la información dentro de una organización pública

Mario Aquino-Cruz[1], Anthony Stalin Hurtado-Rayme[1], Manuel Jesus Ibarra-Cabrera[1], Francisco Cari-Incahuanaco[1], Herwin Alayn Huillcen Baca[2], Flor de Luz Palomino Valdivia[2]

maquino@unamba.edu.pe; anthony_thomy@yahoo.es; mibarra@unamba.edu.pe; fcari@unamba.edu.pe; hhuillcen@unajma.edu.pe; fpalomino@unajma.edu.pe

[1] Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Av. Inca Garcilazo de la Vega, 03001, Abancay, Perú.

[2] Universidad Nacional José María Arguedas, Jr. Juan F. Ramos, 03701, Andahuaylas, Perú.

Pages: 407-417

Resumen: La investigación es determinar el nivel de relación entre las pruebas de intrusión y la evaluación de los sistemas de seguridad de la información, con el fin de evaluar los niveles de seguridad de la información, proporcionando una base sólida para minimizar los riesgos de vulnerabilidad en la infraestructura tecnológica. La investigación es aplicada de nivel correlacional, la población de 82 computadoras. Se llego a la conclusión que el nivel de relación fue positivo y moderado entre la metodología de pruebas de intrusión y la evaluación de los sistemas de seguridad de la información, con un 0,577 de Rho de Spearman, que permitió obtener el grado de vulnerabilidad del sistema de seguridad de información de la institución, arrojando un 64,63%, que indica estar vulnerables a los ataques de los hackers y donde la información corre peligro de ser alterada y vulnerada.

Palabras-clave: Ciberseguridad; pruebas de intrusión; evaluación de sistemas de seguridad; sistemas de información.

Penetration testing and evaluation of information security systems within a public organization

Abstract: The research is to determine the level of relationship between penetration testing and the evaluation of information security systems, in order to evaluate the levels of information security, providing a solid basis to minimize the risks of vulnerability in the Technological infrastructure. The research is applied at a correlational level, the population of 82 computers. It was concluded that the level of relationship was positive and moderate between the penetration testing methodology and the evaluation of information security systems, with a 0.577 Spearman's Rho, which allowed obtaining the degree of vulnerability of the system. of information security of the institution, yielding 64.63%, which indicates that they are vulnerable to attacks by hackers and where the information is in danger of being altered and violated.

Keywords: Cybersecurity; penetration testing; evaluation of security systems; information systems.

1. Introducción

A nivel mundial, los cambios de gran impacto empresarial han aumentado el nivel de complejidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs), que generan en muchos casos vulnerabilidades o fallos de seguridad de la información al producirse incremento de ataques informáticos, como inyección a Lenguaje de Consulta Estructurado (SQL) o de Sistemas Operativos (SO), falsificación de petición en sitios cruzados (CSRF), secuencia de comandos en sitios cruzados (XSS), entre otros (Cano, 2020).

Estos ataques se dan a través del ingreso a los ordenadores y/o servidores, con la finalidad de alterar o destruir información valiosa, perjudicando su funcionamiento; otra amenaza significativa es el robo de identidad por medio del acceso a las cuentas de usuario, siendo la información administrativa una de las más perjudicadas y frecuentemente vulnerada. Estas debilidades son consecuencia de bugs, errores o fallos en los sistemas a nivel de diseño y desarrollo, que se originan por las limitaciones de la infraestructura tecnológicas implementada ya que al principio no se construye 100% segura (Olmedo y Gavilánez, 2018).

En este sentido, el incremento de la vulnerabilidad y el extenso volumen de amenazas a la seguridad de la información han generado una sucesión de métodos, protocolos, normas, instrumentos y leyes con el fin de mitigar y minimizar los riesgos a la infraestructura tecnológica de la empresa donde se resguarda la información (ABAD, 2020).

En Perú, las instituciones públicas y privadas se encuentran en búsqueda de mecanismos que lo ayuden a resguardar la información institucional; ya que es el activo más significativo y debe resguardarse de manera estricta (Poma y Vargas, 2019). El gobierno del Perú a través de la Secretaría de Gobierno y Transformación Digital regula todo lo concerniente al gobierno digital, confianza digital y la transformación digital (PCM, 2021).

2. Trabajos relacionados

(Rincón y Albarracin, 2018). En su investigación Análisis y evaluación de la seguridad informática para la página web publicada en hosting gratuito de la Institución Técnica De Firavitoba, para la detección y remediación de vulnerabilidades y riesgos en la información. Su trabajo permitió conocer las debilidades que enfrentan la información en una publicación de la Página Web en la institución educativa técnica de Firavitoba al no contar con métodos de controles de seguridad. Los resultados obtenidos indican que son necesarios la implementación de controles y acciones de seguridad, que ayudan a fortalecer la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información y minimizar los riesgos en el flujo de la información.

(Meza, 2019). En su investigación Diseño de un Marco de Referencia para el Análisis de Vulnerabilidades a un Segmento de la Red Corporativa de una Empresa de Telecomunicaciones en Quito basado en las principales Metodologías de Pruebas de Seguridad Informática. El objetivo que tuvieron es facilitar la gestión de identificación, análisis y remediación de vulnerabilidades existentes en un segmento de red configurada

en el Centro de Datos de una Empresa de Telecomunicaciones en la ciudad de Quito, para ello se ha conformado un marco de referencia que reúne las mejores directrices de metodologías internacionales de seguridad informática como son OSSTMM, ISSAF, NIST, PTES, CIS y OWASP, mismas que entre sus valoraciones incluyen apartados técnicos y teóricos que fortalecen la postura de seguridad en las redes y servidores de un Data Center. Los resultados de este trabajo muestran que al aplicar el marco de referencia propuesto las vulnerabilidades del segmento de red disminuyeron considerablemente por lo que esta propuesta se recomienda sea aplicada en otras redes de la Empresa y dependiendo de la situación tecnológica pueda replicarse en otras instituciones.

(Ortiz, 2015). En su investigación Desarrollo de Metodología para Hallazgos de Vulnerabilidades en Redes Corporativas e Intrusiones Controladas. Tuvo como objetivo el diseño de una metodología para hallazgos de vulnerabilidades que permita realizar pruebas de seguridad sobre los sistemas informáticos de una red corporativa, estableciendo un criterio adecuado, en conclusión, el autor indica la empresa debe tener en funcionamiento al menos una herramienta de análisis de vulnerabilidades como Nessus, Nexpose o en su defecto OpenVass para infraestructura y capa de red, así como Acunetix y Skipfish para el análisis de aplicativos webs, los cuales permiten solucionar las vulnerabilidades a través de la liberación de nuevas versiones de los programas o parches de actualización en sistemas operativo.

(Alcántara, 2017). En su investigación Desarrollo de un Proceso de Seguridad para la Prevención de Intrusiones en una Red Privada. Tuvo como objetivo determinar un proceso para la clasificación del tráfico de una red en estado normal o bajo ataque, a través de la generación de un vector característico basado en el comportamiento de la red. En conclusión, en este trabajo de investigación se consigue obtener un porcentaje elevado de precisión con diferentes tipos de clasificadores, usando información real proveniente de la red, en un enfoque supervisado, al estar constituido con únicamente 18 atributos para su caracterización para el caso uno y 21 atributos para el caso dos.

(Bernal y Echevarría, 2019). En su investigación Modelo de niveles de seguridad para pruebas de intrusión en aplicaciones web para Pymes en el Perú. Tuvo como fin efectuar un modelo de niveles de seguridad para establecer las condiciones actuales de las aplicaciones web en PYMES aplicando en la fase de implementación las pruebas de intrusión. Como resultado, detectaron las aplicaciones web en nivel básico de seguridad, y se demostró que el modelo es fácil de usar y económico, porque se utiliza código abierto.

(Machicao, 2019). En su investigación Análisis de Riesgo y Políticas de Seguridad de Información de la Oficina de Tecnologías De Información, tuvo el objetivo de analizar los riesgos existentes en la OTI usando la metodología MAAGTICSI, que fue acorde al propósito; por lo cual, se logró tener un conocimiento acerca de los riesgos existentes en la OTI y poder elaborar de esta manera las políticas de seguridad de la información. El autor concluye que para salvaguardar la información que es administrada por las tres sub áreas, gobierno electrónico, desarrollo de software, redes y telecomunicaciones, el cual tiene como objetivo individual de estas políticas, dar fortaleza a los tres principios de seguridad de la información: confidencialidad, integridad y disponibilidad, llegando a presentar la propuesta de políticas de seguridad de la información acorde a los objetivos de la OTI-UNA PUNO.

(Izquierdo y Tafur, 2017). En su investigación Mecanismos de Seguridad para Contrarrestar Ataques Informáticos en servidores Web y Base de Datos. Tuvo como

objetivo realizar un estudio del alcance de la seguridad en sistemas software, al realizar comparaciones de mecanismos de seguridad que contrarrestaran los ataques informáticos, para así capturar información de los intrusos y acrecentar la seguridad en los servidores. El autor concluyó que, mediante las pruebas y el análisis de resultados, se logró neutralizar los ataques DOS y exploración de vulnerabilidades en servidores web y base de datos.

(Morales et al., 2020). En su investigación Proceso de Ciberseguridad: Guía Metodológica para su implementación. Tuvo como objetivo presentar el diseño de una guía metodológica para la aplicación del proceso de ciberseguridad que permita tener detalladamente los pasos, procesos y herramientas que pueden usar. Se empleó el método analítico y se identificaron tres fases para el diseño de la guía: Auditoría interna en los procesos de las áreas de Redes, Desarrollo de Software y Documentación; Análisis de Vulnerabilidades e Identificación de Riesgos. Los resultados muestran un esquema de ciberseguridad aplicada a sistemas distribuidos, en los dominios de seguridad de la información, de redes y aplicaciones, junto con las herramientas e instrumentos necesarios en la aplicación del proceso de ciberseguridad.

3. Metodología

La investigación realizada es de tipo aplicada con un diseño no experimental de corte transeccional, con un nivel de investigación correlacional, el cual determino el grado de relación que existe entre la metodología de intrusión y la evaluación de los sistemas de seguridad de la Información en una organización pública.

3.1. Objetivos de la investigación

Se planteo 01 objetivo general y 03 objetivos específicos, los cuales se detallan a continuación

Objetivo general: Determinar la relación entre la metodología de pruebas de intrusión y la evaluación de los sistemas de seguridad de la información.

Objetivos Específicos

- Determinar la relación entre la metodología de pruebas de intrusión y el procedimiento de planificación.
- Determinar la relación entre la metodología de pruebas de intrusión y el procedimiento de ejecución.
- Determinar la relación entre la metodología de pruebas de intrusión y el procedimiento de post – ejecución.

3.2. Proceso de prueba de intrusión

El proceso de pruebas de intrusión se desarrolla a través de cuatro fases

- Fase de Planificación.
- Fase de Descubrimiento.
- Fase de Ejecución.
- Fase de Documentación y Reporte.

3.3. Redes analizadas en la organización

A continuación, se muestra algunas de las topologías de red analizadas en la organización:

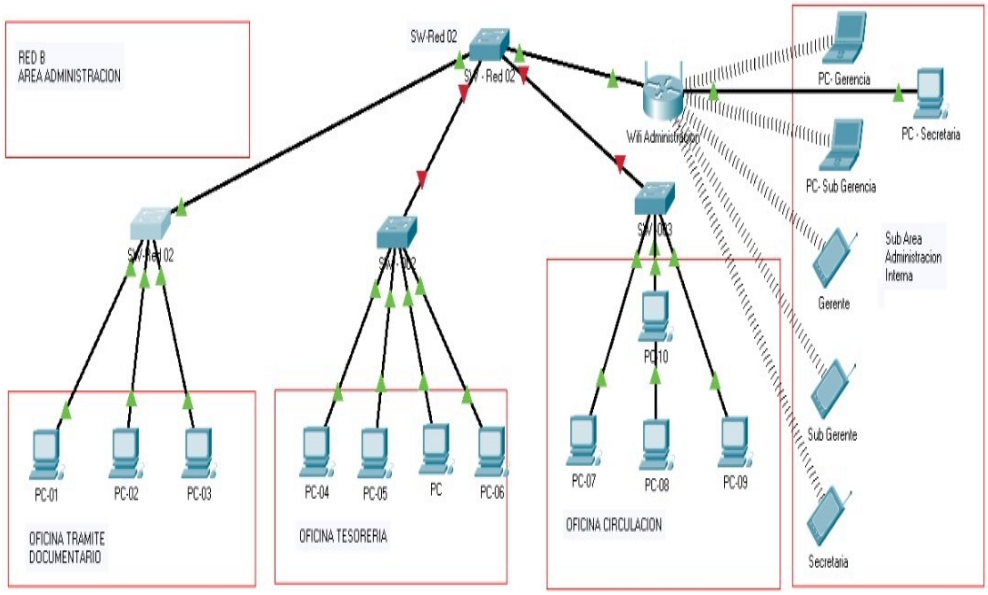


Figura 1 – Topología del área de administración

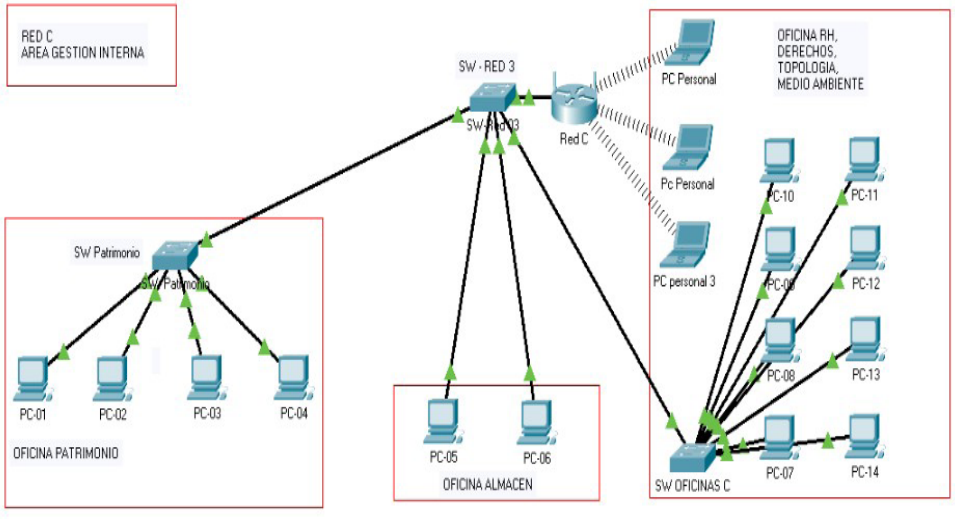


Figura 2 – Topología de gestión interna

En la figura 1, apreciamos la distribución de los equipos de cómputo por las diferentes áreas administrativas como son tramite documentario, oficina de tesorería, oficina de circulación y administración, tanto con cableado estructurado y redes inalámbricas.

En la figura 3, apreciamos la distribución de los equipos de cómputo por las diferentes áreas administrativas como son oficina de patrimonio, oficina de almacén, oficina de Recursos Humanos, oficina de medio ambiente.

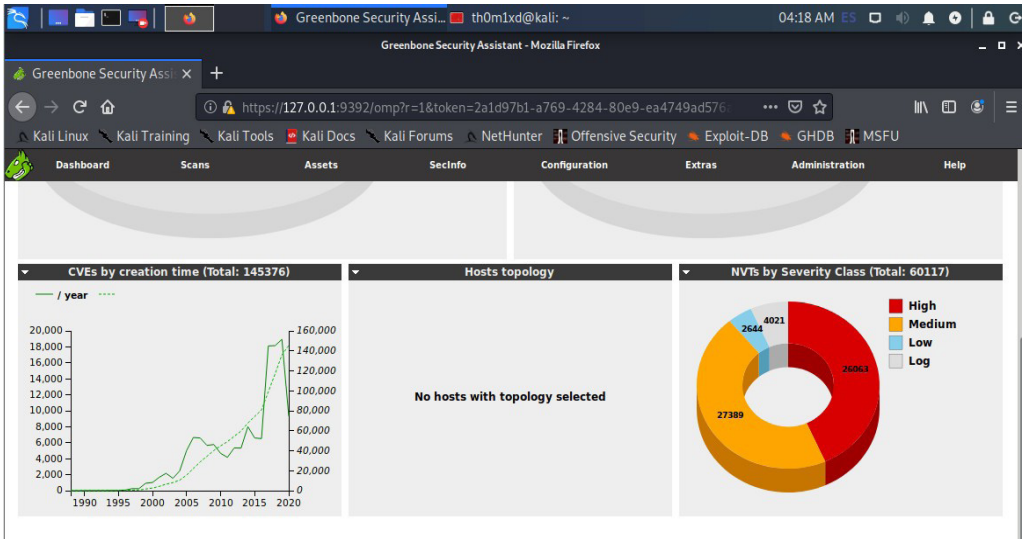


Figura 3 – Escaneo de la red con Greenbone

En la figura 3, apreciamos la utilización de una de las tantas herramientas de pentesting utilizadas para el trabajo de investigación, para sacar un reporte de las vulnerabilidades encontradas en los diferentes equipos de la red local y mostrando un nivel de riesgo.

4. Resultados

Se realizó un análisis descriptivo, el cual se detalla a continuación:

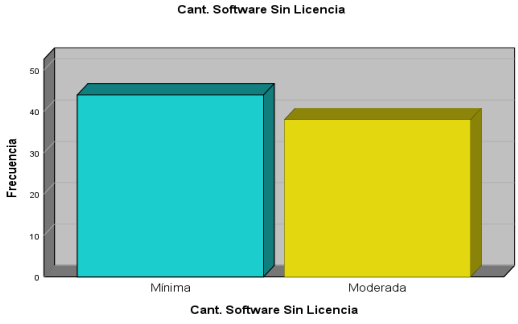


Figura 4 – Comparativo de software con licencia y sin licencia

En la figura 4, se aprecia que de las 82 computadoras evaluadas; 44 de ellas (que corresponde a un 53,7%) están en el rango de 0-10 en un estado mínimo; y las restantes, 38 computadoras (46,3%) están en un rango de 11-30 en un estado moderado. Estos resultados hacen inferir que los softwares que generalmente utilizan no son originales; lo que trae consigo que sean versiones bajadas de internet, que provocan invasiones a través de virus, amenazando el funcionamiento y seguridad de la empresa.

Cant. Puertos abiertos

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Mínima	25	30,5	30,5	30,5
	Moderada	49	59,8	59,8	90,2
	Alto	8	9,8	9,8	100,0
	Total	82	100,0	100,0	

Figura 5 – Frecuencia de puertos abiertos

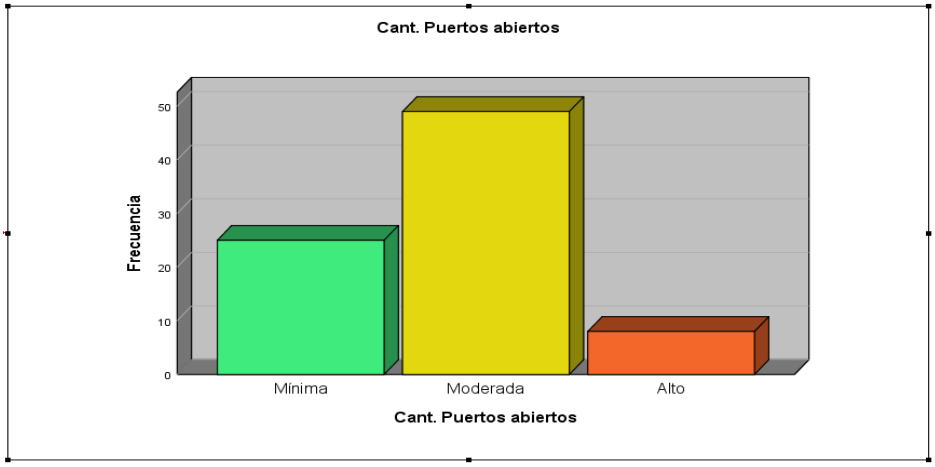


Figura 6 – Resumen de puertos abiertos

En la figura 6, se presentan los resultados de la cantidad de puertos abiertos, que indican que de las 82 computadoras evaluadas; 25 de ellas (que corresponde a un 30,5%) están en el rango de 0-1 en un estado mínimo; 49 computadoras (que corresponde a un 59,8%) están en el rango de 2-4 en un estado moderado; y las restantes, 8 computadoras (9,8%) están en un rango de 5 o más en un estado alto. Estos resultados expresan que existe un nivel de vulnerabilidad visible con esta cantidad de puertos abiertos, siendo estos vulnerables a los hackers; trayendo consigo vulnerabilidad al sistema de seguridad.

Cant. Software obsoletos

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Minima	80	97,6	97,6	97,6
	Moderada	2	2,4	2,4	100,0
	Total	82	100,0	100,0	

Figura 7 – Software obsoleto

La figura 7, muestra los resultados de la cantidad de versiones obsoletas; que expresan de las 82 computadoras evaluadas; 80 computadoras (que corresponde a un 97,6%) están en el rango de 0-10 en un estado mínimo; y las 2 computadoras restantes (2,4%) están en un rango de 11-30 en un estado moderado. Estos resultados expresan que existe una cantidad considerable de software obsoletos que no tienen licencias; siendo un problema de evaluación constante de los sistemas de seguridad.

Equipos fallas en el SO

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	61	74,4	74,4	74,4
	Si	21	25,6	25,6	100,0
	Total	82	100,0	100,0	

Figura 8 – Resumen de equipos con fallas en el Sistemas Operativo

En referencia a la figura 8, se puede visualizar que existen 21 equipos de los seleccionados de muestra para realiza el estudio se detectaron problemas en el sistema operativo, que equivale a un 25,6%. En cambio, los otros 61 (74,4) equipos no se encuentran con fallas relevantes del sistema operativo. Según los resultados y la escala de estimación se presenta que se encuentran en una escala Moderada; ya que el número de computadores con falla en sistema operativo está en el rango de 11 y 30. Estos resultados hacen inferir que existen una cantidad significativa de equipos con problemas en el sistema operativo, lo que trae consigo un mal funcionamiento del equipo que muestra una falta de control y monitoreo en el sistema de seguridad.

Equipos fallas en aplicaciones

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	40	48,8	48,8	48,8
	Si	42	51,2	51,2	100,0
	Total	82	100,0	100,0	

Figura 9 – Resumen de equipos con fallas en las aplicaciones

Con relación a los resultados de la figura 9, en referencia al número de equipos de cómputo detectados con fallas de aplicaciones, se puede notar que los 82 equipos seleccionados para realizar el estudio, se encuentran que 42 (51,2%) tienen fallas de aplicaciones y 40 (48,8%) no funcionan normalmente. Según los resultados y la escala de estimación se presenta que se encuentran en una escala Alta; ya que el número de computadores con falla en aplicaciones está en el rango de 31 o más. Por lo tanto, se infiere que se encuentran una cantidad significativa de equipos con problemas en las aplicaciones, visualizándose falta de monitoreo, seguimiento y control de los equipos de cómputo y que esto repercute en el sistema de seguridad.

Cantidad Vulnerabilidad

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Bajo	7	8,5	8,5	8,5
	Moderado	22	26,8	26,8	35,4
	Alto	53	64,6	64,6	100,0
	Total	82	100,0	100,0	

Figura 10 – Resumen de la cantidad de equipos vulnerables

En la figura 10, se presentan los resultados obtenidos del estudio realizado a los 82 equipos de computadoras seleccionadas; obteniendo que 53 equipos de computadoras están en un grado de vulnerabilidad alta; otros 22 de los equipos de computadora con vulnerabilidad media y 7 equipos de computadoras con vulnerabilidad baja.

5. Conclusiones

Luego de realizar esta investigación y posteriormente haber obtenido los resultados del estudio; se pudo llegar a las siguientes conclusiones respecto a los objetivos planteados:

Se obtuvo un nivel de relación y fue positivo moderado entre la metodología de pruebas de intrusión y la evaluación de los sistemas de seguridad de la información, con un 0,577 de Rho de Pearson, que permitió obtener el grado de vulnerabilidad del sistema de seguridad de información de la institución, arrojando un 64,63%, que indica esta vulnerables a los ataques de los hackers y donde la información corre peligro de ser alterada y violada.

Se pudo determinar el nivel de relación entre la metodología de pruebas de intrusión y el procedimiento de planificación, con un r=0,527 de Rho de Pearson, el cual indica una correlación positivo y moderado. En este sentido, se debe realizar una planificación de manejar los activos, su estado y la manera de manejar la vulnerabilidad, que permita realizar el procedimiento de evaluación.

Se pudo determinar el nivel de relación entre la metodología de pruebas de intrusión y el procedimiento de ejecución, con un r=0, 546 de Rho de Pearson, el cual indica una correlación positiva y moderada En este sentido, por medio de esta ejecución se

realizaron las pruebas de intrusión que permitieron obtener el grado de vulnerabilidad y otros datos que indican por donde es vulnerado el sistema de seguridad.

Se pudo determinar el nivel de relación entre la metodología de pruebas de intrusión y el procedimiento de post - ejecución, con un r=0, 536de Rho de Pearson, el cual indica una correlación positiva y moderada En este sentido, por medio de esta fase se obtuvo el resultado final de las pruebas de intrusión para así conocer el estado del sistema de seguridad y tomar las medidas que sean necesarias para sea corregidas; para que al volver a ejecutarlas se minimice el porcentaje de vulnerabilidad.

Referencias

La lista de las referencias bibliográficas y las citas en el texto, deben respetar las recomendaciones de la APA (Publication Manual of the American Psychological Association).

Cano, J. J. (2020). Ciberataques. Revista Sistemas, (157), 67-74. DOI: https://doi.org/10.29236/sistemas.n157a6

Olmedo, J. I., & Gavilánez, F. L. (2018). Análisis de los ciberataques realizados en América Latina. Innova research journal, 3(9), 172-181. DOI: https://doi.org/10.33890/innova.v3.n9.2018.837

ABAD, W. A. (2020). Ciberataques: Desafíos en el ciberespacio. Revista de la Academia del Guerra del Ejército Ecuatoriano, 13(1), 13-13. DOI: https://doi.org/10.24133/age.n13.2020.11

Poma, A., & Vargas, R. (2019). Problemática en ciberseguridad como protección de sistemas informáticos y redes sociales en el Perú y en el mundo. Sciéndo, 22(4), 275-282. DOI: https://doi.org/10.17268/sciendo.2019.034

de Ministros, P. D. C. (2021). Secretaría de Gobierno y Transformación Digital. Lima, Lima, Perú. Obtenido de https://www. gob. pe/7025-presidencia-del-consejo-de-ministros-secretariade-gobierno-digital.

Rincón Moreno, G. M., & Albarracín Cristancho, F. Análisis y evaluación de la seguridad informática para la página web publicada en hosting gratuito de la Institución Técnica de Firavitoba, para la detección y remediación de vulnerabilidades y riesgos en la información.

Meza Castillo, A. L. (2019). Diseño de un marco de referencia para el análisis de vulnerabilidades a un segmento de la red corporativa de una empresa de telecomunicaciones en Quito basado en las principales metodologías de pruebas de seguridad informática.

Ortiz Aristizábal, D. F., & Caycedo, C. (2015). Desarrollo de metodología para hallazgos de vulnerabilidades en redes corporativas e intrusiones controladas.

ALCANTARA RAMIREZ, A. L. (2017). Desarrollo de un proceso de seguridad para la prevención de intrusiones en una red privada (Master's thesis, Universidad Autónoma del Estado de México).

Bernal Yong, W. Y., & Echevarría Angeles, N. E. (2019). Modelo de niveles de seguridad para pruebas de intrusión en aplicaciones web para pymes en el Perú.

Machicao Mollocondo, S. G. Análisis de riesgo y políticas de seguridad de información de la Oficina de Tecnologías de Información (OTI)–UNA Puno 2018.

Izquierdo Cabrera, J., & Tafur Callirgos, T. E. (2017). Mecanismos de seguridad para contrarrestar ataques informáticos en servidores web y base de datos.

Morales, J., Zambrano, N., Lectong, T., & Zambrano, M. (2020). Proceso de Ciberseguridad: Guía Metodológica para su implementación. RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, 26(11)

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 16/02/2024
Aceitação/Acceptance: 22/05/2024

Evidencia de Validez y Confiabilidad de una Escala para Evaluar el Liderazgo Digital en Directores de Educación Básica Regular en el Contexto Peruano

Alvaro Augusto Masias-Salvatierra[1], Elizabeth Emperatriz García-Salirrosas[2], Luis Alberto Geraldo-Campos[3] y Gladys Toyohama[4]

alvaro.masias@upeu.edu.pe; egarciasa@autonoma.edu.pe; lgeraldo@utp.edu.pe; gladystoyohama@upeu.edu.pe

[1] UPG de Ciencias Empresariales, Escuela de Posgrado, Universidad Peruana Unión, Lima 15102, Perú.

[2] Facultad de Ciencias de Gestión, Universidad Autónoma del Perú, Lima 15842, Perú.

[3] Coordinación de Investigación, Universidad Tecnológica del Perú, Lima 150101, Perú.

[4] UPG de Ciencias Empresariales, Escuela de Posgrado, Universidad Peruana Unión, Lima 15102, Perú.

Pages: 418-432

Resumen: El objetivo de este estudio fue adaptar y validar psicométricamente una escala de liderazgo digital para evaluar a directores de educación básica regular en el Perú desde la perspectiva de los docentes. Se seleccionó una muestra aleatoria de 481 docentes de una población de 1644 pertenecientes a la red educativa adventista peruana. Se aplicó un diseño instrumental de validación psicométrica, que incluyó análisis descriptivos, análisis factorial exploratorio (AFE), análisis factorial confirmatorio (AFC), evaluación de confiabilidad y validez convergente y discriminante, se confirmó una estructura de cinco factores y 19 ítems. Los resultados proporcionan evidencia inicial de propiedades psicométricas sólidas de la escala adaptada para evaluar el liderazgo digital directivo. Este trabajo sienta un precedente para el avance del conocimiento y la práctica sobre el rol central del liderazgo en la integración de tecnologías digitales en la educación peruana.

Palabras-clave: Liderazgo digital, validación psicométrica, educación básica, directores escolares.

Evidence of Validity and Reliability of a Scale to Assess Digital Leadership in Regular Basic Education Principals in the Peruvian Context

Abstract: The objective of this study was to adapt and psychometrically validate a digital leadership scale to assess regular basic education principals in Peru from the teachers' perspective. A random sample of 481 teachers was selected from a population of 1,644 belonging to the Peruvian Adventist educational network. An instrumental psychometric validation design was applied, which included descriptive analysis, exploratory factor analysis (EFA), confirmatory factor analysis (CFA), and an evaluation of reliability, convergent validity, and discriminant

validity. A five-factor and 19-item structure was confirmed. The results provide initial evidence of strong psychometric properties of the adapted scale for assessing principals' digital leadership. This work sets a precedent for advancing knowledge and practice regarding the central role of leadership in the integration of digital technologies in Peruvian education.

Keywords: Digital leadership, psychometric validation, basic education, school principals.

1. Introducción

En un mundo cada vez más digitalizado, el liderazgo es crucial para el éxito de las organizaciones en diversos sectores. No solo se requieren nuevas perspectivas, sino también habilidades para navegar en un entorno en constante cambio, producto de la transformación digital, que ha desafiado los modelos de liderazgo tradicionales (Bolden & O'Regan, 2016; Maheshwari & Yadav, 2020). Podemos observar el rápido desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), que provoca cambios significativos en la manera en que las organizaciones gestionan sus procesos, se comunican y generan valor (Larjovuori et al., 2018). En este sentido, la era digital en la que vivimos presenta tanto oportunidades como desafíos para las organizaciones, lo que ha llevado a que el concepto de liderazgo digital cobre gran relevancia en el contexto actual. Numerosos autores han subrayado esta importancia, como (Sow & Aborbie, 2018) en su investigación, y más recientemente (Araujo et al., 2021) quienes coinciden en la creciente necesidad de contar con líderes capaces de gestionar eficazmente en la era digital.

En la misma línea, (Antonopoulou et al., 2021) definen el liderazgo digital como la capacidad de los líderes para utilizar plenamente las tecnologías digitales en diversas áreas, como la gestión del talento. Estos líderes también contribuyen a definir una visión inspiradora para la organización y impulsar cambios a largo plazo dentro de ella. (Öngel et al., 2023) enfatizan que el liderazgo digital implica poseer habilidades estratégicas verdaderamente efectivas para dirigir organizaciones. Esto incluye la capacidad de adquirir y analizar información relevante, forjar alianzas estratégicas y, sobre todo, adaptarse rápidamente a los cambios (Yong-Chung et al., 2023). Además de estas habilidades, son necesarios sólidos conocimientos técnicos y dominio de las tecnologías digitales de última generación para impulsar la innovación, fomentar una cultura digital y guiar a las organizaciones hacia el éxito en un mundo cada vez más digitalizado (Mihardjo et al., 2019; Türk, 2023). El enfoque de liderazgo integral se ha convertido en una brújula esencial para guiar los procesos de transformación digital en las organizaciones, como destacan (Sow & Aborbie, 2018) en su estudio, donde afirman que las organizaciones con líderes que integran diversas habilidades y perspectivas obtienen una ventaja competitiva en el mercado actual.

Numerosas investigaciones han destacado la relevancia del liderazgo digital en diversas áreas como la educación (Ghamrawi & M. Tamim, 2023; Musid et al., 2023; Zhong, 2017), los negocios (Kokot et al., 2023), la salud (Shah, 2020). En el siglo XXI, la transformación de los sistemas educativos ha integrado efectivamente las tecnologías digitales, convirtiendo los procesos educativos en una prioridad estratégica a nivel global (Karippur et al., 2022). En este sentido, dado el importante papel que desempeñan los

lideres como catalizadores del cambio en las organizaciones (Weber et al., 2022), es fundamental que dispongan instrumentos confiables y válidos para evaluar el nivel de liderazgo digital. Se han creado diversas herramientas para medir el liderazgo digital, algunas de las cuales son unidimensionales (Antonopoulou et al., 2020; Borah et al., 2022; Claassen et al., 2021; Hanandeh et al., 2023; Karippur & Balaramachandran, 2022) y algunas otras son multidimensionales (Asante & Novak, 2023; Mihardjo et al., 2019; Polney, 2018; Ulutaş, 2018; Weber et al., 2022). Estos instrumentos han sido probados en diferentes entornos y han demostrado propiedades psicométricas satisfactorias. Sin embargo, en el Perú no se han encontrado escalas oficiales para el ámbito educativo, lo que dificulta la comprensión y el desarrollo del liderazgo digital en ese sector en especial.

En esta línea, validar una escala en el contexto peruano es crucial debido a las particularidades culturales, socioeconómicas y educativas del país. Durante muchas décadas, Perú ha enfrentado desafíos en términos de acceso y calidad educativa, así como en la integración efectiva de las TIC en los procesos de enseñanza y aprendizaje (Pacheco Pérez & Rosales Crespo, 2022). Contar con un instrumento adaptado a la realidad peruana permitiría obtener información precisa sobre el estado actual del liderazgo digital en las escuelas. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación es adaptar y validar psicométricamente una escala de liderazgo digital para los directores de la educación básica en Perú.

2. Revisión de la literatura

En un entorno empresarial volátil, la necesidad de gerentes ágiles que puedan adaptarse rápidamente se hace evidente (Kokot et al., 2023). Este cambio hacia el liderazgo digital (DL) es crucial, especialmente en regiones como Asia Pacífico, donde la transformación digital desafía las prácticas de liderazgo convencionales (Karippur & Balaramachandran, 2022). La brecha en habilidades de liderazgo se amplía, ya que la mayoría aún no ha desarrollado prácticas pertinentes para esta era (Claassen et al., 2021). Este fenómeno es relevante en la educación superior (ES), donde la discusión sobre el liderazgo digital se intensifica debido a la rápida evolución de las instituciones educativas (Ehlers, 2020). Los líderes digitales emergen como impulsores clave en la transformación organizacional (Yıldırım, 2023).

El término “Liderazgo Digital” engloba la consecución de metas relacionadas con las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la gestión de recursos humanos y el uso de estas tecnologías (Antonopoulou et al., 2021). (Sow & Aborbie, 2018) lo conceptualizan como un enfoque de liderazgo integral que guía los procesos de transformación digital, otorgando una ventaja competitiva. Asimismo, un líder digital es capaz de establecer una visión clara, influenciar a otros, y promover un cambio sostenible (Öngel et al., 2023).

Los resultados de varios estudios subrayan la importancia de diversos atributos y prácticas para un liderazgo digital efectivo (Karippur & Balaramachandran, 2022; Kokot et al., 2023). La adopción de un liderazgo digital impacta significativamente en el rendimiento y la innovación organizacional (Erhan et al., 2022; Öngel et al., 2023). Además, (Memon & Ooi, 2023) destacan la importancia de roles como “innovador digital” y “administrador digital”.

El liderazgo transformacional emerge como un enfoque eficaz para impulsar la transformación digital en las Instituciones de Educación Superior (IES) (Antonopoulou et al., 2021; Ehlers, 2020). En este sentido, (Rico-Bautista et al., 2021) destacan como la adopción de tecnologías digitales puede ser un factor clave para la innovación y la mejora continua en las instituciones educativas.

El liderazgo digital se manifiesta en la capacidad de individuos y grupos para influir en el grado y ritmo de digitalización en la economía (Antonopoulou et al., 2021; Romashkina et al., 2021). Implica la promoción de la innovación y la guía estratégica para implementar servicios innovadores en el entorno académico, impulsando la competitividad y el rendimiento en las IES. Estos estudios enfatizan la necesidad de integrar tanto el liderazgo transformacional como el digital para abordar los desafíos de la transformación digital en las IES (Antonopoulou et al., 2020; Ilter et al., 2023).

Diversos instrumentos han sido propuestos para medir el liderazgo digital, algunos unidimensionales (Antonopoulou et al., 2020; Borah et al., 2022; Claassen et al., 2021; Hanandeh et al., 2023; Karippur & Balaramachandran, 2022) y otros multidimensionales (Asante & Novak, 2023; Mihardjo et al., 2019; Polney, 2018; Ulutaş, 2018; Weber et al., 2022). A continuación, en la Tabla 1 se muestran los principales instrumentos identificados en la literatura científica.

Autor	Factores/Dimensiones	Nombre de escala
(Ulutaş, 2018)	Información, comunicación y orientación	"Escala de liderazgo informático"
(Polney, 2018)	Visión basada en tecnología, habilidades de comunicación digital y competencias de comunicación digital.	Habilidades de liderazgo digital
(Mihardjo et al., 2019)	Conocimiento exhaustivo Visión global y colaboración Curiosidad, Reflectancia Creatividad	Digital Leadership
(Zeike et al., 2019)	Actitudes, competencias y comportamientos necesarios en entornos de trabajo digitales. Una visión clara de los procesos de transformación digital y las capacidades para utilizar y actualizar estrategias digitales.	Habilidades de liderazgo digital en los gerentes de nivel superior
(Antonopoulou et al., 2020)	Unifactorial	Digital leadership
(Antonopoulou et al., 2021)	Conocimiento Aplicación de habilidades digitales específicas.	Digital Leadership
(Claassen et al., 2021)	Unidimensional	Liderazgo digital
(Karippur & Balaramachandran, 2022)	Unifactorial	Benefits of Effective Digital Leadership

Autor	Factores/Dimensiones	Nombre de escala
(Weber et al., 2022)	Digital Pioneer Innovator Networker Enabler Mentor Manager Digital Mentee	Liderazgo para la transformación digital
(Borah et al., 2022)	Unifactorial	Digital Leadership
(Hanandeh et al., 2023)	Unifactorial	Digital Leadership
(Asante & Novak, 2023)	Vision, planificación y gestión Desarrollo y capacitación del personal Soporte de tecnología e infraestructura Evaluación e investigación Habilidades interpersonales y de comunicación	Digital leadership

Tabla 1 – Instrumentos relacionados al liderazgo digital

3. Método

La muestra estuvo conformada por 481 docentes de la red adventista peruana de educación básica regular. Se realizó un muestreo no probabilístico bola de nieve. El 36.2% (n=174) fueron hombres y el 63.8% (n=307) mujeres. La edad promedio fue de 41.6 años (DE=9.2), con un rango de 20 a 71 años. En cuanto al nivel educativo, el 45.3% (n=218) contaba con título de bachiller, el 30.4% (n=146) con formación de instituto/pedagógico, el 23.7% (n=114) con grado de maestría y el 0.6% (n=3) con doctorado. Respecto al lugar de residencia y trabajo, el 53.8% (n=259) pertenecía a la región Costa, el 27% (n=130) a la Selva y el 19.1% (n=92) a la Sierra.

Para evaluar el liderazgo digital se aplicó la escala desarrollada por (Asante & Novak, 2023), estos autores adaptaron las dimensiones propuestas por (Kalsoom et al., 2018). La escala tiene 19 ítems, que se responden en una escala Likert de cinco puntos (1=totalmente en desacuerdo hasta 5=totalmente de acuerdo). Esta escala tiene cinco dimensiones como visión, planificación y gestión; desarrollo y capacitación del personal; apoyo tecnológico y de infraestructura; evaluación e investigación y habilidades interpersonales y de comunicación (Kalsoom et al., 2018). Así, para garantizar la parsimonia y hacer que el modelo sea más fácil de reproducir en otros estudios, las cinco subescalas de liderazgo digital se unieron para crear la escala principal (Benitez et al., 2020).

La escala original se encuentra en inglés, por lo que el procedimiento de traducción al español fue realizado por un traductor certificado, seguido de una adaptación al contexto peruano mediante un *focus group* con 4 docentes con el perfil de los encuestados. Todos los participantes fueron informados del objetivo del estudio, así como del anonimato y la confidencialidad de sus datos personales. El instrumento se envió a los participantes por correo electrónico y WhatsApp, incluyendo el consentimiento informado.

Los datos recopilados se codificaron y analizaron utilizando dos programas estadísticos especializados. En primer lugar, se empleó SPSS-25 para llevar a cabo el análisis factorial exploratorio (AFE). Luego, se recurrió al software AMOS-24 para realizar el análisis factorial confirmatorio (AFC), evaluando tanto la confiabilidad convergente y discriminante como el ajuste del modelo de medición mediante el modelo de ecuaciones estructurales de covarianza (CB-SEM).

4. Resultados

La Tabla 2 muestra los resultados estadísticos descriptivos de los ítems, incluyendo la media, desviación estándar, asimetría y curtosis de la escala. Se puede observar que todos los valores de asimetría y curtosis se encuentran dentro del rango de +/− 1.5 (Ferrando & Anguiano-Carrasco, 2010), lo cual indica que se cumple el supuesto de normalidad de los datos.

Código	Media	Desv. Desviación	Asimetría	Curtosis
VPG1	4.0894	0.98442	-1.167	1.134
VPG2	4.1019	1.02267	-1.191	1.015
VPG3	4.1143	1.00903	-1.233	1.209
DFP1	3.8898	1.05787	-0.892	0.346
DFP2	3.8690	1.04955	-0.757	0.026
DFP3	3.8919	1.06691	-0.838	0.171
DFP4	3.8503	1.08707	-0.863	0.251
ATI1	3.8628	1.07135	-0.776	0.010
ATI2	3.8586	1.09009	-0.822	0.076
ATI3	3.8462	1.10549	-0.742	-0.184
ATI4	3.8545	1.07220	-0.787	0.017
ATI5	3.7921	1.10981	-0.757	-0.085
EI1	3.8108	1.10093	-0.711	-0.178
EI2	3.7401	1.13332	-0.718	-0.168
EI3	3.7651	1.12403	-0.703	-0.204
HIC1	3.9543	1.04980	-0.863	0.073
HIC2	3.9667	1.04828	-0.947	0.313
HIC3	4.0374	1.04216	-1.073	0.637
HIC4	3.9958	1.02469	-0.913	0.204

Tabla 2 – Análisis descriptivo de los ítems (n=481)

4.1. Análisis factorial exploratorio

En la Tabla 3 se muestra el análisis factorial exploratorio (AFE) de los ítems, donde se puede observar que los ítems se distribuyen en cinco factores según la variable analizada. Se observa que existe una clara diferencia entre los cinco factores. La prueba de KMO

y Bartlett (medida de adecuación de la muestra de Kaiser-Meyer-Olkin = 0.956 mayor que 0.7 es alta, y la prueba de Bartlett (Sig = 0.000) es muy significativa para realizar el análisis factorial. La varianza total explicada en el modelo es 90.876%, la cual es mayor al 50%, siendo soporte tecnológico e infraestructura (ATI) = 76.093%, desarrollo y capacitación del personal (DFP) = 5.250%, visión, planificación y gestión (VPG) = 3.757%, habilidades interpersonales y de comunicación (HIC) = 3.290% y evaluación e investigación (EI) = 2.486%. Todos los ítems se agruparon según sus dimensiones iniciales. Luego, se procedió con el análisis factorial confirmatorio (AFC).

Item	1	2	3	4	5
ATI2	0.960				
ATI1	0.943				
ATI4	0.869				
ATI3	0.768				
ATI5	0.717				
VPG3		0.969			
VPG2		0.876			
VPG1		0.817			
EI1			0.916		
EI2			0.864		
EI3			0.814		
HIC3				0.848	
HIC1				0.849	
HIC4				0.848	
HIC2				0.797	
DFP2					0.937
DFP3					0.886
DFP4					0.837
DFP1					0.714

Método de extracción: análisis de componentes principales.
Método de rotación: Promax con normalización Kaiser.

Tabla 3 – Matriz de patrón de Análisis Factorial Exploratorio (AFE): Elaboración propia

La Tabla 4 muestra la validación del modelo de medición final con confiabilidad y validez convergentes. Se observa que los valores del Alfa de Cronbach (α) están entre 0.957 y 0.970. Estos valores son satisfactorios ya que para que el modelo sea considerado en un nivel adecuado, todos los valores deben estar por encima de 0.70 (Agbo, 2010). Asimismo, los valores de confiabilidad compuesta (CR) están entre 0.958 y 0.970, lo que también es favorable ya que, para que se considere un modelo óptimo, los valores deben ser mayores a 0.60. (Bagozzi & Yi, 1988). Por otro lado, los valores de la varianza media

extraída (AVE) están entre 0.856 y 0.887, lo que se considera óptimo ya que, para tener valores aceptables para este indicador, deben ser iguales o superiores a 0.5 (Hair Jr et al., 2014). Esto significa que el modelo de medición cumple con todos los indicadores de confiabilidad y validez convergente.

Predictor	Items	Estimate	(α)	CR	AVE
Visión, planificación y gestión (VPG)	VPG1	0.940 ***	0.957	0.966	0.904
	VPG2	0.980 ***			
	VPG3	0.931 ***			
Desarrollo y formación del personal (DFP)	DFP1	0.945 ***	0.957	0.961	0.861
	DFP2	0.954 ***			
	DFP3	0.950 ***			
	DFP4	0.858 ***			
Apoyo tecnológico y de infraestructura (ATI)	ATI1	0.906 ***	0.970	0.967	0.856
	ATI2	0.910 ***			
	ATI3	0.930 ***			
	ATI4	0.940 ***			
	ATI5	0.938 ***			
Evaluación e investigación (EI)	EI1	0.899 ***	0.958	0.959	0.888
	EI2	0.973 ***			
	EI3	0.953 ***			
Habilidades interpersonales y de comunicación (HIC)	HIC1	0.960 ***	0.970	0.968	0.884
	HIC2	0.963 ***			
	HIC3	0.905 ***			
	HIC4	0.932 ***			

Alfa de Cronbach (α) >0.7, Confiabilidad compuesta (CR) > 0.70, Varianza Media Extraída (AVE) > 0.50; *** p < 0.001 (nivel de significancia).

Tabla 4 – Validation of the final measurement model with convergent reliability and validity

La Figura 1 muestra la estructura factorial de la escala liderazgo digital en la población de estudio.

En la tabla 5 se muestran los indicadores del ajuste del modelo de medida de la escala liderazgo digital. De acuerdo a los resultados del AFC con una estructura con seis dimensiones donde los diecinueve ítems explicaban los cinco factores (Modelo 1); no obstante, no todas las bondades del ajuste fueron excelentes, por lo que, se re-especificó el modelo en base al índice de modificación (MI) (Brown, 2006). En ese sentido, por la similitud en el fraseo existieron correlaciones entre los errores de algunos ítems. De esa forma, se analizó el modelo de medida realizando las correlaciones de los errores de la siguiente manera: e2 con e3, e9 con e12, e13 con e14, e13 con e17, e16 con e17 y e21 con e22 (Modelo 2), obteniendo los índices de ajuste excelentes y aceptables.

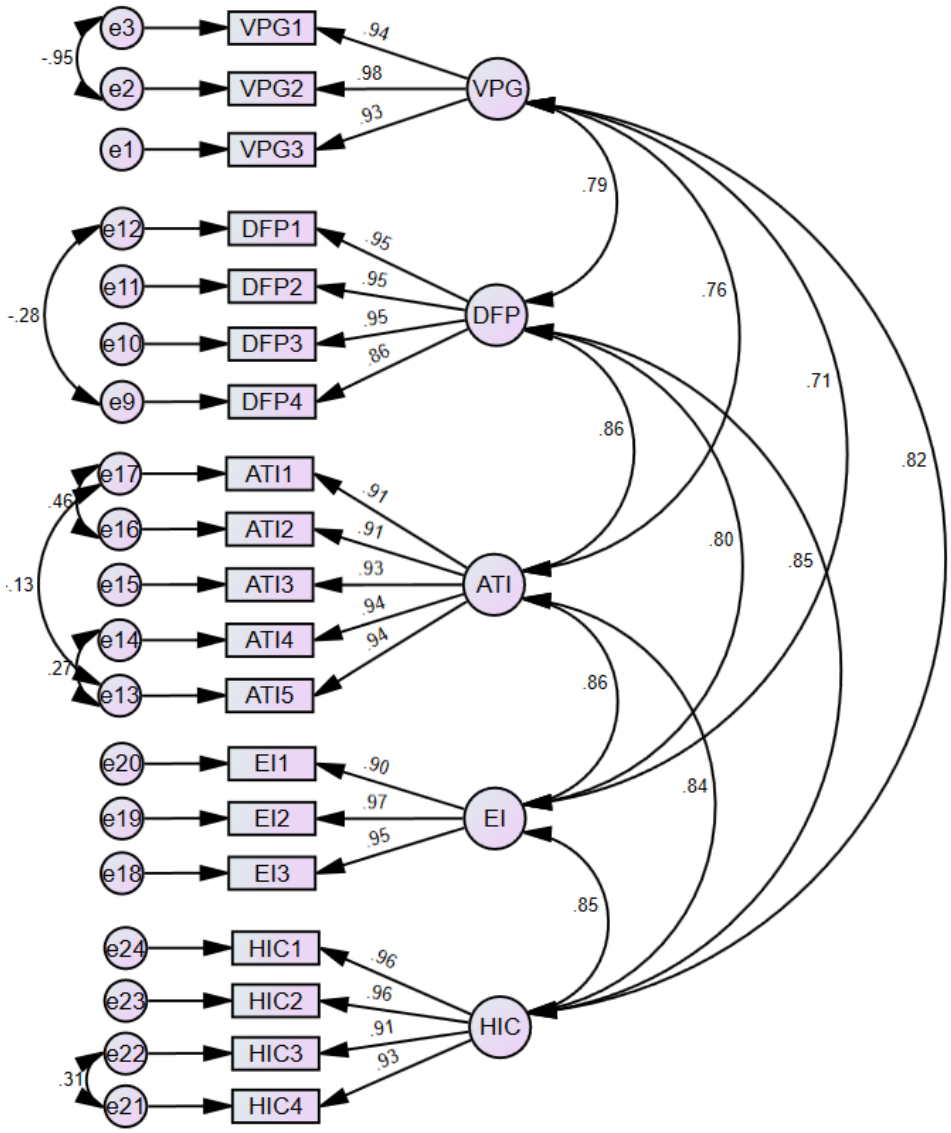


Figura 1 – Estructura factorial de la escala de liderazgo digital

Measure	Threshold	Model 1		Model 2	
		Estimate	Interpretation	Estimate	Interpretation
CMIN	--	1078.690	--	545.05	--
DF	--	237.000	--	136.000	--

Measure	Threshold	Model 1		Model 2	
		Estimate	Interpretation	Estimate	Interpretation
CMIN/DF	Between 1 and 3	4.551	Acceptable	4.008	Acceptable
CFI	>0.95	0.955	Excellent	0.971	Excellent
SRMR	<0.08	0.027	Excellent	0.022	Excellent
RMSEA	<0.06	0.086	Terrible	0.079	Acceptable

Nota: CMIN = Chi cuadrado, DF = Grados de libertad, SRMR = raíz residual estandarizada cuadrática media, RMSEA = Error cuadrático Medio de Aproximación, CFI = índice de ajuste comparativo. Modelo 2: e16-e17; e21-e22.

Tabla 5 – Índices estadísticos de bondad de ajuste de la escala liderazgo digital.

Para evaluar la validez discriminante del modelo se utilizó el criterio de Fornell-Larker, así, se calculó la raíz cuadrada del AVE de cada factor, la cual debía ser mayor que la correlación más alta entre los factores del modelo de medida (Hair Jr et al., 2014). La Tabla 5 muestra que todos los valores en la diagonal en negrita son mayores que las correlaciones. Con estos resultados se cumple la validez discriminante del modelo.

	VPM	SDT	TIS	ER	IC
VPG	**0.951**				
DF	0.791	**0.928**			
ATI	0.755	0.858	**0.925**		
EI	0.712	0.804	0.855	**0.942**	
HIC	0.820	0.848	0.837	0.851	**0.940**

Tabla 6 – Discriminant validity

5. Discusión

La integración efectiva de las tecnologías digitales en los procesos educativos es una prioridad estratégica global para la transformación de los sistemas escolares del siglo XXI (Karippur & Balaramachandran, 2022). Dado que son los agentes de cambio en sus comunidades, los líderes escolares deben asumir un rol protagónico en este contexto (Weber et al., 2022). Por lo tanto, contar con herramientas legítimas y confiables es fundamental para evaluar el nivel digital del comportamiento de liderazgo digital de los directivos.

Un análisis exhaustivo de los factores del liderazgo digital confirmó la estructura de cinco dimensiones (visión, planificación y gestión; desarrollo y capacitación del personal; soporte de tecnología e infraestructura; evaluación e investigación; habilidades interpersonales y de comunicación). En estudios anteriores, se desarrollaron y validaron modelos de liderazgo digital de forma multidimensional en diversos contextos educativos. Estos resultados los complementan (Weber et al., 2022).

Asimismo, para todos los factores hubo muy buena evidencia de consistencia interna (Alfa de Cronbach > 0.95), confiabilidad compuesta (> 0.95) y varianza media extraída (> 0.85) así como, una adecuada validez discriminante mediante el test de Fornell-Larcker. Estos resultados concuerdan con investigaciones recientes que han desarrollado y validado escalas de liderazgo digital en distintos sistemas educativos, reportando propiedades psicométricas robustas (Büyükbeşe et al., 2022; Zeike et al., 2019).

Estos resultados proporcionan una evidencia inicial de que la escala posee una confiabilidad y validez adecuadas para su aplicación en el contexto educativo peruano, estableciendo un precedente para su adaptación y validación. Dado que no ha existido una medición explícita del liderazgo digital en este contexto, este hallazgo contribuye significativamente a la investigación esistente (Zeike et al., 2019).

Este estudio refuerza los conceptos fundamentales de liderazgo digital efectivo en los centros escolares e introduce mediciones empíricas en la literatura educativa local. Al establecer estos precedentes, se facilita el avance del conocimiento sobre el liderazgo digital en el contexto educativo (Weber et al., 2022). La escala validada puede servir como una herramienta efectiva para evaluar y diagnosticar el nivel de liderazgo digital en directores escolares del Perú, identificando áreas específicas a fortalecer mediante diversas estrategias de desarrollo profesional (Ghamrawi & M. Tamim, 2023; Zhong, 2017). Además, los resultados facilitarán el monitoreo comparativo entre escuelas y regiones, proporcionando una línea de base para supervisar las mejoras en esta crucial de gestión educativa (Musid et al., 2023).

Finalmente, la aplicación de rigurosos procesos psicométricos para adaptar y validar el instrumento de liderazgo digital constituye un ejemplo destacado de la metodología en la investigación instrumental en el contexto educativo. Además, se enfatiza la necesidad de realizar estudios confirmatorios de la escala en diversas muestras a nivel nacional en Perú (Büyükbeşe et al., 2022; Munsamy et al., 2023).

6. Implicancias

La escala validada será una herramienta crucial para evaluar y diagnosticar el nivel de liderazgo digital en directores escolares del Perú, identificando áreas específicas a mejorar mediante diversas estrategias de desarrollo profesional. Los resultados también facilitarán el monitoreo comparativo entre escuelas y regiones, proporcionando una base para supervisar mejoras en esta importante área de gestión educativa.

El estudio refuerza conceptos fundamentales de liderazgo digital efectivo en centros escolares e introduce mediciones empíricas en la literatura educativa local. Al establecer estos precedentes, se promueve el avance del conocimiento sobre el estudio del liderazgo digital en el contexto educativo escolares.

La aplicación de rigurosos procesos psicométricos para adaptar y validar el instrumento sienta un caso demostrativo de este tipo de metodologías en la investigación educativa del contexto. A su vez, se enfatiza la necesidad de continuar con más estudios confirmatorios de la escala en diversas muestras nacionales.

7. Conclusiones, limitaciones y futuras investigaciones

Este estudio presenta un instrumento psicométrico robusto que avanza el conocimiento y la práctica relacionados con el papel crucial de los directores escolares en la integración de tecnologías digitales según los estándares contemporáneos, con el fin de fomentar comunidades de aprendizaje más inclusivas y efectivas. Los resultados revelaron niveles significativos de consistencia interna, convergencia y discriminación entre factores en los indicadores psicométricos de confiabilidad y validez de la escala. Los hallazgos preliminares sugieren que la escala adaptada podría representar una herramienta útil y confiable para evaluar el liderazgo digital de los directores escolares en el contexto educativo peruano. Sin embargo, se requiere una validación adicional con muestras más amplias. A pesar de esto, este estudio sienta un precedente importante al resaltar el potencial de la escala para mejorar la gestión educativa digital en el país.

Aunque los hallazgos de esta investigación tienen importantes implicaciones tanto teóricas como prácticas, es importante reconocer las limitaciones presentes en este estudio que requiere atención en futuras investigaciones. Los resultados se basan en datos recopilados de todas las escuelas básicas regulares de la red educativa adventista, lo que sugiere la necesidad de ampliar el análisis a muestras más amplias y diversas de directores escolares en el Perú. Se recomienda que futuras investigaciones continúen evaluando las propiedades psicométricas de la escala en contextos más diversos. Además, sería beneficioso explorar la invarianza factorial en diferentes áreas y examinar la capacidad predictiva de la escala en relación con variables como el impacto de la tecnología en el aprendizaje de los estudiantes, Así como su capacidad para utilizar datos y evidencia para informar la toma de decisiones relacionadas con el liderazgo digital.

Referencias

Agbo, A. A. (2010). Cronbach's Alpha: Review of Limitations and Associated Recommendations. *J. Psychol. Afr*, *20*, 233–239.

Antonopoulou, H., Halkiopoulos, C., Barlou, O., & Beligiannis, G. N. (2020). Leadership Types and Digital Leadership in Higher Education: Behavioural Data Analysis from University of Patras in Greece. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, *19*(4), 110–129. https://doi.org/10.26803/ijlter.19.4.8

Antonopoulou, H., Halkiopoulos, C., Barlou, O., & Beligiannis, G. N. (2021). Associations between Traditional and Digital Leadership in Academic Environment: During the COVID-19 Pandemic. *Emerging Science Journal*, *5*(4), 405–428. https://doi.org/10.28991/esj-2021-01286

Araujo, L. M. de, Priadana, S., Paramarta, V., & Sunarsi, D. (2021). Digital leadership in business organizations. *International Journal of Educational Administration, Management, and Leadership*, 5–16. https://doi.org/10.51629/ijeamal.v2i1.18

Asante, K., & Novak, P. (2023). When the push and pull factors in digital educational resources backfire: the role of digital leader in digital educational resources usage. *Education and Information Technologies*. https://doi.org/10.1007/s10639-023-12095-8

Bagozzi, R. P., & Yi, Y. (1988). On the Evaluation of Structural Equation Models. *J. Acad. Mark. Sci*, *16*, 74–94.

Benitez, J., Henseler, J., Castillo, A., & Schuberth, F. (2020). How to perform and report an impactful analysis using partial least squares: Guidelines for confirmatory and explanatory IS research. *Information & Management*, *57*(2 (103168)), 1–15.

Bolden, R., & O'Regan, N. (2016). Digital Disruption and the Future of Leadership. *Journal of Management Inquiry*, *25*(4), 438–446. https://doi.org/10.1177/1056492616638173

Borah, P. S., Iqbal, S., & Akhtar, S. (2022). Linking social media usage and SME's sustainable performance: The role of digital leadership and innovation capabilities. *Technology in Society*, *68*, 101900. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101900

Brown, T. A. (2006). *Confirmatory factor analysis for applied research* (Guilford Press).

Büyükbeşe, , Tuba, Dikbaş, T., Klein, M., & Batuk Ünlü, S. (2022). A STUDY ON DIGITAL LEADERSHIP SCALE (DLS) DEVELOPMENT. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *19*(2), 740–760. https://doi.org/10.33437/ksusbd.1135540

Claassen, K., dos Anjos, D. R., Kettschau, J., & Broding, H. C. (2021). How to evaluate digital leadership: a cross-sectional study. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, *16*(1), 44. https://doi.org/10.1186/s12995-021-00335-x

Ehlers, U.-D. (2020). Digital Leadership in Higher Education. *Journal of Higher Education Policy And Leadership Studies*, *1*(3), 6–14. https://doi.org/10.29252/johepal.1.3.6

Erhan, T., Uzunbacak, H. H., & Aydin, E. (2022). From conventional to digital leadership: exploring digitalization of leadership and innovative work behavior. *Management Research Review*, *45*(11), 1524–1543. https://doi.org/10.1108/MRR-05-2021-0338

Ferrando, P. J., & Anguiano-Carrasco, C. (2010). El análisis factorial como técnica de investigación en psicología . *Papeles Del Psicólogo*, *31*(1), 18–33.

Ghamrawi, N., & M. Tamim, R. (2023). A typology for digital leadership in higher education: the case of a large-scale mobile technology initiative (using tablets). *Education and Information Technologies*, *28*(6), 7089–7110. https://doi.org/10.1007/s10639-022-11483-w

Hair Jr, J., Sarstedt, M., Hopkins, L., & G. Kuppelwieser, V. (2014). Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM). *European Business Review*, *26*(2), 106–121. https://doi.org/10.1108/EBR-10-2013-0128

Hanandeh, A., Altaher, A. M., Halim, M., Rezk, W., Mahfoudh, N., Hammouri, Q., & Darawsheh, S. R. (2023). The effects of digital transformation, digital leadership, and entrepreneurial motivation on business decision making and business process performance: Evidence from greater Amman municipality. *International Journal of Data and Network Science*, *7*(2), 575–582. https://doi.org/10.5267/j.ijdns.2023.3.014

Ilter, Y., Barth-Farkas, F., & Ringeisen, T. (2023). Digitale Führungskommunikation und organisationale Bindung von Beschäftigten im Homeoffice. *Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift Für Angewandte Organisationspsychologie (GIO)*, *54*(2), 259–271. https://doi.org/10.1007/s11612-023-00676-7

Kalsoom, Z., Khan, M. L., & Zubair, S. S. (2018). Impact of transactional leadership and transformational leadership on employee performance: A case of FMCG industry of Pakistan. *Industrial Engineering Letters*, *8*(3), 23–30.

Karippur, N. K., & Balaramachandran, P. R. (2022). Antecedents of Effective Digital Leadership of Enterprises in Asia Pacific. *Australasian Journal of Information Systems*, *26*. https://doi.org/10.3127/ajis.v26i0.2525

Kokot, K., Đunđek Kokotec, I., & Klačmer Čalopa, M. (2023). Digital Leadership and Maturity as a Key to Successful Digital Transformation: Country Case Study of Croatia. *TEM Journal*, 192–199. https://doi.org/10.18421/TEM121-25

Larjovuori, R.-L., Bordi, L., & Heikkilä-Tammi, K. (2018). Leadership in the digital business transformation. *Proceedings of the 22nd International Academic Mindtrek Conference*, 212–221. https://doi.org/10.1145/3275116.3275122

Maheshwari, S. K., & Yadav, J. (2020). Leadership in the digital age: emerging paradigms and challenges. *International Journal of Business and Globalisation*, *26*(3), 220. https://doi.org/10.1504/IJBG.2020.10032716

Memon, K. R., & Ooi, S. K. (2023). Identifying digital leadership's role in fostering competitive advantage through responsible innovation: A SEM-Neural Network approach. *Technology in Society*, *75*, 102399. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102399

Mihardjo, L. W. W., Sasmoko, S., Alamsjah, F., & Elidjen, E. (2019). Digital leadership role in developing business model innovation and customer experience orientation in industry 4.0. *Management Science Letters*, 1749–1762. https://doi.org/10.5267/j.msl.2019.6.015

Munsamy, M., Dhanpat, N., & Barkhuizen, E. N. (2023). The development and validation of a digital leadership competency scale. *Acta Commercii*, *23*(1). https://doi.org/10.4102/ac.v23i1.1057

Musid, N. A., Mohd Matore, & A. Hamid, A. H. (2023). Leading Digital Leadership in Schools: Future Implications towards Nation Based on The Quadruple Helix Model. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, *12*(1). https://doi.org/10.6007/IJARPED/v12-i1/16570

Öngel, V., Günsel, A., Gençer Çelik, G., Altındağ, E., & Tatlı, H. S. (2023). Digital Leadership's Influence on Individual Creativity and Employee Performance: A View through the Generational Lens. *Behavioral Sciences*, *14*(1), 3. https://doi.org/10.3390/bs14010003

Pacheco Pérez, X. O., & Rosales Crespo, E. J. (2022). TIC`s en la educación en contextos de disrupción tecnológica. *RECIAMUC*, *6*(1), 139–148. https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(1).enero.2022.139-148

Polney, C. L. (2018). *Digital Leadership: An Examination between Leadership Styles and Technology Skills and Practices of Central Office Administrators*. St. John's University.

Rico-Bautista, D., Maestre-Góngora, G. P., Guerrero, C. D., Medina-Cárdena, Y., Areniz-Arévalo, Y., Sanchez-Velasquez, M. C., & Barrientos-Avendaño, E. (2021). Universidad inteligente: Factores claves para la adopción de internet de las cosas y big data. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, *41*, 63–79. https://doi.org/10.17013/risti.41.63-79

Romashkina, G., Simonova, L., & Shashkin, D. (2021). Digital Leadership and its Development in Russia: Top managers and Companies. *IV International Scientific and Practical Conference*, 1–6. https://doi.org/10.1145/3487757.3490864

Shah, S. (2020). Digital health leadership: carving a new pathway. *Future Healthcare Journal*, *7*(3), 199–201. https://doi.org/10.7861/fhj.dig-2020-path

Sow, M., & Aborbie, S. (2018). Impact of Leadership on Digital Transformation. *Business and Economic Research*, *8*(3), 139. https://doi.org/10.5296/ber.v8i3.13368

Türk, A. (2023). Digital leadership role in developing business strategy suitable for digital transformation. *Frontiers in Psychology*, *13*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1066180

Ulutaş, M. (2018). Bilişim liderliği ölçeği: Bir ölçek geliştirme çalışması. *Eğitim Bilimleri Dergisi*. https://doi.org/10.15285/maruaebd.2739

Weber, E., Krehl, E., & Büttgen, M. (2022). The Digital Transformation Leadership Framework: Conceptual and Empirical Insights into Leadership Roles in Technology–Driven Business Environments. *Journal of Leadership Studies*, *16*(1), 6–22. https://doi.org/10.1002/jls.21810

Yıldırım, K. E. (2023). Digital Leadership in Public Administration. In S. Erten & M. Zahid Çögenli (Eds.), *Management in the Digital Era: Different Perspectives*. Nova Science Publishers. https://doi.org/10.52305/NHLS6310

Yong-Chung, F., García-Salirrosas, E. E., Crespo-León, C. G., Solis-Anampa, E. N., & Bonilla-Bermeo, J. D. (2023). Tendencias en la implementación de las estrategias digitales para el emprendimiento: Una revisión bibliométrica 2011 al 2023. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, *E64*, 237–555.

Zeike, S., Bradbury, K., Lindert, L., & Pfaff, H. (2019). Digital Leadership Skills and Associations with Psychological Well-Being. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(14), 2628. https://doi.org/10.3390/ijerph16142628

Zhong, L. (2017). Indicators of Digital Leadership in the Context of K-12 Education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, *10*(1). https://doi.org/10.18785/jetde.1001.03

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 23/03/2024
Aceitação/Acceptance: 07/06/2024

Influencia del Blockchain para la Venta de Pasajes en el Transporte Urbano: Una revisión sistemática

Javier Gamboa-Cruzado[1], Luis Cuya-Chuica[2], Rosa Menéndez Mueras[1], Luis Soto Soto[1], Magaly Arangüena Yllanes[3], Ángel Núñez Meza[4]

jgamboa65@hotmail.com; 2018006115@unfv.edu.pe; rmenendezm@unmsm.edu.pe; lsotos@unmsm.edu.pe; magalyyllanes@gmail.com; anunezm@undac.edu.pe

[1] Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

[2] Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Universidad Nacional Federico Villareal, Lima, Perú

[3] Universidad Nacional José María Arguedas, Apurímac, Perú

[4] Facultad de Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Pasco, Perú

Pages: 433-450

Resumen: La aplicación de la tecnología blockchain cada vez es más diversificada en los diferentes campos, que son de gran utilidad, pero a la vez también es desconocido ya sea por el área que se elija o por lo innovador que es resulta , es por eso que se está buscando cada vez más ahondar en las diferentes áreas, para esta investigación se desea determinar el estado del arte de la tecnología blockchain y su impacto para la venta de pasajes en el transporte urbano con una revisión sistemática en los estudios previos hasta el 2022. La estrategia de búsqueda identifico 13592 artículos de las fuentes tales como: Scopus, Google Scholar, ARDI, ACM Digital Library, IEEE Xplore, Science Direct y EBSCOhost, de los cuales 60 fueron identificados como estudios aptos bajo los filtros. Se proporciona diferentes hallazgos como la mayor concentración de flujo bibliométrico por países y el soporte computacional que presenta el blockchain. La principal implicación para la investigación es la necesidad de más y de mejores estudios de la aplicación de la tecnología blockchain en transporte y como se ha cambiado la transacción de las ventas de los pasajes.

Palabras-clave: Blockchain; venta de pasajes; transporte urbano; artículos; hallazgo; revisión sistemática.

Influence of Blockchain on Ticket Sales in Urban Transportation: A Systematic Review

Abstract: The application of blockchain technology is increasingly diversified across various fields, which are highly beneficial but simultaneously unfamiliar due to the chosen area or its innovative nature. This is why there is a growing interest in delving deeper into different areas. This research aims to determine the state of the art of blockchain technology and its impact on ticket sales in urban transportation with a systematic review of prior studies up to 2022. The search

strategy identified 13,592 articles from sources such as Scopus, Google Scholar, ARDI, ACM Digital Library, IEEE Xplore, Science Direct, and EBSCOhost, out of which 60 were recognized as suitable studies under the filters. Several findings are provided, such as the highest concentration of bibliometric flow by countries and the computational support that blockchain offers. The primary implication for research is the need for more and better studies on the application of blockchain technology in transportation and how it has changed the transaction of ticket sales.

Keywords: Blockchain; ticket sales; urban transportation; articles; findings; systematic review.

1. Introducción

En la actual etapa de desarrollo tecnológico, la tecnología blockchain tiene aplicaciones en diversas áreas como el almacenamiento en la nube (Liang & Ji, 2022), contratos inteligentes (Singh et al., 2020), y en el cuidado de la salud (Mazlan et al., 2020). Asimismo, se focaliza en la gestión de la cadena de suministros (Queiroz et al., 2020) basada en blockchain y también en su implementación en el Internet de las Cosas (Lo et al., 2019). Sin embargo, el conocimiento actual sobre el impacto de esta tecnología en el transporte urbano es limitado, en particular en lo que respecta a la transacción de la venta de pasajes como método de cobro; comprender esto facilitaría un desarrollo futuro en este campo. Investigaciones recientes sugieren que la gestión del transporte podría beneficiarse significativamente de la adopción de la tecnología blockchain, ya que esta podría proteger bienes y datos de ataques maliciosos durante el transporte, asegurando así la calidad y generando confianza entre los proveedores (Astarita et al., 2020). Es importante destacar la desinformación que existe sobre este sistema emergente (Astarita et al., 2020). Además, se ha demostrado que las transacciones pueden implementarse con éxito con esta tecnología, permitiendo acceso únicamente a los actores comerciales involucrados, lo que convierte al proceso de intercambio por un cobro de servicio en algo considerado seguro (Alkhudary et al., 2020).

Es evidente que las aplicaciones tanto en el transporte como en el tema comercial tiene aplicación práctica dando la seguridad de la transacción, sin embargo, una investigación que analiza esta tecnología para la venta de pasajes en el transporte urbano no hay como tal. Este artículo se enfoca en determinar el estado del arte de la tecnología blockchain y su impacto para la venta de pasajes en el trasporte urbano. La estructura del documento está organizada de la siguiente manera.

2. Background Teórico

2.1. Blockchain

Es una tecnología que almacena información en términos de bloques, estos bloques comprenden tres cosas: datos, hash de bloque y hash del bloque anterior. La información almacenada dentro de un bloque depende del tipo de Blockchain; por ejemplo, un bitcoin incluye términos financieros. El valor de hash de un bloque se genera cuando se crea un bloque; su valor no será el mismo si los datos del bloque se modifican y también contienen el valor hash del bloque anterior. Por lo tanto, se adjuntará un nuevo bloque, y establece una cadena en el proceso, por lo tanto, el nombre cadena de bloques. Debido a

su propiedad inmutable, los datos en Blockchain no pueden ser modificados (Niknejad et al., 2021). Con la introducción de Bitcoin, podemos evitar estos confinamientos. Bitcoin es un cambio de moneda virtual que tiene lugar sin un tercero entre pares. Es inmune a la falsificación y se conserva mediante algoritmos complejos (Kakarlapudi & Mahmoud, 2021). El aspecto positivo es que blockchain no es solo una red, sino que comprende múltiples redes con diferentes mecanismos de consenso y otras especificaciones. Existen múltiples niveles de tokenización que pueden ayudar la adopción de ciertas redes blockchain; sin embargo, ciertas redes pueden estar prohibidas en más países conservadores o aversos al riesgo. Según el estudio de Gamboa-Cruzado et al. (2023), la tecnología Blockchain se utiliza en varios sectores, incluidos los públicos y privados, gracias a su habilidad para mantener registros de información que son inalterables y seguros contra alteraciones, una propiedad que surge de su arquitectura y diseño robustos.

2.2. Venta de pasajes en el transporte urbano

El transporte urbano, que comprende tanto modalidades públicas como privadas, es aquel que transita íntegramente en el ámbito urbano. Según Abduljabbar et al. (2022) dentro del transporte público se incluyen formas compartidas de viaje como autos compartidos, sistemas de metro, autobuses, tranvías y trenes. Por otro lado, el transporte privado abarca medios más personales como caminar, la bicicleta, vehículos para un solo ocupante y el uso de scooters. Con respecto al concepto de venta de pasaje, este designa a la transacción por la cual se adquiere un boleto que permitirá el desplazamiento de un punto a otro mediante un servicio de transporte (Du & Gu, 2022) . En eventos multideportivos, como los analizados por Nugraha et al. (2021) , la venta de entradas se considera parte esencial de esta categoría. Factores como el costo y la validación de los boletos, así como la estructura tarifaria y el ahorro en el tiempo de viaje, son esenciales en la determinación de los precios de los pasajes.

2.3. Herramientas utilizadas

Con relación al desarrollo de la investigación, es oportuno mencionar el aporte de la herramienta Mendeley en la gestión de los artículos, y por último para la generación de los gráficos de análisis en apartado de resultados se hizo un uso exhaustivo del asistente de investigación RAj desarrollado por el Dr. Javier Gamboa-Cruzado.

3. Método de Revisión

Para la realización de la revisión sistemática sobre la aplicación del blockchain en la venta de pasajes de transporte urbano, esta investigación se ha basado en los principios establecidos por Petersen et al. (2021) y Rimaki et al. (2022). Dichos autores proponen formular preguntas de investigación específicas, realizar búsquedas exhaustivas en bases de datos pertinentes para extraer datos relevantes, y responder a estas preguntas.

A. Preguntas y objetivos de investigación.

En base a las preguntas de investigación (RQ) se buscó hallar los objetivos que se quieren alcanzar, estos se muestran en la Tabla 1.

Preguntas de investigación	Objetivos
RQ1: ¿En qué áreas se está aplicando mayormente la tecnología Blockchain?	Identificar las áreas donde se está aplicando se está mayormente la tecnología Blockchain
RQ2: ¿Qué soporte computacional existe para la tecnología Blockchain?	Definir el soporte computacional que existe para la tecnología Bockchain
RQ3: ¿Cuáles son los países que con frecuencia presentan flujos bibliométricos en las investigaciones de la tecnología Blockchain y su impacto para la venta de pasajes en el transporte urbano?	Determinar los países que con frecuencia presentan flujos bibliométricos en las investigaciones de la tecnología Blockchain y su impacto en la venta de pasajes en el transporte urbano.
RQ4: ¿Cuáles son los autores que con frecuencia son coautores en las investigaciones del blockchain en su impacto para la venta de pasajes en el transporte urbano?	Identificar los autores que con frecuencia son coautores en las investigaciones del blockchain en su impacto para la venta de pasajes en el transporte urbano.

Tabla 1 – Preguntas y objetivos de la investigación

B. Fuentes de información y estrategia de búsqueda.

Las fuentes que se eligió para esta investigación sistemática son: Science Direct, ARDI, ACM, EBSCOhost, Scopus, Google Scholar y IEEE Xplore. Para hacer la búsqueda de información en función de las variables tanto dependientes e independientes, se buscó sus sinónimos teniendo en cuenta como los autores los nombran es sus investigaciones como se muestra en la Tabla 2.

Descriptor	Descripción
Cadena de bloques	blockchain/bc
Venta de pasajes en el transporte urbano	sale of tickets in urban transport/urban mobility

Tabla 2 – Descriptores de búsqueda y sus sinónimos

Para buscar los artículos de investigación de acuerdo con los descriptores de búsqueda, se empezó a usar las ecuaciones en las fuentes que se eligió, con ello se utilizó lógica booleana como se muestra en la Tabla 3.

Fuentes	Ecuación de búsqueda
Science Direct	Title, abstract : (blockchain OR BC) AND (“urban transport OR “urban mobility”)
ARDI	((TitleCombined:(\(Blockchain OR BC\) AND \(“ticket sales”\))) OR (Abstract:(\(Blockchain OR BC\) AND \(“ticket sales”\))))
ACM Digital Library	[[[Title: blockchain] OR [Title: bc]] AND [Title: “ticket sales”]] OR [Name: on] OR [[[Abstract: blockchain] OR [Abstract: bc]] AND [Abstract: “ticket sales”]]
EBSCOhost	AND (Blockchain OR BC) AND (“urban transport” OR “urban mobility”) Title OR (Blockchain OR BC) AND (“urban transport” OR “urban mobility”) Abstract

Fuentes	Ecuación de búsqueda
Scopus	TITLE-ABS ((blockchain OR bc) AND (“ticket sales”))
Google Scholar	intitle:((Blockchain OR BC) AND (“urban transport” OR “urban mobility”) AND (“ticket sales”) OR abstract:((Blockchain OR BC) AND (“urban transport” OR “urban mobility”) AND (“ticket sales”))
IEEE Xplore	(“Publication Title”:blockchain) OR (“Publication Title”:bc) OR (“Abstract”:blockchain) OR (“Abstract”:bc) AND (“Publication Title”:”ticket sales”) OR (“Abstract”:”ticket sales”) AND (“Publication Title”:”urban mobility”) OR (“Abstract”:”urban mobility”) OR (“Publication Title”:”urban transport”) OR (“Abstract”:”urban transport”)

Tabla 3 – Fuentes de información y ecuaciones de búsqueda

C. Estudios identificados.

En esta parte se ver el número de resultados por fuente para la investigación como se muestra en la Figura 1.

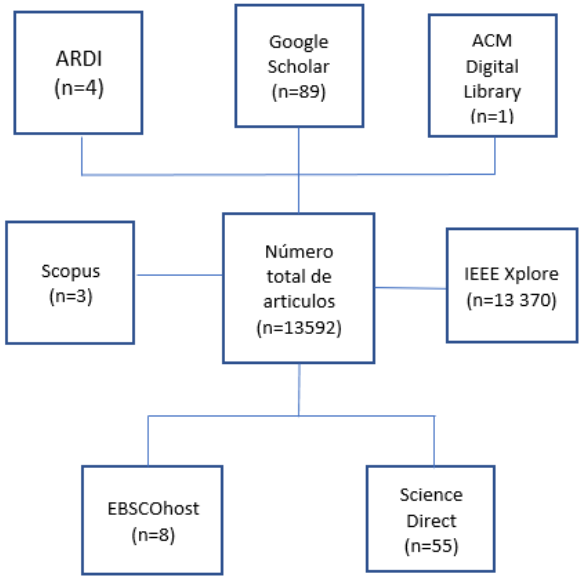


Figura 1 – Número de resultados por fuente

D. Criterios de exclusión.

Con la obtención de los artículos, los siguiente es seleccionarlos para examinar si son aceptables, es por eso que se usó cuatro filtros con ocho criterios de exclusión (CE), estos criterios son:

CE1: Los artículos tienen una antigüedad mayor a 5 años.

CE2: Los artículos no están escritos en idioma ingles

CE3: Los artículos no están publicados en conferencias o revistas

CE4: Los artículos no son de revisión sistemática

QE5: Los títulos y los keywords de los artículos no son muy adecuados

QE6: No se dispone del texto completo.

E. Selección de estudios.

A continuación, se muestra la selección de estudios utilizando el diagrama de prisma que se muestra en la Figura 2.

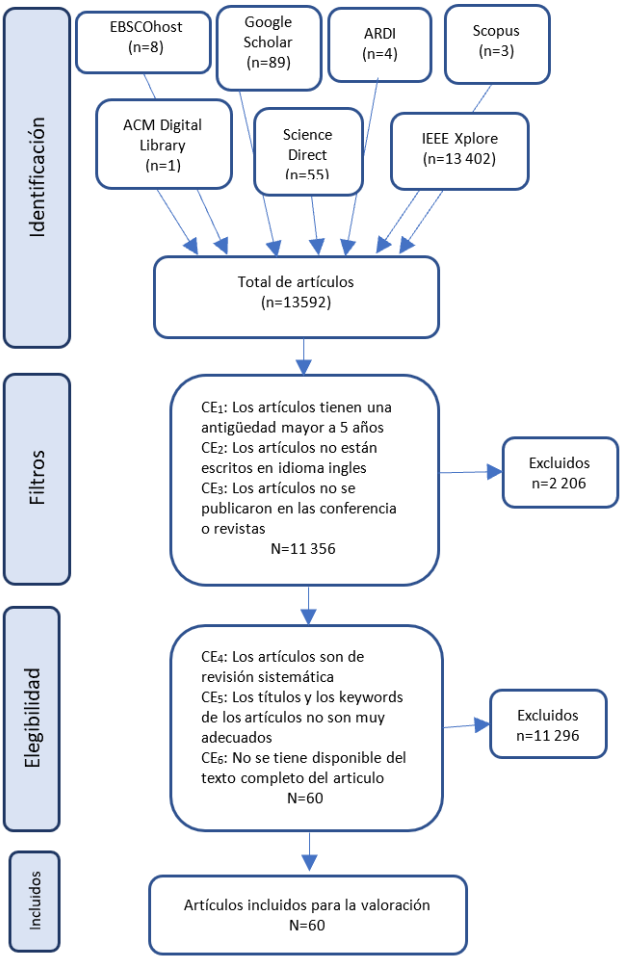


Figura 2 – Número de resultados por fuente

F. Evaluación de la calidad.

En este punto se evaluó la calidad de los 60 artículos seleccionados al haber aplicado los criterios de exclusión. Para garantizar la calidad de los artículos se aplicaron 6 criterios de calidad (QA) para su evaluación, los criterios son:

QA1: ¿El articulo considera la investigación pura?

QA2:¿Los instrumentos de recolección están referenciados?

QA3: ¿Se dispone del texto completo del documento?

QA4: ¿Está definido claramente el área específica del tema abordado?

QA5: ¿El documento explica el contexto en el cual la investigación fue detallada?

QA6: ¿El investigador es ingeniero y tiene posgrado?

G. Estrategia de extracción de datos.

La información extraída fue: Numero de referencia, título de articulo, URL, fuente, año, países, ISSN, tipo de publicación, nombre de publicación, autores, filiaciones, Quartil, Indice-H, Metodología de investigación, numero de citas, resumen, palabras clave, resumen, discusión y conclusión.

H. Síntesis de Hallazgos o Síntesis de Data.

La información extraída para las preguntas de investigación (RQ) se tabulo y presento como datos cuantitativos que se utilizaron para desarrollar una comparación estadística entre los diferentes hallazgos para cada pregunta de investigación. Estos datos encontrados ayudaron a descubrir ciertos patrones de investigación que se llevaron a cabo en los últimos cinco años.

4. Resultados y Discusión

4.1. Descripción general de los estudios

El proceso de selección de estudios resultó en 60 estudios seleccionados para la extracción y análisis de datos. La Figura 3 muestra la distribución de los estudios publicados desde el 2018 hasta el 2022.

La figura ilustra cómo la aplicación del blockchain para la venta de pasajes en el transporte urbano ha sido abordada en años recientes. Se observa que el año 2019 tuvo la mayor cantidad de investigaciones relacionadas con la aplicación del blockchain a la venta de pasajes en el transporte urbano.

Tanto Niknejad et al. (2019) como Kakarlapudi y Mahmoud (2021) coinciden en que el año 2019 fue el de mayor aportación de artículos. Moosavi et al. (2020) también destacan a 2019 como el año con más contribuciones, seguido de 2017. Por otro lado, Paliwal et al. (2020) señalan a 2019 y 2018 como los años con más aportes.

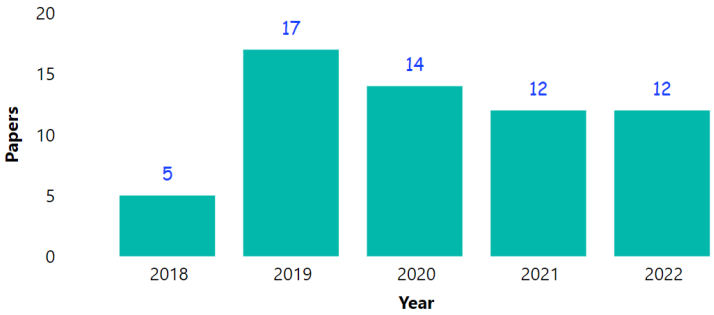


Figura 3 – Distribución de los Artículos publicados por años

4.2. Respuestas a las preguntas de investigación

A continuación, se dará la respuesta a las preguntas que se planteó en la investigación.

RQ1: *¿En qué áreas se está aplicando mayormente la tecnología Blockchain?*

En la Tabla 4. se puede notar que las áreas donde más se aplicó la tecnología blockchain son la salud, transporte y economía.

Área	References	Cant. (%)
Economía	(Abduljabbar et al., 2022); (Alade et al., 2022); (Al-Breiki et al., 2020); (Chirieleison et al., 2020); (Du & Gu, 2022); (Fernandez-Carames & Fraga-Lamas, 2019); (Fabbiani et al., 2018); (Perboli et al., 2018); (Polydoropoulou et al., 2020); (Saad et al., 2020); (Suchanek et al., 2021); (Vij & Dühr, 2022); (Xu, 2022); (Yang, 2019); (Zhang & Zhao, 2020)	15 (25%)
Salud	(Abduljabbar et al., 2022); (Alade et al., 2022); (Al-Breiki et al., 2020); (Ali Syed et al., 2019); (Alzahrani et al., 2022); (Badidi, 2022); (Chirieleison et al., 2020); (Fernandez-Carames & Fraga-Lamas, 2019); (Haddad et al., 2022); (Jin et al., 2019); (Perboli et al., 2018); (Polydoropoulou et al., 2020); (Saad et al., 2020); (Suchanek et al., 2021); (Vij & Dühr, 2022); (Wang, Li & Zhan, 2021); (Xu, 2020); (Yang, 2019); (Zhang & Zhao, 2020); (Zhao et al., 2021); (Zhou et al., 2020); (Zhu et al., 2019); (Ziani et al., 2021); (Ziegeldorf et al., 2019); (Zyskind et al., 2015); (Zhang, 2019); (Zheng et al., 2019); (Zhang & Lee, 2020)	33 (55%)
Transporte	(Abduljabbar et al., 2022); (Alade et al., 2022); (Alade et al., 2020); (Al-Breiki et al., 2020); (Badidi, 2022); (Chirieleison et al., 2020); (Fernandez-Carames & Fraga-Lamas, 2019); (Fabbiani et al., 2018); (Perboli et al., 2018); (Polydoropoulou et al., 2020); (Saad et al., 2020); (Suchanek et al., 2021); (Vij & Dühr, 2022); (Wang, Li & Zhan, 2021); (Xu, 2020); (Yang, 2019); (Zhang & Zhao, 2020); (Zhao et al., 2021); (Zhou et al., 2020)	29 (48.3%)
Telecomuni-caciones	(Alade et al., 2020); (Alade et al., 2022)	2 (3.3%)
Ciencias de la computación	(Al-Breiki et al., 2020)	1 (1.6%)

Tabla 4 – Áreas donde más se aplica la tecnología blockchain

Kakarlapudi y Mahmoud (2021) coinciden con esta investigación en considerar a la salud como una de las áreas donde se aplica la tecnología blockchain, añadiendo también las áreas de Internet de las Cosas y el almacenamiento. Asimismo, Wang y Su (2021) consideran las áreas de finanzas, industria y atención médica. Wang et al. (2021) identifican áreas como las telecomunicaciones, las ciencias de la comunicación y el transporte, así como la ingeniería y la química.

Se puede notar que la aplicación principal que aporta la tecnología blockchain en esta investigación es el tema económico aplicado al transporte. En futuras investigaciones se sugiere explorar el aporte económico al transporte urbano, ya sea público o privado, en la forma de transacciones de intercambio de pago para futuros investigadores en esta tecnología.

RQ2: *¿ Qué soporte computacional existe para la tecnología Blockchain?*

Teniendo en cuenta el soporte computacional como los tipos de frameworks o la arquitectura de software se puede concluir los aportes por el tipo y la cantidad de referencia de los artículos como se puede ver en la Tabla 5 que se ve a continuación.

Soporte computacional	Referencias	Cant. (%)
Ethereum	(Alsharif et al., 2022); (Badidi, 2022); (Bonneau et al., 2015); (Chohan, 2017); (Christidis & Devetsikiotis, 2016); (Croman et al., 2016); (Dai et al., 2019); (Dinh & Thai, 2018); (Eyal et al., 2018); (Feng, 2020); (Feng et al., 2019); (Ferrag et al., 2020); (Gai et al., 2018); (Gervais et al., 2016); (Karame et al., 2016); (Li et al., 2018); (Lin & Liao, 2017); (Luu et al., 2016); (Meiklejohn et al., 2018); (Mendling et al., 2018); (Narayanan et al., 2016); (Natoli & Gramoli, 2016); (Nofer et al., 2017); (Peters et al., 2016); (Shen et al., 2020); (Tschorsch & Scheuermann, 2016); (Vukolić, 2015)	28 (46.6%)
Hyperledger Fabric	(Bonneau et al., 2015); (Chohan, 2017); (Dai et al., 2019); (Feng, 2020); (Feng et al., 2019); (Gai et al., 2018); (Mendling et al., 2018); (Natoli & Gramoli, 2016); (Shen et al., 2020)	9 (15%)
Proprietary	(Gervais et al., 2016); (Tschorsch & Scheuermann, 2016)	2 (3.3%)
Bitcoin	(Alsharif et al., 2022); (Badidi, 2022); (Bonneau et al., 2015); (Bonneau et al., 2015); (Chohan, 2017); (Christidis & Devetsikiotis, 2016); (Croman et al., 2016); (Dai et al., 2019); (Dinh & Thai, 2018); (Eyal et al., 2018); (Feng, 2020); (Feng et al., 2019); (Ferrag et al., 2020); (Gai et al., 2018); (Karame et al., 2016); (Li et al., 2018); (Lin & Liao, 2017); (Luu et al., 2016); (Meiklejohn et al., 2018); (Mendling et al., 2018); (Narayanan et al., 2016); (Natoli & Gramoli, 2016); (Nofer et al., 2017); (Peters et al., 2016); (Shen et al., 2020); (Tschorsch & Scheuermann, 2016); (Vukolić, 2015); (Gervais et al., 2016); (Miers et al., 2013); (Garay et al., 2015); (Gencer et al., 2018); (Pass & Shelat, 2017); (Sapirshtein et al., 2016); (Zhang & Preneel, 2017); (Bissias et al., 2016); (Eyal, 2015); (Gencer et al., 2017); (Juels et al., 2016); (Kosba et al., 2016); (Luu et al., 2015); (McConaghy et al., 2016); (Miller et al., 2014); (Androulaki et al., 2018); (Back et al., 2014)	38 (63.3%)
Waves	(Christidis & Devetsikiotis, 2016); (Dai et al., 2019); (Karame et al., 2016)	3 (5%)

Tabla 5 – Soportes computacionales para la tecnología blockchain

Se nota que los soportes computacionales más frecuentes en esta investigación son Ethereum y Bitcoin. Los autores Kakarlapudi y Mahmoud (2021) colocan a Ethereum y Hyperledger Fabric, coincidiendo con esta investigación junto con OpenZeppelin y MultiChain. Por otro lado, Wang y Su (2021) consideran al Bitcoin, Ethereum e Hyperledger Fabric al igual que esta investigación, además de incluir a EOS e Hyperledger Sawtooth. Taş y Tanrıöver (2021) consideran los mismos frameworks Bitcoin, Hyperledger y Ethereum que se consideraron en este artículo, pero en mayor medida usaron NaN. Andoni et al. (2021) en su investigación colocan Ethereum como el principal framework, seguido de Hyperledger y Tendermint. Lo et al. (2019) reconocen a Ethereum como el principal coincidiendo con esta investigación.

Para los profesionales del desarrollo del área de blockchain, se puede recomendar como Ethereum, Hyperledger Fabric y Bitcoin como los frameworks más confiables por el grado de uso resultante que se muestra en esta investigación.

RQ3: *¿Cuáles son los países que con más frecuencia presentan flujos bibliométricos en las investigaciones de la tecnología Blockchain y su impacto para la Venta de Pasajes en el Transporte Urbano?*

En la Figura 4 se puede notar que Uruguay, Estados Unidos y Rusia, son los países que presentan más frecuencia de flujos bibliométricos.

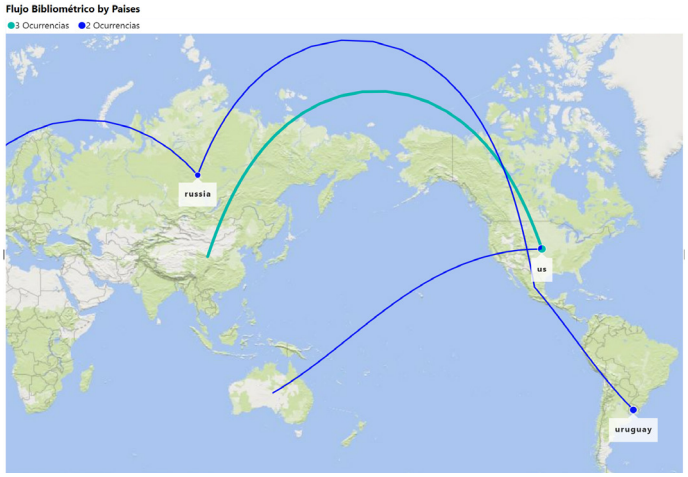


Figura 4 – Flujo bibliométrico por países

Se puede notar que las investigaciones de Niknejad et al. (2021), la de Moosavi et al. (2021), así como la de Kakarlapudi y Mahmoud (2021), coinciden con esta investigación en que los Estados Unidos es uno de los países con mayor flujo bibliométrico, pero difieren en China y la India, que estos últimos incluyen como los países que más aportan. Asimismo, Wang y Su (2021) colocan a China en primer lugar, seguido de la India y Canadá.

RQ4: *¿Cuáles son los autores que con frecuencia son coautores en las investigaciones del blockchain en su impacto para la venta de pasajes en el transporte urbano?*

En la Figura 5 se observa las coautorías de los autores mediante una red bibliométrica.

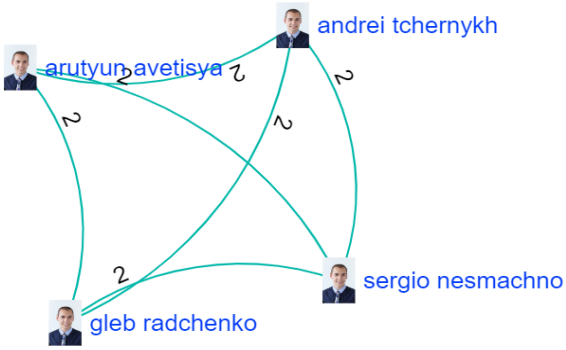


Figura 5 – Red bibliométrica de CoAutores

Se puede observar que todos los autores tienen aportes similares a los demás autores en esta investigación con 3 coautorías.

Según Niknejad et al. (2021), en su investigación, Nakamoto es el coautor que más citaciones aporta. Moosavi et al. (2021) indican que Christidis y Devetsikiotis son los autores que tienen más aportes a otros autores. Asimismo, Wang et al. (2021) señalan que Yan es el autor que más contribuciones aporta a su investigación.

5. Conclusiones y Futuras Investigaciones

Este documento proporciono un análisis sistematico sobre el uso de la tecnología blockchain para la venta de pasajes en el transporte urbano, para eso se usó la metodología de Petersen, por otro lado, se determinó como objetivo determinar el estado del arte de esta investigación con preguntas con sus respectivos objetivos, para ello se seleccionó las fuentes tales como: Scopus, Google Scholar, ARDI, ACM Digital Library, IEEE Xplore, Science Direct y EBSCOhost. Los estudios identificados fueron 13 592 con la aplicación de ecuaciones, a estos resultados obtenidos se aplicaron los criterios de exclusión. Se utilizo el grafico Prisma donde se pudo ver la selección de 60 estudios publicados entre los años 2018 y 2022. Finalmente se evaluó los estudios obtenidos y se pudo ordenarlos con el software Mendeley. En cuanto a los resultados de este estudio se puede concluir que las áreas donde más investigaciones se presentaron son: la salud, el transporte y la economía. Otro resultado que merece la pena resaltar son los soportes computacionales que más se presentaron fueron: Ethereum y Bitcoin. Por otro lado, los países que tienen mayor flujo bibliométrico fueron: Uruguay, Rusia y Estados Unidos.

Esta revisión considera dos limitaciones que una futura investigación puede abordar. Primero, solo 7 fuentes de información, y también se consideraron investigación a

partir del 2018 en adelante. Por lo tanto, una futura investigación debería considerar se propone tener más fuentes de investigación y no limitar los años considerados de la tecnología blockchain.

Referencias

Abduljabbar, R. L., Liyanage, S., & Dia, H. (2022). A systematic review of the impacts of the coronavirus crisis on urban transport: Key lessons learned and prospects for future cities. *Cities, 127*(May), 103770. https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103770

Afzaal, H., Imran, M., Janjua, M. U., & Gochhayat, S. P. (2022). Formal modeling and verification of a blockchain-based crowdsourcing consensus protocol. *IEEE Access, 10*, 8163-8183. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3141982

Alade, T. A., Bukoye, O. T., Roehrich, J. K., & Edelenbos, J. (2022). Cross-national collaboration in strategic transport projects: The impact on benefits realization. *International Journal of Project Management, 40*(4), 411-425. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2022.03.009

Alade, T., Edelenbos, J., & Gianoli, A. (2020). A sustainable approach to innovation adoption in light-rail transport. *Sustainability, 12*(3). https://doi.org/10.3390/su12031262

Al-Breiki, H., Rehman, M. H. U., Salah, K., & Svetinovic, D. (2020). Trustworthy blockchain oracles: Review, comparison, and open research challenges. *IEEE Access, 8*, 85675-85685. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2992698

Alharthi, A., Ni, Q., & Jiang, R. (2021). A privacy-preservation framework based on biometrics blockchain (BBC) to prevent attacks in VANET. *IEEE Access, 9*, 87299-87309. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3086225

Ali, T., Alzahrani, S., Jan, M. S., Siddiqui, A., Nadeem, A., & Alghamdi, T. (2019). A comparative analysis of blockchain architecture and its applications: Problems and recommendations. *IEEE Access, 7*, 176838-176869. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2957660

Alkadi, O., Moustafa, N., Turnbull, B., & Choo, K.-K. R. (2021). A deep blockchain framework-enabled collaborative intrusion detection for protecting IoT and cloud networks. *IEEE Internet of Things Journal, 8*(12), 9463-9472. https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.2996590

Alkhudary, R., Brusset, X., & Fenies, P. (2020). Blockchain in general management and economics: a systematic literature review. *European Business Review*, 32(4), 765-783. https://doi.org/10.1108/EBR-11-2019-0297.

Alzahrani, A. G., Alhomoud, A., & Wills, G. (2022). A framework of the critical factors for healthcare providers to share data securely using blockchain. *IEEE Access, 10*, 41064-41077. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3162218

Andoni, M. et al. (2019). Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 100, 143-174. https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.10.014.

Aponte-Novoa, F. A., Orozco, A. L. S., Villanueva-Polanco, R., & Wightman, P. (2021). The 51% attack on blockchains: A mining behavior study. *IEEE Access, 9*, 140549-140564. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3119291

Astarita, V., Giofrè, V. P., Mirabelli, G., & Solina, V. (2020). A review of blockchain-based systems in transportation. *Information*, 11(1), 1-24. https://doi.org/10.3390/info11010021.

Badidi, E. (2022). Edge AI and blockchain for smart sustainable cities: Promise and potential. *Sustainability*, 14(13). https://doi.org/10.3390/su14137609

Bao, Z., Wang, Q., Shi, W., Wang, L., Lei, H., & Chen, B. (2020). When blockchain meets SGX: An overview, challenges, and open issues. *IEEE Access*, 8, 170404-170420. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3024254

Barati, M., Rana, O., Petri, I., & Theodorakopoulos, G. (2020). GDPR compliance verification in Internet of Things. *IEEE Access*, 8, 119697-119709. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3005509

Chirieleison, C., Montrone, A., & Scrucca, L. (2020). Event sustainability and sustainable transportation: A positive reciprocal influence. *Journal of Sustainable Tourism*, 28(2), 240-262. https://doi.org/10.1080/09669582.2019.1607361

Ding, X., Guo, J., Li, D., & Wu, W. (2021). An incentive mechanism for building a secure blockchain-based Internet of Things. *IEEE Transactions on Network Science and Engineering*, 8(1), 477-487. https://doi.org/10.1109/TNSE.2020.3040446

Du, Y., & Gu, F. (2022). Application of sports industry blockchain technology under the background of big data. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022. https://doi.org/10.1155/2022/9655589

Fabbiani, E., Nesmachnow, S., Toutouh, J., Tchernykh, A., Avetisyan, A., & Radchenko, G. (2018). Analysis of mobility patterns for public transportation and bus stops relocation. *Programming and Computer Software*, 44(6), 508-525. https://doi.org/10.1134/S0361768819010031

Feng, S., Wang, W., Xiong, Z., Niyato, D., Wang, P., & Wang, S. S. (2018). On cyber risk management of blockchain networks: A game theoretic approach. *IEEE Transactions on Services Computing*, 14(5), 1492-1504. https://doi.org/10.1109/TSC.2018.2876846

Fernandez-Carames, T. M., & Fraga-Lamas, P. (2019). A review on the application of blockchain to the next generation of cybersecure Industry 4.0 smart factories. *IEEE Access*, 7, 45201-45218. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2908780

Fürst, E. W. M., & Herold, D. M. (2018). Fare evasion and ticket forgery in public transport: Insights from Germany, Austria, and Switzerland. *Societies*, 8(4), 1-16. https://doi.org/10.3390/soc8040098

Gamboa-Cruzado, J., Mendoza-Chate, L. A., Ventocilla-Sánchez, A., López-Goycochea, J., & Ramírez Villacorta, J. (2023). UYAKUY - Blockchain-based software application for certificate issuance: A case study in the IEEE Peru Section. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 101(20), 1-15. http://www.jatit.org

Gourisetti, S. N. G., Mylrea, M., & Patangia, H. (2020). Evaluation and demonstration of blockchain applicability framework. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 67(4), 1142-1156. https://doi.org/10.1109/TEM.2019.2928280

Haddad, A., Habaebi, M. H., Islam, M. R., Hasbullah, N. F., & Zabidi, S. A. (2022). Systematic review on AI-blockchain based e-healthcare records management systems. *IEEE Access*, 10, 94583-94615. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3201878

Huang, Y., Bian, Y., Li, R., Zhao, J. L., & Shi, P. (2019). Smart contract security: A software lifecycle perspective. *IEEE Access*, 7, 150184-150202. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2946988

Ibraeva, A., Correia, G. H. de A., Silva, C., & Antunes, A. P. (2020). Transit-oriented development: A review of research achievements and challenges. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 132, 110-130. https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.10.018

Jin, H., Luo, Y., Li, P., & Mathew, J. (2019). A review of secure and privacy-preserving medical data sharing. *IEEE Access*, 7, 61656-61669. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2916503

Kakarlapudi, P. V., & Mahmoud, Q. H. (2021). A systematic review of blockchain for consent management. *Healthcare*, 9(2). https://doi.org/10.3390/healthcare9020137

Kim, H. M., Turesson, H., Laskowski, M., & Bahreini, A. F. (2020). Permissionless and permissioned technology-focused and business needs-driven: Understanding the hybrid opportunity in blockchain through a case study of Insolar. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 69(3), 776-791. https://doi.org/10.1109/TEM.2020.3003565

Kłos-Adamkiewicz, Z., & Gutowski, P. (2022). The outbreak of COVID-19 pandemic in relation to sense of safety and mobility changes in public transport using the example of Warsaw. *Sustainability*, 14(3), 1780. https://doi.org/10.3390/su14031780

Król, M., Sonnino, A., Al-Bassam, M., Tasiopoulos, A. G., Rivière, E., & Psaras, I. (2021). Proof-of-prestige: A useful work reward system for unverifiable tasks. *ACM Transactions on Internet Technology*, 21(2). https://doi.org/10.1145/3419483

Leng, J., et al. (2021). Blockchain-secured smart manufacturing in Industry 4.0: A survey. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 51(1), 237-252. https://doi.org/10.1109/TSMC.2020.3040789

Liang, W., & Ji, N. (2022). Privacy challenges of IoT-based blockchain: a systematic review. *Cluster Computing*, 25(3), 2203-2221. https://doi.org/10.1007/s10586-021-03260-0.

Liu, J., & Liu, Z. (2019). A survey on security verification of blockchain smart contracts. *IEEE Access*, 7, 77894-77904. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2921624

Liu, Y., Wang, K., Qian, K., Du, M., & Guo, S. (2020). Tornado: Enabling blockchain in heterogeneous Internet of Things through a space-structured approach. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(2), 1273-1286. https://doi.org/10.1109/JIOT.2019.2954128

Lo, S. K. et al. (2019). Analysis of blockchain solutions for IoT: A systematic literature review. *IEEE Access*, 7, 58822-58835. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2914675.

Lu, H., Huang, K., Azimi, M., & Guo, L. (2019). Blockchain technology in the oil and gas industry: A review of applications, opportunities, challenges, and risks. *IEEE Access*, 7, 41426-41444. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2907695

Malamas, V., Kotzanikolaou, P., Dasaklis, T. K., & Burmester, M. (2020). A hierarchical multi blockchain for fine grained access to medical data. *IEEE Access*, 8, 134393-134412. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3011201

Marzano, G., Lizut, J., & Siguencia, L. O. (2019). Crowdsourcing solutions for supporting urban mobility. *Procedia Computer Science*, 149, 542-547. https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.174

Massobrio, R., Nesmachnow, A., Tchernykh, A., Avetisyan, A., & Radchenko, G. (2018). Towards a cloud computing paradigm for big data analysis in smart cities. *Programming and Computer Software*, 44(3), 181-189. https://doi.org/10.1134/S0361768818030052

Mazlan, A. A., Daud, S. M., Sam, S. M., Abas, H., Rasid, S. Z. A., & Yusof, M. F. (2020). Scalability challenges in healthcare blockchain systems: A systematic review. *IEEE Access*, 8, 23663-23673. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2969230.

Merritt, A.-S., Georgellis, A., Andersson, N., Bero Bedada, G., Bellander, T., & Johansson, C. (2019). Personal exposure to black carbon in Stockholm using different intra-urban transport modes. *Science of the Total Environment*, 674, 279-287. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.100

Moosavi, J., Naeni, L. M., Fathollahi-Fard, A. M., & Fiore, U. (2021). Blockchain in supply chain management: A review, bibliometric, and network analysis. *Environmental Science and Pollution Research*. https://doi.org/10.1007/s11356-021-13094-3

Nicolas, K., Wang, Y., Giakos, G. C., Wei, B., & Shen, H. (2021). Blockchain system defensive overview for double-spend and selfish mining attacks: A systematic approach. *IEEE Access*, 9, 3838-3857. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3047365

Niknejad, N., Ismail, W., Bahari, M., Hendradi, R., & Salleh, A. Z. (2021). Mapping the research trends on blockchain technology in food and agriculture industry: A bibliometric analysis. *Environmental Technology & Innovation*, 21, 101272. https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101272

Nugraha, A., Daniel, D. R., & Utama, A. A. G. S. (2021). Improving multi-sport event ticketing accounting information system design through implementing RFID and blockchain technologies within COVID-19 health protocols. *Heliyon*, 7(10), e08167. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08167

Paik, H.-Y., Xu, X., Bandara, H. M. N. D., Lee, S. U., & Lo, S. K. (2019). Analysis of data management in blockchain-based systems: From architecture to governance. *IEEE Access*, 7, 186091-186107. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2961404

Paliwal, V., Chandra, S., & Sharma, S. (2020). Blockchain technology for sustainable supply chain management: A systematic literature review and a classification framework. *Sustainability*, 12(18), 1–39. https://doi.org/10.3390/su12187638

Pan, J., Wang, J., Hester, A., Alqerm, I., Liu, Y., & Zhao, Y. (2018). EdgeChain: An Edge-IoT framework and prototype based on blockchain and smart contracts. *IEEE Internet of Things Journal*, 6(3), 4719-4732. https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2878154

Perboli, G., Musso, S., & Rosano, M. (2018). Blockchain in logistics and supply chain: A lean approach for designing real-world use cases. *IEEE Access*, 6, 62018-62028. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2875782

Petersen, K., Vakkalanka, S., & Kuzniarz, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and Software Technology*, 64, 1–18. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.03.007

Politou, E., Casino, F., Alepis, E., & Patsakis, C. (2019). Blockchain mutability: Challenges and proposed solutions. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, 9(4), 1972-1986. https://doi.org/10.1109/TETC.2019.2949510

Polydoropoulou, A., Pagoni, I., Tsirimpa, A., Roumboutsos, A., Kamargianni, M., & Tsouros, I. (2020). Prototype business models for mobility-as-a-service. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 131, 149-162. https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.09.035

Pranto, T. H., Hasib, K. T. A. M., Rahman, T., Haque, A. B., Islam, A. K. M. N., & Rahman, R. M. (2022). Blockchain and machine learning for fraud detection: A privacy-preserving and adaptive incentive based approach. *IEEE Access*, 10, 87115-87134. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3198956

Queiroz, M. M., Telles, R., & Bonilla, S. H. (2020). Blockchain and supply chain management integration: a systematic review of the literature. *Supply Chain Management*, 25(2), 241-254. https://doi.org/10.1108/SCM-03-2018-0143.

Ramaki, A. A., Rasoolzadegan, A., & Bafghi, A. G. (2018). A systematic mapping study on intrusion alert analysis in intrusion detection systems. *ACM Computing Surveys*, 51(3). https://doi.org/10.1145/3184898

Ribeiro, T., & Almeida, V. M. C. (2021). Host city transportation issues: Conceptualization, scale development, and validation. *Sport Business Management: An International Journal*, 11(3), 321-339. https://doi.org/10.1108/SBM-09-2020-0088

Saad, M., et al. (2020). Exploring the attack surface of blockchain: A comprehensive survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 22(3), 1977-2008. https://doi.org/10.1109/COMST.2020.2975999

Sanchez-Gomez, N., Torres-Valderrama, J., Garcia-Garcia, J. A., Gutierrez, J. J., & Escalona, M. J. (2020). Model-based software design and testing in blockchain smart contracts: A systematic literature review. *IEEE Access*, 8, 164556-164569. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3021502

Sekaran, R., Patan, R., Raveendran, A., Al-Turjman, F., Ramachandran, M., & Mostarda, L. (2020). Survival study on blockchain based 6G-enabled mobile edge computation for IoT automation. *IEEE Access*, 8, 143453-143463. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3013946

Shahnaz, A., Qamar, U., & Khalid, A. (2019). Using blockchain for electronic health records. *IEEE Access*, 7, 147782-147795. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2946373

Singh, A., Parizi, R. M., Zhang, Q., Choo, K. K. R., & Dehghantanha, A. (2020). Blockchain smart contracts formalization: Approaches and challenges to address vulnerabilities. *Computers & Security*, 88, 101654. https://doi.org/10.1016/j.cose.2019.101654.

Stawiarska, E., & Sobczak, P. (2018). The impact of intelligent transportation system implementations on the sustainable growth of passenger transport in EU regions. *Sustainability*, 10(5), Article 101318. https://doi.org/10.3390/su10051318

Suchanek, M., Jagiełło, A., & Suchanek, J. (2021). Substitutability and complementarity of municipal electric bike sharing systems against other forms of urban transport. *Applied Sciences, 11*(15). https://doi.org/10.3390/app11156702

Taş, R., & Tanrıöver, Ö. (2020). A systematic review of challenges and opportunities of blockchain for e-voting. *Symmetry*, 12(8), 1-24. https://doi.org/10.3390/sym12081328.

Tharatipyakul, A., & Pongnumkul, S. (2021). User interface of blockchain-based agri-food traceability applications: A review. *IEEE Access, 9*, 82909–82929. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3085982

Vij, A., & Dühr, S. (2022). The commercial viability of Mobility-as-a-Service (MaaS): What's in it for existing transport operators and why should governments intervene? *Transport Reviews, 42*(5), 695–716. https://doi.org/10.1080/01441647.2022.2028032

Wang, Q., & Su, M. (2020). Integrating blockchain technology into the energy sector - From theory of blockchain to research and application of energy blockchain. *Computer Science Review*, 37, 100275. https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2020.100275

Wang, Q., Li, R., & Zhan, L. (2021). Blockchain technology in the energy sector: From basic research to real world applications. *Computer Science Review*, 39, 100362. https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2021.100362

Xu, F. (2022). Building China's eldercare market: The imperatives of capital accumulation and social stability. *Social Sciences, 11*(5). https://doi.org/10.3390/socsci11050212

Xu, Y., & Huang, Y. (2020). Segment blockchain: A size-reduced storage mechanism for blockchain. *IEEE Access, 8*, 17434–17441. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2966464

Xu, Y., Ren, J., Zhang, Y., Zhang, C., Shen, B., & Zhang, Y. (2019). Blockchain empowered arbitral data auditing scheme for network storage as a service. *IEEE Transactions on Services Computing, 13*(2). https://doi.org/10.1109/TSC.2019.2953033

Yadav, A. K., & Singh, K. (2021). Comparative analysis of consensus algorithms and issues in integration of blockchain with IoT. *Advances in Intelligent Systems and Computing, 1168*, 25–46. https://doi.org/10.1007/978-981-15-5345-5_3

Yang, F., Zhou, W., Wu, Q., Long, R., Xiong, N. N., & Zhou, M. (2019). Delegated proof of stake with downgrade: A secure and efficient blockchain consensus algorithm with downgrade mechanism. *IEEE Access, 7*, 118541–118555. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2935149

Zhao, Y., et al. (2019). Privacy-preserving blockchain-based federated learning for IoT devices. *IEEE Internet of Things Journal, 8*(3), 1817–1829. https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.3017377

Zong, W., & Zhang, J. (2019). Use of smartphone applications and its impacts on urban life: A survey and random forest analysis in Japan. *Sustainable Cities and Society, 49*, 101589. https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101589.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 17/03/2024
Aceitação/Acceptance: 14/06/2024

Influencia de Machine Learning en la Evaluación de Riesgo Crediticio en Entidades Financieras: Una exhaustiva Revisión Sistemática y Bibliométrica

Javier Gamboa-Cruzado[1], Ronald E. Astudillo-Aquino[2], Dennis Castro-Valverde[3], Jorge Nolasco-Valenzuela[2], Juan Gamarra Moreno[1], Guido Larico Uchamaco[4], Flavio Amayo-Gamboa[5]

jgamboa65@hotmail.com; 2018023009@unfv.edu.pe; dcastrov@untels.edu.pe; jsnv57@hotmail.com; juan.gamarra@unmsm.edu.pe; glarico@undc.edu.pe; famayo@unitru.edu.pe

[1] Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

[2] Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Universidad Nacional Federico Villareal, Lima, Perú

[3] Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú

[4] Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cañete, Lima, Perú

[5] Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú

Pages: 451-470

Resumen: El uso del Machine Learning (ML) en bancos ha ganado impulso debido a su precisión predictiva utilizando algoritmos. Este estudio se centra en determinar la influencia del ML en la evaluación del riesgo crediticio en el sector financiero. Se realizó una revisión sistemática de artículos de 2017 a 2022, consultando fuentes como ACM Digital Library, IEEE Xplore, Scopus, entre otras. Se aplicaron rigurosos criterios de exclusión y calidad, resultando en la selección de 62 artículos para análisis. Los hallazgos muestran una variedad de enfoques e innovaciones en el uso de ML para evaluar riesgos crediticios. La investigación documenta en detalle las metodologías y técnicas de ML más relevantes para prevenir el riesgo crediticio, proporcionando datos cruciales para las instituciones financieras. Este conocimiento permite a los bancos mejorar sus metodologías de evaluación de riesgo, optimizando sus procesos y mejorando la toma de decisiones basada en datos. Estos resultados enfatizan la creciente relevancia del ML en las finanzas y su potencial para transformar prácticas tradicionales, fortaleciendo la seguridad y la confiabilidad en las operaciones bancarias.

Palabras-clave: Machine Learning, Riesgo Crediticio, Entidades Financieras, Algoritmos, Revisión Sistemática de Literatura.

Influence of Machine Learning on Credit Risk Assessment in Financial Institutions: A Comprehensive Systematic and Bibliometric Review

Abstract: The use of Machine Learning (ML) in banks has gained momentum due to its predictive accuracy using algorithms. This study focuses on determining the influence of ML on credit risk assessment in the financial sector. A systematic

review of articles from 2017 to 2022 was conducted, consulting sources such as ACM Digital Library, IEEE Xplore, Scopus, among others. Rigorous exclusion and quality criteria were applied, resulting in the selection of 62 articles for analysis. The findings reveal a variety of approaches and innovations in the use of ML to assess credit risks. The research documents in detail the most relevant ML methodologies and techniques to prevent credit risk, providing crucial data for financial institutions. This knowledge allows banks to improve their risk assessment methodologies, optimizing their processes and enhancing data-based decision-making. These results emphasize the growing relevance of ML in finance and its potential to transform traditional practices, strengthening security and reliability in banking operations.

Keywords*:* Machine Learning; Credit Risk; Financial Institutions; Algorithms; Systematic Literature Review.

1. Introducción

En la actualidad, las entidades financieras presentan riesgo de pérdida de dinero, debido a una evaluación no elaborada metódicamente. Las entidades financieras modernas dependen del crédito y la confianza. El riesgo es un parámetro fundamental que mide y predice las probabilidades de incumplimiento de pagos de un deudor. La estimación correcta del riesgo de crédito es primordial para todo el sistema. Fallando en la estimación del riesgo de crédito puede conducir a fallas sistémicas tales como la crisis subprime de 2008 (Shi et al., 2022). Recientemente, ha habido una tendencia creciente al remplazo de técnicas estadísticas tradicionales por la aplicación de nuevas técnicas de evaluación de riesgo crediticio mediante algoritmos e inteligencia artificial. Técnicas utilizadas para la predicción de fallos, construcción de modelos que se pueden utilizar para la solución de problemas (Kumbure et al., 2022). Los modelos de calificación crediticia se utilizan para estimar futuros clientes para recibir crédito, los préstamos ofrecidos a los clientes dependen de cuánto es el puntaje crediticio. El modelamiento de riesgo crediticio de los clientes implica evaluar su probabilidad de incumplimiento, lo cual genera la probabilidad de deserción de los clientes durante un período de tiempo específico (Machado & Karray, 2022). Por lo mismo, con el estímulo de la financiación del consumo, la demanda de varios negocios de crédito está creciendo, y es necesario establecer un modelo de evaluación de riesgos razonable y confiable (Wang et al., 2022). Como resultado, las entidades financieras solicitan herramientas cada vez más precisas y sofisticadas de evaluación de riesgo crediticio, apoyándose del machine learning como fuente de resultados estadísticos. El machine learning es un subconjunto de la inteligencia artificial, utiliza técnicas estadísticas para entrenar máquinas a partir de un conjunto de datos definido. El sistema genera modelos optimizados que explican mejor los datos. Esto evita el uso de supuestos exógenos y limita los sesgos potenciales, lo que permite mejores evaluaciones y toma de decisiones (Li et al., 2020).

2. Background Teórico

2.1. Machine Learning

Según Hassani y Hajihashemi (2020), en su investigación titulada “Credit Risk Assessment Using Learning Algorithms for Feature Selection”, detallan que el machine

learning se ha utilizado ampliamente para mejorar la precisión en muchos problemas del mundo real. Por otro lado, Geraldo-Campos y Pando-Ezcurra (2022) en su artículo "Machine Learning for Credit Risk in the Reactive Peru Program: A Comparison of the Lasso and Ridge Regression Models" resaltan la relevancia de identificar el modelo predictivo de machine learning más eficaz. Buscan incentivar a las entidades financieras a adoptar tales modelos para potenciar la toma de decisiones económicas y empresariales. Adicionalmente, Li et al. (2020) describen el machine learning como una rama de la inteligencia artificial, donde se emplean métodos estadísticos para capacitar a las máquinas usando datos específicos. En su estudio Cárdenas-Quispe et al. (2021) reportan el uso intensivo de Machine Learning basados en árboles (tree based machine learning classifiers). Y para Alegre-Veliz et al. (2022), machine learning es un enfoque destacado para investigar conductas emocionales, desarrollando algoritmos sofisticados que pueden adquirir conocimientos sin la necesidad de instrucciones programáticas fijas.

2.2. Evaluación de Riesgo Crediticio

Machado y Karray (2022), en su investigación "Assessing credit risk of commercial customers using hybrid machine learning algorithms", argumentan que modelar el riesgo crediticio de clientes implica evaluar su probabilidad de incumplimiento a lo largo de un periodo específico, lo que influye en la probabilidad de deserción de los clientes. Asimismo, Bi y Liang (2022), en su estudio "Risk Assessment of Operator's Big Data Internet of Things Credit Financial Management Based on Machine Learning", subrayan la crucial importancia de la innovación en la evaluación del riesgo crediticio para las instituciones financieras. Por otro lado, Hassani y Hajihashemi (2020), en su investigación "Credit Risk Assessment Using Learning Algorithms for Feature Selection", destacan que la evaluación del riesgo crediticio en la industria financiera es un problema que ha captado considerable atención investigativa en años recientes, con un enfoque predominante en métodos que integran hallazgos de diversas investigaciones.

3. Método de Revisión

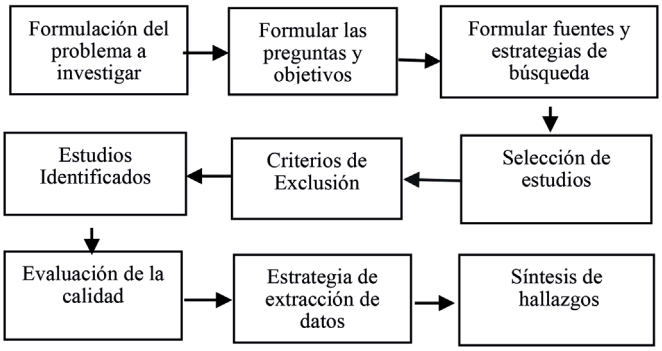


Figura 1 – Etapas para una RSL

Para la elaboración de este artículo de revisión, se empleó la metodología de Revisión Sistemática de la Literatura (RSL), siguiendo los lineamientos propuestos por

Kitchenham et al. (2009). Además, se integró un mapa de palabras clave desarrollado por Linnenluecke et al. (2020) y se utilizó una encuesta de mapeo sistemático, conforme a los estándares establecidos por Kitchenham et al. (2013), Petersen et al. (2015) y Ramaki et al. (2018).

A. Problemas y Objetivos de la investigación.

En la ejecución de una Revisión Sistemática de la Literatura (RSL), las preguntas de investigación son cruciales para definir las estrategias de búsqueda, extracción y análisis de datos. Al formular estas preguntas de investigación (RQ), se establecieron también los objetivos correspondientes, que están detallados en la Tabla 1.

Pregunta de investigación	**Objetivo**
RQ1: ¿Qué sectores están priorizando el uso de la Evaluación de Riesgo Crediticio en el ámbito de las instituciones financieras?	Identificar los sectores que están priorizando el uso de la Evaluación de Riesgo Crediticio en el ámbito de las instituciones financieras.
RQ2: ¿Cuáles técnicas de Machine Learning predominan en la Evaluación de Riesgo Crediticio?	Investigar cuáles son las técnicas de Machine Learning que predominan en la Evaluación del Riesgo Crediticio.
RQ3: ¿Desde qué países proviene la mayoría de la investigación sobre el uso de Machine Learning en la Evaluación del Riesgo Crediticio en Entidades Financieras?	Mostrar los países que con frecuencia presentan más publicaciones en las investigaciones sobre el Machine Learning y su influencia en la Evaluación del Riesgo Crediticio.
RQ4: ¿Cuáles son las metodologías más utilizadas para el desarrollo de Machine Learning?	Detallar las metodologías utilizadas para el desarrollo del Machine Learning.
RQ5: ¿Qué términos clave tienden a aparecer juntos con frecuencia en estudios sobre el impacto del Machine Learning en la Evaluación del Riesgo Crediticio en el Sector Financiero?	Investigar los términos claves más utilizados de el Machine Learning y su influencia en la Evaluación del Riesgo Crediticio el Sector Financiero.

Tabla 1 – Preguntas y objetivos de la investigación

B. Fuentes de información y estrategia de búsqueda.

Para la búsqueda de trabajos de investigación, se utilizaron las bibliotecas Scopus, IEEE Xplore, ACM Digital Library, ARDI, Taylor & Francis Online, Science Direct y EBSCOhost. La estrategia de búsqueda empleada se centró en la utilización de palabras clave específicas para el estudio, detalladas en la Tabla 2.

Descriptor y Sinónimos
machine learn/ artificial intelligence/ unsurpivised learn/deep learn
credit risk /fraud risk financial institutions/ banks

Tabla 2 – Descriptores de búsqueda y sus sinónimos

El procedimiento de búsqueda se realizó empleando una ecuación de búsqueda específica, cuyos detalles se pueden consultar en la Tabla *3*.

Fuente	Ecuación de búsqueda
ACM Digital Library	[[Title: “machine learn”] OR [Title: “unsupervised learn”] OR [Title: “ artificial intelligence “ OR “deep learning”]] AND [Title: “credit risk”] OR [Title: “fraud risk”] AND [[Title: “financial institutions”] OR [Title: banks]] AND [[Abstract: “machine learn”] OR [Abstract: “unsupervised learn”] OR [Abstract: “ artificial intelligence” OR “deep learning”]] AND [Abstract: “credit risk”] AND [[Abstract: “financial institutions”] OR [Abstract: banks]]
IEEE Xplore	(“Document Title”:“machine learn*” OR “Document Title”:“unsupervised learn*” OR “Document Title”: “artificial intelligence” OR “deep learning” AND “Document Title”:“credit risk*” AND “Document Title”:“financial institutions*” OR “Document Title”:banks) AND (“Abstract”:“machine learn*” OR “Abstract”:“unsupervised learn*” OR “Abstract”: “artificial intelligence” AND “Abstract”:“credit risk*” AND “Abstract”:“financial institutions*” OR “Abstract”:banks)
Scopus	(TITLE (((“machine learn” OR “unsupervised learn” OR “artificial intelligence” OR “deep learn”) AND (“credit risk”) AND (“fraud risk “) AND (“financial institutions” OR banks))) OR ABS (((“machine learn” OR “unsupervised learn” OR “artificial intelligence” OR “deep learn”) AND (“credit risk”) AND (“financial institutions” OR banks))))
ARDI	(TitleCombined:(“machine learn” OR “unsupervised learn” OR “artificial intelligence” OR “deep learn”)) AND (TitleCombined:(“credit risk”)) AND ((TitleCombined:(“ financial institutions” OR Banks)) OR (Abstract:(“machine learn” OR “unsupervised learn” OR “artificial intelligence” OR “deep learn””))) AND (Abstract:(“credit risk”)) AND (Abstract:(“ financial institutions” OR Banks))
Taylor & Francis Online	[[Publication Title: “machine learn”] OR [Publication Title: “ unsupervised learn”] OR [Publication Title: “artificial intelligence”] OR [[Publication Title: “deep learn “] AND [Publication Title: “credit risk assessment”] OR [Publication Title: “fraud risk”] AND [Publication Title: “financial institutions”]] OR [Publication Title: banks]] AND [[Abstract: “machine learn”] OR [Abstract: “ unsupervised learn”] OR [Abstract: “artificial intelligence”] OR [[Abstract: “deep learn “] AND [Abstract: “credit risk assessment”] OR [Abstract: “fraud risk”] AND [Abstract: “financial institutions”]] OR [Abstract: banks]]
Science Direct	Title, abstract, keywords: “machine learn” OR “unsupervised learn” OR “inteligencia artificial” AND “credit risk” OR “ fraud risk” AND “financial institutions” OR bank

Tabla 3 – Fuentes de información y ecuaciones de búsqueda

C. Estudios identificados.

Al concluir la búsqueda de artículos, el total de artículos se presenta en la Figura 2.

D. Criterios de exclusión.

Los criterios de exclusión (CE) se establecieron para evaluar la calidad de la literatura. Los artículos se sometieron a revisión conforme a los criterios:

CE1: Los artículos tienen una antigüedad mayor a 5 años

CE2: Los artículos no son de acceso libre

CE3: Los artículos no se publicaron en conferencias o revistas

CE4: Los artículos no están en ingles

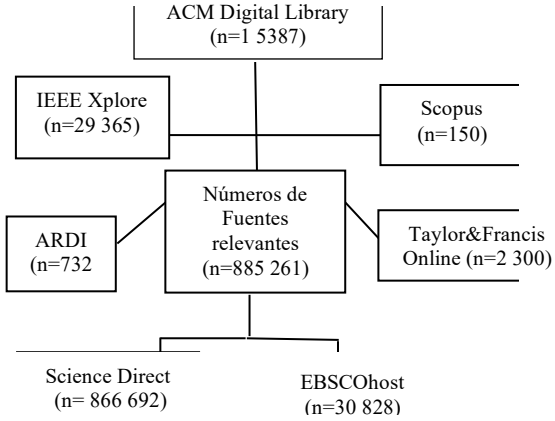


Figura 2 – Números de fuentes relevantes

CE5: La solución propuesta no es compatible con la evaluación de riesgo crediticio

CE6: Los artículos contienen menos de 12 páginas

CE7: La solución propuesta no se aplica en machine learning.

E. Selección de estudios.

Inicialmente se identificaron 885,261 artículos utilizando palabras clave específicas para el estudio. Después de aplicar los criterios de selección, el proceso resultó en un total de 62 artículos, como se muestra en la Figura 3.

F. Evaluación de la calidad.

La aplicación de reglas de evaluación de calidad (QA) constituyó el último paso para determinar la lista final de artículos incluidos en esta revisión. Se emplearon criterios de QA para evaluar la calidad de los trabajos de investigación, alineándolos con las preguntas de investigación preestablecidas. Se identificaron seis QAs específicas, que son las siguientes:

QA1: ¿Presenta el documento estudios empíricos aplicados?

QA2: ¿El estudio integra tanto un grupo experimental como un grupo de control en su metodología?

QA3: ¿El autor del artículo posee formación en ingeniería con estudios de posgrado?

QA4: ¿Se proporcionan referencias adecuadas para los instrumentos utilizados en la recopilación de datos?

QA5: ¿Se llevó a cabo el estudio dentro de instituciones financieras reales?

QA6: ¿Se derivan los hallazgos de la investigación de la evaluación de diversos proyectos?

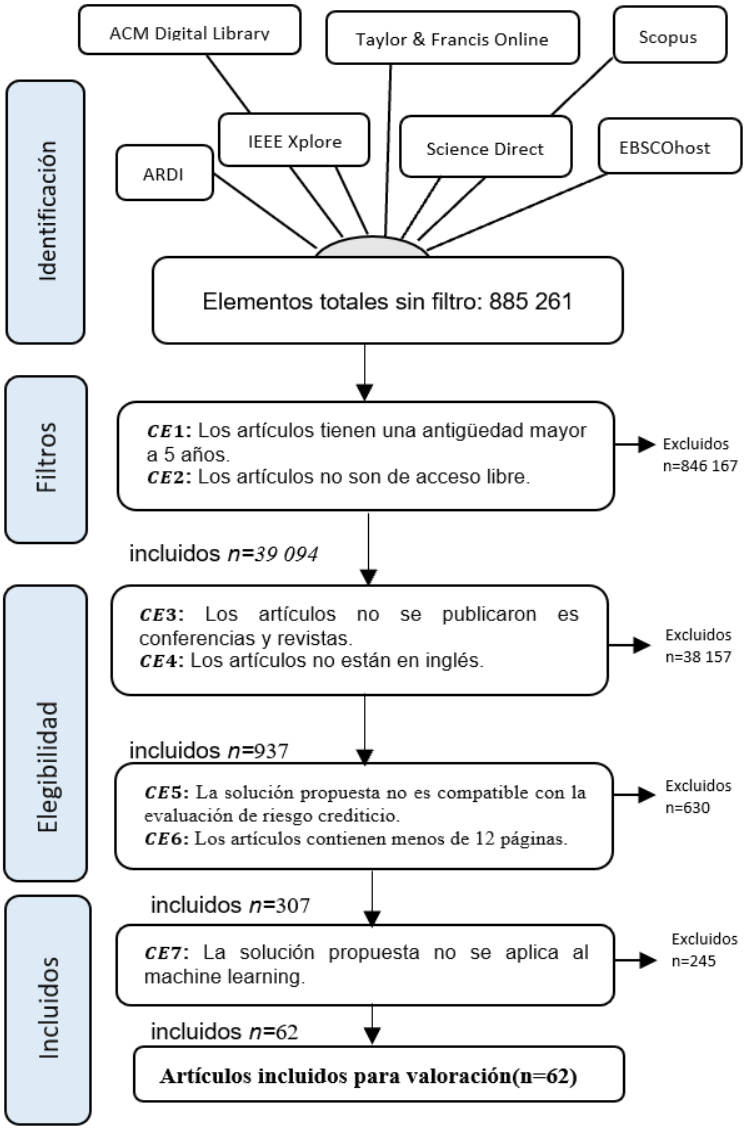


Figura 3 – Diagrama de flujo PRISMA

G. Estrategia de extracción de datos.

En esta fase, utilizando la lista final de artículos, se extrajo información relevante para responder a las preguntas de investigación. Los datos recopilados incluyeron URL, fuente, año, país, número de citas, palabras clave, resumen, tamaño de muestra, y las

respuestas a las preguntas de investigación (RQ1 a RQ5). Para la gestión de estos datos, se empleó la herramienta Mendeley.

H. Síntesis de Hallazgos o Síntesis de Data.

La información extraída respondió efectivamente a las preguntas de investigación; se tabuló y presentó como datos cuantitativos que facilitaron la realización de comparaciones estadísticas entre los hallazgos asociados a cada pregunta. Estas comparaciones estadísticas permitieron identificar patrones de investigación recurrentes, así como las tendencias y direcciones que ha tomado la investigación en los últimos cinco años.

4. Resultados y Discusión

4.1. Descripción general de los estudios

El proceso de selección de estudios resultó en la identificación de 62 artículos relevantes para la extracción y análisis de datos. La Figura 5 ilustra la distribución de estos estudios publicados desde 2017 hasta 2022, enfocados en la aplicación del Machine Learning en la Evaluación de Riesgo Crediticio.

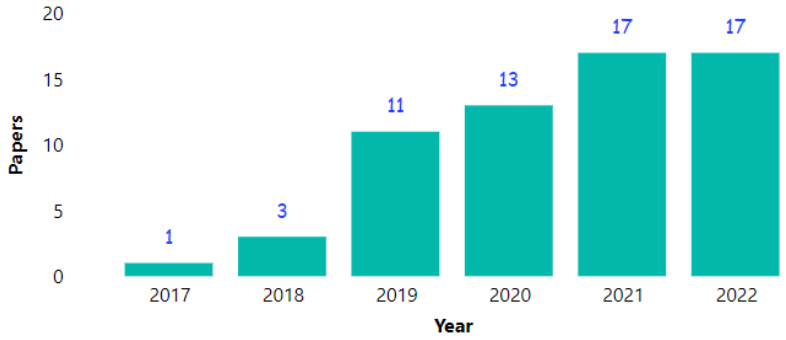


Figura 5 – Distribución de los artículos publicados por año

La tendencia ascendente en la investigación reflejada en el gráfico apunta a un interés creciente por el Machine Learning en la evaluación del riesgo crediticio desde 2017. El auge en publicaciones en 2021 y 2022 sugiere que el Machine Learning se está convirtiendo en una herramienta cada vez más esencial en el análisis financiero. Este aumento puede ser indicativo de avances en la tecnología y una mayor acumulación de datos relevantes en el sector.

Si comparamos, los resultados de la investigación de Kumbure y Porra (2022) presentan similitud con los resultados proporcionados en la Figura 5. De modo similar, Rodrigues et al. (2022) presentan un gráfico en donde se verifica el aumento considerable de artículos en la actualidad.

El patrón sugiere que las entidades financieras están reconociendo el valor del Machine Learning para predecir y gestionar riesgos. Esto podría reflejar un cambio hacia la

adopción de prácticas basadas en datos para decisiones crediticias y una búsqueda de métodos más sofisticados y automatizados en la industria.

4.2. Respuestas a las preguntas de investigación

Tras completar la Revisión Sistemática de la Literatura (RSL), se lograron obtener respuestas a profundizar, correspondientes a las preguntas de investigación planteadas en la Tabla 1.

RQ1: *¿ Qué sectores están priorizando el uso de la Evaluación de Riesgo Crediticio en el ámbito de las instituciones financieras?*

Los datos mostrados de la Tabla 4 proporcionan una visión clara de cómo se distribuye la aplicación de la evaluación de riesgo crediticio en diversos sectores dentro del sector financiero. La distribución porcentual indica tendencias notables y prioridades en la investigación y la práctica.

Sector	Referencia	Cant. (%)
Economy	(Lombardo et al., 2022), (Alzeaideen, 2019), (Bi & Liang, 2022), (Geraldo-Campos & Pando-Ezcurra, 2022), (Leo et al., 2019), (Alzeaideen, 2021), (Jiang et al., 2018), (Peng et al., 2022), (Cao, 2021), (Fan et al., 2020), (Feng, 2022), (Fejza et al., 2022), (Bai & Zha, 2022), (Khemakhem & Boujelbene, 2018), (Khemakhem et al., 2017), (Li et al., 2020), (Ma & Lv, 2019), (Mhlanga, 2021), (Wei et al., 2021), (Robisco & Martínez, 2022), (Shoumo et al., 2019), (Liu, 2022), (Song & Wu, 2021), (Wang et al., 2022), (Wu & Huang, 2021), (Wu & Pan, 2021), (Zhong & Zhou, 2020), (Zhou, 2022).	28 (68%)
Engineering	(Feng, 2022), (Fejza et al., 2022), (Bai & Zha, 2022), (Niu & Zheng, 2019), (Orlova, 2020), (Liu, 2022), (Song & Wu, 2021), (Tay & Mourad, 2020).	8 (20%)
Finances	(Munkhdalai et al., 2019), (Merćep et al., 2020), (Li et al., 2020).	3(7%)
Management	(Khemakhem et al., 2018), (Li et al., 2022).	2(5%)

Tabla 4 – Áreas en la Evaluación de Riesgo crediticio

La mayoría de los estudios, representando el 68%, se centran en la economía, indicando una fuerte inclinación hacia la aplicación del machine learning en análisis económicos. Un 20% pertenece a ingeniería, reflejando la integración de técnicas más técnicas y computacionales. Finanzas y gestión tienen una participación menor, con un 7% y 5% respectivamente, sugiriendo un enfoque emergente o nicho en estos campos. Los resultados de la Tabla 4 tienen concordancia con los mostrados por Çallı y Coşkun (2021), en su artículo titulado “A Longitudinal Systematic Review of Credit Risk Assessment and Credit Default Predictors”. La investigación de Kumbure y Porra (2022), presenta similitud con los resultados proporcionados en la Tabla 4. El artículo de Rodrigues et al. (2022), presenta concurrencia con los resultados proporcionados en la Tabla 4.

Este énfasis en economía podría ser resultado de la relevancia directa del Machine Learning en la predicción de tendencias macroeconómicas que afectan el riesgo crediticio. El interés menor en finanzas y gestión señala posibles áreas de crecimiento y expansión de investigación en el futuro cercano. La presencia significativa en ingeniería demuestra la fusión de conocimiento técnico con aplicaciones financieras.

RQ2: *¿ Cuáles técnicas de Machine Learning predominan en la Evaluación de Riesgo Crediticio?*

La Tabla 5 ofrece una perspectiva detallada sobre las técnicas de Machine Learning predominantes en la evaluación de riesgo crediticio, destacando cuáles son adoptadas con mayor frecuencia en el ámbito financiero.

Técnicas de ML	Referencia	Cant. (%)
Support Vector Machine (SVM)	(Munkhdalai et al., 2019), (Zou & Gao, 2022), (Lombardo et al., 2022), (Alzeaideen, 2019), (Bao et al., 2019), (Chang et al., 2020), (Chaquet-Ulldemolins et al., 2022), (Leo et al., 2019), (Alzeaideen, 2021), (Peng et al., 2022), (Fan et al., 2020), (Fejza et al., 2022), (Hassani et al., 2020), (Merćep et al., 2020), (Bai & Zha, 2022), (Khemakhem & Boujelbene, 2018), (Khemakhem et al., 2017), (Kumar & Ryan, 2019), (Lahmiri & Bekiros, 2019), (Lappas & Yannacopoulos, 2021), (Li et al., 2020), (Ma & Lv, 2019), (Machado & Karray, 2022), (Mhlanga, 2021), (Wei et al., 2021), (Niu & Zheng, 2019), (Orlova, 2020), (Petersen et al., 2015), (Shoumo et al., 2019), (Song & Wu, 2021), (Tay & Mourad, 2020), (Wang et al., 2022), (Wu & Huang, 2021), (Wu & Pan, 2021), (Yontar et al., 2020), (Zhong & Zhou, 2020), (Zhou, 2022).	38 (45%)
Extreme Learning Machine (ELM)	(Munkhdalai et al., 2019), (Lombardo et al., 2022), (Bao et al., 2019), (Addo et al., 2018), (Leo et al., 2019), (Alzeaideen, 2021), (Fan et al., 2020), (Fejza et al., 2022), (Hassani et al., 2020), (Bai & Zha, 2022), (Khemakhem & Boujelbene, 2018), (Khemakhem et al., 2017), (Kumar & Ryan, 2019), (Lahmiri & Bekiros, 2019), (Li et al., 2020), (Machado & Karray, 2022), (Wei et al., 2021), (Wang et al., 2022), (Wu & Huang, 2021), (Yontar et al., 2020), (Wu & Pan, 2021).	22 (26%)
Linear Regression (LR)	(Bussmann et al., 2021), (Chang et al., 2020), (Chaquet-Ulldemolins et al., 2022), (Geraldo-Campos & Pando-Ezcurra, 2022), (Addo et al., 2018), (Peng et al., 2022), (Fan et al., 2020), (Fejza et al., 2022), (Khemakhem et al., 2017), (Kumar & Ryan, 2019), (Mhlanga, 2021), (Niu & Zheng, 2019), (Orlova, 2020), (Shoumo et al., 2019), (Wang et al., 2022), (Wu & Pan, 2021).	16 (19%)
Decision Trees	(Zou & Gao, 2022), (Leo et al., 2019), (Alzeaideen, 2021), (Lappas & Yannacopoulos, 2021), (Machado & Karray, 2022), (Wu & Huang, 2021), (Wu & Pan, 2021), (Yontar et al., 2020).	8 (10%)

Tabla 5 – Técnicas de ML más productivas de Evaluación de Riesgo crediticio

La técnica Support Vector Machine (SVM) lidera con un 45%, indicando su preferencia por su efectividad en clasificación y regresión. Extreme Learning Machine (ELM) sigue con un 26%, reflejando su creciente popularidad por la rapidez en el entrenamiento. La Regresión Lineal, con un 19%, y los Árboles de Decisión, con un 10%, muestran su relevancia por su simplicidad y transparencia en los modelos.

Según Tse y Luo (2022), estas técnicas proporcionan un correcto funcionamiento en la evaluación de riesgo crediticio. Dastile y Potsane (2020), en su artículo titulado "Statistical and machine learning models in credit scoring: A systematic literature survey", presentan a la técnica SVM como una de las más usadas y que mejores resultados proporciona. De acuerdo con la investigación realizada por Bhatore y Reddy (2020),

concordamos en que las técnicas mostradas en la Tabla 5 son las más utilizadas para la evaluación de riesgo crediticio en entidades financieras.

RQ3: *¿ Desde qué países proviene la mayoría de la investigación sobre el uso de Machine Learning en la Evaluación del Riesgo Crediticio en Entidades Financieras?*

En la Figura 7, se muestran los países con más publicaciones representado en el mapa mundial geográfico.



Figura 7 – Mapa geográfico con distribución de los artículos publicados

China domina claramente, lo que indica un fuerte enfoque y recursos invertidos en esta investigación. Italia y Francia siguen, mostrando un compromiso europeo significativo con el avance del ML en finanzas. India y España también contribuyen notablemente, reflejando un interés global diversificado en la tecnología.

Los autores Bhatore et al. (2020), en su artículo titulado "Machine learning techniques for credit risk evaluation: a systematic literature review", indican que China y la India son los países que más publican investigaciones. Kumbure et al. (2022), en su artículo titulado "Machine learning techniques and data for stock market forecasting: A literature review", concordamos en que China es el país que más aporta investigaciones y la India está entre los primeros, como se muestra en las Figuras 6 y 7. Rodrigues et al. (2022), presentan un gráfico en donde se especifica que el continente asiático es el que más aporta investigaciones sobre Machine Learning en la evaluación de riesgo crediticio, liderado por China.

La preeminencia de China puede influir en el desarrollo global de normativas y prácticas de riesgo crediticio. La representación de países europeos, asiáticos y de otros continentes sugiere un esfuerzo de colaboración y avance tecnológico internacional. La variedad de países refleja la importancia y el potencial de la aplicación del ML en mercados financieros alrededor del mundo.

RQ4: *¿ Cuáles son las metodologías más utilizadas para el desarrollo de Machine Learning?*

Los datos de la Tabla 6 resaltan las metodologías de Machine Learning que predominan en la evaluación del riesgo crediticio, brindando un panorama de las técnicas analíticas más confiables en la industria financiera.

Metodologías de ML	Referencia	Cant. (%)
Neural Networks	(Munkhdalai et al., 2019), (Lombardo et al., 2022), (Alzeaideen, 2019), (Bussmann et al., 2021), (Addo et al., 2018), (Leo et al., 2019), (Alzeaideen, 2021), (Fejza et al., 2022), (Hassani et al., 2020), (Merćep et al., 2020), (Bai & Zha, 2022), (Hu & Su, 2022), (Khemakhem & Boujelbene, 2018), (Khemakhem et al., 2017), (Kumar & Ryan, 2019), (Lahmiri & Bekiros, 2019), (Lappas & Yannacopoulos, 2021), (Li et al., 2020), (Ma & Lv, 2019), (Machado & Karray, 2022), (Mhlanga, 2021), (Wei et al., 2021), (Niu & Zheng, 2019), (Orlova, 2020), (Shoumo et al., 2019), (Wang et al., 2022), (Wu & Huang, 2021), (Yontar et al., 2020), (Zhong & Zhou, 2020), (Zhou, 2022).	32 (47%)
Discriminant Analysis	(Munkhdalai et al., 2019), (Zou & Gao, 2022), (Lombardo et al., 2022), (Alzeaideen, 2019), (Chang et al., 2020), (Chaquet-Ulldemolins et al., 2022), (Leo et al., 2019), (Alzeaideen, 2021), (Fan et al., 2020), (Fejza et al., 2022), (Bai & Zha, 2022), (Hu & Su, 2022), (Khemakhem & Boujelbene, 2018), (Khemakhem et al., 2017), (Lahmiri & Bekiros, 2019), (Lappas & Yannacopoulos, 2021), (Li et al., 2020), (Machado & Karray, 2022), (Mhlanga, 2021), (Wei et al., 2021), (Goh et al., 2020), (Wang et al., 2022), (Wu & Huang, 2021), (Yontar et al., 2020), (Zhong & Zhou, 2020), (Zhou, 2022).	27 (40%)
Comparative Analysis	(Zou & Gao, 2022), (Leo et al., 2019), (Alzeaideen, 2021), (Lappas & Yannacopoulos, 2021), (Machado & Karray, 2022), (Wu & Huang, 2021), (Wu & Pan, 2021), (Yontar et al., 2020), (Zhong & Zhou, 2020).	9 (13%)

Tabla 6 – Metodologías de Machine Learning

Las Neural Networks encabezan con un 47%, evidenciando su fortaleza en capturar relaciones complejas dentro de los datos. El Discriminant Analysis, con un 40%, destaca por su capacidad para distinguir grupos o clases. El Comparative Analysis, aunque menos utilizado con un 13%, refleja su rol en la comparación de diferentes enfoques y modelos.

Con relación, Kumar y Mahdavi (2021) ratifican que estas metodologías proporcionan un correcto funcionamiento en el Machine Learning. Alma y Coşkun (2021) presentan a la metodología de redes neuronales como una de las más usadas y que mejores resultados proporciona. De acuerdo con la investigación realizada por Bhatore y Reddy (2020), concordamos en que las metodologías mostradas en la Tabla 6 son las más utilizadas para la evaluación de riesgo crediticio en entidades financieras. La investigación de Righi et al. (2022) presenta similitud con los resultados proporcionados en la Tabla 6. El artículo de Filom et al. (2022) presenta concurrencia con los resultados proporcionados en la Tabla 6.

La prevalencia de las Neural Networks podría señalar el deseo de adoptar modelos de ML altamente flexibles y adaptativos. El uso significativo del Discriminant Analysis sugiere una valoración de la capacidad de clasificación precisa. La utilización menor

del Comparative Analysis indica un área de oportunidad para ampliar la exploración de metodologías alternativas en estudios futuros.

RQ5: *¿ Qué términos clave tienden a aparecer juntos con frecuencia en estudios sobre el impacto del Machine Learning en la Evaluación del Riesgo Crediticio en el Sector Financiero?*

Los resultados visuales exhiben la frecuencia y la relación entre términos claves en la literatura sobre Machine Learning y evaluación de riesgo crediticio, destacando los conceptos más investigados (Ver Figura 8).



Figura 8 – Palabras clave más utilizada en los artículos

Las palabras “machine learning” y “credit risk” dominan, indicando su papel central en la investigación actual. La coocurrencia de “artificial intelligence”, “credit scoring” y “banks” revela un enfoque específico en la aplicación de técnicas de IA en la calificación crediticia y el sector bancario. Términos como “random forest” y “deep learning” muestran el interés en métodos avanzados de análisis de datos.

En relación con los autores Kumbure et al. (2022), según su artículo, “Credit Risk” está entre las palabras clave más utilizadas. Según Filom y Razavi (2022) y su distribución de los artículos según su ecuación de búsqueda, detallan palabras clave como Machine Learning, Artificial Intelligence y Credit Risk.

Esto subraya la convergencia entre las finanzas y las tecnologías avanzadas, reflejando una industria en transición hacia la automatización y el análisis de datos complejos. La presencia de términos técnicos específicos sugiere una dirección hacia métodos más sofisticados para la toma de decisiones crediticias. La investigación en este campo parece estar avanzando hacia una comprensión más profunda de cómo las herramientas de ML pueden mejorar las operaciones financieras.

5. Conclusiones y Futuras Investigaciones

Este estudio realizó una evaluación estadística detallada del Machine Learning (ML) en la valoración de riesgo crediticio en el sector financiero, analizando 62 publicaciones desde 2017 hasta 2022. Las revistas Complexity y Expert Systems With Applications albergaron la mayor parte de estos trabajos. Economy se destacó como el principal sector donde se está aplicando Machine Learning. Sobresale el amplio uso de Support Vector Machines (SVM) en la evaluación de riesgos, evidenciando su relevancia en el campo. Como una de las metodologías más utilizadas para el desarrollo de Machine Learning surge Neuronal Network. Y China tiene un dominio total de las aplicaciones de ML a nivel mundial. Entre las limitaciones se percibe un déficit en revisiones literarias extensivas que faciliten discusiones más enriquecedoras. Además, se observa que pocos países abordan esta avanzada temática tecnológica con foco en la evaluación de riesgo crediticio, a pesar del empleo generalizado de la inteligencia artificial. Por lo tanto, se recomienda en una futura investigación ampliar la búsqueda a más de 5 años para recopilar más información y obtener mejores resultados, igualmente utilizar nuevas fuentes y publicaciones, respecto a la búsqueda de artículos de Machine Learning en la Evaluación de Riesgo Crediticio en Entidades Financieras para su desarrollo, este artículo de revisión debe ser utilizado debido a que concentra información detallada.

Referencias

Addo, P., Guegan, D., & Hassani, B. (2018). Credit risk analysis using machine and deep learning models. *Risks*, 6(2), 38. https://doi.org/10.3390/risks6020038

Alegre-Veliz, R., Gaspar-Ortiz, P., Gamboa-Cruzado, J., Rodríguez Baca, L., Grandez Pizarro, W., Menéndez Mueras, R., & Chávez Herrera, C. (2022). Machine learning for feeling analysis in Twitter communications: A case study in HEYDRU!, Perú. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*. https://doi.org/10.3991/ijim.v16i24.35493

Alonso Robisco, A., & Carbó Martínez, J. M. (2022). Measuring the model risk-adjusted performance of machine learning algorithms in credit default prediction. *Financial Innovation*, 8(1), 70. https://doi.org/10.1186/s40854-022-00366-1

Alzeaideen, K. (2019). Credit risk management and business intelligence approach of the banking sector in Jordan. *Cogent Business & Management*, 6(1). https://doi.org/10.1080/23311975.2019.1675455

Assef, F. M., & Steiner, M. T. A. (2020). Ten-year evolution on credit risk research: A systematic literature review approach and discussion. *Ingeniería e Investigación*, 40(2), 50-71. https://doi.org/10.15446/ing.investig.v40n2.78649

Bai, Y., & Zha, D. (2022). Commercial bank credit grading model using genetic optimization neural network and cluster analysis. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, 1-11. https://doi.org/10.1155/2022/4796075

Bao, W., Lianju, N., & Yue, K. (2019). Integration of unsupervised and supervised machine learning algorithms for credit risk assessment. *Expert Systems with Applications*, 128, 301-315. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.02.033

Batool, I., & Khan, T. A. (2022). Software fault prediction using data mining, machine learning and deep learning techniques: A systematic literature review. *Computer and Electrical Engineering*, 100, 107886. https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2022.107886

Bhatore, S., Mohan, L., & Reddy, Y. R. (2020). Machine learning techniques for credit risk evaluation: A systematic literature review. *Journal of Banking and Finance Technology*, 4(1), 111-138. https://doi.org/10.1007/s42786-020-00020-3

Bi, W., & Liang, Y. (2022). Risk assessment of operator's big data internet of things credit financial management based on machine learning. *Mobile Information Systems*, 2022, 1-11. https://doi.org/10.1155/2022/5346995

Bussmann, N., Giudici, P., Marinelli, D., & Papenbrock, J. (2021). Explainable machine learning in credit risk management. *Computational Economics*, 57(1), 203-216. https://doi.org/10.1007/s10614-020-10042-0

Çallı, B. A., & Coşkun, E. (2021). A longitudinal systematic review of credit risk assessment and credit default predictors. *SAGE Open*, 11(4), 215824402110613. https://doi.org/10.1177/21582440211061333

Cao, J. (2021). Analysis of the fluctuation of bank interest rate based on computer statistical model and machine learning. *Journal of Sensors*, 2021, 1-11. https://doi.org/10.1155/2021/4214413

Cárdenas-Quispe, A., Vergaray-Mezarina, R., & Gamboa-Cruzado, J. (2021). Machine learning para la detección de malware en Android: Revisión sistemática de la literatura. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (E31), 318-331.

Chang, Y.-C., Chang, K.-H., & Huang, Y.-H. (2020). A novel fuzzy credit risk assessment decision support system based on the python web framework. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 37(5), 229-244. https://doi.org/10.1080/21681015.2020.1772385

Chaquet-Ulldemolins, J., Gimeno-Blanes, F.-J., Moral-Rubio, S., Muñoz-Romero, S., & Rojo-Álvarez, J.-L. (2022). On the black-box challenge for fraud detection using machine learning (I): Linear models and informative feature selection. *Applied Sciences*, 12(7), 3328. https://doi.org/10.3390/app12073328

Cheng, H., Su, Y., Yan, J., Wang, X., & Li, M. (2019). The incentive model in supply chain with trade credit and default risk. *Complexity*, 2019, 1-11. https://doi.org/10.1155/2019/5909785

Cheng, M., & Qu, Y. (2020). Does bank FinTech reduce credit risk? Evidence from China. Pacific-Basin *Finance Journal*, 63, 101398. https://doi.org/10.1016/j.pacfin.2020.101398

Corazza, M., De March, D., & di Tollo, G. (2021). Design of adaptive Elman networks for credit risk assessment. *Quantitative Finance*, 21(2), 323-340. https://doi.org/10.1080/14697688.2020.1778175

Dastile, X., Celik, T., & Potsane, M. (2020). Statistical and machine learning models in credit scoring: A systematic literature survey. *Applied Soft Computing*, 91, 106263. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106263

Fan, S., Shen, Y., & Peng, S. (2020). Improved ML-based technique for credit card scoring in internet financial risk control. *Complexity*, 2020, 1-14. https://doi.org/10.1155/2020/8706285

Fejza, D., Nace, D., & Kulla, O. (2022). The credit risk problem—A developing country case study. *Risks*, 10(8), 146. https://doi.org/10.3390/risks10080146

Feng, Y. (2022). Bank green credit risk assessment and management by mobile computing and machine learning neural network under the efficient wireless communication. *Wireless Communications and Mobile Computing,* 2022, 1-11. https://doi.org/10.1155/2022/3444317

Filom, S., Amiri, A. M., & Razavi, S. (2022). Applications of machine learning methods in port operations – A systematic literature review. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 161, 102722. https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102722

Geraldo-Campos, L. A., Soria, J. J., & Pando-Ezcurra, T. (2022). Machine learning for credit risk in the Reactive Peru Program: A comparison of the Lasso and Ridge regression models. *Economies*, 10(8), 188. https://doi.org/10.3390/economies10080188

Goh, R. Y., Lee, L. S., Seow, H.-V., & Gopal, K. (2020). Hybrid Harmony Search–Artificial Intelligence models in credit scoring. *Entropy*, 22(9), 989. https://doi.org/10.3390/e22090989

Hassani, Z., Alambardar Meybodi, M., & Hajihashemi, V. (2020). Credit risk assessment using learning algorithms for feature selection. *Fuzzy Information and Engineering*, 12(4), 529-544. https://doi.org/10.1080/16168658.2021.1925021

Hu, Y., & Su, J. (2022). Research on credit risk evaluation of commercial banks based on artificial neural network model. *Procedia Computer Science*, 199, 1168-1176. https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.148

Jiang, S., Fan, H., & Xia, M. (2018). Credit risk contagion based on asymmetric information association. *Complexity*, 2018, 1-11. https://doi.org/10.1155/2018/2929157

Júdice, P., Pinto, L., & Santos, J. L. (2021). Bank strategic asset allocation under a unified risk measure. *Expert Systems with Applications*, 185, 115574. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115574

Khemakhem, S., & Boujelbene, Y. (2017). Artificial intelligence for credit risk assessment: Artificial neural network and support vector machines. *ACRN Journal of Finance and Risk Perspectives*, 6(2), 1-17. Available at: https://www.researchgate.net/profile/Sihem-Khemakhem/publication/323560732_Artificial_Intelligence_for_Credit_Risk_Assessment_Artificial_Neural_Network_and_Support_Vector_Machines/links/5a9d84f2aca272cd09c21979/Artificial-Intelligence-for-Credit-Risk-Asse

Khemakhem, S., Said, F. B., & Boujelbene, Y. (2018). Credit risk assessment for unbalanced datasets based on data mining, artificial neural network and support vector machines. *Journal of Modelling in Management*, 13(4), 932-951. https://doi.org/10.1108/JM2-01-2017-0002

Kitchenham, B., & Brereton, P. (2013). A systematic review of systematic review process research in software engineering. *Information and Software Technology*, 55(12), 2049-2075. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2013.07.010

Kumar, A., Sharma, S., & Mahdavi, M. (2021). Machine learning (ML) technologies for digital credit scoring in rural finance: A literature review. *Risks,* 9(11), 1-15. https://doi.org/10.3390/risks9110192

Kumar, G., Muckley, C. B., Pham, L., & Ryan, D. (2019). Can alert models for fraud protect the elderly clients of a financial institution?. *European Journal of Finance*, 25(17), 1683-1707. https://doi.org/10.1080/1351847X.2018.1552603

Kumbure, M. M., Lohrmann, C., Luukka, P., & Porras, J. (2022). Machine learning techniques and data for stock market forecasting: A literature review. *Expert Systems with Applications*, 197, 116659. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.116659

Lahmiri, S., & Bekiros, S. (2019). Can machine learning approaches predict corporate bankruptcy? Evidence from a qualitative experimental design. *Quantitative Finance*, 19(9), 1569-1577. https://doi.org/10.1080/14697688.2019.1588468

Lappas, P. Z., & Yannacopoulos, A. N. (2021). A machine learning approach combining expert knowledge with genetic algorithms in feature selection for credit risk assessment. *Applied Soft Computing*, 107, 107391. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107391

Leo, M., Sharma, S., & Maddulety, K. (2019). Machine learning in banking risk management: A literature review. *Risks*, 7(1), 29. https://doi.org/10.3390/risks7010029

Li, C., Liu, Q., & Huang, L. (2021). Credit risk management of scientific and technological enterprises based on text mining. *Enterprise Information Systems*, 15(6), 851-867. https://doi.org/10.1080/17517575.2020.1802514

Li, D., & Li, L. (2022). Research on efficiency in credit risk prediction using logistic-SBM model. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022, 1-11. https://doi.org/10.1155/2022/5986295

Li, J.-P., Mirza, N., Rahat, B., & Xiong, D. (2020). Machine learning and credit ratings prediction in the age of fourth industrial revolution. *Technological Forecasting and Social Change*, 161, 120309. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120309

Li, X., Yang, B., Su, Y., & An, Y. (2021). Pricing corporate bonds with credit risk, liquidity risk, and their correlation. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2021, 1-14. https://doi.org/10.1155/2021/6681035

Linnenluecke, M. K., Marrone, M., & Singh, A. K. (2020). Conducting systematic literature reviews and bibliometric analyses. *Australian Journal of Management*, 45(2), 175-194. https://doi.org/10.1177/0312896219877678

Liu, L. (2022). A self-learning BP neural network assessment algorithm for credit risk of commercial bank. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022, 1-10. https://doi.org/10.1155/2022/9650934

Liu, W. (2021). Enterprise credit risk management using multicriteria decision-making. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, 1-10. https://doi.org/10.1155/2021/6191167

Lombardo, G., Pellegrino, M., Adosoglou, G., Cagnoni, S., Pardalos, P. M., & Poggi, A. (2022). Machine learning for bankruptcy prediction in the American stock market: Dataset and benchmarks. *Future Internet*, 14(8), 244. https://doi.org/10.3390/fi14080244

Ma, X., & Lv, S. (2019). Financial credit risk prediction in internet finance driven by machine learning. *Neural Computing and Applications*, 31(12), 8359-8367. https://doi.org/10.1007/s00521-018-3963-6

Machado, M. R., & Karray, S. (2022). Assessing credit risk of commercial customers using hybrid machine learning algorithms. *Expert Systems with Applications*, 200, 116889. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.116889

Merćep, A., Mrčela, L., Birov, M., & Kostanjčar, Z. (2020). Deep neural networks for behavioral credit rating. *Entropy*, 23(1), 27. https://doi.org/10.3390/e23010027

Mhlanga, D. (2021). Financial inclusion in emerging economies: The application of machine learning and artificial intelligence in credit risk assessment. *International Journal of Financial Studies*, 9(3), 39. https://doi.org/10.3390/ijfs9030039

Mishra, K. N., & Pandey, S. C. (2021). Fraud prediction in smart societies using logistic regression and k-fold machine learning techniques. *Wireless Personal Communications*, 119(2), 1341-1367. https://doi.org/10.1007/s11277-021-08283-9

Munkhdalai, L., Munkhdalai, T., Namsrai, O.-E., Lee, J., & Ryu, K. (2019). An empirical comparison of machine-learning methods on bank client credit assessments. *Sustainability*, 11(3), 699. https://doi.org/10.3390/su11030699

Niu, X., & Zheng, Y. (2019). Credit card risk assessment based on machine learning. *Journal of Physics*: Conference Series, 1213(2), 022015. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1213/2/022015

Orlova, E. V. (2020). Decision-making techniques for credit resource management using machine learning and optimization. *Information*, 11(3), 144. https://doi.org/10.3390/info11030144

Peng, H., Lin, Y., & Wu, M. (2022). Bank financial risk prediction model based on big data. *Scientific Programming*, 2022, 1-9. https://doi.org/10.1155/2022/3398545

Petersen, K., Vakkalanka, S., & Kuzniarz, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and Software Technology*, 64, 1-18. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.03.007

Prusti, D., Das, D., & Rath, S. K. (2021). Credit card fraud detection technique by applying graph database model. *Arabian Journal of Science and Engineering*, 46(9), 2021. https://doi.org/10.1007/s13369-021-05682-9

Ramaki, A. A., Rasoolzadegan, A., & Bafghi, A. G. (2018). A systematic mapping study on intrusion alert analysis in intrusion detection systems. *ACM Computing Surveys*, 51(3). https://doi.org/10.1145/3184898

Rodrigues, V. F., et al. (2022). Fraud detection and prevention in e-commerce: A systematic literature review. *Electronic Commerce Research and Applications*, 56, 101207. https://doi.org/10.1016/j.elerap.2022.101207

Roeder, J., Palmer, M., & Muntermann, J. (2020). Utilizing news topics for credit risk management: The explanation of bank CDS spreads. *Journal of Decision Systems*, 29(sup1), 32-44. https://doi.org/10.1080/12460125.2020.1848384

Shi, S., Tse, R., Luo, W., D'Addona, S., & Pau, G. (2022). Machine learning-driven credit risk: a systemic review. *Neural Computing and Applications*, 34(17), 14327-14339. https://doi.org/10.1007/s00521-022-07472-2

Shoumo, S. Z. H., Dhruba, M. I. M., Hossain, S., Ghani, N. H., Arif, H., & Islam, S. (2019). Application of machine learning in credit risk assessment: A prelude to smart banking. *In TENCON 2019 - 2019 IEEE Region 10 Conference (TENCON)*. https://doi.org/10.1109/TENCON.2019.8929527

Song, Y., & Wu, R. (2021). The impact of financial enterprises' excessive financialization risk assessment for risk control based on data mining and machine learning. *Computational Economics*, no. 0123456789. https://doi.org/10.1007/s10614-021-10135-4

Sun, H., & Gao, G. (2022). Bank credit financing and trade credit financing based on carbon emission trading. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022, 1-11. https://doi.org/10.1155/2022/6781650

Tay, B., & Mourad, A. (2020). Intelligent performance-aware adaptation of control policies for optimizing banking teller process using machine learning. *IEEE Access*, 8, 153403-153412. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3015616

Wang, T., Liu, R., & Qi, G. (2022). Multi-classification assessment of bank personal credit risk based on multi-source information fusion. *Expert Systems with Applications*, 191, 116236. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.116236

Wang, Y., Zhang, Y., Lu, Y., & Yu, X. (2020). A comparative assessment of credit risk model based on machine learning — a case study of bank loan data. *Procedia Computer Science*, 174, 141-149. https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.06.069

Wei, J., Ye, T., & Zhang, Z. (2021). A machine learning approach to evaluate the performance of rural bank. *Complexity*, 2021, 1-10. https://doi.org/10.1155/2021/6649605

Wu, C.-F., Huang, S.-C., Chiou, C.-C., & Wang, Y.-M. (2021). A predictive intelligence system of credit scoring based on deep multiple kernel learning. *Applied Soft Computing*, 111, 107668. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107668

Wu, Y., & Pan, Y. (2021). Application analysis of credit scoring of financial institutions based on machine learning model. *Complexity*, 2021, 1-12. https://doi.org/10.1155/2021/9222617

Yontar, M., Namli, Ö. H., & Yanik, S. (2020). Using machine learning techniques to develop prediction models for detecting unpaid credit card customers. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 39(5), 6073-6087. https://doi.org/10.3233/JIFS-189080

Yu, L., Zhang, X., & Yin, H. (2022). An extreme learning machine based virtual sample generation method with feature engineering for credit risk assessment with data scarcity. *Expert Systems with Applications*, 202, 117363. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.117363

Zhang, J., Zhang, Z., & Liu, Y. (2021). Impact of interest rate risk on supply chain network under bank credit and trade credit financing. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, 1-12. https://doi.org/10.1155/2021/4718912

Zhong, X., & Zhou, S. (2020). Risk analysis method of bank microfinance based on multiple genetic artificial neural networks. *Neural Computing and Applications*, 32(10), 5367-5377. https://doi.org/10.1007/s00521-019-04683-y

Zhou, H., Sun, G., Fu, S., Liu, J., Zhou, X., & Zhou, J. (2019). A big data mining approach of PSO-based BP neural network for financial risk management with IoT. *IEEE Access*, 7, 154035-154043. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2948949

Zhou, M. (2022). Credit risk assessment modeling method based on fuzzy integral and SVM. *Mobile Information Systems,* 2022, 1-12. https://doi.org/10.1155/2022/3950210

Zou, Y., & Gao, C. (2022). Extreme learning machine enhanced gradient boosting for credit scoring. *Algorithms*, 15(5), 149. https://doi.org/10.3390/a15050149.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 11/03/2024
Aceitação/Acceptance: 01/06/2024

Impacto de la Seguridad Informática en la Optimización de Servicios Logísticos: Una Revisión Sistemática y Análisis Bibliométrico

Marcos Albornoz-Chauca[1], Javier Gamboa-Cruzado[2], Alfonso Romero Baylon[2], Leonidas Asto Huaman[3], Alfonso Tesén Arroyo[4], Fernando Sinche Crispin[5]

2013016658@unfv.edu.pe; jgamboa65@hotmail.com; aromerob@unmsm.edu.pe; lasto@undc.edu.pe; atesen@unprg.edu.pe; fernando.sinche@unh.edu.pe

[1] Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Universidad Nacional Federico Villareal, Lima, Perú

[2] Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

[3] Universidad Nacional de Cañete, Lima, Perú

[4] Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Chiclayo, Perú

[5] Universidad Continental, Huancayo, Perú

Pages: 471-492

Resumen: En la gestión de servicios logísticos, la seguridad informática se resalta por su relevancia y beneficio, ejerciendo un impacto significativo en la competitividad organizacional. Este aspecto ha evolucionado hasta convertirse en un componente esencial en las estrategias de digitalización logística de numerosas empresas. El principal propósito de este estudio es explorar el estado del arte de la seguridad informática aplicada a la gestión logística. Para ello, se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura entre 2016 y 2022, analizando el impacto de la seguridad informática en esta área. La estrategia de búsqueda, que incluyó bases de datos como Scopus, Web of Science, ProQuest, IEEE Xplore, ACM Digital y ARDI, resultó en la selección de 70 artículos, filtrados mediante el diagrama de flujo PRISMA basado en criterios de exclusión específicos. Los hallazgos de la revisión identificaron los países con más publicaciones y las técnicas más utilizadas en seguridad informática, además de los niveles de cuartil de las revistas. Se observó que, especialmente en China, hay una tendencia creciente en las publicaciones de investigación sobre mejoras prácticas en los servicios logísticos, destacando un notable aumento en 2022. Este año también marcó un cambio en la objetividad de los estudios, predominando un enfoque "Neutral" sobre los enfoques "Objetivo" y "Subjetivo" previos.

Palabras-clave: Seguridad; Informática; Servicios Logísticos; Supply Chain; Revisión Sistemática de la Literatura; Análisis Bibliométrico.

Impact of Cybersecurity on Logistics Service Optimization: A Systematic Review and Bibliometric Analysis

Abstract: In logistics service management, cybersecurity stands out for its relevance and benefit, exerting a significant impact on organizational competitiveness. This aspect has evolved to become an essential component in the logistical digitization strategies of numerous companies. The main purpose of this study is to explore the state of the art of cybersecurity applied to logistics management. To this end, a systematic literature review was conducted between 2016 and 2022, analyzing the impact of cybersecurity in this area. The search strategy, which included databases such as Scopus, Web of Science, ProQuest, IEEE Xplore, ACM Digital, and ARDI, resulted in the selection of 70 articles, filtered through the PRISMA flowchart based on specific exclusion criteria. The findings of the review identified the countries with the most publications and the most used techniques in cybersecurity, as well as the quartile levels of the journals. It was observed that, especially in China, there is a growing trend in research publications on practical improvements in logistics services, highlighting a notable increase in 2022. This year also marked a shift in the objectivity of the studies, with a "Neutral" approach predominating over previous "Objective" and "Subjective" approaches.

Keywords: Security; Cybersecurity; Logistics Services; Supply Chain; Systematic Literature Review; Bibliometric Analysis.

1. Introducción

La seguridad informática es esencial para proteger ordenadores, servidores, dispositivos móviles, sistemas electrónicos, redes y datos de ataques maliciosos en empresas de cualquier tamaño, dado el aumento de ciberriesgos en los servicios logísticos (Chauhan et al., 2022). En el ámbito de la cadena de suministro (SC), para mejorar la competitividad y alcanzar el éxito, se están implementando nuevos paradigmas de gestión. Tres de estos enfoques—delgado, ecológico y ágil—son particularmente relevantes por su contribución al rendimiento de la SC (Bouhannana & Elkorchi, 2020). Además, la tecnología Blockchain puede ser una solución al ofrecer un "libro mayor de confianza" que redefiniría el concepto de confianza en este sector (Gong et al., 2020).

Los intereses de investigación en la gestión de la cadena de suministro (SCM) han generado numerosas publicaciones en las últimas dos décadas. No obstante, la literatura carece de un análisis sistemático sobre la integración del Machine Learning (ML) en SCM. Se ha reconocido que la gestión de cadenas de suministro verdes contribuye significativamente al desempeño económico y ambiental (Razak & Ibrahim, 2020). Además, se ha observado que la combinación de la tecnología blockchain con tecnologías avanzadas de información y comunicación, junto con el Internet de las Cosas (IoT), mejora la trazabilidad, seguridad de la información, fabricación y gestión sostenible en logística (Barbosa, 2021). La cadena de suministro se identifica como un proceso crucial para la sostenibilidad de la manufactura y es clave en el enfoque de la Industria 4.0 (Borregan-Alvarado et al., 2020). Este documento evalúa cómo las organizaciones se benefician de los Digital Twins para incrementar la visibilidad en sus redes de suministro logístico, examinando también los desafíos en su implementación y las tecnologías compatibles (Moshood et al., 2020).

2. Background Teórico

2.1. Seguridad Informática

Como es bien conocido, son escasas las Revisiones Sistemáticas de Literatura centradas específicamente en la aplicación de métodos de Seguridad Informática en la gestión de servicios logísticos. Aunque existen algunas revisiones que abordan documentos sobre este tema, es crucial definir con claridad el enfoque y guiar adecuadamente al equipo de revisión a lo largo del proceso de exclusión y análisis de los estudios. La tecnología Blockchain presenta una solución potencial a este desafío, ya que ofrece un "libro mayor confiable" que podría transformar fundamentalmente el elemento de confianza en la gestión logística. Esta tecnología, un tipo de registro distribuido, facilita el intercambio de información verificable y proporciona una huella digital permanente a todos los participantes de la red (Wan et al., 2020). Además, con el avance de tecnologías como los gemelos digitales (Digital Twins), la inteligencia artificial (IA) y el Internet de las Cosas (IoT), ahora es posible alcanzar una automatización más extensa para administrar las operaciones de la cadena de suministro de forma integral (Moshood et al., 2020).

2.2. Gestión de los Servicios Logísticos

La transformación de la cadena de suministro electrónica se remonta a la década de 1970, con la introducción de sistemas ERP como SAP, Baan y JD Edwards (Maniah et al., 2018). Según el "Estudio de logística de terceros: Estado de la subcontratación logística 2020" realizado por Langley y Capgemini, más del 83% de los encuestados indicaron que el uso de servicios de logística externa ha mejorado la entrega al cliente final (Granillo-Macías & González-Hernández, 2020). Por consiguiente, el empleo de técnicas de seguridad informática en la logística promueve una mayor estabilidad y protección. A raíz de esto, los autores de la revisión concluyen ofreciendo varias recomendaciones sobre cómo estas técnicas pueden optimizar la gestión de los servicios logísticos.

3 Método de Revisión

Para el desarrollo de este tipo de investigación, que se centra en la revisión de literatura, he empleado como principal metodología la propuesta de Kitchenham para realizar revisiones sistemáticas, según se describe en Kitchenham (2004). Esta metodología fue previamente adaptada y aplicada a las necesidades específicas de nuestro estudio. El método de revisión de Kitchenham se organiza en tres fases, cada una compuesta por varias etapas detalladas, como se ilustra en la Figura 1.

A. Problemas y Objetivos de investigación.

Durante la realización de la revisión sistemática de la literatura, las preguntas de investigación (RQ) juegan un papel crucial en el diseño de la estrategia de búsqueda, extracción y análisis de datos. La formulación de estas preguntas es fundamental, que están claramente delineados en la Tabla 1.

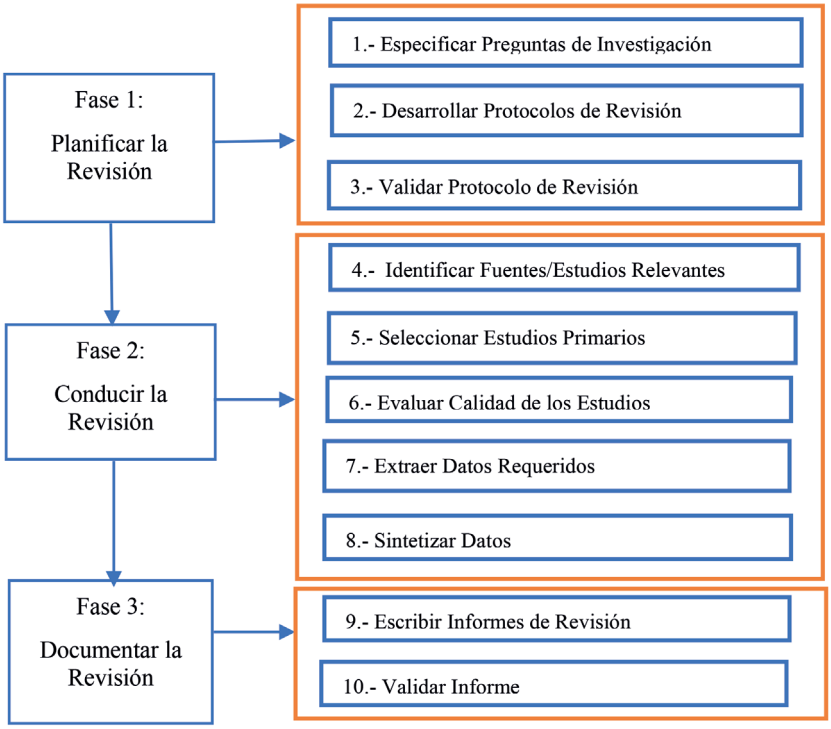


Figura 1 – Etapas de una RSL

Pregunta de investigación	Objetivo
RQ1: ¿Cuáles son los países con más publicaciones sobre la Seguridad Informática y su impacto en la Gestión de los Servicios Logísticos?	Identificar los países con más publicaciones sobre la Seguridad Informática y su impacto en la Gestión de los Servicios Logísticos
RQ2: ¿Cuáles son los niveles de quartil de las revistas donde se han publicado las investigaciones sobre la Seguridad Informática y su impacto en la Gestión de los Servicios Logísticos?	Precisar los niveles de quartil de las revistas donde se han publicado las investigaciones sobre la Seguridad Informática y su impacto en la Gestión de los Servicios Logísticos
RQ3: ¿Cuáles son las técnicas de Seguridad Informática utilizadas en la Seguridad Informática y su impacto en la Gestión de los Servicios Logísticos?	Identificar las técnicas de Seguridad Informática utilizadas en la Seguridad Informática y su impacto en la Gestión de los Servicios Logísticos
RQ4: ¿Cuáles son las palabras Claves que con frecuencia presenta coocurrencia en las investigaciones sobre la Seguridad Informática y su impacto en la Gestión de los Servicios Logísticos?	Identificar las palabras claves en las investigaciones sobre la Seguridad Informática y su impacto en la Gestión de los Servicios Logísticos

Tabla 1 – Preguntas y objetivos de la investigación

B. Fuentes de información y estrategia de búsqueda.

Para la búsqueda de las revistas científicas necesarias para esta investigación, se utilizaron varias bibliotecas digitales reconocidas: IEEE Xplore, Web of Science, ACM Digital Library, ProQuest, Scopus y ARDI. El método de investigación empleado implicó la utilización de palabras clave relevantes para el estudio, cuyos detalles se especifican en la Tabla 2.

Descriptor	Variable
security/it/computer security	Variable Independiente
logistics services/supply chain/ logistics management	Variable Dependiente

Tabla 2 – Descriptores de búsqueda y sus sinónimos

El procedimiento de búsqueda se llevó a cabo utilizando ecuaciones de búsqueda específicamente diseñadas para el estudio, como se detalla en la Tabla 3. Este método asegura una búsqueda estructurada y focalizada en obtener los resultados más relevantes y precisos para la investigación.

Fuente	Ecuación de búsqueda
IEEE Xplore	(“All Metadata”:security OR “All Metadata”:it OR “All Metadata”:“computer security”) AND (“All Metadata”:“logistics services” OR “All Metadata”:“supply chain” OR “All Metadata”:“logistics management”)
Web of Science	TI=((security OR it OR “security computer”) AND (“logistics services” OR “supply chain” OR “logistics management”)) OR AB=((security OR it OR “security computer”) AND (“logistics services” OR “supply chain” OR “logistics management”))
ACM Digital Library	[[All: security] OR [All: it] OR [All: “computer security”]] AND [[All: “logistics services”] OR [All: “supply chain”] OR [All: “logistics management”]]
ProQuest	(security OR it OR “computer security”) AND (“logistics services” OR “supply chain” OR “logistics management”)
Scopus	TITLE-ABS-KEY ((security OR it OR “computer security”) AND (“logistics services” OR “supply chain” OR “logistics management”))
ARDI	((security) OR (it) OR (“computer security”)) AND ((“logistics services”) OR (“supply chain”) OR (“logistics management”))

Tabla 3 – Fuentes de información y ecuaciones de búsqueda

C. Estudios identificados.

Al concluir la búsqueda de artículos científicos, se obtuvo un total de publicaciones que se presenta en la Figura 2. Este resultado refleja la extensión y el alcance de la investigación recopilada para el estudio.

D. Criterios de exclusión.

Los criterios de exclusión (CE) se establecieron para evaluar con precisión la calidad de la literatura revisada. Los artículos seleccionados fueron rigurosamente examinados

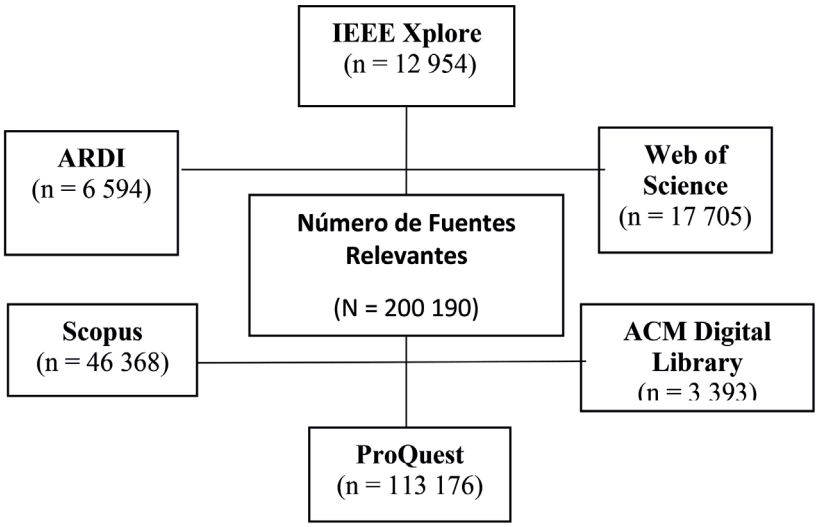


Figura 2 – Cantidad de fuentes relevantes

conforme a estos criterios especificados, asegurando que solo los estudios más relevantes y de alta calidad fueran incluidos en el análisis final:

CE1: Los artículos tienen una antigüedad mayor a 7 años

CE2: Los artículos no están escritos en el idioma ingles

CE3: Los artículos no se publicaron en Conferencias o Revistas revisadas por pares

CE4: Los artículos no son únicos

CE5: Los títulos y Keywords de los artículos no son muy adecuados

CE6: Los Artículos no mencionan una metodología ni modelo ni método

CE7: El abstract de los artículos no es muy relevante

CE8: No se dispone del texto completo del artículo.

E. Selección de estudios.

Inicialmente, la búsqueda de artículos en diversas fuentes utilizando palabras clave relevantes resultó en la identificación de 200,190 artículos. Tras aplicar un proceso de selección riguroso y criterios específicos, se refinó esta lista a 70 artículos relevantes para la investigación, como se muestra en la Figura 3. Este proceso garantiza que los estudios incluidos en el análisis sean los más pertinentes y significativos para el tema investigado.

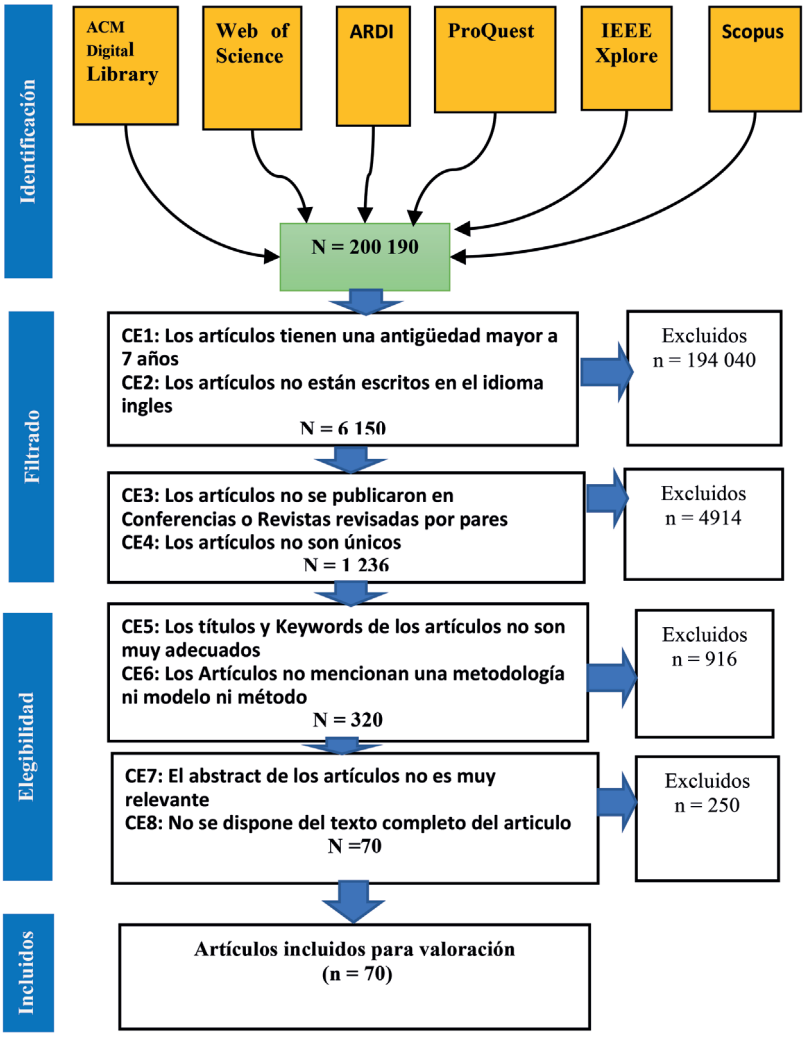


Figura 3 – Diagrama de flujo PRISMA

F. Evaluación de la calidad.

La aplicación de diversos Criterios de Calidad (QA) constituyó el paso final para determinar la lista definitiva de artículos a incluir en la revisión. Estos QAs se emplearon para evaluar la calidad de los artículos de investigación en función de las preguntas de investigación previamente establecidas.

QA1: ¿El estudio se enfoca exclusivamente en la investigación teórica?

QA2: ¿Están debidamente citados los métodos de recolección de datos utilizados en la investigación?

QA3: ¿Está disponible el acceso al texto completo del artículo?

QA4: ¿Se especifica el ámbito específico de la investigación dentro del tema tratado?

QA5: ¿El artículo proporciona una descripción clara del entorno o contexto en que se llevó a cabo la investigación?

QA6: ¿El autor del estudio posee formación en ingeniería y un posgrado?

QA7: ¿Existe la opción de contactar al investigador para aclarar aspectos de la investigación?

Durante este proceso, se evaluó la calidad de los 70 artículos de investigación que habían superado los criterios de exclusión previamente establecidos. Para asegurar la credibilidad, precisión e importancia de las publicaciones, cada artículo fue revisado de manera independiente utilizando un conjunto de siete QAs. Se analizó meticulosamente el contenido completo de cada artículo aplicando estos criterios para valorar su calidad. Notablemente, todos los artículos seleccionados (70 en total) satisficieron cada uno de los criterios de calidad establecidos, demostrando su relevancia y rigurosidad para la investigación.

G. Estrategia de extracción de datos.

En esta fase, se utilizó la lista definitiva de artículos para extraer información esencial para responder a las preguntas de investigación planteadas. La información extraída de cada artículo incluyó: ID del artículo, título, URL, fuente, año de publicación, país de origen, número de páginas, idioma, tipo de publicación, nombre de la revista o conferencia, filiación de los autores, número de citas, resumen, palabras clave. Para la gestión y extracción eficiente de estos datos se empleó Mendeley Desktop. Esta herramienta facilitó la organización y el acceso a la información relevante para el análisis y discusión subsiguientes.

H. Síntesis de Hallazgos o Síntesis de Data.

La información extraída para responder a las preguntas de investigación RQ1 a RQ4 fue representada gráficamente y se presentaron datos cuantitativos que se utilizaron para realizar comparaciones estadísticas entre los distintos hallazgos correspondientes a cada pregunta. Estas estadísticas proporcionaron una base sólida para identificar patrones específicos en la investigación.

4. Resultados y Discusión

4.1. Descripción general de los estudios

En la Figura 4 ilustra la distribución de artículos por año mientras que la Figura 6 se muestra la tendencia incremental “Kendall Trend”. La Figura 5 servirá como referencia para interpretar la Figura 5, permitiendo un análisis detallado de cómo ha evolucionado la publicación de artículos a lo largo del tiempo y cómo esta evolución se correlaciona con la tendencia identificada mediante el análisis de Kendall.

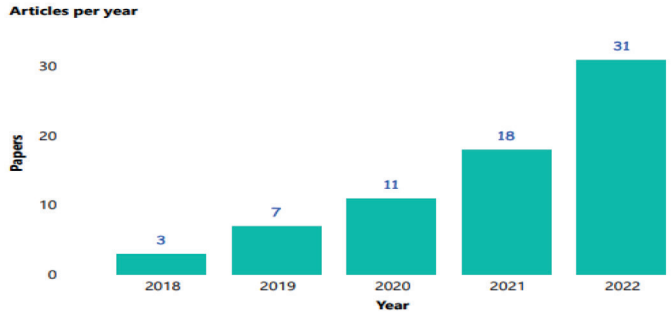


Figura 4 – Artículos por año

El gráfico muestra un aumento progresivo en la cantidad de artículos publicados anualmente desde 2018 hasta 2022. Este crecimiento constante sugiere un interés creciente y una inversión en investigación en el área temática. La marcada escalada en 2022 podría reflejar una consolidación del campo de estudio o una respuesta a eventos globales que estimularon la investigación.

Kendall Trend

Tendencia	p-value	Ecuacion	R^2
Increasing	0.027	$y = -4115093495.027438 + 6114545.0089521045X - 3028.500004432733X^2 + 0.50000000073176555X^3$	1.00

Figura 5 – Tendencia de Kendall para las publicaciones

El análisis de tendencia de Kendall, con un valor de p de 0.027, indica una tendencia creciente significativa en la cantidad de publicaciones por año, lo que es estadísticamente significativo. El coeficiente de determinación

R2 de 1.00 sugiere que el modelo de tendencia ajusta perfectamente los datos. La ecuación proporcionada describe el cambio esperado en la cantidad de publicaciones a lo largo del tiempo con alta precisión.

4.2. Respuestas a las preguntas de investigación

En esta sección se presentará una síntesis organizada de los resultados obtenidos en esta revisión, estructurada en torno a las siete preguntas de investigación formuladas. Esta organización facilitará una comprensión clara y detallada de los hallazgos clave en relación con cada una de las áreas de indagación establecidas.

RQ1: *¿ Cuáles son los países con más publicaciones sobre la Seguridad Informática y su impacto en la Gestión de los Servicios Logísticos?*

La Figura 6 muestra los países que han contribuido significativamente a esta investigación, destacando aquellos que han publicado la mayor cantidad de artículos. Esta visualización permite identificar las regiones más activas en el campo de estudio y resalta la distribución geográfica de la investigación.

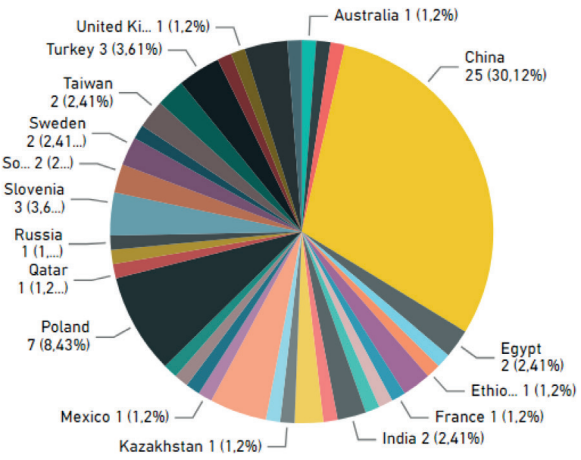


Figura 6 – Publicaciones por país

China lidera claramente con un 30.12% del total de publicaciones, lo que indica una fuerte focalización en la seguridad informática en la gestión de servicios logísticos. Países como Polonia y Australia, aunque con un menor número de publicaciones, muestran su participación en la investigación. La diversidad de países listados demuestra un interés global en la temática, pero con una distribución desigual. Las contribuciones menores de países como México y Kazajistán sugieren una emergente participación en esta área de estudio.

Conforme a los autores Wan et al. (2020), mencionan que, en Asia, tiene el mayor número total de literatura de (n=21) de diferentes países como Singapur (n=1) y Japón (n=2). En esta región, China (n=16) ha publicado el mayor número de literaturas dentro de este campo. En Europa, barras en naranja, Reino Unido y los Países Bajos (n=2) tienen la mayor cantidad de literatura publicada en comparación con el resto de las naciones europeas. Estados Unidos solo publicó 2 literaturas en América del Norte. Según el número de países, podemos encontrar que solo una pequeña parte de los países están involucrados en esta investigación, esto puede ser causado por la entrada dura nivel de aprendizaje automático. Por otra parte, Razak y Ibrahim (2020) observaron el área geográfica de 100 artículos sobre la cadena de suministro verde con el fin de identificar la brecha de investigación. El área geográfica se dividió en seis áreas, a saber, Europa, Asia, África, América del Norte, América del Sur, y globales.

La preponderancia de China en la investigación puede influir en las normas y prácticas internacionales. Los países con menores contribuciones podrían beneficiarse del

conocimiento generado por líderes en la materia para mejorar sus propias prácticas de seguridad. Esta distribución indica también la oportunidad de fomentar la colaboración internacional y el intercambio de conocimientos. La representación global señala que, aunque la investigación es amplia, hay espacio para un crecimiento más equilibrado en la producción científica.

RQ2: *¿Cuáles son los niveles de quartil de las revistas donde se han publicado las investigaciones sobre la Seguridad Informática y su impacto en la Gestión de los Servicios Logísticos?*

Como se observa en la Tabla 4, se establece una relación entre las fuentes de información y los niveles de cuartil para los 70 artículos de investigación. Esta tabla permite entender cómo se distribuyen las publicaciones en términos de calidad y relevancia académica. Por otro lado, la Figura 7 presenta la cantidad de artículos por cuartil y año, ofreciendo una visualización del progreso y la tendencia de las publicaciones en términos de su impacto a lo largo del tiempo.

Fuente	SQ	Q1	Q2	Q3	Q4	Total
ProQuest	9	7	9	1	1	27
Web of Science	5	9	5	0	1	20
ARDI	0	0	9	2	0	11
IEEE Xplore	0	6	1	0	0	7
ACM Digital Library	3	0	0	0	0	3
Scopus	0	0	1	1	0	2
Total (%)	17 (24,63)	22 (30,43)	25 (36,23)	4 (5,79)	2 (2,89)	70

Tabla 4 – Cantidad de artículos por Fuente y Quartil

La mayoría de los artículos sobre seguridad informática en la gestión logística están publicados en revistas de Q1 y Q2, lo que indica un campo en desarrollo con potencial de crecimiento en revistas de alto impacto. ProQuest lidera en la publicación de artículos en todos los cuartiles, mostrando su amplitud como fuente de investigación. Web of Science sobresale en publicaciones de Q1, sugiriendo una preferencia por investigaciones de alta calidad. Las publicaciones en cuartiles inferiores como Q3 y Q4 son mínimas, lo que puede reflejar un enfoque en estudios de mayor relevancia o impacto.

Esto implica que la investigación sobre la seguridad informática aplicada a la gestión logística está ganando terreno y reconocimiento académico. La presencia significativa en revistas de Q2 sugiere una investigación bien fundamentada que aún podría esforzarse por alcanzar los estándares más altos de publicación. La distribución también indica oportunidades para esfuerzos dirigidos a aumentar la publicación en revistas de Q1, lo cual podría mejorar la visibilidad y el impacto del trabajo en esta área. La colaboración interdisciplinaria y el aumento de la financiación podrían ser clave para lograr avances en la calidad de la investigación.

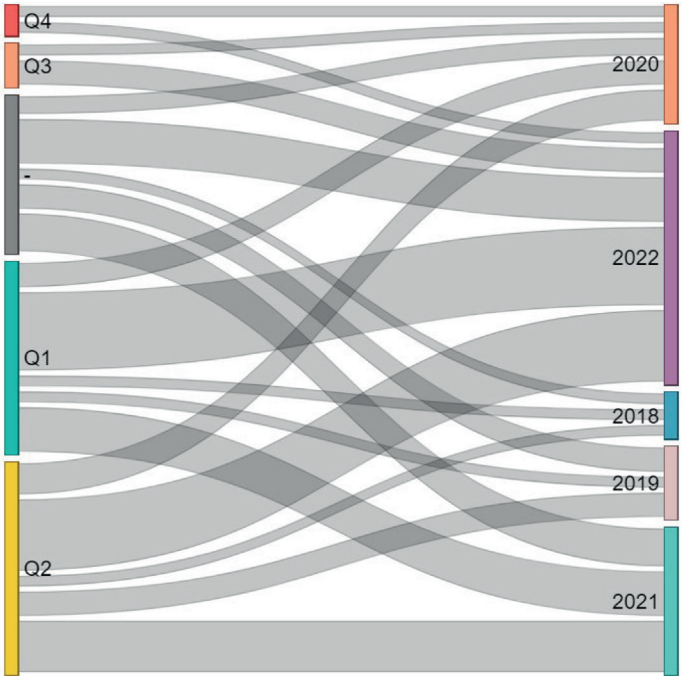


Figura 7 – Cantidad de Papers por Quartil y Año

En la figura se observa que el Quartil 2 (Q2) está en mayor proporción y se halla presente en todos los años siendo en el 2022 con más representación como se muestra en la figura y en menor proporción está el Quartil 4 (Q4) donde se resalta en el año 2020 y 2022.

De acuerdo con el autor Marcelo Werneck Barbosa (2017), en su revista de investigación muestra Q1, Q2 y Q3. Por lo cual las revistas en Q1 son más prestigiosas y citadas con más frecuencia que las revistas en otros cuartiles como Q2 y Q3. Por lo cual podemos afirmar que en esta investigación las más citadas son del cuartil Q2. Sin embargo, Cabrera-Pacheco y Cueva-Quiroz (2020) mencionan en su artículo que la mayoría de las revistas pertenecen a Q1.

En base a ello se afirma que el quartil es un indicador que va a servir para evaluar la importancia relativa de una revista dentro del total de revistas, entonces para los futuros investigadores es muy importante considerar en su artículo de investigación tener en cuenta el uso de los quartiles.

RQ3: *¿ Cuáles son las técnicas de Seguridad Informática utilizadas en la Seguridad Informática y su impacto en la Gestión de los Servicios Logísticos?*

En la Tabla 5 se muestra la distribución de las Técnicas de Seguridad Informática (SI), junto con las referencias y la proporción porcentual de cada técnica utilizada en los estudios analizados. Esta tabla proporciona una visión detallada de las técnicas predominantes en el campo.

Técnicas de SI	Referencia	Cant. (%)
Blockchain	(Al-Farsi et al., 2021), (Chukleang et al., 2021), (Jiang et al., 2021), (Mthimkhulu & Jokonya, 2020), (Ruangsriroj et al., 2021), (Shih et al., 2021), (Sternberg et al., 2021), (Su & Yu, 2022), (Ugochukwu et al., 2022), (Wang et al., 2022), (Zhang et al., 2021), (Zhang & Shi, 2022).	12 (19)
Big Data	(AlShaer et al., 2020), (Bangani & Jokonya, 2020), (Bulatova et al., 2019), (Chen et al., 2021), (Colicchia et al., 2018), (Lingling Chen et al., 2022), (Guo, 2021), (Liu et al., 2021), (Othman et al., 2021), (Peng & Wang, 2022), (Su & Yu, 2022), (Waqas et al., 2020), (Wang et al., 2022), (Zhang & Shi, 2022), (Zhou et al., 2022).	16 (25)
Cloud Computing	(Dutta & Zielińska, 2020), (Guo, 2021), (Othman et al., 2021), (Rokicki et al., 2021), (Waqas et al., 2020), (Ugochukwu et al., 2022), (Wang et al., 2022), (Wu et al., 2021), (Zhou et al., 2022).	9 (14)
IoT	(AlShaer et al., 2020), (Bajec et al., 2020), (Bangani & Jokonya, 2020), (Bulatova et al., 2019), (Chen et al., 2021), (Chukleang et al., 2021), (Dutta & Zielińska, 2020), (Guo, 2021), (Jiang et al., 2021), (Liu et al., 2021), (Othman et al., 2021), (Qu et al., 2021), (Rokicki et al., 2021), (Ruangsriroj et al., 2021), (Salawu & Ghadiri, 2021), (Su & Yu, 2022), (Waqas et al., 2020), (Ugochukwu et al., 2022), (Wang et al., 2022), (Wu et al., 2021), (PHAM et al., 2021), (Zhou et al., 2022).	22 (35)
Data Mining	(Lingling Chen et al., 2022), (Guo, 2021), (Waqas et al., 2020), (Zhuang et al., 2020).	4 (7)

Tabla 5 – Técnicas de Seguridad Informática

Las técnicas de seguridad informática identificadas muestran una diversidad en su aplicación a la gestión de servicios logísticos, siendo las más prevalentes IoT (Internet of Things) con un 35%, seguida de Big Data con un 25%. El Blockchain también desempeña un papel significativo con un 19%, mientras que el Cloud Computing y el Data Mining muestran menor adopción con un 14% y un 7% respectivamente.

Conforme a los autores Maniah et al. (2018), se menciona que las técnicas de seguridad informática se deben aplicar en la logística debido a que permitirán tener una mayor seguridad, resaltando así la importancia de estas técnicas en los servicios logísticos. En correspondencia, Moshood et al. (2021) hacen referencia en su artículo a las técnicas de seguridad informática aplicadas en la logística.

RQ4: *¿Cuáles son las palabras Clave que con frecuencia presenta coocurrencia en las investigaciones sobre la Seguridad Informática y su impacto en la Gestión de los Servicios Logísticos?*

En la Figura 8, se observa la Red Bibliométrica por keywords, que ilustra las conexiones y la frecuencia de las palabras clave utilizadas en los estudios analizados. Esta visualización permite identificar los temas más recurrentes y cómo están interrelacionados entre sí, ofreciendo una perspectiva integral de las áreas de investigación predominantes y las tendencias emergentes en el campo.

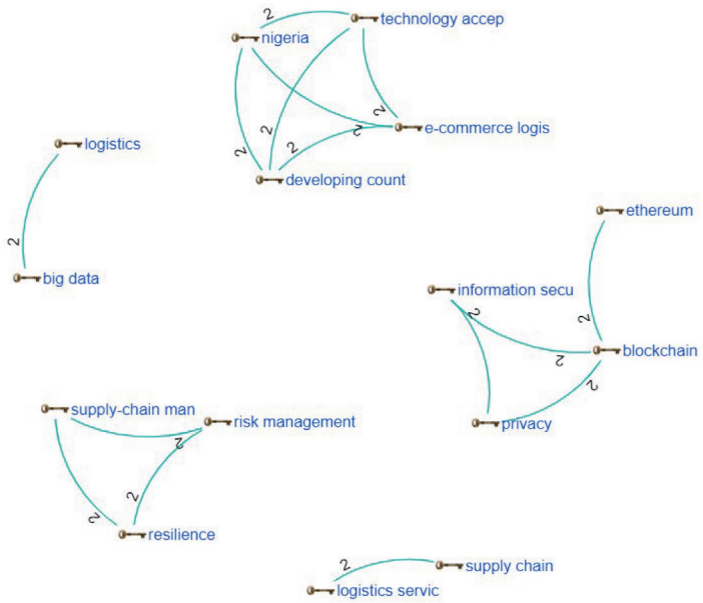


Figura 8 – Red Bibliométrica para las keywords

El análisis destaca la frecuente relación entre “blockchain”, “information security”, y “privacy”, subrayando un foco en la protección de datos y la tecnología de cadena de bloques en la logística. Los términos “supply chain”, “risk management” y “resilience” forman otro clúster, lo que indica una preocupación por la gestión de riesgos y la capacidad de recuperación en la cadena de suministro. “Big data” y “logistics” también aparecen como un par relacionado, sugiriendo la relevancia del análisis de grandes volúmenes de datos en la optimización logística.

De acuerdo con Borregan-Alvarado et al. (2020), se menciona en su artículo de revisión que, con el fin de identificar las principales redes colaborativas entre países, se realizó un análisis de redes (R.B). El tamaño del nodo indica el número de colaboraciones y, como se muestra en la Tabla 4, los países más colaborativos se encuentran en el núcleo de la red, siendo China, EE.UU., Reino Unido, Alemania e Italia. En correspondencia, Gong et al. (2020), en su artículo también hace referencia a las redes bibliométricas donde el keyword que resalta es supply chain management, supply chain, internet of things, industry 4.0. Sin embargo, Imamoglu et al. (2021), en su artículo hace mención también al uso de las redes bibliométricas por keywords donde resalta Supply Chain Management y Supply Chain.

Este panorama señala la necesidad de que las organizaciones logísticas se concentren en estrategias de seguridad informática avanzadas, especialmente aquellas relacionadas con la protección de datos y la cadena de bloques. La evidente relación entre la gestión

de riesgos y la resiliencia apunta hacia la importancia de la planificación estratégica en la seguridad logística.

5. Conclusiones y Futuras Investigaciones

Este estudio ha logrado identificar y analizar en la revisión de los artículos la información obtenida y utilizadas en las preguntas de investigación enviados con SLR entre el 2016 y 2022 en varias bases de datos de revistas populares. Con base en la fórmula de palabras clave se encontraron 200 190 artículos, luego aplicando los criterios de inclusión y exclusión, se revisaron 70 artículos. Los resultados de revisión son los siguientes: en RQ1 el país con más publicaciones en el desarrollo de la seguridad informática en el tema logístico es China. En RQ2 se pregunta sobre niveles de quartil de las revistas donde se han publicado las investigaciones donde el quartil más resaltante es el Quartil 2. Mientras que en RQ3 pregunta sobre las técnicas de Seguridad Informática utilizadas en la Seguridad Informática y su impacto en la Gestión de los Servicios Logísticos donde cual China es el país que más resalta con un total de 160 citas en un total de 25 artículos. Luego la RQ4 trata acerca de las palabras Clave que con frecuencia presenta coocurrencia por lo cual se respondió con la Red Bibliométrica por Keywords.

Esta revisión tiene algunas limitaciones que una futura investigación pueda abordar. En primer lugar, tiene un cierto límite de tiempo para los artículos de revisión sobre la cual se estableció un rango de 7 años es decir hasta el año 2022. Entonces cabe recalcar que esta investigación está en sus primeras etapas y continuarán saliendo nuevas publicaciones. Por lo tanto, una futura investigación debería considerar investigaciones más recientes y trabajos publicados sobre este tema, debido a que está dando mayor importancia los investigadores en la actualidad.

Referencias

Adeniran, A. O., Akinsehinwa, F. O., & Olorunfemi, S. O. (2022). Factors influencing the acceptance and patronage of E-commerce logistics operations in Nigeria. *Journal of Nigeria*. https://doi.org/10.1186/s42269-022-00816-x

Al-Farsi, S., Rathore, M. M., & Bakiras, S. (2021). Security of Blockchain-Based Supply Chain Management Systems: Challenges and Opportunities. *Journal of Qatar*. https://doi.org/10.3390/app11125585

AlShaer, M., Tahera, Y., Haque, R., Hacid, M.-S., & Dbouk, M. (2020). IBRIDIA: A hybrid solution for processing big logistics data. *Future Generation Computer Systems*. https://doi.org/10.1016/j.future.2019.02.044

An, X., Si, G., Xia, T., Liu, Q., Li, Y., & Miao, R. (2022). Operation and Maintenance Optimization for Manufacturing Systems with Energy Management. *Journal Energies*. https://doi.org/10.3390/en15197338

Arabelen, G., & Kaya, H. T. (2021). Assessment of logistics service quality dimensions: A qualitative approach. *Journal of Shipping and Trade*. https://doi.org/10.1186/s41072-021-00095-1

Bajec, P., Kontelj, M., & Groznik, A. (2020). Assessment of Logistics Platform Efficiency Using an Integrated Delphi Analytic Hierarchy Process-data Envelopment Analysis Approach: A Novel Methodological Approach Including a Case Study in Slovenia. *Journal Information Management*. https://doi.org/10.15240/tul/001/2020-3-012

Bangani, S., & Jokonya, O. (2022). Factors affecting the adoption of contactless technologies in supply chain and logistics. *Journal of Transport and Supply Chain Management*. https://doi.org/10.4102/jtscm.v16i0.751

Barbosa, M. W. (2021). Uncovering research streams on agri-food supply chain management: A bibliometric study. *Journal Global Food Security*. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100517

Ben kaddour, N., Rajaa, M., & Medouri, A. (2021). THE PRACTICES OF LOGISTICS SERVICE PROVIDERS IN MOROCCO: THE PARADOX OF COLLABORATION/ COORDINATION. *International Scientific Journal about Logistics*. https://doi.org/10.22306/al.v7i3.170

Borregan-Alvarado, J., Alvarez-Meaza, I., Cilleruelo-Carrasco, E., Garechana-Anacabe, G. (2020). A Bibliometric Analysis in Industry 4.0 and Advanced Manufacturing: What about the Sustainable Supply Chain?. *Journal Sustainability*. https://doi.org/10.3390/su12197840

Bouhannana, F., & Elkorch, A. (2020). Trade-offs among lean, green and agile concepts in supply chain management: Literature review. *13th International Colloquium of Logistics and Supply Chain Management*. https://doi.org/10.1109/ LOGISTIQUA49782.2020.9353930

Bulatova, N., Dugina, E., & Dorzhieva, E. (2019). Technology for determining strategic directions for the development of a regional transport and logistics system under digitalization. *SPBPU IDE '19: Proceedings of the 2019 International SPBPU Scientific Conference on Innovations in Digital Economy*. https://doi.org/10.1145/3372177.3373353

BÜYÜKÖZKAN, G., & MUKUL, E. (2019). Evaluation of smart city logistics solutions with fuzzy MCDM methods. *Pamukkale University Journal of Engineering Scienc*es. https://doi.org/10.5505/pajes.2019.32956

Cabrera-Pacheco, J. E., & Cueva-Quiroz, O. E. (2021). Agility and Lean in the Supply Chain in Manufacturing SMEs: A Review of the Literature. *3rd South American International Industrial Engineering and Operations Management Conference*. https://bit.ly/3EQqjmG

Chauhan, C., Kaur, P., Arrawatia, R., Ractham, P., & Dhir, A. (2022). Supply chain collaboration and sustainable development goals (SDGs). Teamwork makes achieving SDGs dream work. *Journal of Business Research*, 147, 290–307. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.03.044

Che Razak, R., & Ibrahim, N. Z. (2019). GREEN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PRACTICES: A LITERATURE REVIEW. *International Journal of Entrepreneurship and Management Practices*. https://doi.org/10.35631/IJEMP.39002

Chen, L., Zhang, Y., & Wang, Z. (2022). Retracted: Logistics Service Supply Chain Model Applying Artificial Intelligence and Big Data Analysis. *Journal of Security and Communication Networks*. https://doi.org/10.1155/2022/9786827

Chen, M.-C., & Ho, P. H. (2021). Exploring technology opportunities and evolution of IoT-related logistics services with text mining. *Journal of Complex & Intelligent Systems*, 7, 2577–2595. https://doi.org/10.1007/s40747-021-00453-3

Chukleang, T., & Jandaeng, C. (2021). Security Enhancement in Smart Logistics with Blockchain Technology: A Home Delivery Use Case. *Journal of Informatics*. https://doi.org/10.3390/informatics9030070

Colicchia, C., Creazza, A., Noè, C., & Strozzi, F. (2018). Information sharing in supply chains: A review of risks and opportunities using the systematic literature network analysis (SLNA*). Supply Chain Management: An International Journal*. https://doi.org/10.1108/SCM-01-2018-0003

Creazza, A., Colicchia, C., Spiezia, S., & Dallari, F. (2020). Who cares? Supply chain managers' perceptions regarding cyber supply chain risk management in the digital transformation era. *Journal Supply Chain Management*. https://doi.org/10.1108/SCM-02-2020-0073

Dutta, V., & Zielińska, T. (2021). Cybersecurity of Robotic Systems: Leading Challenges and Robotic System Design Methodology. *Journal Electronics (Switzerland)*. https://doi.org/10.3390/electronics10222850

Fernandes, D. W., Moori, R. G., & Vitorino Filho, V. A. (2018). Logistic service quality as a mediator between logistics capabilities and customer satisfaction. *Journal Revista de Gestão, Emerald Publishing Limited*. https://doi.org/10.1108/REGE-01-2018-0015

Flores-Sigüenza, P., Marmolejo-Saucedo, J. A., Niembro-Garcia, J., & Lopez-Sanchez, V. M. (2021). A systematic literature review of quantitative models for sustainable supply chain management. *Journal Mathematical Biosciences and Engineering*. https://doi.org/10.3934/mbe.2021111

Gizaw, T., Bogale, M., & Gudeta, T. (2021). Investigating the effect of pharmaceutical logistics service performance on customer satisfaction: A two-step approach with structural equation modeling. *Journal of Pharmaceutical Policy and Practice*. https://doi.org/10.1186/s40545-021-00351-6

Gong, X., Yang, Z., Sun, J., & Wu, M. (2020). Impacts of Emerging Information Technologies on Supply Chains: A Systematic Literature Review. *2020 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*. https://doi.org/10.1109/IEEM45057.2020.9309929

Gossler, T., Wakolbinger, T., & Burkart, C. (2019). Outsourcing in humanitarian logistics – Status quo and future directions. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*. https://doi.org/10.1108/IJPDLM-12-2018-0400

Granillo-Macías, R., & González-Hernández, I. J. (2021). Selection and evaluation of third party logistics in the supply chain: A systematic review. *Journal Management Letters*. https://doi.org/10.5295/cdg.191141rg

Guo, G. (2018). Design and Implementation of Smart Campus Automatic Settlement PLC Control System for Internet of Things. *Journal Special Section on Novel Learning Applications and Services for Smart Campus*. https://ieeexplore.ieee.org/document/8502025

Hammad, M. A., Elgazzar, S., & Sternad, M. (2021). A Conceptual Framework to Establish and Operate a Global Logistics Energy Hub. *Journal of Sustainability*. https://doi.org/10.3390/su131910976

Imamoglu, G., Topcu, Y. I., Aydin, N. (2021). A Systematic Literature Review of the Blood Supply Chain through Bibliometric Analysis and Taxonomy. *Journal Systems*. https://doi.org/10.3390/systems11030124

Izdebski, M., Jacyna-Gołda, I., Gołębiowski, P., Gołda, P., Pyza, D., & Zak, J. (2020). DECISION PROBLEMS IN DESIGNING DATABASE ARCHITECTURE FOR THE ASSESSMENT OF LOGISTICS SERVICES. Scientific Journal of Silesian University of Technology. *Series Transport*. https://doi.org/10.20858/sjsutst.2020.108.6

Jezierski, A., Mańkowski, C., Śpiewak, R. (2021). Energy Savings Analysis in Logistics of a Wind Farm Repowering Process: A Case Study. *Journal Energies*. https://doi.org/10.3390/en14175452

Jiang, J., & Chen, J. (2021). Framework of Blockchain-Supported E-Commerce Platform for Small and Medium Enterprises. *Journal Sustainability*. https://doi.org/10.3390/su13158158

Kitchenham, B. A., Verner, J. M., Brereton, O. P., & Turner, M. (2017). Systematic literature reviews in agile software development: A tertiary study. *Journal Information and Software Technology*. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2017.01.007

Kong, J., Chen, Z., & Liui, X. (2021). A Review of Logistics Pricing Research Based on Game Theory. *International Journal Sustainability*. https://doi.org/10.3390/su141710520

Lai, P.-L., Jang, H., Fang, M., & Penga, K. (2021). Determinants of customer satisfaction with parcel locker services in last-mile logistics. *Asian Journal of Shipping and Logistics*. https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2021.11.002

Lim, C., Kaur, P., Arrawatia, R., Ractham, P., & Dhir, A. (2022). Supply chain collaboration and sustainable development goals (SDGs). Teamwork makes achieving SDGs dream work. *Journal of Business Research*, 147, 290–307. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.03.044

Liu, C., Huang, L., Dong, Z. (2022). A Two-Stage Approach of Joint Route Planning and Resource Allocation for Multiple UAVs in Unmanned Logistics Distribution. *Journal IEEE Access*. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3218134

Liu, H., Chen, H., Zhang, H., Liu, H., Yu, X., & Zhang, S. (2022). Contract Design of Logistics Service Supply Chain Based on Smart Transformation. *Journal Sustainability*. https://doi.org/10.3390/su14106261

Liu, S., Zhang, Y., Liu, Y., Wanga, L., & Wang, X. V. (2019). An 'Internet of Things' enabled dynamic optimization method for smart vehicles and logistics tasks. *International Journal of Experimental Pathology*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.254

Maniah, Meyliana, Hidayanto, A. N., Prabowo, H., Gaol, F. L. (2018). The Trigger Factors and Constraints on e-Supply Chain Processes: A Systematic Literature Review. *2018 International Conference on Information Management and Technology*. https://doi.org/10.1109/ICIMTech.2018.8528136

Marak, Z. R., & Pillai, D. (2019). Factors, Outcome, and the Solutions of Supply Chain Finance: Review and the Future Directions. *Journal of Risk and Financial Management*. https://doi.org/10.3390/jrfm12010003

Moshood, T. D., Nawanir, G., Mahmud, F., Sorooshian, S., & Adeleke, A. Q. (2021). Green and low carbon matters: A systematic review of the past, today, and future on sustainability supply chain management practices among manufacturing industry. *Journal Cleaner Engineering and Technology*. https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100144

Moshood, T. D., Nawanir, G., Sorooshian, S., & Okfalisa, O. (2021). Digital Twins Driven Supply Chain Visibility within Logistics: A New Paradigm for Future Logistics. *Journal Applied System Innovation*. https://doi.org/10.3390/asi4020029

Mthimkhulu, A., & Jokonya, O. (2022). Exploring the factors affecting the adoption of blockchain technology in the supply chain and logistic industry. *Journal of Transport and Supply Chain Management*. https://doi.org/10.4102/jtscm.v16i0.750

Othman, A., El-gazzar, S., & Knez, M. (2022). A Framework for Adopting a Sustainable Smart Sea Port Index. *Journal Sustainability*. https://doi.org/10.3390/su14084551

Peng, Q., & Wang, Y. (2022). Study on the Path of Three-Chain Integration of the Logistics Service Industry in Zhengzhou. *Journal Mathematical Problems in Engineering*. https://doi.org/10.1155/2022/7465152

Pham, H. C., Nguyen, T.-T., McDonald, S., & Quynh, N. (2019). Information Sharing in Logistics Firms: An Exploratory Study of the Vietnamese Logistics Sector. *Asian Journal of Shipping and Logistics*. https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2019.06.001

Polydoropoulou, A., Tsirimpa, A., Karakikes, I., Tsouros, I., & Pagoni, I. (2022). Mode Choice Modeling for Sustainable Last-Mile Delivery: The Greek Perspective. *Journal Sustainability*. https://doi.org/10.3390/su14158976

Qu, Q., Liu, C., & Bao, X. (2021). Financial Security Analysis of E-Commerce Platform Based on Supply Chain for Heterogeneous Network Location Verification. *Journal of Sensors*. https://doi.org/10.1155/2021/7952123

Raimbekov, Z., & Syzdykbayeva, B. (2021). Assessing the Impact of Transport and Logistics on Economic Growth in Emerging Economies: A Case Study for the Conditions of the Republic of Kazakhstan. *Transport Problems: An International Scientific Journal*. https://doi.org/10.21307/tp-2021-035

Ren, M., Fan, Z., Wu, J., Zhou, L., & Du, Z. (2019). Design and Optimization of Underground Logistics Transportation Networks. *Journal IEEE Access*. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2924438

Restuputri, D. P., Fridawati, A., & Masudin, I. (2022). Customer Perception on Last-Mile Delivery Services Using Kansei Engineering and Conjoint Analysis: A Case Study of Indonesian Logistics Providers. *Journal Logistics*. https://doi.org/10.3390/logistics6020029

Rokicki, T., Bórawski, P., Bełdycka-Bórawska, A., Szeberényi, A., & Perkowska, A. (2022). Changes in Logistics Activities in Poland as a Result of the COVID-19 Pandemic. *Journal Sustainability*. https://doi.org/10.3390/su141610303

Ruangsriroj, T., & Suvittawat, A. (2022). The Factors Influencing Value Creation of Halal Logistics Service During Crisis: A Case Study of Halal Logistics Service Providers in Thailand. *Asian Journal of Business Research*. https://doi.org/10.14707/ajbr.220126

Salawu, Y. O., & Ghadiri, S. M. (2022). Logistics Costs for Seaborne Trade in Nigeria: An Empirical Study. *African Journal of Business and Economic Research*. https://doi.org/10.31920/1750-4562/2022/v17n4a4

Salawu, Y. O., & Ghadiri, S. M. (2022). Roles of Trade Logistics to the Development of International Trade: A Perspective of Nigeria. *Journal of Transport and Supply Chain Management*. https://doi.org/10.4102/jtscm.v16i0.764

Shevade, S. K., & Keerthi, S. S. (2003). A simple and efficient algorithm for gene selection using sparse logistic regression. *Bioinformatics*, 19(17), 2246-2253. https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btg308

Shih, D.-H., Huang, F.-C., Chieh, C.-Y., Shih, M.-H., & Wu, T.-W. (2021). Preventing Return Fraud in Reverse Logistics—A Case Study of ESPRES Solution by Ethereum. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*. https://doi.org/10.3390/jtaer16060121

Śliwczyński, B., & Smal, T. (2021). Model of Value-Based Management in a Multi-Hub Large-Scale Logistics Network. *European Research Studies Journal*. https://doi.org/10.35808/ersj/2974

Smal, T., & Śliwczyński, B. (2021). Security in Providing Processes and Logistics Services Under the Covid-19 Pandemic. *European Research Studies Journal*. https://doi.org/10.35808/ersj/2943

Solidor, N., Verytelnyk, S., & Anikin, H. (2021). Formation of marketing strategies of enterprises in the market of logistics services in the context of world trends. *Journal VUZF Review*. https://doi.org/10.38188/2534-9228.21.4.13

Sternberg, H., Mathauer, M., & Hofmann, E. (2021). Technology management in multi-tier chains: A case study of agency in logistics service outsourcing. *Journal of Operations Management*. https://doi.org/10.1002/joom.1219

Su, Y., & Yu, L. (2022). Security System of Logistics Service Transaction Record Based on Wireless Network. *Journal Mobile Information Systems*. https://doi.org/10.1155/2022/8141190

Tadesse, M. D., Kine, H. Z., Gebresenbet, G., Tavasszy, L., & Ljungberg, D. (2022). Key Logistics Performance Indicators in Low-Income Countries: The Case of the Import–Export Chain in Ethiopia. *Journal Sustainability*. https://doi.org/10.3390/su141912204

Tang, X. (2021). Research on Smart Logistics Model Based on Internet of Things Technology. *Journal IEEE Access*. https://ieeexplore.ieee.org/document/9166498/

Tang, Y. M., Chau, K.-Y., Li, W., & Wan, T. W. (2021). Forecasting Economic Recession through Share Price in the Logistics Industry with Artificial Intelligence (AI). *Journal Computation*. https://doi.org/10.3390/computation8030070

Ugochukwu, N. A., Goyal, S. B., Rajawat, A. S., Islam, S. M. N., He, J., & Aslam, M. (2021). An Innovative Blockchain-Based Secured Logistics Management Architecture: Utilizing an RSA Asymmetric Encryption Method. *Journal Mathematics*. https://doi.org/10.3390/math10244670

Uvet, H. (2020). Importance of Logistics Service Quality in Customer Satisfaction: An Empirical Study. *Journal Operations and Supply Chain Management*. https://doi.org/10.31387/oscm0400248

Uyanik, C., Tuzkaya, G., Kalender, Z. T., & Oguztimur, S. (2020). An Integrated DEMATEL–IF-TOPSIS Methodology for Logistics Centers' Location Selection Problem: An Application for Istanbul Metropolitan Area. *Journal Transport*. https://doi.org/10.3846/transport.2020.12210

Wan, P. K., Huang, L., & Holtskog, H. (2020). Blockchain-Enabled Information Sharing Within a Supply Chain: A Systematic Literature Review. *Journal IEEE Access*. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2980142

Wang, D., & Li, G. (2022). The Best Decision for E-Commerce Funds Transfer Based on Cloud Computing Technique. *Journal Mathematical Problems in Engineering*. https://doi.org/10.1155/2022/9432413

Wang, S., Dai, C., & Xue, X. (2022). A Pigeon Group Decomposition Based Algorithm for Logistics Service Transaction Matching Under Blockchain. *Journal Frontiers in Energy Research*. https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.928744

Waqas, U., Abd. Rahman, A. B., Ismail, N. W., Kamal Basha, N., & Umair, S. (2019). Conceptualising the moderating role of knowledge management within supply chain risks and supply chain risk management. *Journal Forest and Society*. https://doi.org/10.24259/fs.v3i2.6426

Wasielewska-Marszałkowska, I. (2021). Identification of Innovativeness Provided by Logistics Service Providers. *European Research Studies Journal*. https://doi.org/10.35808/ersj/2027

Wehner, J., Vural, C. A., & Halldorsson, A. (2019). Energy efficiency in logistics through service modularity: The case of household waste. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*. https://doi.org/10.1108/IJPDLM-08-2019-0267

Wu, L.-J., Chen, Z.-G., Chen, C.-H., Li, Y., Jeon, S.-W., Zhang, J., & Zhan, Z.-H. (2022). Real Environment-Aware Multisource Data-Associated Cold Chain Logistics Scheduling: Colony System Approach. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. https://doi.org/10.1109/TITS.2022.3203629

Wu, Z., Wang, S., Yang, H., & Zhao, X. (2021). Construction of a Supply Chain Financial Logistics Supervision System Based on Internet of Things Technology. *Journal Mathematical Problems in Engineering*. https://doi.org/10.1155/2021/9980397

Xing, P., Zhao, X., & Wang, M. (2024). The Optimal Combination between Recycling Channel and Logistics Service Outsourcing in a Closed-Loop Supply Chain Considering Consumers' Environmental Awareness. *Journal Sustainability*. https://doi.org/10.3390/su142416385

Zhang, S., Wang, L., & Wang, L. (2020). Research on Crowdsourcing Mode of Internet + Rural Logistics Based on Blockchain. *Journal Proceedings of the 4th International Conference on Computer Science*. https://doi.org/10.1145/3424978.3425015

Zhang, X., Shi, X., & Pan, W. (2022). Big Data Logistics Service Supply Chain Innovation Model Based on Artificial Intelligence and Blockchain. *Journal Mobile Information Systems*. https://doi.org/10.1155/2022/4794190

Zheng, C., Gu, Y., Shen, J., & Du, M. (2021). Urban Logistics Delivery Route Planning Based on a Single Metro Line. *Journal IEEE Access*. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3069415

Zheng, C., Zhang, C., Ma, J., Wu, F., & Sun, K. (2022). Location Selection of Metro-Based Distribution Nodes for Underground Logistics System with Bi-Level Programming Model. *Journal Symmetry*. https://doi.org/10.3390/sym14112411

Zhou, X., Wu, X., & Chen, Y. (2022). High-Concurrency and High-Performance Application of Microservice Order System Based on Big Data. *Journal Security and Communication Networks*. https://doi.org/10.1155/2022/3424283

Zhuang, M.-E., Ma, F.-X., & Yang, J.-j. (2020). Evaluation of Rural Logistics Terminal Delivery Mode under the Background of E-commerce-Based on Grey Relational Entropy Analysis. Journal 2020 The 11th International Conference on E-business, *Management and Economics*. https://doi.org/10.1145/3414752.3414789

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 05/03/2024
Aceitação/Acceptance: 17/06/2024

Experiencia sensorial, intelectual y emocional del docente y su influencia en la satisfacción laboral en la Educación Básica Regular

Nilton Acuña-Hurtado[1], Elizabeth Emperatriz García-Salirrosas[2], Miluska Villar-Guevara[3], Israel Fernández-Mallma[4]

nilton.acuna@upeu.edu.pe; egarciasa@autonoma.edu.pe; miluskavillar@upeu.edu.pe; pastorisra3el@upeu.edu.pe

[1] UPG de Ciencias Empresariales, Escuela de Posgrado, Universidad Peruana Unión, Lima 15102, Perú.

[2] Faculty of Management Science, Universidad Autónoma del Perú, Lima 15842, Perú.

[3] EP de Administración, Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad Peruana Unión, Juliaca 21100, Perú.

[4] EP de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Juliaca 21100, Perú.

Pages: 493-506

Resumen: En las tres últimas décadas, la importancia de la conexión empleado-organización no ha dejado de aumentar. Este hecho impulsó el trabajo desafiante del área de gestión del talento humano, creando iniciativas estratégicas para mantener profesionales satisfechos, comprometidos y de alto rendimiento. El propósito del estudio fue determinar si la experiencia sensorial, intelectual y emocional del empleado influyen en la satisfacción laboral. Se realizó un estudio explicativo considerando a 480 docentes de una red de Instituciones Educativas privadas del Perú. El estudio incluyó hombres y mujeres con edades comprendidas entre 20 y 71 años (M= 41.51 y DE= 9.89) reclutados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. Los resultados del procesamiento de datos utilizaron el modelo de ecuaciones estructurales de mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM). Se obtuvo un modelo estructural con ajuste adecuado (α = entre 0.947 y 0.981; CR= entre 0.966 y 0.984; AVE= 0.778 y 0.904; VIF= entre 2.493 y 3.443), donde se demostró que la experiencia sensorial (β= 0.32; p< 0.001), la experiencia intelectual (β= 0.23; p< 0.001) y la experiencia emocional (β= 0.35; p< 0.001) de los empleados influyen en la satisfacción laboral. Este estudio proporciona una perspectiva valiosa para los líderes educativos que buscan mejorar la percepción de la satisfacción laboral y destaca el rol de la experiencia del empleado para lograr este objetivo.

Palabras-clave: Experiencia del empleado, experiencia sensorial, experiencia intelectual, experiencia emocional, satisfacción laboral, docente.

Teachers' sensory, intellectual, and emotional experience and its influence on job satisfaction in Regular Basic Education

Abstract: In the last three decades, the importance of the employee-organization connection has not ceased to increase. This fact has driven the challenging work of the human talent management area, creating strategic initiatives to maintain satisfied, committed, and high-performing professionals. The purpose of the study was to determine whether the sensory, intellectual, and emotional experience of the employee influence job satisfaction. An explanatory study was conducted considering 480 teachers from a network of private educational institutions in Peru. The study included men and women between 20 and 71 years of age (M= 41.51 and SD= 9.89) recruited by non-probabilistic convenience sampling. The results of the data processing used partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM). A structural model with adequate fit was obtained (α = between 0.947 and 0.981; CR= between 0.966 and 0.984; AVE= 0.778 and 0.904; VIF= between 2.493 and 3.443), where it was shown that sensory experience (β= 0. 32; p< 0.001), intellectual experience (β= 0.23; p< 0.001) and emotional experience (β= 0.35; p< 0.001) of employees influence job satisfaction. This study provides valuable insight for educational leaders seeking to improve perceptions of job satisfaction and highlights the role of employee experience in achieving this goal.

Keywords: Employee experience, sensory experience, intellectual experience, emotional experience, job satisfaction, teacher.

1. Introducción

En las tres últimas décadas, la importancia de la conexión empleado-organización no ha dejado de aumentar (Dwidienawati et al., 2024; Gavilán et al., 2013). Este hecho impulsó el trabajo desafiante del área de gestión del talento humano, creando iniciativas estratégicas para mantener profesionales satisfechos, comprometidos y de alto rendimiento. Cuando se mira este escenario desde un aspecto estratégico se logra visualizar a la experiencia del empleado como un factor indispensable, la misma que puede ser descrita como las impresiones integrales que los trabajadores tienen sobre su interacción con la empresa que los emplea, formadas a través de todos los puntos de contacto a lo largo de su jornada laboral (Raia, 2017). Es esencial que la empresa comprenda realmente a sus empleados y desarrolle empatía hacia ellos, tanto individualmente como en grupos representativos, considerando de manera integral toda la experiencia en lugar de solo eventos específicos (Cueva, 2023; Meybodi et al., 2024). Esto conduce a una mayor innovación, compromiso y retención dentro de la organización (Plaskoff, 2017).

Aunque la experiencia del empleado se considera uno de los principales impulsores del capital humano en las organizaciones (Joshi et al., 2023; Saini & Jawahar, 2019; Sinha et al., 2020), su principal enfoque es cultivar y mantener un compromiso sólido y productivo a través de las interacciones diarias de los empleados (Yohn, 2020). Esta experiencia es reconocida como el indicador de rendimiento más crucial en el ámbito del talento humano (Malik et al., 2023) y desempeña un papel fundamental en la mejora del rendimiento técnico (Kavanagh & Heffernan, 2023). Además, tiene como objetivo mejorar la reputación externa y optimizar la selección de personal (Moganadas & Goh, 2022; Walling, 2023). Por consiguiente, las organizaciones que invierten en mejorar la experiencia del empleado tienen mayores posibilidades de ser reconocidas como lugares de trabajo ideales y de atraer talento de calidad (Neill & de Klerk, 2023).

Por otro lado, cuando se habla del empleado y su satisfacción se hace referencia a la actitud general que este tiene hacia su trabajo, enfocándose en los sentimientos afectivos que tiene hacia él y en las posibles consecuencias que esto conlleva (Dávila et al., 2021; Simbron-Espejo & Sanabria-Boudri, 2020; Wright & Bonett, 2007). En consecuencia, los avances de la tecnología permiten evaluar la experiencia de los empleados en cada punto de contacto. Por lo tanto, se cree que la satisfacción de los empleados por sí sola ya no es suficiente, sino lo que aquellos empleados experimentan en su lugar de trabajo. A pesar de esto, investigaciones precedentes no han estudiado a profundidad si la experiencia de los empleados tiene un mayor efecto sobre la satisfacción laboral (Araya-Guzmán et al., 2023).

Consecuentemente, luego de una diligente revisión de los antecedentes mencionados, se evidencia el surgimiento de un creciente interés en continuar estudiando estos tópicos entre líderes educativos, líderes de la gestión del talento humano y académicos. Los indicadores bibliométricos revelan los diez países que más divulgan sus resultados científicos, entre los que se encuentran: Estados Unidos, Reino Unido, China, Australia, India, Alemania, Canadá, Corea del Sur, Malasia y España. Los mismos que mayormente han aplicado sus estudios a diversas áreas, sectores y poblaciones, como las ciencias sociales, los negocios, la medicina, la psicología y la enfermería. Por otro lado, al discernir la divulgación científica por país, se ha encontrado que los estudios realizados en población peruana son muy escasos. En tal sentido, el propósito del presente estudio fue determinar si la experiencia sensorial, intelectual y emocional del empleado influyen en la satisfacción laboral.

2. Revisión de la literatura y desarrollo de hipótesis

2.1. Experiencia del empleado

Se refiere a cómo los empleados perciben sus interacciones con la empresa en la que trabajan, incluyendo todo, desde el reclutamiento y la integración hasta el desarrollo profesional y la cultura organizacional. Una experiencia positiva del empleado conduce a una mayor satisfacción laboral, compromiso y productividad (Morgan, 2017). Aunque muy pocos académicos han dirigido sus aportes al estudio de este constructo, lo referido por Gavilán et al. (2013) lo subdivide en tres componentes: experiencia sensorial (SE), experiencia intelectual (IE) y experiencia emocional (EE). Considerando la experiencia del empleado como un factor indispensable para una buena gestión en las empresas de alto rendimiento.

2.2. Satisfacción laboral

Esta se ha valorado como un recurso estratégico debido a su efecto positivo en los logros de la organización y en el bienestar de los empleados. La satisfacción laboral se refiere a las actitudes generales que un empleado tiene hacia su trabajo, donde un alto nivel de satisfacción laboral indica una sensación de alegría o una actitud positiva (Chaudhuri & Naskar, 2014). Sin embargo, la definición de satisfacción laboral abarca tanto aspectos internos como externos. La satisfacción interna se refiere a las causas que generan satisfacción laboral y están estrechamente vinculadas con el propio trabajo (Chang & Chang, 2007). Por otro lado, la satisfacción externa está relacionada de manera indirecta

con el trabajo en sí e incluye aspectos como un buen ambiente laboral, bienestar, salario adecuado, oportunidades de ascenso y como un predictivo para la rotación de empleados (Cabezas et al., 2017; Wright & Bonett, 2007).

2.3. La experiencia sensorial influye en la satisfacción laboral

Desarrollar una experiencia sensorial positiva en los empleados es fundamental en todos los sectores, ya que contribuye a mejores resultados organizacionales. Entre los escasos estudios empíricos que lo abordan se encuentra el de Gavilán et al. (2013) quienes refieren que el espacio físico ofrece la oportunidad de integrar los rasgos característicos de la marca, como tonalidades, fragancias, sonidos y melodías, así como expresar los principios que la definen. La presencia de la marca en el entorno físico añade un toque personalizado, distintivo y exclusivo al entorno laboral. En ese sentido, proporcionar una experiencia sensorial positiva por parte de la marca empleadora contribuirá a fortalecer el lazo emocional que el empleado establece con la marca, pues supone convertirla en un proveedor de bienestar sensorial. Además, destaca un aspecto que las compañías están considerando cada vez más, a saber, la importancia del entorno como generador de experiencias sensoriales y estéticas. También resalta el potencial del lugar para reflejar los valores que encarna la marca y facilitar la experiencia emocional.

2.4. La experiencia intelectual influye en la satisfacción laboral

Cuando una organización promueve la autonomía de sus empleados, les está concediendo el poder de resolver problemas de manera independiente, lo que mejora su experiencia cognitiva. Al no imponer estrictas normas, las organizaciones que utilizan transformación digital de manera efectiva fomentan un sentido de empoderamiento que influye positivamente en la experiencia intelectual y emocional de los empleados (Abhari et al., 2021). Diversas investigaciones han evidenciado que una gestión eficaz de los valores internos puede fomentar el compromiso, la identificación, satisfacción y la lealtad de los empleados hacia la marca, y que una experiencia positiva en relación con los valores promueve el compromiso al facilitar la conexión y la identificación entre el empleado y la marca. En tal sentido, es esencial que el empleado internalice los valores como propios, es decir, aceptarlos e identificarse con ellos para fomentar su satisfacción (Gavilán et al., 2013).

2.5. La experiencia emocional influye en la satisfacción laboral

Algunos estudios resaltan la significativa influencia de la experiencia emocional de los empleados, evaluada en términos de placer, de una sensación de alegría o una actitud positiva. Se observa que el disfrute emerge como un factor crucial para promover el compromiso emocional con la marca (Gavilán et al., 2013; Khandelwal et al., 2023). La naturaleza hedonista de este descubrimiento impulsa al empleado a sentirse lleno de vitalidad y a desear que esta sensación perdure en el tiempo (Gavilán et al., 2013). En la actualidad, los trabajadores anhelan encontrar un propósito y establecer conexiones significativas en los ámbitos emocional, social, físico y espiritual (Khandelwal et al., 2023). Es cada vez más relevante que los empleadores comprendan a sus empleados y reconozcan su importancia y valía. En el contexto actual, los empleados esperan que se integren sus vidas laborales con sus necesidades individuales y emocionales.

Las emociones funcionan de forma compleja en varios niveles de análisis, abarcando desde el individuo hasta el ámbito interpersonal, grupal y organizacional, y tienen un impacto significativo en el comportamiento, la satisfacción y los resultados en el trabajo (Connelly & Torrence, 2018).

En referencia a lo expuesto en los párrafos anteriores, en la Figura 1 se muestran gráficamente las hipótesis de este estudio, las cuales se detallan a continuación:

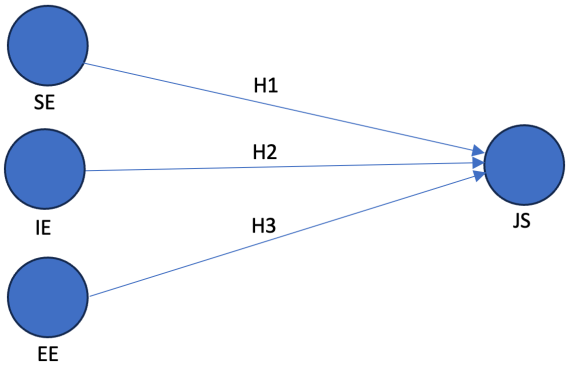


Figura 1 – Modelo teórico planteado

Donde: SE= Experiencia sensorial; IE= Experiencia intelectual; EE= Experiencia emocional; JS= Satisfacción laboral.

H1: *La experiencia sensorial influye en la satisfacción laboral de los empleados.*

H2: *La experiencia intelectual influye en la satisfacción laboral de los empleados.*

H3: *La experiencia emocional influye en la satisfacción laboral de los empleados.*

3. Materiales y métodos

Esta investigación fue un estudio explicativo (Ato et al., 2013). La población estuvo conformada por 1,644 docentes de Educación Básica Regular (EBR) de una red educativa privada del Perú. Los criterios de inclusión de este estudio fueron que los participantes sean docentes, que no sean administrativos y que hayan trabajado en el periodo 2023. Este estudio contó con la aprobación del Comité de Ética de la Escuela de Posgrado de una Universidad privada del Perú (2024-CE-EPG-00027) y la autorización de la administración de cada institución a través de asociaciones educativas.

3.1. Participantes

El estudio incluyó hombres y mujeres con edades comprendidas entre 20 y 71 años (M= 41.51 y DE= 9.89) reclutados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. La encuesta se realizó a través de un enlace virtual de un formulario de *Google*. Al iniciar

el cuestionario, cada participante tuvo que dar su consentimiento informado y solo entonces proceder a llenarlo. El enlace al cuestionario fue compartido vía *WhatsApp* a través de los directores de cada institución. Se invitó a todos los docentes de la red educativa y respondieron un total de 480 docentes. La respuesta de estos profesores al cuestionario fue voluntaria. La aplicación de este estudio fue en el primer semestre de 2024. En la Tabla 1 se muestran las características sociodemográficas de la muestra.

Características		**Frecuencia**	**Porcentaje (%)**
Sexo	Femenino	306	63.75
	Masculino	174	36.25
Rango de edad	20 – 30 años	75	15.63
	31 – 40 años	149	31.04
	41 – 50 años	172	35.83
	51 a más años	84	17.50
Grado de instrucción	Superior Técnico	147	30.63
	Bachiller	219	45.63
	Maestría	111	23.12
	Doctorado	3	0.62
Lugar donde reside y trabaja	Costa	258	53.75
	Sierra	91	18.96
	Selva	131	27.29

Tabla 1 – Características sociodemográficas del estudio (n= 480)

3.2. Análisis estadístico

En el análisis de datos, se utilizó el *Partial Least Square* PLS-SEM para probar las hipótesis. El PLS-SEM es un enfoque integral de análisis estadístico multivariante que incluye componentes de medición y estructurales para examinar simultáneamente las relaciones entre cada una de las variables en un modelo conceptual, el cual tiene la característica del análisis multivariado, es decir que involucra una cantidad de variables iguales o mayores a tres (Hair et al., 2010). Además, se empleó el PLS-SEM en el presente estudio porque facilita la construcción de teoría (Hair et al., 2011). Para realizar el análisis PLS-SEM se utilizó el *WarpPLS* (Vesión 8.0). Este software fue utilizado porque según Kock (2014), el *WarpPls* brinda opciones de usar diferentes algoritmos para los modelos externos e internos en el cálculo de los puntajes de las variables latentes, como el coeficiente de ruta y los parámetros asociados al p-valor, identificando y teniendo en cuenta las relaciones no lineales en el modelo estructural (Kock, 2011).

3.3. Instrumentos

Se utilizaron dos instrumentos que respondían a una escala Likert de 5 puntos, desde 1 (“totalmente en desacuerdo”) a 5 (“totalmente de acuerdo”). Para medir experiencia sensorial, intelectual y emocional se tomó en cuenta la escala de experiencia del empleado propuesta por Gavilán et al. (2013), medido en un total de 14 ítems. Además, para la evaluación de la satisfacción laboral, los ítems fueron elaborados a partir del estudio de Salessi & Omar (2016), medición unidimensional de 9 ítems. Antes de la aplicación, ambas escalas sufrieron un proceso de validación semántica con la inclusión

de diez docentes peruanos que cumplían con el perfil de los participantes, asegurándose que los ítems eran entendibles en su contexto.

4. Resultados

La evaluación de un modelo utilizando PLS-SEM es un proceso de dos pasos que implica la evaluación de los modelos de medición y estructurales (Chin, 2010; Hair et al., 2011).

4.1. Evaluación del modelo de medida

Para evaluar la calidad de los constructos reflexivos, se debe evaluar la validez convergente y la confiabilidad del constructo, es decir, la consistencia interna (Chin, 2010; Hair et al., 2011; Kock, 2015). Y se debe cumplir los siguientes indicadores (Tabla 2):

Indicador	Nivel
Cargas (L)	> 0.7
Confiabilidad Compuesta (CR)	> 0.7
Alfa de Cronbach (α)	> 0.7
Varianza Mediana Extraída (AVE)	> 0.5
Factor de Inflación de Varianza (VIF)	< 5
Nivel de significancia (p-valor)	< 0.05

Tabla 2 – Indicadores para evaluar validez convergente y confiabilidad de los constructos.

En la Tabla 3 se observa que se cumplen todos los indicadores. Todos los loadings cumplen con ser mayores a 0.70. Además, de forma conjunta el constructo brinda buenos indicadores, puesto que tanto el Alfa de Cronbach y CR son mayores que 0.70. Asimismo, AVE también cumple puesto que todos son mayores que 0.778. También el Full Collinearity VIFs cumple puesto que todos los valores son menores que 3.443 lo cual se encuentra en el rango requerido. Dado que todos los indicadores cumplen se procede a la valoración discriminante.

Ítem	L	p-valor	CR	α	AVE	VIF
SE1	0.954	<0.001	0.971	0.960	0.894	3.443
SE2	0.946	<0.001				
SE3	0.955	<0.001				
SE4	0.926	<0.001				
IE1	0.934	<0.001	0.984	0.981	0.896	2.493
IE2	0.949	<0.001				
IE3	0.945	<0.001				
IE4	0.948	<0.001				
IE5	0.954	<0.001				
IE6	0.940	<0.001				

Ítem	L	p-valor	CR	α	AVE	VIF
IE7	0.955	<0.001				
EE1	0.938	<0.001	0.966	0.947	0.904	3.281
EE2	0.945	<0.001				
EE3	0.970	<0.001				
JS1	0.898	<0.001	0.966	0.959	0.778	3.211
JS2	0.906	<0.001				
JS3	0.891	<0.001				
JS4	0.848	<0.001				
JS5	0.923	<0.001				
JS6	0.905	<0.001				
JS7	0.873	<0.001				
JS9	0.806	<0.001				

Nota: Se excluyó el ítem JS8 porque no cumplía con el nivel requerido.

Tabla 3 – Resultados de la evaluación del modelo de medida.

La validez discriminante proporciona una indicación de la medida en que cada constructo es distinto de otros constructos en el modelo (Chin, 2010). Para cumplir la validez discriminante la raíz cuadrada del AVE para cada constructo debe ser mayor que la correlación más alta entre el constructo y otros constructos en el modelo (Chin, 2010; Hair et al., 2011; Kock, 2014). La Tabla 4 muestra que la raiz cuadrada de los AVE para todos los constructos es mayor que la correlación con los otros constructos, lo que indica que el modelo posee una validez discriminante aceptable.

	SE	IE	EE	JS
SE	**0.945**			
IE	0.726	**0.946**		
EE	0.786	0.696	**0.951**	
JS	0.770	0.715	0.771	**0.882**

Tabla 4 – Validez Discriminante

4.2. Evaluación del modelo estructural

Para evaluar el modelo estructural, se deben verificar e informar dos criterios preliminares: la importancia de los coeficientes de ruta y el valor de coeficiente de R2 para constructos endógenos. Cada hipótesis está asociada con un vínculo causal en el modelo estructural, que representa las relaciones entre un par de constructos. Los coeficientes de ruta se han calculado para cada relación en el modelo, así como sus correspondientes p-values. Si bien los coeficientes de ruta deben ser significativos, el valor del coeficiente

R2 depende en gran medida del área de investigación. Chin (1998) sugiere valores de 0.67, 0.33 y 0.19 como, respectivamente, medidas sustanciales, moderadas y débiles de R. En estudios de comportamiento, un valor de 0.2 para R2 generalmente se considera aceptable (Hair et al., 2014; Kock, 2013).

En el presente estudio, el coeficiente R2 para JS fue 0.68. Por lo tanto, este valor tiene un nivel alto y aceptable. Los valores de las variables del estudio (SE, IE y EE) representan un porcentaje alto de la varianza en JS. La Tabla 5 y Figura 2 muestran los resultados de las pruebas de hipótesis y la evaluación de los coeficientes de ruta. Los resultados muestran el efecto positivo significativo de SE en JS (H1), de IE en JS (H2) y de EE en JS (H3). Por lo tanto, se comprobaron todas las hipótesis planteadas. Los resultados resaltan la importancia de diseñar espacios de trabajo que proporcionen una experiencia sensorial satisfactoria con el fin de promover la comodidad y el bienestar de los empleados. Además, es fundamental ofrecer actividades que supongan un reto mental en el trabajo para lograr que los empleados se sientan satisfechos y comprometidos con su trabajo. Por último, para impulsar la motivación y el compromiso, también es fundamental fomentar experiencias emocionales positivas en el trabajo, como sentirse respetado, valorado y vinculado emocionalmente a los compañeros.

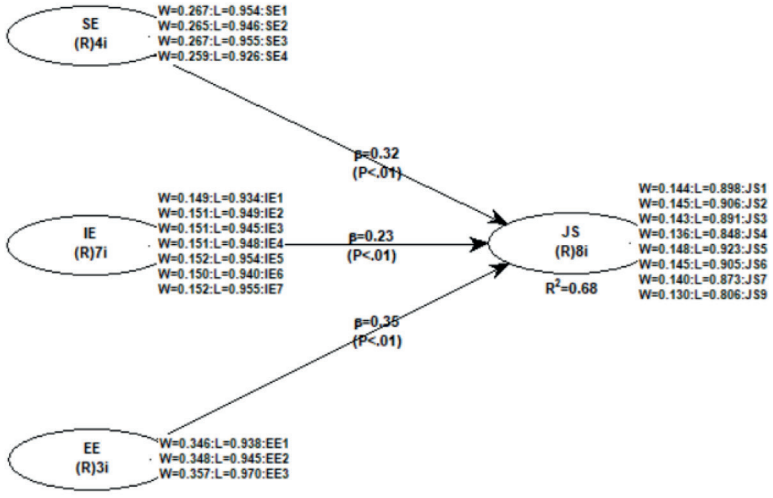


Figura 2 – Resultados del modelo estructural

	Hipótesis	Pat coeffcient	p-valor	Decisión
H1	SE - JS	0.320	<0.001	Aceptada
H2	IE - JS	0.229	<0.001	Aceptada
H3	EE - JS	0.352	<0.001	Aceptada

Tabla 5 – Resultados de las pruebas de hipótesis

Para el índice de ajuste del modelo global se han considerado los seis índices de bondad de ajuste (Kock, 2014), con un nivel de confianza del 95%, los índices de eficiencia son los siguientes:

- Coeficiente de trayectoria promedio (APC) y $p<0.05$
- Promedio R-cuadrado (ARS) y $p<0.05$
- R-cuadrado medio ajustado (AARS) > 0.02 y $p<0.05$
- Bloque promedio VIF (AVIF), aceptable si≤5, idealmente≤3.3
- Colinealidad completa promedio (AFVIF), aceptable si≤5, idealmente≤3.3
- Tenenhaus GoF (GoF), pequeño≥0.1, medio≥0.25, grande≥0.36

En el caso del presente estudio los seis índices de ajuste sugirieron que el ajuste modelo era más que aceptable: coeficiente de ruta promedio (APC) = 0.300, $p<0.001$; promedio R2 (ARS) = 0.684, $p<0.001$; promedio ajustado R2 -squared (AARS) = 0.682, $p<0.001$; factor de inflación de varianza de bloque promedio (AVIF) = 2.947 (aceptable si ≤ 5, idealmente ≤ 3.3); factor de inflación de varianza de colinealidad completa promedio (AFVIF) = 3.107 (aceptable si ≤ 5, idealmente ≤3.3); y Tenenhaus GoF (GoF) = 0.770 (pequeño ≥ 0,1, mediano ≥ 0.25, grande ≥ 0.36). La validez predictiva de un constructo se puede confirmar cuando el valor de su asociado al coeficiente R2 es mayor que cero. Este fue el caso de todos los valores de las variables endógenas en el modelo, lo que sugiere una validez predictiva aceptable en todo el modelo.

5. Discusión y conclusiones

El propósito del estudio fue determinar si la experiencia sensorial, intelectual y emocional del empleado influyen en la satisfacción laboral. Los resultados obtenidos han demostrado positivamente las hipótesis planteadas. El estudio de Tran Xuan et al. (2022) corrobora la relación entre la experiencia emocional con la satisfacción laboral, al afirmar que la interacción empleado-cliente, y la emoción interna del empleado son predictores de la satisfacción laboral. Por su parte, Meybodi et al. (2024) demostró que la satisfacción del empleado tiene un impacto significativo en la experiencia de los empleados y es uno de los factores influyentes para mejorar la experiencia y crear una actitud positiva. El estudio también armoniza con los resultados de Dwidienawati et al. (2024) que sostienen que la cultura organizacional positiva y la experiencia de los empleados tienen un efecto positivo y significativo en la satisfacción laboral.

Si bien no se han encontrado estudios similares a este, los resultados permiten abordar esta problemática que puede ayudar a los líderes de las organizaciones a dedicar mayor énfasis en la creación de entornos de trabajo que resulten más propicios y estimulantes para promover la satisfacción laboral. El hecho de encontrar una relación significativa entre la experiencia sensorial con la satisfacción laboral supone la necesidad de mejorar las condiciones físicas del lugar de trabajo, lo que comunica, además, un sentido de valoración del empleado y repercute en su experiencia emocional. Asimismo, los resultados están en sintonía con la teoría del enriquecimiento del trabajo, que sostiene que las tareas desafiantes y significativas pueden aumentar la satisfacción y el compromiso laboral. Finalmente, la experiencia intelectual también implica una percepción clara de los valores internos de la organización por parte del empleado y es fundamental para generar compromiso y facilitar esa necesaria conexión entre el empleado y la marca.

5.1. Implicancias teóricas y prácticas

Este estudio responde a la necesidad de continuar profundizando la comprensión del comportamiento de las variables experiencia del empleado y satisfacción laboral. Se han encontrado escasas investigaciones con estas variables, y los resultados del presente estudio pretenden contribuir al conocimiento. Otros investigadores pueden utilizar estos resultados para estudiarlos desde otras perspectivas, así como demostrar su validez con poblaciones y contextos diferentes.

5.2. Limitaciones y futuras investigaciones

Los resultados del estudio proporcionan una valiosa relación entre las variables, sin embargo, se debe considerar algunas limitaciones. Debido a la muestra por conveniencia utilizada en este estudio, cuyos participantes pertenecían a una red educativa específica, la muestra puede no ser representativa de la población general. Debido a que se utilizó un estudio transversal, las relaciones causales establecidas en esta investigación pueden estar limitadas por el tiempo de corte de la muestra obtenida. Por otro lado, futuras investigaciones podrían añadir otras variables para observar el comportamiento y verificar si estás influyen en los resultados.

Referencias

Abhari, K., Ostroff, C., Barcellos, B., & Williams, D. (2021). Co-Governance in Digital Transformation Initiatives: The Roles of Digital Culture and Employee Experience. *Proceedings of the 54th Hawaii International Conference on System Sciences*.

Araya-Guzmán, S., Aldea-Asencio, C., & Salazar-Concha, C. (2023). Efectos del liderazgo auténtico en el teletrabajo y su incidencia en la satisfacción laboral y en el compromiso organizativo en administrativos universitarios. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, *E56*(2), 553–566.

Ato, M., López, J. J., & Benavente, A. (2013). Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología. *Anales de Psicologia*, *29*(3), 1038–1059. “https://doi.org/10.6018/analesps.29.3.178511

Cabezas, V., Medeiros, M., Inostroza, D., Gómez, C., & Loyola, V. (2017). Organização do corpo docente e sua relação com a satisfação laboral: Evidência para o caso chileno. *Education Policy Analysis Archives*, *25*, 1–33. https://doi.org/10.14507/epaa.25.2451

Chang, C.-S., & Chang, H.-H. (2007). Effects of Internal Marketing on Nurse Job Satisfaction and Organizational Commitment: Example of Medical Centers in Southern Taiwan. *Journal of Nursing Research*, *15*(4). https://doi.org/10.1097/01.jnr.0000387623.02931.a3

Chaudhuri, M. R., & Naskar, P. (2014). Job satisfaction: The eventual smidgeon for occupational consummaton and contentment in profession. *DLSU Business and Economics Review*, *24*, 73–83.

Chin, M. G. (1998). The Partial Least Squares Approach to Structural Formula Modeling. *Advances in Hospitality and Leisure*, *8*(2), 295–336.

Chin, W. W. (2010). How to Write Up and Report PLS Analyses. In *Handbook of Partial Least Squares* (pp. 655–690). https://doi.org/10.1007/978-3-540-32827-8

Connelly, S., & Torrence, B. S. (2018). The relevance of discrete emotional experiences for human resource management: Connecting positive and negative emotions to HRM. *Research in Personnel and Human Resources Management*, *36*, 1–49. https://doi.org/10.1108/S0742-730120180000036001/FULL/XML

Cueva, J. (2023). Relevancia de la experiencia del empleado en el logro de los objetivos organizacionales. *Gestión En El Tercer Milenio*, *26*(51), 287–302. "https://doi.org/10.15381/gtm.v26i51.25525

Dávila, R. C., Agüero, E., Ruiz, J. L., & Guanilo, C. E. (2021). Organizational climate and job satisfaction in a peruvian industrial company. *Revista Venezolana de Gerencia*, *26*(5), 663–677. https://doi.org/10.52080/rvgluz.26.e5.42

Dwidienawati, D., Jatmiko, L. A., Dewanti, R. N., & Gandasari, D. (2024). Organization Culture and Employee Experience: Do They Affect Job Satisfaction and Turnover Intention? *WSEAS Transactions on Business and Economics*, *21*, 202–211. "https://doi.org/10.37394/23207.2024.21.18

Gavilán, D., Avelló, M., & Fernández, S. (2013). Employer branding: La experiencia de la marca empleadora y su efecto sobre el compromiso afectivo. *Revista Internacional de Investigación En Comunicación ADResearch ESIC.*, *7*(7), 58–75. https://doi.org/10.7263/ADR.004.01.4

Hair, J., Anderson, R., Babin, B., & Black, W. (2010). Multivariate Data Analysis. In *Australia: Cengage: Vol. 8 edition* (7th ed.). Pearson Prentice Hall.

Hair, J. F., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2011). PLS-SEM: Indeed a silver bullet. *Journal of Marketing Theory and Practice*, *19*(2), 139–152. https://doi.org/10.2753/MTP1069-6679190202

Hair, J. F., Sarstedt, M., Hopkins, L., & Kuppelwieser, V. G. (2014). Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM): An emerging tool in business research. *European Business Review*, *26*(2), 106–121. https://doi.org/10.1108/EBR-10-2013-0128

Joshi, A., Sekar, S., & Das, S. (2023). Decoding employee experiences during pandemic through online employee reviews: insights to organizations. *Personnel Review*, *53*(1), 288–313. https://doi.org/10.1108/PR-07-2022-0478

Kavanagh, N., & Heffernan, M. (2023). Mental health disclosure in the workplace – An interpretative phenomenological analysis of the employee experience. *The Irish Journal of Management*, 1–20. https://doi.org/10.2478/ijm-2023-0013

Khandelwal, S., Sharma, D., & Rajagopal, N. K. (2023). Influence of spirituality(S) and emotional intelligence (EI) on employee experience (EX): A structural equation modeling approach. *Journal of Interdisciplinary Mathematics*, *26*(3), 329–340. https://doi.org/10.47974/JIM-1664

Kock, N. (2011). Using WarpPLS in e-collaboration studies: Descriptive statistics, settings, and key analysis results. *International Journal of E-Collaboration*, *7*(2), 1–18. https://doi.org/10.4018/jec.2011040101

Kock, N. (2013). *WarpPLS 4.0 User Manual*. Laredo, TX: ScriptWarp Systems.

Kock, N. (2014). Advanced Mediating Effects Tests, Multi-Group Analyses, and Measurement Model Assessments in PLS-Based SEM. *International Journal of E-Collaboration*, *10*(1), 1–13. https://doi.org/10.4018/ijec.2014010101

Kock, N. (2015). A note on how to conduct a factor-based PLS-SEM analysis. *International Journal of E-Collaboration*, *11*(3), 1–9. https://doi.org/10.4018/ijec.2015070101

Malik, A., Budhwar, P., Mohan, H., & Srikanth, N. R. (2023). Employee experience – the missing link for engaging employees: Insights from an MNE's AI-based HR ecosystem. *Human Resource Management*, *62*(1), 97–115. https://doi.org/10.1002/hrm.22133

Meybodi, A. R., Jahanfekr, A., Mahjoor, H., & Hosseini, E. (2024). Identifying the dimensions of employee experience according to the effect of satisfaction, work place and organizational culture. *International Journal of Human Capital in Urban Management*, *9*(1), 85–100. https://doi.org/10.22034/IJHCUM.2024.01.07

Moganadas, S. R., & Goh, G. G. G. (2022). Digital Employee Experience Constructs and Measurement Framework: A Review and Synthesis. *International Journal of Technology*, *13*(5), 999–1012. https://doi.org/10.14716/ijtech.v13i5.5830

Morgan, J. (2017). Why the millions we spend on employee engagement buy us so little. *Harvard Business Review*. https://hbr.org/2017/03/why-the-millions-we-spend-onemployee-engagement-buy-us-so-little

Neill, P., & de Klerk, J. J. (2023). Developing the soul framework to enhance employee experience in teams as part of a team coaching approach. *International Journal of Evidence Based Coaching and Mentoring*, *21*(1), 67–84. https://doi.org/10.24384/fym0-z274

Plaskoff, J. (2017). Employee experience: the new human resource management approach. *Strategic HR Review*, *16*(3), 136–141. https://doi.org/10.1108/shr-12-2016-0108

Raia, M. (2017). Providing a better digital experience for employees. *Strategic HR Review*, *16*(2), 71–75. https://doi.org/10.1108/shr-01-2017-0004

Saini, G. K., & Jawahar, I. M. (2019). The influence of employer rankings, employment experience, and employee characteristics on employer branding as an employer of choice. *Career Development International*, *24*(7), 636–657. https://doi.org/10.1108/CDI-11-2018-0290

Salessi, S., & Omar, A. (2016). Satisfacción Laboral Genérica. Propiedades psicométricas de una escala para medirla. *Alternativas En Psicología.*, *34*, 93–108.

Simbron-Espejo, S. F., & Sanabria-Boudri, F. M. (2020). Liderazgo directivo, clima organizacional y satisfacción laboral del docente. *CIENCIAMATRIA*, *6*(1), 59–83. https://doi.org/10.35381/cm.v6i10.295

Sinha, A., Varkkey, B., & Meenakshi, N. (2020). Design thinking for improving employee experience: A case of a food tech company. *Development and Learning in Organizations*, *34*(1), 8–11. https://doi.org/10.1108/DLO-11-2018-0154/FULL/XML

Tran Xuan, Q., Dang Van, M., & Tournois, N. (2022). The effects of café servicescape on employee job satisfaction-centered on social interaction, job experience and emotional experience: A study in Vietnam. *Journal of Human Resources in Hospitality & Tourism*, *21*(2), 197–225. https://doi.org/10.1080/15332845.2022.2031607

Walling, K. (2023). Relocated Employees' Experience with the Costs and Benefits of Video Technology for Maintaining Relationships. *Social Sciences*, *12*(5), 1–14. https://doi.org/10.3390/socsci12050286

Wright, T. A., & Bonett, D. G. (2007). Job satisfaction and psychological well-being as nonadditive predictors of workplace turnove. *Journal of Management*, *33*(2), 141–160. https://doi.org/10.1177/0149206306297582

Yohn, D. L. (2020). Brand authenticity, employee experience and corporate citizenship priorities in the COVID-19 era and beyond. *Strategy and Leadership*, *48*(5), 33–39. https://doi.org/10.1108/SL-06-2020-0077

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 09/03/2024
Aceitação/Acceptance: 26/06/2024

Análisis de la producción científica sobre el Total Quality Management en Educación en la base de datos Web of Science, periodo 2009-2021

Denis Frank Cunza-Aranzábal[1], Israel Fernández-Mallma[1], Miluska Villar-Guevara[1], José Hector Livia-Segovia[1]

denis.cunza@upeu.edu.pe; pastorisrael@upeu.edu.pe; miluskavillar@upeu.edu.pe; jlivia@unfv.edu.pe

[1] Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima 15088, Perú.

Pages: 507-523

Resumen: El Total Quality Management (TQM) enfocado en educación ha incrementado su interés en líderes y profesionales del campo educativo, ya que su aplicación puede ayudar a mejorar la calidad de la gestión educativa y cultivar una cultura de mejora continua. La presente investigación realiza un análisis de la producción científica publicada en la base de datos Web of Science sobre TQM en Educación durante el periodo 2009-2021. Esta es una investigación bibliométrica que utilizó 4 caracterizaciones: temática, metodológica, documental, y muestral. Se empleó como unidad de análisis las fuentes documentales primarias relevantes y seleccionadas bajo criterios explícitos y objetivos. Tras aplicar estos criterios, se identificó 35 artículos como muestra final, describiendo las diversas características de la producción científica en este campo del conocimiento, que permite observar el crecimiento de las publicaciones. Se concluye a partir de los resultados obtenidos que, existe la necesidad de realizar investigaciones en lo concerniente al TQM en Educación para Latinoamérica.

Palabras-clave: TQM, educación, análisis bibliométrico, bibliometría

Analysis of scientific production on Total Quality Management in Education in the Web of Science database, period 2009-2021

Abstract: Total Quality Management (TQM) focused on education has increased its interest in leaders and professionals in the educational field, since its application can help improve the quality of educational management and cultivate a culture of continuous improvement. The present research performs an analysis of the scientific production published in the Web of Science database on TQM in Education during the period 2009-2021. This is bibliometric research that used 4 characterizations: thematic, methodological, documentary, and sampling. Relevant primary documentary sources selected under explicit and objective criteria were used as the unit of analysis. After applying these criteria, 35 articles were identified as the final sample, describing the diverse characteristics of the scientific production in this field of knowledge, which allows observing the growth of publications. It is

concluded from the results obtained that there is a need for research concerning TQM in Education in Latin America.

Keywords: TQM, education, bibliometric analysis, bibliometrics

1. Introducción

Total Quality Management (TQM) o gestión de calidad total significa que si una organización decide brindar un excelente producto o servicio en el proceso de planificar, organizar, dirigir y controlar no puede hacerlo aislado o por áreas, tiene que ser bajo una integración tal que el producto o servicio de calidad entregado satisfaga a los clientes. Uno de los principales elementos de TQM es la participación y el enfoque del cliente. TQM ha sido visto como un proceso utilizado para gestionar el cambio en el entorno que asegurará que la empresa alcance la meta (Sinha & Singh, 2020).

Autores como Maureira (2018), Worlu & Obi (2019), Rajan & Biju (2022), definen al TQM como un enfoque de mejora continua, proactivo y que persigue altos estándares de calidad en sus procesos. Benzaquen (2018) postula que el TQM tiene la necesidad de enfocarse bajo 10 principios fundamentales: (1) Consecución de la plena satisfacción de las necesidades y expectativas del cliente, (2) Desarrollo de un proceso de mejora continua en todas las actividades y procesos, (3) Total compromiso de la dirección y un liderazgo activo directivo, (4) Participación de todos los miembros de la organización y fomento del trabajo en equipo, (5) Involucración del proveedor en el sistema de la calidad total de la empresa, (6) Identificación y gestión de los procesos clave de la organización, (7) Toma de decisiones de gestión basada en datos y hechos, (8) Orientación al cliente, a la satisfacción de sus necesidades y expectativas, (9) Liderazgo de la dirección y (10) Participación de todos los empleados y la mejora continua.

En su devenir histórico, el TQM es un enfoque de gestión que se instaló desde la década de 1950 y gradualmente ha venido cobrando popularidad, desde varios rubros organizacionales, a partir de los trabajos de Deming por la década de los 80s, siendo que el término de 'calidad' se mantiene como el centro de atención en su filosofía. Dado que el enfoque del TQM es flexible y aplicable a cualquier organización, hay autores como Melão y Loureiro (2017), Iqubal et al. (2017), Sciarelli & Hani Gheith (2020), que confían en la aplicabilidad del TQM en la educación.

En relación a este contexto se utiliza la bibliometría, entendido como la aplicación de métodos matemáticos y estadísticos a libros y otros medios de comunicación escrita del cual han surgido diversos indicadores resaltando los de citación e impacto y destacándose el aporte de Garfield (1955). Para ello, se efectuó una revisión de la literatura centrada en la base de datos Web Of Science, reconocida y utilizadas habitualmente por la comunidad científica (Andali et al., 2010; Jiménez et al., 2021; Reverter-Masia et al., 2016), siendo considerada como una base de datos analítica muy adecuada para realizar investigaciones bibliométricas y efectuar a profundidad rastreos de información con respecto a intereses en investigación.

Las investigaciones realizadas respecto al TQM se han enfocado mayormente en la enseñanza y el aprendizaje, sin considerar la industria y los grupos de interés, además estos estudios se realizaron mayormente en países desarrollados,

descuidando a los países en vías de desarrollo, además se ha estudiado el TQM como un fenómeno, pero sin desarrollar e integrar más la teoría (Nasim et al., 2020). Diversos estudios consideran el aspecto humano como un pilar fundamental para establecer un TQM en educación, robusto que garantice la calidad total, pues la alta dirección, los empleados y los clientes hacen parte de la estrategia del TQM, que al armonizarlos garantizan un enfoque sistémico y holístico, por lo que se trata de una estructura multidimensional que permite a cada institución educativa asegurar un nivel óptimo en todas las dimensiones del TQM (Psomas & Antony, 2017). Un caso singular, en España, es el programa AUDIT, un modelo de gestión de calidad basado en TQM, normaliza, sistematiza y fusiona un conjunto de prácticas para la calidad educativa, además aporta criterios de evaluación y mejora continua que no están presentes en ISO y delinea los procesos para la implementación de un Sistema de Garantía Interna de la Calidad en instituciones superiores de España, en concordancia con otros países europeos, por lo que se destacan las virtudes del programa AUDIT respecto a otros sistemas de TQM (Diaz & Mediano, 2015). El TQM tiene un efecto positivo y significativo en el aprendizaje organizacional, y a su vez el aprendizaje organizacional tiene un efecto significativo en la innovación organizacional, aunque el TQM no afecta ni positivamente ni significativamente en la innovación organizacional, además, el aprendizaje organizacional podría tener un efecto mediador entre el TQM y la innovación organizacional (Aminbeidokhti et al., 2016; Arribas & Martínez-Mediano, 2018; Horng et al., 2009; Peck & Reitzug, 2012).

Existen estudios bibliométricos realizados en TQM (Ho et al., 2022) enfocados en el sector turismo (Uzun & Çetinsöz, 2022), servicio (Zhang, 2018), industrial y otros importantes sectores; en tal sentido, el sector educativo ha valorado la aplicación de este modelo, sin embargo, no se han encontrado estudios bibliométricos sobre su aplicación en el área educativa. Por lo señalado este estudio pretendió analizar con herramientas bibliométricas la producción científica publicada en la base de datos Web of Science (WoS) sobre TQM en Educación durante el periodo 2009-2021.

2. Metodología

2.1. Materiales y método

Un análisis bibliométrico toma como unidad de análisis fuentes documentales primarias relevantes y seleccionadas bajo criterios explícitos y objetivos, efectuándose un perfil de la publicación en términos de un análisis, en función de 4 caracterizaciones: temática, metodológica, documental, y muestral. Para este estudio se ha utilizado como principal motor de búsqueda la base de datos Web of Science (WoS). Para la búsqueda de documentos se ha empleado la ecuación de búsqueda "total quality management" (Topic) AND education (All Fields), bajo la cual se encontró 245 artículos, y para hacer más específica la búsqueda se consideró únicamente la categoría: Education & Educational Research, obteniéndose 35 artículos. Por otro lado, con la intención de discriminar el número de publicaciones encontradas, y para mantenerse en el marco del objetivo planteado por el equipo investigador, se han delimitado una serie de criterios de inclusión y exclusión para su selección (Tabla 1).

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Investigaciones teóricas y empíricas que aborden el Total Quality Management en Educación. *Período: 2009-2021.* *Todos los contextos geográficos.* *Todos los idiomas.* *Áreas de conocimiento: Ciencias Sociales.* *Categoría: Education & Educational Research* *Revistas indexadas a la base de datos Web of Science.* *Documentos de acceso para usuarios RENACYT del CONCYTEC*	Actas de congresos, libros, capítulos de libros Investigaciones teóricas y empíricas que aborden el Total Quality Management en campos distintos a la Educación. Las categorías de Web of Science distintas a Education & Educational Research.

Tabla 1 – Criterios de inclusión y exclusión

2.2. Análisis global de los resultados

Con relación a la organización de las publicaciones obtenidas se ha empleado el software de gestión de publicaciones "Mendeley". El análisis de la muestra definitiva se ha realizado mediante una plantilla de datos elaborada en una hoja de cálculo de Google y posteriormente trabajada en el software Microsoft Excel.

3. Resultados

3.1. Caracterización de la muestra de los artículos

El índice de publicaciones científicas sobre TQM en Educación encontrada en la base de datos Web of Science durante el periodo 2009-2021 alcanza un total de 35 artículos tal como se observa en la Tabla 2. Se puede ver que, durante los últimos 12 años, el crecimiento de publicaciones sobre TQM en educación ha tenido una tendencia mínima de variación manteniéndose por 4 años sin superar el 5.71% de publicaciones, para luego alcanzar un 14.28% anual equivalente a 5 publicaciones por año, la misma que se ha mantenido sin crecimiento los últimos 5 años, mostrando una tendencia al estancamiento en la producción científica.

Años de publicación	Frecuencia	%
2021	5	14.286
2020	4	11.429
2019	5	14.286
2018	5	14.286
2017	5	14.286
2016	2	5.714
2015	2	5.714
2013	1	2.857
2012	2	5.714
2009	4	11.429

Tabla 2 – Número de artículos por año

El análisis de citas muestra que el año más citado (29 citas) es el 2017 y el menos citado es el 2013 (1 cita), como se observa en la Tabla 3.

Nº	Año	Autoría	Nº de citas
1	2021	(Aljuwaiber, 2021; Gonzalez et al., 2021; Korshunov et al., 2021; Kwarteng, 2021; Mourato et al., 2021; Ömürgönülşen et al., 2021; Pereira & Wahi, 2021)	6
2	2020	(Brinia et al., 2020; Nasim et al., 2020; Soria-García & Martínez-Lorente, 2020)	10
3	2019	(Ayala et al., 2019; Mahajan & Golahit, 2019; Mourato & Patrício, 2019; Musundire & Dreyer, 2019)	7
4	2018	(Arribas & Martínez-Mediano, 2018; Brits, 2018; Ramdass & Nemavhola, 2018; Rodriguez et al., 2018; Singh & Chaudhary, 2018)	24
5	2017	(Cao & Jiang, 2017; Diaz & Martinez-Mediano, 2017; Psomas & Antony, 2017; Senol & Dagli, 2017; Yu et al., 2017)	29
6	2016	(Aminbeidokhti et al., 2016; Yavuz & Gulmez, 2016)	19
7	2015	(Chang et al., 2015; Diaz & Mediano, 2015)	15
8	2013	(Pomeda & Casani, 2013)	1
9	2012	(Altunay et al., 2012; Peck & Reitzug, 2012)	20
10	2009	(Aksu, 2009; Leng, 2009)	2

Tabla 3 – Resumen de las publicaciones en orden cronológico descendente

3.3. Análisis de la producción científica

En la Tabla 4 podemos observar el país de origen de las publicaciones encontradas. El país con mayor número de publicaciones es España, con 7 publicaciones, alcanzando un 20% del total de artículos. Mientras que figuran 7 países con sólo una publicación. Así mismo, no se encontraron publicaciones sobre TQM en Educación en países de la región de Latinoamérica y el Caribe.

Países/regiones	Frecuencia	% de 35
España	7	20.000
Turquía	5	14.286
Estados Unidos	4	11.429
República Popular China	3	8.571
Sudáfrica	3	8.571
Grecia	2	5.714
India	2	5.714
Portugal	2	5.714

Países/regiones	Frecuencia	% de 35
Escocia	2	5.714
Taiwán	2	5.714
Australia	1	2.857
Gana	1	2.857
Irán	1	2.857
Filipinas	1	2.857
Rusia	1	2.857
Arabia Saudita	1	2.857
Singapur	1	2.857

Tabla 4 – País de origen de las publicaciones encontradas

Como resultado de la investigación, según la clasificación de Web of Science, se encontraron 33 artículos, que representan un 94.29% del total de publicaciones, 2 artículos de revisión que representan un 5.71% y un artículo de Acceso Anticipado que representa el 2.86%. Para la búsqueda se utilizó la lista de revistas de Web of Science, encontrando una frecuencia de 20 (57.14%) artículos en la indexación de Emerging Sources Citation Index (ESCI) y 15 (42.86%) artículos en Social Sciences Citation Index (SSCI). En la Tabla 5 se observa el número de artículos publicados por revista. En consecuencia, se encontraron 4 revistas que presentan más de una publicación, siendo Quality Assurance In Education la revista con mayor número de publicaciones (7) que representan un 19.9% del total.

Nombre de la revista	Nº de artículos
Africa Education Review	1
Asia-Pacific Education Researcher	1
Cogent Education	1
Educación XX1	1
Educational Administration Quarterly	1
Educational Assessment Evaluation And Accountability	1
Egitim Ve Bilim-Education And Science	2
Eurasia Journal Of Mathematics Science And Technology Education	3
Eurasian Journal Of Educational Research	1
Higher Education Quarterly	1
Journal Of Applied Research In Higher Education	1
Journal Of Baltic Science Education	1
Journal Of Education For Business	1
Journal Of Hospitality Leisure Sport & Tourism Education	1

Nombre de la revista	Nº de artículos
Journal Of International Education In Business	1
Kuram Ve Uygulamada Egitim Bilimleri	1
Obrazovanie i Nauka-Education And Science	1
Online Learning	1
Quality Assurance in Education	7
Revista Complutense de Educacion	1
Revista Electronica Interuniversitaria de Formacion del Profesorado	1
South African Journal of Higher Education	1
Studies in Higher Education	2
Turkish Online Journal of Distance Education	1
Yuksekogretim Dergisi	1
Total General	35

Tabla 5 – Número de artículos publicados por revista

En la Figura 1, se aprecia el número de citas de los artículos seleccionados por año (2009–2021), y se observa que se ha mantenido un crecimiento constante pasando de 0 en 2009 a 35 citaciones en 2021.

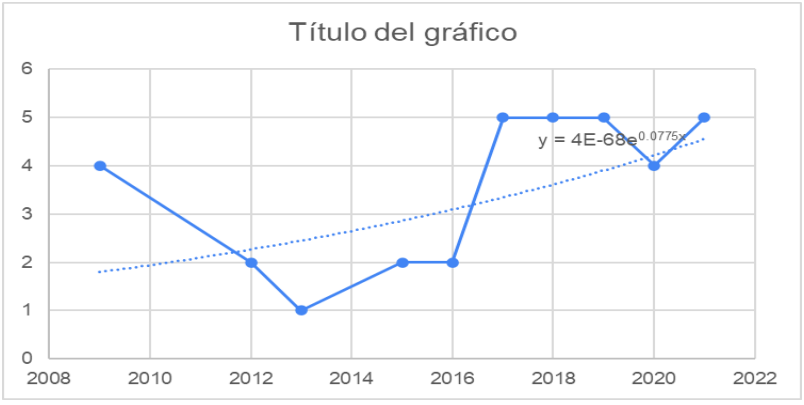


Figura 1 – Tendencia de citas de los artículos analizados (2009 – 2021)

En la Tabla 6 se presenta la caracterización genérica de los artículos publicados. En el método de investigación, se encontraron 30 artículos empíricos y 5 teóricos, que representan un 85.71% y 14.29% respectivamente. Así mismo, en cuanto al enfoque de investigación, se encontraron 9 artículos cualitativos (25.71%), 15 cuantitativos (42.86%), 6 mixtos (17.14%) y 6 de carácter teórico (14.29%).

		Frecuencia	%
Método de investigación	Empírica	30	85.71
	Teórica	5	14.29
Enfoque de Investigación	Cualitativo	9	25.71
	Cuantitativo	15	42.86
	Mixto	6	17.14
	Teórico	5	14.29

Tabla 6 – Caracterización genérica

En la Tabla 7, sobre a la caracterización temática, se puede observar que, de los artículos encontrados por su número de variables son: 10 investigaciones con una sola variable (28.57%), 4 investigaciones utilizaron 2 variables (11.43%), 4 investigaciones utilizaron 3 variables (11.43%), 7 investigaciones usaron más de 3 variables y 10 de ellas fueron de carácter cualitativo, por tanto, sin variables. Así mismo, en cuanto al ámbito de aplicación se observa que: 10 investigaciones (28.57%) fueron realizadas en Educación Básica Regular y 25 de ellas (71.43%) en Educación Superior.

Característica		**Frecuencia**	**%**
Número de variables	1 variable	10	28.57
	2 variables	4	11.43
	3 variables	4	11.43
	Más de 3 variables	7	20.00
	Sin variables (estudio cualitativo)	10	28.57
Ámbito de aplicación	Educación Básica Regular	10	28.57
	Educación Superior	25	71.43

Tabla 7 – Caracterización temática

La Tabla 8 presenta la caracterización metodológica. En cuanto al grupo de trabajo, una analizó documentos (2.865), 30 realizaron una muestra (85.71%), y 4 usaron muestra de artículos (11.43%). Respecto al tipo de muestreo, 5 no aplicaron muestreo (14.29%), 24 usaron el muestreo no probabilístico (68.57%), 3 usaron muestreo probabilístico (8.57%) y 3 usaron muestreo probabilísticos y no probabilísticos (8.57%). En cuanto a las técnicas/instrumentos de evaluación 13 de ellas usaron cuestionario (37.14%), 7 usaron la entrevista, 2 no presentaron información, y 13 usaron diversas técnicas e instrumentos de evaluación. Respecto al diseño/adaptación/validación de los instrumentos, 20 se clasifican por el autor del artículo, 5 no aplican puesto que son de revisión, 4 por el autor del instrumento, 3 usan más de un diseño y 3 no refieren información. En cuanto a las técnicas de análisis de datos En cuanto a las técnicas de análisis de datos, 8 realizaron estadística multivariable, 7 realizaron análisis cualitativos, 6 fueron descriptivos, 5 usaron más de un tipo de análisis, 4 realizaron revisión sistemática de literatura, 3 no presentan información, 2 realizaron análisis inferencial paramétrica.

Característica		Frecuencia	%
Grupo de trabajo	Documentos	1	2.86
	Muestra	30	85.71
	Muestra de artículos	4	11.43
Tipo de muestreo	No aplica (Artículo de revisión)	5	14.29
	No probabilístico	24	68.57
	Probabilístico	3	8.57
	Probabilístico y no probabilístico	3	8.57
Técnicas/Instrumentos de evaluación	Cuestionario	13	37.14
	Entrevista	7	20.00
	Escalas	2	5.71
	Inventarios	1	2.86
	Más de uno	2	5.71
	No presenta la información	2	5.71
	Otros	4	11.43
	Reactivos ad oc	2	5.71
	Test psicométricos	2	5.71
Diseño/Adaptación/ validación del instrumento	Más de una	3	8.57
	No aplica (artículo de revisión)	5	14.29
	No refiere información.	3	8.57
	Por el autor del artículo	20	57.14
	Por el autor del instrumento	4	11.43
Técnicas de análisis de datos	Análisis cualitativo	7	20.00
	Descriptiva	6	17.14
	Estadística multivariable	8	22.86
	Inferencial paramétrica	2	5.71
	Más de uno	5	14.29
	No presenta la información	3	8.57
	Revisión sistemática de la literatura	4	11.43

Tabla 8 – Caracterización metodológica

En la Tabla 9 se presenta la caracterización muestral. En cuanto a la unidad de análisis se encontraron 5 artículos empíricos (14.29%) usados como muestra y 30 artículos que utilizaron a personas como unidad de análisis (85.71%) Sobre el tipo de población, un artículo usó más de un tipo de población (2.86%), 5 no aplican puesto que son de revisión (14.29%), 3 no presentan información (8.57%) y 26 usaron población urbana (74.29%) Respecto a la locación del muestreo 5 fueron realizados en España y 5 en Turquía, en tanto que en otras latitudes los estudios no superan los 3 casos.

Característica		Frecuencia	%
Unidad de análisis	Artículos empíricos	5	14.29
	Personas	30	85.71
Tipo de población	Más de uno	1	2.86
	Urbana	26	74.29
	No aplica (artículo de revisión)	5	14.29
	No presenta la información	3	8.57
Locación de la muestra	China	2	5.71
	España	5	14.29
	Estados Unidos	3	8.57
	Filipinas	1	2.86
	Gana	1	2.86
	Grecia	2	5.71
	India	2	5.71
	Irán	1	2.86
	Países Bajos y Portugal	1	2.86
	Portugal	1	2.86
	Singapur	1	2.86
	Sudáfrica	2	5.71
	Taiwán	2	5.71
	Turquía	5	14.29
	No aplica (artículo de revisión)	5	14.29
	No presenta la información	1	2.86

Tabla 9 – Caracterización muestral

En la Tabla 10 se presenta la caracterización documental. Para el análisis descriptivo de la cantidad de referencias, se observa que la media de referencias es de 53.51%, siendo que el máximo de referencias alcanza 243 citas mientras que el mínimo es de 16 citas. En cuanto al año de publicación se analizó desde el año 2009 al 2021. En cuanto a la actualidad de referencias, 32 artículos (91.43%) utilizan citas mayores a 10 años de antigüedad, mientras que solo 3 (8.57%) utilizan referencias dentro de los últimos 10 años. Respecto a los idiomas, 33 artículos (94.29%) han sido publicados en inglés, 1 en ruso (2.86%) y 1 en Turco (2.86%) En cuanto a la aplicación del consentimiento informado, 28 de ellos (80%) no reportan aplicación, 5 no aplican (14.29%) y 2 (5.71%) si reportan aplicación de consentimiento informado.

Característica		Valor o Frecuencia	%
Análisis descriptivo de cantidad de referencias de cada artículo	Media	53,51	•
	DE	38,33	•
	Mínimo	16	•
	Máximo	243	•
Análisis descriptivo del año de publicación	Mínimo	2009	•
	Máximo	2021	•
Actualidad de referencias	Más de 10 años	32	91.43
	Últimos 10 años	3	8.57
Idiomas	Inglés	33	94.29
	Ruso	1	2.86
	Turco	1	2.86
Se reporta la aplicación consentimiento informado	No	28	80.00
	Sí	2	5.71
	No aplica (Artículo de revisión)	5	14.29

Tabla 10 – Caracterización documental

4. Discusiones y conclusiones

Este trabajo se centra en un enfoque de calidad denominado TQM que permite asegurar altos estándares de calidad enfocado en el cliente, considerado como un método que mantiene una mejora continua en todas las áreas de la organización de manera integrada (Maureira, 2018). El TQM se presenta en la literatura como un método que permite mejorar los sistemas educativos, con el respaldo de estudios que muestran que a nivel universitario existe una relación positiva entre el TQM y el éxito del estudiante (Valenzuela & Rosas, 2007). Con la intención de responder al objetivo, este trabajo muestra los artículos científicos analizados detalladamente, teniendo en cuenta el enfoque TQM aplicado al área educativa, excluyendo las demás áreas del conocimiento a partir de una ecuación de búsqueda implementada en Web of Science. El análisis bibliométrico de la base de datos consultada, muestra que, según el país de origen de las publicaciones España es el país con mayor número de artículos publicados en relación al TQM, divulgados en la revista Quality Assurance in Education (Pegalajar, 2021).

Los resultados muestran que, en cuanto a la caracterización genérica, se publicaron más artículos empíricos y de enfoque cuantitativo que de revisión y de enfoques cualitativo y mixto, aunque en estudios previos se ha identificado en otra base de datos un similar número de publicaciones de enfoque cualitativo y cuantitativo (Name et al., 2009), manteniéndose una predominancia de lo empírico sobre lo teórico, algo ya reportado anteriormente en investigaciones de gestión de la calidad (Del Río & Martínez, 2007). En cuanto a la caracterización temática, se pudo observar que existe una tendencia a realizar estudios cuantitativos de una sola variable, así como estudios cualitativos, realizados mayormente en el contexto de la educación superior.

En cuanto a la caracterización metodológica, la mayoría de los artículos consideraron una muestra de personas determinada a través de muestreos no probabilísticos, utilizando mayormente escalas, con una predominancia de la elaboración de instrumentos por parte de los autores de los artículos identificados y variadas técnicas de análisis cuantitativo y cualitativo. En lo referente a la caracterización muestral, la mayoría de las unidades de análisis fueron personas, a excepción de los artículos teóricos, que analizaron documentos o artículos empíricos, con una mayor predominancia de muestras urbanas, con locación de la muestra en diversos países del mundo con una mayor predominancia de España y Turquía. Respecto a la caracterización documental, se tuvo una media de 53 referencias, con un mínimo de 16 y un máximo de 243, con predominancia del idioma inglés, mayormente sin reportar el consentimiento informado, observándose que en cada artículo existen referencias con una antigüedad mayor a 10 años.

Se concluye a partir de los resultados obtenidos, que existe la necesidad de realizar investigaciones en lo concerniente al TQM en Educación para Latinoamérica. El estudio tuvo la limitación de que se realizó la revisión de artículos científicos de WoS sin considerar otras bases de datos como SCOPUS o Scielo. Para futuras investigaciones bibliométricas se recomienda incluir en el análisis, artículos indexados en las bases de datos de SCOPUS y Scielo.

Referencias

Aksu, A. (2009). Total Quality Management and Visionary Leadership in Primary Schools. *Education and Science*, *34*(153), 99–116. https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000268290900009

Aljuwaiber, A. (2021). Changing attitudes through interactive learning: The impact of teaching total quality management on students' everyday lives. *Journal of Education for Business*, 1–11. https://doi.org/10.1080/08832323.2021.1967840

Altunay, E., Arli, D., & Yalcinkaya, M. (2012). A Qualitative Study on Change Management in Primary Schools Award Winning and Non-Award Winning Schools Case in Study of TQM. *Educational Sciences: Theory & Practice*, *12*(2), 725–730. https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000306065700008

Aminbeidokhti, A., Jamshidi, L., & Mohammadi Hoseini, A. (2016). The effect of the total quality management on organizational innovation in higher education mediated by organizational learning. *Studies in Higher Education*, *41*(7), 1153–1166. https://doi.org/10.1080/03075079.2014.966667

Andali, R. C., Rodriguez, K., Labrada, R., Sánchez, O. M., & Reyes, E. C. (2010). Improved procedure for the literature search from PubMed-Medline through Hinari. *Revista Cubana de ACIMED*, *21*, 346–375.

Arribas, J. A., & Martínez-Mediano, C. (2018). The impact of ISO quality management systems on primary and secondary schools in Spain. *Quality Assurance in Education*, *26*(1), 2–24. https://doi.org/10.1108/QAE-06-2016-0028

Ayala, S., Hernández, F., & Monroy, F. (2019). Análisis cualitativo de la implantación del Marco Común de Evaluación (CAF Educación) en centros de Educación Primaria de la Región de Murcia. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, *22*(1), 195–208. https://doi.org/10.6018/reifop.22.1.346881

Benzaquen, J. (2018). La ISO 9001 y la Administración de la Calidad Total en las Empresas Peruanas. *Universidad & Empresa*, *20*(35), 281–312. https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.6056

Brinia, V., Poullou, V., & Panagiotopoulou, A.-R. (2020). The philosophy of quality in education: a qualitative approach. *Quality Assurance in Education*, *28*(1), 66–77. https://doi.org/10.1108/QAE-06-2019-0064

Brits, H. J. (2018). A quest for waste reduction at institutions of higher learning: Investigating the integration of Six Sigma and Lean Six Sigma methodologies with total quality management. *South African Journal of Higher Education*, *32*(4), 37–50. https://doi.org/10.20853/32-4-2582

Cao, Y., & Jiang, H. (2017). An empirical study on the quality of entrepreneurship education based on performance excellence management. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *13*(8), 5663–5673. https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.01020a

Chang, S. H., Yu, L. C., Kuo, Y. K., Mai, Y. T., & Chen, J. D. (2015). Applying Online Peer Assessment With Total Quality Management To Elevate Project-Based Learning Performance. *Journal of Baltic Science Education*, *14*(3), 379-390 WE-Social Science Citation Index (SSCI). http://www.scientiasocialis.lt/jbse/files/pdf/vol14/379-390.Chang_JBSE_Vol.14_No.3.pdf

Del Río, M. C., & Martínez, M. (2007). Tendencias de la investigación empírica en el ámbito de la gestión de la calidad. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de La Empresa*, *13*(1), 91–102. https://www.econstor.eu/handle/10419/54407

Diaz, J. A. A., & Martinez-Mediano, C. (2017). Analysis and valuation of the implementation of quality management systems ISO 9001 and its impact on schools. *Revista Complutense de Educación*, *28*(4), 1137–1154. https://doi.org/10.5209/RCED.51616 WE - Emerging Sources Citation Index (ESCI)

Diaz, J. A. A., & Mediano, C. M. (2015). El programa AUDIT de la ANECA y las normas internacionales ISO 9000. Análisis comparativo. *Educación XX1*, *18*(2), 375–395. https://doi.org/10.5944/educXX1.13938

Garfield, E. (1955). Citation Indexes for Science. *Science*, *122*, 108–111.

Gonzalez, M. E., Quesada, G., Martinez, J. L., & Gonzalez-Cordoba, S. (2021). Global education: using lean tools to explore new opportunities. *Journal of International Education in Business*, *14*(1), 37–58. https://doi.org/10.1108/JIEB-11-2018-0052 WE - Emerging Sources Citation Index (ESCI)

Ho, Y. S., Cavacece, Y., Moretta Tartaglione, A., & Douglas, A. (2022). Publication performance and trends in Total Quality Management research: a bibliometric analysis. *Https://Doi.Org/10.1080/14783363.2022.2031962*. https://doi.org/10.1080/14783363.2022.2031962

Horng, J.-S., Teng, C.-C., & Baum, T. (2009). Evaluating the quality of undergraduate hospitality, tourism and leisure programmes. *The Journal of Hospitality Leisure Sport and Tourism*, *8*(1), 37–54. https://doi.org/10.3794/johlste.81.200

Iqubal, A., Banerjee, R., Raza Khan, Z., & Bandhu Dixit, R. (2017). ConstructionDisputes in Construction Work Sites and Their Probable Solutions. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, *8*(3), 74–81. http://iaeme.com/Home/issue/IJCIET?Volume=8&Issue=3

Jiménez, D., Muñoz, P., & Sánchez, F. S. (2021). La Competencia Digital Docente, una revisión sistemática de los modelos más utilizados. *Revista Interuniversitaria de Investigación En Tecnología Educativa*, 105–120. https://doi.org/10.6018/riite.472351

Korshunov, I. A., Chakhoyan, G. A., Tyunin, A. M., & Lyakhovetskaya, E. L. (2021). Modern types of consulting in the management system of an educational organisation. *The Education and science journal*, *23*(1), 73–101. https://doi.org/10.17853/1994-5639-2021-1-73-101

Kwarteng, A. J. (2021). An assessment of outcome criteria associated with the implementation of TQM in a higher education institution in Ghana. *Cogent Education*, *8*(1). https://doi.org/10.1080/2331186X.2020.1859198

Leng, N. W. (2009). Total Quality Management Principles that Influence the Integration of Information and Communications Technology into the Classroom. *The Asia-Pacific Education Researcher*, *18*(2), 317–327. https://ejournals.ph/article.php?id=3940

Mahajan, P., & Golahit, S. (2019). Service marketing mix as input and output of higher and technical education: A measurement model based on students' perceived experience. *Journal of Applied Research in Higher Education*, *12*(2), 151–193. https://doi.org/10.1108/JARHE-01-2019-0022

Maureira, Ó. (2018). Prácticas del liderazgo educativo: Una mirada evolutiva e ilustrativa a partir de sus principales marcos, dimensiones e indicadores más representativos. *Revista Educación*, *42*(1), 1–19. https://doi.org/10.15517/revedu.v42il.22115

Melão, N., & Loureiro, J. (2017). ERP in the Education Sector: Evidence from Portuguese Non-higher Education Institutions. *World Conference on Information Systems and Technologies*, 592–602. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56535-4_59

Mourato, J., & Patrício, M. T. (2019). Evaluation and control process in higher education institutions: a comparative analysis. *Quality Assurance in Education*, *27*(3), 269–284. https://doi.org/10.1108/QAE-02-2019-0019

Mourato, J., Patrício, M. T., Loures, L., & Morgado, H. (2021). Strategic priorities of Portuguese higher education institutions. *Studies in Higher Education*, *46*(2), 215–227. https://doi.org/10.1080/03075079.2019.1628202

Musundire, A., & Dreyer, J. M. (2019). Effectiveness of the Clinical Supervision Strategy as a Tool for Improving Teaching Quality: Perceptions of South African School-Based Managers and Educators. *Africa Education Review*, *16*(2), 109–125. https://doi.org/10.1080/18146627.2018.1454841

Name, L., Name, F., Training, O., Training, P., Darin, C., Training, R. O., Kimberly, M., Deepa, G., Board, E., Principal, E., Primary, I., Systems, F., Study, E. B., & Co-investigator, N. (2009). Tendencias de los enfoques cualitativos y cuantitativos en artículos publicados en scientific library online (scielo). *Paradígma*, *30*(2), 1–5. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1011-22512009000200012

Nasim, K., Sikander, A., & Tian, X. (2020). Twenty years of research on total quality management in Higher Education: A systematic literature review. *Higher Education Quarterly*, *74*(1), 75–97. https://doi.org/10.1111/hequ.12227

Ömürgönülşen, M., Eryiğit, C., Özkan Tektaş, Ö., & Soysal, M. (2021). Enhancing the Quality of a Higher Education Course: Quality Function Deployment and Kano Model Integration. *Yuksekogretim Dergisi*, *10*(3), 312–327. https://doi.org/10.2399/yod.19.560956

Peck, C., & Reitzug, U. C. (2012). How Existing Business Management Concepts Become School Leadership Fashions. *Educational Administration Quarterly*, *48*(2), 347–381. https://doi.org/10.1177/0013161X11432924

Pegalajar, M. (2021). Implicaciones de la gamificación en Educación Superior: Una revisión sistemática sobre la percepción del estudiante. *Revista de Investigacion Educativa*, *39*(1), 169–188. https://doi.org/10.6018/RIE.419481

Pereira, A. S., & Wahi, M. M. (2021). Development and testing of a roleplaying gamification module to enhance deeper learning of case studies in an accelerated online management theory course. *Online Learning Journal*, *25*(3), 101–127. https://doi.org/10.24059/olj.v25i3.2273

Pomeda, J. R., & Casani, F. (2013). Higher officials' training needs on managerial competencies in spanish universities: Preliminary findings. *Egitim Arastirmalari - Eurasian Journal of Educational Research*, *50*, 43–62. https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1059848.pdf

Psomas, E., & Antony, J. (2017). Total quality management elements and results in higher education institutions: The Greek case. *Quality Assurance in Education*, *25*(2), 206–223. https://doi.org/10.1108/QAE-08-2015-0033

Rajan, J., & Biju, S. (2022). Total Quality Management in Local Governments of Kerala, India: Some Insights for Replication. *International Journal of Community and Social Development*, *4*(1), 39–60. https://doi.org/10.1177/25166026221079159

Ramdass, K., & Nemavhola, F. (2018). Quality practices: An open distance learning perspective. *Turkish Online Journal of Distance Education*, *19*(1), 234–246. https://doi.org/10.17718/tojde.382806

Reverter-Masia, J., Hernández-González, V., Jové-Deltell, C., & Legaz-Arrese, A. (2016). Faculty-officials' web of science and scopus production with 6 years in sports science in Spain. *Revista Interamericana de Bibliotecologia*, *39*(2), 149–162. https://doi.org/10.17533/udea.rib.v39n2a06

Rodriguez, J., Valenzuela, M., & Ayuyao, N. (2018). TQM paradigm for higher education in the Philippines. *Quality Assurance in Education*, *26*(1), 101–114. https://doi.org/10.1108/QAE-12-2015-0048

Sciarelli, M., & Hani Gheith, M. T. (2020). The relationship between soft and hard quality management practices, innovation and organizational performance in higher education. *The TQM Journal*, *32*(6), 1349–1372. https://doi.org/10.1108/TQM-01-2020-0014

Senol, H., & Dagli, G. (2017). Increasing Service Quality in Education: Views of Principals and Teachers. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *13*(8), 4857–4871. https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00969a

Singh, R. K., & Chaudhary, P. (2018). Measuring impact of organizational culture on creativity in higher education. *Quality Assurance in Education*, *26*(4), 410–422. https://doi.org/10.1108/QAE-04-2018-0041

Sinha, A., & Singh, A. (2020). Role of erp and total quality management in education. *Zenodo*, *First*, 1–25. https://doi.org/10.5281/zenodo.4292157

Soria-García, J., & Martínez-Lorente, Á. R. (2020). The influence of culture on quality management practices and their effects on perceived service quality by secondary school students. *Quality Assurance in Education*, *28*(1), 49–65. https://doi.org/10.1108/QAE-10-2018-0112

Uzun, M., & Çetinsöz, B. C. (2022). A bibliometric analysis of total quality method literature in tourism for the last 19 years. *Journal of Tourism Theory and Research*, *8*(2), 47–52. https://doi.org/10.24288/JTTR.1109195

Valenzuela, L., & Rosas, J. (2007). Los criterios de Baldridge aplicados a la gestión por calidad total y a la excelencia en el desempeño de la educación universitaria. *Horizintes Empresariales*, *6*(1), 37–48. http://revistas.ubiobio.cl/index.php/HHEE/article/view/2057

Worlu, R. E., & Obi, J. N. (2019). Total Quality Management Practices and Organizational Performance. *Covenant Journal of Business & Social Sciences*, *10*(1), 106–129. https://doi.org/10.20370/agmx-8431

Yavuz, M., & Gulmez, D. (2016). The Assessment of Service Quality Perception in Higher Education. *Egitim Ve Bilim-Education And Science*, *41*(184), 251–265. https://app.trdizin.gov.tr/publication/paper/detail/TWpZeU56WXlNZz09

Yu, C.-P., Zhang, Z.-G., & Shen, H. (2017). The effect of organizational learning and knowledge management innovation on SMEs' technological capability. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *13*(8), 5475–5487. https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00842a

Zhang, C. (2018). *A bibliometric view on the use of Total Quality Management in Services Biographical Notes* [Master, Universidade do Porto]. https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/112578/2/271742.pdf

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 13/02/2024
Aceitação/Acceptance: 20/05/2024

Tecnologías de Información en el Aprendizaje del Lenguaje de Señas

Sussy Bayona-Oré [1], Javier Torres Rojas[2]

sbayonao@hotmail.com; jtorresr7@autonoma.edu.pe

[1, 2] Universidad Autónoma del Perú, Panamericana Sur Km. 16.3. Villa El Salvador, Lima, Perú.

Pages: 524-534

Resumen: Las tecnologías de información y comunicaciones (TIC) han sido reconocidas por ser un aliado estratégico de las organizaciones para mejorar productos y servicios. Así también han tenido un gran impacto en las personas, en las organizaciones de los diferentes sectores, en especial en el sector educación. Estas características han dado lugar al reconocimiento de su contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En el caso del grupo específico de personas con discapacidad, es importante lograr que participen en la sociedad en igualdad de condiciones. Las personas con discapacidad auditiva utilizan el lenguaje de señas para comunicarse entre las personas a través de expresiones faciales y corporales. En este artículo se presenta los resultados de la revisión de literatura de 25 artículos científicos sobre lenguaje de señas y las tecnologías emergentes que han sido utilizadas para mejorar la comprensión, la comunicación y la expresión del lenguaje de señas. Los resultados muestran que una de las tecnologías para mejorar el aprendizaje de las personas es machine learning. Técnicas como Convolutional Neural Network (CNN) y K-nearest neighbors (KNN) han sido utilizadas con tal propósito.

Palabras-clave: Machine learning; lenguaje de señas; expresión; comunicación; comprensión.

Information Technologies in Sign Language Learning

Abstract: Information and communication technologies (ICTs) have been recognized as a strategic ally of organizations to improve products and services. It has also greatly impacted people and organizations in different sectors, especially in the education sector. These characteristics have led to the recognition of their contribution to each of the 17 Sustainable Development Goals (SDGs). In the specific group of persons with disabilities, it is important to ensure their equal participation in society. People with speech difficulties use sign language to communicate with each other through facial and body expressions. This article aims to present the results of a literature review of 25 scientific articles to determine the studies conducted on sign language and emerging technologies that have been used to improve the understanding, communication and expression of sign language. The

results show that one of the technologies to improve human learning is machine learning. Techniques such as K-nearest neighbors (KNN) and Convolutional Neural Network (CNN) have been used.

Keywords: Machine learning; sign language; expression; communication; comprehension.

1. Introducción

Datos recientes de la Organización Mundial de la Salud (2024) indican que el 5% de la población mundial es sorda y casi el 15% de la población mundial tiene algún tipo de discapacidad. El principal medio de comunicación de las personas sordas y con discapacidad auditiva es la lengua de señas. Se trata de una forma de señalización manual, que requiere el movimiento y las señales visuales (Dhivyasri et al., 2021). Además, es un lenguaje completo con su propia gramática y sintaxis, no es simplemente una traducción visual del lenguaje hablado (Zakariah et al., 2022) y es distinto de las lenguas habladas (Sahoo, 2021).

La utilización de este medio tiene un impacto relevante en la vida de estas personas, dado que se comunican a través de gestos de manos, posturas, lenguaje facial y corporal (Shovkoplias et al., 2022). Además, la lengua de señas no es universal, ya que cada pais tiene una versión del lenguaje y para una efectiva comunicación es importante conocerlo a detalle (Nareshkumar & Jaison, 2023; Savur y Sahin, 2016). Además, cada variación del lenguaje tiene sus propias características (Sharma & Singh, 2021) y tienen sus propios alfabetos y gestos (Savur y Sahin, 2016).

Este lenguaje se compone de un conjunto estructurado de gestos que, con frecuencia, se utilizan como un medio de comunicación entre las comunidades con discapacidad auditiva (Sahoo, 2021). No todos los oyentes comprenden el lenguaje de señas, lo cual genera una barrera de comunicación, entre los usuarios nativos del lenguaje de señas y los oyentes. Con el fin de superar esta dificultad comunicativa, el reconocimiento del lenguaje de señas ha sido un asunto relevante en diversos campos de investigación, tales como la tecnología de sensores, visión por computadora, y la computación accesible (Zhou et al., 2022).

Para transmitir información de una persona a otra, los individuos siempre utilizan palabras. Para la sociedad, aprender el lenguaje de señas puede ser muy difícil, lo cual se convierte en un impedimento hacia las personas con discapacidades, que se ven afectadas, siendo aisladas. Una forma de cerrar esta brecha es aprender el lenguaje de señas.

Se pueden utilizar herramientas tecnológicas como el Machine Learning (Nareshkumar & Jaison, 2023) con el fin de facilitar el aprendizaje de esta habilidad. Machine learning es un subcampo de la inteligencia artificial que se enfoca en el desarrollo de algoritmos que permiten a los sistemas aprender y mejorar automáticamente a partir de la experiencia sin estar programados explícitamente (Kalbhor y Deshpande, 2018). Nguyen et al. (2019) sostiene que es un conjunto de técnicas computacionales que posibilitan a los sistemas el aprendizaje automático a partir de los datos y mejorar su rendimiento en una tarea particular sin ser programadas explícitamente.

Las técnicas de machine learning pueden ser utilizadas en el reconocimiento de gestos. El progreso en el reconocimiento de gestos en los lenguajes de señas de las manos puede tener un efecto positivo en la comunidad de individuos sordas y mudas, al reducir la disparidad de comunicación existente en la actualidad (Ewe et al., 2022). De igual forma, con el uso de la tecnología, las personas que no tienen dificultades auditivas pueden aprender y usar el lenguaje de señas, lo que puede influir positivamente en la comunicación y la inclusión social (Fadlilah et al., 2022).

El objetivo de este estudio es establecer como las aplicaciones basadas en machine learning mejoran el aprendizaje de los individuos con discapacidad auditiva. El análisis aborda tres dimensiones: comprensión, comunicación y expresión. Este estudio contribuye al conocimiento de Machine learning y las técnicas empleadas para mejorar el aprendizaje de personas con discapacidad auditiva.

2. Método

Se ha conducido una revisión de la literatura enfocado en determinar si la aplicación de machine learning mejora el aprendizaje de las personas con discapacidad auditiva. Para conducir la revisión de literatura se tomó en cuenta dos estudios anteriores (Peña & Bayona-Oré; Rivas & Bayona-Oré). Las bases de datos consideradas fueron: Scopus , IEEE Xplore y Web of Science.

Las terminos utilizados para elaborar la cadena de búsqueda fueron: "*Machine learning", "Sign language", methods y technique*s. Los criterios de inclusión fueron: (i) artículos publicados durante el periodo 2016-2022 y (ii) artículos escritos en inglés. Los criterios de exclusión fueron (i) artículos que no están relacionados con la aplicación de machine learning en el aprendizaje de lenguaje de señas, (ii) artículo completo no esta disponible y(iii) artículos duplicados.

Un total de 25 artículos científicos fueron seleccionados. Los datos relevantes fueron extraídos y registrados en una hoja de cálculo.

3. Resultados y Discusión

En esta sección se presenta los resultados de la revisión de literatura. En su gran mayoría los estudios tenían el enfoque cuantitativo y cualitativo. El análisis de los resultados se enfocó en tres dimensiones: comprensión, comunicación y expresión (Véase Figura 1)

3.1. Comprensión

La comprensión se refiere a entender lo que otros trasmiten en lenguaje de señas. Comprender el lenguaje de señas se fundamenta en la habilidad de comprender las características de los gestos y la selección de características relevantes (Siddiqui et al., 2021). Aprender el lenguaje de señas puede mejorar la comprensión y fomentar la inclusión de los individuos con discapacidad auditiva.

La capacidad de las personas sin discapacidad auditiva para comprender las necesidades y desafíos de aquellos con discapacidad auditiva, puede incrementar la inclusión social y la empatia (Alrubayi et al., 2021). La comprensión y la interacción entre individuos con

discapacidad auditiva y aquellos con capacidad auditiva se logra a través del dominio del lenguaje de señas (Sahoo, 2021).

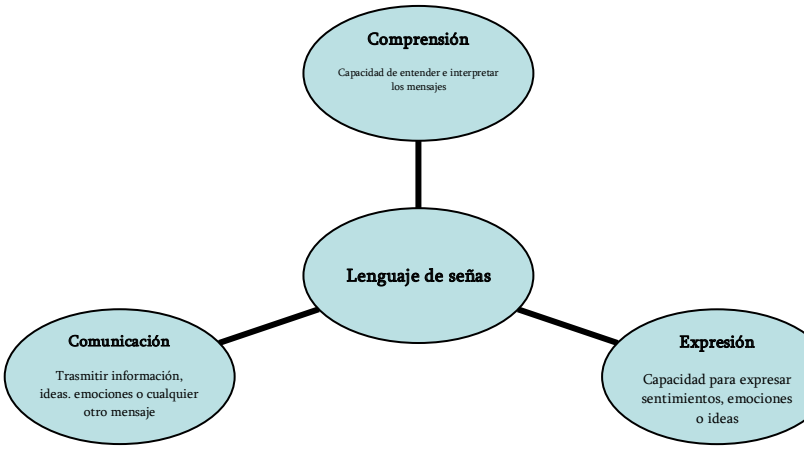


Figura 1 – Lenguaje de señas: comprensión, comunicación y expresión

En la Tabla 1 se presentan estudios realizados con la introducción de tecnologías de asistencia para comprender los gestos y patrones del lenguaje de señas.

Autor	Descripción
Escobedo et al. (2019)	En el reconocimiento del lenguaje de señas se utiliza las redes neuronales convolucionales. El uso de esta variante de redes neuronales permite una mayor comprensión de las señas y los gestos para aquellos que no oyen.
Dhanjal & Singh (2019)	Las tecnologías de asistencia que se fundamentan en el lenguaje de señas posibilitan una mayor accesibilidad de la información y la inclusión social de los individuos con discapacidad auditiva.
Sahana et al. (2020)	Comprender el lenguaje de señas desempeña un papel crucial en el reconocimiento de gestos manuales. Se considera imágenes de profundidad de los números del lenguaje de señas americano.
Shovkoplias et al., (2022)	La comprensión del lenguaje de señas es crucial para potenciar el desarrollo del procesamiento del lenguaje de señas a través del aprendizaje automático.
Shah et al. (2021)	La propuesta contiene una variedad de algoritmos que se presentan para la segmentación, tales como, agrupamiento de K-means, segmentación, umbralización, movimiento y segmentación interactiva, métodos basados en compresión, métodos basados en histogramas.
Zakariah et al. (2022)	Tener una comprensión previa de los patrones de señas en otros idiomas puede ayudar en la mejora del aprendizaje del lenguaje de señas.

Tabla 1 – Dimensión Comprensión

En el contexto del lenguaje de señas, la presencia de tecnologías emergentes ha propiciado desarrollar aplicaciones orientadas a la comprensión de gestos. Se destaca la importancia de comprender los movimientos y posición de los dedos para un reconocimiento preciso de las señas, especialmente a través de guantes inteligentes. Se hace hincapié en la función fundamental del aprendizaje automático y las redes neuronales en la comprensión de los patrones gestuales del lenguaje de señas, lo cual mejora la exactitud del reconocimiento. Se destaca el beneficio de las tecnologías de asistencia basadas en el lenguaje de señas con el fin de optimizar la accesibilidad e inclusión de los individuos con discapacidad auditiva. Asimismo, es importante comprender el lenguaje de señas para impulsar el desarrollo del procesamiento del mismo, mediante el aprendizaje automático. Además, tener una comprensión previa de los patrones de señas en otros idiomas puede facilitar su aprendizaje.

3.2. Comunicación

La comunicación establece conexiones entre las personas al permitirles transmitir mensajes, manifestar sus sentimientos internos e intercambiar pensamientos, tanto verbal como no verbal. La comunicación mediante el lenguaje de señas resulta esencial para integrar socialmente a los individuos con discapacidad auditiva. La comunicación a través de signos es un elemento esencial para los individuos con discapacidad auditiva, ya que la comunicación se produce mediante el reconocimiento del alfabeto en lenguaje de señas (Miah et al., 2022). La comunicación en el entorno del procesamiento de lenguaje de señas es la capacidad de transmitir información mediante signos textuales (Zhou et al., 2022; Nareshkumar & Jaison, 2023).

Las personas con discapacidad auditiva pueden establecer comunicación con otros individuos y comprender la información a través de signos gestuales. En la comunicación es necesario captar el significado del gesto de las manos para poder responder de manera adecuada (Bhushan et al., 2022). Las expresiones faciales, gestos de los ojos y labios, asentimiento con la cabeza, gestos con los hombros (Zakariah et al., 2022), así como los movimientos corporales (Sahoo, 2021; Shah et al., 2021) son empleadas para transmitir información. En la Tabla 2 se presentan estudios realizados mediante la introducción de tecnologías para mejorar la comunicación y la accesibilidad.

Como se muestra en la Tabla 2, las investigaciones relacionadas con la comunicación, se enfocan en el uso de técnicas de aprendizaje automático para el reconocimiento de patrones. En especial en la identificación y clasificación de los gestos estáticos empleados en el lenguaje de señas. Las máquinas de vector soporte contribuyen a la identificación de las letras del lenguaje de señas, lo cual implica una mejora significativa en la eficacia de la comunicación para aquellos con dificultades auditivas. El uso de la inteligencia artificial en el procesamiento del lenguaje de señas resulta de suma importancia, tanto desde una perspectiva social como tecnológica, al facilitar la accesibilidad y la comunicación para los individuos con discapacidad auditiva.

Autor	Descripción
Alrubayi et al. (2021)	A través de gestos estáticos en el lenguaje de señas malasio, se emplea el reconocimiento de patrones basado en técnicas de aprendizaje automático para identificar y clasificar estos gestos. La eficacia del modelo de reconocimiento de patrones fue confirmado con los resultados experimentales.
Bhushan et al. (2022)	En la comunicación, Los gestos de las manos juegan un papel importante. La comunicación entre las máquinas y las personas, propicica el reconocimiento de gestos de mano a través de aplicaciones con interfaz hombre-máquina.
Papastratis et al. (2020)	La comunicación a través del lenguaje de señas es un proceso complejo que requiere la coordinación de múltiples gestos de las manos y del cuerpo.
Shovkoplias et al., (2022)	Las aplicaciones de la inteligencia artificial se enfocan en mejorar la eficacia de la comunicación con personas con discapacidades auditivas y del habla. El procesamiento del lenguaje de señas mediante la inteligencia artificial es una tarea relevante tanto en el ámbito social como el tecnológico. Se requiere desarrollar herramientas informáticas para convertir una secuencia de gestos en texto.
Dhivyasri et al. (2021)	La comunicación a través del lenguaje de señas es relevante para las personas con discapacidad auditiva y el desarrollo de un sistema de interpretación de lenguaje de señas con la ayuda del aprendizaje automático mejora este aspecto.
Fadlilah et al. (2022)	Mediante la implementación de modelos precisos que optimizan la traducción de lenguaje de señas, se logran la comunicación y accesibilidad de los individuos con discapacidad auditiva.
Rosero-Montalvo et al. (2018)	Se presenta un sistema de guante electrónico inteligente que puede detectar números de lenguaje de señas con el propósito de optimizar el proceso de comunicación entre una persona sordomuda y otras personas.

Tabla 2 – Dimensión Comunicación

3.3. Expresión

Las personas con discapacidades auditivas expresan sus pensamientos y sentimientos a través del lenguaje de señas (Dhivyasri et al., 2021). Se trata de un conjunto de gestos y posturas (Kalbhor & Deshpande, 2018) y se define como la capacidad de transmitir información a través de signos gestuales, utilizados por las personas con discapacidad auditiva, para comunicarse (Nareshkumar & Jaison, 2023). Se puede trasmitir esta información mediante gestos con las manos y expresiones faciales en lugar de escuchar el sonido.

Cuando una persona sorda o con problemas de audición trata de expresar algo, usa gestos para comunicarse. Cada símbolo representa una letra, palabra o emoción diferente. Los signos, que tienen una estructura interna similar a las palabras habladas, se caracterizan por una combinación de formas de manos, posiciones y trayectorias de movimiento, orientaciones de la palma y los dedos y expresiones faciales (Papastratis et al., 2020). Una frase se forma mediante la combinación de señales. El mensaje o sentimiento se representa a través de una secuencia de signos manuales en conjunción, como elementos no manuales de la comunicación (Zakariah et al., 2022).

La mayoría de los léxicos del lenguaje de señas estan compuestos por gestos con las manos, que generalmente se combinan con expresiones faciales y movimientos corporales que

enfatizan las palabras o frases. Debido a este rasgo inherente, un gesto con la mano puede ser de naturaleza estática o dinámica (Ewe et al., 2022). En la Tabla 3 se presenta estudios llevados a cabo con la introducción de tecnologías para la dimensión expresión.

Autor	Descripción
Kalbhor & Deshpande (2018)	La expresión de ideas de las personas sordomudas, sin la asistencia de un intérprete, se facilita mediante el sistema de reconocimiento de lenguaje de señas.
Dhanjal & Singh (2019)	La etapa en la que se desarrolla una aplicación de aprendizaje del lenguaje de señas debe ser capaz de inculcar nuevos signos para generar un corpus amplio y efectivo que conduzca a la inclusión de gestos en lenguaje de señas con expresiones.
Sahana et al. (2020)	Los algoritmos de procesamiento de imágenes se utilizan para detectar y rastrear los signos de las manos y las expresiones faciales del usuario. Los enfoques de reconocimiento de gestos suelen abordar tres problemas principales, (i) la segmentación de la mano, (ii) la extracción de características y (iii) la clasificación.
Pramunanto et al. (2017)	El reconocimiento de rostros, palmas, expresiones emocionales y gestos con las manos en sistemas de reconocimiento desempeña una función muy importante en diversas aplicaciones, tales como, como la telemedicina, la biometría y las interfaces avanzadas para la interacción entre humanos y computadoras.

Tabla 3 – Dimensión Expresión

3.4. Técnicas más utilizadas

De la revisión se concluye que las técnicas más utilizadas fueron: (i) K-nearest neighbours (KNN) (Siddiqui et al., 2021; Dutta & Bellary., 2017; Bhushan et al., 2022), (ii) Convolutional neural network (CNN) (Nguyen & Do, 2019; Miah et al., 2022), (iii) Support vector machine (SVM) (Nguyen & Do, 2019; Lahiani & Neji, 2018; Savur & Sahin, 2016) y Decision tree (DT) (Mukai et al., 2017), entre otros.

3.5. Discusión

El reconocimiento automático del lenguaje de señas juega un rol relevante en la eliminación de la disparidad existente entre las comunidades sordas y las personas no tienen discapacidad. El reconocimiento y procesamiento del lenguaje de señas, tienen un efecto positivo en el aprendizaje y la accesibilidad para las personas con discapacidad auditiva. En cuanto a la dimensión comunicación, las aplicaciones de aprendizaje automático mejoran la comunicación y la accesibilidad para las personas con discapacidad auditiva. En lo que respecta a la dimensión expresión, los sistemas de reconocimiento de lenguaje de señas pueden optimizar la expresión de los individuos con discapacidad auditiva sin necesidad de un intérprete. Entre las técnicas más mencionadas en los estudios, se encuentran K-nearest neighbours (KNN), Support vector machine (SVM) y Convolutional neural network (CNN). Una limitación de este estudio es no haber considerado todas las bases de datos científicas, por lo que en futuros trabajos deben ser incorporados, además de ampliar el periodo de búsqueda.

4. Conclusiones

El lenguaje de señas es un tipo de comunicación no verbal que se lleva a cabo con partes del cuerpo, tales como gestos con las manos, posición y movimientos de las manos, brazos, expresiones faciales y movimientos de los labios. Se utiliza con frecuencia en la comunidad que tiene discapacidad auditiva. Las personas comprenden, se comunican y se expresan mediante el lenguaje de señas. A medida que surgieron las tecnologías emergentes, especialmente las técnicas de machine learning, se han concebido aplicaciones enfocadas en la mejora del aprendizaje del lenguaje de señas. Este artículo presenta los hallazgos de la revisión de literatura de 25 artículos científicos con el fin de determinar las aplicaciones que se sustentan en tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, para mejorar el aprendizaje de lenguaje de señas. Los hallazgos evidencian que el lenguaje de señas es fundamental para personas con discapacidad auditiva, lo cual les brinda la oportunidad de expresar pensamientos y emociones a través de expresiones faciales y gestos manuales.

Referencias

Alrubayi, A.., Ahmed, M., Zaidan, A., Albahri, A., Zaidan, B., Albahri, O., Alamoodi, A. &Alazab, M. (2021). A pattern recognition model for static gestures in malaysian sign language based on machine learning techniques. *Computers and Electrical Engineering*, 95(2021), 107383 https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107383.

Bhushan, S., Alshehri, M., Keshta, I., Chakraverti, A. K., Rajpurohit, J. & Abugabah, A. (2022). An Experimental Analysis of Various Machine Learning Algorithms for Hand Gesture Recognition. *Electronics* 11 (968), 1-15. https://doi.org/10.3390/electronics11060968.

Dhanjal, A. S., & Singh, W. (2019). Tools and Techniques of Assistive Technology for Hearing Impaired People. En *2019 International Conference on Machine Learning, Big Data, Cloud and Parallel Computing (COMITCon)* (pp. 205-210). doi:10.1109/comitcon.2019.8862454

Dhivyasri, S., Krishnaa Hari, K. B., Akash, M., Sona, M., Divyapriya, S., & Krishnaveni, V. (2021). An efficient approach for interpretation of Indian sign language using machine learning. En *Proceedings of the 2021 3rd International Conference on Signal Processing and Communication, ICPSC,* 2021, (pp. 130–133). https://doi.org/10.1109/ICSPC51351.2021.9451692

Dutta, K., & Bellary, S. (2017). Machine learning techniques for Indian sign language recognition. En *Proceedings of the 2017 International Conference on Current Trends in Computer, Electrical, Electronics and Communication (CTCEEC)*, 2017 (pp. 333-336). https://doi.org/10.1109/ctceec.2017.8454988

Escobedo, E., Ramirez, L., & Camara, G. (2019). Dynamic sign language recognition based on convolutional neural networks and texture maps. En Proceedings of the 2019 32nd SIBGRAPI Conference on Graphics, Patterns and Images (SIBGRAPI), 2019 (pp. 265-272) https://doi.org/10.1109/sibgrapi.2019.00043

Ewe, E., Lee, C., Kwek, L., & Lim, K. (2022). Hand gesture recognition via lightweight VGG16 and ensemble classifier. Applied Sciences (Switzerland), 12(15), 7643. https://doi.org/10.3390/app12157643

Fadlilah, U., Prasetyo, R., Mahamad, A., Handaga, B., Saon, S., & Sudarmilah, E, (2022). Modelling of basic Indonesian Sign Language translator based on Raspberry Pi technology. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 22(3), 574–584. doi: 10.17586/2226-1494-2022-22-3-574-584.

Kalbhor, S., & Deshpande, A. (2018). Digit Recognition Using Machine Learning and Convolutional Neural Network. In *Proceedings of the 2018 2nd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)* (pp. 604-609). IEEE.

Lahiani, H., & Neji, M. (2018). Hand gesture recognition method based on HOG-LBP features for mobile devices. *Procedia Computer Science, 126*, 254–263. https://doi.org/10.1016/j.procS.2018.07.259

Martins, P., Rodrigues, H., Rocha, T., Francisco, M., & Morgado, L. (2015). Accessible Options for Deaf People in e-Learning Platforms: Technology Solutions for Sign Language Translation. *Procedia Computer Science, 67*, 263–272. https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.270

Miah, A., Shin, J., Hasan, M., & Rahim, M. (2022). BenSignNet: Bengali Sign Language Alphabet Recognition Using Concatenated Segmentation and Convolutional Neural Network. *Applied Sciences (Switzerland), 12*, 3933. https://doi.org/10.3390/app12083933

Mukai, N., Harada, N., & Chang, Y. (2017). Japanese fingerspelling recognition based on classification tree and machine learning. In *Proceedings of the 2017 NICOGRAPH International, NICOInt, 2017* (pp. 19–24). https://doi.org/10.1109/NICOInt.2017.9

Nareshkumar, M., & Jaison, B. (2023). A Light-Weight Deep Learning-Based Architecture for Sign Language Classification. *Intelligent Automation and Soft Computing, 35*(3), 3501–3515. https://doi.org/10.32604/iasc.2023.027848

Nguyen, H., & Do, H. (2019). Deep Learning for American Sign Language Fingerspelling Recognition System. In *Proceedings of the 2019 26th International Conference on Telecommunications (ICT)* (pp. 314-318). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICT.2019.8798856

Organización Mundial de la Salud *World Health Organisation+ (febrery 02, 2024). Sordera y perdida de la audición. [Deafness and hearing loss]. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss

Papastratis, I., Dimitropoulos, K., Konstantinidis, D., & Daras, P. (2020). Continuous Sign Language Recognition through Cross-Modal Alignment of Video and Text Embeddings in a Joint-Latent Space. *IEEE Access, 8*, 91170–91180. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2993650

Peña, M. R., & Bayona-Oré, S. (2018). Process mining and automatic process discovery. En *2018 7th International Conference On Software Process Improvement (CIMPS)* (pp. 41-46). IEEE.

Pramunanto, E., Sumpeno, S., & Legowo, R. (2017). Classification of hand gesture in Indonesian sign language system using Naive Bayes. In *Proceedings of the 2017 International Seminar on Sensors, Instrumentation, Measurement and Metrology (ISSIMM), 2017 (pp. 187-191)*. doi:10.1109/issimm.2017.8124288

Rivas, M. H., & Bayona-Oré, S. (2019). Algoritmos de Minería de Proceso para el Descubrimiento Automático de Procesos. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (31), 33-49.

Rosero-Montalvo, P., Godoy-Trujillo, P., Flores-Bosmediano, E., Carrascal-Garcia, J., Otero-Potosi, S., Benitez-Pereira, H., & Peluffo-Ordonez, D. H. (2018). Sign Language Recognition Based on Intelligent Glove Using Machine Learning Techniques. In *Proceedings of the 2018 IEEE Third Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM, 2018, (pp. 1-5)*. doi:10.1109/etcm.2018.8580268

Sahana, T., Paul, S., Basu, S., & Mollah, A. (2020). Hand sign recognition from depth images with multi-scale density features for deaf mute persons. *Procedia Computer Science, 167*, 2043–2050. https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.243

Sahoo, A. (2021). Indian Sign Language Recognition Using Machine Learning Techniques. *Macromolecular Symposia, 397*(1), 1-7. https://doi.org/10.1002/masy.202000241

Savur, C., & Sahin, F. (2016). Real-time American sign language recognition system using surface EMG signal. In *Proceedings of the 2015 IEEE 14th International Conference on Machine Learning and Applications, ICMLA 2015* (pp. 497–502). https://doi.org/10.1109/ICMLA.2015.212

Shah, F., Saqlain Shah, M., Akram, W., Manzoor, A., Orban Mahmoud, R., & Abdelminaam, D. (2021). Sign Language Recognition Using Multiple Kernel Learning: A Case Study of Pakistan Sign Language. *IEEE Access, 9*(2021), 67548-67558. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3077386

Sharma, S., & Singh, S. (2021). Vision-based hand gesture recognition using deep learning for the interpretation of sign language. *Expert Systems with Applications, 182*, 115657. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115657

Shovkoplias, G., Strokov, D., Kasantsev, D., Vatian, A., Asadulaev, A., Tomilov, I., , Shalyto, A., & Gusarova, N. (2022). Improving sign language processing via few-shot machine learning. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics, 22*(3), 559–566. https://doi.org/10.17586/2226-1494-2022-22-3-559-566

Siddiqui, U., Ullah, F., Iqbal, A., Khan, A., Ullah, R., Paracha, S., Shahzad, H., & Kwak, K. (2021). Wearable-sensors-based platform for gesture recognition of autism spectrum disorder children using machine learning algorithms. *Sensors, 21*(10), 3319. https://doi.org/10.3390/s21103319

Zakariah, M., Alotaibi, Y. A., Koundal, D., Guo, Y. & Elahi, M. (2022). Sign Language Recognition for Arabic Alphabets Using Transfer Learning Technique. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, 1-15. https://doi.org/10.1155/2022/4567989.

Zhou, G., Zhou, Z., Tam, V. & Lam, E. (2022). A Portable Sign Language Collection and Translation Platform with Smart Watches Using a BLSTM-Based Multi-Feature Framework. *Micromachines*, 13(2), 333.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 04/03/2024
Aceitação/Acceptance: 14/06/2024

Implementación de Proyectos BPM y la Transformación Digital

Marcos Rivas Peña[1], Sussy Bayona-Oré[1]

mrivap@unmsm.edu.pe; sbayonao@unmsm.edu.pe

[1] Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Av. Carlos Germán Amezaga S/N - Cercado de Lima-Perú

Pages: 535-548

Resumen: En el proceso de implementación de iniciativas de Transformación Digital (TD) en las organizaciones, entre los factores críticos se encuentran la gestión y estandarización de los procesos, que le proporcionan valor agregado. Estos procesos deben ser flexibles para que se adapten a los cambios del entorno. La aplicación de prácticas BPM (Bussines Process Management) es esencial para mantener las organizaciones en vanguardia, mejorar el servicio al cliente y minimizar costos. Este artículo expone los resultados de una revisión de artículos publicados durante el periodo 2015-2022 acerca de los factores críticos, con el propósito de identificar las terminologías empleadas para los factores críticos en la implementación de BPM. Los resultados muestran que no existe una terminología estándar y debe de armonizarse los términos utilizados.

Palabras-claves: BPM; Gestión de Procesos de Negocios; Factores Críticos de Éxito; Reingeniería de Procesos; Transformación Digital, Defensa.

Implementation of BPM Projects and Digital Transformation

***Abstract*:** In the process of implementing Digital Transformation (DT) initiatives in organizations, among the critical factors are the management and standardization of the processes that provide added value. These processes need to be flexible so that you can adapt to changes in the environment. Applying BPM (Business Process Management) practices is essential to keep organizations at the forefront, improve customer service and minimize costs. This article presents the results of a review of articles published during the period 2015-2022 on critical factors, to identify the terminologies used for critical factors in the BPM implementation. The results show no standard terminology and the terms used must be harmonized.

Keywords: Business Process Management; Critical Success Factors; Total Quality Management; Continuous Improvement; Process Reengineering, Defense.

1. Introducción

En el proceso de transformación digital (TD) que experimentan las organizaciones es fundamental establecer estrategias enfocadas en mejorar la productividad, la calidad del producto y las operaciones. Los Departamentos de Defensa, al igual que cualquier otra organización, utilizan BPM para gestionar sus procesos de negocio (Gaheyr & Pascal, 2022). Gaheyr & Pascal (2022) quienes realizaron un estudio sobre los modelos de madurez BPM, por un lado, encontraron que BPM no recibe la misma atención y seriedad como por ejemplo las áreas de finanzas y compras, que son considerados más importantes. Por otro lado, encontraron que las iniciativas BPM y los planes de mejora en marcha no es coordinado de arriba hacia abajo, sino que se realizan de forma independiente en diferentes niveles y lugares. Asimismo, encontraron que el nivel de madurez de las instituciones públicas y no gubernamentales era más bajo que las instituciones privadas, lo que impacta en el rendimiento de procesos.

Waugh (2020) sostiene que la industria viene aprovechando las investigaciones sobre BPM, y que su no aplicación en Logística y Gestión de la Cadena de Suministro en los Departamentos de Defensa (DoD) puede tener un impacto negativo en la organización. Adiciona la importancia de establecer una relación estratégica entre la academia y las organizaciones para proporcionar capacidades en BPM.

En el proceso de TD, las organizaciones, como es el caso del DoD de EEUU, adoptan las tendencias de la tecnología digital que traen consigo disrupción e innovación (Waugh ,2022), por lo que es importante reconocer los factores que facilitan el proceso hacia el alcance de los objetivos organizacionales. Diversos estudios se han realizado sobre el impacto de los factores que condicionan el éxito de la TD. Dos factores que impactan en la TD, que han sido mencionados en la literatura científica, son la estandarización de los procesos y la integración de los datos (Cichosz et al., 2020), así como la simplificación de los procesos en el caso de que no tengan un valor agregado. Asimismo, la carencia de estándares claros ha sido identificada como un obstáculo para la TD (Kiel et al., 2017).

Lo anterior implica que las organizaciones deben tener la capacidad de administrar, optimizar y regular los procesos organizacionales. Un área que facilita conseguir tales mejoras es la Gestión de Procesos de Negocios (BPM - Business Process Management en inglés). En un entorno de negocios complejo y competitivo la inclusión de las practicas BPM es fundamental para que se mantengan en vanguardia las organizaciones (Szelągowski, 2019; Szelągowski & Berniak-Woźny, 2022), cada día se desea saber sobre la operatividad real de sus procesos, esta necesidad incentiva el desarrollo de nuevas técnicas como la minería de procesos (Rivas & Bayona-Oré, 2019; Rivas & Bayona-Oré, 2018). Asimismo, implementar BPM es esencial en el proceso de transformación empresarial digital (Melnyk et al., 2022).

BPM busca innovar de forma constante los procesos de negocios para optimizar el servicio al cliente y disminuir los costos (Beckett & Myers, 2018), así como la mejora continua (Castro et al., 2019). BPM es un enfoque necesario a implementar para mejorar el rendimiento empresarial, la competitividad y flexibilidad para adaptarse de manera rápida a los cambios (Gažová et al., 2022). El esfuerzo de una organización para adoptar BPM, debe fundamentarse en los beneficios esperados y alcanzados después de la implementación (Gabryelczyk et al., 2022).

La teoría de BPM se fundamenta en tres áreas diferentes: la gestión empresarial, la gestión de calidad y la gestión de Tecnologías de información (Gažová et al., 2022). BPM no es un programa de mejora continua, sino es un enfoque empresarial estratégico para alcanzar resultados innovadores en el rendimiento de los procesos y la satisfacción del cliente externo. BPM fue desarrollada como una herramienta de gestión, fundamental para ayudar a las empresas a prosperar e innovar y tiene como uno de sus principios satisfacer las necesidades del cliente. Las organizaciones que implementan BPM muestran una mayor competitividad y flexibilidad en adaptarse a las circunstancias. Desde que la experiencia mostró una gran cantidad de proyectos BPM fallidos, varios estudios intentaron identificar los Factores Críticos de Éxito (CSF's - critical success factors en inglés) de un proyecto BPM (Trkman, 2010). Los CSF representan para cualquier empresa, un número limitado de áreas esenciales, donde obtener resultados satisfactorios, asegurarán un desempeño competitivo exitoso (Rockart, 1979).

Diversos estudios se han conducido para determinar los factores críticos. En la industria electrónica se identificaron 16 factores en el cuarto nivel de madurez (Ranđelović et al., 2018) mientras que Gabryelczyk & Roztocki (2018) establecieron un marco para las economías en transición e identificaron 12 factores que afectan un proyecto BPM. El factor cultura fue examinado por (Beckett & Myers, 2018) en una compañía de seguros de Nueva Zelanda, mientras que Magalhães et al. (2018) evaluaron factores que contribuyen a la eficiencia, afirmando que el éxito no depende de una sola práctica, sino de una combinación de prácticas. Neder et al., (2018) encontraron que los factores gobierno, rendimiento y personas tenían un impacto positivo en la implementación de BPM, mientras que Aysolmaz et al. (2023) con la participación de expertos en BPM identificaron los factores, comunicación, apoyo de la Alta Dirección, metodología del proyecto, alineación del negocio con las tecnologías de información (TI) y la formación y empoderamiento.

Varios términos diferentes (por ejemplo, reingeniería de procesos de negocio, gestión basado en proceso, etc.) se usan a menudo para describir conceptos similares, hoy el término BPM engloba todos estos conceptos (Trkman, 2010). Si bien en los estudios se presentan los factores críticos, la denominación utilizada para dichos factores en los estudios en algunos casos coinciden y en otros difieren. En otros casos son mencionados de forma parcial.

El propósito de este artículo es determinar los aspectos relacionados con las denominaciones que se utilizan en los diversos estudios sobre los factores críticos de éxito en la implementación de BPM, mediante una revisión de literatura. El presente estudio aporta al área de conocimiento y puede ser utilidad para los profesionales y la academia y base para futuras investigaciones. Para tal fin, el estudio ha sido estructurado en cuatro secciones que incluye esta introducción. En la sección 2 se presenta el método y materiales. En la sección 3 se presenta los resultados. Finalmente, en la sección 4 se presenta las conclusiones.

2. Métodos y Materiales

Para conducir la revisión de literatura se consideró las fases de la técnica de revisión sistemática (Kitchenham, 2004). Las fases del método de revisión sistemática

consisten en (1) la planificación de la revisión, (2) la conducción de la revisión y (3) la divulgación de los resultados. El objetivo de la investigación consiste en determinar los distintos términos utilizados para los factores que deben ser considerados para una implementación exitosa de un proyecto BPM. La pregunta primaria de la investigación definida para el estudio es:

¿Cuáles son las denominaciones empleadas para los factores críticos de la implementación de un proyecto BPM?

La cadena de búsqueda fue elaborada en función a los términos: Business Process Management, BPM, Continuos Improvement, Business Process Reengineering y critical success factors. En la cadena de búsqueda se emplearon los operadores booleanos, "AND" y "OR". Se utilizaron las bases de datos ACM Digital Library, IEEE Xplore, Scopus, Web of Science y Sciencedirect. Se tomaron en cuenta los artículos publicados en el periodo 2015-2022. Los artículos seleccionados estaban relacionados con la implementación de un proyecto BPM y sus factores de éxito. No se incluyeron los artículos cortos y artículos con un lenguaje distinto al inglés o portugués. Los criterios de calidad incluyen (1) el artículo está centrado en la gestión basada en procesos, (2) los CSF han sido identificados, (3) los CSF son identificados a partir de casos de estudio o expertos, y (4) los hallazgos están justificados.

3. Resultados

El resultado principal de la investigación son las denominaciones que utilizan los diferentes autores para denominar los CSFs. Los factores han sido agrupados y se ha tomado un nombre representativo para el factor el que mayor número de veces ha sido citado en los artículos.

3.1. Descripción de los factores críticos

Mediante la revisión de literatura se identificaron los factores críticos de éxito mencionados en los artículos científicos seleccionados. Se han considerado los factores de éxito con mayor frecuencia. El nombre del factor fue elegido por ser el nombre más representativo por ser los más citados. En el proceso de implementación de BPM, las personas juegan un rol importante, ya que son quienes definen y ejecutan los procesos organizacionales. La mejora continua requiere una gestión basada en hechos y sobre todo contar con el compromiso de los colaboradores quienes trabajan en equipo para promover la mejora de la calidad (Puthanveettil et al., 2021). Con BPM se introduce en la organización, prácticas de gestión y utiliza las TI para automatizar los procesos, que deben estar alineados con la estrategia de negocio. Para todo lo anterior, se requiere del compromiso de la Alta Dirección y la provisión de recursos (Janjić et al., 2020). Los factores son mencionados en diversos estudios de forma integral o parcial. En la sección 3.2 se describe el factor y como han sido considerados en los estudios. Los factores fueron agrupados en personas, tecnologías de información, Apoyo de la Alta Dirección, Alineación estratégica, medición del desempeño, cultura y orientación al cliente.

3.2. Nombre de factores utilizados en cada factor representativo

3.2.1. Personas

Las personas en el contexto de BPM se refieren a los individuos y grupos de la organización que serán impactados por el esfuerzo de un proyecto BPM, capaces y motivados, capacitados, empoderados y comprometidos en los proyectos BPM (Buh et al., 2015). En las empresas contemporáneas las personas son recursos valiosos (Ranđelović et al., 2018). No invertir en capital humano podría impedir que la implementación de un proyecto BPM no tenga el éxito esperado (Castro et al., 2019), además de ser autorizados para aplicar cambios y su motivación es esencial (Antony et al., 2022). La Tabla 1 presenta las denominaciones asociadas con el factor personas.

Factor	Autor
Tecnologías de la información	(Pradabwong et al., 2015), (Vukšic et al., 2017), (Talapatra et al., 2020), (Kebede & Virdi, 2021), (Janjić et al., 2020), (Puthanveettil et al., 2021), (Parvesh et al., 2022), (Azalanzazllay et al., 2022), (McDermott et al., 2022), (Jurisch et al., 2016),(Paipa-Galeano et al., 2020).
Personas / Gestión de personas	(Buh et al., 2015), (Rosemann & Brock, 2015), (Gorbacheva et al., 2016), (Kovačič et al., 2018), (Ranđelović et al., 2018), (Beckett & Myers, 2018), (Gabryelczyk et al., 2016), (Gabryelczyk & Roztocki, 2018), (Neder et al., 2018), (Duha & Rangiha, 2019).
Empoderamiento de los empleados	(Buh et al., 2015),(Carmona-Márquez et al., 2016), (Kovačič et al., 2018), (Magalhães et al., 2018), (Yazdi et al., 2021), (Kebede & Virdi, 2021).
Formación de los empleados	(Magalhães et al., 2018), (Janjić et al., 2020), (Paipa-Galeano et al., 2020) , (Talapatra et al., 2020)

Tabla 1 – Denominaciones utilizadas para el factor persona.

Entre otros aspectos relacionados con personas se encuentran: Inversión de capital humano, existencia de un sistema de evaluación del desempeño de los empleados, participación en la toma de decisiones para resolver problemas, satisfacción, enfoque en los empleados, compromiso y confianza de los empleados, implicación, estímulo y evaluación de los empleados, estímulo de los empleados, recompensa y reconocimiento y sistema de recompensas.

3.2.2. Tecnologías de información (TI)

La tecnología de la Información se refiere a la aplicación de herramientas que permiten el modelado, análisis, simulación, control y llevar a cabo procesos de negocios (Gabryelczyk & Roztocki, 2018). Las organizaciones son conscientes de la importancia de la TI y no se cuestionan si es rentable implementarla, pero si tienen el dilema sobre la tecnología que deberían elegir (Ranđelović et al., 2018). La TI se ha convertido en un fuerte aliado en proyectos BPM facilitando la transformación digital TD (Yazdi et al., 2021)experts are involved in screening them with the Delphi method. As a result, 22

customised CSFs are selected. To prioritise these CSFs, the step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA, así mismo, para desarrollar software, los equipos de desarrollo suelen adoptar procedimientos de negocios como punto de partida (Neder et al., 2018)a research tool was developed contemplating six critical factors that potentially impact the implementation of Process Management strategies. The research was divided into two phases: the first phase confirmed the conceptual model by means of 141 observations obtained from the State Audit Court of the state of Mato Grosso (Tribunal de Contas do Mato Grosso - TCE-MT. La Tabla 2 presenta las denominaciones asociadas con el factor Tecnologías de Información.

Factor	Autor
Tecnologías de la información	(Pradabwong et al., 2015), (Rosemann & Brock, 2015), (Korenova & Cepelova, 2016), (Gorbacheva et al., 2016), (Ranđelović et al., 2018), (Beckett & Myers, 2018), (Gabryelczyk & Roztocki, 2018), (Neder et al., 2018), (Duha & Rangiha, 2019), (Fetais et al., 2022).
Soporte TI/IS (soporte técnico)	(Magalhães et al., 2018), (Hammer, 2015), (Brandon & Guimaraes, 2016).
Sistemas y TI	(Vukšic et al., 2017), (Lívia da Silveira et al., 2020)

Tabla 2 – Denominaciones utilizadas para el factor tecnologías de información.

Entre otros factores relacionados con TI tenemos: Nivel de inversión en TI/inversión en TI, Infraestructura de TI efectiva, Uso efectivo de la tecnología, Arquitectura de TI, Alineamiento TI (software) y BPM y Sistema de TI de apoyo

3.2.3. Apoyo de la Alta Dirección

La Alta Dirección es responsable de las actividades en todos los niveles de las organizaciones, incluyendo el compromiso de la dirección y la provisión de los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto (Janjić et al., 2020). Desde la alta gerencia se debe establecer un compromiso sostenido de gestión y liderazgo (Beckett & Myers, 2018) y su soporte debería ser una base para el despliegue de un proyecto BPM (Castro et al., 2019). Su estímulo es necesarios para el éxito del proyecto (Gowthami et al., 2020). La Alta Dirección debe intentar en todo momento mantener la atención del cliente y establecer indicadores de desempeño consistentes para poder monitorear toda la organización (Parvesh et al., 2022). En la Tabla 3 se presenta las denominaciones relacionadas con el factor Apoyo de la Alta Dirección.

Factor	Autor
Apoyo de la Alta Dirección	(Luzipo et al., 2015), (Pradabwong et al., 2015), (Buh et al., 2015), (Jurisch et al., 2016), (Kovačič et al., 2018), (Castro et al., 2019), (Paipa-Galeano et al., 2020), (Gowthami et al., 2020), (ElMelegy et al., 2021), (Kebede & Virdi, 2021), (Azalanzazllay et al., 2022).
Compromiso de gestión	(Carmona-Márquez et al., 2016), (Ranđelović et al., 2018), (Vaishnavi & Suresh, 2020), (Yazdi et al., 2021), (Puthanveettil et al., 2021)

Tabla 3 – Denominaciones utilizadas para el factor Apoyo de la Alta Dirección.

Entre otros factores relacionados con Apoyo a la Alta Dirección tenemos: Apoyo y compromiso de la dirección, Compromiso de la Alta Dirección, Patrocinio ejecutivo activo y efectivo y Apoyo ejecutivo durante las etapas de implementación.

3.2.4. Alineación estratégica

El Alineamiento estratégico se refiere a alinear la estrategia BPM con la estrategia corporativa y vincular los objetivos del proyecto BPM con los objetivos claves del negocio (Škrinjar et al., 2010;many researchers attempted to define what makes a company process oriented, which resulted in numerous frameworks and conceptualizations of process orientation. Based on concepts of business process orientation (BPO success in implementing requires considering various factors. In this paper, first seven success factors were explored through qualitative meta-synthesis based on previous studies; then a success model for presenting the effect of these major factors on BPM implementation is expanded. The identified factors categorized around (1Beckett & Myers, 2018). La alineación estratégica tiene como objetivo el análisis continuo de las prioridades organizacionales y los procesos de negocio (Neder et al., 2018)a research tool was developed contemplating six critical factors that potentially impact the implementation of Process Management strategies. The research was divided into two phases: the first phase confirmed the conceptual model by means of 141 observations obtained from the State Audit Court of the state of Mato Grosso (Tribunal de Contas do Mato Grosso - TCE-MT. Si no hay alineación, no se alcanza los objetivos de BPM y la implementación se considera un fracaso (Castro et al., 2019). Para evitarlo es necesario que se involucre a la Alta dirección en actividades de BPM, de esta forma los objetivos y políticas de calidad se reflejarán adecuadamente en el plan estratégico de la organización (Talapatra et al., 2020)the present study is a supplement of the previous call from research to investigate the TQM-enabling factors from a broader aspect of organizational change. Design/ methodology/approach: This study was conducted through an online survey, followed by phone calls. Data were collected using a questionnaire survey with 256 respondents of the Bangladeshi RMG sector. The TQM-enabling factors were divided into five distinct groups, based on strategic or overall changes required within an organization for TQM implementation. A theoretical research model was created to investigate the contingency of various TQM-enabling factors. Structural equation modeling (SEM. En la Tabla 4 se presenta las denominaciones relacionadas con el factor Alineación estratégica.

Factor	Autor
Alineación estratégica	(Rosemann & Brock, 2015), (Gorbacheva et al., 2016) , (Vukšic et al., 2017), (Ranđelović et al., 2018), (Beckett & Myers, 2018), (Gabryelczyk & Roztocki, 2018), (Magalhães et al., 2018), (Neder et al., 2018), (Duha & Rangiha, 2019).
Estrategia	(Yazdi et al., 2021)

Tabla 4 – Denominaciones utilizadas para el factor Alineación Estratégica.

Entre otros factores relacionados con Alineación Estratégica tenemos: Objetivos claros y realistas, centrarse en la planificación estratégica de la gestión de la calidad, estrategia organizacional, y alinear metas y objetivos con la planificación estratégica.

3.2.5. Medición del Desempeño

La medición de desempeño se relaciona con el grado en que una operación cumple los objetivos de desempeño. Si no se mide el progreso de la implementación de BPM es difícil realizar mejoras. Ayuda a los gerentes a identificar errores mientras el procesamiento aún dura y corregirlos antes de que se utilicen recursos adicionales (Ranđelović et al., 2018), la medición está referida a tiempo, costos, calidad, productividad y satisfacción del cliente, y forma una retroalimentación para mejoras continuas (Gabryelczyk & Roztocki, 2018). Monitorear el rendimiento efectivo es un elemento crítico en la implementación de BPM (Pranata et al., 2023). En la Tabla 5 se presenta las denominaciones relacionadas con el factor Medición de desempeño.

Factor	Autor
Medición del desempeño	(Ranđelović et al., 2018) , (Gabryelczyk & Roztocki, 2018), (Magalhães et al., 2018), (Neder et al., 2018)
Medición y seguimiento	(Castro et al., 2019), (Vaishnavi & Suresh, 2020)
Desempeño organizacional	(Asikhia & Awolusi, 2015), (Udofia et al., 2021)
Métrica de proceso	(Hammer, 2015), (Vukšic et al., 2017)
Indicadores de desempeño	(Buh et al., 2015), (Kovačič et al., 2018)

Tabla 5 – Denominaciones utilizadas para el factor medición de desempeño.

Entre otros factores relacionados con Medición de Desempeño tenemos: contar con estándares e indicadores precisos que definan el alcance del trabajo y los recursos necesarios para realizar una actividad específica, implementación de medición y seguimiento de procesos a través de indicadores de desempeño, rendimiento de calidad, medición y presentación de informes, rendimiento de los empleados, rendimiento de calidad, desempeño de innovación, rendimiento de entrega (tiempo).

3.2.6. Cultura

La cultura se compone de creencias, valores, actitudes y comportamientos en la mente de las personas que distinguen a un grupo o categoría de individuos (Bai & Sarkis, 2013). La cultura organizacional es una forma de vida dentro de la organización, que establece un estilo de vida organizacional, mostrando la personalidad de la organización y el comportamiento de los empleados. Se incluyen supuestos inventados, descubiertos o desarrollados que se consideran válidos y se enseñan a los nuevos empleados que son incorporados (Vukšic et al., 2017), refleja el esfuerzo del grupo para trabajar y aprender (Neder et al., 2018)a research tool was developed contemplating six critical factors that potentially impact the implementation of Process Management strategies. The research was divided into two phases: the first phase confirmed the conceptual model by means of 141 observations obtained from the State Audit Court of the state of Mato Grosso (Tribunal de Contas do Mato Grosso - TCE-MT, está muy arraigada en la organización y es muy difícil cambiarla (Duha & Rangiha, 2019). En la Tabla 6 se presentan las denominaciones relacionadas con el factor cultura.

Factor	Autor
Cultura	(Asikhia & Awolusi, 2015), (Rosemann & Brock, 2015), (Hammer, 2015), (Gorbacheva et al., 2016), (Beckett & Myers, 2018), (Gabryelczyk & Roztocki, 2018), (Duha & Rangiha, 2019), (Puthanveettil et al., 2021)

Tabla 6 – Denominaciones utilizadas para el factor Cultura.

Entre otros factores relacionados con la Cultura tenemos: cultura organizacional de procesos, cultura minorista y organizacional, cultura desarrollada de mejora continua, cultura desarrollada que fomente el cambio, cultura de gestión de objetivos, empleados aceptan cambios culturales, cultura organizacional y preparación para la cultura organizacional,

3.2.7. Enfoque en el cliente

La orientación al cliente implica considerar un modelo de negocio centrado en el cliente, para satisfacer las expectativas (Ladeira et al., 2012). Una evaluación estratégica de un proyecto BPM requiere evaluar las prioridades reales de los clientes y otras partes interesadas, como la alta gerencia, los accionistas, los organismos gubernamentales, etc. (Rosemann & Brock, 2015). La planificación debe ajustarse a las necesidades del cliente, y se debe mantener la calidad en todas las fases de producción o servicios (Gowthami et al., 2020), teniendo en cuenta que la satisfacción del cliente es un factor clave (Talapatra et al., 2020), si hay cambios en los requisitos del cliente estos modifican los programa establecidos en las organizaciones (Vaishnavi & Suresh, 2020). En la Tabla 7 se presenta las denominaciones relacionadas con el factor Orientación al cliente.

Factor	Autor
Enfoque en el cliente	(Buh et al., 2015), (Vukšic et al., 2017), (Kovačič et al., 2018) , (Ranđelović et al., 2018), (ElMelegy et al., 2021), (Udofia et al., 2021), (Kebede & Virdi, 2021), (Puthanveettil et al., 2021)
Orientación al cliente	(Vaishnavi & Suresh, 2020)

Tabla 7 – Denominaciones utilizadas para el factor enfoque en el cliente

Entre otros factores relacionado al Enfoque en el cliente tenemos: involucramiento del cliente, considerar la opinión de los clientes para identificar sus necesidades, satisfacción del cliente, centrarse en satisfacer las necesidades del cliente y satisfacción del usuario final.

4. Conclusiones

Diversos estudios se han realizado sobre el impacto de los factores que condicionan el éxito de la TD, entre ellos se menciona los procesos, el factor estandarización de los procesos y la integración de los datos. En el ambiente de negocios complejo y competitivo la inclusión de las prácticas BPM es fundamental en el proceso de transformación

digital de toda organización, incluyendo el Departamento de Defensa. En este estudio se presenta los resultados de revisión de literatura para determinar las denominaciones de los factores críticos para la implementación BPM utilizadas en los estudios. Se puede apreciar que los factores son denominados de diferentes formas, agrupándolos en base a su descripción y tomando como nombre el más representativo por ser citado con mayor frecuencia en los estudios, esto ayudará a los profesionales tomándolos en cuenta en la implementación de proyectos BPM y la transformación digital para garantizar el éxito. El factor con mayores denominaciones es el de "personal", esto se debe a que en proyectos BPM, el recurso humano es el activo más importante, por tal motivo debe ser motivado y empoderado a tomar decisiones y se debe considerar su experiencia e ideas de mejoras que puedan plantear. Los factores que le siguen en denominaciones son tecnologías de información, alineación estratégica, apoyo de la Alta dirección, medición de desempeño y enfoque al cliente. Los resultados tienen sentido dado que el objetivo de BPM es satisfacer la necesidad de los clientes, y por otro las tecnologías de la información es el medio para lograr la transformación digital, todo esto tiene que ser medido para poder controlar y mejorar.

Referencias

Antony, J., Lizarelli, F. L., & MacHado Fernandes, M. (2022). A Global Study Into the Reasons for Lean Six Sigma Project Failures: Key Findings and Directions for Further Research. IEEE Transactions on Engineering Management, 69(5), 2399–2414.

Asikhia, U. O., & Awolusi, D. O. (2015). Assessment of critical success factors of business process re-engineering in the Nigerian oil and gas industry. South African Journal of Business Management, 46(2), 1-14.

Aysolmaz, B., Joshi, A., & Stubhan, M. (2023). Examining and Comparing the Critical Success Factors Between Business Process Management and Business Process Automation. Journal of Global Information Management, 31(1), 1-27.

Azalanzazllay, N. N., Lim, S. A. H., Abidin, U. F. U. Z., & Anass, C. (2022). Uncovering Readiness Factors Influencing the Lean Six Sigma Pre-Implementation Phase in the Food Industry. Sustainability, 14(14), 8941.

Bai, C., & Sarkis, J. (2013). A grey-based DEMATEL model for evaluating business process management critical success factors. International Journal of Production Economics, 146(1), 281–292.

Beckett, C., & Myers, M. D. (2018). Organizational culture in Business Process Management: The challenge of balancing disciplinary and pastoral power. Pacific Asia Journal of the Association for Information Systems, 10(1), 37–62.

Brandon, B., & Guimaraes, T. (2016). Increasing Bank BPR Benefits by Managing Project Phases. Knowledge and Process Management, 23(2), 136–146.

Buh, B., Kovačič, A., & Indihar Štemberger, M. (2015). Critical success factors for different stages of business process management adoption – a case study. Economic Research-Ekonomska Istraživanja, 28(1), 243–258.

Carmona-Márquez, F. J., Leal-Millán, A. G., Vázquez-Sánchez, A. E., Leal-Rodríguez, A. L., & Eldridge, S. (2016). TQM and business success: Do all the TQM drivers have the same relevance? An empirical study in Spanish firms. International Journal of Quality and Reliability Management, 33(3), 361–379.

Castro, B. K. do A., Dresch, A., & Veit, D. R. (2019). Key critical success factors of BPM implementation: a theoretical and practical view. Business Process Management Journal, 26(1), 239-256.

Cichosz, M., Wallenburg, C. M., & Knemeyer, A. M. (2020). Digital transformation at logistics service providers: barriers, success factors and leading practices. International Journal of Logistics Management, 31(2), 209–238.

Duha, S., & Rangiha, M. E. (2019). Social Business Process Management (SBPM): Critical Success Factors (CSF). Lecture Notes in Business Information Processing, 342, 85–95.

ElMelegy, A. R., Alnajem, M., & Albuloushi, N. (2021). Assessment of quality performance in the Egyptian manufacturing industry. TQM Journal, 34(5), 1365-1394.

Fetais, A., Abdella, G. M., Al-khalifa, K. N., & Hamouda, A. M. (2022). Modeling the Relationship between Business Process Reengineering and Organizational Culture. Applied System Innovation, 5(4), 66.

Gabryelczyk, R., Jurczuk, A., & Roztocki, N. (2016). Business Process Management in Transition Economies Business Process Management in Transition Economies: Current Research Landscape and Future Opportunities. En Proceedings of the 22th Americas Conference on Information Systems (AMCIS), 2016 (1-10).

Gabryelczyk, R., & Roztocki, N. (2018). Business process management success framework for transition economies. Information Systems Management, 35(3), 234–253. https://doi.org/10.1080/10580530.2018.1477299

Gabryelczyk, R., Sipior, J. C., & Biernikowicz, A. (2022). Motivations to Adopt BPM in View of Digital Transformation. Information Systems Management. https://doi.org/10.1080/10580530.2022.2163324

Gažová, A., Papulová, Z., & Smolka, D. (2022). Effect of Business Process Management on Level of Automation and Technologies Connected to Industry 4.0. Procedia Computer Science, 200, 1498–1507. https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.351

Gaheyr, A., & Pascal, A. S. (2022). Comparison of BPM Maturityand Performance of the Dutch Department of defense with Others sectors. 35th Bled eConference Digital Restructuring and Human (Re) action, 649.

Gorbacheva, E., Stein, A., Schmiedel, T., & Müller, O. (2016). The Role of Gender in Business Process Management Competence Supply. Business and Information Systems Engineering, 58(3), 213–231. https://doi.org/10.1007/s12599-016-0428-2

Gowthami, N. R., Sridhar, C. N. V., & Venkata Ramana, N. (2020). An empirical implementation model of total quality management in construction: Southern India. International Journal of Construction Management. https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1839703

Hammer, M. (2015). What is Business Process Management. J. vom Brocke and M. Rosemann (eds.), Handbook on Business Process Management , Second Edition(Springer-Verlag Berlin Heidelberg), 3–16. https://doi.org/DOI 10.1007/978-3-642-45100-3_1

Janjić, V., Todorović, M., & Jovanović, D. (2020). Key Success Factors and Benefits of Kaizen Implementation. EMJ - Engineering Management Journal, 32(2), 98–106. https://doi.org/10.1080/10429247.2019.1664274

Jurisch, M. C., Rosenberg, Z., & Krcmar, H. (2016). Emergent risks in business process change projects. Business Process Management Journal, 22(4), 791–811. https://doi.org/10.1108/BPMJ-01-2015-0002

Kebede, M. A., & Virdi, S. S. (2021). The effect of TQM practices on operational performance: an empirical analysis of ISO 9001: 2008 certified manufacturing organizations in Ethiopia. TQM Journal, 33(2), 407–440. https://doi.org/10.1108/TQM-03-2019-0076

Kiel, D., Arnold, C., & Voigt, K. I. (2017). The influence of the Industrial Internet of Things on business models of established manufacturing companies – A business level perspective. Technovation, 68, 4–19. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2017.09.003

Kitchenham, B. (2004). Procedures for Performing Systematic Reviews. Keele, UK, Keele University, 33(2004), 1-26.

Korenova, D., & Cepelova, A. (2016). Factors influencing process management and effective operation of public administration organizations. Актуальні проблеми економіки, 3, 80-88.

Kovačič, A., Hauc, G., Buh, B., & Štemberger, M. I. (2018). BPM Adoption and Business Transformation at Snaga, a Public Company: Critical Success Factors for Five Stages of BPM (pp. 77–89). https://doi.org/10.1007/978-3-319-58307-5_5

Ladeira, M. B., Resende, P. T. V. de, Oliveira, M. P. V. de, McCormack, K., Sousa, P. R. de, & Ferreira, R. L. (2012). Gestão de processos, indicadores analíticos e impactos sobre o desempenho competitivo em grandes e médias empresas brasileiras dos setores da indústria e de serviços. Gestão & Produção, 19(2), 389–404. https://doi.org/10.1590/S0104-530X2012000200012

Lívia da Silveira, R., Vieira Neto, J., Goyannes Gusmão Caiado, R., & Gonçalves Quelhas, O. L. (2020). Critical factors for total quality management implementation in the Brazilian construction industry. TQM Journal, 33(5), 1001–1019. https://doi.org/10.1108/TQM-05-2020-0108

Luzipo, S., Van Biljon, J., & Herselman, M. (2015). Business process adoption in organisations: A case study from an insurance company in South Africa. 2015 IST-Africa Conference, IST-Africa 2015, March 2014, 1–10. https://doi.org/10.1109/ISTAFRICA.2015.7190541

Magalhães, M. A., Dias, M., & Vargas, F. G. (2018). Critical Success Factors on Business Process Orientation. nternational Journal of Management, 5(3), 43-61. https://www.researchgate.net/publication/328415151

McDermott, O., Antony, J., Sony, M., & Healy, T. (2022). Critical failure factors for continuous improvement methodologies in the Irish MedTech industry. TQM Journal, 34(7), 18–38. https://doi.org/10.1108/TQM-10-2021-0289

Melnyk, L., Matsenko, O., Kubatko, O., Korneyev, M., & Tulyakov, O. (2022). Additive economy and new horizons of innovative business development. Problems and Perspectives in Management, 20(2), 175–185. https://doi.org/10.21511/ppm.20(2).2022.15

Neder, R., de Souza, P. A. R., da Silva Rabêlo, O., Zambra, E. M., Maciel, C., Mello, R., da Cunha Trejan, S. V., & dos Anjos, A. M. (2018). Critical factors that impact process management implementation strategies: A case study of a government agency. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 11032 LNCS, 29–42. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98349-3_3

Paipa-Galeano, L., Bernal-Torres, C. A., Agudelo-Otalora, L. M., Jarrah-Nezhad, Y., & González-Blanco, H. A. (2020). Key lessons to sustain continuous improvement: A case study of four companies. Journal of Industrial Engineering and Management, 13(1), 195–211. https://doi.org/10.3926/jiem.2973

Parvesh, K., Sandeep, S., & Jimmy, K. (2022). Quality Management System Practices Performed in ISO 9001 Certified Engineering Educational Institutions: A Critical Analysis of Indian Universities. Journal of Engineering Education Transformations, 36(1), 67-75.

Pradabwong, J., Braziotis, C., Pawar, K. S., & Tannock, J. (2015). Business process management and supply chain collaboration: a critical comparison. Logistics Research, 8(1), 1–20. https://doi.org/10.1007/s12159-015-0123-6

Pranata, S., Hadi, K., Riza Chakim, M. H., Shino, Y., & Hikam, I. N. (2023). Business Relationship in Business Process Management and Management with the Literature Review Method. ADI Journal on Recent Innovation (AJRI), 5(1Sp), 45–53. https://doi.org/10.34306/ajri.v5i1sp.912

Puthanveettil, B. A., Vijayan, S., Raj, A., & MP, S. (2021). TQM implementation practices and performance outcome of Indian hospitals: exploratory findings. TQM Journal, 33(6), 1325–1346. https://doi.org/10.1108/TQM-07-2020-0171

Ranđelović, A. S., Milojević, R., & Radosavljević, M. (2018). Identification and Analysis of Key Business Process Management Factors. Economic Themes, 56(1), 57–78. https://doi.org/10.2478/ethemes-2018-0004

Rivas, M. R., & Bayona-Oré, S. (2018). Process mining and automatic process discovery. In 2018 7th International Conference On Software Process Improvement (CIMPS) (pp. 41-46). IEEE.

Rivas, M. H., & Bayona-Oré, S. (2019). Algoritmos de Minería de Proceso para el Descubrimiento Automático de Procesos. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (31), 33-49

Rockart, J. F. (1979). Chief Executives Define Their Own Data Needs. Harvard Business Review.

Rosemann, M., & Brock, J. vom. (2015). The Six Core Elements of Business Process Management. International Handbooks on Information Systems, Second Edition(1), 105–122.

Škrinjar, R., Vesna Bosilj Vukšić, & Mojca Indihar Štemberger. (2010). Adoption of BPO Practices-Slovenian and Croatian Survey. Business Systems Research, 1, 1-50.

Szelągowski, M. (2019). Dynamic Business Process Management in the Knowledge Economy Creating Value from Intellectual Capital. Lecture Notes in Networks and Systems 71. http://www.springer.com/series/15179

Szelągowski, M., & Berniak-Woźny, J. (2022). How to improve the assessment of BPM maturity in the era of digital transformation. Information Systems and e-Business Management, 20(1), 171–198. https://doi.org/10.1007/s10257-021-00549-w

Talapatra, S., Uddin, M. K., Antony, J., Gupta, S., & Cudney, E. A. (2020). An empirical study to investigate the effects of critical factors on TQM implementation in the garment industry in Bangladesh. International Journal of Quality and Reliability Management, 37(9–10), 1209–1232. https://doi.org/10.1108/IJQRM-06-2018-0145

Trkman, P. (2010). The critical success factors of business process management. International Journal of Information Management, 30(2), 125–134. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2009.07.003

Udofia, E. E., Adejare, B. O., Olaore, G. O., & Udofia, E. E. (2021). Direct and indirect impact of quality management on the integrated performance of medium-scale manufacturers. TQM Journal, 33(6), 1589–1609. https://doi.org/10.1108/TQM-08-2020-0174

Vaishnavi, V., & Suresh, M. (2020). Modelling of readiness factors for the implementation of Lean Six Sigma in healthcare organizations. International Journal of Lean Six Sigma, 11(4), 597–633. https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2017-0146

Vukšic, V. B., Vugec, D. S., & Lovric, A. (2017). Social business process management: Croatian IT company case study. Business Systems Research, 8(1), 60–70. https://doi.org/10.1515/bsrj-2017-0006

Yazdi, A. K., Hanne, T., & Osorio Gómez, J. C. (2021). A hybrid model for ranking critical successful factors of Lean Six Sigma in the oil and gas industry. TQM Journal, 33(8), 1825–1844. https://doi.org/10.1108/TQM-02-2020-0030

Waugh, S. (2020). University affiliated research centers Revolutionizing Acquisitions. Defense Acquisition, 49(4), p. 38

Waugh, L. S. (2022). Digital Strategy Return on Investment. Defense Acquisition, 51(4), 7-12.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 25/03/2024
Aceitação/Acceptance: 16/06/2024

Exploration of Computer-Aided Application in Elective Football Courses in Universities

Zhaosheng Chen*, Songlin Xie

chenzhaosheng0305@163.com; xiesonglin191@163.com

Department of Education, International College, Krirk University, 10220, Bangkok, Thailand

Pages: 549-558

Abstract: With the vigorous development of campus football, the position of football teaching in higher education is increasingly prominent. This study will abandon the traditional approach of ignoring individual differences among students and instead respect the uniqueness and diversity of each student. This has provided them with an equal stage to showcase themselves and their learning outcomes, effectively stimulating their enthusiasm and interest in learning. Encourage them to have the courage to express themselves and face failure. By deeply implementing the principle of personalized teaching into teaching practice, we are committed to achieving educational equality for every student. This study successfully verified the feasibility of computer-aided teaching in football elective courses, laying a solid foundation for the wider application of this technology.

Keywords: Computer Assisted Instruction; College Football Elective Course; Characteristics; Ownership; Feasibility

1. Introduction

According to statistics, from 2009 to carry out the campus football now has 44 city to participate in the development of the 137 point, more than 5000 schools, registered to participate in the campus League children reached 190 thousand, children up to 2 million 700 thousand people involved in football. In the past five years, the number of young players in the elite campus has increased by 4 times. In addition, the campus football investment has further increased, from the lottery public welfare funds from 2009 to 40 million per year to 56 million Yuan per year (Deng and Wang, 2020). The optimization of system architecture is the foundation for improving the performance of the entire management system. The traditional single machine operation mode is no longer able to meet the current needs of physical education course management in universities, and should be transformed into a networked and distributed architecture. By establishing a unified data center, centralized storage and management of data can be achieved, ensuring data consistency and security. At the same time, by utilizing cloud computing and big data technology, data processing capabilities and response speed can be improved to meet the concurrent access needs of large-scale users (Serdar and David, 2015). Since 2012, the National Youth Football Championship Cup has been held every year. In 2016, the national campus football competition registration system was

established, and the high school and university league matches were started. This year, more than 10 matches were completed. It is in such a big football environment to pick up the background, the author did this on the "hierarchical lifting" teaching model in college football elective courses in the use of teaching research. Elite football requires extremely high physical fitness from athletes, and the intervention of sports physiology and sports medicine provides scientific training and recovery guidance for athletes (Li and Zhan, 2022). By monitoring and analyzing physiological indicators such as cardiovascular function, muscle strength, and endurance of athletes, the coaching team can develop personalized training plans to ensure that athletes maintain their optimal state during competitions. At the same time, the application of sports medicine helps prevent and treat sports injuries, reduce absences due to injuries, and ensure the professional career and competition performance of athletes (Kennedy and Kennedy, 2016). The recent domestic football atmosphere continues to pick up, especially in the foot wonderful performance at this year's Asian Cup, aroused the Chinese people's enthusiasm for football, the international arena Orangemen performed well, the domestic Football Super League is also full of sound and colour, all the big foreign aid coming, increase the ornamental degree midfield game, each round of the attendance is often to refresh the record. Professional football began to develop rapidly, and the development of campus football is also a concern. College football is an important part of the campus football, college football development related to the long-term development of the campus football in China, because the university education in the most high-end position, and is the last station of students into the community, to play the role of the link. However, the present situation of university football development is very worrying. As China's regional development of education is relatively large, it leads to the student's original acceptance of physical education, and both in terms of material conditions, or in some congenital genetic conditions, there are obvious differences. Students who receive good physical education are significantly better at skills and physical abilities than those in less developed areas.

There is a big difference in the face of students' basic situation, the traditional class teaching system, provides unified goal and content, unified schedule, unified standards, it is difficult to take into account the needs of different students, will inevitably lead to those who learn good students "food", to learn the difference "do not eat" phenomenon, serious polarization the contradiction between the teaching and learning, increasing. Good students are difficult to broaden thinking, are difficult to get to play; the poor performance of the students as the basis of poor, poor study habits and other factors, learning becomes more and more difficult, gradually weariness, some students lose interest in learning it for sports, lost confidence in learning, leading to emotional weariness; and secondary students are the status quo, easy to produce psychological satisfaction, learning the lack of fighting spirit (Rui, 2014). But now the public sports elective course of college football teaching is still in the traditional "across the board" class teaching in classroom teaching, it is difficult to make every student can be fully developed, is not conducive to quality education development. This traditional teaching method has become more and more unable to adapt to the current teaching situation, it is necessary to try new teaching methods. With the development of information technology, the application of data analysis in elite football is becoming increasingly widespread. By comprehensively analyzing multiple sources of data such as match videos, training data, and physical fitness tests, the coaching team can have a more

comprehensive understanding of the player's condition and the characteristics of the opponent, thereby formulating more accurate tactics and game strategies. In addition, advanced information technology also contributes to the innovative development of football training, such as the application of virtual reality technology in simulated game scenes, providing athletes with a more realistic and efficient training experience (Bingham and Porter, 2021).

In November 26, 2014, the national youth campus football television and telephone conference pointed out that the football into the teaching system of school physical education curriculum, physical education as a compulsory content, to provide opportunities for students to learn football. The Ministry of education is responsible for campus football, football as a required content of physical education, a large number of football schools, organizations to carry out primary, junior high, high school, university four leagues. In schools, the leadership of principals and teachers for the Education Commission, not the General Administration of sport or the Chinese Football Association, with the leadership and promotion of the education sector, will undoubtedly make the football carried out smoothly. Under this opportunity, campus football will usher in new opportunities for development (Chlebus, 2016). In December 29, 2014, director of national sports conference, the football reform as the vanguard of the sports management system reform, and actively promote the comprehensive deepening of reform in sports, to establish "sports culture". In the process of deepening the reform of the sports industry, with the emphasis on football reform, campus football will also develop rapidly (Göller et al. 2022). In February 27, 2016, the central comprehensively deepen reform leading group meeting of the audit by "the general" China football reform, the meeting stressed the Chinese dream of the great rejuvenation of the Chinese nation is closely linked with the Chinese sports power dream, the revitalization and development of football is the inevitable requirement of the construction of sports power, but also the people eagerly look forward to.

2. Computer Assisted Instruction and College Football Elective Course

Computer assisted instruction has great potential and broad application prospects, and also involves a wide range of areas, but there are still many theoretical problems and technical barriers that have not yet been resolved. Especially the present computer assisted instruction mainly aims at the simulation of natural phenomena or human landscapes, but the study of human beings is not deep enough. With the promotion of objective application requirements and the development of virtual reality technology, more and more attention has been paid to the modelling and Simulation of human beings in virtual environment, and new research focuses have been formed. Virtual human is totally represented by computer, looks like a real graphic entities, namely the human calculation model coral. Computers can help people to do complex, difficult and meaningful tasks (Wang et al. 2022). When these tasks involve human 'natural interaction', virtual humans can be used to escape from the field constraints, thereby ensuring security. With the development of virtual reality technology, researchers directly carry out the research of human activities with human beings. On the one hand, it is used to replace the reality of computer design, vehicle work area and machine tools

in the actual structure of the evaluation in real reality cannot reach the environment for all kinds of precision and even dangerous test instead of reality to accept all kinds of military training instead of real people to accept all kinds of training space instead of reality in medicine are accepted virtual surgery, on the other hand, it can be used as their own or other actual participants in the virtual environment in real time, has been widely used in games, movies, advertising and other areas (Schuetz and Venkatesh, 2020).

Virtual human has become one of the main research fields of computer science at home and abroad (Qiu, 2023). It has a broad application prospect and will play a great role in education, life and scientific research in the future. The research of motion simulation of virtual human is a very important content in the research of virtual human. With the development of science and technology, computer assisted instruction has penetrated into all aspects of the military field, play an important role in the last century, from the beginning of 90s, the United States will be the first application of computer assisted instruction in the military field, the virtual workstation of the research results, it is the United States Army by NASA and the military departments to simulation training to jointly develop the formulation and implementation of plans, this system is a homogeneous' domain network system, virtual battlefield belongs to the first put into practical use (Shahid et al. 2021). The use of this system to carry out military exercises and performance evaluation of weapon systems has gradually attracted more and more attention of developed countries. With reference to the successful experience of the United States, China has launched the research and development of the distributed virtual battlefield environment since the beginning of the year.

3. The Application of Hierarchical Lifting Teaching Model in Football Optional Course

3.1. Computer Teaching Stratification

Delamination is a very important link in the hierarchical lifting teaching model, and it is also a difficult link. Many factors need to be considered in the stratification. If teachers stratified before the experiment is not scientific, so the hierarchical teaching will be there will be a lot of problems, such as: the same group of students' learning ability a lot of difference, for the same teaching goal cannot be completed, will be unable to complete the teaching schedule (Mao and Chen, 2021). In this football layered teaching, there are layers of students, but also to the stratification of teachers. The stratification of students is mainly the stratification of students' ability, and the stratification of teachers mainly includes the layering of teachers' preparing lessons, including the stratification of teaching objectives, the layering of teaching requirements and the layering of teaching contents as shown in figure 1.

Hierarchical teaching mode, stratified group teaching, each member of the group there are certain differences in their ability to learn on the individual, so that teachers need to consider the development of teaching objectives not only develop a class teaching goal in preparation, but to the design team teaching goals, and even individual teaching objectives, because teaching the target cannot generally take care of each student, a teaching goal may adapt to a part of the students, but for some students, may not adapt to their own development. In the formulation of teaching goals, each teaching

target corresponding to each group of students, the teaching target can be formulated to students group A layer A layer group of students, the teaching target can be formulated to students group B layer By layer C layer group of students, students for teaching objectives can only adapt to the C layer group of students. Only then, within each group the teaching goals to complete all the members, all of the students within the group will have the joy of success, will have more enthusiasm for learning, so the correct and reasonable teaching goal is not only to check the standard as the teaching behaviour, it is also the source of students' learning motivation.

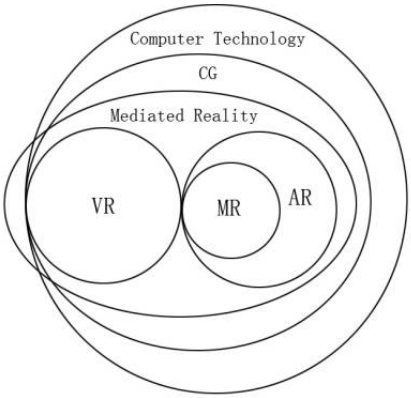


Figure 1 – Computer technology

The layering of teaching requirements includes two meanings, one of which is the layering of students' learning, and the other meaning is the layering of teacher's teaching. The level of students' learning is reflected in the different levels of students' learning ability, the level of difficulty in learning content and the hierarchy of learning objectives. The learning ability of students themselves decide, should be stratified three levels in the study group during the experiment, according to the level of students' learning ability group for students to their own learning difficulty; after the hierarchical learning content is completed according to the design of the hierarchical group teachers ability group for each group's ability of learning difficulty teaching content; hierarchical learning objectives is also formulated after the completion of the hierarchical group according to each group of students learning ability of teachers to complete the goal of learning. The level of teacher teaching is embodied in the layering of teaching methods, Teaching method is a teaching content of three groups may choose the same may also is not the same, there is no absolute right and only suitable for the teaching methods, such as game teaching method, the teaching method that can be used in any stage of study, and be able to use what they have learnt through game tactics ability as shown in figure 2.

The content of teaching is the carrier of teachers' connection with students. The choice of teaching content should conform to the law of the development of students' physical and mental level, and meet the needs of students at the same time. Football teaching is a step by step process, which involves starting with basic skills. The students in the experimental

class group level teaching, students' basic skills at every level is not the same as the basic A layer of good students, so the amount of basic training arrangements than in the B layer and the C layer is small, more time will be arranged in the technical and tactical training. B students have some basic skills, but at the same time, the basic skills should be given priority to, while the training of skills and tactics should be followed. C students are not what football foundation; in the primary stage of learning is mainly arranged basic familiarity, tactical training assistant. The main purpose of arranging the teaching content is to make the teaching content conform to the existing knowledge level and ability of students, and avoid the phenomena of "not eating enough" and "not eating".

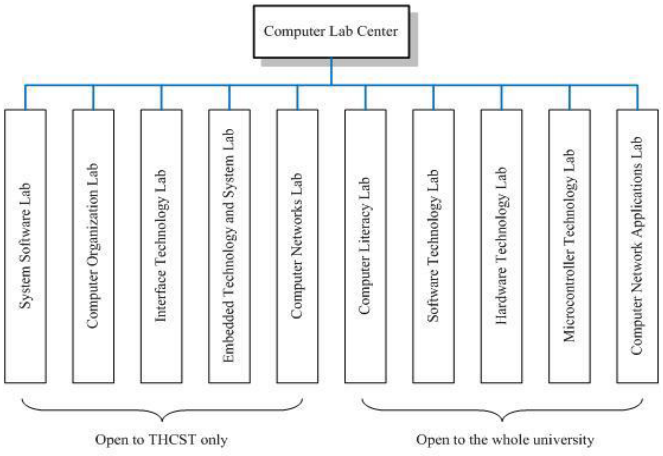


Figure 2 – Computer lab centre

3.2. Layered Lifting Teaching Model, Implementation Requirements

Hierarchical teaching mode of teaching to students stratification, set up different teaching objectives, put forward different teaching requirements, arrange different teaching contents, the teaching process, the workload is very large, in the face of the students are individuals with different characteristics, so not only the teachers are required to have strong professional skills, but also need to have the ability to coordinate the whole situation in in the process of teaching. The experimental class of hierarchical lifting teaching is divided into four levels. It requires teachers to coordinate and co-ordinate every student in each group. Coordination should not only coordinate students, but also coordinate the teachers themselves. Because teachers are now facing a group of students, there are some differences in learning ability; teachers should coordinate the teaching contents, methods with each student's requirements, but also to coordinate the whole class towards the requirements of the teaching goal in the direction of development. In addition, teachers need to deal fairly with the differences between students in the process of teaching, Pacify the students who have poor learning ability, the phenomenon of weariness and self-abandonment may occur. In a word, it is necessary for teachers to improve themselves comprehensively.

Teachers need to fully understand the students to develop a reasonable teaching goal, the students also need to fully understand their ability so that students need to improve their cognitive ability, and cognitive ability refers to people, things, and his performance, relationship development power, development direction and the ability to grasp the basic law. Previous teaching experience shows that the correct recognition of themselves and the surrounding environment is conducive to the improvement of students' academic performance, and to some extent, it can improve the confidence of students. In the hierarchical teaching mode, students need to realize their ability which belongs to the study group, through their own efforts, which can develop into a study group, which is more suitable for our current study group. In the course of teaching, some students always underestimate or overestimate their own abilities. In the face of the difficulties in practice, they always give up easily, and in the course of time they avoid habits of failure. Some students fail to recognize their current abilities and mistake their ability to learn. Hierarchical teaching mode to students' scientific points to several groups according to students' own ability, some students will therefore poor sense of inferiority, and dislike PE learning, so that students must correct cognition to their existing learning experience is only suitable for the current learning environment, if the error and improve their learning burden will be effect is not good.

The analysis of learning situation is an important part of the teaching process. Only by fully understanding the students can the teaching objective be met. However, the general situation analysis is only general, and the surface analysis of students in a class is rather crude. The analysis should be based on students' individual units of the hierarchical teaching mode of learning, because each learning team asked the students' learning ability is not the same, let the students to complete the group C layer By layer group learning content is not scientific, easy to learn C layer produce frustration. So the individual learning analyst hierarchical teaching mode itself determines the individual learning situation analysis should establish an analysis of learning files for each student, reserve the student analysis file includes not only the students original knowledge of football experience, basic physical condition, learning interest and attitude of these objective the analysis also includes the analysis of students' self-evaluation, let the students have a correct understanding of their own. Only by fully mastering the students' situation can the students be grouped into groups so that the students in each group do not have much difference in their abilities and provide a suitable learning atmosphere for each student.

4. Control of Operation Condition in Experiment of Layered Lifting Teaching

In order to ensure the teaching effect is reliable, the teaching content between the experimental class and control class synchronous arrangement, only in the experimental class teaching for students of different groups, the teaching target levels, teaching content requirements focus. According to the needs of students and their ability to carry out hierarchical lifting teaching, through the incentive mechanism, fully mobilize the enthusiasm of the experimental group students. The control group, according to the traditional teaching methods, according to the requirements of the syllabus, unified teaching of students, unified requirements.

The experiment was divided into experimental group and control group, the experimental group is the focus of this research, the control group as the reference group to reflect the superiority of the hierarchical teaching mode of teaching, in order to the accuracy of experimental results, if the teaching content teaching experiment in the experimental group and the control group is not the same as the experiment has no meaning, because the results are not comparable, if the experimental group and the control group is not the same as the amount of hours of teaching progress and depth will be affected, so the accuracy of experimental results will be greatly affected, leading to inaccurate results. So we must ensure the consistency of the experimental group and the control group arranged in the class content, which requires teachers in preparing lessons when a variety of classes, teachers are required to study materials, in the consistency of the teaching content but also ensure the consistency of the number of hours, because of the football in the outdoor, will inevitably encounter rainy weather, this will cause classes inconsistent class, affecting some class teaching progress, in the rainy weather affected class. In the experiment the hierarchical teaching mode, in order to ensure the reliability of the testing process and results, to reduce the experimental error, the experimental teaching in the school first lesson of physical and special technical basic unified test of the experimental class and control class of 120 students. At the end of the semester, 120 students were tested on physical fitness and special basic skills. In practical applications, the "test results" section should be filled out based on the specific progress of the experiment and data collection, and further refinement and adjustment of the table may be necessary. Meanwhile, ensure strict adherence to these consistency requirements during the experimental process to ensure the accuracy and reliability of the experimental results. As shown in Table 1.

Serial Number	Project	experimental group	Control group	Notes
1	Consistency of classroom content	Ensure consistency with the control group	According to the teaching syllabus	Teachers need to learn materials to ensure consistency in content
2	Consistency of class hours	Ensure consistency with the control group	-	Outdoor classes may be affected by the weather, and class hours need to be adjusted
3	Response to weather factors	Record and adjust class hours affected by weather	Ditto	Rainy weather may cause inconsistent classes
4	Experimental teaching test	Conduct a unified test in the first lesson of Physics and Special Technology Fundamentals at school	Ditto	Test 120 students, including the experimental group and control group
5	End of semester test	Accept physical fitness and special basic skills tests	Ditto	The testing content needs to be consistent to ensure comparability of results

Table 1 – Application Exploration Data Table

In the hierarchical teaching experiment, the experimental class was divided into several different groups of learning ability in the teaching process, so that some students in the psychology will fluctuate, some are learning group will produce self-mentality in ability, this time teachers must conduct psychological counselling to education. Let students understand the teacher groups in each group are intended to give each student to create a more suitable for their current learning environment, not because of what was in a group have inferior psychological mood. Pay attention to teachers and students to strengthen communication and exchanges, encourage students to study hard in the C layer to move to a high level of motivation, C group of students dare to a higher attack group; exhortation in A layer, maintain the advanced students arrogance, to help students in need of help. When the students in the experimental class through a period of study, the need for level adjustment and lifting, especially down into the mental health status of students in the next layer from the A group or B group, to prevent the hierarchical which result in students' inferiority complex. Teachers should be psychologically motivated to encourage students not to be discouraged and try to get back in the next adjustment. At the same time to remind the group from C rise to B group or B group rose to a group of students, encourage them to study progress, but also not because of temporary progress you relax, once the efforts by a stage will still be down to the original group.

4. Conclusion

The research is based on 120 students of grade 2016 in Shanghai Normal University public football course as the experimental object, using the method of CAI, experimental research on Hierarchical Teaching Model in the implementation of the elective course of football teaching effect. Through the application of analysis, hierarchical teaching mode in college football teaching in the experimental group showed the students in the 1000 meter run performance improved significantly, by the first 5 ‘59 “up to 4’ 36” after the experiment, the 50 meter race from 6 “to 6” 40 84 increase, performance of standing long jump from 2.24 meters up to 2.30 meters. Data show that the hierarchical teaching mode of teaching has more advantages than the traditional teaching mode, to better implement the principle of individualized instruction; it shows that the hierarchical teaching mode through the lifting mechanism can be very good to improve students’ foot. The ball special technical level; 3, the data shows that the experimental group of football “very interested” in students from 16 growth to 38 people, “not interested” students from 20 reduced to 6, the average student interest is reduced from 24 to 16, the hierarchical teaching mode of teaching school, students’ interest in learning high, football skills, change the exercise attitude of students, cultivate the habit of exercise, make the classroom teaching to the extra-curricular activities, and has good effect on the cultivation of the students’ exercise habits.

References

Bingham K, Porter G. (2021). The preparedness of Master of Architecture graduates for the fourth industrial revolution (4IR), Energy Water, 154.

Chlebus K K. (2016). CAD 3D models decomposition in manufacturing processes, Archives of Civil and Mechanical Engineering, 16(1), 89-90.

Deng H, Wang J. (2020). Optimization of computer-aided teaching network management system for college physical education courses, Computer-Aided Design and Applications, 11, 158-167.

Göller A H, Kuhnke L, Ter L A, Meier K, Hillisch A. (2022). Machine learning applied to the modeling of pharmacological and ADMET endpoints, Artificial intelligence in drug design, 61-101.

Kennedy P, Kennedy D. (2016). The role of sport science in the elite football labour process. Sport, Business and Management: An International Journal, 6(3), 341-359.

Li T, Zhan Z. (2022). A systematic review on design thinking Integrated Learning in K-12 education, Applied Sciences, 12(16), 8077.

Mao C C, Chen C H. (2021). Augmented reality of 3D content application in common operational picture training system for army, International Journal of Human–Computer Interaction, 37(20), 1899-1915.

Qiu J. (2023). Application of Virtual Reality Technology in environmental art space design. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (E63), 446-456.

Rui, S C. (2014). Computer Aided Sports Technology in Physical Training, Advanced Materials Research, 3181(926), 67-69.

Schuetz S, Venkatesh V. (2020). The rise of human machines: How cognitive computing systems challenge assumptions of user-system interaction. Journal of the Association for Information Systems, 21(2), 460-482.

Serdar K, David A. (2015). Diffusion of Computer Aided Design Technology in Architectural Design Practice, Journal of Construction Engineering and Management, 131(10), 23-26.

Shahid H, Shah M A, Almogren A, Khattak H A, Din I U, Kumar N, Maple C. (2021). Machine learning-based mist computing enabled internet of battlefield things, ACM Transactions on Internet Technology (TOIT), 21(4), 1-26.

Wang Y, Li C, Li O, Cheng S, Liu W, You H. (2022). Simulation study of dual metal-gate inverted T-shaped TFET for label-free biosensing, IEEE Sensors Journal, 22(19), 18266-18272.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 05/03/2024
Aceitação/Acceptance: 09/06/2024

International Business Marketing Management of Private Enterprises Based on Bayesian Dynamic Panel Model

Siqi Huang, Eunmi Lee*

huangsiqi_1992@126.com; tatum@sejong.ac.kr

Business Administration, Sejong University, Gwangjin-gu, Seoul, 05006, Korea

Pages: 559-572

Abstract: With the accelerated development of globalization and digitization, private enterprises are increasingly focusing on expanding international markets. In this context, international business intelligence (BI) business has become an indispensable part of private enterprises. Machine learning algorithms, with their powerful data processing and analysis capabilities, provide strong support for the international business intelligence business of private enterprises. This article will take private enterprises as an example to explore the impact of machine learning algorithms and Bayesian dynamic panel models on their international business intelligence business work. The Bayesian dynamic panel model combines time series data and cross-sectional data to comprehensively analyze the performance of private enterprises in the international market. By automating the analysis and processing of large amounts of data, machine learning algorithms and Bayesian dynamic panel models can quickly provide valuable business insights, helping enterprises make quick decisions. Private enterprises can more accurately grasp market dynamics and consumer demands, optimize marketing management strategies and product development, and provide strong support for international transformation.

Keywords: International Trade, Marketing Management, Complex Dynamic Element Networks, Machine Learning Algorithms; Bayesian Dynamic Panel Model

1. Introduction

In the current era of globalization and booming digital technology, China's private enterprises are standing at a historic turning point. On the one hand, the rapid growth of the Chinese economy and the continuous expansion of the market have provided unprecedented development opportunities for private enterprises; On the other hand, with the complex and ever-changing international trade environment and the profound adjustment of domestic economic structure, private enterprises are also facing unprecedented challenges. Especially on the international stage, how private enterprises can seize opportunities, respond to challenges, and achieve international strategic transformation has become a practical problem that governments and private entrepreneurs must jointly face (Cappa et al., 2021). In recent years, the living

environment in which Chinese private enterprises operate has undergone profound changes. Firstly, the trend of global economic integration has intensified competition in the international market, requiring Chinese private enterprises to have higher competitiveness in order to establish themselves on the international stage. Secondly, the rise of international trade protectionism and the increase of trade barriers have brought enormous pressure to the export business of private enterprises in China (Sheng et al. 2021). In addition, with the emergence of rising labor costs and intensified resource and environmental constraints in China, private enterprises are also facing an urgent need for transformation and upgrading. These new challenges require private enterprises in China to accelerate their internationalization, seek new growth points and development space (Hasan et al. 2021).

Internationalization strategic transformation is an inevitable choice for private enterprises in China to respond to current challenges and achieve sustainable development. Firstly, the transformation of internationalization strategy helps private enterprises expand overseas markets, achieve market diversification, and reduce dependence on a single market. In the context of globalization, fluctuations in any market can have a significant impact on enterprises, and diversified markets can effectively reduce this risk. Secondly, international strategic transformation can enhance the brand influence and competitiveness of private enterprises. By participating in international market competition, enterprises can learn more advanced management experience and technical knowledge, and enhance their core competitiveness (Ishaq et al. 2021). However, in the process of internationalization strategic transformation, private enterprises in China also face many confusions and challenges. Firstly, due to the complexity and uncertainty of international market information, private enterprises find it difficult to obtain comprehensive and accurate market information during the internationalization process, leading to decision-making difficulties. Secondly, there are significant cultural differences among different countries and regions, and private enterprises need to face the challenge of cultural differences in the process of internationalization. How to achieve cultural integration has become a major challenge (Li et al. 2020).

Machine learning algorithms have attracted widespread attention from researchers in both industry and academia, involving the application of machine learning algorithms. The past 40 years of reform and opening up, China has rapidly developed into a world economic and trade powerhouse. From the perspective of the global value chain, most of the work undertaken by Chinese companies is still low value-added. The core technologies in key areas are still subject to human control. Many industries are still at the mid to low end of the global value chain and are weak links in China's technological innovation. How to seek technological innovation paths for Chinese enterprises and cultivate world-class advanced manufacturing clusters is a high-end concern for China's current industry.

In the wave of globalization and digitization, private enterprises are facing unprecedented opportunities and challenges. Expanding the international market not only requires a deep understanding of the operational mechanisms of the local market, but also requires precise grasp of the dynamics and trends of the global market. Therefore, the importance of international business intelligence (BI) business is increasingly prominent, as it can help enterprises extract valuable information from massive data and provide strong support for strategic decision-making. Machine learning algorithms, as an important

branch of artificial intelligence, play a crucial role in international business intelligence business due to their powerful data processing and analysis capabilities. Through deep learning, pattern recognition, and predictive analysis of massive data, machine learning algorithms can reveal the patterns and trends behind the data, providing accurate market predictions, consumer behavior analysis, and product optimization suggestions for private enterprises.

2. Related Work

The research on the international business network model of Chinese private enterprises is gradually deepening in two stages based on complex network theory. In the first stage, scholars mainly focus on exploring and summarizing the topology and evolution process of the international business network of Chinese private enterprises. At present, researchers have preliminarily analyzed the density, small world characteristics, node centrality, and clustering structure of international business networks by analyzing international business data of private enterprises. They have revealed the scale and various complex characteristics of international business networks of private enterprises and described their structural characteristics in the global economic and trade environment (Albahri et al. 2020). However, the research at this stage mainly focuses on the basic description and exploration of the characteristics of the international business network of Chinese private enterprises, and has not yet deeply analyzed its internal mechanisms and influencing factors.

In the second stage, scholars began to conduct comprehensive and in-depth research on the statistical characteristics of the international business network of Chinese private enterprises. They not only analyzed unweighted directed networks, but also gradually expanded to weighted and undirected networks, establishing measurement indicators suitable for international business networks of private enterprises (Al Hashedi et al. 2021). At this stage, researchers conducted in-depth research on the structure and network characteristics of the international business network of private enterprises, such as the “core edge” structure and the “rich club” phenomenon, and analyzed the impact of these characteristics on the development of international business of enterprises. At the same time, they also focused on the issues of vulnerability and stability in the network, providing important references for private enterprises to expand their international business in the context of globalization (Ghatasheh et al., 2020). Business intelligence (BI) technology plays a crucial role in the expansion and analysis of the international business network model of Chinese private enterprises. By applying BI technology to the international business data warehouse of private enterprises, they can mine valuable business information, gain in-depth business insights and predictive capabilities. BI technology can not only help enterprises understand their position, role, and influence in the international business network, but also help them identify potential business opportunities, partners, and competitive threats, providing strong support for their international business decisions (Bo and Dimovski, 2019). Data analysis is the integration and analysis of internal and external information data, helping enterprises better understand the market and customers, obtain reliable data support, and formulate more effective business strategies. Business intelligence and data analysis can handle data sources from different channels and types, including

structured data, semi-structured data, and unstructured data (Wang et al. 2019). This flexibility enables enterprises to fully utilize various data resources and obtain more comprehensive information support. Business intelligence and data analysis provide various analytical methods and technologies, such as statistical analysis, data mining, machine learning, etc. Enterprises can choose appropriate methods based on specific needs, conduct in-depth data analysis and mining, and discover the potential value of data (Hassani and Moscowini, 2022). Business intelligence and data analysis can be applied to various fields of enterprise management, such as sales analysis, customer relationship management, supply chain management, financial management, etc. This flexibility enables enterprises to apply data analysis results to different fields according to actual needs, improving decision-making efficiency and effectiveness (Hu et al. 2020). Using network representation learning techniques in graph theory, nodes and edges from heterogeneous data from multiple sources are mapped to a low dimensional vector space to achieve dimensionality reduction of information representation. Meanwhile, by introducing the concepts of node types and edge types, a heterogeneous information network model containing multiple types of nodes and edges was constructed. Based on data mining and machine learning techniques, extract features from heterogeneous information networks and construct a classifier model (Choi et al. 2020). By training and optimizing the model, automatic identification of potential network threat intelligence can be achieved. Specific methods include node classification based on graph embedding and anomaly detection based on community discovery. Using visualization techniques to present recognition results in a graphical manner (Gao et al., 2020). By drawing network graphs, heatmaps, time series graphs, and other charts, the distribution, trend, and correlation of network threat intelligence can be visually displayed, making it easy for users to quickly understand and analyze.

3. Materials and Methods

3.1. Construction of Bayesian Dynamic Panel Model

The use of Bayesian dynamic panel models and machine learning algorithms is mainly aimed at helping private enterprises find suitable paths for international transformation and providing support and assistance for strategic decision-making. Specifically, this technology can help private enterprises: 1). Finding a path for international transformation: By analyzing market demand, competitive landscape, cultural background, and other factors in different countries and regions, models can help private enterprises identify potential market opportunities and threats, thereby providing appropriate path choices for their international transformation. 2). Provide strategic decision support: By utilizing the predictive ability of models on market trends, private enterprises can more accurately evaluate the risks and potential of entering a certain market, providing strong support for strategic decision-making. For example, enterprises can decide whether to enter an emerging market or how to adjust their products or services to meet the needs of the target market based on the predicted results of the model. 3). Evaluate the effectiveness of internationalization transformation: In the process of internationalization transformation of private enterprises, models can help enterprises evaluate their implementation effectiveness by collecting and analyzing sales data, market share, customer satisfaction, and other indicators in the international

market. This helps companies understand whether their performance in the international market has achieved the expected goals, and make necessary adjustments and optimizations based on the analysis results of the model. 4). Utilizing big data resources: The integration of Bayesian dynamic panel models and machine learning algorithms enables private enterprises to fully utilize big data resources and extract valuable business insights from massive amounts of data. This not only improves the analytical and predictive capabilities of the model, but also provides more comprehensive and in-depth data support for the internationalization transformation of enterprises. 5). Adapt to dynamic market environment: Due to the complexity and variability of the international market, private enterprises need to flexibly respond to various market changes. The Bayesian dynamic panel model introduces prior information and handles data uncertainty, enabling it to better adapt to this dynamic market environment and provide more robust support for the internationalization transformation of enterprises.

3.2. Machine learning algorithm based static panel data model

Panel data refers to the data that takes multiple sections on the time series, that is, the data that combines the time series data and section data. The difference between panel data, time series data and section data is that the variables of panel data have double subscripts. The general expression is as follows:

$$y_{it} = \alpha + X_{it}^{'}\kappa + \varepsilon_{it} \quad 1 = 1, 2, \cdots, N; t = 1, 2, \cdots, T \tag{1}$$

Where i represents an individual, t represents time, x is a constant, K is a constant vector of Kx1 order, and Xit is the ith observation value. Most panel data applications use one-way error component models, namely:

$$\varepsilon_{it} = \mu_i + v_{it} \tag{2}$$

among μ I represents unobservable individual effects, and vit is a random disturbance term. Equation (1) can be written in the following vector form:

$$y = \alpha t_{NT} + X\kappa + \varepsilon = Z\delta + \varepsilon \tag{3}$$

Where y is a vector of NTx1 order, X is a matrix of NTxK order, Z=[Lnt, X], δ'= (at ', K'), IvT is a vector of NT order whose elements are all 1. Equation (2) can be written in the following vector form:

$$\varepsilon = Z_{\mu}\mu + v \tag{4}$$

Density is the total distribution of each line in a network collected to measure the distance between the surveyed network and the entire network. The so-called complete network refers to any two nodes in the network having an edge to form a connection. The

more connections between fixed nodes, the higher the density of the network. This is one of the simplest methods to explore the overall connectivity of a network. There are many formal definitions of density, among which the most common and simplest definition is the ratio of the actual number of connected edges in the network to the maximum possible number of connected edges in the network, that is:

$$D = \frac{2L}{N(N-1)} \tag{5}$$

Among them, N is the number of nodes in the network, and L is the number of edges in the network. Obviously, the maximum number of connection edges in a network is equal to the number of connection edges of a complete network. So, the density of the complete network is 1. It is worth noting that the above definition is given for undirected network. If the network is directed network, the maximum number of connection edges that may exist in a network is $N(N-1)$, and the density formula should be adjusted accordingly.

Reciprocity, as the term suggests, describes that two individuals are in contact with each other and benefit from each other, or they are only unilaterally given. Therefore, reciprocity is more commonly used in directed networks. In directed networks, when there is a connection from node i to node j and from node j to node i, it can be thought that the two nodes are mutually beneficial. The simple reciprocity coefficient is always used to measure the reciprocity of networks, namely:

$$r = \frac{L^{\leftrightarrow}}{L} \tag{6}$$

In the above formula, $L^{\leftrightarrow}$ refers to the number of node pair with bidirectional connections, that is to say, for the node pair i and j, there is not only connection from node i to node j, but also connection from node j to node i. I refers to the total number of node pairs that have connections in the network. When r=l, the network is a pure two-way network.

Based on the above two properties, an index given by Fagiolo (2007), Symmetry Index, is introduced. It is not only applicable to unweighted networks, but also to weighted network. Since any network class is represented as unweighted form G(N,AN,N) or weighted form G(N,WN,N), then the matrix AN, N or WN, N can be used to represent the network. Thus, the judgment of whether the network is directional or not can be converted to the discussion of whether matrix AN, N or WN, N is symmetrical or not, which is not generally redefining a matrix:

$$W = \{w_{ij}\} = \tilde{W} + (1 - \tilde{W})I_N \tag{7}$$

In the above formula, $\tilde{W}$ is the corresponding matrix of the network $\tilde{G}(N,\tilde{W})$, $\tilde{w}$ is the diagonal value on the matrix $\tilde{W}$, and I_N is the unit matrix of $N \times N$. Thus, the matrix $\tilde{W}$ can be transformed into the matrix W whose element on the diagonal is 1 and all other elements remain unchanged, that is, in matrix W, all $i \neq j$ have $w_{ij} = \tilde{w}_j$. At the same time, $w_{ij} = 1$. The square of the Frobrnius norm of matrix W is given, namely:

$$\|W\|_F^2 = \sum\sum w_{ij}^2 = N + \sum_i \sum_{j \neq i} w_{ij}^2 \tag{8}$$

In the above formula, w_{ij} is the element in the matrix W, and N is the number of network nodes. Obviously, the Frobrnius norm of the matrix transpose has $\|W^T\|_F = \|W\|_F$, that is, $\|W^T\|_F^2 = \|W\|_F^2$.

Based on this, the description index of the unweighted network is given. In the unweighted network, the most fundamental and important metric is the degree distribution. An unweighted network $G(N, A_{N\times N})$ is defined. For undirected networks, the node degree of node i is the number of edges connected to the node i, that is:

$$D_i = \sum_j a_{ij}; i = 1,2,\ldots,N \tag{9}$$

In the above formula, a_{ij} is the element in the corresponding adjacency matrix. For directed networks, the degree of node i should be considered from in-degree and out-degree respectively. Among them, the in-degree represents the number of connections to node i from other nodes. And the out-degree represents the number of connections to the other nodes from the node i, namely:

$$D_i^{in} = \sum_k a_{ki}; i = 1,2,\ldots,N \tag{10}$$

$$D_i^{out} = \sum_k a_{ki}; i = 1,2,\ldots,N \tag{11}$$

The data of international trade mainly comes from Direction of Trade (DOT) of the International Monetary Fund. DOT data includes import and export data of each country to other countries each year in million dollars of that year. All of the export data are evaluated by F.O.B (Free on Board), namely, the FOB price of the goods. The valuation method of import data is usually C.I.F (Cost Insurance and Freight), that is, freight, insurance and so on, except for the price of goods. In the data of some countries, both C.I.F and F.O.B data exist. In principle, C.I.F data is preferred, and if it doesn't exist, F.O.B data will be used. GDP data of countries are from the World Bank. For some missing data, if there is trade data that is opposite to its trade, it will replace the missing data. For all import and export data that are not strictly equal, the average value will be calculated, which is the export data of country i to country j, namely:

$$\widetilde{E}_{ij}^t = \frac{E_{ij}^t + I_{jt}^t}{2}; i, j = 1,2,\ldots,172 \tag{12}$$

In the above formula, E_{ij}^t represents the export trading data of country i to country j in t, and I_{ji}^t is the import trading data of country j to country i in t. Eventually, the export trading data of 172 countries to other countries from 2012 to 2022 were extracted and sorted out from the database of IMF in this paper. Combined with the GDP data

of countries from 2012 to 2022, the construction and exploration of network were conducted on the international trade system.

4. Result Analysis and Discussion

When applying machine learning algorithms and Bayesian dynamic panel models to international business marketing management of private enterprises, we tested a series of independent variables that have a significant impact on decision support (dependent variable) for the internationalization transformation of private enterprises. Specifically, these independent variables include but are not limited to macroeconomic indicators of the target market (such as GDP growth rate, inflation rate, unemployment rate), political stability indicators (such as policy continuity, international relations), consumer behavior data (such as purchasing preferences, consumption ability), industry trends (such as technological innovation, competitive situation), as well as the company's own resources and capabilities (such as brand influence, research and development strength, financial situation, etc.).

Through machine learning algorithms, we can perform feature selection and weight allocation on these independent variables to construct models that can predict market trends. These models can not only help businesses identify potential market opportunities and risks, but also provide customized marketing strategy recommendations for businesses. The Bayesian dynamic panel model allows us to conduct a more in-depth analysis of the relationship between independent and dependent variables while considering time series data and potential dynamic effects. Through this model, enterprises can more accurately understand the needs and differences between different markets and customer groups, so as to develop more accurate marketing strategies.

Applying machine learning algorithms and Bayesian dynamic panel models to international business marketing management of private enterprises can help them predict market trends more accurately, optimize marketing management strategies, and improve decision-making efficiency. By analyzing historical trade data through machine learning algorithms, enterprises can predict future market development trends. This helps enterprises to layout the market in advance, seize business opportunities, and avoid risks. Based on the Bayesian dynamic panel model, enterprises can analyze the needs and differences between different markets and customer groups. By adjusting product positioning, pricing strategies, promotion methods and other marketing management methods, enterprises can better meet market demand and improve customer satisfaction. Machine learning algorithms and Bayesian dynamic panel models can automatically process and analyze large amounts of data, extracting valuable business insights. This can greatly shorten the time cycle of enterprise decision-making, improve decision-making efficiency and accuracy. Firstly, the network density of the international trade network from 2012 to 2022 was directly calculated, as shown in Table 1.

Year	Density
2012	0.52
2014	0.58

Year	Density
2016	0.64
2018	0.69
2019	0.72
2020	0.65
2021	0.68
2022	0.73

Table 1 – Density of International Trade Network

From the development trend of international trade, global trade activities showed a significant growth trend. By applying machine learning algorithms and Bayesian dynamic panel models, we can analyze this trend in more depth and provide valuable insights for international business marketing management of private enterprises. Firstly, we observe that the growth of global trade activity is not just a linear upward process. In the first few years of the investigation period, trade activity grew rapidly, but then entered a relatively stable stage. This growth model is similar to the development trends of many economic indicators, indicating that international trade activities are also influenced by various factors, such as global economic conditions, policy changes, technological progress, etc. By applying machine learning algorithms, we can model and analyze these influencing factors to predict future trends in trade activities. Machine learning algorithms can process large amounts of historical data, identify key factors that affect trade activities, and predict possible changes in these factors in the future. This predictive ability is crucial for private enterprises as they need to develop and adjust their marketing management strategies based on market trends. Next, we consider the reciprocity of international trade. Reciprocity is an important concept in international trade, which means that trade between two countries is mutual, that is, one country exports goods to another country while also importing goods from that country. This reciprocal relationship helps to establish stable trade partnerships and promote the long-term development of trade. Through Bayesian dynamic panel models, we can analyze the reciprocal relationships between private enterprises and different countries, and predict the possible changes in these relationships in the future. The Bayesian dynamic panel model can consider the interactions and dynamic changes among multiple factors, thereby providing more accurate prediction results. This is very useful for private enterprises as they can optimize their market layout and trade strategies based on predicted results. The reciprocal results of international trade networks from 2012 to 2022 are shown in Table 2.

Year	Reciprocal relationships
2012	0.82
2014	0.84
2016	0.85
2018	0.86

Year	Reciprocal relationships
2019	0.88
2020	0.87
2021	0.85
2022	0.86

Table 2 – Reciprocal relationships in international trade networks

From the analysis of international trade data, it can be seen that from 2012 to 2022, the reciprocity between countries remained at a high level in international trade, with low fluctuation range and frequency, demonstrating stable reciprocity characteristics. This high and stable reciprocity indicates that the import and export trade relations between countries are relatively stable, and in most cases, they are two-way. That is, if a country has an export trade relationship with another country, then another country is also likely to export to that country, forming an interdependent trade model. However, although this reciprocity analysis provides a lateral perspective on international trade relations, it has not delved into specific trade volumes and structures. When we consider the actual trade volume, that is, the specific export volume between each country, reciprocity may no longer be a simple binary relationship (existing or non-existent), but involves differences in quantity. In order to gain a deeper understanding of this reciprocity in international trade and take into account the differences in trade volume, we can combine machine learning algorithms and Bayesian dynamic panel models for further analysis. Specifically, we can use these algorithms and models to predict and explain changes in trade volume between countries, as well as how these changes affect the overall level of reciprocity. Firstly, we can use machine learning algorithms to model a large amount of historical trade data and identify key factors that affect trade volume, such as GDP, exchange rates, trade policies, etc. By training the model, we can predict possible future changes in trade volume and evaluate their impact on reciprocity based on this. Next, we can use Bayesian dynamic panel models to further analyze the interactions and dynamic effects between these factors. Bayesian methods allow us to consider uncertainty and adjust parameters based on new data during model updates. This flexibility enables us to more accurately capture dynamic changes in international trade and predict their impact on reciprocity. The results of non standardized symmetric indicators are presented here, as shown in Table 3.

Year	Unweighted network	Year	Weighted network
2012	0.15	2012	0.0015
2014	0.2	2014	0.0018
2016	0.25	2016	0.0022
2018	0.28	2018	0.0025
2019	0.3	2019	0.0028
2020	0.33	2020	0.0029
2021	0.31	2021	0.0027
2022	0.29	2022	0.0025

Table 3 – Symmetry index of international trade network

From the above Table, it can be intuitively observed that for international trade networks, regardless of whether their structure is unweighted or directed, the obtained symmetry index values are stable and tend to zero. Especially in international trade networks with weighted directed structures, the symmetry index value is almost zero. The symmetric index value of the international trade network with unweighted and directional structures is slightly higher than that of the weighted structure, but overall it is still relatively low with a slow downward trend. It is worth noting that there is no need to obtain a symmetric index that is completely equal to zero to determine the absolute symmetry of the matrix. When the symmetry index is extremely close to zero, it can be considered that the asymmetry of the matrix is not significant. It can be seen that the positioning of the international trade network is not important, it has transformed into an undirected network for further research. In order to make the judgment more convincing, we have provided the average values of the symmetry index for both unweighted and weighted networks, namely:

The symmetry index values of both unweighted and weighted international trade networks are lower than their average values. Rejected the assumption of matrix asymmetry and tended to accept that the matrix is symmetric and the network is undirected. According to the results of the reciprocity and symmetry index tests, there is no need to discuss the direction of the international trade network, and the construction of an undirected international trade network is reasonable and practical.

In the process of exploring the structure of international trade networks, this section will describe the essence of international trade network structure through various statistical indicators from shallow to deep. The first one is connectivity. For a network, the most noteworthy and easy to explore is the relationship between each node and its neighboring nodes, which displays the network's degree distribution and strength distribution structure, forming a preliminary understanding of the form of international trade networks. The average and standard deviation of point degree and point intensity for each year from 2012 to 2022 are presented, and they vary over time, as shown in Table 4.

Year	Standard deviation of point degree	Year	Average of point degree
2012	75	2012	50
2014	80	2014	42
2016	85	2016	36
2018	93	2018	32
2019	97	2019	28
2020	117	2020	22
2021	132	2021	18
2022	139	2022	8

Table 4 – Symmetry index of international trade network

From Table 4, it can be seen that the average level of international trade networks has been increasing from 2012 to 2022. In the first few years, the growth rate was relatively

fast, but after the 21st century, the growth rate tended to flatten. It is worth noting that the trend of change in the standard deviation of point degree is opposite to the trend of change in the average value of point degree, and shows a gradually decreasing trend. It can be inferred that some countries do not have stable trading partners in the international trade network. With the progress of the economy and other aspects, the trading partners of these countries are constantly expanding, and the gap between developed countries is gradually narrowing. On the other hand, the average point strength of the international trade network was observed from 2012 to 2022. It can be observed that the average intensity of international trade networks is relatively high each year, but the overall trend is different from the changing trend of the average point. The average point intensity does not show a significant growth trend, and the changes are mild and stable. The point intensity of a country reflects the proportion of its total export trade to its gross domestic product. Due to the standardized weights between nodes, the strength of points may be greater than 1. A higher average point intensity indicates that a country's total export trade contributes significantly to its GDP. Combining average point degree and average point intensity, it can be found that the average trade volume between the country and other countries contributes less than 1% to its GDP. It can be seen that in the international trading system, even if a country has trade with many countries, its trade relations with a few countries may still be greater. For the relatively stable trend of average point intensity, the contribution of trade to a country is relatively stable in the development and evolution of the times.

5. Conclusion

By using machine learning algorithms to identify and analyze patterns in trade networks, we can help companies accurately identify potential trading partners and market opportunities, thereby providing data support for their internationalization strategies. At the same time, these algorithms can also predict market trends, enabling enterprises to plan ahead, seize business opportunities, and avoid potential risks. Secondly, the application of Bayesian dynamic panel models enables us to gain a deeper understanding of the dynamic factors and potential mechanisms that affect inter firm trade relations. This model not only considers the dependence and heterogeneity of time series data, but also considers the potential impact of unknown factors on trade relations between enterprises, thus providing more comprehensive and in-depth market insights for enterprises. Based on these analysis results, Chinese private enterprises can more accurately formulate internationalization strategies, optimize marketing management strategies, and improve the efficiency and accuracy of decision-making. For example, companies can select trading partners that match their business models and market positioning based on the analysis results of machine learning algorithms, thereby improving trade efficiency and reducing costs. At the same time, enterprises can also flexibly adjust marketing management methods such as product positioning, pricing strategies, and promotion methods based on the prediction results of Bayesian dynamic panel models, in order to better meet market demand and improve customer satisfaction.

References

Albahri, A. S., Hamid, R. A., Alwan, J. K., Al-Qays, Z. T., Zaidan, A. A., Zaidan, B. B., ... & Madhloom, H. T. (2020). Role of biological data mining and machine learning techniques in detecting and diagnosing the novel coronavirus (COVID-19): a systematic review. Journal of medical systems, 44, 1-11.

Al-Hashedi, K. G., & Magalingam, P. (2021). Financial fraud detection applying data mining techniques: A comprehensive review from 2009 to 2019. Computer Science Review, 40, 100402.

Božič, K., & Dimovski, V. (2019). Business intelligence and analytics use, innovation ambidexterity, and firm performance: A dynamic capabilities perspective. The Journal of Strategic Information Systems, 28(4), 101578.

Cappa, F., Oriani, R., Peruffo, E., & McCarthy, I. (2021). Big data for creating and capturing value in the digitalized environment: unpacking the effects of volume, variety, and veracity on firm performance. Journal of Product Innovation Management, 38(1), 49-67.

Choi, J., Yoon, J., Chung, J., Coh, B. Y., & Lee, J. M. (2020). Social media analytics and business intelligence research: A systematic review. Information Processing & Management, 57(6), 102279.

Gao, Y., Li, X., Peng, H., Fang, B., & Philip, S. Y. (2020). Hincti: A cyber threat intelligence modeling and identification system based on heterogeneous information network. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 34(2), 708-722.

Ghatasheh, N., Faris, H., AlTaharwa, I., Harb, Y., & Harb, A. (2020). Business analytics in telemarketing management: Cost-sensitive analysis of bank campaigns using artificial neural networks. Applied Sciences, 10(7), 2581.

Hasan, M. K., Ghazal, T. M., Alkhalifah, A., Abu Bakar, K. A., Omidvar, A., Nafi, N. S., & Agbinya, J. I. (2021). Fischer linear discrimination and quadratic discrimination analysis–based data mining technique for internet of things framework for Healthcare. Frontiers in Public Health, 9, 737149.

Hassani, A., & Mosconi, E. (2022). Social media analytics, competitive intelligence, and dynamic capabilities in manufacturing SMEs. Technological Forecasting and Social Change, 175, 121416.

Hu, X., Wang, C., Lim, M. K., & Koh, S. L. (2020). Characteristics and community evolution patterns of the international scrap metal trade. Journal of Cleaner Production, 243, 118576.

Ishaq, A., Sadiq, S., Umer, M., Ullah, S., Mirjalili, S., Rupapara, V., & Nappi, M. (2021). Improving the prediction of heart failure patients' survival using SMOTE and effective data mining techniques. IEEE access, 9, 39707-39716.

Kumi, E., Yeboah, T., & Kumi, Y. A. (2020). Private sector participation in advancing the Sustainable Development Goals (SDGs) in Ghana: Experiences from the mining and telecommunications sectors. The Extractive Industries and Society, 7(1), 181-190.

Li, J., Xu, Q., Cuomo, R., Purushothaman, V., & Mackey, T. (2020). Data mining and content analysis of the Chinese social media platform Weibo during the early COVID-19 outbreak: retrospective observational infoveillance study. JMIR Public Health and Surveillance, 6(2), e18700.

Sheng, J., Amankwah–Amoah, J., Khan, Z., & Wang, X. (2021). COVID–19 pandemic in the new era of big data analytics: Methodological innovations and future research directions. British Journal of Management, 32(4), 1164-1183.

Wang, C., Zhang, X., Wang, M., Lim, M. K., & Ghadimi, P. (2019). Predictive analytics of the copper spot price by utilizing complex network and artificial neural network techniques. Resources policy, 63, 101414.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 29/03/2024
Aceitação/Acceptance: 19/06/2024

The Application of Information Technology in College Students' Education Management

Shangjie Meng, Xingnan Zhan*

mengshangjie@163.com; zhanxn1997@163.com

International College, Krirk University, Bangkok, 10220, Thailand

Pages: 573-583

Abstract: With the continuous development and popularization of computer science, information technology has a great impact on educational management, and the construction of educational information has begun to take shape. With the continuous deepening of the reform of education in China, the combination of university students' education management and information technology is more and more important, and the specific application of information technology in the management of colleges and universities has become the focus of research. Therefore, in this paper, information technology was utilized to build a management platform for student quality assessment, and its functions were compared with that of the traditional educational management model. As can be seen from the comparison, the new technology has unique advantages in education management, and it can accomplish the expected assessment and management tasks.

Keywords: Information Technology; University Management; Educational Technology; Network Application

1. Introduction

With the continuous development of science, technology and economy, the attention degree of the application of information technology in our educational field has been increasing. In a certain level, the educational means and media have undergone a breakthrough change, and the application of network technology has promoted the development of university management, which provides advanced technical supports for its diversified expansions. The relevant educational departments of universities have collated and analyzed the data collected in the management of students (Martins et al. 2021). The use of information technology enables supplementary information about major educational decisions and enables management to be more efficient. In the current information age, college administrators should pay more attention to the use of network application, change the traditional management mode, enrich educational resources, provide a variety of conditions for the development of students, stimulate students' learning potential, and give full play to the advantages of elite talent training in universities. Currently, the application of information technology in university management has penetrated into various aspects, from teaching, scientific research to administrative management, all of which have shown their unique advantages (Oguguo

et al. 2021). In terms of teaching, the introduction of multimedia teaching, online education platforms, remote teaching systems, etc. not only enriches teaching methods and improves teaching quality, but also provides students with more flexible and diverse learning methods. In terms of scientific research, information technology provides strong support for the collection, organization, and analysis of scientific data, making scientific research work more systematic and efficient. In terms of administrative management, the construction of an information management platform has achieved optimized resource allocation, improved management efficiency, and reduced management costs. However, although the application of information technology in university management has achieved certain results, there are also some problems. Firstly, some universities lack comprehensive planning in the introduction and application of information technology, resulting in insufficient resource utilization and even waste (Turnbull et al. 2020).

Some educators are not proficient enough in the use of information technology and cannot fully leverage its advantages. Once again, information security issues are becoming increasingly prominent, and how to ensure the security and privacy of data has become an urgent problem to be solved (Han and Bakhir, 2024). The application of information technology in university management has many advantages. Firstly, information technology can break through the limitations of time and space, making the distribution of educational resources more equitable. Through online platforms, students can learn anytime, anywhere, without being limited by geography and time. Secondly, information technology can enrich teaching methods and improve teaching effectiveness. New teaching methods such as multimedia teaching and virtual experiments can stimulate students' interest in learning and improve learning efficiency (Mailizar et al. 2021). Once again, information technology can achieve resource sharing and optimized configuration. Through information management platforms, universities can allocate resources more reasonably and improve resource utilization efficiency. Finally, information technology can improve management efficiency and reduce management costs. Through automated and intelligent management methods, universities can more efficiently complete various management tasks.

2. State of the Art

With the rapid development of information technology, it is becoming more and more important to improve the informatization level of university management. Many professors in the field of education in China have studied this subject (Upadhyaya and Vrinda, 2021). Chang Hongzhou believes that in the practice of higher education, relevant departments can use relevant computer management software for educational administration, so as to ensure that the allocation of school resources is more scientific and reasonable and that education time and space can be fully utilized, which has a positive impact on the quality of teaching (Szymkowiak et al. 2021). Counselors can obtain and transmit information and information needed in a timely manner through network information technology, which can facilitate the record, inquire and counting of students' academic achievement, rewards and punishments, employment, family information and so on. They can also share information and share resources with other counselors and teachers. Network information technology has further improved the efficiency of educational administrators. In colleges and universities, construction

of innovation practice platform can let students boldly put forward their ideas whenever and wherever possible, and can get the teacher's advice, which is conducive to stimulate students' interests in learning and can promote students' understanding and emphasis on practice, and can lay the foundation for good employment and personal development opportunities. Based on the uneven network information, higher education administrators should establish a sound moral education network in the process of ideological education for students, so as to promote the students to realize the importance and urgency of moral education in their study and life (Revythi and Tselios, 2021). The revolution of science and technology in modern society is centered on the change of information technology, and the change of information technology also has a very important influence on our economy, society, culture and education. In the higher education stage, colleges and universities should further strengthen the application of information technology in the practice of college students' education management. Improving the efficiency and effectiveness of education management can create conditions for the modernization of higher education (Hımmetoglu et al. 2020).

Although the application of information technology in university management has many advantages, it also faces some challenges. Firstly, information security is an important challenge facing current university management. In order to ensure the security and privacy of data, universities need to strengthen their attention and management of information security, and establish a sound information security system. Secondly, some educators are not proficient enough in the use of information technology and need to strengthen their training and education. Universities can improve the mastery of information technology among educators by organizing training and conducting seminars. Once again, the development speed of information technology is very fast, and universities need to constantly update and improve their information systems to meet the needs of the times. In order to fully leverage the advantages of information technology in university management, universities can take the following measures: firstly, strengthen overall planning, clarify the application direction and focus of information technology in university management; Secondly, strengthen talent cultivation and improve the mastery of information technology by educators; Thirdly, strengthen information security protection and establish a sound information security system; The fourth is to strengthen cooperation and communication with external institutions, and jointly promote the application and development of information technology in university management.

3. Methodology

The application of information technology in the management of colleges and universities is the organic combination of computer technology, network technology, multimedia technology and education management. The redesign of the teaching process and the development and utilization of teaching resources can realize the high-quality combination of applied information technology theory and practice (Xie et al. 2021). In classroom teaching, the penetration of modern technology should be accelerated. In the course of education, the teaching media acts more as a tool to guide students to think deeply, while teachers focus on guiding and correcting the mistakes of students' learning activities. In the course of passivity, students have changed from passive receivers of

knowledge to important participators in educational activities, which can not only stimulate students' creative thinking, but also develop students' means of acquiring knowledge. With the foundation of a wealth of academic knowledge, the practical ability of students to learn and solve problems independently can be maximized. In the course of the application of information technology in classroom education, it plays an important role in students' creative ability. Table 1 shows the embodiment of information technology applications.

Role	Means	Effect	Relevance to the improvement of College Students' ability
Media	Multimedia, teaching CD-ROM, courseware and so on	Change the mode of interaction so as to change the teaching form	It is beneficial for college students to construct a reasonable knowledge framework
Tool	Electronic templates, electronic programs, communication tools, etc.	Support students' autonomy, inquiry and social learning	It is beneficial for students to have the ability to acquire knowledge and the ability to process information
Environmental Science	Multimedia audio visual center, electronic reading room, network classroom and so on	Enhance the classroom and social nature of the connection and communication skills, improve students' learning experience	Help students to apply their knowledge and learning to live, learning in the process of divergent thinking

Table 1 – The role of educational technology in the teaching process

In educational activities, the main concern of educators is the usefulness of educational means and forms, while external forms also have certain influences in the classroom. When analyzing contents of the course, teachers can use information technologies to explain the difficulties and emphases in the teaching contents. While they deepening students' impressions at the knowledge level, they can also ensure that students understand the knowledge. In the process of optimizing teaching plans, teachers need to use modern technologies to change abstract into intuition, and change macroscopic contents into microcosmic contents as well. In this way, they can solve the students' mental disorders and enhance their abilities to absorb knowledge in the course of instruction. In the process of teaching evaluation, the participation of information technology can't be ignored. For the evaluation system of education, teachers should strengthen the fundamental sources of positive and negative effects on the evaluation system of care and explore the effect and the corresponding solutions, so as to achieve the fundamental purpose of teaching activities and ensure the healthy growth of students. Using the network teaching platform, teachers can collect and analyze students' achievements and points in time, and can adjust the means of education. The application of information technology in teaching evaluation system is helpful to improve the accuracy of students' feedback. By comparing the traditional English teaching system and the curriculum evaluation established by modern technologies, the modern technology evaluation system can automatically recommend reading and listening courses for students. In the process of

receiving the course by students, the system can record the learning footprint, including the students' learning time, the common difficulties and key points in the grade-one learning course. As a result, students can constantly consolidate what they have learned. Experiments have proved that the teaching evaluation system of information technology has the strong human-computer interaction, and it has an excellent auxiliary role for beginners. Compared to the traditional model, the user experience has been improved significantly.

The current traditional education model in China has been deeply rooted, so most colleges and universities still rely on the experience of teachers for teaching. Advanced teaching management concepts can't be promoted in the domestic teaching activities. According to the actual survey data, most colleges and universities have been equipped with multi-media equipment, audio-visual materials and other teaching aids, but in actual teaching, these modern technologies and equipment are rarely used. The teaching tasks are heavy and the students are more inclined to improve the examination skills, so most of the teachers do not pay attention to the use of multimedia equipment. In this environment, the teaching contents are too rigid and purposes of teaching are too utilitarian, so students are unable to exercise their spoken English and listening skills, and their English level also can't be really improved. Students also lack the concept of effective use of modern educational platforms. Questionnaires to several universities show that although many schools provide modern technologies and most students have personal equipment, students do not have the awareness to use the Internet resources for learning. The main reason why students ignore the Internet independent learning is the complexity of the learning resources on the network, so it is difficult for students to find a website that is really suitable for them. Some learning programs are only available after purchase, which increases the learning cost of students. The use of instructional software by college students is shown in table 2.

	Northeast Normal University	Northwestern Polytechnical University	Southwestern University	Shaanxi Normal University
Increase educational costs	22.7%	27.1%	27%	31%
No suitable resource was found	30.9%	30%	26%	32%
Without good control	40.3%	36.1%	40%	32%
Waste time	6.1%	6.8%	7%	5%

Table 2 – A survey of college students using instructional software

In the process of enlarging the informationization of university teaching management, the core requirement is to accomplish the highest quality work with the least human resources. Therefore, it has become the most important topic to build a modern teaching management platform with superiority and perfection of modern technologies. The security performance of the platform should first be considered. Only by ensuring the safety of the education management platform, can we ensure the implementation of its

conventional functions in the desired results. In this respect, the encryption technology in computer science can well guarantee the important information of the school platform. In the design process of teaching management platform, according to the characteristics of different schools, the adjustment will help to more effectively apply the platform to the management work, so as to continuously improve work efficiency. In addition, the creation of management platform should also consider the degree of realization of realistic goals and the return of platform investment. Using mature information science and technology and campus system, we can obtain reliable data analysis and realize the multi share of educational resources. After the platform has been put into use, schools should be equipped with professional technicians to monitor and maintain the platform regularly. According to the needs of different periods, they should improve and update the platform.

4. Result Analysis and Discussion

In the process of solving the applications of information technologies in education management, the existing contradictions should not be neglected, and it is necessary to analyze the problems in depth and apply the modern technology into the teaching activities. The concept of educational technology originates from the educational background of the west, and in the western education, there is a more profound history and a complete theoretical basis. The analysis of educational technology should be based on the actual educational background of China. In the course of teaching, teachers should be well prepared to operate modern equipment skillfully. They should get rid of the shackles of excessive emphasis on teaching tasks in the traditional educational model, and should actively combine curriculum contents and information technologies. On the basis of the new educational theory, teachers should constantly construct new teaching methods and enrich the teaching contents in class so that the knowledge of professors can be more three-dimensional for students. In optimizing teaching activities, teachers should stimulate students' innovative thinking and train students' abilities to solve problems. In a certain framework of knowledge, college students have the ability to acquire knowledge independently, and they can apply what they have learned, and draw inferences from others.

Before establishing the relevant information technology platform, the school should investigate and analyze the actual needs of students. Through questionnaires and other methods, the school can quickly obtain the students' relevant ideas and opinions. In the development of information technology management platform, the school should pay attention to students' advice and criticism and promptly deal with students' questions and process hardware and software problems, so as to ensure the usability of the information technology platform. The university network platform requires staffs responsible for the integration and analysis of the scientific elements of the platform and for improving the students' suggestions. In absorbing students' opinions, schools can investigate students' interests and hobbies, improve the integrity of the information technology platform, and ensure the true meaning of the education management platform.

The key technology of constructing the educational management platform is a more extensive structured design method. Structured design is very suitable for more complex software design, and its advantage is that it can transform complex systems into modular

structural systems. The whole system can be divided into separate units. Each unit is independent of each other, so the preparation, testing, and correction for each part of the unit can be separately carried out, which can prevent the large error and improve the system code robustness and maintainability. On the one hand, it can simplify the preparation of programming and the work of subsequent modification. The flow chart of evaluation system is shown in figure 1.

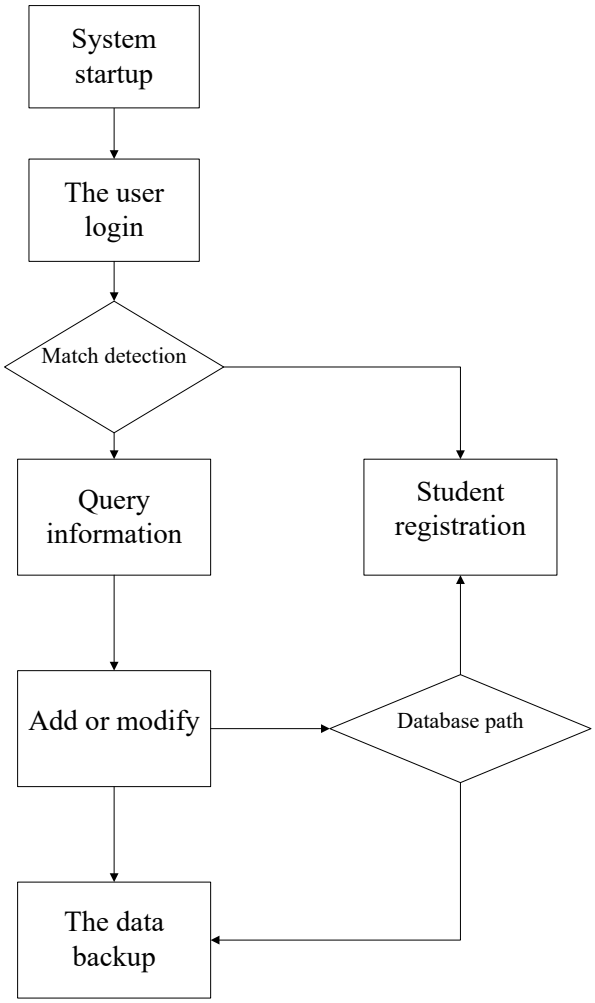


Figura 1 – Flow chart of evaluation system

The main application of information technology in resource management is mainly embodied in the sharing of resources and the allocation of management. Multimedia technology can send the knowledge in the textbook to the network in a more flexible and free form. With the support of the sharing function in the network environment, the

learning resources can be used by learners autonomously. At the same time, learning time and place restrictions are no longer that strict, which helps students to use debris time to consolidate and accumulate knowledge. In addition, in the application process of information technologies, university administrators can consider building and open online libraries and related courses, and students in the classroom can quickly and conveniently obtain employment direction information and contents. On the basis of improving the utilization ratio of educational resources, the school management department can obtain real-time changes in educational resources in a timely manner, so as to analyze and deal with the relevant educational work, reduce the waste of artificial labor force, and efficiently realize the overall planning of educational resources. The entrance of management system in universities is shown in figure 2.



Figura 2 – The entrance of management system in universities

The application of information technology in educational administration mainly embodies the distribution of students' management efficiently and reasonably. Management departments should increase the use of computer software and ensure the timeliness and rationality of the allocation of educational resources in schools. The high use of education space and space is conducive to the gradual improvement of teaching quality. Teachers can use the student information obtained through network feedback to determine the basic learning situation of students, so as to scientifically analyze and manage students. In the school automation management in the future, it can be expected that the management of college students will become simpler and clearer. It can greatly promote students to find reasonable learning time and contents according to

their own needs, and it has obvious positive impacts on students' learning efficiency and effectiveness. The interface of the school information management platform is shown in figure 3.



Figura 3 – The interface of the school information management platform

The application of information technology to the construction of educational management platform is of great benefit to the improvement and evaluation of students' practical academic ability, and the innovative ideas and practices of college students will not be easily neglected. In addition, under the guidance of teachers, students can get more scientific and personal learning recommendations. At the same time, teachers can intuitively see the strengths and weaknesses of students. After the accurate evaluation of the system, students can obtain feedback information, and from a more deep-seated point of view of individual situation for targeted analysis. The information technology can optimize the interaction of educational environment constantly in the teaching management. The multimedia teaching materials written by modern technologies can improve the interesting of classroom teaching activities. The presence of images and sounds can attract the attention of students, and can mobilize the students' senses and arouse the students' enthusiasm for learning new things. The students' acceptance of the stereoscopic and visualized teaching contents can be higher, and the teaching quality can be improved. The function comparison of the network evaluation system is shown in table 3.

	Whether can train creative thinking	Whether can give feedback?	Whether can communicate online	Personal information maintenance	Learning file tracking	Ability training consolidation
Traditional pratice platform	NO	Yes	No	Yes	No	No
The platform in this paper	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Table 3 – Function comparison of network measurement and evaluation system

The functions of the network evaluation system constructed by the information technology are more abundant and comprehensive, and the system can well meet the actual needs of the students in the study and life at the present stage. The traditional practice platform can only provide the same basic functions, and it can't accurately evaluate the students' abilities and put forward relevant suggestions. The platform designed in this paper can provide students with innovative thinking training, so as to stimulate students' creative abilities to the greatest extent. The function of online communication is beneficial for students to exchange ideas, so as to realize the deep collision of creative thinking. In addition, tracking learning files enables teachers to clearly and intuitively understand students' progress towards the course. Based on the basic understanding of the learning situation of all students, teachers can better carry out teaching activities. At the same time, the ability training can urge the students to absorb the knowledge they have received for the second time, and it can improve the students' attention to the details of the subject, so as to improve the learning quality of the students' professional knowledge.

5. Conclusion

In this paper, the role of information technology in practical educational management activities was deeply analyzed; with many college students as test objects, profound influences of the information technology on the cultivation of college students' innovative ability were drawn. With the increasing popularity of the information technology in university management, it has become a crucial step in China's educational reform to enrich educational resources and use the information technology to build management systems. According to the actual needs of the management of college students in various regions of China, scientific and rational management policies were established. The strict regulations about education in Chinese universities can provide a solid foundation for the process of information technologies. With the rapid popularization of the application of network technology, modern management systems can better accomplish the school's special management programs. The educational management of college students is entering a new field, and educators should be inspired by the application of information technologies. While ensuring the safety of campus network information systems, they can also provide scientific and effective guidance for students' learning and life, and construct the information campus with abundant learning resources and ample learning

spaces, so as to promote the development of the ability of college students to absorb and supplement knowledge.

References

Han, Y., Bakhir, N. M. (2024). Optimization of Sensory Experience for Visually Impaired Children in Museums Based on Multimedia Human-Computer Interaction. RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao, (E67): 340-350.

Hımmetoglu, B., Aydug, D., & Bayrak, C. (2020). Education 4.0: Defining the teacher, the student, and the school manager aspects of the revolution. Turkish Online Journal of Distance Education, 21(Special Issue-IODL), 12-28.

Mailizar, M., Burg, D., & Maulina, S. (2021). Examining university students' behavioural intention to use e-learning during the COVID-19 pandemic: An extended TAM model. Education and Information Technologies, 26(6), 7057-7077.

Martins, J., Branco, F., Gonçalves, R., Au-Yong-Oliveira, M., Oliveira, T., Naranjo-Zolotov, M., & Cruz-Jesus, F. (2019). Assessing the success behind the use of education management information systems in higher education. Telematics and Informatics, 38, 182-193.

Oguguo, B. C., Nannim, F. A., Agah, J. J., Ugwuanyi, C. S., Ene, C. U., & Nzeadibe, A. C. (2021). Effect of learning management system on Student's performance in educational measurement and evaluation. Education and Information Technologies, 26, 1471-1483.

Revythi, A., & Tselios, N. (2019). Extension of technology acceptance model by using system usability scale to assess behavioral intention to use e-learning. Education and Information technologies, 24, 2341-2355.

Szymkowiak, A., Melović, B., Dabić, M., Jeganathan, K., & Kundi, G. S. (2021). Information technology and Gen Z: The role of teachers, the internet, and technology in the education of young people. Technology in Society, 65, 101565.

Turnbull, D., Chugh, R., & Luck, J. (2020). Learning management systems, an overview. Encyclopedia of education and information technologies, 1052-1058.

Upadhyaya, P., & Vrinda. (2021). Impact of technostress on academic productivity of university students. Education and Information Technologies, 26(2), 1647-1664.

Xie, X., Siau, K., & Nah, F. F. H. (2020). COVID-19 pandemic–online education in the new normal and the next normal. Journal of information technology case and application research, 22(3), 175-187.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 25/02/2024
Aceitação/Acceptance: 26/05/2024

Application Analysis of 3D Virtual Learning Environment in Language Learning

Haiyan Yan*, Hisham Dzakiria

yan_haiyan@ahsgs.uum.edu.my

School of Languages, Civilisation and Philosophy, Universiti Utara Malaysia, Sintok Kedah Darul Aman, 06010, Malaysia

Pages: 584-595

Abstract: This article aims to systematically evaluate the application effect of 3D virtual learning environment in language learning, analyze its advantages and disadvantages, and propose corresponding improvement suggestions. The three-dimensional virtual environment with the support of virtual reality technology can create a realistic learning situation and guide the teaching methods. Develop "student-centered" oral English learning activities in a multi-user virtual environment. In the process of teaching, we use films to record students' activities in the virtual environment, organize students to watch after the event, as teaching feedback. Based on the theory of multi-modal discourse analysis and the web-based course mode of virtual reality technology, this paper explores the new teaching mode of multi-modal virtual English course in the future, with a view to effectively improving students' comprehensive English application ability. Research has shown that the virtual environment of the laboratory is a platform for constructing virtual simulated learning scenarios, proving that this method helps improve the learning effectiveness of learners in online language learning. Research has shown that students entering this realistic three-dimensional simulation language environment can smoothly apply what they have learned to their daily lives and solve practical problems.

Keywords: Three-Dimensional Virtual; English Education; Methods

1. Introduction

Nowadays, information technology has penetrated into all aspects of social life and economic development. Among them, the profound influence of information technology on education is mainly reflected in the increasing diversification of people's learning styles (Yilmaz et al. 2015). Virtual reality technology can break through the temporal and spatial limitations of traditional teaching. In a virtual environment, teachers can create various scenarios based on teaching needs, allowing students to learn anytime and anywhere. This not only benefits students' self-directed and personalized learning, but also solves the problem of scarce educational resources in some remote areas (Cheng et al. 2014) (Liu et al. 2013). We have explored a set of effective and easy-to-promote new models of college English education based on modern educational concepts and based on modern educational technologies such as computers and networks (Tang et

al. 2018). This makes the class learning process that exists between the learners and the emotional rhythm become a self-centered, self-paced learning process. Compared with the traditional class teaching, the lack of instant tutoring in English education is not conducive to the formation of the sense of belonging of the learners (Cali et al. 2016).

In 2013, the individualized mixed learning environment of listening, speaking and listening, which integrates judgment thinking, was proposed by relevant scholars (Yang et al. 2013). After that, the inspiration structures of specific texts (Morris et al. 2013). Since 2016, the comparative evaluation of watching metaphor in psychophysical skills education in interactive virtual environment has been studied (Parmar et al. 2016). Virtual world is a three-dimensional network environment. Users engage in cooperative and immersive social activities through avatars. It's by providing a community. Create a simulated multi-dimensional learning situation, through the learner's auditory, visual, olfactory, tactile and other sensory communication stimuli (Porto et al. 2017). Synchronous interaction of multiple modal symbols is initiated, so that learners are immersed in the virtual reality environment for emotional communication and communication, and achieve the purpose of learning through a profound learning experience. Let the students devote themselves to the task of solving the problem and use the task as a purposeful activity without rehearsing requirements (Goolsby et al. 2014). The task as an activity should be realistic or 'real', just like natural social behavior. In addition, the Outline provides further guidance on the realization of educational informatization in its action plan. Including 1300 sets of virtual simulation training experimental systems to meet the needs of compulsory education or other education stages (Chen and Chen, 2015). It is obvious that designing and carrying out learning activities in the three-dimensional virtual environment has become a modern distance education and even educational information construction. An indispensable part of the tide. To achieve the purpose of mastering knowledge (Lee et al. 2016). Through virtual reality technology, students can immerse themselves in the virtual environment and interact with virtual objects, thereby gaining a more intuitive understanding and mastery of knowledge. This immersive learning approach can stimulate students' interest in learning, improve their learning initiative and enthusiasm (Le et al. 2015).

Three-dimensional virtual learning environment has its own unique advantages. Firstly, stereoscopic display is very helpful in helping people analyze the characteristics of space objects and understand data (Saito et al. 2016). The use of three-dimensional virtual learning environment can provide students with visual learning resources and content. It generates vivid vision, human-computer interaction, harmony and friendliness, which can change the dull, rigid and passive status between human and computer (Dai et al. 2013). That is to say, text meaning is constructed by traditional language and non-language or paralanguage voice, image and other visual symbols. Scholars believe that multimodal discourse itself is systemic and multifunctional, and there is an inseparable relationship between contextual factors and the meaning of multimodal discourse (Wang et al. 2015). Therefore, choosing the appropriate English education method in the virtual simulation situation can effectively promote the learner's conversation and facilitate the knowledge construction. It is of great significance to reduce the cognitive load of learners in the network learning environment and to improve learners' interest and learning performance (Chen et al. 2014). It emphasizes the integration of the advantages of traditional classroom teaching with the flexibility and advantages of computer-based

online learning, in order to better meet the personalized needs of learners. The emergence of this concept reflects the continuous evolution and innovation of educational models, as well as the pursuit of educational equity and quality (Imura et al. 2016). The theory emphasizes that online learning is not just a web-based learning, but a rational teaching model that includes teaching, technical, and organizational characteristics (Li et al. 2023). This study introduces task-driven teaching method into the three-dimensional virtual environment as the core concept of learning activity design, in order to better induce, strengthen and maintain the learner's learning motivation. Further improve the design quality and effectiveness of learning activities in the three-dimensional virtual environment, and promote learners to obtain a better learning experience and learning effects (Prendinger et al. 2018).

2. Materials and Methods

With the help of the modern information technology of virtual environment, we can construct a target language environment similar to the real one in which students "do things" in language. It can simulate the natural acquisition of language to the greatest extent, and is not limited by time, place and the number of learning groups (Qiu,, 2023). This kind of teaching mode is not only from the organizational form, but also from the teaching process. Driven by strong learning motivation, with the appropriate help of the instructor, we take the initiative to adopt self-learning or collaborative learning to complete the established task sequence, and then realize the meaning construction of the knowledge we have learned. Task-driven teaching method is mainly guided by constructivism theory, which is suitable for cultivating learners' autonomous learning ability and the ability to analyze and solve problems. Constructivist learning theory does emphasize that students are the subject of cognition and the active constructors of knowledge meaning. This viewpoint subverts the traditional role positioning of students passively receiving knowledge in education. Under the constructivist framework, students are no longer containers of knowledge, but active participants. And consider the interaction between students and the surrounding environment to understand the learning content. The characteristics of task-driven learning activities in a three-dimensional virtual environment are shown in Table 1 and Figure 1.

	Evaluate	Features
Realization of Learning Resources	21.09±0.10	30.05±0.36
Task Situation Realization	26.32±0.29	31.81±0.20

Table 1 – Characteristic Number of Task-driven Learning Activities in 3D Virtual Environment

In order to reduce the risk of marginalization of students with weak abilities, one-to-one communication activities can be designed for these students. Before the activity, let the students read the materials related to the theme and do some preparatory work. When these students have enough practice. It provides a possibility to establish a virtual way which is directly similar to real life experience. In a virtual environment, learners typically have a virtual avatar that can represent their interaction with other characters in the virtual world. This interactive approach not only increases the fun of learning,

but also enables learners to participate more deeply in the virtual environment. By communicating with virtual characters, learners can exercise their oral expression ability, listening comprehension ability, and cross-cultural communication ability. The ultimate goal of task-driven learning activities in a three-dimensional virtual environment is to enable learners to acquire new knowledge content by completing learning tasks. The teacher not only needs to pay attention to the success of the learner in each sub-task, but also needs to pay attention to the whole process information of the learner to complete the learning task, such as the completion time of a single task, the number of errors, and the completion method. Then use this as a basis to provide targeted counseling to learners. The virtual classroom parameters are shown in Table 2 and Figure 2. The attitude of learning attitude is shown in Table 3 and Figure 3.

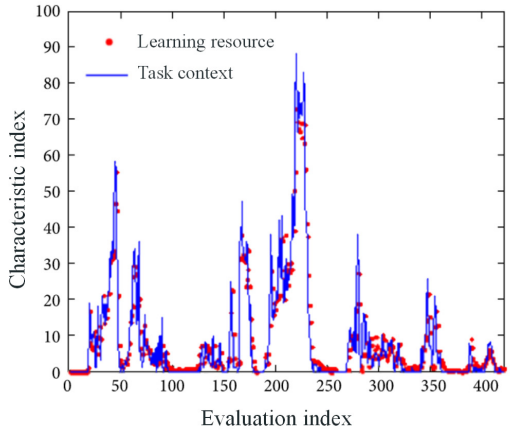


Figure 1 – Characteristic Number of Task-driven Learning Activities in 3D Virtual Environment

	Autonomy	Expand
Virtual classroom	21.64	32.10

Table 2 – Virtual classroom parameters

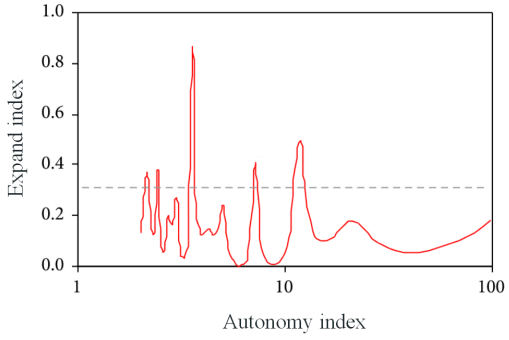


Figure 2 – Virtual classroom parameters

	Number	Ratio
Learning attitude	61	0.75

Table 3 – A Survey of Learning Attitudes

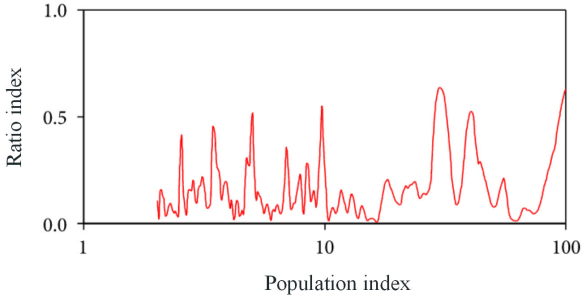


Figure 3 – A Survey of Learning Attitudes

The virtual simulation learning scenario method discussed in this study is based on the virtual simulation environment platform, which is the overlap of Distributed Interactive Simulation and desktop virtual reality in the network environment. This kind of platform mainly uses computer network and juice computer graphics technology, combined with virtual reality language, to build a virtual environment on the computer screen. There are some technical barriers in applying SL to oral English teaching. SL provides a three-dimensional virtual environment, and the computer graphics that make up the virtual environment need to be rendered in real time. Therefore, the software has certain requirements on the performance, network speed, bandwidth of graphics card. Learners are immersed in a highly open and interactive environment to participate in classroom activities, or get rid of the supervision and guidance of teachers in autonomous learning after class, and truly feel the scene of life in a quasi-separation state. Through the virtual role playing, I can deeply feel and experience the happiness of English education, complete the construction of meaning, and achieve the purpose of learning. Therefore, the learner can swim on the Internet through the mouse to realize human-computer interaction, but the interaction with the computer is no longer a simple text and image link. It is something that has a sense of reality and a sense of presence. Its interactivity is conducive to individualized learning, learners can make the progress of learning according to their own pace according to their own learning, and the burden of teachers is reduced. The virtual simulation learning environment is composed as shown in Table 4 and Figure 4.

	Arrangement	Quasi value
Virtual Social Environment	1.05	0.91
Normative environment	2.85	1.34
Physical environment	2.08	1.22

Table 4 – Constitution of Virtual Simulation Learning Environment

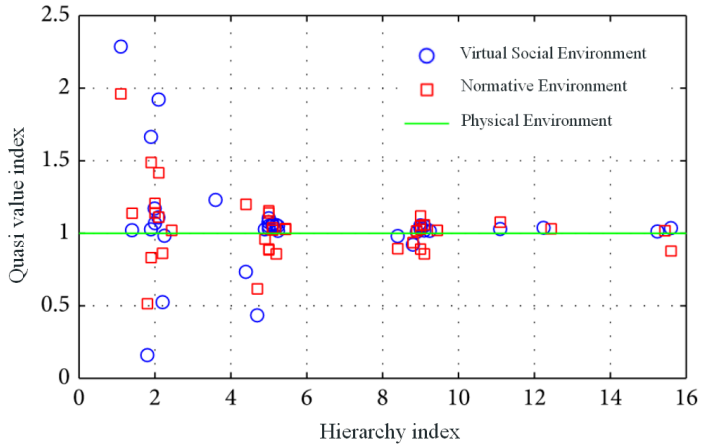


Figure 4 – Constitution of Virtual Simulation Learning Environment

3. Result Analysis and Discussion

The new "three-dimensional integration" model of College English education, which combines real classroom, virtual classroom and invisible classroom, realizes the combination of students' basic knowledge learning and comprehensive application ability training [22]. The combination of traditional classroom and virtual classroom based on computer and network, classroom face-to-face teaching and Extracurricular Autonomous learning. It is worth noting that although the introduction of virtual teachers further expands the connotation of educational application of the three-dimensional virtual environment, it also provides more favorable conditions for the development of task-driven learning activities. However, in view of the strong learning support functions provided by virtual teachers in the above three aspects, teachers should not blindly overuse them. Excessive use of virtual teacher functions can seem to provide a lot of help to learners, greatly reducing the distance of interaction in the 3D virtual environment. The learning activity specification should be developed and published before the virtual simulation learning begins, so that students can clearly understand the basic rules that should be followed in participating in this learning activity, and what kind of "penalties" will be violated. Therefore, the student's learning method plays a certain role. The development of task-driven learning activities in a three-dimensional virtual environment is shown in Table 5 and Figure 5.

	Guide	Cooperation
Summary of communication	31.52	42.61
Evaluation and reflection	29.06	33.28

Table 5 – Development of task-driven learning activities in three-dimensional virtual environment

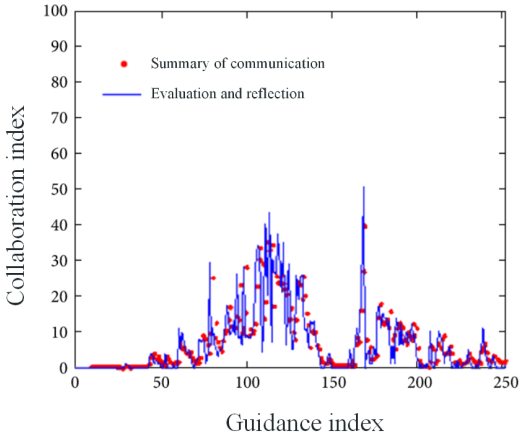


Figure 5 – Development of task-driven learning activities in three-dimensional virtual environment

Simulate entity, take object as object, establish teaching model with three-dimensional modeling software:

$$S^* = \arg\left\{f(S)\right\} = \sum_{i=1}^{n} \max\left\{\left(T_{s_{m,j},m} - D_{s_{m,j}}\right), 0\right\} \to \min \tag{1}$$

Collection and Analysis of Learning Materials, Presentation and Verification of Hypotheses:

$$c\left(j_1, k\right) = c\left(j_1, k-1\right) + t_{j_1 k}, k = 2, \cdots, m \tag{2}$$

Constructing the Nature and Law of Things and the Internal Relations between Things:

$$M(q) = R_0 - \eta \frac{\Delta R q}{Q_0} \tag{3}$$

$$M(t) = u(t)/i(t) = R_0\sqrt{1 - 2\eta\Delta R\Phi(t)/Q_0 R_0^2} \tag{4}$$

According to the fuzzy logic rules, the fuzzy rules in the fuzzy rule base are transformed into some kind of mapping, that is, the fuzzy sets on the fuzzy rules base are mapped to the fuzzy sets on the fuzzy rules base. Fuzzy rules:

$$M(t) = u/i = R_0\sqrt{1 - 2\eta\Delta RUt/Q_0 R_0^2} \tag{5}$$

Derived from each rule of fuzzy reasoning:

$$M(t) = R_0(1 + \frac{2\Delta RU}{Q_0 R_0^2} t)^{0.5} \tag{6}$$

The input vector can be an exact numeric vector or a fuzzy quantity:

$$M(t) = R_0(1 - \frac{2\Delta RU}{Q_0 R_0^2} t)^{0.5} \tag{7}$$

The output of the corresponding node of this layer is:

$$k = \frac{\Delta y}{\Delta x} \tag{8}$$

If the continuous attribute value belongs to that area. So, you can get the following expression:

$$M(t_0) = R_0(1 + \frac{2\Delta RU}{Q_0 R_0^2} t_0)^{0.5} \tag{9}$$

Initiative learner's initial learning weight calculation method:

$$AI_t = \frac{(I_t + Q_t)}{2} \cdot \frac{(I_t + Q_t)}{D_t} \tag{10}$$

The parameters to be adjusted, the learning rule is:

$$M(t_0 + \Delta t) = R_0[1 + \frac{2\Delta RU}{Q_0 R_0^2}(t_0 + \Delta t)]^{0.5} \tag{11}$$

And recode the merged interval:

$$U_0 = \frac{M_i}{2e}(v_i + \frac{dl}{dt})^2 \tag{12}$$

Make full use of computer resources and the high performance characteristics of various advanced sensors to create an artificial virtual environment with the function of information transmission, so that learners can immerse themselves in the virtual space environment. In three-dimensional or four-dimensional space, information exchange and communication with people and things around us are similar to real environment. Multimodal virtual course method integrates computer graphics, image processing and pattern recognition, intelligent technology, sensing technology, voice processing

and audio technology, network technology and other sciences. The digital information processed by computer will be transformed into multi-dimensional information with various forms that people can feel. It is easier to let students understand in terms of image quality than simple text expression. Good interactivity makes it more operational than normal video media. On the transmission, the virtual reality language based on Web3d technology has good data compression. The space of a classroom may be equivalent to the size of a common web page, making the operation and display process of the 3D teaching scene realistic. The requirement that English education is not limited by time and place, and develops towards personalized and autonomous learning. The independent sample test output result table is shown in Figure 6.

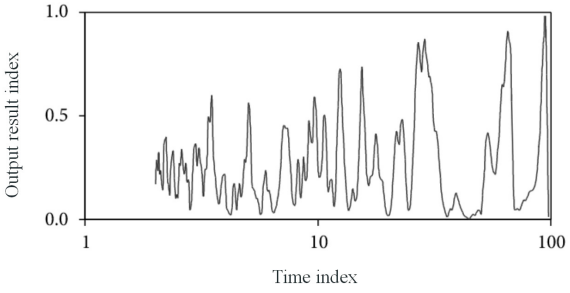


Figure 6 – Independent sample test output

The design of thinking environment is the most complex work in the whole system. For a systematic technology, it can not consider only one aspect as a single technology. It needs to consider which part of the content design thinking environment, which part of the content focuses on the operating environment, and choose meaningful content to design the corresponding cognitive and thinking environment. And using Second Life's unique language, LSL can give these simple items unusual functions. The specific method depends on the user's mastery of the language. In addition, this manufacturing system is equivalent to the common 3D design software such as 3DS MAX or MAYA. The 3D virtual environment built by the platform uses the 3D modeling tools and Linden scripting language and OS language that come with the platform, and uses other necessary computer application software such as Photoshop and Audition. The task-driven learning activity system in the 3D virtual environment was developed with the designed learning task sequence as the main line. The verbal communication environment constructed by technology can immerse students in it, thus constituting the internal needs and external incentives of verbal communication motivation. A lot of "real" communication activities in the virtual world. The learning effect of introducing the task-driven mechanism to the learning activities carried out in the three-dimensional virtual environment is shown in Figure 7.

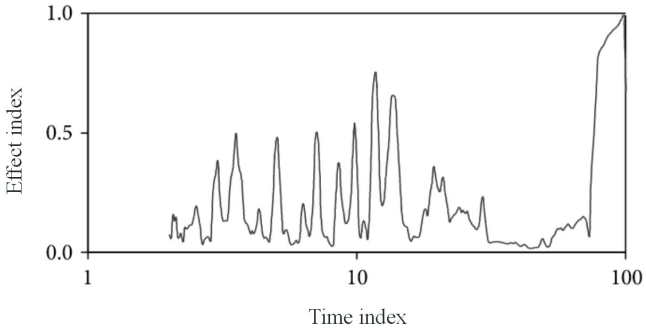


Figure 7 – Introducing task-driven mechanism into learning activities in three-dimensional virtual environment for learners' learning effect

4. Conclusion

In this study, task-driven teaching method in traditional classroom teaching environment is introduced into the educational application of three-dimensional virtual environment, combining with relevant theories and the characteristics of three-dimensional virtual environment itself. A task-driven learning activity model in three-dimensional virtual environment is constructed. Presenting it in the form of approximate authenticity in front of students can improve the comprehensive ability of language use in the "real" task environment, so as to further promote task-based teaching and improve the quality of foreign language teaching in China. And comprehensively and harmoniously develop students' sense of compliance and ability from the perspective of language context and non-linguistic context. By using the concept of "compliance" to guide the teaching design, we can better achieve the teaching goals and cultivate more high-quality "practical" interpreters for the society. This type of learning gives contemporary teachers and students more choices. This not only gives play to the advantages of traditional teaching, but also cultivates students' solid grammatical skills and meets the appeal of applied talents, which improves students' ability to use language comprehensively.

References

Cali C, Baghabra J, Boges D J, et al. Three-dimensional immersive virtual reality for studying cellular compartments in 3D models from EM preparations of neural tissues. Journal of Comparative Neurology, 2016, 524(1): 23-38.

Chen C H, Chen S C. Effects of 2D wedge design as a wayfinding facilitator in a 3D virtual environment. Journal of the Society for Information Display, 2015, 23(1):27-35.

Chen K B, Kimmel R A, Bartholomew A, et al. Manually Locating Physical and Virtual Reality Objects. Human Factors, 2014, 56(6):1163-76.

Cheng L K, Chieng M H, Chieng W H. Measuring virtual experience in a three-dimensional virtual reality interactive simulator environment: a structural equation modeling approach. Virtual Reality, 2014, 18(3):173-188.

Dai J, Dong Y, Xin P, et al. A Novel Method to Determine the Potential Rotational Axis of the Mandible During Virtual Three-Dimensional Orthognathic Surgery. Journal of Craniofacial Surgery, 2013, 24(6):2014-2017.

Goolsby CraigMaj, VestRyanLT, Goodwin TressLT. New Wide Area Virtual Environment (WAVE) Medical Education. Military Medicine, 2014, 179(1):38-41.

Imura K, Fujibuchi T, Kaneko K, et al. SU-F-P-18: Development of the Technical Training System for Patient Set-Up Considering Rotational Correction in the Virtual Environment Using Three-Dimensional Computer Graphic Engine. Medical Physics, 2016, 43(6):3362-3362.

Le Q T, Pedro A, Park C S. A Social Virtual Reality Based Construction Safety Education System for Experiential Learning. Journal of Intelligent & Robotic Systems, 2015, 79(3-4):487-506.

Lee M J W, Nikolic S, Vial P J, et al. Enhancing Project-Based Learning Through Student and Industry Engagement in a Video-Augmented 3-D Virtual Trade Fair. IEEE Transactions on Education, 2016:1-9.

Li, M., & Nasiruddin, N. J. B. M. (2023). The Effect of Blended Learning in Basketball Teaching in Chinese Universities. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (E62), 584-594.

Liu K, Fang B, Wu Y, et al. Anatomical education and surgical simulation based on the Chinese Visible Human: A three-dimensional virtual model of the larynx region. Anatomical Science International, 2013, 88(4): 254-258.

Morris L, Savage T. Virtual Poetry - Examining the affordances of the virtual world environment in supporting students' initial contact with abstract poetic constructs in a particular text. Thin Solid Films, 2013, 447(03): 296-301.

Parmar D, Bertrand J, Babu S V, et al. A comparative evaluation of viewing metaphors on psychophysical skills education in an interactive virtual environment. Virtual Reality, 2016, 20(3):141-157.

Porto Proenca A, Miranda Neto M, Godoy Domingues R, et al. Influence Degree Analysis of the Emphases of Education and Training in Virtual Environments dimensional Learning. IEEE Latin America Transactions, 2017, 15(5):974-980.

Prendinger H, Jain R, Imbert T, et al. Evaluation of 2D and 3D interest management techniques in the distributed virtual environment DiVE. Virtual Reality, 2018, 22(3):263-280.

Qiu, J. (2023). Application of Virtual Reality Technology in environmental art space design. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (E63), 446-456.

Saito, N., Ogata, T., Funabashi, S., Mori, H., & Sugano, S. (2021). How to select and use tools? Active perception of target objects using multimodal deep learning. IEEE Robotics and Automation Letters, 6(2), 2517-2524.

Tang L, Peng X, Chen C, et al. Three-dimensional Forest growth simulation in virtual geographic environments. Earth Science Informatics, 2018: 1-11.

Wang G, Nga M E, Perumal V, et al. Creating three-dimensional virtual pathology models using magnetic resonance imaging and photography. Medical Education, 2015, 46(11):1118-1119.

Yang Y T C, Chuang Y C, Li L Y, et al. A blended learning environment for individualized English listening and speaking integrating critical thinking. Computers & Education, 2013, 63: 285-305.

Yilmaz R M, Baydas O, Karakus, Türkan, et al. An examination of interactions in a three-dimensional virtual world. Computers & Education, 2015, 88(C): 256-267.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 03/02/2024
Aceitação/Acceptance: 01/05/2024

A Flexible Supply Allocation Strategy for Human Resources in Multinational Companies Based on Information System Resource Management

Hanqi Yue[1], Eunmi Lee[1*]

Yuehanqi666888@163.com; tatum@sejong.ac.kr

[1] Business Administration, Sejong University, Gwangjin-gu, Seoul, 05006, Korea

Pages: 596-606

Abstract: In today's globalized world, multinational corporations are facing unprecedented challenges and opportunities. Among them, how to effectively manage human resources to respond to market changes and the needs of enterprise development has become an urgent problem to be solved. This article aims to explore the flexible supply and allocation strategy of human resources for multinational corporations based on information system resource management, in order to provide a new approach to human resource management for multinational corporations. For multinational corporations, information system resource management is the key to ensuring smooth information flow, resource sharing, and collaborative work worldwide. Flexible management of human resources is a management model that centers around people and emphasizes various factors such as individual personality, emotions, and abilities. It avoids mandatory factors in traditional management and places more emphasis on equality and respect between individuals. For multinational corporations, flexible human resource management can enhance the position of the enterprise in the minds of employees, enhance their loyalty and sense of belonging to the enterprise, and provide strong support for the development of the enterprise.

Keywords: Business Intelligence; Complex Dynamic Meta Network; International Trade Dynamics

1. Introduction

"Network" has attracted considerable attention in the field of world economy and international trade. "Network" has both ontological meaning and methodological significance. The former refers to the network that really exists; the latter refers to the methodology of research. In the market, the buyer and the seller make an interaction indirectly through a hypothetical auctioneer (Chen, et al. 2020). But archaeology, history and a lot of modern evidences show that trade occurs in the geographical network (cities, states, and kingdoms, such as the Rome Empire, the British Empire etc.) or political network (EU, NAFTA and the World Trade Organization) that has already been defined. Generally, free trade is encouraged in the Member States, and free trade is restricted to members who are outside the organization.

Although there is no final conclusion that whether the concept of "network" should be included in international trade theory, it can't stop more and more economists who believe that the world economic system is based on mutual dependence and mutual influence on investments, trade relations and supply chain networks. A country's economic growths or fluctuations, and changes in trade policies will directly or indirectly affect other countries in the network (Chávez-Bustamante et al. 2023). International trade is not only the basis of exchanges of goods, capitals and services, but also the channels of crisis diffusions. The Asian financial crisis in the 90s of the 20th century and the American financial tsunami at the end of 2008 have all put forward strong evidences. Therefore, it is urgent to understand the structural characteristics and dynamic mechanisms of the economic system.

"Network", as a research methodology, originates from the graph theory in mathematics, which is a tool for modeling complex system structures. For the modeling and dynamics analysis of complex economic systems, network-based methods can provide a powerful way to manage, monitor and control complex economic systems.

The advantage of network modeling is that the nodes represent the elements in the system, and the connections between nodes represent the relationships among the elements, and the system constitutes a network. In this way, the graph theory can provide solid theoretical foundations and computational tools for network analysis, and the graph-based metrics can describe topological features of nodes in the overall networks or networks. According to the idea of network modeling, in the global economic system, countries can be expressed as nodes, and importing and export trade relations between countries (goods or services), or trade flows can be abstracted as the directed edges between nodes (Yang et al. 2020). In this way, the international trade system can be described by directed networks. In this way, the global trade system can analyze the structures and dynamics characteristics of the international trade network from a topological perspective.

2. Related Work

With the intensification of market competition and the advancement of globalization, enterprises are facing an increasingly complex and ever-changing business environment (Rajapathirana et al. 2018). This kind of learning not only includes a deep understanding and application of human resource strategy theory, but also a summary and extraction of practical experience in human resources (Rogers et al. 2020). As an important component of the overall strategy of enterprises, the learning and practice of human resources strategy is of great significance for enhancing the dynamic capabilities of the company. This article aims to explore the impact of human resource strategic learning on a company's dynamic capabilities (Liu et al. 2022). Human resource strategic learning refers to the continuous adjustment and optimization of human resource strategies by enterprises based on changes in internal and external environments, in order to meet the needs of enterprise development. The dynamic capability of a company refers to its ability to integrate internal and external resources, respond quickly to market demands, continuously innovate, and maintain a competitive advantage in a rapidly changing market environment (Skare et al. 2021). In this context, the dynamic capabilities of enterprises have become the key to maintaining their competitive advantage. Through

learning human resource strategy, enterprises can better identify, develop and utilize human resources, and enhance their overall competitiveness. This ability has a high degree of flexibility and adaptability, which can help enterprises stand undefeated in the constantly changing market environment (Hutahayan, 2020). Some researchers use a combination of questionnaire surveys and case studies for their research. At the same time, select several typical enterprises for case analysis to gain a deeper understanding of the practical role of human capital and MAIS in the relationship between innovation strategy and internal process performance (Azizi et al. 2021). Collect information on corporate innovation strategy, human capital, and Data on MAIS usage, internal process performance, and financial performance. The research results indicate that human capital plays a significant mediating role in the relationship between innovation strategy and internal process performance (Al-Hawary et al. 2021). Innovation strategy enhances internal process performance by enhancing employee knowledge, skills, and abilities. Meanwhile, enterprises with higher levels of human capital can better implement innovation strategies and achieve better internal process performance. Similarly, the research findings indicate that MAIS also plays a significant mediating role in the relationship between innovation strategy and internal process performance (Shams et al. 2021). Meanwhile, MAIS can also monitor the operation of internal processes, improve process efficiency and effectiveness (Mijatović et al. 2020). The use of MAIS enables enterprises to better track the input, output, and benefits of innovation projects, thereby supporting the formulation and execution of innovation decisions (Zeebaree et al. 2019). Therefore, enterprises using MAIS exhibit higher internal process performance in the implementation of innovation strategies (Song et al. 2020).

3. Material and Methods

Complex meta network of international trade refers to the enterprises, technologies, products, geographical regions, countries, markets, trade organizations and other types of node elements in the international trade activities, and the network groups or super matrixes with multiple relations among element nodes.

According to the heterogeneous trade model, there are two forms of enterprise heterogeneity, one is the heterogeneity caused by the differences in productivity among different enterprises within the industry; the other is the heterogeneity caused by the difference of enterprise organization forms. For the same enterprise, the two kinds of heterogeneities are closely related. In the process of internationalization, enterprises generally face two choices: one is to determine to continue to be a local enterprise or to enter the international market; the other is to determine to enter the international market by export or FDI.

From the table, it can be seen that the complex element network model consists of six types of nodes: enterprise, technology, product, geographical region, and export country or market and trade organization. Among them, “enterprise” is regarded as the “agent” node type with the ability of learning and independent decision-making; “technology” is regarded as the “knowledge” node type, reflecting the enterprise’s technology or knowledge endowment; “product” node is regarded as the “resource” node type, reflecting that the enterprise has resources to access the international market; “geographical area” is regarded as the “location” node type, reflecting the geographical location that the

enterprise belongs to. From the perspective that enterprises are taken the main body of international trades, the “country / market” node is regarded as the “event” node type, that is, enterprises are engaged in the “networking (network networking)” event in the process of internationalization; “trade organization” node is regarded as the “organization” node type.

	Enterprise (Agent)	Technology (Knowledge)	product (Resource)	Geographical region (Location)	Country / market (Country)	Trade organization (Organization)
Enterprise	Cooperation / competition (1- modular network)	Ownership / Introduction (2- modular network)	Production / processing (2- modular network)	Affiliation network (2- modular network)	Importing / export (2- modular network)	Trade friction (2- modular network)
Product				Geographical distribution (2- modular network)	Importing / export (2- modular network)	Trade friction (2- modular network)
Country				Foreign investment network (2- modular network)	Bilateral trade networks / trade frictions (1- modular network)	Member network / trade friction (2- modular network)

Table 1 – Framework of complex meta network model for international trade

Firstly, enterprises use the data warehouse technology to integrate the data that is scattered in each business system and make multi-dimensional modeling (Cube); then, OLAP technology and data mining technology are used to extract information or knowledge that is related to enterprise decision-making from a large number of commercial data; intelligent decision support system is established to improve business decision, support enterprise strategy implementation and help enterprises to gain competitive advantage. The basic architecture of the BI system is shown in Figure 1.

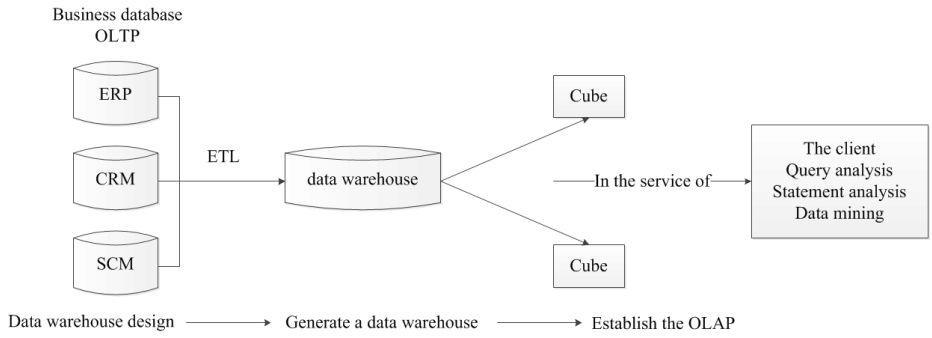


Figura 1 – Basic framework of business intelligence system

Data Warehouse is a structured data environment for decision support systems and online analytical application data sources. According to the definition of William H. Inmon, the data warehouse is a subject-oriented, integrated, relatively stable data collection that reflects historical changes. The data warehouse system obtains data from the business process system, and uses the extraction, integration, transformation, aggregation and replication of data to form a decision analysis aggregation space, so it is convenient for users to analyze and query by using the multi-perspective analysis tool of aggregation spaces, thus providing a decision analysis support.

Manual modeling is a common means of social network modeling, there are two ways. One is to directly input data into network analysis software, such as UCINET or Pajek, to build network data files; the second one is to use the commonly used data processing tools, such as EXCEL or text editing tools to input data, then it uses the importing function of the network analysis software to load data and establish network data files.

Network training performance analysis functions have MAE, MSE, MSEreg, DMSE, and DMSEreg. In order to ensure the network to maintain a small weight and bias value in the training and avoid the "overfitting" problem, the modified mean square error performance function MSEreg was used in the neural network model constructed in this paper:

$$E=MSEreg=\frac{1}{2}\left[r\sum_{i=1}^{N}(T_{pj}-O_{pj})^2+(1-r)\sum_{i=1}^{N}W_{ji}{}^2\right] \quad (1)$$

In the formula, Tpj is the output value of the target, Opj is the actual output value, Wji is the network weight for neurons i to j, N is the sample size, and r is the adjustment coefficient, and Bayesian regularization method is used to make a adjustment automatically.

It is assumed that TCt is the service fee of enterprise in the period of t, and t=1, 2, 3.....T; the number of key customers is M; Djt represents the requirements of customer j at the t moment, and the commitment fee for customers is Qjt. How to allocate TCt among a given number of customers can maximize the business value of the enterprise, and the commercial value here not only refers to the enterprise profits, it should also include the strategic value of enterprise, the operation value and other goals.

The order allocation model is fully satisfied according to the weight of the customer firstly until the service capacity is allocated, and such a decision may lead to that the demand of partial customers can't be completely satisfied, which is likely to cause customer churning. In order to satisfy the customers to the greatest extent and minimize the complaints of customers, the following model is built:

$$\min W_t=\sum_{j=1}^{M}\mathrm{w_j}(Q_{jt}-D_{jt})^2 \quad (2)$$

$$s.t.\sum_{j=1}^{M}Q_{jt}=TC_T \quad (3)$$

From different perspectives, two decision models can be established: the sequential assignment model and minimum variance allocation model. It should be pointed out that although all variables have a time index t, it can be considered that t is independent for each period, and the purpose of introducing t is to show that these decisions are dynamic decisions. Because these variables of suppliers will change at the end of each period, these changes must be taken into account when making decisions for the next period.

According to the above formula, the new service capacity of the enterprise is allocated, and the distribution results are shown in Table 2.

Serial number of the customer	Distributor	Demand / month	Allocation scheme 1	Allocation scheme 2
1	A	400	400	285
2	C	350	350	249
3	B	300	0	199
4	B	450	450	325
5	A	350	320	221
6	B	320	320	221
Total		2170	1520	1520

Table 2 – Customer service capability allocation table of the enterprise

From the results of the decision, the results obtained from the allocation scheme 2 are shown in the table, which eliminates the situation that enterprise 3 and 5 are completely not satisfied in scheme 1, and makes the allocation of enterprise capacity more balanced. But in different periods, enterprises should adjust their weights according to their own conditions, and companies that run into troubles need to pay more attention to the customer's current value, and when the enterprise is in the expansion period, the customer's current value and potential value are equally important. Therefore, the distribution of enterprise on service ability of customers should also be adjusted according to the change of operating conditions of the enterprise, so as to make the most favorable decision-making for enterprise development.

In addition, for the modeling and analysis of relational data that changes with the time, these network expression languages use a time series network consisting of continuous and multiple network files with time points. However, from the perspective of computational scale, this method is operated by a large amount of input and output (I/O) in the process of data processing, which faces the problem that the time cost is too high to be dealt with successfully; In addition, it is not convenient for temporal analysis and sensitivity analysis.

4. Results

In response to the complexity and diversity of human resource information in multinational corporations, combined with the advanced data processing capabilities

of business intelligence software platforms, we propose a business intelligence system framework for integrating network modeling and analysis. This framework aims to meet the integration and management of multiple human resource data sources, supporting the modeling and analysis of complex dynamic element networks with multiple elements, relationships, and phases. At the same time, the system provides functions such as network data statistics and network data mining, providing strong support for human resource decision-making in multinational corporations. As the core of the system, a data warehouse is an integrated, topic oriented dataset. Its core structure is a multidimensional model, known as a "multidimensional dataset", which allows for the display and analysis of human resource data at multiple levels and dimensions. Once the multidimensional model is successfully established, the system can provide rich relationship matrix data output according to requirements, helping users gain a deeper understanding of various aspects of the human resources network.

In order to meet the needs of "network" expression and modeling, this module defines the subjects of network analysis, such as employees, departments, positions, etc., as well as network relationship variables, such as employee relationships, department collaboration, position changes, etc. By establishing these subject and relationship variables, we can construct a model that supports the complex dynamic human resource network of multinational corporations. In addition, considering the complexity and variability of the international trade environment, the system has also established a data warehouse that supports complex dynamic meta network modeling in international trade. This data warehouse not only contains human resource information, but also integrates data from various aspects such as market, supply chain, and competitors, providing a comprehensive and in-depth data analysis platform for multinational corporations (As shown in Figure 2).



Figura 2 – SAP business intelligence

Because network analysis tools can't identify patterns or rules that are hidden in the network, data mining in social networks or complex networks is emerging in recent

years; the data mining tools that are integrated in the business intelligence platform can provide us with the mining of network data.

K-means fast clustering method is used to segment enterprise nodes, so the group or class that is similar within the group and different in the group can be obtained. The cluster results are sorted and descriptive statistical analysis is obtained, and the results are as follows:

Classs	Number of enterprise	Number of market	Various market	Processing trade %	General trade %	Export scale ($10000)	Number of products	Number of competitors
1	1053	1.3	1.1	0	1	7	2	142
2	60	2.0	1.4	0.87	0.03	254	3	172
3	811	12.0	3.4	0.01	0.99	343	16	457
4	50	19.4	4.3	0.57	0.22	4107	24	588
5	68	72.8	6.0	0.86	0.12	102643	126	1182

Table 3 – Enterprise classification and comparison of index mean

From the data in Table 3, it can be seen that different categories of enterprises exhibit significant differences in cross-border human resource management and export trade. The first type of enterprise has the highest number, accounting for approximately 40% of the total number of enterprises. These enterprises are usually private high-tech enterprises with a single product and market, relatively small export scale, and mostly export through general trade. In terms of human resources, they may face challenges such as a lack of professional talents, high talent turnover rates, and insufficient investment in training. Therefore, for such enterprises, the government should vigorously support their human resource development, provide training and talent introduction support, to promote their further development and internationalization.

The products and markets of the second type of enterprises are relatively single, with a small export scale, and mainly engaged in foreign cooperation and joint ventures in processing trade. In terms of human resources, these enterprises may rely more on external recruitment and technology introduction, but there may be shortcomings in talent cultivation and motivation. In order to enhance competitiveness, such enterprises should attach importance to the establishment of internal talent cultivation and incentive mechanisms to attract and retain outstanding talents. The third type of enterprise is the pillar of export trade, with relatively rich products and market resources. Based on general transactions, the average number of products and markets for these enterprises is over ten. In terms of human resources, they may have a relatively complete human resource management system and incentive mechanisms, which can attract and retain high-quality talents. However, with the continuous changes in the market and intensified competition, these enterprises also need to continuously optimize their human resource allocation, improve the professional competence and innovation ability of their employees.

The fourth type of enterprises have diversified export products, with a moderate market quantity and scale, and relatively flexible trade methods. In terms of human resources,

such enterprises may place more emphasis on diversified and international talent recruitment and training to meet the needs of different markets and customers. However, there may also be challenges in talent management and cross-cultural communication.

4. Discussions

The structural evolution analysis of complex dynamic element networks focuses on the complex dynamic element networks of human resource information in multinational corporations. Through in-depth analysis of the time series changes of the overall network, the topological characteristics of network nodes, and the evolution of subnets and subnet structures, it reflects the evolution process of the human resource management system of multinational corporations.

In the exploration and analysis, we particularly focused on the heterogeneity and behavioral complexity of nodes in the network. Taking the "employee" behavior subjects in multinational corporations as the object, the topological characteristics and distribution of employee nodes were first analyzed, such as the distribution of employees in different departments and regions, their skills and experiences, etc. Secondly, summarize frequent events or event sequences from the career development, cross departmental cooperation, and overseas dispatch relationships of employees.

Furthermore, by combining variables that describe employee heterogeneity (such as educational background, language ability, professional skills, etc.) with employee market relationship data (such as project participation, performance evaluation, etc.), we explore the evolution of employee node behavior models. This helps us understand the growth paths, career development, and behavioral patterns of employees in multinational corporations.

In terms of analysis methods, we adopt statistical and data mining methods to focus on the behavioral subjects of employees in the complex human resources network of multinational corporations. Firstly, we quantitatively analyzed the basic statistical characteristics and distribution of employees, including the number of employees, department distribution, skill level, etc. Then, combining variables that describe employee heterogeneity with employee career data, explore the correlation model between employee characteristics and market (such as business needs, project needs). By mining frequent association patterns in datasets at different time points, we can detect the evolution of employee behavior patterns.

Finally, based on network measurement indicators such as node degree, clustering coefficient, path length, etc., we conducted a comprehensive quantitative evaluation and segmentation of the position and role of employee nodes in the human resources network of multinational corporations. This not only helps identify key employees and potential leaders, but also provides strong support for the development and optimization of human resource strategies.

5. Conclusion

With the rapid development of information technology, multinational corporations are enhancing their core competitiveness by developing decision support systems based

on business intelligence. At the same time, the new development of international trade theory has gradually deepened from macro industry oriented research to micro level analysis at the enterprise level, exploring in depth the export decision-making behavior of enterprises and the driving mechanism of outward direct investment. In this process, the human resource information of multinational corporations has become a crucial factor that cannot be ignored.

In the form of a "super matrix", we can incorporate the human resource information of multinational corporations and the multi element and multi cluster relationships in the international trade system into the framework of "network law", thus comprehensively describing and characterizing the structure of the human resource management system of multinational corporations. This method breaks through the limitations of traditional model simplification, allowing us to more accurately grasp the flow, allocation, and optimization process of human resources within multinational corporations.

The complex dynamics of international trade networks can also be applied to the analysis of human resource networks in multinational corporations. By combining the complex meta network of time series with the factors that lead to network evolution, we can gain a deeper understanding of the evolution patterns of human resource networks in multinational corporations. These factors may include a company's internationalization strategy, technological learning and innovation, changes in the industrial or regional environment, foreign direct investment, and economic or political factors. These factors not only affect the company's business operations, but also directly affect the company's human resources strategy and talent flow.

References

Al-Hawary, S. I. S., & Al-Rasheedy, H. H. (2021). The effect of strategic learning for human resources on dynamic capabilities of airlines companies in Kuwait. International Journal of Business Information Systems, 37(4), 421-441.

Azizi, M. R., Atlasi, R., Ziapour, A., Abbas, J., & Naemi, R. (2021). Innovative human resource management strategies during the COVID-19 pandemic: A systematic narrative review approach. Heliyon, 7(6).

Chávez-Bustamante, F., Mardones-Arias, E., Rojas-Mora, J., & Tijmes-Ihl, J. (2023). A Forgotten Effects Approach to the Analysis of Complex Economic Systems: Identifying Indirect Effects on Trade Networks. Mathematics, 11(3), 531.

Hutahayan, B. (2020). The mediating role of human capital and management accounting information system in the relationship between innovation strategy and internal process performance and the impact on corporate financial performance. Benchmarking: An International Journal, 27(4), 1289-1318.

Liu, Q., Qu, X., Wang, D., Abbas, J., & Mubeen, R. (2022). Product market competition and firm performance: business survival through innovation and entrepreneurial orientation amid COVID-19 financial crisis. Frontiers in Psychology, 12, 790923.

Mijatović, M. D., Uzelac, O., & Stoiljković, A. (2020). Effects of human resources management on the manufacturing firm performance: Sustainable development approach. International Journal of Industrial Engineering and Management, 11(3), 205-212.

Rajapathirana, R. J., & Hui, Y. (2018). Relationship between innovation capability, innovation type, and firm performance. Journal of Innovation & Knowledge, 3(1), 44-55.

Rogers, M., Siregar, G., & Siregar, S. A. (2020). Existence of pancasila as a stats fundamental norm of the nation and state of Indonesia in facing economic globalization challenges. Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems, 12(6), 589-595.

Shams, R., Vrontis, D., Belyaeva, Z., Ferraris, A., & Czinkota, M. R. (2021). Strategic agility in international business: A conceptual framework for "agile" multinationals. Journal of International Management, 27(1), 100737.

Skare, M., & Soriano, D. R. (2021). How globalization is changing digital technology adoption: An international perspective. Journal of Innovation & Knowledge, 6(4), 222-233.

Song, S., Shi, X., & Song, G. (2020). Supply chain integration in omni-channel retailing: a human resource management perspective. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 50(1), 101-121.

Yang, Q., Chen, G., & Wang, T. (2020). ADMM-based distributed algorithm for economic dispatch in power systems with both packet drops and communication delays. IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, 7(3), 842-852.

Zeebaree, S. R., Shukur, H. M., & Hussan, B. K. (2019). Human resource management systems for enterprise organizations: A review. Periodicals of Engineering and Natural Sciences, 7(2), 660-669.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 09/03/2024
Aceitação/Acceptance: 10/06/2024

Analysis of Cross linguistic Non Material Opera Culture Communication in the Era of Artificial Intelligence

Feng Bao[1*], Xing Li[2]

Baofengszdx123@163.com

[1] Drama Department, Zhejiang Conservatory of Music, Zhejiang, Hangzhou, 310024, China

[2] Visual Arts Department, School of Software, Faculty of Intelligence and Computing, Tianjin University, Tianjin, 300350, China

Pages: 607-618

Abstract: In the context of the flourishing development of artificial intelligence, the dissemination of non-material cross linguistic traditional Chinese opera culture has faced unprecedented opportunities and challenges. The intelligent recommendation system based on artificial intelligence can also accurately push relevant opera content according to user interests and preferences, improving the dissemination effect. However, the application of artificial intelligence in the cross linguistic and non-material dissemination of traditional Chinese opera culture also faces some challenges. This article explores the similarities between character actions in traditional Chinese opera programs and online games, and applies the theory of character action development to explore the combination of Chinese excellent traditional cultural and artistic connotations represented by Beijing similarity and online communication. It not only creates new guiding theories for modern Chinese network action design, but also provides new theoretical basis for the modern dissemination and internationalization of traditional Chinese culture.

Keywords: Big Data; Opera Culture; Direction of Development Prediction

1. Introduction

Artificial intelligence has become a hot topic in today's era. Its powerful data processing capabilities, efficient learning mechanisms, and wide range of application scenarios are profoundly changing our way of life. In this era, the dissemination of non-material traditional Chinese opera culture across languages is facing unprecedented opportunities and challenges. The application of artificial intelligence technology has also injected new vitality into the innovation and development of intangible opera culture. As the representative of Chinese traditional culture, Beijing Opera is a unique and stylized form of performing art. It first comes from people's daily life, and it is not a simple reproduction of daily life. It's based on aesthetic principles and aesthetic rules. It's integrated, refined and beautified. Finally, it forms a specific performance form with strict rhythm and rhythm. This is the stylization of Beijing operaas the core of Peking Opera performing arts, the program runs through all aspects of the Peking Opera. Whether it is singing,

reading, doing, playing, or other hand-to-hand and so on, all have their own unique fixed (Kaminski, J. S. 2022). For thousands of years, Peking Opera masters have been abstracting and artistically doing some common actions in daily life, such as common emotions, such as joys, sorrows and joys, as well as the tones, wording and language of daily conversation. Thus, it forms a unique performance program in the performing arts of Beijing opera, such as the figure, the footwork, the routine, the expression, the plate, drums and the music. The program itself has a fixed, standard meaning. Therefore, in the Peking Opera performing arts, where does the character play, what steps to take, what pose to take, walk a few steps on the field, where to exit, how to cut through the sleeves and open the door and all kinds of sleeves, martial arts routines, Facebook Kung Fu, Rankou Kung Fu, and so on all have fixed, specific movement specifications. It is the action program. As the traditional quintessence of the Chinese nation, Peking Opera is able to become a unique art form that has passed through and is enduring. It is also associated with its unique stylization. And this is the focus of the artistic charm of Beijing Opera (Li W. 2016).

With the data analysis function of artificial intelligence, we can more accurately grasp the needs and preferences of the audience, and provide more accurate guidance for the creation and performance of traditional Chinese opera culture. In addition, artificial intelligence can also help us explore and organize the resources of traditional Chinese opera culture, providing strong support for its protection and inheritance. In summary, the era of artificial intelligence has brought unprecedented opportunities and challenges for the dissemination of non-material theatrical culture across languages. We have reason to believe that, driven by technology, intangible opera culture will enter the world with a more open and inclusive attitude, demonstrating its unique charm and value.

2. Related Work

In the era of artificial intelligence, the analysis of non-material theatrical cultural dissemination across languages has gradually become a hot topic in academic research. The study of relevant literature not only delves into the application of artificial intelligence technology in the dissemination of traditional Chinese opera culture, but also analyzes its impact and prospects from multiple perspectives. Firstly, some literature focuses on the application of artificial intelligence technology in opera translation. These studies indicate that artificial intelligence can achieve automatic translation of opera texts through technologies such as natural language processing and deep learning, providing convenience for cross language communication (Chen, J. 2023). For example, some studies have effectively improved the accuracy and authenticity of translation by constructing specialized models for traditional Chinese opera translation, enabling foreign audiences to better understand the content and charm of traditional Chinese opera.

Secondly, the literature also explores the role of artificial intelligence in the inheritance and innovation of traditional Chinese opera culture. Some scholars point out that artificial intelligence can explore the deep connotations of traditional Chinese opera culture through data analysis, pattern recognition, and other means, providing new inspiration for creation and performance. At the same time, artificial intelligence can also assist opera educators in teaching activities, promoting the popularization and

inheritance of opera culture. In addition, the literature also focuses on the impact of artificial intelligence on the international dissemination of traditional Chinese opera culture. Research suggests that with the assistance of artificial intelligence, traditional Chinese opera culture can more accurately target audiences and improve its dissemination effectiveness. At the same time, artificial intelligence can also promote the exchange and integration of traditional Chinese opera culture with other cultures, and promote the development of cultural diversity. Due to Beijing Opera belongs to the quality and quintessence of Chinese traditional culture, there are few foreign studies about Being opera, especially the stylized performance of Beijing opera. The literature is relatively scarce, but domestic research is still very rich. According to the scope of the present investigation, "program" first appeared in the book of Shang Jun in the period of the spring and autumn and Warring States period, that is, the meaning of regulations and rules. With the development of history, the Qing Dynasty Emperor Qianlong, Zhou Xiangyu and others speak of "Southern word music is also applied to" the concept of the program in his works. The meaning of the term used in the program mentioned here is its original intention. In the process of initiating and leading the "National Drama Movement", Zhao Taimou made extensive use of "formula" and "stylization" to represent the connotation of the opera culture. Later, he was identified as the first scholar to apply the "formula" to Peking Opera Studies (Cui H Q et al. 2016). First application of "stylized" to opera research is Yu Shangruan. He holds that Chinese traditional Peking Opera is similar to traditional art forms such as painting and calligraphy. It is a freehand stage art. Huang Kebao has also done some research on Beijing opera's program, and pointed out that the word "program" has become a professional term, which describes the unique stage performance characteristics of drama art. It can be said that the most important artistic feature of Peking opera stage art is its program and stylization. For thousands of years, Peking Opera masters have been abstracting and artistically performing some common actions in daily life, such as common emotions, such as joys and sorrows and emotions, as well as the tones, wording and language of daily conversation. As a result, unique performance programs such as figures, footwork, routines, expressions, plates, gongs, drums, and scores in Peking opera performing arts have been formed (Zhong M et al. 2016).

3. Methodology

3.1. Acquisition of Action Program of Beijing Opera and Acquisition Algorithm

The program itself has a fixed, standard meaning. Therefore, in the Peking Opera performing arts, where does the character play, what steps to take, what pose to take, walk a few steps on the field, where to exit, how to cut through the sleeves and open the door and all kinds of sleeves, martial arts routines, Facebook Kung Fu and, Rankou Kung Fu, and so on, have a fixed, specific movement specification, that is, an action program. Peking Opera, as the traditional quintessence of the Chinese nation, can become a unique form of art performance that has been enduring and enduring, and is also related to its unique stylization. And this is the embodiment of the charm of the art of Beijing opera. The program of Beijing Opera is not only a basic and fixed form of opera performance, but also the basic means and specific rules of Beijing opera stage

performance. The Peking Opera program has its own systematic and complete system. Each stage of the Peking opera stage performance has its own corresponding program, whether it is a line of business, face, prop, or music, singing and clothing.

As the representative of Chinese traditional culture, the core of Beijing opera art is in its stylized form, and the movement is the core of the Beijing opera program. In addition to the common features of other stage art, the action in Beijing opera has its own unique place. This stylized action is of great importance to the shaping of the role of the Peking opera or the reflection of the inner feelings of the characters.

$$K = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right)^4 \tag{1}$$

Under the premise of guaranteeing the reality, we can collect and translate people's body movements in real life to the computer system as high as possible, and save them as virtual actions that can be modified and adjusted at any time. It is a great advantage of modern action capture technology. The application of motion capture technology can guarantee the quality of motion design on the premise of reducing project cost, especially for Beijing opera stage art with large data volume, high difficulty and a series of stylized motions, which is currently the most ideal and applicable means (Wang et al. 2016). In the event of action capture, a Peking opera singer first has to change a specific motion capture coat. In the motion capture system used in this chapter, the system uses 22 capture clothing for action collection points, which are distributed on 4 heads, two shoulders, 2 limbs, 4 upper limbs, 3 chest and back, 3 waist and hip, 2 legs and 4 feet. In general, the more the action collection points, the more accurate the actions captured, the more coherent and realistic the final model action is. These action collection points are the key to the whole set of action capture devices. It is these motion capture points collected at the main joints of the whole body that completely record the body movements of Peking opera performers in the Peking Opera stylized Beijing opera performance. This is not only a digital extraction of the stylized movements of Beijing Opera, but also injects the personalized physiological information of Beijing Opera actors into them (For example, height, weight, physical action habits, and so on).

This means that the motion capture device will complete and accurately record the personalization and physical motion information and life information of Peking Opera actors in a digitalized form. Then through the corresponding animation processing software, using modern computer technology to restore these data and then drive the motion of the virtual model. In this way, the digital reconfiguration of the stylized action of Beijing opera has been realized, and a human-computer interaction model of unique experience has also been formed (Lai et al. 2015). Because of this unique human-machine interaction mode, the personalized life information and human motion information are re encoded and interpreted into a computer virtual game space, thus it can bring fresh experience of life information to players.

By utilizing modern technology, we can digitally reproduce the programmatic movements of Peking Opera, bringing a brand new viewing experience to the audience. The implementation of this process cannot be separated from advanced motion capture devices and animation processing software. Firstly, by wearing motion capture

devices, Peking Opera actors can accurately capture their personalized body and life information and record it in digital form. These devices can accurately capture every subtle action of actors, including gestures, gait, facial expressions, etc., ensuring the integrity and accuracy of information. Next, these digital information will be imported into professional animation processing software. Through the processing of modern computer technology, software can restore and optimize this data, thereby driving the actions of virtual models. In this way, the programmatic actions of Peking Opera can be reproduced in virtual space, forming a unique digital art form.

$$\boldsymbol{\rho}_k = \frac{\sum_{t=k+1}^{N}\left[r_t - \boldsymbol{E}(r)\right]\left[\boldsymbol{r}_{t-k} - \boldsymbol{E}(r)\right]}{\sum_{t=1}^{N}\left[\boldsymbol{r}_t - \boldsymbol{E}(r)\right]} \tag{2}$$

$$VaR_R = E(\omega) - \omega^* = \omega_0\left[E(R) - R^*\right] \tag{3}$$

3.2. The design model of the stage and environment of the action program of Beijing Opera

Although the theme of this article is based on the action design of the action program of Beijing opera, the action of the role is inseparable from the environment. Whether in real life or in the Internet world, characters can't exist without environment. Only specific actions in specific environments have specific meanings. At the same time, in order to make this opera style stylized online game role play better receptive and sensory experience, it is also necessary for us to create a Beijing Opera game space.

In Beijing Opera's stage performing arts, all the performance elements are stylized, whether it is action, singing, playing music or the arrangement of their scenes. The typical scene in Peking Opera art is "a table and two chairs", which is a red four-legged square table plus two red chairs. Because Beijing Opera pays attention to the invisible lining, therefore, in the usual Peking opera stage performance, there are not many requests for scenery and stage, and there are few props on the stage. Most of them fully mobilize the audience's imagination through the stylized movements and singing of the actors, making the audience imagine the pictures in the script of the Peking Opera. This is not only the demand for the stage performance of Beijing opera, but also the embodiment of the artistic conception and values of Beijing opera performance. It is worth mentioning that, even in the dark-sacred drama of "Sanchakou", the actual performance is not to be carried out in darkness. On the contrary, darkness is reflected through a series of stylized actions of the Peking Opera actor, such as blinking at the eye, reaching for the road, and touching the darkness. It is these stylized performances that give the audience infinite imagination and immersive sensory experience.

Therefore, in this system, the setting of the stage performance environment for Beijing Opera includes only a symbolic "one table two chair" and a simple Beijing opera stage. More Beijing Opera information and national cultural characteristics are reflected by the stylized role action of Beijing opera style. This is to avoid distracting, to prevent too much of the game environment and attract the attention of sharing game player (Ye et al. 2015).

3.3. Experimental design

In order to conduct in-depth research on the cross linguistic dissemination of intangible traditional Chinese opera culture, we carefully selected 20 volunteers from the media system to participate in the experiment. Among these 20 volunteers, 10 have a rich gaming experience and a deep understanding and experience of the gameplay of online games. Their participation not only provided valuable perspectives for our experiment, but also ensured the diversity and comprehensiveness of the experimental results. In order to ensure the reliability and effectiveness of the experimental results, we deliberately chose a quiet and undisturbed isolation environment for the experiment. In such an environment, volunteers can focus more on the experience of intangible traditional Chinese opera culture, thus providing more accurate feedback on their feelings and evaluations. During the experiment, we first debugged the relevant game equipment and communication tools to ensure that they can smoothly present the content of intangible opera culture. Subsequently, we allowed volunteers to experience these carefully designed cultural contents of traditional Chinese opera for a long time. In order to help volunteers better adapt to the game system and interactive devices, we have decided to conduct a game experience evaluation and rating after each volunteer has experienced it twice. This evaluation process is not only a feedback on the gaming experience of volunteers, but also an important test of the cross linguistic dissemination effect of intangible opera culture. We use a five point rating scale to allow volunteers to rate the dissemination effect of traditional Chinese opera culture based on their own feelings. A score of one indicates that the tester's feelings and description are completely inconsistent, while a score of five indicates that they fully match the description. Five points indicate that they fully comply with the description in the table 1.

Serial number	Test dimension	formulation	Score (1-5)
1	Interest	Whether the action design is accurate, in place, or not	
2	Interactivity	The action design is smooth, whether the smooth transitions	
3	Feedback	The action design is consistent, without getting stuck, Huaping phenomenon	
4	Fulfillment	Action design gives a sense of sensory experience, whether there is a sense of immersion	
5	immersion	Whether the action design has the reduction feeling and the stage atmosphere of Beijing Opera	

Table 1 – system user experience and game scale

4. Result Analysis and Discussion

Based on the experiments and algorithms above, the experimental results are analyzed in this paper. The gaming experience of any online game is the vitality of the work and the most important factor in evaluating the quality of the game. For this system, we can

see from the following data statistics: whether it is the fun, interactivity, or immersion of the game, the system can provide users and players with a good experience, so we can basically achieve the expected goals (As shown in Figure 1).

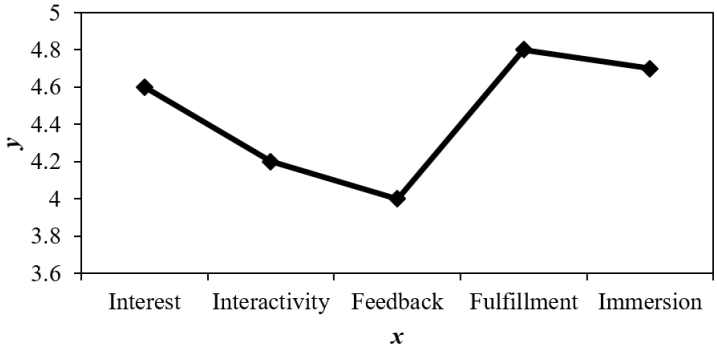


Figure1 – Statistical map of the results of a game experiment

This review aims to summarize a study on the digital experience of Peking Opera art, which transforms traditional Peking Opera performances into a brand new gaming experience through innovative human-computer interaction modes. During the research process, the testers used a specific game system to learn Peking Opera and compared it with traditional video learning methods. Firstly, the research team achieved precise recording of personalized body movements of Peking Opera actors through the advanced motion capture device Kinect. However, due to the lower version of Kinect devices, testers need to make certain adjustments during use, and the devices themselves have some inevitable errors, which to some extent affect the feedback score of the system. However, according to the test results, these device errors did not have a significant impact on the player's gaming experience, and the effectiveness and nature of the game were still maintained.

In the experiment, the participants were divided into an experimental group and a control group, respectively, using the game system and watching Beijing Opera videos for learning. The selection of testers fully considers diversity and adaptability, including foreign students from different cultural backgrounds who all maintain a certain interest in traditional Chinese opera performances. The experimental process strictly follows the principles of fairness and effectiveness, ensuring the reliability of the experimental results. Through a comparison of learning outcomes, the research team found that the experimental group using the game system performed well in terms of learning time, number of errors, pauses, and omissions. At the same time, the experimental group also achieved high scores in subjective perception ratings, indicating that they felt happy and interesting during the learning process, and were able to maintain their interest in learning Peking Opera.

In summary, this study successfully transformed Beijing Opera art into a brand new gaming experience through innovative human-computer interaction modes, providing

new ideas and methods for the inheritance and development of traditional art. Although there are some technical issues during the use of the device, they have not had a significant impact on the gaming experience. In the future, with the continuous progress and improvement of technology, this digital experience method is expected to provide more possibilities for the inheritance and development of more traditional arts.

Serial number	Test dimension	formulation	Company
1	Learning time	The learning time required to complete a complete set of actions	Minute
2	Error number	The number of errors in a set of actions	individual
3	Pause number	The number of pause times in a set of actions	individual
4	Missing number	The number of actions missing in a set of actions	individual
5	Self evaluation	Whether the learning process is hard, whether it can keep the interest of learning, and whether it is willing to continue to study	1-5 points

Table 2 – System learning and learning effect scale

The statistical diagram of the experimental data is as follows in figure 2, 3 and 4.

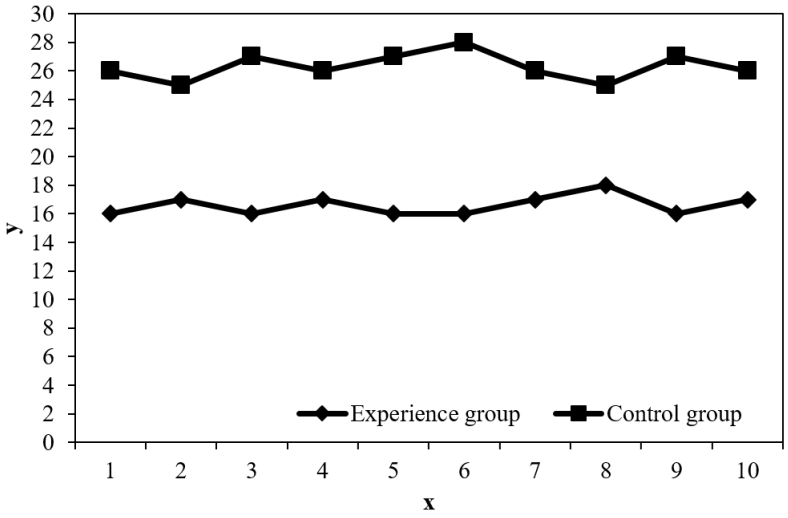


Figure 2 – comparison of learning time between the experimental group and the control group

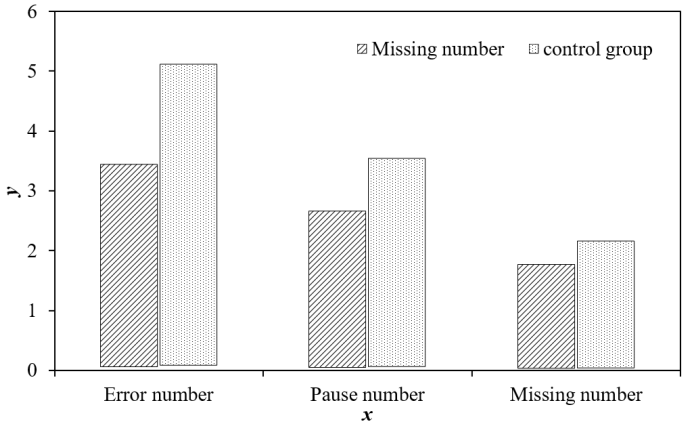


Figure 3 – statistical diagram of experimental results

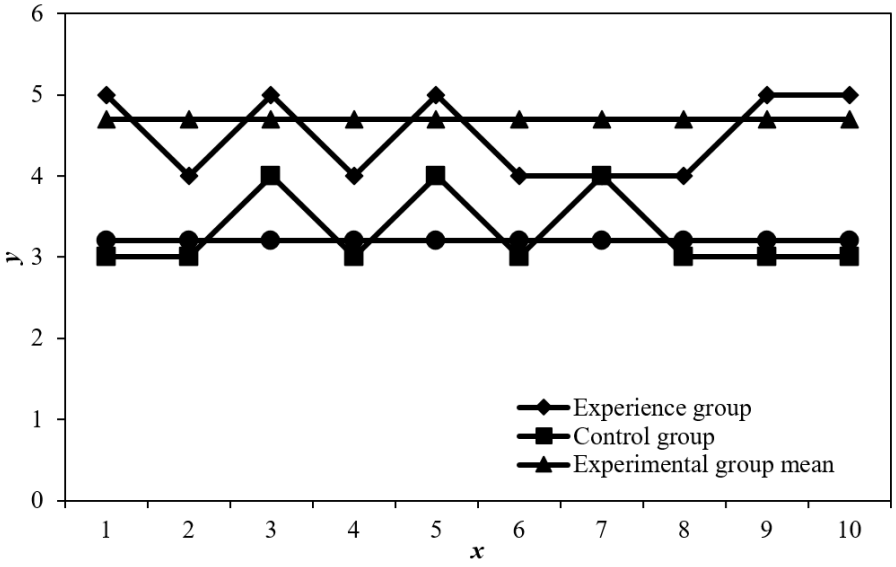


Figure 4 – statistical map of self-learning evaluation

From the perspective of communication studies, this experimental system is not only a technological innovation, but also an innovation in cultural communication methods. Through this system, Beijing Opera, a traditional art form, can be disseminated to audiences in a new way, especially the younger generation. Compared to traditional video teaching, this gamified learning experience provides a more vivid and interesting

way for the dissemination of Peking Opera art. The gamified learning approach has significantly improved the dissemination effect of Beijing Opera art. Although traditional video teaching can showcase the performance content of Peking Opera, it often lacks interactivity and immersion, making it difficult to stimulate the interest and enthusiasm of learners. The system simulates a real gaming environment, allowing learners to experience the charm of Beijing Opera through interaction, thereby gaining a deeper understanding and appreciation of this art form.

This system fully utilizes multiple sensory communication channels. In games, learners can perceive the artistic elements of Peking Opera through various means such as visual, auditory, and tactile senses. This multi sensory dissemination method makes Peking Opera art more vivid and three-dimensional in front of learners. This comprehensive sensory experience not only enhances the learning effectiveness of learners, but also deepens their understanding and memory of Beijing Opera art. Gamification of communication methods also helps to break down barriers to cultural dissemination. Through games, a widely popular media form, Peking Opera art can transcend geographical, age, and cultural boundaries and spread to a wider audience. This cross-cultural communication approach helps to enhance understanding and communication between different cultures, and promotes the development of cultural diversity.

In summary, the experimental system has successfully improved the dissemination effect of Beijing Opera art and the learning effect of learners through gamified dissemination methods. From the perspective of communication studies, this innovation not only enriches the means and forms of cultural dissemination, but also injects new vitality into the inheritance and development of traditional art. At the same time, we should also recognize that although gamified learning methods have advantages in certain aspects, it is necessary to reasonably control their scope and methods of use to ensure that their positive role in cultural inheritance is fully realized.

5. Conclusion

In the era of artificial intelligence, the cross linguistic dissemination of intangible traditional Chinese opera culture has ushered in unprecedented opportunities and broad development prospects. The introduction of artificial intelligence technology has significantly promoted the cross linguistic dissemination of intangible opera culture. With the help of cutting-edge technologies such as natural language processing and machine translation, opera texts can be quickly and accurately converted into multiple languages, effectively breaking down language barriers. This makes it easier for foreign audiences to come into contact with and appreciate China's intangible opera culture, greatly expanding their audience. This cross linguistic communication model not only showcases the unique charm of intangible opera culture on the international stage, but also lays a solid foundation for its global dissemination. In addition, the cross linguistic dissemination of intangible traditional Chinese opera culture also relies on the expansion of multiple communication channels. For example, through online platforms, social media, and international cooperation projects, we can present intangible traditional Chinese opera culture to a wider audience. At the same time, utilizing advanced technologies such as virtual reality and augmented reality can also bring audiences a

more immersive experience of watching traditional Chinese opera, further deepening their understanding and identification with this culture.

References

Chen J. (2023). Application of Artificial Intelligence Aided Design in visual communication design of Fine Arts. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (E63), 457-468.

Cui H Q, Guan J F, Wang R K. (2016). Prediction of the advantageous development direction and linear frequency trajectory calculation of the coal-bed fractures. Journal of Safety & Environment, 12(2): 89-112.

Fan T, Wang H, Hodel T. (2023). Multimodal knowledge graph construction of Chinese traditional operas and sentiment and genre recognition. Journal of Cultural Heritage, 62, 32-44.

Feng S. (2023). Research on graphic design based on mind mapping method--The example of traditional Chinese local opera, the Qin Qiang. In SHS Web of Conferences, 179, 05004.

Kaminski J S. (2022). Jianpu simplified notation and the transnational in musical repertoires of New York's Chinatown. In Material Cultures of Music Notation, 110-123.

Kitagawa, T. (2015). A Study on the Groups of Member-ship in Agricultural Co-operaties: Historical Reviews and Future Directions. Angewandte Chemie International Edition, 127(24): 7287-7290.

Lai B, Huang J, Zhao L. (2015). Prediction of the Postive Psychological Status and Career Development Direction of New Graduated Nurses. Nursing Journal of Chinese Peoples Liberation Army, 2015, 60(1): 81-94.

Li W. (2016). On the Direction of Development of Peking Opera, after the "Debate between Tang and Shen" in the History of Chinese Theatre. Theatre Arts, 8(2): 64-70.

Liang H, Dong X, Liu X, Pan J, Zhang J, Wang R. (2022). A semantic–driven generation of 3D Chinese opera performance scenes. Computer Animation and Virtual Worlds, 33(3-4), e2077.

Tian R, Yin R, Ban J. (2023). Research on character tone trend clustering of Kunqu Opera based on quantum adaptive genetic algorithm. Digital Scholarship in the Humanities, fqad074.

Wang L, Chen G, Kong L. (2016). Research Progress of Chatter Prediction in the Cutting Process. Machine Tool & Hydraulics, lo (1): 75-93.

Yang S. (2023). YueGraph: A Prototype for Yue Opera Lineage Review Based on Knowledge Graph. In CAAI International Conference on Artificial Intelligence, Singapore: Springer Nature Singapore, 435-441.

Ye X, Li J. (2015). A Dynamic Modeling and Validation Framework for the Market Direction Prediction. International Journal of Business Analytics, 2(2): 47-53.

Zhong M, Drama D O. (2015). Enlightenment of the event of Beijing Opera plays creation in the early 20th century. Social Sciences of Beijing, 10(4): 879-917.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 11/03/2024
Aceitação/Acceptance: 06/06/2024

An Empirical Study on Management Control of Chinese A-share Listed Companies Based on AI Systems

Liu Yucheng*, Hasni Binti Abdullah, Rafiatul Adlin Binti Mohd Ruslan, Chaleeda Som Sak

2023357971@student.uitm.edu.my

Universiti Teknologi MARA (UiTM), 40450, Shah Alam, Selangor Darul Ehsan, Malaysia

Pages: 619-631

Abstract: This study aims to explore the empirical effects of management control in Chinese A-share listed companies based on AI systems. Under the current wave of digitization and intelligence, artificial intelligence (AI) technology has gradually penetrated into various aspects of enterprise management, becoming an important tool to improve management efficiency and optimize resource allocation. However, there is still a lack of systematic and in-depth research on the application and effectiveness evaluation of AI technology in the field of enterprise management and control. This article first reviews the relevant research on the application of AI in enterprise management at home and abroad, and analyzes the challenges and opportunities faced by current A-share listed companies in China in terms of management control. On this basis, this article constructs a management and control framework based on AI systems, which covers multiple stages such as data collection, model construction, and decision support, aiming to achieve comprehensive monitoring and precise control of enterprise operation processes through AI technology. The research results indicate that the management control framework based on AI systems has significant advantages in improving enterprise management efficiency, optimizing resource allocation, and reducing operating costs.

Keywords: Executive team; GEM listed company; Company performance

1. Introduction

With the rapid development of information technology, artificial intelligence (AI) technology, with its unique advantages, is gradually penetrating into various fields of society, especially playing an increasingly important role in enterprise management. As one of the world's largest economies, China ranks among the world's top in terms of both the number and scale of A-share listed companies. These companies urgently need to introduce advanced management tools and methods to improve management efficiency, optimize resource allocation, and achieve sustainable development in the face of increasingly fierce market competition and complex business environment.

In recent years, the application of AI technology in enterprise management has achieved significant results. For example, through big data analysis and machine learning algorithms, enterprises can achieve accurate prediction of market trends, providing strong support for decision-making. At the same time, AI technology can also help enterprises achieve automation and intelligence of business processes, reduce human intervention, and improve management efficiency. However, despite the broad application prospects of AI technology, empirical research on its application in the field of enterprise management and control is still relatively scarce, especially for Chinese A-share listed companies, which urgently needs to be strengthened.

Management control, as an important component of enterprise management, aims to ensure the achievement of strategic goals and effective control of operational risks. Traditional management and control methods often rely on manual experience and qualitative analysis, making it difficult to adapt to complex and ever-changing market environments. The management and control methods based on AI systems can discover hidden patterns behind a large amount of data through analysis and mining, providing enterprises with more scientific and accurate management and control methods. In today's era of informatization and digitization, artificial intelligence (AI) technology is gradually changing traditional management and decision-making modes with its powerful data processing capabilities and accurate analysis and prediction functions. As an important component of China's economy, the management and decision-making abilities of the executive team of companies listed on the Growth Enterprise Market have a decisive impact on their performance. Therefore, using AI systems to conduct in-depth research on the executive team and performance characteristics of listed companies on the ChiNext board is of great significance for understanding the impact of homogenization, heterogeneity, incentives, and governance characteristics of the executive team on company performance, as well as guiding enterprises to optimize the structure of the executive team and improve company performance.

As the core decision-making layer of a company, the homogenization and heterogeneity of the executive team can have a profound impact on the company's strategic formulation, business execution, and risk management. Homogenization may bring about tacit understanding and efficient communication within the team, but it may also lead to limitations and lack of innovation in decision-making thinking; Heterogeneity can introduce different perspectives and perspectives, promote team innovation and adaptability, but it may also bring communication barriers and decision-making conflicts. AI systems can reveal the specific impact mechanisms of homogenization and heterogeneity of executive teams on company performance through the analysis and mining of a large amount of data.

In addition, the incentive and governance characteristics of the executive team are also key factors affecting company performance. A reasonable incentive mechanism can stimulate the enthusiasm and creativity of the executive team, improve their work efficiency and decision-making quality; An effective governance mechanism can ensure the standardization and stability of company operations, and prevent potential risks. AI systems can quantitatively analyze incentive and governance factors such as executive compensation, equity incentives, and board structure to explore their direct impact on company performance.

2. Methodology

On the basis of in-depth research on the theory of executive echelon, agency theory of executive team, and human capital theory, this article selects the homogeneity characteristics of executive teams of listed companies on the Growth Enterprise Market as the research focus. At the same time, combining the incentive and governance characteristics of the executive team, we have constructed a comprehensive and multidimensional research framework, aiming to deeply explore the impact of executive team characteristics on corporate performance. In terms of research methods, we have introduced grey correlation analysis, especially the comprehensive grey correlation model. This model combines the advantages of absolute grey correlation degree and relative grey correlation degree. It not only considers the absolute quantitative relationship between variables, but also considers the change rate of observation data relative to the initial point, making the research results more comprehensive and in-depth.

In order to reveal the relationship between variables more clearly, we further adopted the principal component analysis method. By re linearly combining the original variables, we obtained multiple unrelated comprehensive indicators that can preserve the information of the original variables to the greatest extent possible and effectively simplify the problem. This study conducted in-depth empirical analysis using two Chinese ChiNext listed companies as examples. Through descriptive statistical analysis of the characteristics of the executive team, we found significant differences among the executive teams of listed companies on the ChiNext board, which directly affects the company's performance. For example, there are significant fluctuations in the return on equity of different companies, which reflects the intensity of market competition and the instability and high risk of company revenue. With the help of AI systems, we can process and analyze large amounts of data more efficiently, thereby more accurately revealing the relationship between executive team characteristics and corporate performance. By constructing and training relevant algorithm models, AI systems can automatically extract key information from data, discover patterns and trends hidden behind the data, and provide strong support for our research.

Taking two Chinese listed companies on the GEM as the research object, we explored the impact of the senior management team on corporate performance. Descriptive statistical analysis of the variables provides a descriptive statistical analysis of the variables, as shown in Table 1 and Figure 1. The minimum return on net assets is 4.35%, and the maximum is 40.18%. The difference between the two is very large, which indicates that the competition in the market is fierce, indicating that the market is fiercely competitive and has the characteristics of unstable income and high risk.

GEM listed company	Return on net assets (%)	Assets and liabilities (%)
Company A	4.35	10.89
Company B	40.18	35.66

Table 1 – Descriptive statistical analysis

The correlation coefficients of each variable are analyzed, as shown in Table 2 and Figure 2. The return on net assets of enterprise performance indicators has a certain correlation

with various variables, and has a greater correlation with the average age and salary of senior management team.

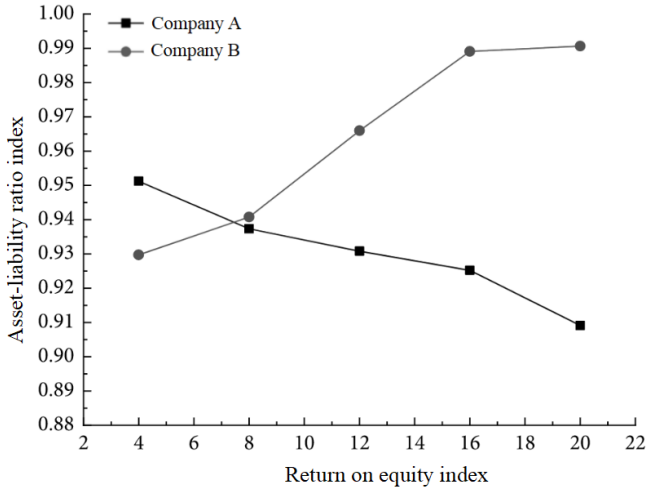


Figure 1 – Descriptive statistical analysis

GEM listed company	Average age	Average salary
Company A	40	22
Company B	42	24

Table 2 – Related analysis

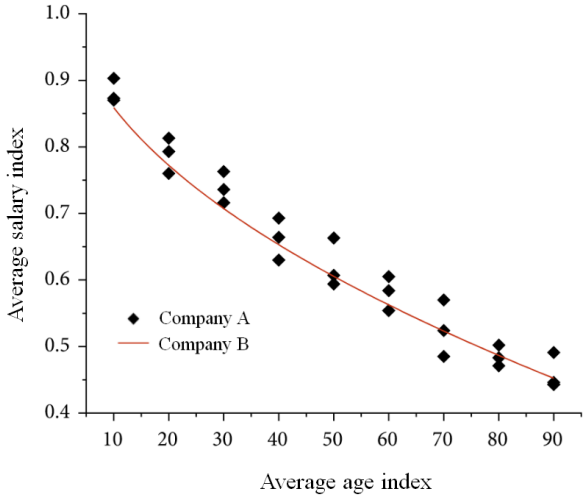


Figure 2 – Related analysis

In the two research objects of the GEM, this article is divided into four categories according to R&D, management, sales and finance. However, in the practice of listed companies in China, the work content of financial executives is responsible for corporate accounting and financial management, as well as Corporate financing needs, so this paper also classifies finance as “output-type functions” and “peripheral functions”. The relationship between the professional background and heterogeneity of GEM listed companies and innovation performance. The professional experience of members in a particular area of expertise has always been seen as an important factor influencing the strategic decision-making of top management. Senior managers with R & amp; D experience are more willing to pay attention to and understand the content of technology, and are more willing to strengthen investment in product and technological innovation. Age is one of the important variables to measure the characteristics of human capital in top management team. Age directly affects the social experience and risk preference of senior management team. Although in theory, with the increase of the average age of the top management team, the social experience and relationship network accumulated by the top management team are more beneficial to the development of enterprises.

In order to systematically analyze the relationships between these factors, we constructed a regression analysis model using an AI system. The regression results of this model are shown in Table 3 and Figure 3. Firstly, the variance inflation factors of all variables are less than 5, indicating that there is no serious collinearity issue between the independent variables. Secondly, from the overall regression results, the standard error of the explanatory variable for this model is 0.18, with a tolerance of 0.92. The standard error of the control variable is 1.42, and the tolerance is 0.88, which fully proves the effectiveness of the model.

With the assistance of AI systems, we can process and analyze large amounts of data more efficiently, thereby more accurately revealing the complex relationship between executive team characteristics and corporate performance. This not only helps us to have a deeper understanding of the management and control mechanisms of companies listed on the ChiNext board, but also provides valuable reference and guidance for the management practices of A-share listed companies in China.

Constant term	Standard error	Tolerance
Explanatory variables	0.18	0.92
Control variable	1.42	0.88

Table 3 – Regression analysis of various variables on firm performance

According to the theory of high-level hierarchy, the cultural level of executives is considered one of the most critical human capital, which deeply reflects the cognitive foundation and values of enterprise managers. Executive teams with higher levels of education often possess a higher level of professionalism, able to quickly and accurately capture effective information, and after in-depth analysis and processing, transmit this information to subordinates in a timely manner to ensure efficient and accurate decision-making. It is worth noting that educational differences among members of the executive team can also have a significant impact. The greater the educational difference,

the more obvious the differences in values and cognition among team members. Individuals with different levels of education may have significant differences in their thoughts, perspectives, and beliefs, which can lead to communication barriers and decision-making conflicts. Therefore, when building an efficient management team, it is particularly important to balance educational differences and promote understanding and collaboration among team members.

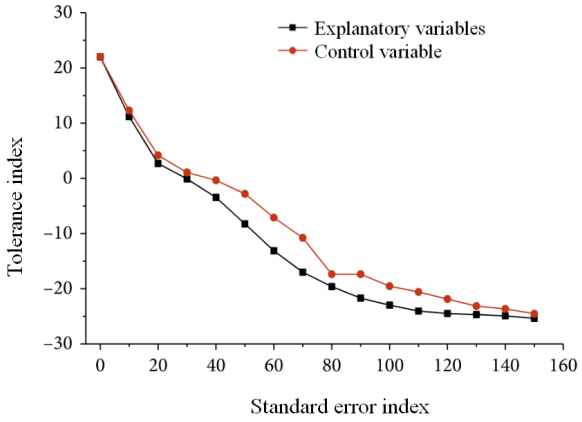


Figure 3 – Regression analysis of various variables on firm performance

In this study, we conducted an empirical analysis on the management control of companies listed on the ChiNext board using AI systems. In order to gain a deeper understanding of the relationship between executive team characteristics and corporate performance, we specifically focused on two key variables: cultural level and educational differences among executives. Through principal component analysis, we successfully transformed numerous highly correlated variables into independent or unrelated variables, and then constructed a comprehensive index to explain the data. The application of AI systems enables us to process and analyze large amounts of data more efficiently, thereby more accurately revealing the inherent relationship between executive team characteristics and corporate performance. By constructing appropriate models and algorithms, we can delve into the specific impact mechanisms of these characteristics on corporate performance, providing strong theoretical support and empirical evidence for management practices in enterprises.

3. Result Analysis and Discussion

With the rapid development of China's social economy and the gradual opening up of social concepts, the role of women in entrepreneurial teams has become increasingly prominent, attracting widespread attention from all sectors of society. In this context, more and more scholars are beginning to delve into the impact of female participation in executive teams on companies. This study is based on an AI system and conducts empirical research on management control of Chinese A-share listed companies, with a particular focus on the role of female executives in the team.

By analyzing the mean and variance of 99 sample enterprise variables, we found that the average size of the executive team of the ChiNext listed companies is 6.32 people, with an annual growth rate of 32.69% in main business income and an average asset liability ratio of 12.77%. It is worth noting that 71.41% of GEM companies belong to high-tech industries such as new materials, new pharmaceuticals, and modern information technology, which usually have higher requirements for innovation and management control. In addition, 69.79% of GEM companies are located in the eastern region, which reflects the regional characteristics of China's economic development. In terms of the characteristics of the executive team, we have noticed that the average tenure is 2.36 years, with a maximum of only 6.14 years. This indicates that the average tenure of senior management teams of companies listed on the ChiNext board is relatively short, possibly less than 5 years. Compared with listed companies on the main board, this shorter term may be due to factors such as the relatively short listing time of GEM companies and fierce industry competition.

The gray absolute correlation degree and gray relative correlation degree are substituted into the formula, and I =0.3. The gray comprehensive correlation degree of the two is obtained, and the correlation ordinal number is obtained by sorting them, as shown in Table 4 and Figure 4 below.

Gray comprehensive relevance code	Numerical value	Correlation sequence
W_1	0.71	3
R_2	0.68	5

Table 4 – The relationship between the return on total assets and the incentive and constraint characteristics of listed companies on the GEM

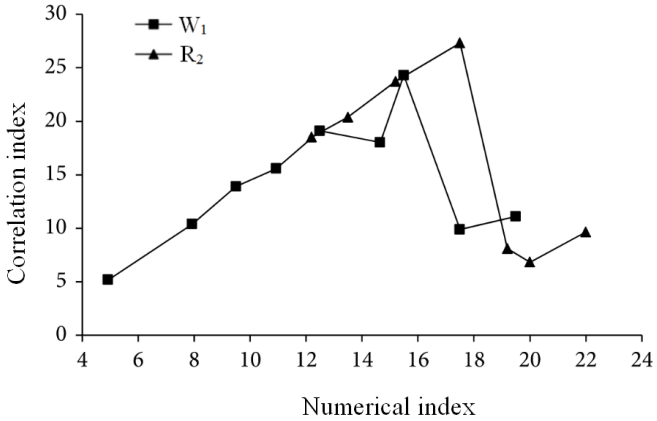


Figure 4 – The relationship between the return on total assets and the incentive and constraint characteristics of listed companies on the GEM

The gray absolute degree of association between sequence n and a, that is, the absolute degree of association between the two, denoted as D_i, and the expression is:

$$ln(D_i) = a + \sum_{j=1}^{n} b_j ln(p_j) + r_i ln(Y) + u \tag{1}$$

If the length of the parent sequence m is the same as that of the sub-sequence r, and the initial value is not equal to zero, then the initial value is:

$$D(p_1) = A \cdot \frac{m(1-r)}{p_1^b} \tag{2}$$

It and Q_t are gray absolute correlation degree and gray relative correlation degree of parent sequence m and sub-sequence R respectively. If D_t is gray comprehensive correlation degree of parent sequence, there are:

$$AI_t = \frac{(I_t + Q_t) + (I_t + Q_t - D_t)}{2} = I_t + Q_t - \frac{D_t}{2} \tag{3}$$

This paper selects the method of calculating the gray comprehensive relevance degree to study the relationship between executive team characteristics and firm performance. The gray correlation method has been introduced in detail in this paper. The calculation formula of gray comprehensive relevance is as follows:

$$AI_t = \frac{(I_t + Q_t)}{2} \cdot \frac{(I_t + Q_t)}{D_t} \tag{4}$$

After the gray absolute correlation degree t and the gray relative degree of association T are obtained, it can be used to calculate the gray comprehensive correlation degree w(t). The formula is:

$$w(t) = w_2 + (w_1 - w_2)\frac{T-t}{T} \tag{5}$$

The GEM, also known as the second board market, is a securities trading market that provides financing channels and growth space for small and medium-sized enterprises, entrepreneurial and high-tech industrial enterprises that are temporarily unable to be listed. It is an important supplement to the main board market and supports national independent innovation. Nuclear is also an important platform for strategy and plays an important role in the capital market. Figure 5 below shows the industry distribution map of the GEM company.

In this study, we specifically focused on the educational level of the executive team on the ChiNext board and its impact on company performance. Through in-depth data analysis, we found that the average education level of the executive team on the ChiNext board is 3.14, with a standard deviation of 0.45. According to the evaluation of education level, this data indicates that the average education level of senior management teams is mainly concentrated at the undergraduate and master's levels, which to some extent reflects the high professional quality of senior management team members in China's ChiNext listed companies. It is worth mentioning that the average age of the executive

team has a significant negative impact on company performance. As senior management team members age, the company's performance seems to be showing a downward trend. This discovery supports the hypothesis of this study and is consistent with the research findings of most domestic scholars. Although experienced executives may have extensive practical and management experience, their age may also indicate relatively weak adaptability to emerging technologies and market trends, thereby affecting the company's performance. In addition, we also evaluated the governance level of companies using AI systems and found significant differences in the size of executive teams and shareholding ratios among companies with good governance. These enterprises are clearly superior to poorly governed enterprises in these aspects. This discovery further emphasizes the importance of corporate governance structure in the relationship between executive team characteristics and corporate performance.

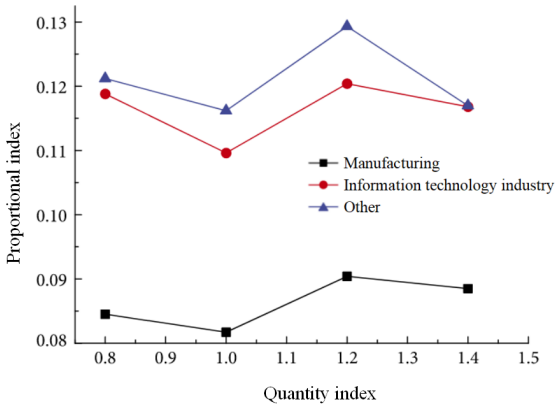


Figure 5 – GEM company industry distribution map

There are k samples, and each sample has t variables, which can be obtained by linear combination.

$$p = \begin{cases} k & \sigma^2 < \sigma_d^{\,2}, f(P_g^t) > f_d \\ 0 \end{cases} \tag{6}$$

Restrictive requirements here:

$$e_j = -k \sum_{i=1}^{n} f_{ij} \ln f_{ij} \tag{7}$$

The corresponding feature vector, and the variance of W_j is also the above eigenvalues, so the ranking of principal components is arranged in the order of eigenvalue size. The contribution rate of Principal Component I is as follows:

$$W_j = d_j \Big/ \sum_{j=1}^{m} d_j \tag{8}$$

The ability to indicate the information of the j-th principal component, the cumulative contribution rate is:

$$W_j = 1 + k\sum_{i=1}^{n} f_{ij} \ln f_{ij} \Big/ \sum_{j=1}^{m} (1 + k\sum_{i=1}^{n} f_{ij} \ln f_{ij}) \tag{9}$$

Because the original variables are of different sizes and vary greatly in quantity, different dimensions and orders of magnitude will result in different covariance matrices in principal component analysis, so that the principal components will also differ due to changes in the dimension and magnitude of the evaluation indicators. Therefore, assuming that w_{ij} represents the jth indicator value of the i-th company, its standardized value is obtained by the following companies:

$$w_{ij} = w_{ij} + a(\frac{X_i}{m} - w_{ij}) \tag{10}$$

Figure 6 shows a factorial lithotripsy of variance explanatory variables. From the graph, the slope between the first three factors is the largest, so their eigenvalues are also the largest.

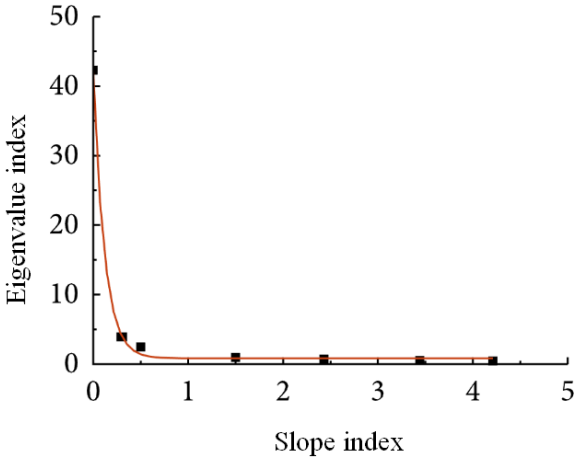


Figure 6 – Factor gravel map

Through in-depth analysis of the overall research status of small and medium-sized enterprises, combined with existing evaluation systems and methods for enterprise growth. This article provides useful insights for establishing a growth evaluation index system for listed companies on the ChiNext board in China. Specifically, the empirical study on management control of Chinese A-share listed companies based on AI systems further reveals the inherent relationship between executive team characteristics and

corporate performance. Research has found a significant positive correlation between the average education level of executive teams and corporate performance. This supports the view of the high-level echelon theory that members who have received higher education are usually able to obtain higher positions and more generous salaries, which are not only recognition of their knowledge and abilities, but also an important source of their power and responsibility. The high education level of senior management team members not only represents the integrity of their professional knowledge system and good thinking ability, but also means that they have stronger cognitive ability, learning ability, and adaptability to things. Therefore, these executives are more inclined to invest company resources in innovative research and development, promoting the overall development of the enterprise.

4. Conclusion

This article not only enriches the existing theories of senior management and enterprise innovation management, but also provides stronger guidance for practice through empirical research on management control of Chinese A-share listed companies based on AI systems. From the perspective of improving financial performance, research has found that when building an executive team, priority should be given to managers with high education levels, high professional background heterogeneity, high tenure heterogeneity, low education level heterogeneity, and low age heterogeneity.

As research samples, GEM companies generally exhibit some significant characteristics. Firstly, the average age of members of the executive team is around 45 years old, exhibiting a youthfulness characteristic, which means they have stronger innovation and adaptability. Secondly, the overall education level of the executive team is relatively high, generally possessing undergraduate and master's degrees, which reflects their profound professional knowledge and good thinking literacy. In addition, the team size is relatively small and the tenure is generally short, which may be related to the relatively short development history of the ChiNext market. It is worth noting that the average number of people with professional and technical backgrounds in the team is relatively high, indicating that most executives of GEM companies have relevant technical backgrounds, which is beneficial for enterprises to better grasp the forefront of core technologies and promote innovative development.

This article conducts in-depth theoretical and empirical analysis to study the relationship between the characteristics, incentives, and performance of the executive team of ChiNext companies. Although some inspiring conclusions have been drawn, there are still some shortcomings and areas that need further exploration due to various subjective and objective factors. Future research can leverage more advanced AI technology to finely characterize the characteristics of the executive team, in order to reveal more potential impact mechanisms and provide more precise guidance and suggestions for enterprise management practices.

References

Stahl, G. K., Brewster, C. J., Collings, D. G., & Hajro, A. (2020). Enhancing the role f human resource management in corporate sustainability and social responsibility: A multi-stakeholder, multidimensional approach to HRM. Human Resource Management Review, 30(3), 100708.

Bullough, A., Guelich, U., Manolova, T. S., & Schjoedt, L. (2022). Women's entrepreneurship and culture: gender role expectations and identities, societal culture, and the entrepreneurial environment. Small Business Economics, 58(2), 985-996.

Díaz-Fernández, M. Carmen, González-Rodríguez, M. Rosario, Simonetti B. Top Management Teams' demographic characteristics and their influence on strategic change. Quality & Quantity, 2015, 49(3): 1305-1322.

Li W, Zhang Y. Relationship Among New CEO's Characteristics, TMT Adjustment and Performance—Empirical Study Based on ST Listed Enterprises. Chinese Journal of Management Science, 2014: 319-329.

Wiengarten F, Lo C K Y, Lam J Y K. "How does Sustainability Leadership Affect Firm Performance? The Choices Associated with Appointing a Chief Officer of Corporate Social Responsibility". Journal of Business Ethics, 2017, 140(3): 477-493.

Serra F R, Três, Guilherme, Ferreira M P. The 'CEO' Effect on the Performance of Brazilian Companies: An Empirical Study Using Measurable Characteristics. European Management Review, 2016, 13(3): 193-205.

Yadav, G., Luthra, S., Huisingh, D., Mangla, S. K., Narkhede, B. E., & Liu, Y. (2020). Development of a lean manufacturing framework to enhance its adoption within manufacturing companies in developing economies. Journal of Cleaner Production, 245, 118726.

Colombelli A. Top management team characteristics and firm growth: Evidence from a sample of listed companies. International Journal of Entrepreneurial Behaviour & Research, 2014, 21(1): 107-127.

Yang L, Wang D. The impacts of top management team characteristics on entrepreneurial strategic orientation: The moderating effects of industrial environment and corporate ownership. Management Decision, 2014, 52(2): 378-409.

Taherdoost, H. (2021). Data collection methods and tools for research; a step-by-step guide to choose data collection technique for academic and business research projects. International Journal of Academic Research in Management (IJARM), 10(1), 10-38.

Bjornali E S, Knockaert M, Erikson T. The Impact of Top Management Team Characteristics and Board Service Involvement on Team Effectiveness in High-Tech Start-Ups. Long Range Planning, 2016, 49(4): 447-463.

Valdez-Juárez, L. E., & Castillo-Vergara, M. (2021). Technological capabilities, open innovation, and eco-innovation: Dynamic capabilities to increase corporate

performance of SMEs. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 7(1), 8.

Doms M, Dodo zu KnyphausenAufseß. Structure and characteristics of top management teams as antecedents of outside executive appointments: a three-country study. International Journal of Human Resource Management, 2014, 25(22): 3060-3085.

Shin D, Seidle R, Okhmatovskiy I. Making the foreign familiar: The influence of top management team and board of directors characteristics on the adoption of foreign practices. Journal of World Business, 2016, 51(6): 937-949.

Hasan, M. K., Ghazal, T. M., Alkhalifah, A., Abu Bakar, K. A., Omidvar, A., Nafi, N. S., & Agbinya, J. I. (2021). Fischer linear discrimination and quadratic discrimination analysis–based data mining technique for internet of things framework for Healthcare. Frontiers in Public Health, 9, 737149.

Pugliese A, Minichilli A, Zattoni A. Integrating agency and resource dependence theory: firm profitability, industry regulation, and board task performance. Journal of Business Research, 2014, 67(6): 1189-1200.

Yuan Jingxue, Teoh Aiping (2023). Study on Financial Risk Early Warning Model of Listed Companies Based on BP Neural Network. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (E55), 428-441.

Sarkar, K., Shiuly, A., & Dhal, K. G. (2024). Revolutionizing concrete analysis: An in-depth survey of AI-powered insights with image-centric approaches on comprehensive quality control, advanced crack detection and concrete property exploration. Construction and Building Materials, 411, 134212.

De Cassai, A., Boscolo, A., Zarantonello, F., Pettenuzzo, T., Sella, N., Geraldini, F., ... & Navalesi, P. (2023). Enhancing study quality assessment: an in-depth review of risk of bias tools for meta-analysis—a comprehensive guide for anesthesiologists. Journal of Anesthesia, Analgesia and Critical Care, 3(1), 44.

Uddin, M. G., Dabrowski, T., Rahman, A., Taghikhah, F., & Olbert, A. I. (2024). Data-driven evolution of water quality models: An in-depth investigation of innovative outlier detection approaches-A case study of Irish Water Quality Index (IEWQI) model. Water Research, 121499.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 10/02/2024
Aceitação/Acceptance: 09/05/2024

Network Education Management Mode Based on Teaching Quality Oriented

Yufeng Wu*, Ming Ni, Dongyan Li, Xiaohui Chen, Xiaoming Yi

Please Provide

De La Salle University - Dasmarinas, College of Education, The Philippines

Pages: 632-645

Abstract: In recent years, online education has developed rapidly. In order to further optimize the performance of educational resource networks, improve user retrieval efficiency and user experience. This article conducts in-depth research on the network management mode of educational resources, guided by teaching quality. This article focuses on the online education management models of universities in China, the United States, and the United Kingdom. Taking Guangxi University of Traditional Chinese Medicine and Tongling College (Chinese universities), as well as Kansas City College of Arts in the United States and the University of Exeter in the United Kingdom (Foreign universities) as examples. A comparative analysis was conducted on the characteristics and differences of online education management models in universities from different countries. The educational resource network described in this article has significant advantages in regional sharing due to its own network architecture, and is relatively low-cost and easy to repair. By combining the characteristics of educational resource networks and optimizing the ant colony algorithm, a suitable educational resource network retrieval algorithm was obtained, which improved the retrieval efficiency of users. The research results of this article are of great significance for improving the quality of online education and promoting educational modernization.

Keywords: Education Quality; Management Mode; Ant Colony Algorithm

1. Introduction

At present, it has entered into an information society. It is also an effective way to expand and expand various businesses besides information belonging to the existing information resources and networking, as well as being a means of storing information (Mateo, E. 2020). Promoting the social information and network development and livelihood of great relevance has the key strategic significance (Nagel 2020). It can be said that the informatization of education and networking are the key components of a country's sustainable development and also belong to the country's key development strategy. Whether it is on a fundamental, strategic or global basis, the changes that belong to educational philosophy and teaching model are also important driving forces for promoting the development of education (He, J. et al. 2020). Therefore, the development of education needs to meet the needs of today's information and network development. According to the relevant statistics of the Education Information Office

of the Ministry of Education, it can be learned that a considerable number of primary and secondary vocational schools and colleges and universities have achieved the goal of building a campus network by the end of this year (Atenas J et al. 2015). Most of the colleges and universities have reached the coverage of all the buildings in the campus network, and set up the network information center to deal with the maintenance of the campus network specially in the administrative agencies, and set up a sound network laboratory. Institutional level to build a sound system of campus network management began to become more and more sound (Zancanaro A et al. 2015). It can be said that in the current era of information technology, finding effective resources to meet the actual needs of users has become a driving force for many researchers to continuously explore (Wang X et al. 2016). Based on the current situation of education network construction in our country, this paper takes the search and optimization of educational resources network as the starting point and explores how to improve the retrieval efficiency of online educational resources. Today, the search for online education resources is still in the original relatively backward flooding methods and related improvements. However, there are not many researches on the "Internet Education Resource Retrieval" which is relatively frequently used by end-users. The application of slaves algorithm in the optimization of online educational resources is relatively less (Chan T M et al. 2016). At present, the research on network retrieval of educational resources in our country is based on the exploration of web search algorithm (Dh D L I et al. 2017). In the increasingly wide range of distributed network applications, educational resources and networks are also continuing to progress and progress. The search research related to its existence also continues to increase. Among them, the key of topological adaptation and protocol is proposed, which brings great impetus to the development of educational resources network retrieval algorithm (Zhang M et al.2017).

2. Related Work

Since the generation of intelligent algorithms, many advantages in distributed networks have become the focus of many researchers. Since the beginning of the new century, ideological-based distributed educational resource network has been continuously emerging and gradually becomes a representative framework in the construction of inter-regional network educational resources. However, the intelligent retrieval associated with its existence has not become a relevant researcher. At present, the retrieval methods of educational resource networks in China are generally relatively backward flooding methods, so that users can not get a good search experience (Pappas IO et al. 2017). In order to improve the quality of e-learning, we need to build a process oriented global model to ensure the effectiveness and sustainability of e-learning. The process oriented electronic learning quality model focuses on the quality of the learning process itself, not just the learning outcomes. It emphasizes in-depth analysis and optimization of every aspect of the learning process to ensure that learners can obtain a high-quality learning experience (Vagarinho and Llamas, 2020). Compared with traditional teaching, online teaching has advantages such as flexibility and convenience, but it also faces many challenges (Zhang and Hao, 2020). For example, problems such as reduced real-time interaction between teachers and students, and decreased self-discipline in student learning can all affect the quality of teaching. Therefore, comprehensive monitoring of the quality of online teaching can help identify problems in a timely

manner and take effective measures to improve them (Sun and Qin, 2024) . Web 3.0 technology, with its decentralized characteristics, breaks the limitations of traditional educational management and enables more equitable distribution of educational resources. Meanwhile, the intelligent features of Web 3.0 technology make educational management more efficient and precise (Ghislandi and Raffaghelli, 2015). For example, through big data analysis and artificial intelligence technology, students' learning behaviors, interests, and preferences can be deeply explored, providing strong support for personalized education (Jin et al. 2020). In addition, the highly personalized features of Web 3.0 technology make educational management more in line with the actual needs of students, improving their learning satisfaction and effectiveness (Zhang and Jia, 2024). With the rapid development of information technology, especially the arrival of the "Internet plus" era, vocational education is facing unprecedented opportunities and challenges (Zhang and Jia, 2024). In order to adapt to this change, it is particularly important to build and improve the "Internet plus" oriented vocational education and teaching system (Xue et al. 2022). The "Internet plus" oriented vocational education and teaching system refers to a new type of teaching model built with the support of Internet technology, the core of which is the cultivation of professional ability, and the guidance of market demand. It emphasizes the combination of online and offline, achieving the sharing and optimization of teaching resources, and improving teaching quality and efficiency (Yan and Yang, 2021). At the same time, the system focuses on the personalized learning needs of students, providing diverse learning paths and methods to meet the career development needs of different students. In the era of informatization, the education sector is facing dual challenges of teaching method innovation and teaching evaluation improvement. Traditional teaching methods can no longer meet the development needs of modern applied undergraduate education, and traditional teaching evaluation methods often have strong subjectivity and lack of objectivity (Sales and Boscarioli, 2020) [20]. Therefore, building a teaching and teaching evaluation system based on multiple information fusion aims to achieve comprehensive monitoring and accurate evaluation of the teaching process by integrating multiple information sources, thereby promoting the improvement of teaching quality. The construction of a teaching and teaching evaluation system based on multiple information fusion involves multiple key technologies, including data mining technology, information fusion technology, intelligent recommendation technology, etc. Data mining technology can help systems extract useful information from massive teaching data and provide support for teaching decision-making. Information fusion technology can effectively integrate information from different sources, improving the accuracy and objectivity of evaluation. Intelligent recommendation technology can recommend suitable learning resources and paths for students based on their learning situation and needs.

3. Methodology

3.1. P2P Educational Resources Network Model

According to the P2P model education resources in the network topology, resource search and management methods and the corresponding relationship between nodes, the current P2P model can be specifically divided into three types of education resource management. They are centralized, pure cloth and hybrid. For the centralized, it

belongs to the traditional C / S and P2P ideas related products. The server is associated with the overall network resource directory, and the related information such as the resource location of all the nodes is retained, but the related functions such as resource downloading are not yet available. When users add or reduce resources, they must register with the server, and the server saves this part of the resource index information, if you need to use the resources to find out when the beginning need to implement retrieval in the server. If you search for the resources they need, the server sends the index back to the operation. Users in accordance with the index to get the download address of the resource, the corresponding node to implement the download. Since the server only processes the client's request for retrieval, there is no excessive requirement on the server. Therefore, the centralized P2P educational resource network is easy to implement, and the control is relatively simple and the organization is also relatively strong. Just as in a county-level educational resources network, choosing such methods to implement the network structure. The center server just needs to record the location of the corresponding resource node can be completed. However, there are some shortcomings of this approach, just as the server fails, all node resources can no longer implement the download operation (As shown in Figure 1).

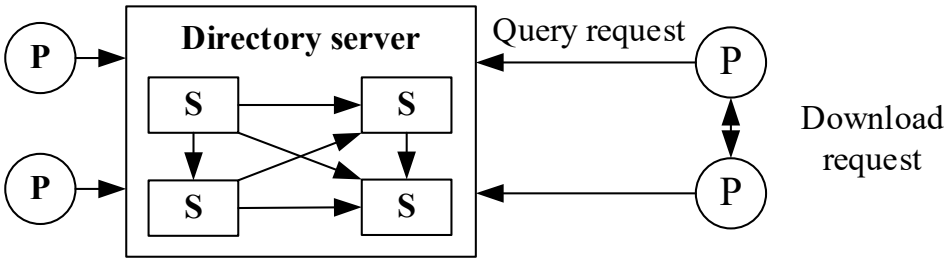


Figure 1 – Centralized P2P Education Resource Network

For purely distributed, it belongs to strictly follow the P2P network thought built. All nodes in the network are consistent, and the client and server belong to the necessary functions, that is, the network does not have a central server. The retrieval method in the network is to take the principle of flood to search. That is, the retrieval node sends out a retrieval request, the system will spread the message to the neighboring node. According to this law, until the search is suspended. In view of the actual situation, based on the reduction of bandwidth pressure caused by flooding, the establishment of TTL is generally used to reasonably adjust its scope and achieve the corresponding retrieval purpose. The specific architecture is shown in Figure 2.

Pure P2P educational resources network has the advantage of the place is easy to set up, and for the central server and high-capacity storage system is not high, the corresponding network architecture is also very sensitive. The downside is that the high degree of decentralized storage of online educational resources, with the flood algorithm is usually difficult to achieve the desired search results. Hybrid P2P educational resources are fully

linked to the advantages of both. It pays more attention to the distributed features of P2P educational resource network, and also pays attention to the improvement of resource search efficiency. Hybrid P2P network topology is shown in Figure 3.

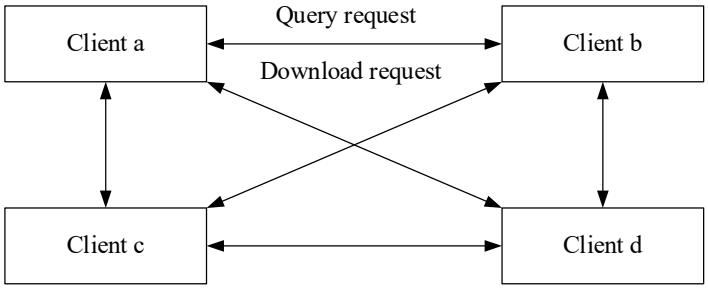


Figure 2 – Pure distributed P2P Education Resource Network

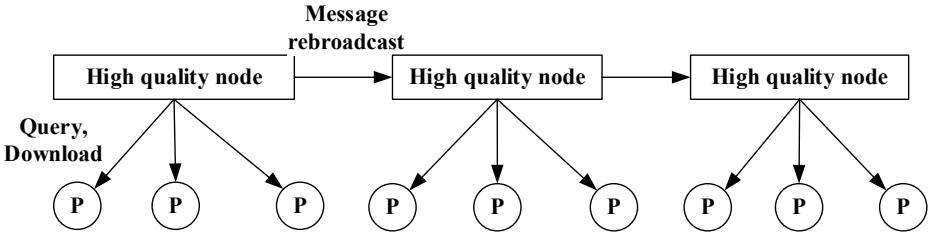


Figure 3 – Hybrid P2P education resource network

In terms of this type of P2P educational resource network, the nodes are divided into two categories based on the differences in educational resources and hardware resources of the corresponding nodes in the specific situation. One is the high quality node, the second is the normal node. This is where the high-quality nodes assume the functions of a server in a centralized P2P educational resource network. The main task is to manage the educational resources in the corresponding regions. After the node finishes searching for the file, the request is sent to the high quality node in the beginning to query the resource registration status. If the forwarding condition is satisfied, the forwarding is performed so that the file satisfies the search stop condition. In this way, the search efficiency can be improved as much as possible without causing the network complexity to increase, and the problem of difficult retrieval of resources due to the error of the central server is avoided.

3.2. Ant Colony Algorithm Principle and Improvement

Ant colony algorithm imitates the process that ants use pheromone to look for food in nature. The essence is to take the positive feedback characteristic of pheromone to make ant colony algorithm continue to implement self-correction so as to find the optimal solution of the problem. Ant colony algorithm logic structure as shown in Figure 4.

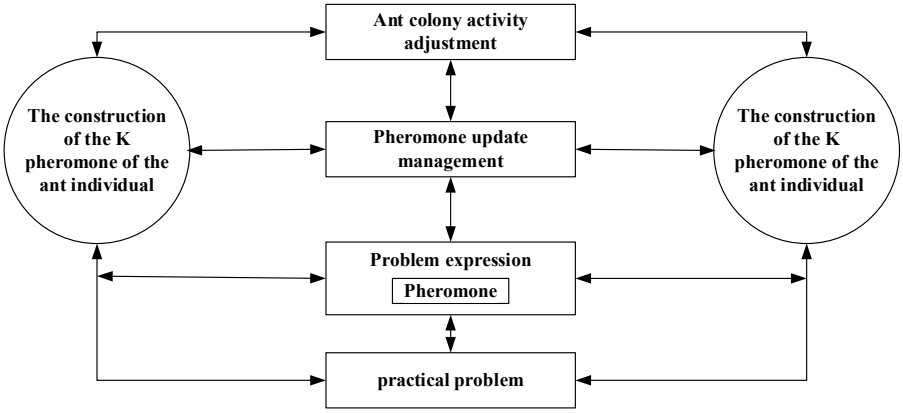


Figure 4 – Logical structure of basic ant colony algorithm

We further introduce the ant colony algorithm by using ant colony algorithm to simulate the traveling salesman problem. The traveling salesman problem, the TSP problem is that a well-known problem in the field of mathematics. Traveler problems are described below. Suppose there are n cities in a region and there is a road (even if connected) between any two cities. A businessman needs to visit all n cities and each city can only visit once. Seeking the merchant's access path to minimize the journey. In general, the traveling salesman problem can be described in the following mathematical language. Let D = {D1, D2, D3, D4, ... Dn} be the set of n cities. $L = \{L_{ij} \mid D_i, D_j\}$ belongs to the set of elements in D connected to each other. G = (D, L) is a weighted graph. The distance between cities is known (ie, the distance between any two points in the figure 4). The purpose of the TSP problem is to find a path from G that has full access to N cities in D and can only be accessed once (ie, the shortest path that connects N points in D and has no reconnection).

Using ant colony algorithm to solve the traveling salesman's problem can set the merchant's current city as the starting point (ant nest) and set any city as the ending point (food source). Through pheromone positive feedback to find the shortest distance between two points, the idea is as follows. At the initial moment, place m ants on n nodes (in order to obtain the optimal route as soon as possible, generally take m = n). At the same time, each ant maintains two tables: one is the list of visited cities and the other is the list of cities to be visited. Then the probability of ants accessing city j in the next step is calculated, and city i is included in the list of visited cities. $P_{ij}^{k}(t)$ represents the probability that ant k chooses to visit j in city i at time t:

$$P(t) = \begin{cases} \dfrac{\tau_{ij}^{\partial}(t)\eta_{ij}^{\beta}(t)}{\sum_{s \in allowd_k} \tau_{is}^{\partial}(t)\eta_{is}^{\beta}(t)} & j \in allowd_k \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (1)$$

Among them, allowdk said ant next visit to the city list. τ (t) denotes the pheromone amount at the edge (i, j) at time t. ηij indicates the distance between city i and city j. Generally taking two cities i and j distance dij reciprocal. A and β represent the relative importance of the pheromone and distance heuristic, respectively (generally, P is greater than a.) Whenever an ant walks through a city, the ant joins the city to access the ctiy_ visited city list until all the cities join ctiy_visited. When all the ants have traveled all the cities, each path is updated pheromone according to the following program:

$$\tau_{ij}(t+n) = \rho \cdot \tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij}(t) \tag{2}$$

$$\Delta\tau_{ij}(t) = \sum_{k=1}^{m} \Delta\tau_{ij}^{k}(t) \tag{3}$$

Among them, ρ $(0 < \rho < 1)$ represents the pheromone volatility coefficient. $\Delta\tau ij$ represents the increment of pheromone on edge (ij) in this iteration. Initial moment $\Delta\tau_{ij} = 0$; $\Delta\tau_{jj}^{k}$ represents the amount of information that the k-th ant stays on path (ij) in this iteration. According to the actual computing results, the use of global pheromone can be easier to obtain the optimal path, but the local pheromone update mechanism also has a unique role in some special areas.

The basic ant colony algorithm has brought a brand new idea in dealing with the TSP, the minimum path and other related issues, and has relatively good convergence. Although the basic ant colony algorithm can get the preliminary optimization results of the problem, its actual performance is still far behind that of the TSP classic algorithm. The key role of the basic ant colony algorithm is that it can bring new ideas to many problems. Therefore, the ant colony algorithm has a relatively large number of derived algorithms, and this part of the derived algorithm usually in accordance with the scope of the study differences in the pheromone update mechanism. There are differences in the probability selection formula, compared with the performance of the general ant colony algorithm has also been significantly improved, belonging to the relatively high-quality algorithms in the field of intelligent algorithms today. This part of the derivative algorithm covers the ant colony algorithm, ant colony system and so on. If two ants solve the same, in accordance with the ant system number to implement automatic arrangement. For any iteration, only the best ants at the top of the list and the best ones that are iterated by the algorithm until now are able to release the pheromone. In the same way, the pheromones obtained by the optimal ant nowadays get the most pheromones, with the actual weight being γ. The pheromone update rule is:

$$\tau_{ij} \leftarrow \tau_{ij} + \sum_{k=1}^{\omega} (\omega - k)\Delta\tau_{ij}^{k} + \gamma\Delta\tau_{ij}^{bs} \tag{4}$$

Among them $\Delta\tau_{ij}^{r} = I / C^{k}$, but $\Delta\tau_{ij}^{bs} = 1/C^{bs}$. The experimental results of Bullnheimer et al. show that AS rank outperforms the general ant colony algorithm obviously (Bullnheimer 1999).

4. Result Analysis and Discussion

Chinese universities are developing rapidly in online education, and universities such as Guangxi University of Traditional Chinese Medicine and Tongling University are actively exploring and practicing online education. These universities focus on local characteristics and resource sharing, and have built comprehensive online education platforms, providing students with rich learning resources. In terms of teaching mode, Chinese universities often adopt a combination of online and offline methods, focusing on cultivating students' self-learning and practical abilities (Feng 2022).

American universities started early in online education, and universities such as the Kansas City School of the Arts have accumulated rich experience in online education. These universities focus on technological innovation and international cooperation, introducing advanced online education technologies and tools, and improving the quality and effectiveness of online education. At the same time, American universities are actively cooperating with other countries to promote the development of international online education. British universities focus on cultivating self-directed learning and critical thinking in the management of online education. Universities such as the University of Exeter provide online learning platforms to encourage students to learn and explore independently. In terms of teaching quality monitoring, British universities have established a comprehensive teaching quality evaluation system to ensure that the quality of online education meets the expected goals.

Dimension	Chinese universities	American universities	British universities
Number of online courses	1000+	2000+	1500+
Student engagement	85%	90%	88%
Satisfaction with teaching quality	80%	85%	83%
International cooperation level	secondary	high	higher
Technological innovation application	positive	lead	advanced

Table 1 – Comparative data table analysis

The Kansas City School of Arts in the United States focuses on curriculum design and technological innovation, adopting a combined online and offline teaching model to provide students with flexible and diverse learning experiences. At the same time, the college attaches great importance to teacher-student interaction and ensures the quality of teaching through real-time online discussions, homework feedback, and other means. However, the implementation of this model requires a high level of information literacy and technical ability from teachers, and requires continuous investment of resources for teacher training and technological updates. The online education model of the University of Exeter in the UK is student-centered and emphasizes personalized learning. Through an intelligent recommendation system, suitable courses and resources are recommended to students based on their learning progress and interests. In addition, the school has established a comprehensive online tutoring and Q&A system to provide timely learning

support for students. However, the implementation of this model requires a large amount of data analysis and technical support, which poses high requirements for data security and privacy protection.

Guangxi University of Traditional Chinese Medicine: Through a combination of self construction and introduction, the university has built rich online courses and course resources as a supplement to offline courses. At the same time, the school has established strict teaching management standards to ensure the quality of online teaching. However, due to geographical and network limitations, some students in remote areas may not be able to fully enjoy these high-quality resources.

Tongling College: Tongling College focuses on the practical application of online education and has developed a series of practical online courses through cooperation with industry enterprises. The school also encourages students to participate in online practice projects to enhance their practical abilities. However, the implementation of this model requires establishing a good cooperative relationship between schools and enterprises, and investing a large amount of resources in curriculum development and organizing practical projects.

Wuzhou University, Henan University of Traditional Chinese Medicine, and Henan University of Technology: These universities also have their own characteristics and practices in online education. For example, Wuzhou University focuses on the practical teaching aspect of online education and enhances students' practical abilities by collaborating with enterprises to carry out practical teaching projects. Henan University of Traditional Chinese Medicine focuses on the unique application of online education in the field of traditional Chinese medicine, and has developed a series of online courses with traditional Chinese medicine characteristics. Henan University of Technology has actively explored and innovated in the course design and teaching methods of online education.

Chinese universities exhibit diverse and innovative characteristics in the management mode of online education. Each university actively explores suitable online education management models based on its own positioning and characteristics. However, there are also some common issues, such as the need to further improve the information literacy and online teaching ability of teachers, and the high cost of technological updates and maintenance.

In order to further optimize the management mode of online education, universities can strengthen teacher training and technical support, enhance the information literacy and online teaching ability of teachers; At the same time, strengthen cooperation and exchange with other universities and enterprises, share high-quality educational resources and technological achievements; In addition, the teaching evaluation and supervision mechanism of online education can be further improved to ensure teaching quality.

We take the random 21-node map coordinates as the object and test the elitist ant colony algorithm and the basic ant colony algorithm to find the optimal solution on Matlab R2011a platform. Simulation results shown in Figure 5.

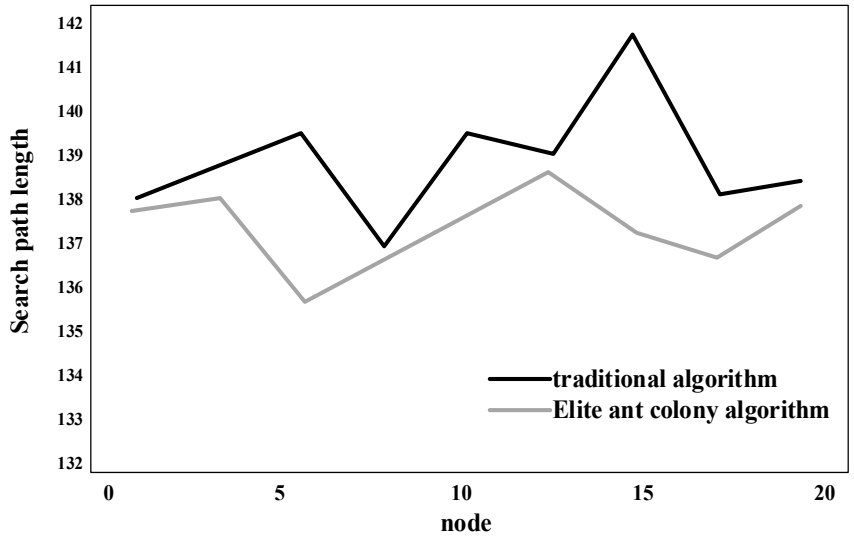


Figure 5 – Comparison between elite ant colony algorithm and basic ant colony algorithm

From the above simulation results we can see that the elite ant colony algorithm to obtain the optimal solution is much better than the basic ant colony algorithm. Ant Colony algorithms enhanced with elite strategies find better solu- tions. And to a certain extent, it shortens the time when ant colony algorithm gets better solution. However, the parameter e is set to be a concern. If the value is set too large, the search will quickly concentrate around the local optimal solution, making the algorithm lose the ability to continue to search the solution space, resulting in premature algorithm. Because of educational resources network has closed, repeatability, a single user of these three main network characteristics. Compared with ordinary distributed networks, P2P educational resource network retrieval mode has its own characteristics. Due to the difference of nodes in P2P educational resources network, the algorithm still has the following problems. Some nodes in P2P education resource network have very rich online education resources. Then according to the algorithm of this article set, these nodes will inevitably be a lot of clicks, increasing the server pressure on these nodes. This is also the problem to be solved in the future research.

The experiment is mainly used to verify the elite ant colony algorithm proposed in this paper to improve the efficiency of P2P educational resources network retrieval. In practical application, P2P-based educational resource network is more difficult to set up. This paper adopts simulation method to test the characteristics of the algorithm. In this paper, the simulation experiment preclude the use of MATLAB simulation experimental platform for operation. Introduced in 1984, MATLAB is a set of matrix-based scientific computing software introduced by Matrix Labs. Can be divided into Matlab and Smnlink two modules. It can achieve numerical analysis, optimization, numerical solution of partial differential equations, image processing and other areas of computing and graphics display. It will be different mathematical branch of the algorithm as a function of

the classification into a library, the use of these functions directly call and give the actual parameters can solve the problem, fast and accurate. The experiment in the computer configuration for CPUIntelCore Gi5-3210M@2.50GHZ, memory 8G, 320G hard drive and Windows7SP1 operating system. Using Matlab R2010a as a simulation platform. Users click on a node can be used to determine the importance of the resource for the user. It can also be used to determine the distance between the resource and the author. In general, we think that the more important the user is, the closer we think to the user. Based on this principle, we set 20 points to simplify the experimental process. In the network education resource retrieval, due to the need to traverse all the resource nodes. Therefore, the retrieved path length is an important indicator of the test algorithm. The experimental results are shown in Figure 6.

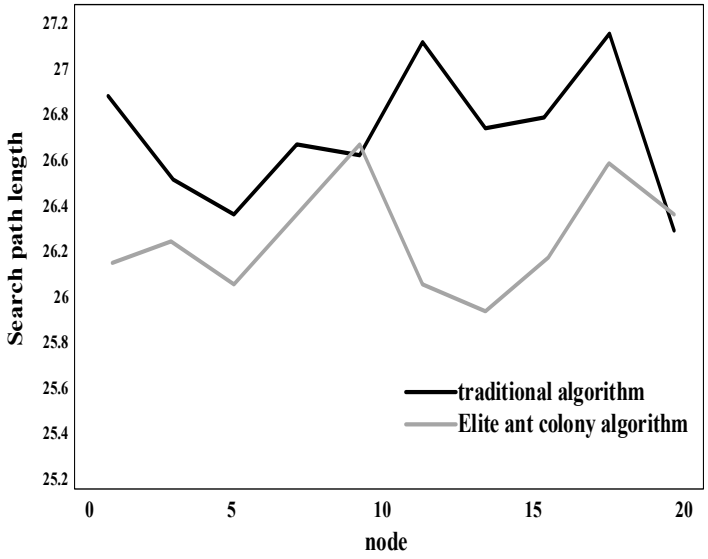


Figure 6 – Contrast diagram of emulation results of elite ant colony algorithm

From the above simulation results, we can see that the search path of the elite ant colony algorithm is much better than that of the general ant colony algorithm when searching 20-node P2P educational resource network. Elite strategy can effectively solve the problem of stagnation in the ant colony algorithm, and it will not fall into the local optimal solution. Compared with the traditional algorithm, the algorithm has the following characteristics. First, better ability to seek a path. Different from the blind forwarding of traditional algorithms, the elitist ant colony algorithm can quickly obtain the optimal path of nodes in the P2P educational resource network by using the positive feedback feature of pheromone, so that the query request is ordered rather than blindly transmitted. This will greatly improve the search efficiency and improve user experience. The second is a good scalability. Elite ant colony algorithm can adjust the importance of two pheromones by setting the parameters. Different pheromones can also be defined according to different needs so that the elitist ant colony algorithm can be used in P2P

educational resource networks with different needs. Third, it has good user experience. Due to the use of the user's personal information as the relevant pheromone factor, the search results are more in line with the user's personal needs. In further research, we can further increase the mining of personal information of users, making the search results more pertinence.

5. Conclusion

Using ideas in online education and management not only solves the shortcomings of the traditional centralized education resource network, but also brings new challenges to the current online education resource retrieval and management model. This dissertation aims to improve the speed of P2P educational resources network retrieval, and introduces the idea of ant colony algorithm into the retrieval of educational resources network resources. Aiming at the characteristics of P2P educational resource network, the improvement of pheromone updating in elite ant colony algorithm is proposed. Applying the elitist ant colony algorithm to the retrieval of resource resources of type education greatly improves the convergence speed of the algorithm and accelerates the speed of algorithm seeking path. The implementation of additional pheromone updating strategy for the optimal path can effectively avoid the situation where the optimal solution is lost after multiple iterations because of the sudden increase of some pheromone. So the latter part of the algorithm is easy to fall into the local optimal solution leading to stagnation phenomenon is improved. Utilizing the positive feedback mechanism of node pheromone and path pheromone to guide the path of resource retrieval greatly improves the efficiency of resource retrieval and reduces the blindness. Utilizing users' diary in educational resource management system to improve the relevance of searching users.

References

Atenas J, Havemann L, Priego E. (2015). Open Data as Open Educational Resources: Towards Transversal Skills and Global Citizenship. Open Praxis, 7(4): 377-389.

Bullnheimer B, Hartz R F, Strauss C. (1999). A new rank-based version of the Ant System: A computational study. Cent. Eur. J. Oper. Res. Econ. 7, 25–38.

Chan T M, Thoma B, Krishnan K. (2016). Derivation of Two Critical Appraisal Scores for Trainees to Evaluate Online Educational Resources: A METRIQ Study. Western Journal of Emergency Medicine, 17(5):574-584.

Dh D L I, Villarubia G, De Paz J F. (2017). Multi-Sensor Information Fusion for Optimizing Electric Bicycle Routes Using a Swarm Intelligence Algorithm. Sensors, 17(11): 2501.

Feng Y. (2022). Analysis and countermeasures of cultivating independent learning ability in colleges teaching English based on OBE theory. Applied Mathematics and Nonlinear Sciences, 8(2): 571-580.

Ghislandi P M, Raffaghelli J E. (2015). Forward–oriented designing for learning as a means to achieve educational quality. British Journal of Educational Technology, 46(2), 280-299.

He J, Evans N M, Liu H, Shao S. (2020). A review of research on plant-based meat alternatives: Driving forces, history, manufacturing, and consumer attitudes. Comprehensive reviews in food science and food safety, 19(5), 2639-2656.

Jin l M, Liu M, Ling, bo Z, Shi, Z H. (2020). Discussion and Application of Goal Problem Oriented Teaching under the Epidemic Situation. Revista Argentina de Clínica Psicológica, 29(5), 285.

Mateo E. (2022). "All of Belarus has come out onto the streets": exploring nationwide protest and the role of pre-existing social networks. Post-Soviet Affairs, 38(1-2), 26-42.

Nagel B. (2020). Social Network Analysis as a Tool for Studying Livelihood Adaptation to Climate Change. Human Ecology Review, 26(2), 147-170.

Pappas I O, Giannakos M N, Mikalef P. (2017). Investigating students' use and adoption of with-video assignments: lessons learnt for video-based open educational resources. Journal of Computing in Higher Education, 29(1): 160-177.

Sales A B, Boscarioli C. (2020). Uso de tecnologias digitais sociais no processo colaborativo de ensino e aprendizagem. Revista Ibérica de Sistemas e tecnologias de informacao, (37), 82-98.

Sun X, Qin Y. (2024). The model practice of reconstructing education management based on Web 3.0 technology blended learning under the people-oriented concept. Computer Applications in Engineering Education, 32(1), e22629.

Vagarinho J P, Llamas, Nistal M. (2020). Process-Oriented Quality in e-Learning: A Proposal for a Global Model. IEEE Access, 8, 13710-13734.

Wang X, Wang C, Yu M. (2016). Swarm intelligence algorithm for interconnect model order reduction with sub-block structure preserving. International Journal of Systems Science, 47(9): 2178-2192.

Xue E, Li J, Xu L. (2022). Online education action for defeating COVID-19 in China: An analysis of the system, mechanism and mode. Educational Philosophy and Theory, 54(6), 799-811.

Yan S, Yang Y. (2021). Education informatization 2.0 in China: Motivation, framework, and vision. ECNU Review of Education, 4(2), 410-428.

Zancanaro A, Todesco J L, Ramos F. (2015). A Bibliometric Mapping of Open Educational Resources. International Review of Research in Open & Distance Learning, 16(1): 1-23.

Zhang J, Hao G. (2022). Comprehensive Online Teaching Quality Monitoring and System Research in Local Application-Oriented Undergraduate (LAOU) Colleges and Universities in Inner Mongolia. Curriculum and Teaching Methodology, 5(12), 51-60.

Zhang M, Li Y, Zhang M. (2017). Teaching Experience on Faculty Members' Perceptions about the Attributes of Open Educational Resources (OER). International Journal of Emerging Technologies in Learning, 12(4): 191.

Zhang T, Jia S. (2024). Construction and Implementation of Application-Oriented Undergraduate Teaching and Teaching Evaluation System Based on Multiple Information Fusion. International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies (IJWLTT), 19(1), 1-19.

Zhang Y. (2024). Construction and Improvement of a Vocational Education and Teaching System Oriented to “Internet+”. International Journal of Information and Communication Technology Education (IJICTE), 20(1), 1-16.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 20/02/2024
Aceitação/Acceptance: 22/05/2024

Cultural Memory on Campus: the Role of Regional Culture in Shaping the Identity of Educational Institutions

Yuan Yuan, Azlin lryani binti Mohd Noor, Jia Xin, Intan Khasumarlina Binti mohd Khalid*

intan@fskik.upsi.edu.my

Universiti Pendidikan Sultan ldris, Tanjung Malim, Perak, 35900, Malaysia

Pages: 646-655

Abstract: This study explores the integration of regional culture in the campus design of educational institutions, aiming to understand how local architectural styles, art, and traditions shape the campus environment and enhance identity among students and staff. Employing methods like literature review, in-depth interviews, on-site observations, and case studies across various urban and rural schools, the research reveals that regional cultural elements play a crucial role in enriching the campus atmosphere and strengthening community belonging. These elements not only enhance the visual and sensory experience of campuses but also foster appreciation of local cultural heritage. The study also examines the potential of new technologies in presenting and disseminating campus culture, allowing more interactive and immersive cultural experiences. The findings offer practical guidance for campus planners and educators and provide new perspectives for research in fields such as education, sociology, and urban planning. Additionally, the study acknowledges methodological limitations and suggests future research directions, including assessing the economic and logistical impacts of regional culture in campus design and comparing regional cultural integration across different educational settings.

Keywords: Visual, Regional Culture, New Technology, Campus

1. Introduction

At a time of accelerated globalisation, cultural exchanges have become frequent, leading to cultural integration and change. However, the preservation and transmission of regional culture, embodying the history, traditions, and values of a region or community, faces challenges. This is crucial in education, where institutions are key in transferring knowledge and culture. The campus environment, as a core educational space, reflects not only academic pursuits but also serves as a vehicle for cultural and historical heritage. The inclusion of regional cultural elements in campus design, like local architectural styles, campus artworks, and indigenous customs, adds a unique dimension to campuses (Wang et al., 2021). These elements beautify the space and shape the cultural identity of students and staff (Hami et al. 2021). While the importance of regional culture in

campus design is increasingly recognized, research on its influence on identity within educational institutions is limited. This study aims to explore the manifestations of regional cultural elements on campuses and their impact on the identity of campus community members. Through interviews, observations, and case studies across various educational institutions, the study will reveal how regional culture in campus landscape design interacts with the identity of educational institutions. The significance of this study lies in providing an understanding of regional culture's role in campus design and practical guidance for incorporating these elements to enhance cultural identity and belonging. It aims to offer insights into preserving and transmitting regional cultures and promoting cultural diversity and inclusiveness in educational settings (Wang et al., 2021).

2. Related Work

Regional culture, encompassing histories, traditions, customs, and values unique to a specific region or community, is vital in maintaining social diversity and individual cultural identity. Its preservation is increasingly important in globalisation, helping resist cultural homogenisation and maintain societal diversity (Wang et al., 2021). Cultural identity theory highlights the evolving nature of identity, shaped through interactions with the cultural environment. In education, school culture significantly impacts student identity (Foellmer et al., 2021). The interaction between regional culture and the campus community influences the campus's cultural climate. Students' and staff's engagement with regional cultural elements affects their identity and belonging. Participation in cultural activities, like local celebrations, deepens their connection with regional culture (Hami et al., 2021). Globalisation poses challenges and opportunities for regional cultures, emphasizing their preservation and strengthening in this context (Hassamancioglu et al., 2022). Modern educational policies increasingly recognize the importance of regional cultures, reflecting a respect for cultural diversity and plural identities (Davis, 2021).

Campus planning theory focuses on how campus design contributes to educational goals, shaping campus culture and student identity. Innovative spatial planning and environmental aesthetics enhance learning experiences and campus engagement (Zhao and Li, 2021; Cheng et al., 2020). Cultural inclusiveness in campus design is crucial in a multicultural society, respecting diverse cultural backgrounds through physical space arrangement, cultural activities planning, and policy formulation (Li et al., 2022). Campus design profoundly affects socio-cultural structures, reflecting specific values and educational philosophies (Mohammed et al., 2022). Environmental psychology research shows that campus design influences students' motivation, emotions, and behavior (Martin, 2018). Balancing globalisation and regionalisation in education is challenging, with global trends focusing on universal knowledge and skills, while regionalisation emphasizes cultural specificity and local values (Wang et al., 2023). Technology's role in cultural presentations is growing, with AR and VR technologies enabling immersive experiences, and social media platforms facilitating campus culture dissemination and external community interaction (Barreto et al., 2014).

3. Research Methodology

3.1. Case Studies

Purpose: To understand the application of regional culture in different campus designs and its effects through in-depth analysis of specific cases. Case selection: a number of universities in Shandong are selected as case study objects for their uniqueness and innovativeness in integrating regional culture. Method of analysis: The history, cultural background, design philosophy and community feedback of these schools were analysed in a comprehensive manner to gain a deeper understanding of the application and influence of regional culture in campus design.

Taking Shandong University as an example, Shandong University, formerly known as Shandong University Hall founded in 1901, is regarded as the originating university of modern higher education in China. Its medical discipline began in 1864, marking the beginning of higher medical education in modern China. The university has gone through many periods of development, such as Shandong University Hall, National Qingdao University, National Shandong University, etc. In the past 120 years, it has always been adhering to the school's tenet of "storing talents for the world, and working for the wealth and strength of the country", and has been deeply practicing the motto of "no end to learning, and a great deal of vitality", and has cultivated many virtuous and talented students. The spirit of the motto of the university is "no end to learning, the spirit of the greatness of spirit", and it has cultivated a large number of talented people with both virtue and ability, making important contributions to the development of the country and the region. The design of the emblem of Shandong University takes the Chinese characters "mountain" and "strong" as its core elements, and applies modern deformation techniques to create easily recognisable features. The design of the emblem emphasises the combination of rigidity and flexibility, stability and movement, full of vitality and energy, modernity and rhythm, and also shows the style of a great man and a famous university. The main colour of Shandong University is "Shanda Red", which is derived from the red brick colour of the Confucius Temple, reflecting the university's rich cultural heritage and its representation of the research and inheritance of traditional Chinese culture. This colour has been widely used in the university's logos, buildings, signage, etc., and is loved and accepted by teachers and students (Yu et al., 2023) (As shown in Figure 1).



Figure 1 – Main Gate, School Emblem and Part of Honglou Campus of Shandong University (Source: Author)

4. Data Collection

4.1. In-Depth Interview

Purpose: The in-depth interviews aimed to obtain detailed views and feelings of the participants on the embodiment of regional culture in campus design and its impact.

Subject selection: Administrators, teachers, students, campus planners, and local cultural experts related to campus design from educational institutions were selected as interviewees. It was ensured that the sample was diverse, covering different types of educational institutions and geographical locations. The interview questions are shown in Table 1.

Interviewees	Interview Questions
3 for managers of educational institutions and campus planners	How do you see the importance of regional culture in campus design? What regional cultural elements have been considered in recent campus planning or renovations? How do you think regional cultural elements should be reflected in campus design? How would you assess the extent and effectiveness of the integration of regional cultural elements in current campus design?
For 3 teachers	What role do you think regional culture plays in the campus environment? How do you incorporate elements of the campus' regional culture in your classroom? How do you think the regional cultural elements of the campus affect student learning and identity? What experiences or examples can you share about how geographic culture affects a student's educational experience? For students What regional cultural elements on campus impressed you the most? How have these elements impacted your campus experience? What regional cultural features on campus do you think best represent your school? What types of regional cultural expressions would you like to see more of on campus?
3 experts on regional culture	How do you evaluate the use of regional culture in contemporary campus design? What are some success stories to share in which regional cultural elements have been effectively utilised in campus design? How do you think regional cultures should be better integrated and presented in future campus design? What role can schools and educational institutions play in the promotion and preservation of regional culture?

Table 1 – Interview schedule(source: authors)

4.2. On-Site Observation

Purpose: To collect actual data about the elements of regional culture on campus through on-site observations and to understand how these elements are actually used and experienced.

Observation sites: Representative schools were selected for on-site observation, including schools of different sizes, stages of education and geographical locations.

What to observe: focuses on the architectural style of the campus, the public artworks, the organisation of traditional events, and the interaction of students and staff with these cultural elements.

Recording methods: Observation checklists, notes, photography and video were used to record observations in detail, especially those examples that demonstrated how regional cultures were incorporated into the campus design, the observation checklists are shown in Table 2.

Assessment criteria	**Campus Environment and Architecture**	**Public art and exhibitions**	**Cultural activities and traditions**	**Signs and signage**	**Environment and ambience**
√/x/NA	√	√	√	x	√
commentaries	The architectural design of the campus is a skilful blend of modern and traditional elements, such as roof structures using locally specialised materials and craftsmanship, and walls inlaid with reliefs representing the history of the region.	The sculpture in the centre of the square was created by a renowned local artist and depicts historical events in the region; inside the library there is a series of murals showing local folk tales and legends.	The Cultural Festival in the opening season gives new students the opportunity to delve deeper into local customs and traditions through interactive workshops and lectures, such as hand-weaving and dance classes.	Although there are bilingual signs at the entrances to the main buildings, signage elsewhere does not include the local language and fails to highlight the cultural diversity of the campus.	The atmosphere on campus is shaped by exhibitions of student artwork and regular cultural performances, setting an environment where regional culture is actively explored and celebrated.

Table 2 – Observation list(source: authors)

4.3. Data Analysis

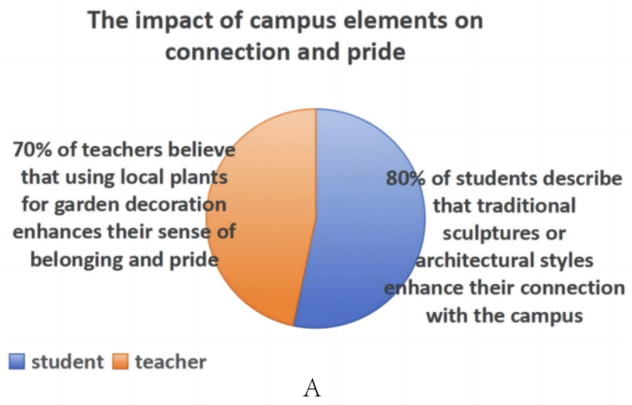
Method of analysis: the data collected was processed using thematic analysis. The content of the interview transcripts, observation notes and case studies were coded to identify themes and patterns related to regional culture and campus design. Data processing: organising, classifying and interpreting data, extracting key themes, data management and analysis using qualitative analysis software (e.g. Atlas.ti).

In in-depth interviews, we expect that approximately 80% of students will express that traditional sculpture or a certain architectural style on campus enhances their connection to the campus because these elements reflect regional culture and identity. Approximately 70% of faculty members would likely indicate that campus-specific landscaping, such as the use of native plants, enhanced their sense of belonging and pride in the college. In conducting the thematic analysis, we anticipated that after analysing 30 interview transcripts, we might find that the importance of regional history in campus design and the incorporation of cultural motifs in public spaces recurred in 25 transcripts. In an ongoing comparative analysis, we expected that after comparing

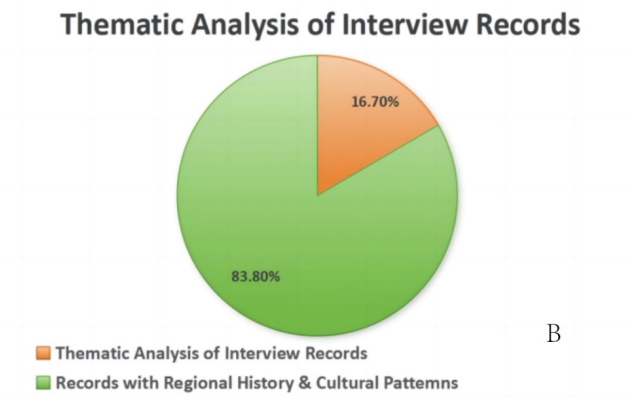
10 different universities, 6 would show an increasing emphasis on sustainability in campus design, reflecting the local culture's emphasis on environmental responsibility (As shown in Figure 2).

During the site observation phase, we expect that 45 of the 50 observation sites used colours and materials that reflect the character of the area.

At the same time, 8 out of 10 public spaces may be specifically designed to celebrate local festivals. Through document analysis, we anticipate that 4 out of 5 campus planning reports will explicitly mention strategies for integrating local art and cultural symbols into building design. Historical records will likely show that the campus has evolved gradually over the past 20 years while maintaining 80% of the regional architectural style. Among the case study results, we expect that there may be 1 university that specifically integrates technology into the campus landscape to reflect the region's cultural emphasis on innovation, while another university where 90% of the buildings are designed to be energy efficient reflects the cultural emphasis on environmental protection.



A



B

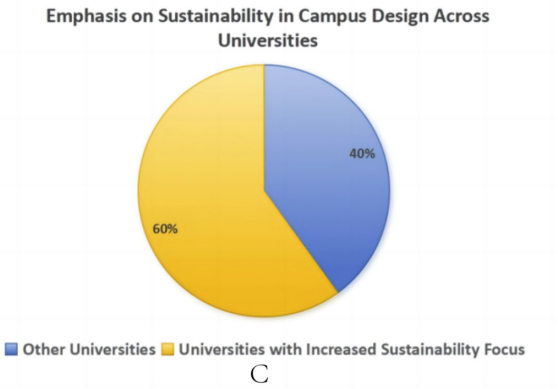


Figure 2 – Data analysis

4.4. In the End

Architectural style: In most of the participating schools, the campus buildings display distinctive regional cultural features such as traditional roofs and decorative façades. These features not only enhance the aesthetic value of the campus, but also become part of the educational and cultural heritage. Art and Decoration: Much of the artwork on campus, including murals and sculptures, reflects local history and cultural stories. Many schools use these artefacts as part of their teaching to increase students' understanding and appreciation of the local culture. Participation in cultural activities: Active participation of students and staff in cultural activities organised on campus, such as festivals and traditional performances, was observed. These activities enhance the cultural identity of the campus community. Attitudes of students and staff: Interviews revealed that the majority of respondents had positive attitudes towards regional cultural elements on campus. Students indicated that these cultural elements enhanced their sense of belonging and pride in the school.

Interaction with and experience of cultural elements: Observation and interview data indicate that students and staff regularly interact with cultural elements on campus, such as engaging in discussions in front of works of art or taking on major roles in cultural events. Technology Enhanced Experiences: Some schools use Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) technology to enable students to experience the history and culture of the campus in a more interactive and immersive way. These technological applications make cultural learning more lively and engaging. Role of social media: social media as a platform for promoting and sharing campus cultural activities enhances the visibility and impact of campus culture. Through social media sharing and discussion, campus cultural events attract wider participation and attention (Aghimien, D. O., Aigbavboa, C. O., & Thwala, W. D. 2019).

4.5. Talk Over

Identity reinforcement: Regional cultural elements on campus play an important role in reinforcing the identity of students and staff. This finding supports cultural identity

theory, which states that an individual's identity is closely related to the cultural environment in which he or she lives.

Channel for cultural inheritance: The regional cultural elements in the campus not only serve as an aesthetic display, but also become an effective channel for cultural inheritance. This is in line with the theory of campus planning, that is, the design of campus environment should serve the educational objectives and cultural inheritance.

Impact of cultural activities: Through participation in cultural activities on campus, students and staff not only deepen their understanding of the regional culture, but also strengthen their social ties with each other. This suggests that cultural activities play a dual role in connecting and educating the campus community. Acceptance of cultural diversity: Observational and interview data suggests that geo-cultural displays and activities on campus contribute to a learning environment that is inclusive and respectful of diversity. Complementarity of technology and culture: The use of modern technologies such as AR/VR in cultural displays on campus shows that technology and traditional culture can complement each other. This fusion provides new ways to experience and learn about regional cultures, which has an important appeal especially to the younger generation (Clayton, S., & Myers, G. 2015). The dual role of social media: social media not only extends the reach of cultural activities on campus, but also provides a platform for the campus community to discuss and share cultural experiences. This interaction helps build a closer and more engaged campus community.

Multicultural integration: the manifestation of cultural diversity and inclusiveness on campus observed in the study highlights the importance of balancing globalisation trends and local cultural characteristics in campus design. Inclusive campus environments not only promote cultural exchange, but also contribute to the development of global citizenship among students-Church, A. T., Alvarez, J. M., Mai, N. T. Q., French, B. F., Katigbak, M. S., & Ortiz, F. A. 2017). Implications for educational policy: these findings have important implications for educational policy makers, especially in terms of how to effectively integrate and respect multiculturalism in educational settings.

5. Conclusion

This study investigates the integration of regional culture into campus design and its influence on identity within educational institutions. It was found that regional cultural elements like architectural styles, artifacts, and traditional activities are vital in shaping the campus environment and enhancing the sense of belonging among students and staff. These elements not only improve the visual and sensory experience of the campus but also foster an appreciation for local cultural heritage.

The research highlights the effective use of modern technologies such as GIS, AR/VR, and social media in promoting and communicating regional culture on campuses. These technologies provide interactive and immersive ways to experience campus culture, thereby enhancing the appeal of cultural events and facilitating cultural knowledge exchange.

The findings have significant implications for campus planners, educators, and policymakers, emphasizing the importance of integrating regional culture into campus

planning to create educational environments with a distinct cultural identity. Campuses that incorporate regional culture contribute to preserving cultural heritage and enriching students' cultural and educational experiences.

The study acknowledges its limitations, including the sample scope and suggests future research to explore the economic and sustainability impacts of regional cultures in campus design, especially in diverse and global contexts.

The study also underscores the importance of cultural inclusiveness in campus design. In a multicultural society, a culturally inclusive campus can address the diverse needs of the community, fostering cross-cultural understanding and respect. Combining regional cultural elements with modern educational concepts and technologies can create a learning environment that is both locally grounded and globally oriented.

Overall, this research offers new insights into the relationship between regional culture and campus design, underlining the significance of cultural factors in creating educational environments. It provides practical guidance for integrating these elements effectively and opens avenues for future research in educational technology, including the use of emerging technologies like artificial intelligence and machine learning in cultural presentations and education. Convergence of technological innovations: exploring the use of emerging technologies, such as artificial intelligence and machine learning, in cultural presentations and education on campus.

References

Aghimien D O, Aigbavboa C O, & Thwala W D. (2019). Drivers of students' satisfaction in higher education: the case of a South African university, Studies in Higher Education, 44(9), 1552-1565.

Barreto M A, Segura G M. (2014). Latino America: How America's most dynamic population is poised to transform the politics of the nation, Public Opinion Quarterly, 78(4), 829-839.

Cheng D, Gao C, Shao T, Iqbal J. (2020). A landscape study of sichuan university (Wangjiang campus) from the perspective of campus tourism, Land, 9(12), 499.

Church A T, Alvarez J M, Mai N T Q, French B F, Katigbak M S, Ortiz F A. (2017). Are cross-cultural comparisons of personality profiles meaningful? Differential item and facet functioning in the Revised NEO Personality Inventory, Journal of Personality and Social Psychology, 113(4), 619-636.

Clayton S, Myers G. (2015). Conservation psychology: Understanding and promoting human care for nature, Journal of Environmental Psychology, 42, 85-92.

Davis A E, Gamble R, Roche G, Gawne L. (2021). International relations and the Himalaya: connecting ecologies, cultures and geopolitics, Australian Journal of International Affairs, 75(1), 15- 35...

Foellmer J, Kistemann T, & Anthonj C. (2021). Academic greenspace and well-being-can campus landscape be therapeutic? evidence from a german university, Wellbeing, Space and Society, 2021, 2: 100003.

Hami A, & Abdi B. (2021). Students' landscaping preferences for open spaces for their campus environment, Indoor and Built Environment, 30(1): 87-98.

Hassamancioglu V M, Çanga A Ç. (2022). An Evaluation of Campus Landscape: The Case of Togu Campus, Uluslararası Peyzaj Mimarlığı Araştırmaları Dergisi (IJLAR) E-ISSN: 2602-4322, 6(1), 8-25.

Li M, Wang Y, Xu Y Q. (2022). Computing for Chinese cultural heritage, Visual Informatics, 6(1), 1-13.

Mohammed A M, Ukai T, Hall M. (2022). Towards a sustainable campus-city relationship: a systematic review of the literature, Regional Sustainability, 3(1), 53-67.

Wang R, Jiang W, & Lu T. (2021) Landscape characteristics of university campus in relation to aesthetic quality and recreational preference, Urban Forestry & Urban Greening, 66: 127389.

Wang T, Rahman N A, Ghani I A, Heath T. (2023). Impact of Child-Friendly Campus Landscaping on Learning and Social Behavior, Environment-Behaviour Proceedings Journal, 8(26), 249-255.

Yu H, Xu X, Hu Z, Wang J, & Wu Y. (2023). Special Issue on the 120th Anniversary of Shandong University, Light: Science & Applications, 12(1), 128.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 07/02/2024
Aceitação/Acceptance: 06/05/2024

Regional Brand Loyalty of Green Tea Based on the Theoretical Norms of Subjective Consumer Behavior Information

Haidong Liang[1,2], Linwei Yan[2], Somjai Nupueng[1*]

h89267489@126.com

[1] Walailak University, Thailand.

[2] Hechi University, China

Pages: 656-669

Abstract: The research explores the factors of different behavior information of subjective norms on loyalty intentions and loyalty behaviors, different relationship's behavior information, different level influence. The influence of consumers' family members, relatives and friends, and other people was explored. The results showed that the influence of family members' behavior information had the greatest impact on loyalty intention, other people had the second greatest impact, and relatives and friends had the third greatest impact. The influence of family members and relatives and friends is significant in creating loyalty behavior directly among consumers, but the others' is insignificant on loyalty behavior directly. Also, loyalty intention partially mediates the behavior information effect of family members, relatives and friends on loyalty behavior but fully mediates effect of others. This research provides a basis for the companies to develop their marketing strategies. Additionally, this study explored different level influence of different subjective norms and also enriched the application the theory in the field of tea.

Keywords: Subjective Norms, Green Tea Regional Brand Loyalty, The Influence of Behavior Information

1. Introduction

Green consumption has become a trend. As green consumption is getting more and more attention and people's environmental awareness is gradually increasing, green consumption has become a trend. Under the guidance of the concept of green consumption consumers consider both health friendly and environment friendly features when purchasing products. Green consumption has become a new trend in shopping, and consumers will obtain product information through multiple channels before making green consumption decisions (Zhang Wei et al., 2023). The increase has prompted consumers to gradually increase their demand for brands. This trend not only affects consumer behavior and marketing strategies of enterprises, but also has a profound impact on the whole industrial chain.

Tea is an important cash crop. As an important cash crop, like other agricultural products, tea is strongly dependent on natural production conditions and the production and operation is fragmented, resulting in heterogeneous and hidden quality of tea, which makes it difficult for consumers to identify its quality when purchasing, while tea shaping brand can convey product quality information (Zhou & Wei, 2021). Therefore, it is very important to study the factors influencing the loyalty of green tea brands under the influence of green consumption concepts.

2. Related Work

2.1. Theoretical and Definition

Green consumption. Green consumption is a collective term for a variety of consumption behaviors and consumption styles that meet the standards of human health and environmental protection from the point of view of satisfying ecological needs, with the standards of human health and environmental protection, in other words green consumption is a health-friendly and environment-friendly consumption, i.e. purchase product with health friendly and environment friendly attributes.

The Theory of Planned Behavior (TPB) was developed by Icek Ajzen as a successor to the Theory of Reasoned Action (TRA), which was developed by Ajzen and Fishbein, TPB can help us understand how people change their behavioral patterns, the theory suggests that human behavior is the result of deliberate planning.

Subjective Norms are the social pressures that individuals feel about whether or not to adopt a particular behavior. Subjective norms include family members, spouses, friends, co-workers, doctors or supervisors, etc (Ajzen, 2020). The subjective norms chosen in this study were mainly family members, relatives and friends, and other people (other than family members and relatives and friends).

Behavior Intention refers to the tendency and degree to which an individual wants to engage in a particular behavior, i.e., the psychological intensity of whether or not the individual acts during the decision process of behavioral choice. Intention has a contributory role in the prediction of eating behavior (Conner et al., 2002). Therefore, in this study, behavioral intention refers to the intention to be loyal to the green consumption green tea regional brand (INT).

Behavior is the actual action taken by an individual. Strong intentions as well as perceived behavioral control make the likelihood of achieving the behavior higher and McDermott et al. (2015) suggest that attitudes are closely related to intentions, SN and PBC, and intentions are strongly correlated with behavior. In this research, behavior refers to consumers' brand loyalty behavior (LOY) towards the green tea regional brand for green consumption.

Brand Loyalty. Brand loyalty refers to the degree of loyalty and willingness of consumers to make repeat purchases of a particular brand (Atulkar, 2020). Aaker suggests the use of brand equity evaluation dimensions such as repurchase rate to measure brand loyalty (Aaker, 1996).

2.2. Subjective Norms Positively Influence Brand Loyalty Behavior

The influence of subjective norms significantly affects the behavior of loyalty. Subjective norms have a positive effect on purchase intention (Nawawi et al., 2018). Parents are an important factor influencing adolescents' purchasing behavior (Martin & Bush, 2000), and children in family members influence purchase decisions and purchasing behavior (Thomson et al., 2007). External attribution leads to impulse buying behavior (Y. Wang et al., 2020), while external attribution includes other individuals besides the individual. Venciute et al. (2023) found that subjective norms significantly influence green consumption behavior when they used TPB theory to study the effect of marketing on consumers' green consumption behavior. So the following hypothesis is derived:

H1: The influence of subjective norms has a significant effect on consumers' loyalty behavior towards green consumption green tea regional brands.

H1a: The influence of family members has a significant effect on the loyalty behavior of consumers' green consumption of green tea regional brands.

H1b: The influence of relatives and friends has a significant effect on the loyalty behavior of consumers' green consumption of green tea regional brand.

H1c: The influence of other people has a significant effect on the loyalty behavior of consumers' green consumption of green tea regional brand.

2.3. Subjective Norms Positively Influence Brand Loyalty Intentions

The influence of subjective norms positively affects consumers' intention to be loyal to a green consumer green tea regional brand. The closeness of relationships in social networks positively influences purchase intention (Ng, 2013), and these closeness can come from the influence of subjective norms. There is a positive correlation between family members and individual purchase preferences (Wut & Chou, 2013). So the following hypothesis is proposed:

H2: The influence of subjective norms significantly affects consumers' intention to be loyal to green consumption green tea regional brands.

The influence of family members positively affects consumers' intention to be loyal to the green consumption green tea regional brand. Among family members, spouses have a significant influence on purchase decisions (Oly Ndubisi & Koo, 2006), children influence purchase intentions (Thomson et al., 2007), and parents are also important factors in influencing purchases in their child years (Martin & Bush, 2000). Meanwhile, opposition from family members negatively affects consumers' purchase intention (Shang et al., 2017), which also suggests that family members influence the formation of purchase intention.

H2a: The influence of family members significantly affects consumers' intention to be loyal to green consumption green tea regional brand.

The influence of relatives and friends positively affects consumers' intention to be loyal to the green consumption green tea regional brand. External attribution leads to impulse purchase intention (Y. Wang et al., 2020), where external factors are factors other than the individual, including relatives and friends. Peers of social media communication

influence purchase intention (X. Wang et al., 2012), Syarief & Genoveva (2015) suggest that communicating with friends on social media, which contains friends, positively influences purchase intention. Opposition from important people such as friends negatively affects consumers' purchase intention (Shang et al., 2017). So the following hypothesis is derived:

H2b: The influence of relatives and friends has a significant effect on consumers' intention to be loyal to green consumption green tea regional brand.

The influence of other people positively affects consumers' intention to be loyal to the green consumer green tea regional brand. Comments from other consumers have an impact on consumer purchase intention (Mauri & Minazzi, 2013). Reference groups such as actors and athletes influence the purchase intention of adolescent consumers (Martin & Bush, 2000). Peers in social media communication influence purchase intention (X. Wang et al., 2012), and online social media positively influence consumer purchase intention (C.-Y. Wang et al., 2017). Whereas word of mouth can influence purchase intention (Syarief & Genoveva, 2015), word of mouth can come from related people such as classmates. The following hypothesis is derived:

H2c: The influence of other people has a significant effect on consumers' intention to be loyal to green consumption green tea regional brand.

2.4. Behavioral Intention to Green Consumption

Intention to be loyal to green consumption green tea regional brand positively influences brand loyalty behavior. Brand loyalty behavior consists of the intention to buy, and brand loyal customers will buy the same brand repeatedly (Diallo et al., 2020). Green purchase intention is an important predictor of green purchasing behavior (Ali & Ahmad, 2016). Mahmoud et al. (2022) concluded that consumers' intention to buy green products can predict consumer purchasing decisions, so the hypotheses are formulated as follows in the context of the topic of this study:

H3: Intention to be loyal to green consumption green tea regional brand has a positive effect on brand loyalty.

The mediating role of intentions to be loyal to green consumption green tea regional brand. Fraj et al. argued and confirmed that subjective normative attitudes towards the environment influence the emergence of individual intentions to behave environmentally, and that intentions can facilitate behavior (Fraj & Martinez, 2007). Zhang Wei et al. (2023) argued that consumers with green consumption intentions are more likely to opt for green consumption behaviors. And purchasing behavior promotes customer loyalty. Therefore, the hypothesis is proposed that behavioral intention plays a mediating role in the influence of subjective norms on loyalty behavior as follows:

H4: Intention to be loyal to the green consumption green tea regional brand mediates between the influence of subjective norms and brand loyalty.

H4a: Intention to be loyal to the green consumption green tea regional brand mediates between the influence of family members and brand loyalty.

H4b: Intention to be loyal to a green tea regional brand mediates between the influence of relatives and friends and brand loyalty.

H4c: Intention to be loyal to a green tea regional brand mediates between the influence of other people and brand loyalty.

2.5. Research Model

Combining the above hypotheses, the following research model can be derived (As shown in Figure 1), from which we can find the relationship between the influence of subjective norms on the consumer's intention to be loyal to the green consumption green tea regional brand and the behavior of loyalty. And the names of the variables are shown in Table 1.

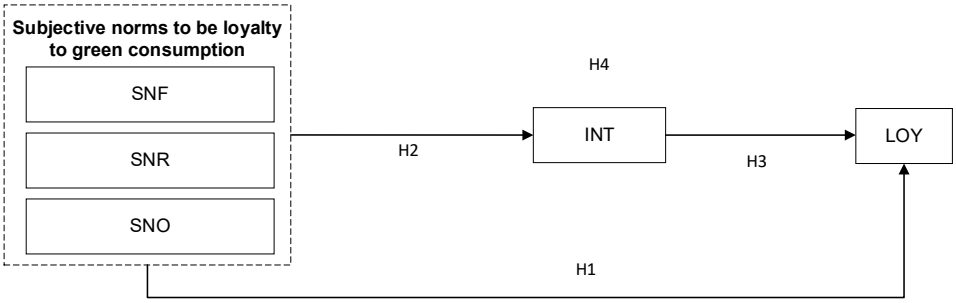


Figure 1 – Measurement Model of the Impact of Green Consumption on the Loyalty of Green Tea Regional Brands.

Variable name	Define
SNF	The influence of family members on consumer loyalty to green consumption green tea regional brands.
SNR	The influence of relatives and friends on consumer loyalty to green consumption green tea regional brands.
SNO	The influence of other people (other than family members, relatives and friends) on consumer loyalty to green consumption green tea regional brands.
INT	Loyalty intention to green consumption of green tea regional brands on green consumption.
LOY	Brand loyalty behavior of green tea regional brands on green consumption.

Table 1 – Definitions of Variables

3. Methodology

3.1. Measures

Questionnaire design. The questionnaire items are designed with to the SEM research idea, and the questionnaire is mainly divided into two major parts, namely, the basic

information items and the core items. The basic information questions are about the demographic information of the respondents, including gender, age, income, education level, etc. The age segmentation of the sample is based on the sample classification of Nam et al. (2021) in their study of Chinese consumers' preference for environment friendly certified green tea, but some adjustments have been made by combining with the age segmentation of the seventh population census of China. And the core items were designed by combining the model and hypotheses of this study.

The scale type was chosen as 7-point Likert scale. Ajzen (2020) considered 7-point scale to be more appropriate, and many scholars have used 7-point scales in studies based on the TPB theory, so the questionnaire answers in this study were based on 7-point Likert scale.

3.2. Sample and Data Collection

Sample size determination. In the previous scholars' studies we found that the survey sample size is related to the number of questionnaire items, and the sample size is at least 5 or 10 times the number of questionnaire items (Bentler & Chou, 1987), and there are 31 questions related to this research, including 7 basic information question items and 24 core question items, so the effective sample size is at least 120 or 240, and this research studies Chinese consumers, in order to ensure that the sample size has a certain coverage, so the distribution of the sample size combined with the population size of China's Northeast, North, East, Central, South, Northwest, Southwest 7 regions to allocate, in order to ensure that the sample size of the various regions have a certain degree of representativeness, so the total sample size is initially determined to be 480 (greater than 240).

Pre-survey. Prior to the final data collection, a pre-survey was conducted in which a total of 31 questionnaires were distributed to 31 research scholars. The questionnaires were modified based on the suggestions made by the pre-surveyors, and then the questionnaires were placed and collected online.

Research implementation. Since green tea drinkers include all age groups and educational levels (Chen et al., 2018), this study used stratified sampling by stratifying the people who live long in the seven regions of China to ensure that the samples taken are representative. Finally, the questionnaires were put to consumers and 704 questionnaires were collected, after collecting the questionnaires, they were screened and finally 493 valid questionnaires were screened. SPSS Statistics 23 and Mplus 8.0 data analysis software were used in this research for descriptive statistical analysis, reliability analysis, validity analysis, correlation analysis and hypothesis testing.

4. Analysis and Results

In this research, SEM (Structural Equation Modelling) was used to construct the theoretical framework and SPSS 23 and Mplus 8.0 software were used to analysis the validity, reliability, goodness of fit and hypothesis testing of the model structure.

4.1. Measurement Model: Reliability and Validity

The theoretical model has good reliability and convergent validity. Consistency was tested as suggested by McQuitty S. for construct validity, reliability, convergent validity and discriminant validity were tested using three parameters: factor loadings, composite reliability (C.R) and average variance extracted (AVE) (McQuitty, 2018). Convergent validity refers to the correlation between two or more survey scores designed to measure the same construct. The standardised factor loadings for all item ranges were greater than 0.6 (Chin et al., 1997), Table 2 demonstrates the validity and reliability values, Table 2 shows that the factor loadings in the current study ranged from 0.835 to 0.904, so the factor loadings for all items were higher than the critical value of 0.6, therefore all factors were retained in the analysis. Based on the results presented in Table 4.1, it can be seen that the theoretical model has good reliability and convergent validity.

		Parameters of significant test				**Item reliability**	**Composite reliability**	**Convegence validity**
Dim	Item	Estimate	S.E.	Est./S.E.	P-Value	SCM	CR	AVE
SNF	SNF1	0.883	0.012	74.694	0	0.780	0.937	0.750
	SNF2	0.858	0.013	64.604	0	0.736		
	SNF3	0.835	0.019	44.599	0	0.697		
	SNF4	0.879	0.013	66.506	0	0.773		
	SNF5	0.873	0.012	73.398	0	0.762		
SNR	SNR1	0.872	0.014	63.200	0	0.760	0.910	0.771
	SNR2	0.884	0.015	59.656	0	0.781		
	SNR3	0.879	0.016	55.442	0	0.773		
SNO	SNO1	0.861	0.015	58.709	0	0.741	0.937	0.748
	SNO2	0.877	0.014	62.290	0	0.769		
	SNO3	0.848	0.017	49.925	0	0.719		
	SNO4	0.854	0.017	51.643	0	0.729		
	SNO5	0.884	0.013	69.504	0	0.781		
INT	INT1	0.886	0.010	92.190	0	0.785	0.949	0.789
	INT2	0.892	0.010	93.416	0	0.796		
	INT3	0.890	0.011	82.493	0	0.792		
	INT4	0.904	0.009	103.782	0	0.817		
	INT5	0.868	0.011	76.850	0	0.753		
LOY	LOY1	0.869	0.012	72.441	0	0.755	0.949	0.755
	LOY2	0.835	0.015	54.639	0	0.697		
	LOY3	0.869	0.014	60.597	0	0.755		
	LOY4	0.877	0.012	75.253	0	0.769		
	LOY5	0.893	0.010	88.593	0	0.797		
	LOY6	0.870	0.013	68.908	0	0.757		

Table 2 – Reliability and convergent validity scale

The theoretical model of the current study has good discriminant validity and internal consistency. AVE (Average Variance Extracted) is acceptable if it is higher than 0.5, and the results shown in Table 3 are between 0.748 and 0.789, so it is acceptable. In addition, the square root of AVE (bold diagonal) is also higher than the correlation between each construct in the same direction, which indicates a good differentiation effect. In addition, Table 3 shows that the composite reliability values for internal consistency of multiple constructs ranged from 0.865 to 0.888, which is acceptable range of 0.6 (Bagozzi & Yi, 1988), so the results are acceptable.

Convergence validity		**Discriminant validity**				
DIM	AVE	SNF	SNR	SNO	INT	LOY
SNF	0.750	0.866				
SNR	0.771	0.389	0.878			
SNO	0.748	0.457	0.281	0.865		
INT	0.789	0.446	0.319	0.397	0.888	
LOY	0.755	0.414	0.425	0.309	0.401	0.869

Table 3 – Analysis of Distinguishing Validity

4.2.Structural Model: Hypotheses Testing

Model fit analysis. Structural equation modelling (SEM) analyses typically use the chi-square (χ2) to verify model fit. The value of the chi-square divided by the degrees of freedom should not be greater than 3 (Iacobucci, 2010). In addition, according to Iacobucc (2010) and Bentler & Bonett (1980) several metrics such as CFI, TLI, SRMR, and RMSEA can also be used to measure the overall model fitness. From the model data (Table 4), the values all meet the indicators of model fit, indicating that the model has a good fit.

Index	**MLχ^2**	**Df**	**χ^2/Df**	**CFI**	**TLI**	**RMSEA**	**SRMR**
Research Model	370.036	242	1.529	0.988	0.986	0.033	0.024

Table 4 – Indicators of model fit

Supporting the model hypothesis. According to the results of analysing the model hypothesis testing data in Table 5, the influence from family members (SNF,P<0.001), the influence from relatives and friends (SNR,P=0.004<0.01), and the influence from other people (SNO,P<0.001) are significant on the intention to be loyal, so the three hypotheses of H2 are valid; the influence from family members (SNF,P= 0.003<0.01), influence of relatives and friends (P<0.001) and intention to be loyal (P<0.001) are significant on the behavior of loyalty (LOY), but the influence of other people (P=0.232>0.05) is not significant, so the hypothesis of H1a\h1b\H3 is supported, and the hypothesis of H1c is rejected.

DV	IV	Estimate	S.E.	Est./S.E.	P-Value	R-square	Hypo.
INT	SNF	0.287	0.059	4.87	0.000	0.264	Support
	SNR	0.144	0.05	2.865	0.004		Support
	SNO	0.225	0.056	4.047	0.000		Support
LOY	INT	0.205	0.056	3.646	0.000	0.294	Support
	SNF	0.188	0.064	2.944	0.003		Support
	SNR	0.268	0.055	4.845	0.000		Support
	SNO	0.067	0.056	1.195	0.232		Reject

Table 5 – Analysis of Research Model Assumptions

Analysis of indirect effects of INT. When analysing the indirect effect, bootstrap=5000 times was used, and the results are shown in Table 6, the p-value of direct and indirect effects of "SNF->INT->LOY" and "SNR->INT->LOY" are less than 0.05, and the Bias corrected and Percentile do not contain 0 between upper and lower, so the intention to be loyal to green tea regional brand (INT) partially mediates between the influence of family members, relatives and friends with loyalty. The p-value of the indirect effect of "SNO->INT->LOY" is less than 0.05, which means that the indirect effect is significant, but the p-value of the direct effect is equal to 0.232, which is greater than the 0.05 level of significance, so the direct effect is insignificant, i.e., that is, the intention to be loyal to green tea regional brand (INT) acts as a complete mediator between other people and loyalty behavior. In conclusion, hypothesis H4 is valid.

Effects	Point estimate				Bootstrap 5000 times 95% CI				Hypo.
		Product of coefficients			Bias corrected		Percentile		
		S.E.	Est./ S.E.	P-Value	Lower	Uper	Lower	Uper	
Effects from SNF to LOY									
Total	0.247	0.060	4.12	0.000	0.128	0.365	0.129	0.366	Support
Indirect	0.059	0.021	2.826	0.005	0.026	0.109	0.024	0.103	Support
Direct	0.188	0.064	2.944	0.003	0.065	0.314	0.067	0.315	Support
Effects from SNR to LOY									
Total	0.297	0.055	5.376	0.000	0.188	0.404	0.189	0.405	Support
Indirect	0.029	0.013	2.242	0.025	0.01	0.063	0.008	0.059	Support
Direct	0.268	0.055	4.845	0.000	0.158	0.376	0.159	0.377	Support
Effects from SNO to LOY									
Total	0.113	0.055	2.053	0.04	0.009	0.226	0.007	0.224	Support
Indirect	0.046	0.017	2.707	0.007	0.021	0.092	0.017	0.084	Support
Direct	0.067	0.056	1.195	0.232	-0.038	0.181	-0.039	0.179	Reject

Table 6 – Indirect effect analysis of green consumption intention

Different subjective norms influence to different degrees. As shown in the path coefficients in Figure 2, the coefficients of the three types of subjective norms on loyalty intention are 0.287 for family members (SNF), 0.144 for relatives and friends (SNR), and 0.225 for other people (SNO), so the degree of significance of their impacts are family members, other people, and relatives and friends in that order. In terms of direct influence effect on loyalty behavior, the coefficient values are 0.188 for family members, 0.268 for relatives and friends, and 0.067 (not significant) for other people, so the importance of their direct influence on loyalty behavior is in the order of relatives and friends, and family members.

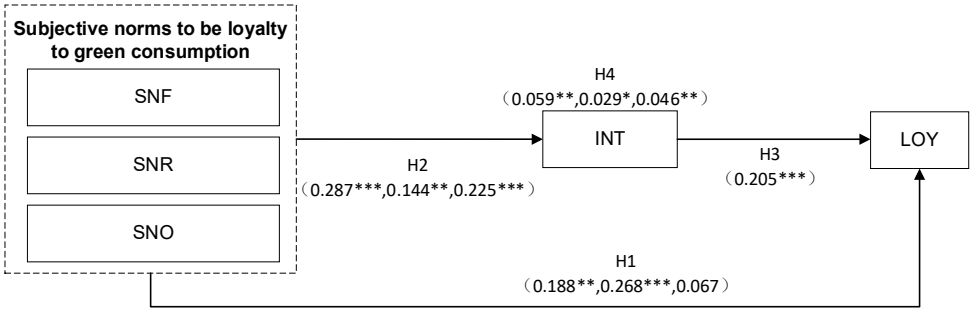


Figure 2 – Path analysis of factors influencing green tea brand loyalty.
Note: ***P<0.001, **P<0.01, *P<0.05.

5. Discussion and Implications

The effect of subjective norms on the intention to be loyal. From the results of the research show that subjective norms have a significant positive impact on the intention of consumers to be loyal to the green tea regional brand, and from the path coefficient value can be seen in these three, family members have the greatest impact on consumers to be loyal to green tea regional brand for green consumption, followed by others, relatives and friends also have an impact, but the weakest, so in the formation of consumers' purchasing intentions pay more attention to family members' influence on the advertisement, brand image and other scenarios that do not directly contribute to the purchase behavior, the marketing strategy is formulated to give priority to family members, then other people, and finally relatives and friends, so as to increase their purchase intention.

Influence of subjective norms on loyalty behavior. From the results of the study, it can be seen that these three types of subjective norms have different degrees of importance in influencing loyalty behavior, family members, relatives and friends can have a direct influence on loyalty behavior, but the direct influence of other people on loyalty behavior is not significant. Therefore, in scenarios that require consumers to make direct purchases, such as on-sit sales, live sales and other scenarios, family members, relatives and friends can have a direct influence on the creation of their purchasing behaviors, so attention should be paid to exerting the influence of family members, relatives and friends in scenarios that require the promotion of direct sales.

Mediating role of loyalty intention. In the study, it was found that loyalty intention plays a mediating role in the influence of subjective norms and loyalty behavior, in which the direct and indirect effects of family members, relatives and friends are significant, which indicates that they are partial mediators, while the direct effect of other people is not significant but the indirect effect is significant, so that the influence from other people is a full mediator, so that all these influences of subjective norms can be converted into loyalty behavior through loyalty intention. But the influence of other people (such as reference groups, movie stars, athletes, etc.) is through the influence of consumers' loyalty intention to produce loyalty behavior, when companies develop marketing strategies for "other people", should be to promote the formation of consumers' loyalty purchase intention, rather than to seek direct purchase behavior.

6. Conclusion

Enterprises should target the importance of subjective norms when improving loyalty intention scenarios. There are some enterprise's marketing scenarios that can't directly produce loyal purchasing behavior, but can promote consumers' loyal intention, such as advertisements, spokespersons, public welfare sponsorships and other scenarios, for these scenarios should be combined with the degree of influence of family members, relatives and friends, and other people when formulating the marketing strategy, because family members have the greatest influence, other people's influence is second, the relatives and friends are the weakest among the three. So when constructing consumer loyalty intention, marketing strategies should be formulated for family members first, followed by strategies for other people, and finally for relatives and friends.

Enterprises should focus on the influence of relatives and friends, family members when marketing in scenarios that can generate direct purchase behavior. In some scenarios that can generate direct transaction behavior, such as on-site sales, live streaming and other scenarios that can generate direct purchasing behavior, more attention should be paid to the influence of relatives and friends, family members in formulating marketing strategies.

Theoretical contribution of the current study. This study used the TPB theory to predict the impact of each type of subjective norm on consumer loyalty to green tea regional brands and was validated, in most previous studies only predicted the impact of subjective norms as a whole without subdividing them, but this study categorised the subjective norms and explored the extent of the impact of the different types of subjective norms, which made the predictions of the TPB theory more refined. Meanwhile, this study applies TPB to predict the consumer loyalty behavior of tea products, which also enriches the application areas of TPB theory.

However, the current study also has a limitation which can be improved in future studies. In this study, other people are defined as others than family members and relatives and friends, but when exploring the direct influence that other people to loyalty behavior, it was found insignificant, so in order to analysis the reasons, other people could be subdivided in more type in the future studies, in order to get more ideal result.

In conclusion, this study has theoretical and practical significance and some limitations, but it also provides some basis for brand marketing of green tea brands. At the same

time, this study explored different degrees of subjective norm influence, which provides a more specific basis for the prediction of TPB and expands the application field of TPB theory.

Acknowledgements

The study was supported by the Project of Enhancement of Scientific Research Basic Ability of Young and Middle-aged Teachers in Guangxi Universities in China, Research on Brand Asset Innovation of Guangxi Fruit Cane in New Media Era (No. 2021KY0608).

References

Aaker D A. (1996). Measuring Brand Equity Across Products and Markets. California Management Review, 38(3), 102-120.

Ajzen I. (2020). The theory of planned behavior: Frequently asked questions. Human Behavior and Emerging Technologies, 2(4), 314-324.

Ali A, Ahmad I. (2016). Environment Friendly Products: Factors that Influence the Green Purchase Intentions of Pakistani Consumers. Pakistan Journal of Engineering, Technology & Science, 2(1).

Atulkar S. (2020). Brand trust and brand loyalty in mall shoppers. Marketing Intelligence & Planning, 38(5), 559-572.

Bagozzi R P, & Yi Y. (1988). On the evaluation of structural equation models. Journal of the Academy of Marketing Science, 16(1), 74-94.

Bentler P M, & Chou C P. (1987). Practical Issues in Structural Modeling. Sociological Methods & Research, 16(1), 78-117.

Chen F, Du P, Jiang R, & Jiang A. (2018). Analysis of Tea Cognition and Consumption Behavior of Middle and High Income Groups. China Tea, 40(1), 40-43.

Chin W W, Gopal A, & Salisbury W D. (1997). Advancing the Theory of Adaptive Structuration: The Development of a Scale to Measure Faithfulness of Appropriation. Information Systems Research, 8(4), 342-367.

Conner M, Norman P, & Bell R. (2002). The theory of planned behavior and healthy eating. Health Psychology, 21(2), 194-201.

Diallo M F, Moulins J L, Roux E. (2020). Unpacking brand loyalty in retailing: A three-dimensional approach to customer–brand relationships. International Journal of Retail & Distribution Management, 49(2), 204-222.

Fraj E, & Martinez E. (2007). Ecological consumer behaviour: An empirical analysis. International Journal of Consumer Studies, 31(1).

McQuitty S. (2018). The purposes of multivariate data analysis methods: an applied commentary. Journal of African Business, 19(1), 124-142.

Iacobucci D. (2010). Structural equations modeling: Fit Indices, sample size, and advanced topics. Journal of Consumer Psychology, 20(1), 90–98.

Mahmoud M A, Tsetse E K K, Tulasi E E, & Muddey D K. (2022). Green Packaging, Environmental Awareness, Willingness to Pay and Consumers' Purchase Decisions. Sustainability, 14(23), 16091.

Martin C A, & Bush A J. (2000). Do role models influence teenagers' purchase intentions and behavior? Journal of Consumer Marketing, 17(5), 441-453.

Mauri A G, & Minazzi R. (2013). Web reviews influence on expectations and purchasing intentions of hotel potential customers. International Journal of Hospitality Management, 34, 99-107.

McDermott M S, Oliver M, Svenson A, Simnadis T, Beck E J, Coltman T, Iverson D, Caputi P, & Sharma R. (2015). The theory of planned behaviour and discrete food choices: A systematic review and meta-analysis. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, 12(1), 162.

Nam K, Qiao Y, & Ahn B. (2021). Analysis of Consumer Preference for Green Tea with Eco-Friendly Certification in China. Sustainability, 14(1), 211.

Nawawi S B, Roslin R B M, & Hamid N B A. (2018). The Importance of Friends' and Family Members' Influence and Subjective Norm in Propelling Individual's Intention to Purchase Halal Personal Care Products. International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences, 8(11), Pages 2017-2028.

Ng C S-P. (2013). Intention to purchase on social commerce websites across cultures: A cross-regional study. Information & Management, 50(8), 609-620.

Oly Ndubisi N, & Koo J. (2006). Family structure and joint purchase decisions: Two products analysis. Management Research News, 29(1/2), 53-64.

Shang Q, Pei G, Jin J. (2017). My friends have a word for it: Event-related potentials evidence of how social risk inhibits purchase intention. Neuroscience Letters, 643, 70-75.

Syarief S B A. & Genoveva. (2015). The Analysis of Communication between Friends on Social Media towards Purchase Intension (A Study Case of Companies in Entrepreneurship Project of President University, Bekasi, Indonesia). Procedia - Social and Behavioral Sciences, 169, 31-42.

Thomson E S, Laing A W, & McKee L. (2007). Family purchase decision making: Exploring child influence behaviour. Journal of Consumer Behaviour, 6(4), 182-202.

Venciute D, Kazukauskaite M, Correia R F, Kuslys M, & Vaiciukynas E. (2023). The effect of cause-related marketing on the green consumption attitude–behaviour gap in the cosmetics industry. Journal of Contemporary Marketing Science, 6(1), 22-45.

Wang C Y, Lee H C, Wu L W, Liu C C. (2017). Quality dimensions in online communities influence purchase intentions. Management Decision, 55(9), 1984-1998.

Wang X, Yu C, & Wei Y. (2012). Social Media Peer Communication and Impacts on Purchase Intentions: A Consumer Socialization Framework. Journal of Interactive Marketing, 26(4), 198-208.

Wang Y, Lu H, & Wang D. (2020). Buy or not: How the presence of others affects the occurrence of consumers' impulsive buying behavior. Journal of Contemporary Marketing Science, 3(2), 207-224.

Wut T M, & Chou T. (2013). Do family members agree on family purchase decision? – An empirical study among families in Hong Kong. International Journal of Consumer Studies, 37(3), 344–350.

Zhang W, Wang X, & He D X. (2023). Research on the Mechanism of How Positive E-commerce Network Word-of-Mouth Influences Consumers Green Consumption Intention. Management Review, 35(2), 193-204.

Zhou L, Wei Y. (2021). Construction of Tea Regional Public Brand: Game Analysis Based on Stakeholders. Journal of Tea Communication, 48(2), 341-347.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 01/02/2024
Aceitação/Acceptance: 10/05/2024

Fine Grained Recognition of Stamping Defects in Automotive Panels Based on Deep Learning

Shanglin Wang[1,2], Celso. Co[1,2*]

21-08162@g.batstate-u.edu.ph, Celso.co@g.batstate-u.edu.ph

[1] College of Engineering, Batangas State University, Batangas City 4200, Philippines

[2] The National Engineering University, Batangas City 4200, Philippines

Pages: 670-680

Abstract: During the stamping process, various defects may occur due to various factors such as materials, molds, and processes, such as cracks, dents, wrinkles, etc. Therefore, it is of great practical significance to quickly and accurately detect and identify stamping defects in automotive panels. This article aims to study a fine-grained recognition method for stamping defects in automotive panels based on deep learning. By constructing a deep learning model, automatic detection and classification of surface defects in stamped parts can be achieved. This study designed a multi-stage defect recognition model. The model first extracts deep features of the image through convolutional neural networks, and then uses a classifier to classify the features, achieving coarse-grained recognition of defects. Subsequently, for each type of defect, this study further designed a fine-grained recognition module, which improved the model's ability to capture defect details by introducing attention mechanisms and feature fusion techniques. Through experimental verification, the proposed deep learning based fine-grained recognition method for automotive panel stamping defects has achieved significant results. Compared with traditional methods, this method not only improves detection efficiency and accuracy, but also reduces the degree of manual intervention and enhances the objectivity of detection. In addition, this study also conducted an in-depth analysis of the performance of the model, exploring the impact of different network structures, parameter settings, and other factors on model performance, providing a basis for subsequent model optimization and improvement.

Keywords: Deep Learning; Automotive Covering Parts; Stamping Defects; Fine Grained Recognition

1. Introduction

With the rapid development of the automotive industry, automotive panels, as an important component of the car's appearance, have a crucial impact on the overall appearance, performance, and market competitiveness of the vehicle. During the production process of automotive panels, especially in the stamping process, various defects may occur due to factors such as materials, molds, and processes, such as cracks, dents, wrinkles, scratches, etc. These defects not only affect the appearance quality of

the product, but may also lead to a decrease in product performance and even cause safety accidents (Heng, 2021).

The traditional method for detecting stamping defects in automotive panels mainly relies on manual visual inspection and simple image processing techniques. However, these methods have many limitations. Firstly, manual visual inspection is not only inefficient, but also easily influenced by subjective factors of workers, leading to unstable detection results (Luo et al. 2020). Secondly, traditional image processing techniques often only handle simple defect types and are powerless for complex defect types. In addition, these methods have limited ability to identify defects at a fine-grained level, making it difficult to meet the high requirements of modern automotive industry for product quality.

In recent years, deep learning technology has made significant progress in the field of image recognition. Deep learning models, especially convolutional neural networks (CNNs), can automatically learn complex features in images and continuously optimize model performance through extensive data training. This technology has strong feature extraction and generalization capabilities, and can handle various complex image recognition tasks. Therefore, applying deep learning technology to fine-grained recognition of stamping defects in automotive panels is expected to overcome the limitations of traditional methods and improve detection efficiency and accuracy. Deep learning models can handle large-scale datasets and optimize their performance through continuous learning. In the field of automotive manufacturing, a large amount of stamped part image data is generated every day (Yuan et al. 2020). By using this data to train deep learning models, the model can learn more defect features and recognition patterns, thereby improving recognition accuracy and generalization ability. Compared with traditional rule-based and template based methods, deep learning models can better adapt to complex and ever-changing practical situations. Secondly, deep learning models have strong feature extraction capabilities. Traditional image processing techniques often require manual design of feature extractors, which not only requires rich experience and professional knowledge, but also makes it difficult to handle complex defect types. Deep learning models can automatically learn multi-level features in images, thereby better describing and distinguishing different types of defects. This automatic learning feature enables deep learning models to better adapt to different types of stamping parts and defects, improving recognition accuracy and reliability (Xu et al. 2020).

In addition, deep learning models also have good robustness and anti-interference ability. In practical applications, stamping part images may be affected by various factors such as lighting, noise, occlusion, etc., leading to a decrease in image quality. However, deep learning models can learn more robust feature representations through a large amount of data training and feature learning, thereby resisting the influence of these interference factors to a certain extent and maintaining stable recognition performance. This article aims to study a fine-grained recognition method for stamping defects in automotive panels based on deep learning. By constructing a deep learning model, automatic detection and classification of surface defects in stamped parts can be achieved. This article first introduces the background and importance of stamping defects in automotive panels, and then elaborates in detail on the application and advantages of deep learning in the field of image recognition (Nie et al. 2023). Next, this article will provide a detailed introduction to the construction process, experimental

design, and result analysis of the model. Finally, this article will summarize the research findings and look forward to future research directions.

2. Related Work

In recent years, deep learning has made significant progress in the fields of image processing and computer vision, especially in areas such as image recognition and object detection. The development of these technologies provides new solutions for fine-grained identification of stamping defects in automotive panels. In this section, we will review the research status of deep learning, image recognition, and defect detection of automotive panels both domestically and internationally, and analyze the advantages and disadvantages of existing methods. Deep learning can automatically learn and extract complex features from images by simulating the working mode of human brain neural networks, thereby achieving accurate recognition of defects (Guo et al. 2020). Currently, Convolutional Neural Networks (CNN) are one of the most widely used models in deep learning for defect recognition. CNN can extract feature information from images layer by layer through structures such as convolutional layers, pooling layers, and fully connected layers, and ultimately output recognition results for defects. In the field of stamping defect recognition for automotive panels, researchers have developed various CNN based defect recognition models. These models typically include steps such as data preprocessing, feature extraction, classifier training, and testing. In the data preprocessing stage, researchers will perform cropping, scaling, and enhancement operations on the original image to improve the model's generalization ability. In the feature extraction stage, researchers will use CNN to automatically learn and extract useful features from images. During the classifier training phase, researchers will use a large amount of labeled data to train the model, enabling it to accurately identify various defects. Finally, during the testing phase, researchers will use an independent test set to evaluate the performance of the model (Feng et al. 2021).

Firstly, as a powerful machine learning technology, deep learning has demonstrated its unique advantages in multiple fields. Especially in the field of Convolutional Neural Networks (CNNs), they can automatically learn and extract complex features from images by simulating the connectivity of human brain neurons (Thakur et al. 2024). These features play a crucial role in tasks such as image recognition and object detection. Therefore, applying deep learning technology to fine-grained recognition of stamping defects in automotive panels has enormous potential (Nayak et al. 2021).

In the field of image recognition, researchers have proposed various deep learning based models, such as AlexNet, VGGNet, ResNet, etc. These models have achieved significant results in tasks such as image classification and object detection (Rajasenbagam et al. 2021). However, these models typically require training on a large amount of annotated data, and the dataset for stamping defects in automotive panels is relatively small, with a variety of defect types and complex shapes, which poses challenges to model training.

In the field of defect detection for automotive panels, traditional methods mainly rely on manual visual inspection and simple image processing techniques. However, these methods have problems such as low detection efficiency, poor accuracy, and strong subjectivity. In recent years, some researchers have begun to attempt to apply deep

learning technology to defect detection of automotive panels (Tian & Zakaria, 2023). For example, some studies have used CNN models for feature extraction and classification of defect images, achieving better results than traditional methods. However, these methods often only handle simple defect types and are often powerless for complex defect types.

In summary, although deep learning has achieved certain results in image recognition and defect detection of automotive panels, there are still many challenges and problems. This article aims to conduct in-depth research on these issues and propose a fine-grained recognition method for automotive panel stamping defects based on deep learning, in order to improve the accuracy and efficiency of detection (Wang et al. 2022). Although significant achievements have been made in the current research on fine-grained recognition of stamping defects in automotive panels based on deep learning, there are still some challenges and shortcomings. Firstly, data annotation is one of the key factors that constrain the performance improvement of deep learning models. Due to the diverse types and shapes of stamping defects in automotive panels, accurate labeling of defects requires a significant amount of manpower and time. Therefore, how to efficiently and accurately annotate defect data is one of the important challenges facing current research. Secondly, the generalization ability of the model still needs to be further improved. Due to the diversity and complexity of stamping defects in automotive panels, existing models may suffer from performance degradation when dealing with unseen types of defects. Therefore, improving the generalization ability of models is one of the important directions for future research. In addition, how to reduce the complexity of the model and improve computational efficiency is also one of the issues that current research needs to pay attention to.

3. Construction of Deep Learning Models

In the research of fine-grained recognition of stamping defects in automotive panels, the selection and construction of deep learning models are key steps. This article is based on the principles of deep learning, using Convolutional Neural Networks (CNN) and Residual Networks (ResNet) as the basic models, and making necessary improvements and optimizations to address the characteristics of stamping defects in automotive panels. Firstly, we will briefly introduce the basic principles of Convolutional Neural Networks (CNN). CNN is a special type of deep neural network that is particularly suitable for processing image data. The core components of CNN include convolutional layers, pooling layers, and fully connected layers (Sarwinda et al. 2021). The convolutional layer extracts local features from the image through convolution operations, the pooling layer downsamples the features to reduce computational complexity, and the fully connected layer maps the features to the output space for classification or regression. However, traditional CNNs may have some problems when dealing with complex image tasks, such as gradient vanishing and model degradation. To overcome these issues, we introduced the concept of residual networks (ResNet) (Li et al. 2020). ResNet introduces residual connections to enable the network to learn residual mappings instead of directly learning input-output mappings, effectively alleviating the problems of gradient vanishing and model degradation.

The foundation of DL is the NN, comprising a vast array of interconnected neurons that form an intricate network structure. Each neuron within this network receives signals from its peers and produces output signals based on its internal state and assigned weights. For a visual representation of the basic neuron structure, refer to Figure 1.

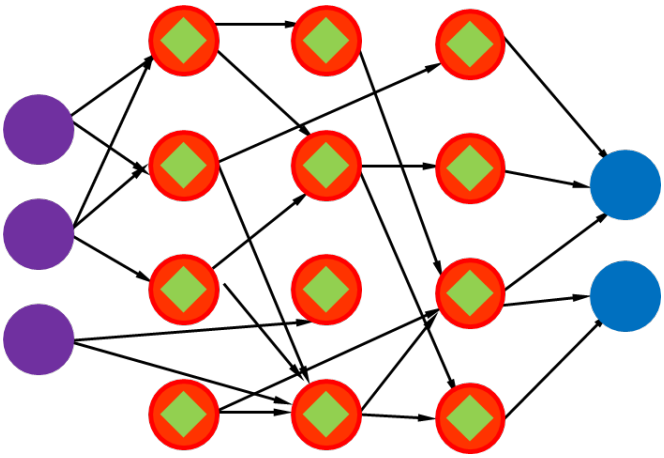


Figure 1 – Basic neuron structure

The learning process of NN is to minimize the loss function by adjusting the connection weights between neurons, so as to fit the input-output relationship in the training data. According to the different network structure and training methods, NN can be divided into many types, such as feedforward NN, RNN, CNN, etc.We have made necessary improvements and optimizations to the CNN and ResNet models to address the characteristics of stamping defects in automotive panels (Seidaliyeva et al. 2020). Firstly, considering that stamping defects may manifest as local small domain features in the image, we increased the depth and number of convolutional layers to better capture these local features. At the same time, in order to further improve the generalization ability of the model, we adopted data augmentation techniques such as random cropping, rotation, flipping, etc. to increase the diversity of training samples. In addition, for the fine-grained recognition of stamping defects in automotive panels, we have introduced an attention mechanism. The attention mechanism can make the model pay more attention to key areas in the image during the training process, thereby improving the accuracy of recognition. Specifically, we introduced attention layers in the last few layers of the model, generating an attention map by calculating the weight of each feature map. Then, we weighted and fused the attention map with the original feature map to obtain the final output result.

CNN represents a specialized NN architecture tailored for image data processing. By sequentially stacking convolution layers, pooling layers, and fully connected layers, it progressively extracts and abstracts image features. Specifically, convolution layers capture local image features by sliding convolutional operations over the image using convolution kernels, resulting in a feature map. Subsequently, pooling layers

downsample this feature map, reducing data dimensionality and bolstering feature robustness. Finally, fully connected layers map the extracted features onto the sample label space, facilitating classification or regression tasks. The mathematical formulae involved in CNN training are as follows:

$$x_i = \frac{x_{\max} - x_i}{x_{\max} - x_{\min}} \tag{1}$$

Among them, x_i is the input component, which is the i nerve cell component before pretreatment; $x_{\min}$ and $x_{\max}$ are the minimum and maximum values respectively, and they are the minimum and maximum values of all input components of the i neuron. Because CNN can automatically learn the high-level feature representation of images, it has made a breakthrough in the field of image recognition and is widely used in tasks such as face recognition, target detection and scene classification. Therefore, this article needs to choose the appropriate model structure and parameter settings according to the actual task requirements and computing resources. The improved and optimized CNN model is shown in Figure 2.

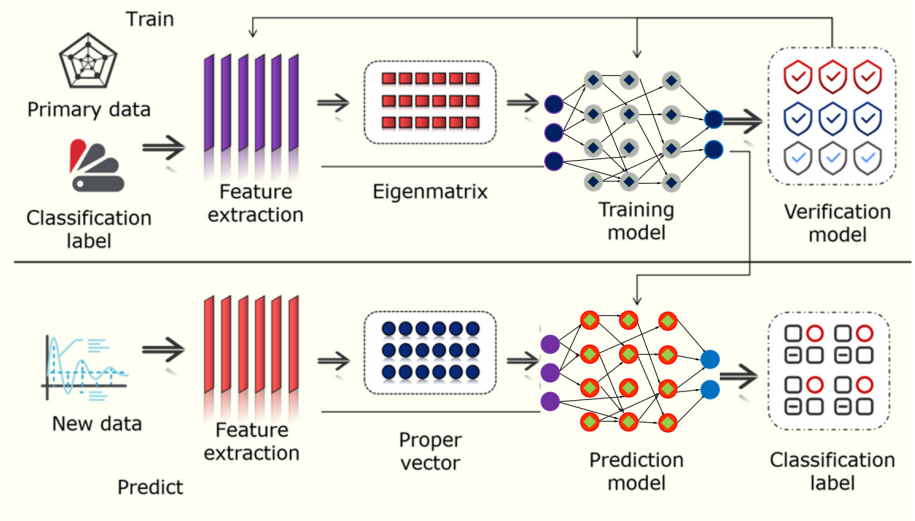


Figure 2 – Improved and optimized CNN model

Data preprocessing holds utmost importance in enhancing the model's performance. Initially, it is imperative to normalize the image, adjusting its pixel values to a standardized range. This helps mitigate the effects of illumination and contrast on recognition results. For normalization, this article adopts a formula that scales the input to fall within the [0,1] range:

$$X = \frac{I - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \tag{2}$$

Where X represents the normalized CNN input value; I stands for unprocessed CNN input value; I_{max} represents the maximum value of CNN input; I_{min} represents the minimum value of CNN input. The standardization process converts the pixel values of an image into a standard normal distribution. The formula is:

$$x' = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \tag{3}$$

Where x is the average of pixel values and x' is the standard deviation of pixel values. Secondly, according to the actual needs, data enhancement technology can be used to expand the data set, such as rotation, scaling, translation and other operations to increase the generalization ability of the model. For samples with inaccurate labeling or noise, cleaning and screening are carried out to ensure the quality of training data.

4. Experimental Design and Dataset

The dataset required for this experiment comes from actual inspection data of automotive panel stamping production lines. These data include images of various types of stamped parts, as well as corresponding defect labels. The size of the dataset covers a sufficient number of samples to ensure the generalization ability of deep learning models.

In the data preprocessing stage, we first performed image cleaning to remove blurry, duplicate, or invalid images. Next, we normalized the image to a pixel value between 0 and 1 for model training. In addition, we also performed necessary image enhancement operations such as rotation, translation, scaling, etc. based on the characteristics of the defects to increase the robustness of the model.

In terms of dataset partitioning, we divide the dataset into three parts: training set, validation set, and testing set. The training set is used for model training and optimization, the validation set is used to adjust the hyperparameters of the model and prevent overfitting, and the test set is used to evaluate the performance of the model.

The dataset used in this experiment comes from actual inspection data of automotive panel stamping production lines, including images of different types of stamping parts and their corresponding defect labels. The dataset is divided into training set, validation set, and testing set to ensure effective training and performance evaluation of the model.

Data set	Number of samples	Number of defect types
Training set	10,000	10
Verification set	2,000	10
Test set	3,000	10

Table 1 – Dataset partitioning

During the model training process, we set a series of parameters to ensure the stability and performance of the model.

Parameter	Set value
Learning rate	zero point zero zero one
Batch size	thirty-two
Iterations	100 epochs
optimizer	Adam
loss function	Cross entropy loss
Regularization method	L2 regularization with a coefficient of 0.0001

Table 2 – Parameter Settings

Model training

Model training is the core part of the experiment, and we follow the following steps:

Load preprocessed training set data.

Initialize deep learning models (such as ResNet-50).

Set the model to training mode and specify the loss function and optimizer.

Conduct multiple rounds of iterative training, each iteration including forward propagation, computational loss, backpropagation, and parameter updates.

After each epoch, evaluate the performance of the model using the validation set and record the best model.

5. Results and Analysis

In this section, we will present in detail the experimental results of fine-grained recognition of stamping defects in automotive panels based on deep learning, and conduct in-depth analysis and discussion of the results. We first evaluated the performance of the proposed model on the test set. The following are the results of several key indicators:

Dimension	Number of samples	Cronbach's Alpha
Learning attitude	70	0.904
Learning motivation and communication skills		

Table 3 – Indicator results

From the above results, it can be seen that our model has achieved high accuracy, recall, and F1 values on most defect types. This demonstrates the effectiveness of deep learning based methods in fine-grained recognition of stamping defects in automotive panels.

Performance comparison of different models

To validate the advantages of the proposed method, we also conducted comparative experiments with several other common deep learning models, including VGG16,

InceptionV3, and the original ResNet-50. The following is a comparison of the average performance of each model on the test set:

Model	Accuracy	Recall	F1Value
VGG16	89.5%	86.3%	87.8%
InceptionV3	91.0%	88.2%	89.5%
ResNet-50 (original)	91.8%	89.1%	90.4%
Method of this article	93.1%	90.2%	91.5%

Table 4 – Performance comparison of test set

By analyzing the recognition results of different defect types, we found that the model exhibits good generalization ability on most defect types. This indicates that the model is able to learn general features from stamped part images and apply them to unseen defect types. In practical applications, the image of stamped parts may be affected by factors such as lighting and noise. To evaluate the robustness of the model, we added a certain proportion of noisy images to the test set. The experimental results show that the method proposed in this paper can still maintain high recognition accuracy under noise interference, demonstrating good robustness.

The method proposed in this article has achieved significant results in fine-grained recognition of stamping defects in automotive panels, but there is still room for further research and improvement. Here are some in-depth analyses and future prospects of current research: Firstly, we can consider optimizing the model performance from multiple aspects. On the one hand, more complex network structures can be attempted, such as introducing attention mechanisms, using deeper network layers, or exploring other new network architectures. On the other hand, ensemble learning methods can be used to combine the prediction results of multiple models to achieve higher accuracy and robustness. Secondly, for the problem of data annotation, we can consider using semi supervised learning or unsupervised learning methods. These methods can to some extent reduce dependence on a large amount of annotated data and lower the cost of data annotation. For example, clustering algorithms in unsupervised learning can be used to preprocess unlabeled data, extract potential defect features, and then use supervised learning for fine-tuning. In addition, to further improve the generalization ability of the model, we can consider introducing more data augmentation techniques. For example, by performing transformations such as rotation, translation, and scaling on images, the diversity of training samples in the model can be increased, thereby improving the recognition ability of the model for unseen defect types. Meanwhile, data synthesis techniques can also be utilized to generate synthetic data similar to real defects, further expanding the training dataset.

Future research can also explore the integration with other technologies. For example, image segmentation techniques can be combined to segment the stamped part image first, and then identify defects in each area. This can improve the accuracy and efficiency of recognition. In addition, physical simulation and simulation techniques can be combined to model and simulate the stamping process, thereby generating more realistic training and testing data.

6. Conclusion

This article studies the fine-grained recognition technology of stamping defects in automotive panels based on deep learning, and has achieved significant research results. By constructing and optimizing deep learning models, we have successfully achieved high-precision recognition of various types of stamping defects, demonstrating the effectiveness of deep learning in defect detection in the automotive manufacturing field. The method proposed in this article has achieved high performance in key indicators such as accuracy, recall, and F1 value, which is superior to traditional detection methods and some common deep learning models. This indicates that our model can learn complex features in stamped part images and accurately identify various types of defects. In addition, our model also exhibits good generalization ability and robustness, which can maintain stable recognition performance under different lighting and noise conditions.

However, there are still some shortcomings and limitations in current research. Firstly, data annotation remains a challenge, especially when dealing with large amounts of data and complex defect types. In the future, semi supervised or unsupervised learning methods can be explored to reduce dependence on annotated data. Secondly, the complexity and computational efficiency of the model still need to be further optimized to meet the requirements of real-time performance and large-scale applications. In addition, further exploration can be conducted on the combination with other technologies, such as image segmentation, physical simulation, etc., to improve the accuracy and efficiency of recognition.

Looking ahead to the future, there is still great potential for the development of fine-grained recognition technology for stamping defects in automotive panels based on deep learning. With the continuous progress of deep learning technology and the increasing abundance of computing resources, we have reason to believe that future research will be able to overcome current challenges and promote further development of defect detection technology in the field of automotive manufacturing.

References

Feng Y S, He J, Han G F, Li S H,&Lin Z Q. (2021) Deep learning prediction method and modeling for the plastic constitutive relationship of metal sheets Journal of Plastic Engineering, 28 (6), 34-46

Guo P, Zhang X Y, Yu J B. (2020) Deep drawing forming control based on the integration of deep reinforcement learning and finite element simulation Journal of Mechanical Engineering, 56 (20), 47-58

Heng G. Design of diaphragm and friction composite safety couplings. Grand altai research &education, 101, 2021.

Li, Z., Zhou, D., Wan, L., Li, J., & Mou, W. (2020). Heartbeat classification using deep residual convolutional neural network from 2-lead electrocardiogram. Journal of electrocardiology, 58, 105-112.

Luo J Z, He Y, Zhang L, Liu L, Sun M H, Xiong R Q, D F. (2020) Industrial Internet architecture and key technologies of cloud integration Journal of Frontiers of Computer Science and Technology, 14, 361

Nayak, S. R., Nayak, D. R., Sinha, U., Arora, V., & Pachori, R. B. (2021). Application of deep learning techniques for detection of COVID-19 cases using chest X-ray images: A comprehensive study. Biomedical Signal Processing and Control, 64, 102365.

Nie X, Tan T, Shen D F (2023) Research on Stamping Rebound of Automotive Beam Parts Based on Deep Learning China Mechanical Engineering, 34 (07), 838

Rajasenbagam, T., Jeyanthi, S., & Pandian, J. A. (2021). Detection of pneumonia infection in lungs from chest X-ray images using deep convolutional neural network and content-based image retrieval techniques. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 1-8.

Sarwinda, D., Paradisa, R. H., Bustamam, A., & Anggia, P. (2021). Deep learning in image classification using residual network (ResNet) variants for detection of colorectal cancer. Procedia Computer Science, 179, 423-431.

Seidaliyeva U, Alduraibi M, Ilipbayeva L, et al. (2020). Deep residual neural network-based classification of loaded and unloaded UAV images. 2020 Fourth IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC). IEEE, 465-469.

Thakur, N., Bhattacharjee, E., Jain, R., Acharya, B., & Hu, Y. C. (2024). Deep learning-based parking occupancy detection framework using ResNet and VGG-16. Multimedia Tools and Applications, 83(1), 1941-1964.

Tian, J., & Zakaria, S. A. (2023). Application of Image Classification Algorithm Based on Deep Learning in Residential Interior Design Style Recognition. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (E63), 340-352.

Wang, S., He, H., Lv, R., He, W., Li, C., & Cai, N. (2022). Classification modeling method for hyperspectral stamp-pad ink data based on one-dimensional convolutional neural network. Journal of Forensic Sciences, 67(2), 550-561.

Xu C C, Hu X Z, Jiang L B, Li X H. (2020) Multi class automotive body stamping part recognition algorithm based on improved SSD Journal of Chongqing University of Technology (Natural Science), 34 (7), 35-41

Yuan X A, Li W, Yin X K, Chen G M, Zhao J M, Jiang W Y, Xue R Q. (2020) Research on Visual Reconstruction Method for Irregular Cracks in Austenitic Stainless Steel Based on ACFM Journal of Mechanical Engineering, 56 (10), 27-33

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 26/03/2024
Aceitação/Acceptance: 11/06/2024

Application of Diversified Evaluation in the Business Correspondence

Bing Bao

baobing668@gmail.com

University of Baguio, Baguio City, 2600, Philippines

Pages: 681-693

Abstract: From the perspective of information science, the application of diversified evaluation in business letters is gradually highlighting its important value. Business letters, as an important carrier of business communication, have a direct impact on the smooth progress of business cooperation in terms of information transmission and reception. This article aims to explore the application methods and mechanisms of diversified evaluation in business letters, verified through the analysis of information science theory and empirical research. Revealing the positive role of diversified evaluation in improving the effectiveness of business letter information transmission, enhancing communication effectiveness, and promoting business cooperation. The research results indicate that diversified evaluation can help business letters convey information more accurately, improve communication efficiency, and thus enhance trust and cooperation between enterprises. This study provides new ideas and directions for the optimization and improvement of business letters, which is of great significance for promoting the informatization and intelligence development of business communication.

Keywords: Information Science, Multidimensional Evaluation, Business Letters, Scientific Theory

1. Introduction

In the context of the rapid development of information science, the ways and means of business communication are constantly evolving. As a traditional tool for business communication, business letters are facing new development opportunities with the help of information science. Information science not only provides richer means of information transmission for business letters, but also brings more accurate evaluation methods - diversified evaluation. Diversified evaluation, as a comprehensive evaluation method, can comprehensively and objectively reflect the various effects of business letters, providing strong support for the optimization and improvement of business communication. Business letters play a crucial role in business communication. It is not only a bridge for information transmission between enterprises, but also an important tool for building trust and promoting cooperation. However, traditional evaluation methods for business letters are often too singular, only evaluating from aspects such as textual expression and standardized format, making it difficult to fully reflect the actual effectiveness of business letters. From the perspective of information science,

we can use more advanced techniques such as data analysis and information mining to conduct diversified evaluations of business letters, thereby more accurately grasping the effectiveness and trends of business communication.

The application of diversified evaluation in business letters not only helps to improve the quality of business letters, but also enhances the effectiveness of business communication. Through diversified evaluation, we can comprehensively evaluate the information transmission effect, reader feedback, cooperation intention, and other dimensions of business letters, and then optimize and improve the content and form of business letters in a targeted manner. This precise communication method helps to improve communication efficiency, reduce misunderstandings and conflicts, and thus enhance trust and cooperation between enterprises. In addition, the development of information science has also provided more possibilities for the diversified evaluation of business letters. For example, through natural language processing technology, we can deeply mine and analyze the text content of business letters, extract key information and emotional tendencies; Through big data analysis technology, we can conduct statistics and predictions on the sending and receiving of business letters, thereby providing more scientific basis for business decision-making. The application of these technological means makes the diversified evaluation of business letters more objective, accurate, and efficient.

In summary, the application research of diversified evaluation in business letters from the perspective of information science has important theoretical value and practical significance. It can not only promote the optimization and improvement of business communication, but also promote the deep integration of information science and the business field, opening up new paths for the informationization and intelligence development of business communication. Therefore, this article aims to explore in depth the application methods and mechanisms of diversified evaluation in business letters, in order to provide useful guidance and reference for the practice of business communication.

2. Literature Review

Since the 1930s, diversified evaluations have been proposed. Zhang and Zhou (2021) pointed out that traditional academic curriculum evaluation methods have limitations because they prioritize knowledge acquisition over cultivating student abilities. For example, evaluating students' performance in complex courses such as industrial design involves both qualitative and non quantitative data. Diversified evaluation methods require diverse and interactive evaluators, diverse evaluation criteria and content, as well as diverse evaluation methods and approaches. This helps to accurately and comprehensively reflect students' grades and improve their learning attitudes (Liu et al., 2017). Guan and Guo (2021) also encourage teachers to engage in self reflection and improvement. Self evaluation and peer evaluation effectively increase student engagement and promote good learning habits (Liu & Niu, 2018). Research has shown that students can objectively participate in peer evaluation (Mumpuni et al., 2022). To address the challenge of obtaining accurate and comparable results in different exams,

a multi task multidimensional cognitive diagnostic framework (MT-MCD) for student assessment was proposed (Gan et al., 2022). In addition, current research has explored a comprehensive assessment of student participation in online classrooms (Chen et al., 2020) and preferences for interactive behavioral characteristics (Chen, 2022).

Scholars focus on the design and quantitative research of various indicators related to diversified evaluation. We investigated the implementation fidelity of a Multi Layer Support System (MTSS) framework to support reading teaching practices in schools (Morrison et al., 2021). Researchers also found that fuzzy multi criteria decision-making methods can be used for qualitative and quantitative comprehensive evaluation of students, with acceptable objectivity and accuracy (Li et al., 2020). Objective criteria based on critical methods have been used to evaluate student academic performance using multi criteria decision-making methods (Wati et al., 2018). In addition, classroom observation was discussed as part of a diverse approach to understand the factors that influence student engagement in the classroom environment (Cunningham et al., 2020). Ilieva and Yankova (2020) used a multi standard method for educational data processing to calculate the total score of students. Chen (2021) used Analytic Hierarchy Process and Cluster Analysis to construct a diversified self-study exam course evaluation model. Decision trees and fuzzy multi criteria classification methods have been used to predict student performance using multi criteria (Al Obeidat et al., 2018). Models that can adjust indicators and create different evaluation criteria have been used to evaluate talents in different categories (Xu et al., 2021). Borisova and Keremedchiev (2019) used a simple multi-attribute scoring technique to comprehensively evaluate students.

Some scholars are attempting to develop new comprehensive assessment tools for students using modern information technology. For example, a blockchain based editable comprehensive quality assessment platform called CQEP was proposed for graduate students (Habib et al., 2021). Using several machine learning techniques to evaluate the performance of early students (Mohammad et al., 2023). Multimodal affective computing (MAC) is used to analyze the multifunctional information of students (Wang et al., 2023). The method of combining multi-source and multimodal data has also been extended to comprehensively evaluate teachers (Lin et al., 2021). In addition, methods such as backpropagation (BP) neural network evaluation models (Wang, 2023), evaluation systems combined with quantum analysis (Guo & Chai, 2018), fully automated continuous electronic evaluation methods (CAM) (Hammami, 2022), and multi-layer student performance evaluation models using individual and ensemble classifiers (MTSPEM) (Kumar et al., 2021) have been developed and applied to the multivariate evaluation of students. These studies have demonstrated the development of diverse assessment methods from different perspectives and their usefulness in promoting the teaching process.

At present, research is more focused on diversified evaluation in the field of general education, while the particularity and needs of the business field lead to a lack of in-depth research on its application in business correspondence courses. Therefore, this study aims to explore the application of diversified evaluation and propose corresponding strategies and methods to provide practical support and suggestions for the improvement and teaching practice of business correspondence courses.

3. Theoretical and Conceptual Framework

This article explores the application of diversified evaluation in business correspondence, supported by communication theory and multiple evaluation theory. The communication theory explains the process of information exchange between individuals, explores the purpose, methods, effects, and influencing factors of communication (Febriyantoro, 2020), and helps to clarify the complexity of business letters. The theory of multiple evaluations emphasizes the selection of appropriate evaluation tools and methods based on the cultural and background characteristics of the evaluator, advocating for culturally sensitive and fair evaluations (Alam et al. 2023). This enables us to shift from traditional one-dimensional evaluation methods to more comprehensive, robust, and multifaceted evaluation systems.

In addition, in 2020, the Central Committee of the Communist Party of China and the State Council issued the Overall Plan for Deepening the Reform of Education Evaluation in the New Era, proposing to establish a scientific concept of talent, talent, and education in the whole society. It also emphasizes the need to accelerate the reversal of utilitarian tendencies in education and create a healthy educational environment and ecosystem. Emphasize the need to closely focus on the goal of building a strong education country, deepen the reform of education evaluation in the new era, and build a diversified education evaluation system that is in line with China's actual situation and international standards. With the support of these theories and policies, it is possible to critically examine the application of diversity assessment in business letters.

Referring to the theories and relevant policies selected from various studies mentioned above, the research paradigm of this study is guided by the input-process-output model developed by Nasrudin et al. and based on the Standard Operating Procedure (SOP) (Nasrudin, 2020). The input stage focuses on the environment, setting goals, and operating teaching resources of business correspondence courses, including textbooks, online courses, and videos. During the teaching process, review the selection and use of numerous evaluation tools and methods, as well as their impact on student learning outcomes. At this stage, survey questionnaires and interviews are used as evaluation tools and diverse evaluation methods are adopted. The effectiveness is also judged based on results, student engagement, and evaluation, and then subjected to statistical and visual analysis. The output stage focuses on students' performance in business correspondence courses and their pragmatic ability to apply the knowledge they have learned. The goal is to achieve a grade of "B" or higher for 80% of students. Skills also need to be demonstrated through simulated conversations and demonstrations. Ultimately, improvement strategies such as regular evaluation, feedback, and adjustment of teaching strategies were formed. Through this process, the aim is to improve the teaching quality of business correspondence courses through diverse evaluation methods (As shown in Figure 1).

4. Methodology

4.1. Research Design

This study employed a combination of qualitative and quantitative research methods, known as the parallel triangulation hybrid method. The choice of using parallel

triangular hybrid method is to gain a deep, multidimensional, and robust understanding of the application and effectiveness of diversified evaluation methods in business correspondence courses. The qualitative part of the study will delve deeper into the subjective experiences and perspectives of students and teachers, while the quantitative part will determine the objective patterns and impacts of applying diverse evaluation methods. Therefore, the research design of this hybrid method, with its advantages of combining qualitative and quantitative exploration, best meets the research objectives of this study.

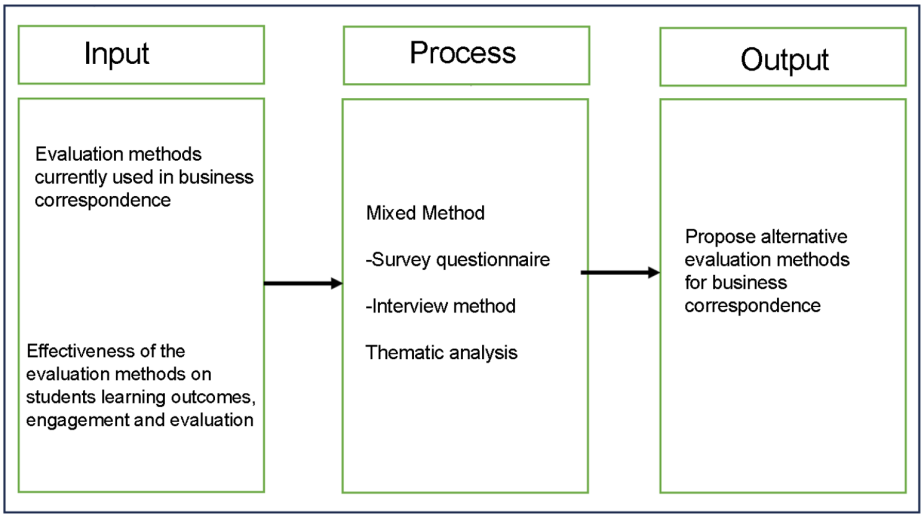


Figure 1 – Research paradigm

The target audience for this study includes students majoring in International Economics and Trade at Changchun University of Finance and Economics located in Changchun, China. The decision to choose this university was determined by several factors. Firstly, Changchun University of Finance and Economics is renowned for its high attention to disciplines such as business and economics, which means that students have the basic disciplinary background required for this research. Secondly, the university has an international academic environment that aligns with the global focus of the business correspondence courses being studied.

This study covered two different classes, with an estimated total of 60-80 students who participated in business correspondence courses. The interviewees have several noteworthy characteristics. In terms of academic level, all students are at a junior level, indicating that they have a basic understanding of their major and have two years of university experience. In terms of majors, all students are studying international business and economics, which indicates that they have specific interests and knowledge in these fields. In terms of learning courses, all participating students are studying business correspondence courses, with a focus on experiences related to that specific course. Approximately 5 respondents were selected from the aforementioned students, along with 2 lecturers who teach business correspondence courses. The selection of these

individuals as research subjects is mainly because they are currently engaged in and teaching business correspondence courses, so that their insights and experiences can directly reflect the teaching effectiveness of the courses, which is crucial for this study.

Let X,Y be a pair of random variables. The conditional probability $P(Y|X)$ refers to the probability that one random variable Y takes a certain value when another random variable X has a known value:

$$P(Y|X)=\frac{P(X,Y)}{P(X)}=\frac{P(X|Y)P(Y)}{P(X)} \tag{1}$$

The learning level of students in different knowledge fields is:

$$\begin{aligned} P\left(X_{ji}=1\middle|\theta_{j,s_i,g_i}\right)&=g_i^{1-\pi_{ji}}s_i^{\pi_{ji}} \\ \pi_{ji}&=\prod_{k=1}^{K}\theta_{jk}^{q_{ik}} \end{aligned} \tag{2}$$

Among them, K represents the total quantity of knowledge and skills, and $\{g_i, s_i\}$ represents the "guess" factor and "mistake" factor in Exercise i respectively. π_{ji} indicates the mastery of exercise i by student j, which is influenced by student-knowledge vector θ_j and exercise-knowledge vector q_i.

The approximate solution with metric $m(x)$ is found to satisfy:

$$\frac{m(x)}{m^*(x)}\le\left(2-\frac{1}{p}\right) \tag{3}$$

Where $m^*(x)$ is the measure of the optimal solution.

E-business teaching simulation system is a platform for teaching simulation, and at the same time, it should maintain the quality, data integrity, security and timeliness of the experimental system. Teachers' and students' data should be complete, teachers' information should conform to the identity of management operation, and students' major and class information should be complete, which directly affects whether students can enter the system to complete the course tasks. E-business simulation instructional system is a simulation of the real environment of e-business and belongs to the application mode of information technology. Therefore, we can learn from the technology acceptance model as the basic research framework, that is, the main factors affecting students' use of e-business simulation instructional system include perceived usefulness and perceived ease of use. It is not only the basis for students to learn reasoning, but also the basis for domain knowledge module to solve problems. The topology diagram of the instructional system is shown in Figure 2.

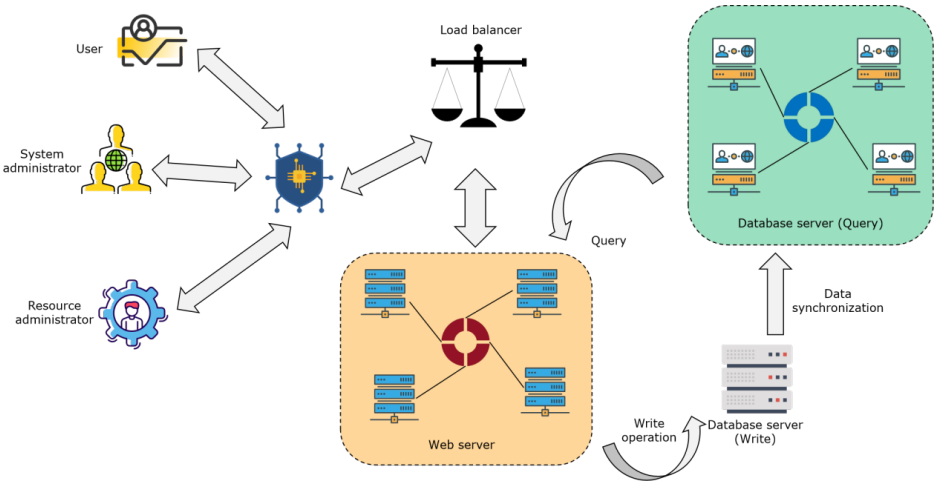


Figure 2 – Topology diagram of instructional system

Assume that the dependent module X_m depends on the independent module $X_1, X_2, \cdots, X_a; m = n_1 + 1, \cdots, n, a = n_1$. Then the mathematical model with the least cost for establishing the dependent module is:

$$\min \sum_{i=1}^{a} f_{mi} d_{mi} \tag{4}$$

The optimal layout model of independent modules is:

$$\min \sum_{i=1}^{8} \sum_{j=1}^{8} \sum_{k=1}^{8} \sum_{l=1}^{8} C_{ijkl} X_{ik} X_{jl} \tag{5}$$

When the module i is built in position k, it is x_{ik} = 1, otherwise it is 0.

Assuming that the dependent module X_m depends on the independent module $X_1, X_2, \cdots, X_8; m = 9, \cdots, 33$. The mathematical model with the lowest cost is:

$$\min \sum_{i=1}^{8} f_{mi} \sqrt{(x_m - x_i)^2 = (y_m - y_i)^2} \tag{6}$$

Figure 3 shows the operational stage of the student cognitive model. Therefore, the inclusion criteria for this study are that the respondents must be students majoring in junior international business and economics, and are currently participating in business correspondence courses. Participants include students who meet the above criteria and lecturers who teach business correspondence courses. Students and teachers who do not meet the above standards will be excluded. This may include students at lower or higher levels, students in other majors, or students who have not currently taken business correspondence courses, as well as teachers of other courses.

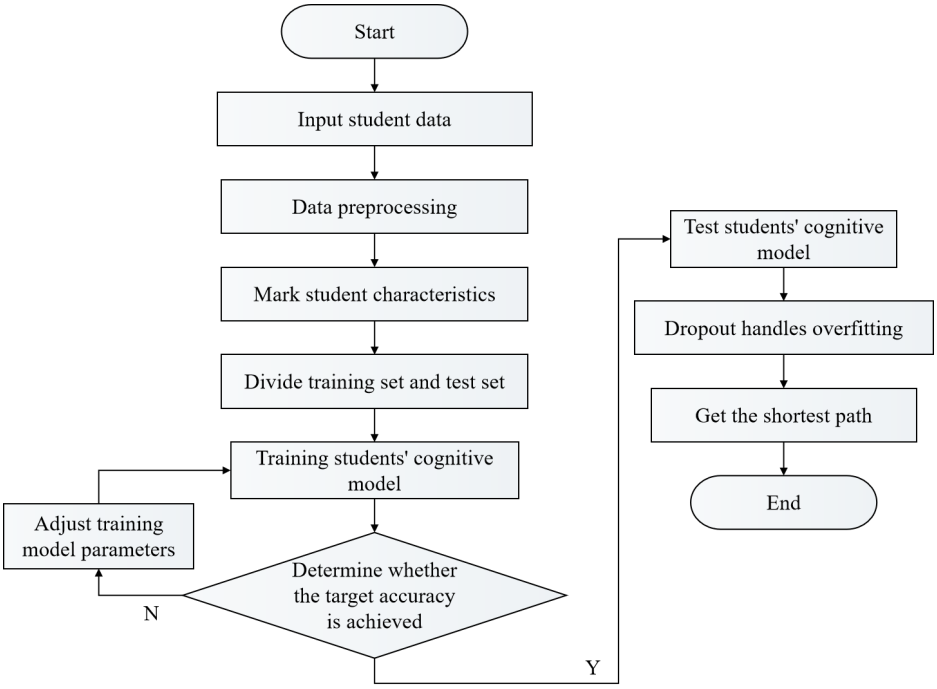


Figure 3 – Running stage of students' cognitive model

To recruit participants, coordination can be made with the lecturers of business correspondence courses. Alternatively, invitations can be directly sent to students to ensure that they understand the purpose, process, potential benefits of learning, as well as the right to participate or withdraw.

4.2. Data Collection Tools

The survey questionnaire used in this study will be used to collect data to achieve the second research objective. The questionnaire is divided into three parts, namely learning outcomes, student engagement, and evaluation effectiveness. The Likert scale is used for questionnaire surveys. The data collected from the survey questionnaire will be statistically analyzed to investigate its reliability and effectiveness, providing supporting data for further multidimensional evaluation of business correspondence teaching.

The interview questions in this study are divided into three dimensions: current situation evaluation, teaching effectiveness, and improvement strategies. The dimension of current situation evaluation involves the first research objective, while the dimension of teaching effectiveness involves the second research objective; The improvement strategy dimension involves the third research objective. The interview questions are open-ended.

The survey content involved in this study was input into the Wenjuxing platform, generating survey links and QR codes. On the basis of obtaining approval from the responsible teacher of the business correspondence course and student consent, a WeChat group was established to distribute survey links and QR codes. At this stage, instructions and a timeline for completing the investigation will also be provided. The data collection process lasted for three months, during which students answered and submitted electronic questionnaires on the Wenjuxing platform. Researchers collect and store data from the platform. The interviews involved in this study were conducted in a face-to-face one-on-one manner at a university in Changchun. Each participant is required to undergo a 10 minute interview. The collected data and interview content are used for further analysis.

4.3. Data Processing

The data processing in this study involves a series of system design steps to synthesize, analyze, and interpret the data collected from surveys and interviews. Initially, the data obtained from the survey questionnaire was carefully recorded and subsequently arranged in a spreadsheet. Using the mean as a quantitative descriptor, analyze and process the 4-point Likert scale response, ranging from "1=very ineffective" to "4=very effective". Use descriptive statistics in the form of frequency, ratio, and percentage to present the data. This provides an easy to grasp summary and visual representation of data. Calculate the average response to each item in the survey to indicate the overall pattern and trend of the data.

The further processing of data depends on the type of data. For the parts of the study that involve quantitative data, statistical tests were used. Researchers use chi square tests to compare proportions and determine significant relationships between variables. A p-value of 0.05 was set as the significance level. Therefore, any discovery with a p-value less than 0.05 is considered statistically significant, providing strong evidence against the null hypothesis.

For the qualitative data obtained from interviews, in-depth and detailed thematic analysis was used. After transcribing word for word, the interview records were read multiple times to understand the interviewee's views. These readings allow for the identification of recurring ideas or "themes", and then encoding and categorizing them based on their relevance to the research objectives. This process ensures obtaining relevant insights and profound understanding from qualitative data. Therefore, the combination of this statistical method and qualitative thematic analysis is crucial for achieving research objectives and drawing valuable conclusions from research results.

5. Research Results

The questionnaire survey is mainly aimed at users and recipients of business letters. A total of 60 questionnaires were distributed, and 57 valid questionnaires were collected, with an effective response rate of 95%. The questionnaire contains multiple questions about the evaluation of business letters, and is rated using a 4-point Likert scale.

Project	Strongly Ineffective	Somewhat Ineffective	Somewhat Effective	Highly Effective	average
Learning engagement	15	35	120	115	3.23
Student learning outcomes	10	25	115	135	3.42
Participation	20	40	100	125	3.17
The effectiveness of evaluation	18	32	110	125	3.21

Table 1 – Summary of questionnaire survey results

From the table, it can be seen that the majority of respondents believe that business letters are "effective" or "very effective" in terms of information transmission clarity, format standardization, reader feedback enthusiasm, and cooperation willingness enhancement. The average value exceeds 3, indicating that business letters have shown good performance in multiple aspects. In addition, by comparing the proportions through chi square tests, we found that there are certain differences in the evaluation of business letters among different groups of respondents (such as different positions and industries), but overall they all show positive evaluations. Among them, the significance level was set to $p<0.05$, and multiple comparison results showed statistical significance.

6. Conclusion

E-business simulation experiment system is designed to cooperate with the teaching of e-business in universities. By analyzing the student model, especially the cognitive student model, this article designs a student cognitive model of e-business CAI system, including student model base and student personality inference machine based on fuzzy comprehensive assessment, and implements the model in e-business CAI simulation system. The results show that the students' cognitive recognition effect obtained by the algorithm recommended in this article is better than the traditional algorithm under different quantity of neighbors. The simulation experiment runs in a unified standardized environment. The main body of e-business teaching simulation system is educators and learners, and the orderly operation of the system is promoted through the operations of teachers making experiments, selecting experimental students, supervising experiments and scoring comments. Students also enter the system by participating in experiments and complete the operation of the system in actual combat. Taking an enterprise or a sales company as the simulation core entity, the smooth transmission and integration of e-business data can be realized, and the immediacy and accuracy of management and trade can be achieved, so that students who enter the laboratory for training can learn to deal with various possible problems in practical work by using the data collected by teachers from the actual operation of enterprises and comprehensively using computer information processing technology, and form an all-round e-business business philosophy. At present, the system only emphasizes a simulation demonstration of the whole stage of e-business transaction. In the future, the

system can encrypt the transaction information through encryption algorithm to ensure the integrity of information transmission.

References

Alam A, & Mohanty A. (2023). Cultural beliefs and equity in educational institutions: exploring the social and philosophical notions of ability groupings in teaching and learning of mathematics. International Journal of Adolescence and Youth, 28(1), 2270662.

Borissova D, & Keremedchiev D. (2019). Group Decision Making in Evaluation and Ranking of Students by Extended Simple Multi-Attribute Rating Technique. Cybernetics and Information Technologies, 19(3), 45-56.

Chen X. (2021). An Exploration of Multiple Evaluation Mode in Self-taught Higher Education Examination Based on the Analytic Hierarchy Process and Cluster Analysis. Journal of China Examinations, (3), 15-21.

Chen Y C. (2022). The Online Teacher-Student Interaction Level in the Context of a Scenario-Based Multi-Dimensional Interaction Teaching Environment. International Journal of Emerging Technologies in Learning, 17(12), 135-149.

Chen Y, Culpepper S A. (2020). A multivariate probit model for learning trajectories: A fine-grained evaluation of an educational intervention. Applied psychological measurement, 44(7-8), 515-530.

Cunningham K, Gorman M, & Maher J. (2020). The value of using classroom observations as part of a multi-methodological approach to evaluate student engagement in vocational agricultural education. Educational Research and Evaluation, 26(1-2), 4-29.

Febriyantoro M T. (2020). Exploring YouTube Marketing Communication: Brand awareness, brand image and purchase intention in the millennial generation. Cogent Business & Management, 7(1), 1787733.

Gan W, Sun Y, & Sun Y. (2022). Knowledge interaction enhanced sequential modeling for interpretable learner knowledge diagnosis in intelligent tutoring systems. Neurocomputing, 488, 36-53.

Guan C Y, & Guo W Q. (2021). A Dialectical Research of Multiple Assessment of POA-Based Practical English Writing in a Blended Teaching Environment. Technology Enhanced Foreign Language Education, (2), 30-36+5.

Guo X M, & Chai Y Y. (2018). Vocational students' professional ability: quantitative reconstruction and evaluation. International Journal of Continuing Engineering Education and Life-long Learning, 28(2), 156-168.

Habib M N, Jamal W, Khalil U, & Khan Z. (2021). Transforming universities in interactive digital platform: case of city university of science and information technology. Education and Information Technologies, 26, 517-541.

Hammami S. (2022). Continuous e-Assessment of Student Learning Outcomes in a Multi-Agent Blended Learning System. International Journal of Engineering Education, 38(4), 1159-1178.

Ilieva G, & Yankova T. (2020). Early Multi-criteria Detection of Students at Risk of Failure. Tem Journal-technology Education Management Informatics, 9(1), 344-350.

Kumar E S V, Balamurugan S A A, Sasikala S. (2021). Multi-Tier Student Performance Evaluation Model (MTSPEM) with Integrated Classification Techniques for Educational Decision Making. International Journal of Computational Intelligence Systems, 14(1), 1796-1808.

Li J, Li Z, Liu S F, & Cheng M. (2020). Applying a fuzzy, multi-criteria decision-making method to the performance evaluation scores of industrial design courses. Interactive Learning Environments, 28(2), 191-205.

Lin Q K, Zhu Y F, Lu H, Shi K Z, & Niu Z D. (2021). Improving University Faculty Evaluations via multi-view Knowledge Graph. Future Generation Computer Systems- the International Journal of Escience, 117, 181-192.

Liu S, & Niu Z J. (2018). An empirical research on the improved multidimensional pronunciation teaching assessment model. Foreign Language Learning Theory and Practice, (4), 62-68.

Liu Y H. Gong Q B, Liang B, & Zou J X. (2017). Experimental research on influence of multivariate evaluation system on students' sports learning effect. Journal of Shandong Sport University, 33(6), 106-111.

Mohammad A S, Kaltakchi M T S, Ani J A, Chambers J A. (2023). Comprehensive Evaluations of Student Performance Estimation via Machine Learning. Mathematics, 11(14).

Morrison J Q, Newman D S, & Erickson A G. (2021). Process Evaluation of Literacy Practices within a Multi-Tiered System of Supports Framework. Journal of Applied School Psychology, 37(2), 140-164.

Mumpuni K E, Priyayi D F, Widoretno S. (2022). How do Students Perform a Peer Assessment? International Journal of Instruction, 15(3), 751-766.

Nasrudin N. (2020). Potential pre-post-partum patient safety management problems by input-process-output approach in health care. International Journal of Pharmaceutical Research, 12(3), 3042-3048.

Obeidat F, Tubaishat A, Dillon A, & Shah B. (2018). Analyzing students' performance using multi-criteria classification. Cluster Computing-the Journal of Networks Software Tools and Applications, 21(1), 623-632.

Wang M. (2023). Multi-dimensional dynamic evaluation of MOOC English mixed teaching based on BP neural network. International Journal of Continuing Engineering Education and Life-long Learning, 33(4-5), 351-363.

Wang S Y, Zhai Y, Xu G F, & Wang N. (2023). Multi-Modal Affective Computing: An Application in Teaching Evaluation Based on Combined Processing of Texts and Images. Traitement du Signal, 40(2), 533-541.

Wati M, Novirasari N, & Pakpahan H S. (2018). Evaluation of Scholarly Performance Student Using Multi-Criteria Decision-Making with Objective Weight. 2018 International Electronics Symposium on Knowledge Creation and Intelligent Computing (IES-KCIC), 56-61.

Xu Z X L, Xie J, & Yu Q Q. (2021). Designing New Evaluation Model for Talents. Data Analysis and Knowledge Discovery, 5(8), 122-131.

Zhang X F, & Zhou X H. (2021). Research on Multiple Evaluation System of Student-centered Engineering Practice Ability. Modern Education Management, (2), 77-83.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 02/02/2024
Aceitação/Acceptance: 29/05/2024

Detection method of electric vehicle charging pile space holder based on deep learning

Chen Geng, Jeffrey S. Sarmiento*, Anton Louise De Ocampo, Rowell Hernandez

geng202303@126.com

Batangas State University, The National Engineering University, 4200, Batangas City, Philippines

Pages: 694-709

Abstract: Due to the complex image background, diverse changes in license plate size and position, license plate localization becomes difficult. To optimize the detection effect of electric vehicle charging station occupying vehicles, this study introduces deep learning theory and conducts research on the detection method of electric vehicle charging station occupying vehicles. Firstly, perform grayscale, binarization, coarse localization, and tilt correction on the initial collected images; Then, the connected domain method is used to segment the vehicle characters occupying the space; Finally, the Faster R-CNN neural network was applied, combined with the advantages of Regional Proposal Network (RPN) and Convolutional Neural Network (CNN), to complete the detection of electric vehicle charging station occupancy vehicles. The experimental results show that the application of the proposed method significantly improves the accuracy of license plate localization, with detection accuracy higher than 95.7% and detection time lower than 13.2ms, which is better than the comparison method and has better application effects.

Keywords: Deep learning; Electric vehicles; Charging station occupying vehicles; Intelligent detection; Faster R-CNN neural network

1. Introduction

With the increasing global environmental awareness and the rapid development of new energy vehicle technology, electric vehicles are gradually replacing traditional fuel vehicles and becoming a new choice for urban travel. However, the popularity of electric vehicles has also brought a series of new challenges, among which the problem of charging station occupancy is particularly prominent. The occupancy of charging stations not only reduces the efficiency of charging facilities, but may also cause confusion in charging order, thereby affecting the promotion and application of electric vehicles (Zhang et al. 2023) (Qi et al. 2024). Traditional solutions to the problem of charging station occupancy often rely on manual inspection or simple sensor technology. Although these methods can alleviate the problem of occupying space to a certain extent, there are many shortcomings. For example, manual inspection is inefficient and unable to respond in real-time to occupancy situations; Simple sensor technology, on the other hand, is susceptible to interference from environmental factors, leading to false or false alarms. Therefore, developing an efficient and accurate method for detecting vehicles

occupying charging stations is of great significance for improving the efficiency of charging facilities and optimizing the charging service experience.

In recent years, numerous scholars have conducted research on related issues and have achieved certain research results. Kim D. et al. proposed the AFA Net framework for restoring clear images from driving recorders in unconstrained environments, and combined it with license plate recognition networks to improve the accuracy of vehicle detection (Kim et al. 2024). However, in charging station environments with large changes in light or poor weather, their image restoration ability is limited. Akoushideh A. et al. designed a vehicle detection method that achieves vehicle recognition through license plate detection, segmentation, and character recognition steps, with license plate detection being the key. Faced with challenges such as changes in lighting, weather, and vehicle position, they proposed a unique LPD algorithm to improve accuracy (Akoushideh et al. 2024). Li C. et al. proposed a data generation framework based on de entanglement generation network (DGNet) for amplifying license plate data recognition. But data differences may affect the generalization ability of the recognition model (Li et al. 2024). Ramajo-Ballester A. et al. proposed a dual vehicle recognition system based on license plate recognition and visual encoding, and published the UC3M-LP dataset. However, in complex charging station environments or when vehicles are heavily obstructed, visual encoding may be limited, and the dataset may not include license plate data from specific environments, which may affect recognition performance (Ramajo-Ballester et al. 2024).

This paper proposes a deep learning based detection method for electric vehicle charging station occupancy vehicles, aiming to improve the accuracy and real-time performance of the detection and provide a more reliable solution for practical applications, in response to the actual needs of electric vehicle charging station occupancy vehicle detection.

2. Image preprocessing of electric vehicle charging pile

2.1. Image Denoising

This image collection work mainly relies on the camera equipment installed near the charging pile. In order to ensure the image quality and the accuracy of the subsequent analysis, the acquired electric vehicle charging pile occupying vehicle image needs to undergo fine denoising processing. This step is very important, which can effectively eliminate the noise interference in the image, improve the image clarity, and lay a solid foundation for the subsequent vehicle detection and identification work (Li et al. 2024) (Schirrmacher et al. 2023). After the weighted gray-scale algorithm is used to process the collected initial image, the formula is as follows:

$$Gray = w_R \times R + w_G \times G + w_B \times B \tag{1}$$

In the formula, R,G,B represents the values of the red, green, and blue color components in the image, w_R, w_G, w_B represents the weights of three color components. After completing the processing according to formula (1), to further preserve the details of

the image, the image is binarized. For images, the key to binarization is to have a good threshold to define the foreground and background. This time, the Otsu algorithm is used for operations (Deng et al. 2023) (Wu et al. 2023), also known as the maximum inter class variance method. That is, the larger the variance between the foreground and background classes, the closer the threshold obtained is to the global optimal value.

Assuming that an image has 256 gray levels, and the number of i gray pixels is n_i, and A total of $N = \sum_{i=0}^{L-1} n_i$ pixels (L=256), then the possibility of level i is $p_i = \frac{n_i}{N}$. Now you need to determine a threshold T to maximize the inter-class variance, calculated as follows:

$$P_{w1} = \text{Gray} \sum_{i=0}^{T} p_i \tag{2}$$

$$P_{w2} = \sum_{i=T+1}^{L\text{-}1} p_i = 1 - P_{w1} \tag{3}$$

In formula, P_{w1} represents the probability of w_1 below threshold T, P_{w2} is the probability of w_2 above T, and the gray mean expression of the two classes is as follows:

$$\mu_{w1} = \sum_{i=0}^{T} \frac{\dot{p}_i}{P_{w1}} \tag{4}$$

$$\mu_{w2} = \sum_{i=T+1}^{L-1} \frac{\dot{p}_i}{P_{w2}} \tag{5}$$

The gray-scale mean value calculation formula of the whole image is as follows:

$$\mu = P_{w1}\mu_{w1} + P_{w2}\mu_{w2} \tag{6}$$

The interclass variance is calculated as follows:

$$\sigma^2(T) = P_{w1}(\mu_{w1} - \mu)^2 + P_{w2}(\mu_{w2} - \mu)^2 = P_{w1}P_{w2}(\mu_{w1} - \mu_{w2})^2 \tag{7}$$

Next, update the optimal threshold. If the current inter class variance is greater than the previously recorded maximum inter class variance, update the maximum inter class variance and record the current threshold as the optimal threshold (Pan et al. 2023) (Lin et al. 2023). After traversing various possible thresholds, find the optimal threshold to maximize the variance of the sample. In the case of maximum $\sigma^2(T)$, which is the maximum inter class variance, this value is selected to end the image binarization process. Pixels with values greater than this threshold are all set to white, and pixels with values less than this threshold are set to black. In summary, complete the denoising processing of vehicle images occupied by electric vehicle charging stations.

2.2. Design of coarse positioning and tilt correction of image license plate

In the image processing process, although the denoising step can significantly improve image quality, directly performing license plate recognition on the denoised image still faces two major problems. Firstly, the specific position of the license plate in the image is unclear, which may lead to low efficiency and easy misidentification of the license plate recognition algorithm. Secondly, due to the shooting angle or vehicle tilt, the license plate image may be tilted, which further increases the difficulty and complexity of recognition. To address these issues, after completing image denoising, the license plate in the image is roughly located to quickly identify the approximate area containing the license plate, thereby reducing the scope of subsequent processing. Then, perform tilt correction to adjust the tilted license plate to a normal angle, so that subsequent license plate recognition algorithms can more accurately recognize license plate information. The specific content is as follows:

Step 1: Initialize the data structure. Initialize a heap to store edge pixels; Initialize the stack to store the water surface (an area in the image); Add an initial water surface to the stack and use it as a criterion for ending the algorithm.

Step 2: Select the starting pixel and set the current value. Randomly select a pixel that has not been accessed as the starting point, and set its grayscale value to the current value (Current) (Chen et al. 2023).

Step 3: Add the water surface to the stack. Add a new water surface to the Stack and set its height (or grayscale value) to the current value (Current).

Step 4: Search for neighborhoods and update data structures. Search for its 4 neighboring pixels in a clockwise direction with the current pixel as the center. For each neighborhood pixel that has not been accessed, perform the following operations based on the comparison between its grayscale value and the current value:

If the grayscale value of neighboring pixels is not less than Current, add them to Heap as boundary pixels;

If the grayscale value of neighboring pixels is higher than Current, add the current pixel as a new boundary and update the current value to the grayscale value of neighboring pixels, then return to Step 3 (Pham 2023) (Jung et al. 2024).

Step 5: Calculate the water area and preliminarily locate the license plate. By counting the number of pixels on the water surface at the top of the stack, the water surface area is obtained. Based on the preset license plate area range, filter out the water surface area that may contain the license plate. Record the location and size information of these possible license plate areas for precise positioning in the future.

Step 6: Obtain boundary pixels and update the water surface. Retrieve the boundary pixels corresponding to the current water surface area from Heap. By calculating the MSER value, evaluating the stability of the water surface, and further screening and confirming possible license plate areas, the formula is as follows:

$$MSER = \sigma^2(T)\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(y_i - \hat{y}_i\right)^2 \tag{8}$$

Where n is the number of test samples, y_i is the gray value of the detection water surface, and y_i is the gray value of the detected boundary pixels. If Heap is empty, this algorithm ends. If the gray value of the edge pixel is equal to the current value, return to step 4 and continue looking up. If the gray value of the edge pixel is higher than the current value, update the gray value of all bodies of the water in the stack until the gray level in the stack reaches or equals the gray value of the corresponding boundary pixels in the image.

Step 7: Accurately locate the license plate and mark the image. These areas are marked precisely marked in the original image based on the location and size information of the possible plate areas recorded in Step 5 and Step 6, and the located plate areas are highlighted in the image by drawing the rectangular box.

To sum up, the coarse positioning of the collected image license plate is completed to lay the foundation for the subsequent vehicle identification and detection.

After the preliminary positioning of the image of the car license plate, the image is corrected by tilt, so that the recognition effect of the license plate is optimal. The first decision of the inclination range is $[-\theta,\theta]$, θ is the maximum of the set inclination, and $\Delta\theta=1$ is the smallest increment. Select the target point (x, y)in the image, x, y are the number of rows and column values of the point in the character image. Construct the one-dimensional array $qingxie[z]$, $-\theta \le z \le \theta$, and the element $qingxie[a]$ in this array is used to record the number of points (Luo et al. 2024) with a tilt angle of a between the measured point and the target point.

Then, each feature point in the image is detected and its inclination relative to the target point is calculated and stored into the array. When the image has been processed, view this array $qingxie$ and look for the maximum $qingxie[\theta_0]$ of an element in this array. Finally, the neighbor radius δ is calculated, the element value and $qingxie[\theta_0]$ in array $qingxie[\theta_0,-\delta]$ to $qingxie[\theta_0,+\delta]$ are compared, if the difference is greater than T, it is removed, otherwise, it is labeled as subscript (Wu et al. 2024). Based on this method, each recorded subscript was used as the inclination of the candidate, and the images were corrected by translation and rotation.

On this basis, the best one is selected as the final result of deflection correction. The correction process is as follows: set the rotation center point as P and rotate around the point. The coordinate of the unrotated frame $X-O-Y$ at point P is (a,b), while the coordinate on the frame $X'-O'-Y'$ after the rotation is (c,d) (Pan et al. 2024). At any point (x,y) in the unrotated image, the coordinate of the point is (x',y'), and the image is corrected by rotating the conversion matrix. Its expression is:

$$\begin{cases} x = x'\cos\theta - y'\sin\theta - c\cos\theta + d\sin\theta + a - MSER \\ y = x'\sin\theta + y'\cos\theta - c\sin\theta - d\cos\theta + b - MSER \end{cases} \tag{9}$$

According to the above, the image tilt correction processing is completed, laying a foundation for the subsequent license plate recognition and vehicle detection of electric vehicle charging pile.

3. Electric vehicle charging pile occupying the vehicle license plate character segmentation

After positioning the license plate, it is necessary to divide the license plate characters of the vehicle in order to accurately identify the license plate characters and complete the detection of the vehicle with the electric vehicle charging pile. The connected domain method is used to divide the license plate, specifically as follows: First, mark the image after denoising, coarse positioning and tilt correction; to identify the connection domain of a character. In this method, all pixels in the same connected area are uniformly numbered, and the corresponding labels are marked on different connected areas, so as to identify the whole license plate connected area.The license plate character features are: X_1 X_2 • X_3 X_4 X_5 X_6 X_7, it is 7 characters, the overall level is arranged in the license plate (Proctor-Parker et al. 2024). The length and width ratio of the vehicle license plate in China is about 3.143, while in the actual shooting, the length and width ratio of the license plate collected is about 3.0~3.3. The characteristics of the vehicle license plate are: the word width is 45mm, the height is 90mm, and the ratio of width to height is about 1:2. The characteristic of license plate character spacing is: spacing character width of 10mm, spacing of 12mm (Luo et al. 2024). Among them, X_1 is a Chinese abbreviation, X_2 is English, with a small dot • between X_2 and X_3, and X_3 X_4 X_5 X_6 X_7 is a combination of English and Arabic numbers. Starting from the text characteristics of licence, the first letter is Chinese characters, because English Chinese characters is generally not a connected whole, and English and Numbers is a interconnected whole, therefore, can preliminary estimate, on the connected domain marked text connected domain number more than 7, so as to realize the license of the text connected domain annotation, to obtain for each connected domain have identified, and different colors to represent different connected domain. Then, the line is centered around each connected domain with the smallest external rectangle, and the number of rows and columns corresponding to the position of the upper, lower, left and right boundaries is recorded. The relevant information of the rectangle is as follows: the upper box is $\mathbf{p}^{J} \in R^{1\times N}$, the bottom box is $Down \in R^{1\times N}$, the left box is $Left \in R^{1\times N}$, the right box is $Right \in R^{1\times N}$, where N indicates the number of connected domains. The column number $Left$ in the left box and the column number $Right$ in the right box are descending, and then the top 6 digits of the character are extracted, and the left and right position information of the 6 characters (digital and English) are obtained. Because Chinese characters have no connected fields, they may also be left, right, left, and right structures. Therefore, this time, the maximum value of the remaining numbers is numbered as a column on the right side of the Chinese characters, while the smallest column is numbered as the left column of the Chinese characters. Then, the corresponding upper and lower boundary line numbers are selected, so as to obtain the position information of the upper, lower, left and right of the whole license plate. The first line number position information of the character is: $U \in R^{1\times 7}$, the next line number position information of the character is $D \in R^{1\times 7}$, the left column number position information of the character is $L \in R^{1\times 7}$, and the

right column number position information of the character is $R \in R^{1\times 7}$. But because the third to fifth letters have the possibility of "1", the width of the letter is much narrower than the other letters. If the "1" is separated from the information of the left column and the right column information, it will affect the subsequent "1" meta identification. Therefore, this time, the average width of the first Chinese character and the second English character will be used as the benchmark of the whole character width, and calculated by the following formula:

$$Char = \frac{x[R(1)-L(1)+1]+y[R(2)-L(2)+1]}{2} \tag{10}$$

This time, $C_0 = \frac{Char}{2}$ is taken as the critical point, and the seven characters are treated as follows:

(1) Find the widths of all the characters: $Ł(i) = R(i) - L(i) + 1$, $Ł \in R^{1\in 7}$, and $i = 1,2,3,...,7$.

(2) If $Ł(i) \geq C_0$, if the character is not A '1' character, it will not be processed.

(3) If $Ł(i) < C_0$, the character is '1'. Therefore, this time, the left and right sides of the '1' character are filled with the same width pixel area of 0, so that the character '1' reaches the width $Char$ of the standard character. Since the original character '1' appears as a rectangular white area, this feature is not suitable as a basis for character recognition. However, after the method proposed in this paper, the form of character '1' is more close to the reality, which greatly improves the accuracy of subsequent character recognition. Since the images obtained by character segmentation need to be normalized in a unified format, the segmented character images will be adjusted to the size of row height 32 and column width 16 (in line with the character width ratio of 1:2). Such normalization processing will help the subsequent character recognition smoothly.

4. Detection design of electric vehicle charging pile space holder

After completing the character segmentation of the license plate image, further analysis of the license plate characters is conducted to identify vehicles occupying electric vehicle charging stations. Character recognition is actually the process of converting an image of a character to be recognized into text form. Its principle is to first extract the feature structure of the character to be recognized, match this feature structure with the existing feature structure of a standard character, and if the matching is successful, the standard character is the character to be recognized. Finally, the recognition result is output. Based on the above research, the Faster R-CNN neural network was applied to detect the occupancy of electric vehicle charging stations in this study. The Faster R-CNN neural network combines the advantages of Region Proposal Network (RPN) and Convolutional Neural Network (CNN) to achieve efficient end-to-end object detection, significantly improving detection speed and accuracy. In the scene of occupying vehicle detection, Faster R-CNN can accurately and quickly recognize the vehicle license plate symbols in the image and classify them accurately. Its network structure is shown in Figure 1.

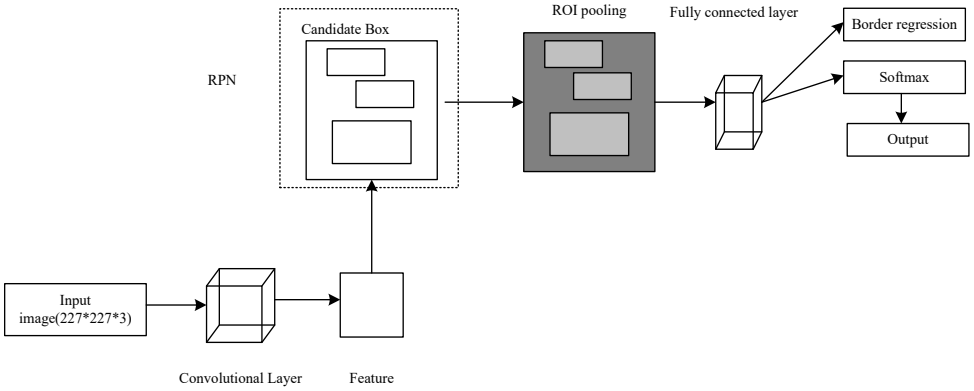


Figure 1 – The network structure diagram of the Faster R-CNN

As shown in Figure 1, this method first uses the convolutional network to extract the shared feature map, then obtains a candidate box through the RPN network, then maps the candidate box with the final convolutional feature map to obtain the final ROIs, and then generates the ROI pooling layer. Finally, the category probability and boundary regression are simultaneously trained using the loss function in the Fast R-CNN model. RPN network is the biggest advantage of fast R-CNN. Its core idea is to use the sliding window and Anchor mechanism to generate candidate boxes using convolutional neural network, and establish a connection between classifier (cls) and regression (regg), classify and score the candidate boxes and conduct regression localization parameters. The structure is shown in Figure 2.

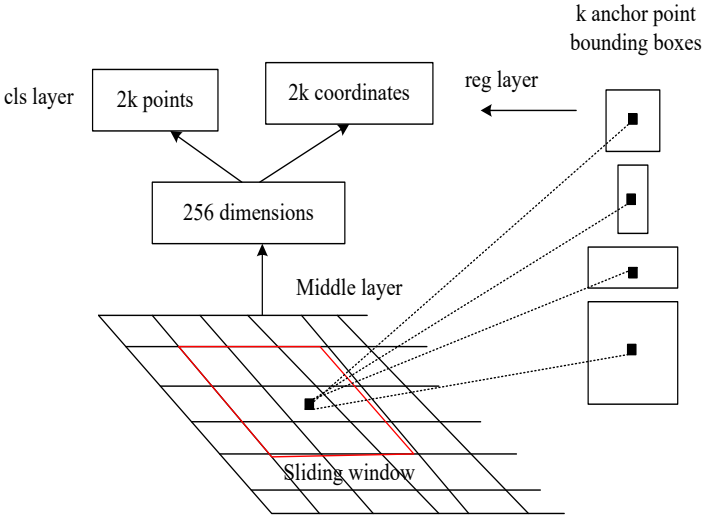


Figure 2 – Working structure diagram of RPN

As shown in Figure 2, the specific process of RPN network is as follows: firstly, the final convolution network is checked once so that each node corresponds to a lower dimension. On this basis, the Anchor (Anchor) algorithm maps the center point (Anchor) to the original image, so as to generate a Anchor box with different area and aspect ratio. Finally, this low-dimensional vector is introduced into two connection layers: classifier (cs) and regression layer (reg). RPN, after using the Anchor mechanism to get the candidate box and the regression layer, the classifier will first pick out the Anchor boxes that may contain the target, and then use the border regression to correct the Anchor boxes.

Softmax Is one kind of linear classifier, which has been widely used in machine learning and deep learning, especially in dealing with multi-classification problems. After obtaining a large number of Anchor boxes, RPN can judge that Anchor boxes belongs to the foreground and background through Softmax, so as to train RPN after marking the Anchor boxes. Softmax the formula for calculating the classification probability is:

$$S_i = \frac{e^{V_i}}{Char} \tag{11}$$

Where i is the category index, V_i is the output of the front level of the classifier and S_i is the relative probability between different categories.

After obtaining the Anchor boxes containing the target, the bounding box needs to be fine-tuned in order to accurately give the target location. Usually the bounding boxes are represented using the vector (x, y, w, h), where x, y represents the central point coordinates of the box and w, h represents the width and height of the box. Here, the border regression is used to fine-tune the boundary box. The specific operation is to use the following four coordinates to complete the transformation, as follows:

$$\begin{cases} t_x = (x - x_a)/w_a \\ t_y = (y - y_a)/h_a \\ t_w = \lg(w/w_a) \\ t_h = \lg(h/h_a) \end{cases} \tag{12}$$

$$\begin{cases} t'_x = (x' - x_a)/w_a \\ t'_y = (y' - y_a)/h_a \\ t'_w = \lg(w'/w_a) \\ t'_h = \lg(h'/h_a) \end{cases} \tag{13}$$

Where (x_a, y_a, w_a, h_a) represents the median coordinate, width and height of the positive sample; (x, y, w, h) represents the median coordinate, width and height of the real frame; (x', y', w', h') is the coordinate, width and height of the regression frame; (t_x, t_y), (t'_x, t'_y) represents the translation of the real box and the regression box; and F and G represent the scale shrinkage of the real box and the regression box.

The generated Anchor boxes is be ed before the RPN training. When the IOU value of the Anchor boxes and target box reaches the maximum or exceeds a set maximum threshold, mark it as positive sample as foreground; if the IOU value of the Anchor boxes and target box is below a set minimum threshold, it is a negative sample; moreover, the remaining Anchor boxes did not participate in this training.

Since the RPN model adopts the multi-task learning method (Multi-task Learning), the output classification score and regression parameters simultaneously by connecting the classification layer and regression layer, and its loss function is as follows:

$$L(p_i,t_i)=\frac{1}{N_{cls}}\sum_i L_{cls}(p_i,p_i')+\lambda\frac{1}{N_{reg}}\sum_i L_{reg}(t_i,t_i') \tag{14}$$

Its classification loss function is:

$$L_{cls}(p_i,p_i')=-\lg\left[p'p_i+(1-p_i')(1-p_i)\right] \tag{15}$$

Its regression loss function is:

$$L_{reg}(t_i,t_i')=R(t_i-t_i') \tag{16}$$

Order R is the SmoothL1 function, expressed as:

$$Smooth_{L1}(x)=\begin{cases}0.5x^2,|x|>1\\|x|-0.5,other\end{cases} \tag{17}$$

In the formula, N_{cls} is the number of Anchors, N_{reg} is the number of positive Anchors, p_i is the probability of the *i*-th Anchor being a positive sample (value range from 0 to 1), p_i' is the label probability (positive sample value is 1, negative sample value is 0), t_i is the coordinate correction value from the positive sample Anchor boxes to the regression bounding box, and t_i' is the coordinate correction value from the positive sample Anchor boxes to the target true box. Based on the Faster R-CNN network, the detection of electric vehicle charging station occupancy vehicles is achieved.

5. Experiments and analysis

5.1. Experimental preparation

Since Faster R-CNN requires much computation during the training phase, a computational power platform must be used. Since the network model of Caffe can be separated from the code, and can support GPU acceleration, Windows / Linux, and Matlab and Python calls, Caffe is used as a deep learning framework. The hardware and software configuration of the experimental environment are shown in Table 1.

Project	Indicator setting
CPU	Intel Core i3-3110M 2C4T @2400MHz
Internal storage	DDR3 12GB
Graphics card	NVIDIA GeForce GT650M Single-precision floating-point operation 630GFLOPS
Software	Windows7 64bit Ultimate Edition SP1 Matlab 2014b Caffe for Windows Visual Studio 2013 Cuda 7.5 Cu DNN 7.5

Table 1 – Hardware and software configuration

The license plate characters of new energy vehicles in China usually include 72 types of characters, including 38 Chinese characters, 24 uppercase English letters, and 10 Arabic numerals. Chinese characters are usually abbreviations that represent provinces, autonomous regions, and municipalities directly under the central government, or special meanings, including Chongqing, Sichuan, Guizhou, Yun, Tibet, Shaanxi, Gansu, Qing, Ning, Su, Zhejiang, Anhui, Fujian, Gan, Lu, Yu, E, Xiang, Guangdong, Gui, Qiong, Beijing, Tianjin, Ji, Liao, Ji, Hei, Shanghai, Yu, Xin, Macao, Hong Kong, Taiwan, Mongolia, Jin, army, navy, academia, and police. English capital letters include A, B, C, D, E, F, G, H, J, K, L, M, N, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z. Arabic numerals include 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, and 9. There are many character categories, and a license plate only contains one Chinese character, but it can contain multiple letter and number characters. Moreover, fuel vehicles and new energy vehicles have different fonts for numbers and letters, so they need to be classified and labeled one by one. Therefore, their data collection often leads to significant differences in the quantity of sample data, which affects the training results. Chinese characters represent the location of the vehicle, and due to differences in shooting locations, it is difficult to achieve absolute balance of Chinese characters. However, achieving approximate balance in experiments is sufficient. In the annotation of Chinese characters, different categories are divided according to provinces. Still using the Windows version of labelPicture, generate an. ml file with a format similar to license plate detection, but with a higher number of categories. This study selected 10 electric vehicle charging stations as research objects, obtained relevant images through cameras, and divided the images into training and testing sets in a 3:1 ratio. The final training set has over 20000 images and the test set has over 7000 images. After the data is organized, generate a. lmdb file for Caffe training. The organization of letters and numerical characters is basically similar to that of Chinese characters. Use this as a data sample for subsequent testing.

5.2. Analysis of the experimental results

Through the above experimental environment, the performance test of electric vehicle charging pile was completed. The proposed method was used to detect the vehicle image, and the results are shown in Figure 3:



（a）Image 1

（b）Image2

（c）Image 3

（d）Image 4

Figure 3 – Detection results

As can be seen from Figure 3, this method can accurately identify the license plate of the cars occupying the parking space, and can realize the detection of the license plate efficiently. Next, the method proposed by Akoushideh et al and the method proposed by Li et al were selected for comparison, and the detection accuracy and detection efficiency were taken as the evaluation index. Next, three methods were used to carry out the occupying vehicle detection, and the detection accuracy results were obtained as shown in Figure 4.

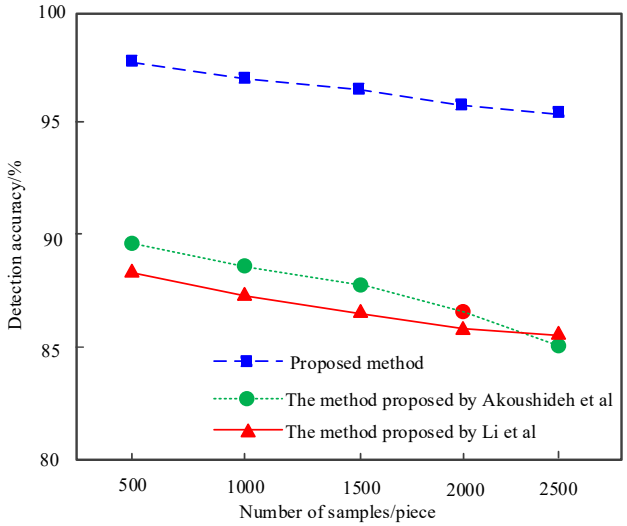


Figure 4 – Comparison of detection accuracy

As shown in Figure 4, with the increasing number of detection samples, the detection accuracy of the three methods decreases to different degrees, but the detection accuracy of the proposed method is higher than 95.7%, while the two comparison methods, the detection accuracy is lower than 90%, and the application effect of the proposed method is better. This is mainly due to the application of the proposed method to effectively simplify the image information, highlight the target features, and greatly improve the detection accuracy of the proposed method through the gray scale, the binarization, the coarse positioning and the tilt correction.

Finally, 700 images were selected as test samples and divided into 7 groups. Three methods were applied to detect vehicle image detection, and the results are shown in Table 2.

Test times	The proposed method is time-consuming / ms	The method proposed by Akoushideh et al for detection is time-consuming / ms	The method proposed by Li et al for detection is time-consuming / ms
1	13.2	41.2	48.7
2	12.8	40.2	47.9
3	12.6	40.1	47.5
4	12.3	39.2	47.5
5	12.1	39.7	47.3
6	11.8	39.6	47.1
7	11.5	39.1	47.0

Table 2 – Comparison of the test efficiency

As shown in Table 2, the detection time of the proposed method is lower than 13.2ms, while the detection time of the two comparison methods is higher than 39.1ms, which proves that the detection efficiency of the proposed method is better. This is mainly due to the application of the proposed method using the Faster R-CNN neural network in deep learning, which can learn the deep characteristics of the target in the training process, so as to achieve fast and accurate target detection.

6. Conclusion

In order to improve the detection efficiency and accuracy of electric vehicle charging station occupancy vehicles, an occupancy vehicle detection method was designed by introducing deep learning theory. The conclusions are as follows:

1. By applying the proposed method, the detection efficiency and accuracy of electric vehicle charging station occupying vehicles have been significantly improved. Specifically, the detection time is less than 13.2ms, which is much lower than that of the comparison method, indicating that the proposed method performs excellently in real-time performance and can quickly respond and process a large number of detection tasks. At the same time, the detection accuracy is higher than 95.7%, which is better than the comparison method, proving the accuracy of the proposed method in identifying occupying vehicles. This improvement is mainly attributed to the powerful capabilities of deep learning models, especially the Faster R-CNN neural network's deep learning and accurate extraction of target features.
2. The preprocessing steps and the application of connected domain methods in the proposed method play a crucial role in improving detection performance. The preprocessing steps effectively simplify image information, highlight target features, and provide a more favorable data foundation for subsequent object detection. The connected domain method achieves precise segmentation of vehicle license plate characters, reducing recognition errors caused by character adhesion or breakage. The optimization of these steps together improves detection accuracy and efficiency.

This study can better identify and manage occupying vehicles, ensure timely release and efficient utilization of charging stations, which plays an important role in promoting the popularization and sustainable development of electric vehicles.

References

Zhang, S., Jiang, Q., Li, H., Cao, B., & Fan, J. (2023). PURP: A Scalable System for Predicting Short-Term Urban Traffic Flow Based on License Plate Recognition Data. Big Data Mining and Analytics, 7(1), 171-187.

Qi, W., Rao, B., & Fu, C. (2024). A Novel Filtering Method of Travel-Time Outliers Extracted from Large-Scale Traffic Checkpoint Data. Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems, 150(2), 04023133.

Kim, D., Kim, J., & Park, E. (2024). AFA-Net: Adaptive Feature Attention Network in image deblurring and super-resolution for improving license plate recognition. Computer Vision and Image Understanding, 238, 103879.

Akoushideh, A., Shahbahrami, A., & Afshany, A. J. (2024). Parallelization of license plate localization on GPU platform. Multimedia tools and applications, 83(1), 2551-2564.

Li, C., Yang, X., Wang, G., Zheng, A., Tan, C., & Tang, J. (2024). Disentangled generation network for enlarged license plate recognition and a unified dataset. Computer Vision and Image Understanding, 238(1), 1-12.

Ramajo-Ballester, Á., Moreno, J.M.A., & de la Escalera Hueso, A. (2024). Dual license plate recognition and visual features encoding for vehicle identification. Robotics and Autonomous Systems, 172, 1-12.

Li, W., Liu, C., Wang, T., & Ji, Y. (2024). An innovative supervised learning structure for trajectory reconstruction of sparse LPR data. Transportation, 51(1), 73-97.

Schirrmacher, F., Lorch, B., Maier, A., & Riess, C. (2023). Benchmarking Probabilistic Deep Learning Methods for License Plate Recognition. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 24(9), 9203-9216.

Deng, J., Wei, H., Lai, Z., Gu, G., Chen, Z., Chen, L., & Ding, L. (2023). Spatial Transform Depthwise Over-Parameterized Convolution Recurrent Neural Network for License Plate Recognition in Complex Environment. Journal of Computing and Information Science in Engineering, 23(1), 1-8.

Wu, X., Wang, X., Gao, H., & Qin, H. R. (2023). Image Segmentation Algorithm by Fusion of Improved Artificial Bee Colony and Otsu. Computer Simulation, 40(6), 229-233.

Pan, S., Chen, S.B., & Luo, B. (2023). A super-resolution-based license plate recognition method for remote surveillance. Journal of Visual Communication & Image Representation, 94(6), 1-10.

Lin, C., Hsu, M., & Yeh, C. (2023). License Plate Recognition System for Taiwanese Vehicles Using Cascade of YOLOv4 Detectors. Sensors and Materials: An International Journal on Sensor Technology, 35(6), 2129-2137.

Chen, Q., Li, M., Wang, C., Liu, X., & Tang, J. (2023). Cycle-Based Estimation on Lane-Level Queue Length at Isolated Signalized Intersection Using License Plate Recognition Data. Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems, 149(1), 1-12.

Pham, T. (2023). Effective deep neural networks for license plate detection and recognition. The Visual Computer, 39(3), 927-941.

Jung, H., Eschmann, F., & Schindler, C. (2024). Experimental investigation on RFID-odometer-based localization of an automated shunting vehicle. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit, 238(1), 14-23.

Luo, L.Y., Du, Y.L., Yi, T. H., & Zhang, S.H. (2024). Joint Identification of Cable Force and Bending Stiffness Using Vehicle-Induced Cable-Beam Vibration Responses. Journal of Bridge Engineering, 29(2), 1-11.

Wu, J., Sun, X., Yang, S., Ye, H., Sun, X., & Huang, K. (2024). Flow field identification and water resistance calculation method of underwater tracked vehicle based on artificial lateral line. Applied Ocean Research, 142, 1-7.

Pan, Y., Fang, W., Ge, Z., Li, C., Wang, C., & Guo, B. (2024). A hybrid on-line approach for predicting the energy consumption of electric buses based on vehicle dynamics and system identification. Energy, 290(5), 1-14.

Proctor-Parker, C., & Stopforth, R. (2024). Radio frequency identification (RFID) stock control and geo-location data system from a moving vehicle. Journal of Engineering, Design and Technology, 22(1), 159-181.

Luo, C., Wang, L., Xie, Y., & Chen, B. (2024). A New Conjugate Gradient Method for Moving Force Identification of Vehicle–Bridge System. Journal of Vibration Engineering & Technologies, 12(1), 19-36.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 13/02/2024
Aceitação/Acceptance: 16/05/2024

The Impact of Leadership on Innovative Behavior of Hotel Employees under Information Engineering Iteration

Peng Cheng[1,2]

chengpeng198902@163.com

[1] Department of Economic Management, Maoming Vocational and Technical College, Maoming 525000, China

[2] School of Hospitality, Tourism & Events, Faculty of Social Sciences & Leisure Management, Taylor's University, Subang Jaya 47500, Malaysia

Pages: 710-720

Abstract: With the continuous iteration of information engineering technology, the hotel industry is undergoing unprecedented changes. In this context, the role of leadership in promoting innovative behavior among hotel employees is becoming increasingly prominent. This article delves into how leadership affects the innovative behavior of hotel employees under the iteration of information engineering, and analyzes its underlying mechanisms. Firstly, the iteration of information engineering has brought about changes in management models and innovations in operational models for the hotel industry. This transformation requires leaders to have higher information literacy and innovation ability to lead hotels to adapt to the development of new technologies. By formulating innovation strategies and advocating for an innovative culture, leaders have set an example of innovation for employees and stimulated their willingness to innovate. Secondly, leadership plays an important role in promoting knowledge sharing and team collaboration. Under the iteration of information engineering, knowledge sharing has become more convenient and efficient. By establishing effective communication mechanisms and knowledge sharing platforms, leaders have promoted knowledge exchange and collaboration among different departments and positions, providing strong support for employee innovation activities.

Keywords: Information Engineering; Hotel Employees; Innovative Behavior; Operation Mode

1. Introduction

With the rapid development of information technology, the application of information engineering in various industries is becoming increasingly widespread, and the hotel industry is no exception. The iteration of information engineering not only changes the management and operation mode of hotels, but also poses new challenges to leadership. In this context, how leadership affects the innovative behavior of hotel employees has become a topic worth exploring in depth. This article will analyze the impact of leadership on innovative behavior of hotel employees from the perspective of information

engineering iteration, and propose corresponding management suggestions. The iteration of information engineering has brought about profound changes in hotel management models (Akram et al. 2020). The traditional hotel management model relies on manual operations and paper records, which is inefficient and prone to errors. Modern hotels have achieved real-time data collection, analysis, and application by introducing advanced information management systems, greatly improving management efficiency. For example, hotels can track customer needs in real-time through customer management systems (CRM), achieve precise cost control through financial management systems, and optimize employee scheduling and performance evaluations through human resource management systems. The iteration of information engineering has also driven innovation in hotel operation models. By introducing new technologies such as smart rooms, self-service check-in, and virtual front desk, hotels not only enhance customer experience but also reduce operating costs (El-Kassar et al. 2022). For example, smart guest rooms can monitor the environmental parameters inside the room in real time through IoT technology, automatically adjust temperature, humidity, and light, and improve the comfort of customers' living; Self service check-in and virtual front desk reduce the workload of front desk staff, allowing customers to complete check-in procedures more quickly. In the context of information engineering iteration, leadership is first reflected in leading the direction of innovation. Leaders need to have sharp insight and forward-looking vision, be able to accurately grasp industry development trends and technological change directions, and formulate innovative strategies that meet the requirements of the times for hotels (Engen et al. 2021). At the same time, leaders also need to actively promote an innovative culture, encourage employees to be brave enough to try new things and methods, and provide a continuous source of motivation for the hotel's continuous innovation. The iteration of information engineering makes knowledge sharing more convenient and efficient. Leaders need to play a bridging role in promoting knowledge exchange and sharing between different departments and positions. By regularly organizing internal training, sharing meetings, and other activities, employees can be informed of the latest industry trends and technological trends, enhancing their professional competence and innovation ability. At the same time, leaders also need to establish effective communication mechanisms to ensure the smooth transmission and sharing of information within the organization. In the iterative process of information engineering, optimizing resource allocation is crucial. Leaders need to allocate human, material, and financial resources reasonably based on the actual situation and development needs of the hotel, to ensure the smooth implementation of innovative projects. At the same time, leaders also need to pay attention to the efficiency of resource utilization, and by introducing advanced information management systems, achieve refined management and dynamic adjustment of resources, and improve the efficiency of resource utilization.

2. Related Research

The Attribution Theory of Leadership originated in the 1840s, emphasizing that the talent of leaders and the willingness of employees to follow leaders are based on leadership behavior, and the behavioral traits of leaders have a direct impact on the thoughts and behaviors of employees. Therefore, leadership behavior theory is often used to demonstrate the impact of leader behavior traits on employee behavior, and it

can clearly explain the impact of leadership demonstrated by specific leader behavior traits on employee behavior. Scholars at home and abroad have been striving to classify different leadership behaviors in order to seek the best way of leadership behavior, but so far, there has been no recognized optimal leadership behavior trait (Kwon and Kim, 2020).

Based on the perspective of leadership scenarios, some scholars emphasize the impact of electronic information technology scenarios on leaders. In addition, some scholars have proposed the concept of information leadership from a technical perspective, mainly emphasizing the characteristics of low-cost and efficient collection and dissemination of information through information technology means. Most of the research on information technology leadership by domestic scholars focuses on the information technology leadership of principals, with relatively little research in the field of enterprises. This study mainly explores the impact of enterprise information leadership on employee behavior. Therefore, it mainly lists the concept definition of enterprise information leadership. Domestic scholars mainly define the concept from three perspectives. The first is to combine the changes in leadership situations and elements in the context of the electronic information age to define the concept of information leadership. The second is to emphasize the impact of the information technology environment on leadership behavior. The third point is to define information leadership through the application of information systems (Mehmood et al. 2023).

Based on the above research results, it can be seen that information leadership comes into being when working under the guidance of information technology, especially the Internet, in the electronic information environment. Its main characteristics include a certain awareness of information technology and emphasis on the use of electronic information technology in work, giving full play to the convenience and efficiency of information technology, establishing regular communication channels with employees, flexibly using information technology to promote various management work, and using the timeliness of information technology to give timely feedback and incentive to employees. Therefore, this article believes that information leadership refers to the ability of leaders in the knowledge economy era to use information technology as a medium, integrate resources, motivate and influence employees, and continuously achieve personal and corporate goals (Ting et al. 2021).

Based on the above reality, this article reviews domestic and foreign literature on internal entrepreneurship, clarifying the connotation of internal entrepreneurship from different perspectives. Introducing new leadership as a predictive factor for employee internal entrepreneurial behavior can help expand research on the antecedents of internal entrepreneurship. The changes in the market and economic environment have increasingly highlighted the importance of human capital, and enterprises attach importance to encouraging employees to engage in internal entrepreneurship to obtain new growth momentum. However, not all employees have the willingness to start a business. Only a small number of internal entrepreneurs find it difficult to bring strong impetus to the development of the enterprise. Only by encouraging all employees to start their own businesses as much as possible can we truly achieve win-win results (Vihari et al. 2022). Therefore, studying the incentive mechanism of internal entrepreneurial behavior among employees will be of great significance for the development of enterprises in the new era. Furthermore, a low willingness of employees to start a business does not

necessarily mean that they will not engage in internal entrepreneurial behavior. Because even without internal motivation, employees may still engage in behaviors expected by the organization under the influence of external factors (Shehzad et al. 2022). Exploring the mediating role of cooperative psychological atmosphere will help verify the external motivational pathways that motivate employees to engage in internal entrepreneurial behavior. Using role width self-efficacy as a moderator can help clarify specific pathways for motivating low motivation employees (Ogbeibu et al. 2021). Not only can it help enterprise managers use more targeted methods to guide most employees to form positive emotions and promote internalization of motivation, but it also provides new ideas for the development and management of employees.

3. The Relationship between Information Leadership, Knowledge Sharing, and Employee Innovation Behavior

3.1. Informatization Stimulates Innovation Willingness

As a new type of leadership, there is currently very little research on the relationship between information technology leadership and employee innovation behavior in domestic and foreign literature. However, there is a mature research on the impact mechanism of other leadership traits or behaviors on employee innovation behavior, which can serve as a theoretical reference for this study. Transformational leadership style has a significant impact on employee innovative behavior (Liu et al. 2021). When leaders exhibit more transformational leadership behavior, employees are more likely to develop innovative behavior. The process and approach of inclusive leadership, characterized by openness, equality, participation, accessibility, and usability, can effectively promote innovative behavior among employees (Li et al. 2021). Entrepreneurial leaders are usually more receptive to innovative thinking, enjoy challenging mainstream logic, and are good at reflection. They use various incentive methods to encourage employees to contribute to innovation and entrepreneurship, thus having a more significant predictive effect on employee innovation behavior. Ethical leaders actively listen and are willing to accept the knowledge resources of employee organizations as strategic resources that can create competitive advantages for the organization (Huang et al. 2022). In the information age, the acquisition, storage, and utilization of knowledge resources have become key factors for enterprises to gain competitive advantages. Previous studies have shown that leaders can effectively promote employee knowledge sharing, such as relationship oriented leaders respecting and caring for subordinates, emphasizing the cultivation and enhancement of relationships between employees, creating a relatively harmonious atmosphere among subordinates. Employees are willing to share their knowledge, experience, and skills, which can have a certain promoting effect on knowledge sharing among employees. Self sacrificial leadership stimulates employee knowledge sharing behavior by leveraging referential power and subordinates' perception of benefits (Chatterjee et al. 2020). Transformational leadership promotes knowledge sharing among employees through open communication, establishing a trusting atmosphere among members, motivating vision, and encouraging employees to actively express and share their ideas. Even some scholars have studied the specific behavior of leaders and found that leaders can effectively reduce the spatiotemporal barriers between knowledge and employees through the updating and improvement of information and communication

technologies (Fang et al. 2022). Therefore, the convenience of employees obtaining information promotes knowledge sharing. The leader's information system capability can utilize rich information media to achieve rich information communication functions across enterprise boundaries, enabling timely and rapid information exchange, thereby promoting knowledge sharing within the organization. In summary, previous studies have found that leadership traits and abilities with different leadership styles have a promoting effect on employee knowledge sharing, such as open communication, trust building, and information system capabilities. These leadership traits and abilities intersect and share similarities with the traits and abilities included in the information leadership proposed in this study. Therefore, based on the above research results, this article explores the impact of information leadership on knowledge sharing.

3.2. Leadership, Knowledge Sharing, and Employee Innovation Connections

Through the sorting and analysis of existing research, it can be found that in the era of increasingly widespread information technology, information technology has been deeply applied in various aspects of work, and leaders have gradually realized the importance of informatization for the survival and competition of enterprises. Previous studies have shown that the improvement of employee innovation ability is crucial for the survival and development of organizations, determining the overall level of organizational innovation. It is the key for enterprises to win competitive advantages in the trend of informatization, and knowledge sharing is a prerequisite for developing new technologies and products, and the primary resource for winning competitive advantages. Therefore,

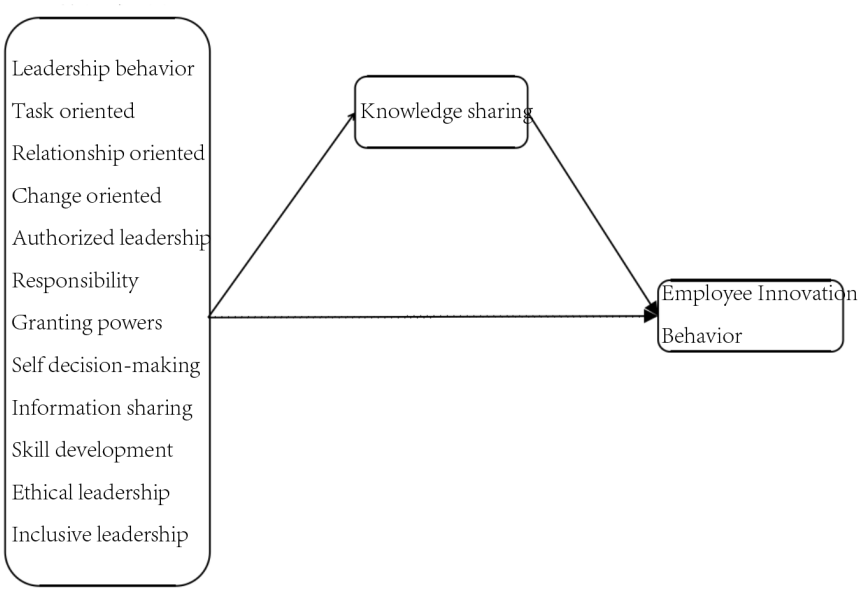


Figure 1 – Schematic diagram of sharing relationship results

research on employee innovation behavior and knowledge sharing has become one of the hotspots in current leadership theory research. However, currently, there is still a lack of research on the relationship between information leadership, knowledge sharing, and employee innovation behavior, which is still in the exploration and discussion stage.

As a research hotspot, there are many empirical studies in existing literature that study the effects of leadership behavior or leadership style on employee innovation behavior through knowledge sharing transmission mechanisms, starting from the perspective of leadership behavior or leadership style. Please refer to Figure 1 for details. This study can serve as a theoretical reference to deeply explore the mechanism of the interaction between information leadership, knowledge sharing, and employee innovation behavior.

4. Results and Discussion

4.1. Questionnaire Investigation

After completing the survey questionnaire design for this study, pre testing of the questionnaire was immediately carried out. According to the research content, it can be found that the main survey subjects of this study are enterprises. In the process of distributing questionnaires to several sample companies, the distribution of questionnaires was mainly carried out through a combination of on-site distribution and commissioned distribution. The number of questionnaires for each sample company was controlled within 25, and the number of questionnaires for each department in each sample company was controlled within 10 to ensure uniform sample distribution and improve the effectiveness of pre testing. In the pre survey section of this study, a total of 191 pre test questionnaires were distributed and 183 valid questionnaires were collected, with an effective response rate of 95.81%. The basic information of the pre test samples is shown in Table 1:

Project	Classification	Sample size	Percentage (%)
Gender	male	93	53.4
	female	85	46.4
Education	junior college	102	35.5
	undergraduate	24	47.8
	master	57	65.5
Years of work experience	Within one year	55	45.8
	1-3 years	63	55.5
	Over 3 years	72	32.5

Table 1 – Basic Information

4.2. Test Project Analysis

There are three commonly used project analysis methods, including correlation between item and total score, reliability test, and commonality test. Due to the fact that the

Information Leadership Scale used in this study is a self-developed scale, in order to ensure the accuracy of questionnaire development, three methods were used to test it during project analysis, while only reliability testing was conducted on the Knowledge Sharing and Employee Innovation Behavior Measurement Scale. Reliability testing of the scale can not only test the overall reliability of the scale, but also the consistency between each item and the expected measurement construct, as well as the degree of fit between each item and the corresponding dimension. When deleting a certain item, if the reliability of the scale does not decrease, it indicates that the homogeneity of this item with other items is not high and does not match the expected measurement construct. It is recommended to delete or modify this item. Generally speaking, Cronbach's alpha coefficient is a widely recognized reliability measure by scholars. The alpha coefficient generally ranges from 0 to 1. The closer the alpha coefficient is to 1, the higher the reliability of the scale. Generally, 0.65 is the minimum acceptable alpha coefficient, less than 0.65 indicates poor reliability of the scale, and when the alpha coefficient is greater than 0.8, it indicates good reliability of the scale. This study used SPSS 19.0 to conduct item analysis on research variables, and the specific test results are as follows: According to the analysis results in Table 2, the overall alpha coefficient of the scale is 0.957. Except for question A1, deleting any other item will reduce the alpha coefficient of information leadership, indicating that the homogeneity of the A1 item with the psychological and behavioral traits measured by the scale is not high compared to other items, and the correlation between A1 and the total score is less than 0.6. Although the commonality is greater than 0.2, the commonality is much smaller than the other items. Therefore, this study plans to remove the Al item from the Information Technology Leadership Scale.

Dimension	Test Item	Alpha value during project deletion	The relevance of the project to the total score	Commonality
Information literacy	A1	0.955	0.553	0.303
	A2	0.953	0.634	0.425
Information communication and exchange	A3	0.956	0.665	0.415
	A4	0.955	0.725	0.522
Informationization incentives	A5	0.963	0.771	0.567
	A6	0.921	0.725	0.612
Implementation of information technology tasks	A7	0.945	0.766	0.635
	A8	0.845	0.548	0.578

Table 2 – Reliability test results of information leadership (N=183)

After the above questionnaire pre testing, the test results show that the Knowledge Sharing Scale and the Employee Innovation Behavior Scale have good reliability and validity, so all items and dimension divisions are retained. In the Information Technology Leadership Scale, A1 has low homogeneity with other items and did not pass the test. It was deleted and A9 was reclassified from the dimension of information communication expression to the dimension of information motivation. A11 was

reclassified from the dimension of information communication to the dimension of information task promotion. Finally, a total of 6 items were determined for the dimension of information literacy, measuring managers' understanding, application of information technology, as well as their ability to collect and utilize various information resources; There are four dimensions of information communication and exchange, measuring the ability of managers to communicate with employees through information technology and promote their ability to express themselves; There are a total of 6 items in the dimension of information technology incentives, measuring the ability of managers to use information technology to motivate employees in various ways; There are four dimensions for promoting information technology tasks, measuring the ability of managers to use information technology to advance work tasks.

5. Discussion

From the perspective of knowledge collection, among the four dimensions of information leadership, information literacy, information communication and exchange, and information task implementation have a significant positive impact on knowledge collection ($\beta=0.153$), $P<0.05$;$\beta=0.152$,$P<0.05$;$B=0.149$,$P<0.05$), However, the positive impact of information incentives on knowledge collection is not significant ($\beta=0.069$, $P>0.05$). It can be found that information leadership has a promoting effect on knowledge collection, mainly through information literacy, information communication and communication, and information task implementation. The impact of information incentives on knowledge collection is not significant. The higher the level of information literacy, the more familiar they are with the characteristics and functions of various information technologies related to work. They often use information technology to obtain resources (management experience, excellent talents, etc.) and data for decision-making and strategic planning. It can be seen that leaders with higher information literacy pay more attention to obtaining the latest news and dynamics through information technology channels to adapt to the rapidly changing competitive environment. For employees, the behavior of leaders undoubtedly has the most direct impact, and leaders with higher information literacy will also have more knowledge gathering behaviors under their subordinates. In the process of communicating with others, a lot of useful knowledge and information can be obtained. Frequent communication not only increases mutual understanding among employees, but also allows them to have a clearer understanding of the intellectual capital and resources that colleagues around them use, providing favorable conditions for knowledge collection. The implementation of information technology tasks communicates work tasks, project progress, and supervision to employees in the form of online publication, which helps to cultivate employees' knowledge collection inertia. Although information technology incentives enable employees to be incentivized on a more open, fair, and just basis, enabling them to obtain more symmetrical information. When collecting knowledge, it can quickly identify consulting objects, which is beneficial for knowledge collection. However, empirical research does not support this point, which may be due to the fact that leaders currently do not use information technology incentives frequently, with relatively long

time intervals, which have not attracted the attention of employees, and the incentive information published on relevant platforms is too simple, with insufficient information disclosure, failing to provide employees with usable information.

According to research results, knowledge sharing has a significant positive impact on employee innovation behavior (β=0.571, P<0.001), among which knowledge contribution and knowledge collection have a significant positive impact on employee innovation behavior (β=0.247), P<0.001; β=0.359, P<0.001). Frequent exposure to new things and knowledge is the only way to generate new ideas. Whether it is knowledge collection or knowledge contribution, it is the best choice to be exposed to new knowledge and information. By collecting the resources and information they need, knowledge collectors can not only solve their own confusion, promote work progress, but also expand their horizons and knowledge, increase the probability of encountering new things, and thus be more likely to generate innovative behavior compared to employees who have not collected knowledge. For knowledge contributors, contributing their existing knowledge can promote the exchange of knowledge and information among employees. In the process of knowledge exchange, it is easier to generate cognitive collisions and obtain opinions and suggestions from others, which helps employees improve and perfect their own behavior, thus having a positive promoting effect on the emergence of innovative behavior.

6. Conclusion

The impact of leadership on innovative behavior of hotel employees is becoming increasingly significant in the context of information engineering iteration. By leading the direction of innovation, promoting knowledge sharing, and optimizing resource allocation, leadership can stimulate employees' willingness to innovate, provide innovation support, and strengthen innovation motivation. At the same time, hotel managers should also attach importance to the cultivation of information technology leadership, establish a sound innovation incentive mechanism, strengthen knowledge sharing and team building, and pay attention to the growth and development of employees to ensure the continuous innovation and development of the hotel. May we improve the efficiency of knowledge sharing. Therefore, to improve the efficiency of employee knowledge sharing, in addition to promoting employee knowledge sharing behavior through the leader's information literacy, information communication and expression ability, and information task implementation ability, it is also necessary to establish a sound information incentive system, and fundamentally improve employee knowledge sharing efficiency through effective information incentive methods. Encourage each employee to express their own opinions in meetings, and be able to understand and respect the opinions of employees from different regions, cultures, and ethnicities, so as to facilitate smooth communication and meet the emotional needs of employees; In addition, timely feedback and encouragement (likes, shares, comments, etc.) can be provided to employees on their knowledge sharing behavior, and public recognition of their sharing behavior and results can be achieved through relevant communication platforms, clarifying work development goals and achieving employee motivation goals.

Reference

Akram T, Lei S, Haider M J, Hussain S T. (2020). The impact of organizational justice on employee innovative work behavior: Mediating role of knowledge sharing. Journal of Innovation & Knowledge, 5(2), 117-129.

Chatterjee, S., Moody, G., Lowry, P. B., Chakraborty, S., & Hardin, A. (2020). Information Technology and organizational innovation: Harmonious information technology affordance and courage-based actualization. The Journal of Strategic Information Systems, 29(1), 101596.

El-Kassar A N, Dagher G K, Lythreatis S, Azakir M. (2022). Antecedents and consequences of knowledge hiding: The roles of HR practices, organizational support for creativity, creativity, innovative work behavior, and task performance. Journal of Business Research, 140, 1-10.

Engen M, Fuglsang L, Tuominen T, Sundbo J, Møller J K, Scupola A, Sørensen F. (2021). Conceptualising employee involvement in service innovation: an integrative review. Journal of Service Management, 32(5), 702-751.

Fang, Z., Razzaq, A., Mohsin, M., & Irfan, M. (2022). Spatial spillovers and threshold effects of internet development and entrepreneurship on green innovation efficiency in China. Technology in Society, 68, 101844.

Huang, W., Chau, K. Y., Kit, I. Y., Nureen, N., Irfan, M., & Dilanchiev, A. (2022). Relating sustainable business development practices and information management in promoting digital green innovation: evidence from China. Frontiers in Psychology, 13, 930138.

Kwon K, Kim T. (2020). An integrative literature review of employee engagement and innovative behavior: Revisiting the JD-R model. Human resource management review, 30(2), 100704.

Li, C., Shi, Y., Ni, Q., & Zhao, M. (2021). Effects of social interactions and information bias on the willingness to pay for transboundary basin ecosystem services. Journal of Environmental Management, 296, 113233.

Liu, Z., Sun, J., Zhu, W., & Qu, Y. (2021). Exploring impacts of perceived value and government regulation on farmers' willingness to adopt wheat straw incorporation in China. Land, 10(10), 1051.

Mehmood K, Zia A, Alkatheeri H B, Jabeen F, Zhang H. (2023). Resource-based view theory perspective of information technology capabilities on organizational performance in hospitality firms: a time-lagged investigation. Journal of Hospitality and Tourism Technology, 14(5), 701-716.

Ogbeibu, S., Pereira, V., Emelifeonwu, J., & Gaskin, J. (2021). Bolstering creativity willingness through digital task interdependence, disruptive and smart HRM technologies. Journal of Business Research, 124, 422-436.

Shehzad, M. U., Zhang, J., Alam, S., & Cao, Z. (2022). Determining the role of sources of knowledge and IT resources for stimulating firm innovation capability: a PLS-SEM approach. Business Process Management Journal, 28(4), 905-935.

Ting I W K, Sui H J, Kweh Q L, Nawanir G. (2021). Knowledge management and firm innovative performance with the moderating role of transformational leadership. Journal of Knowledge Management, 25(8), 2115-2140.

Vihari N S, Yadav M, Panda T K. (2022). Impact of soft TQM practices on employee work role performance: role of innovative work behaviour and initiative climate. The TQM Journal, 34(1), 160-177.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 22/03/2024
Aceitação/Acceptance: 29/06/2024

Risks of Social Interaction Order in Metaverse and Legal Responses

Jianchu Zou*, Xiaowei Hu

hcxyzjc@hcnu.edu.cn; zscqfxyj@163.com

Faculty of Law, Krirk University, Bangkok, 10220, Thailand.

Pages: 721-739

Abstract: In the real world, real human beings have specific, clear, and public social roles and relatively stable social relationships. In the metaverse, users can create any humanoid or non-humanoid virtual characters, and can switch to any metaverse scene in any role, and can often engage in related activities in a hidden identity in the metaverse. Meanwhile, different virtual characters in different scenes form different and complex virtual social relationships. Due to the lack of complete legal systems in the metaverse, the ambiguous, elusive, deceptive, and opaque characters and the virtual social relationships they spawn, which are ephemeral and complex, pose unprecedented legal challenges to the interaction order of the metaverse's politics, economy, culture, and daily life of users. Political information dissemination, virtual asset disputes, content generation copyright issues, and other political and economic disorder problems, as well as the risk of users becoming addicted to metaverse interaction roles and losing interest in real-life interactions with the opposite sex, and anonymous remote sexual assault, pose serious challenges to real-world social interaction order and require legal revision and improvement to address.

Keywords: Metaverse Social; Order; Risk; Law; Response

1. Introduction

The metaverse is a visual world that blends the physical world and digital world (Zhao et al., 2022). The Metaverse is an interconnected web of social, networked immersive environments in persistent multiuser platforms (Mystakidis, 2022). The foundation for stable and harmonious social order is a healthy, rational, and orderly social structure, which includes structural elements such as politics, economy, culture, and is composed of combinations of these elements in a specific order to form relatively stable social stratum structures, social organization structures, social division of labor structures, family structures, and consumption structures, among others. The social aspect of the metaverse is multi-dimensional and interactive, in addition to the traditional audio-visual enjoyment provided by text and video, the metaverse, supported by XR technologies such as VR, AR, and MR, and 3D technology, brain-computer interface technology, etc., allows users to obtain more realistic, multi-dimensional, and immersive sensory interaction experiences and ultimate enjoyment at any time and place. Real

people in the real world have clear, stable, and public roles and social relationships, while the virtual people representing real users in the metaverse immersion experience can assume any role they need in different scenarios, forming different virtual social relationships. The ambiguous, variable, and opaque roles and complex intertwined virtual social relationships bring challenges and impacts on people's normal social order and legal order. For example, young users may become addicted to the immersive experience of virtual love roles in the metaverse, even becoming infatuated with virtual objects, gradually losing interest in real-life opposite sexes, choosing to live with virtual objects instead, becoming socially isolated, unmarried, and childless in reality, causing shrinkage of the human society and population. Severe privacy invasions and security breaches (inherited from underlying technologies or emerged in the new digital ecology) of metaverse can impede its wide deployment (Wang et al. 2022). For example, anonymous social media can lead to remote sexual assault, as users remain anonymous, there is a certain probability that they may be related by blood or marriage. Once their identities are revealed, the physical and mental well-being of the real-life users will certainly be harmed, seriously impacting the social and legal order of the real world. Legal norms must provide protection of a human under the increased virtual component in people's lives, accompanied by intellectualization of the environment (Filipova, 2023). It is of importance to discuss the legal aspects of the Metaverse (Kasiyanto et al., 2022).

2. Evolution of Interaction Forms and Order Shaping in the Metaverse

2.1. Interactive Morphological Evolution of the Metaverse

Since the development of the Internet, the way of human contact has developed rapidly from the single visual way of sign and letter to the interaction of voice, image, video and hearing. In the Metaverse, multi-dimensional senses such as sight, hearing, touch, smell and taste have been endowed with the blessing. Users' interaction is more three-dimensional, sufficient, realistic, immersive, and better fusion of virtual and real, which is a full-state mode. Users are deeply engaged. The interaction of the Metaverse evolves from single virtual to interactive virtual to full-state virtual.

One-way virtual life is the behavior of participating in or observing the virtual life of others in a one-way way through the network platform. The creator shows his life status, emotional expression, interests, hobbies, professional skills, etc., and the user satisfies his curiosity, aesthetic needs, emotional support, knowledge acquisition, etc., through browsing, watching, listening and other ways. One-way virtual life has a strong immersion, users are easy to indulge in it and become disconnected from reality, form spiritual dependence, escape from social life and other problems appear.

Interactive virtual life refers to the creation of a virtual world through computer technology and network technology, so that users can carry out various activities in it, interact with other users or virtual characters, and experience different life scenes and situations. Users can customize and modify their roles and environments according to their own wishes and imagination, advanced naked eye 3D technology, XR technology, artificial intelligence technology and algorithms, so that users can feel highly realistic

vision, hearing, touch, taste, smell and other effects. Moving from a set of independent virtual worlds to an integrated network of 3D virtual worlds or Metaverse rests on progress in four areas: immersive realism, ubiquity of access and identity, interoperability, and scalability (Dionisio et al., 2013).

Full-state virtual life is a digital world with high integration and linkage between the real world and the virtual world, real-time continuous existence, infinite expansion, high interaction and extreme immersion. Users represented as digital avatars, can communicate and collaborate as if they are in the physical world (Cheng et al., 2022). Users participate in the virtual life of the Metaverse in any form, any identity and any place, and change in tandem with the real world. The all-state Metaverse will change people's social relations and social structure, form a new social network, create a new economic system and model, stimulate cultural innovation, and derive a new social ecology, which will certainly bring new impacts and challenges to the real society and the existing network order.

2.2. The Formation of the Cosmic Order

A stable social structure is a prerequisite for stable social order. In a stable real social structure, natural persons have relatively fixed social relationships and relatively clear social status and relationships. Space shapes identity, identity affects order, order shapes space, space, identity and order constitute the community form. Meta-space is the user activity physical space and network virtual space, is a digital twin, virtual and real fusion field, different from the traditional space, causing a new impact on the existing order. Digital twins (DTs) provide the most realistic simulation of physical objects in a way that they can accurately indicate and predict all the physical output of the computer (Tao et al., 2018).The order shaping of the Metaverse includes four development forms: digital information, terminal entry, interaction mode and social landscape.

First, the development form of digital information. The Metaverse is developing from virtual to virtual-real, and the virtual world is becoming real and the real world is becoming digital. Through intelligent interactive terminals, real things, physical laws and human senses, thinking and behavior are digitally mapped to the Metaverse, providing users with surreal experience and realizing efficient perception, understanding and control of the real world.

Second, the terminal entrance development form. The metaverse terminal entrance is a bridge between the real world and the virtual world, and its design and development has a significant impact on the experience and value of the metaverse. At present, the meta universe terminal entrance is mainly centered on information processing, that is, receiving and sending information through various devices (such as smart phones, computers, VR glasses, etc.) to achieve interaction with the meta universe.

Third, interactive mode development form. The Metaverse may define the next generation of the Internet. The Metaverse will redefine the next generation of the Internet in terms of experience, function, and content production, providing more open and shared content production, allowing users to participate more and identify with the harvest, but also bringing unprecedented opportunities and challenges to the human order. At the same time, digital content tokenization can transform video, music, painting copy

and other generated content into negotiable, tradable and verifiable digital assets (such as NFT), providing new cash opportunities for a large number of ordinary creators, and promoting the rise of the creator economy and the transformation of the digital economy, the evolution of economic order and the reconstruction of value.

Fourth, the development form of social landscape. The Metaverse breaks the traditional physical space restrictions, provides users with a richer and more immersive experience in their lives, and will create new jobs and types of work, enhance network effects, and form a strong public opinion field. Metaverse integrates the senses of touch, smell and taste outside the audiovisual to make virtual-real fusion more realistic and immerse the experience more extreme. Arbitrary creation makes personality development broader. Real high integration, access switch anytime and anywhere, AI collaboration makes assistance smoother, instant, high school, easy content generation reduces the entry threshold for creation and stimulates users' enthusiasm for creation. Promote collaboration, communication and innovation in content generation.

3. The Impact of the Metaverse on the Order of Reality

Natural persons have clear, stable and open roles and social relations in the real society, and the development of the Metaverse has promoted the emergence of new technologies, new products, new forms of business and new models. Virtual people representing real users can play any role according to their needs, and form different virtual social relations in different scenes. This fuzzy, changeable and opaque role and complex virtual social relations bring impact and challenge to people's normal social order and legal order. For example, young users are addicted to the immersive experience of love roles in the Metaverse, and even become obsessed with virtual objects in the Metaverse, gradually losing interest in the real opposite sex, taking virtual objects as partners, and not communicating, not marrying, and being sterile in reality, resulting in the shrinking of human society and population. Using blockchain-based anonymous authentication protocol: All users want to authenticate the validity of their environments users along with anonymity (Wang et al., 2019). Another example is the remote sexual assault caused by anonymous social communication. Due to anonymity, there will be kinship between two or more users in a certain probability. Once the identity is revealed, the physical and mental health of real users will inevitably be harmed, which will seriously impact the real social order and legal order. For example, metaverse AI technology carries the risk of malicious use for violence, terrorism and incitement to hatred and requires the establishment of a global body to regulate it. Humans require laws to control them as long as there is human connection (Johan, 2022).

3.1. Impact on Social Order

Metacosmic technologies are driving the digitization and virtualization of international politics, changing the paradigm of communication, cooperation, and competition among nations. The decentralized nature of the Metaverse may undermine trust in centralized institutions, making it difficult for traditional centralized governance to integrate into the Metaverse system. At the same time, the virtual political information in the Metaverse also has false or directional problems, which brings great risks to the political stability.

The emergence and development of meta-cosmic technology has gradually brought changes to the current economic transactions, user consumption, people's working mode and production relations, and spawned new business forms, business models and economic forms. On the one hand, the virtual currency, virtual real estate and digital collection in the Metaverse immersive experience have begun to occupy a certain position in the market economy, and the emergence of these virtual assets will bring challenges to the existing financial system and economic system. On the other hand, the development of the Metaverse will also drive the development of the virtual and digital economy, bringing new opportunities and challenges to the real economy.

The immersive experience and virtual reality technology in the Metaverse will change the presentation form of cultural products and the way of cultural consumption. Traditional cultural products such as movies, music, animation, games and so on, with the blessing of virtual reality, augmented reality, extended reality, digital twin and other technologies in the Metaverse, allow users to get ultra-realistic, high immersion, deeper experience and wider dissemination, which has brought influence and challenge to the existing cultural system.

3.2. Impact on the Traditional Ethical Order

The immersive experience of the Metaverse has led to metaphysical discussions about the reality of the present virtual world at the boundary of the real and virtual realms and its relationship with the real world. The impact of Metaverse immersion experience on the field of philosophy involves many levels, which has triggered the re-examination and research of many philosophical issues, such as reality and virtual boundary, knowledge and cognition, self-cognition and consciousness, time and space, free will and determinism, and aroused people's deep thinking and discussion on the challenges of Metaverse philosophy.

In the Metaverse immersive experience, users can create countless virtual identities or roles, in the Metaverse space will also exist friends, partners, marriage, family and other complex social relations, the individual's social attributes and individual attributes will be greatly changed and expanded, will inevitably have a huge impact on the original social order. For example, the problem of virtual remote sexual assault, the ethical problem of making friends in a virtual identity, the loss of interest of natural persons in the Metaverse, the loss of interest of perfect robots in reality, the ethical problem of human marriage, family relations and social structure, and the problem of greedy capital seizing improper interests of users for AI breeding have an impact on traditional human ethics.

The multiplicity of identity, concealment of reality and virtuality of image of users in the Metaverse increase the indulgence of desire. In the process of interaction, moral misconduct such as sexual harassment, fraud, spreading malicious information and offensive speech, and misusing or abusing other users' data tend to expand and become universal. Insulting, offensive, vulgar or discriminatory elements pose new threats to the user's image, privacy and security, violate social norms, cause moral hazard and even legal disputes.

3.3. Impact on the Rule of Law Practice Order

In addition to VR and AR, Artificial Intelligence (Al) and Machine Learning (ML) are two fields of science and technology that greatly develop Metaverse and virtual spaces (Khurana et al., 2019).At present, the Metaverse is still in the stage of rapid development, and in a foreseeable long period of time, the Metaverse space will be in continuous expansion, deep cultivation and iterative drastic changes. The elements of the Metaverse, such as users, roles, virtual currency, virtual products, digital twins and virtual reality, are in a very unstable state, and a relatively stable structure has not been formed. In terms of law, it is not possible to establish a relatively stable, harmonious and orderly structure between users and users, and between users and the Metaverse society through the adjustment of existing laws and regulations, so the practice of order and rule of law in the Metaverse is more prominent. The legal challenges for users and companies operating in the metaverse include intellectual property, privacy, and jurisdiction (Kasiyanto et al., 2022).

New media has become an important platform for some countries to win over voters in elections. As an emerging network platform with good media functions and attributes, the Metaverse is bound to become a battlefield for candidates to compete during elections. The videos produced by artificial intelligence in the Metaverse have false and fraudulent behaviors, especially in the political field. Some false content released during the leadership election has brought serious impact on the political order. At the physical level, the meaning of the state is easily distinguished, but in the Metaverse, this distinction will gradually disappear. These changes will affect relations between States, international law and censorship rules. Social media in the Metaverse is not standardized, the Metaverse has become the next global power broker, and the monopoly has made it difficult to check and balance power.

There is a linkage relationship between the meta-cosmic economy and the real economy, and new problems such as virtual property transaction, platform monopoly and tax evasion, virtual currency and real currency exchange, user personal labor and virtual agent labor compensation, and consumer fraud have an impact on the real economic order. For example, in China's labor law, natural persons are only regarded as workers, and relevant rights and obligations are conferred. The user's AI virtual digital person engaged in network economic activities causes the redefinition of its rights and obligations, and how to obtain compensation or revenue sharing. The owner ship of virtual assets, such as virtual real estate, digital items, or avatars, must be clearly defined under current laws and regulations (Lehdonvirta, 2011).

In the Metaverse, paintings, short videos, music, images, voices, copywriting and other Metaverse content generation works automatically generated by AI have expanded new fields, while AI dubbing, AI face changing, Internet hacking theft, tampering, etc., have also brought the impact of legal practices in intellectual property rights such as copyright, patent rights, trademarks and so on. The Metaverse content generation works and Metaverse literature, art, games, and movies automatically generated by AI algorithms involve the ownership and protection of intellectual property rights such as Copyrights, patents, and trademarks.

Metaverse immersive experience involves a large amount of personal daily life information and privacy data, if the data security protection is not in place, it may lead to the disclosure of users' personal information, resulting in property losses and other problems. The existence of virtual crimes such as virtual sexual harassment and virtual theft in daily friends, consumption and transactions in the Metaverse challenges the existing legal system because it is difficult to define and obtain evidence. The content creation and sharing of Metaverse immersive experience will become more common, and the copyright problem will become more complex. How to protect the copyright of creators and prevent piracy and infringement will be the problems that must be solved. Since the daily communication and transactions of the Metaverse immersive experience are transnational and borderless, they involve the legal systems of many countries and regions, causing problems in the application of law.

4. The Legal Regulation Dilemma of Meta-Cosmic Risk

4.1. Institutional Construction Dilemma

The structure and function of the legal system in the Metaverse is an important legal problem involving the legal framework and rules of the virtual world. With the emergence of the Metaverse, jurists and legal practitioners need to consider how to construct and maintain this virtual legal system to ensure social order, fairness and legitimacy within the Metaverse.

What should the legal system consist of in the Metaverse? The legal system of the metaverse may include rules, laws, regulations, arbitration bodies, judges, and law enforcement agencies. Jurists need to study how to construct this legal system to ensure its effectiveness and legitimacy. The metaverse may need a rule-set similar to a constitution that prescribes the basic legal principles and values of the virtual world, and perhaps a virtual court and judges to handle disputes and disputes, similar to the court system of the real world.

What are the main functions and goals of the legal system in the Metaverse? While legal systems often have functions to maintain social order, protect rights, and resolve disputes, the Metaverse is so distinct from the real world that the functions and goals of its legal systems may need to be redefined to meet the unique needs of the virtual world. For example, how to ensure peace and order in a virtual society? Including the prevention of virtual crimes. How to protect users' virtual property rights, freedom of speech and privacy?

How does the legal system in the Metaverse ensure its rationality? Only when its legal system, rules and decisions are reasonable and conform to the principles of fairness and justice will it be recognized by society. For example, how can legal procedures be developed in the Metaverse to ensure that disputes are resolved fairly and impartially? Is it necessary to establish a court process similar to that of the real world? How to balance rights and responsibilities to ensure that legal decisions are sound?

How can the legal system of the metaverse be implemented? The legal system of the Metaverse needs to be feasible, and how to ensure the implementation of legal rules

is a problem that needs in-depth consideration, including law enforcement agencies, punishment mechanisms and compliance checks. For example, will the Metaverse need to set up virtual law enforcement agencies similar to the police, responsible for enforcing legal rules and investigating virtual crimes? Or will the AI decide for itself via smart contracts? If a virtual court is established, how will its rulings on the recovery of virtual property and the enforcement of virtual penalties be enforced?

4.2. Energy Efficiency Dilemma of Legal System

The problem of legal validity in the Metaverse covers the formulation, authority, implementation, rationality and adaptability of legal rules, especially the important legal issues concerning the authority and enforcement of legal rules in the virtual world. These problems need to be studied and solved jointly by jurists and legal practitioners to ensure the effective implementation of legal rules in the Metaverse, maintain social order and protect rights and interests. The field of law needs to adapt to the legal challenges of this emerging field in order to guarantee the rule of law and fairness in virtual societies.

How are the rules of law in the Metaverse formulated to ensure their validity? The virtual world needs legal rules to maintain social order and protect users' rights and interests. How do we need to study the formulation process of legal rules to ensure their validity and wide acceptance? Does the creation of community rules in the Metaverse require user participation to ensure that the rules meet the needs of the virtual community? How are legal rules enforced to ensure their feasibility? Is there a need for virtual courts to handle legal disputes and make legal decisions to ensure the enforcement of legal rules?

How do the rules of law within the Metaverse ensure their authority so that they can be enforced? Are virtual law enforcement agencies needed to ensure that legal rules are enforced and to take action against violations? How to ensure that legal rules are enforced fairly, reasonably, and with user support, respect, and social acceptance within the Metaverse? How can legal ethics be examined in the virtual world of the Metaverse to ensure that legal rules comply with the principles of justice and equality?

How does the legal system adapt to technological and social changes? The metaverse is a virtual world that is constantly evolving and changing, and the legal system needs to be adaptable in order to keep up with technological and social changes. What kind of legal reform mechanism does the legal system of the Metaverse need, and how does it evolve in line with the development of the virtual society in order to adapt to new technologies, new challenges and new legal needs?

How can we ensure that the rules of law are adaptable to the changes in metacomeric technology, metacomeric communities and the societies they generate? In the Metaverse, which is an evolving virtual world, legal rules need to be adaptable to meet new technologies, new challenges, and new legal needs. Is it also necessary to establish a legal reform mechanism for the Metaverse to constantly update the legal rules to adapt to the changes of the virtual society? For example, how should virtual property and tax rules be adjusted with the development of the Metaverse virtual and digital economy?

5. Maintenance of Metaverse Interaction Order Reconstruction

5.1. Construct a Metaverse Standard System

The formulation of meta-cosmic standards is an important work, which is related to the stability of the meta-cosmic order and the development of various industries. It is necessary to establish a standard-setting leading body with the participation of multiple stakeholders, including the government, industry enterprises, academic institutions and individual users, to formulate standards that meet market demand and technological development, increase the credibility and transparency of standards, promote the popularization and application of standards, and ensure the personality rights, property rights, identity rights and order stability of users in the Metaverse immersive experience.

The Metaverse space is a huge and complex comprehensive system involving multiple fields, multiple levels and multiple aspects. Therefore, the construction of the Metaverse standard system needs a systematic, forward-looking, humanistic and collaborative guiding top-level design. Prepare a standardization roadmap that is scientific, reasonable, clear, explicit, comprehensive, detailed, effective, sustainable and in line with the law of technological evolution and the future development direction of the Metaverse, clarify the key directions of standardization and the development sequence, and ensure the safety and order of data management, privacy protection, copyright maintenance, content review, and scene application of the Metaverse.

The qualification access of the standard is the passport of the industry, the development demand of the Metaverse industry is the development direction of the standard formulation, and the formulation of the standard must be based on the development demand of the industry. Data flow, content generation, digital twin, perceptual interaction, network and computing are the key technologies with core influence in the current development of the Metaverse. The development of its standards plays an irreplaceable guiding and decisive role in promoting the development of the Metaverse industry, and it is urgent and important to strengthen the development and formulation of relevant key technical standards in the Metaverse. First, it is necessary to strengthen the development of basic universal standards for Metaverse terminology and reference architecture. Second, it is necessary to strengthen the research of key technologies in the Metaverse such as data flow, content generation, digital twin, perceptual interaction, and network and computing. Third, it is necessary to strengthen the research on the standard system of various application scenarios such as industry, government affairs, education and training, and medical care. Fourth, we will strengthen the integration and innovation of cutting-edge technologies such as brain-computer interface, generative artificial intelligence, and quantum information, and pre-research on standards.

At present, the international standards, national standards, industry standards and enterprise standards with the hardware equipment and basic software as the core are still in the initial stage of exploring and starting, far from forming a consistent evaluation system and standards. The indicators or requirements of the hardware of the meta universe are mainly developed by enterprises, and the phenomenon of insufficient coverage, imperfect content and insufficient timely update is prominent. Driven by the expected huge benefits, the meta-cosmic enterprises and the national meta-cosmic industries want to occupy the first opportunity for standard formulation, so they secretly

make efforts to form their own school and operate separately, whether the hardware or software standards have not yet reached a consensus. At the same time, the legal system of hardware standards in various countries is not sound enough, and the lack of effective supervision and law enforcement mechanisms has led to some unqualified meta-cosmic hardware devices flowing into the market, bringing risks and losses to users and society. Therefore, it is necessary to speed up the formulation of hardware standard laws, improve the system and mechanism of hardware standards, and improve the quality and effectiveness of hardware standards.

5.2. Establish Ethical Norms for All-Dimensional Cosmic Interactions

Everything has its two sides, the development of meta-cosmic technology promotes the form and development of social politics, economy and life, and constantly meets people's new needs for material and spiritual life. However, in recent years, AI captive breeding (precision feeding), platform monopoly squeezing, information cocoon, big data killing, hacking, privacy disclosure and other information data abuse, theft, discriminatory use, such as seizing public interests, violating user rights and other unethical and disorderly incidents have repeatedly occurred, and the method is secret and widespread, and has been widely criticized. The Metaverse is a highly concentrated capital, highly integrated technology, and highly specialized technical personnel in the field, if the industry authority and its technical personnel do not follow the basic scientific ethics, the scope and depth of the harm to human society is immeasurable. The expansion of the Metaverse has a profound impact on human activities, and it is urgent to improve the scientific ethics norms in the new form, prevent the occurrence of incidents endangering human public interests and individual rights and interests, and promote the Metaverse to benefit mankind.

Establish an open, collaborative and multi-party meta-cosmic code of ethics, fully listen to the expectations and concerns of all sectors of society, take human welfare as the fundamental goal, fairness and justice as the basic principle, privacy and security as the important guarantee, controllable and trustworthy as the core requirement, and responsibility as the practice standard. Based on ethical literacy, the basic norms of scientific ethics that are applicable throughout the whole life cycle of the Metaverse, such as management, research and development, supply, use and withdrawal, are established.

First, the design of the Metaverse should follow the concept of benefiting the community of human destiny, take the natural development of human beings, the needs of human life and the yearning for a better future as the central idea of the Metaverse design, and respect the equality of the users of the Metaverse. Protect users' personality rights and virtual property security Promote the development of the Metaverse Promote human harmony and friendship, improve human welfare, benefit all human beings rather than a few capitalists or operators, should avoid becoming a tool for capital to harvest public wealth and crush ordinary users.

Second, the research and development of the Metaverse should promote the whole society to share the benefits brought by the Metaverse fairly, effectively protect the legitimate rights and interests of all relevant subjects, and avoid setting discriminatory

and directional algorithms in software development to promote fairness and justice and equal opportunities.

Third, a data monitoring system should be established to prevent information leakage, theft, abuse and tampering of enterprises, organizations, institutions or individual users, to protect the security of institutional or organizational secrets, business secrets and personal privacy and other data, to prevent incidents that damage users' legitimate data rights and interests, and to protect users' personality, identity, property rights and order.

Fourth, the operation of the Metaverse should fully guarantee the autonomy of users, users should have their Metaverse assets for production creation, system import and export, free trading, deletion and destruction of disposal rights and interactive initiation, suspension, exit freedom, and the user granted the digital virtual agent to exercise the above rights.

Fifth, the responsibilities of stakeholders such as designers, developers, investors, operators and users should be clearly defined according to the roles and benefits of participants, their responsibilities should be defined differently, their awareness of responsibility should be comprehensively enhanced, a supporting mechanism for supervision and supervision should be established, and participants in all aspects of the life cycle of the Metaverse should be urged to reflect on themselves and self-discipline should be established, and an accountability mechanism should be established in the Metaverse without avoiding responsibility review. Don't avoid taking responsibility.

Sixth, further promote the practice of meta-cosmic ethical governance, study and formulate emergency plans for the occurrence of meta-cosmic risks, and improve the ability to cope with meta-cosmic risks.

As the Metaverse evolves, more and more people are creating and using their own identities in virtual worlds. These identities not only represent the image and characteristics of the individual, but also involve the privacy and rights of the individual. Therefore, how to improve the scientific ethics of the Metaverse virtual identity authentication and use is an urgent problem to be solved. On the one hand, it respects the autonomy and choice of users. The user has the right to decide whether and how to create and use virtual identities in the Metaverse. No person or organization should force or induce users to perform virtual identity authentication or use, nor should it restrict or interfere with users' legitimate choices. On the other hand is the responsibility and obligation to maintain the user. When using virtual identities, users should abide by the laws, regulations and ethical guidelines in the Metaverse, and respect the rights and rules of other users and the virtual environment. No person or organization should use a virtual identity to commit fraud, defamation, aggression, violence, or other illegal or immoral acts, nor should it undermine the order and stability of the Metaverse. Fourth, promote user participation and collaboration. When using virtual identity, users should actively participate in various activities and projects in the Metaverse, and establish good relationships and cooperation with other users or organizations. Any person or organization should support and encourage users to show their talents and values in the Metaverse, and should also share and exchange their experiences and results in the Metaverse. It is an important way to protect users' rights and interests, promote the

development of the Metaverse and realize social progress to improve the scientific ethics of virtual identity authentication and use in the Metaverse.

5.3. Build a Safe and Fair Meta-Cosmic Interactive Legal System

With the development of the Metaverse, immersive experience technology is becoming more and more popular, bringing unlimited possibilities and creativity to users. However, the immersive experience also has risks and challenges such as AI captivity, VR disability, remote sexual assault, and "network toilets" that violate or threaten the user's personality, identity, property rights and interests, and order stability. In order to protect the legitimate rights and interests of users and maintain the healthy development of the Metaverse, it is necessary to establish a scientific, reasonable and effective immersive experience Metaverse legal system.

The virtual identity of the Metaverse has the characteristics of completing established tasks and even innovating contents and methods under the artificial intelligence technology, and even becoming the leader and commander of the operation of things in the real world under the digital twin and virtual-real fusion technology. However, the status of virtual identity in law is not clear, and there are huge risks. For example, the ownership, control, responsibility, privacy protection, intellectual property protection, consumer rights and interests protection, competition law regulation and many other legal issues and risks are not only related to the legitimate rights and interests of users or other subjects in the Metaverse and security, but also related to the healthy development and social benefits of the Metaverse itself. Therefore, it is necessary to conduct reasonable legal norms and governance of virtual identity, and clarify the legal status of virtual identity, so as to promote its positive role and prevent its negative impact. The virtual identity of the user, platform operator or manager running in the Metaverse shall be regarded as an extension of its subject, the virtual identity generated by AI and the virtual identity of the agent shall be regarded as the tool and resource of the technology supplier or user, and the consequences of its behavior shall be borne by the subject, operator or manager and protected by law. It is necessary to establish a virtual identity legal status system based on the principles of subject ownership, equal rights and obligations, responsibility and risk sharing, and cooperation and co-governance, so as to provide solid legal compliance for the legitimate rights and security of virtual identities in the Metaverse.

At the same time, the legal system of decentralized digital identity can be technically solidified through, for example, DID. DID, short for Decentralized Identifier, is a new type of identity identifier based on blockchain technology that enables verifiable decentralized digital identity. DID can realize Self-Sovereign Identity management, does not need to rely on any third-party institutions or platforms, can selectively provide their own identity information to others according to different scenarios and needs, and can be withdrawn or updated at any time, protecting the privacy of users, improve the security and reliability of identity information. In addition, DID also has portability and interoperability, so that different application scenarios and systems can achieve seamless identity authentication and data exchange, widely used in digital certificates, electronic signatures, digital wallets, social networks, the Internet of things and so on. The DID system has the advantages of more secure and reliable decentralization that

does not rely on any centralized institution, secure sharing of identity data between different applications under user autonomy, compatibility with existing systems and cross-application identity authentication, etc., and has excellent performance in digital identity authentication, digital asset management and privacy protection. Clarifying the legal status and effect of DID ID, establishing the registration and filing system of DID ID, improving the protection measures of DID ID, and establishing the dispute resolution mechanism of DID ID are important measures to build a safe and reliable meta-cosmic ID legal system. Although block chain technology is well-known and popular, it comes with significant challenges, including scalability, security, energy and cost, latency and complexity, and regulation and government (Far et al., 2022).

Political activity is one of the most important activities in human society, and it is also unavoidable in the Metaverse. In the Metaverse, users can freely express their political views, participate in political discussions, organize political groups, hold political activities, etc., which is the basic rights enjoyed by users as citizens. In 2016, Donald Trump made full use of popular social media such as Twitter (now X) and Facebook (now Meta) and Instagram, YouTube and Snapchat to promote his political views, thus gaining a large number of supporters. He gained 80 million followers on Twitter alone and eventually won the US presidential election. Thus, the advent of the Metaverse is bound to affect the evolution of the political system. The decentralized nature of the Metaverse may weaken the trust in centralized institutions, impact and challenge the traditional centralized governance, and make it difficult to adapt to the Metaverse world. The Metaverse can provide the public with an immersive experience environment to better understand and participate in the process of political activities, but political information such as false fraud and specific directional signals will also bring huge risks to political stability, threatening national security, social stability, public order and even causing serious political conflicts in the real world. In order to deal with the negative impact of the Metaverse on the political system, protect the basic political rights of citizens, and maintain the political order of democracy, freedom, equality, respect and transparency, an effective supervision mechanism for new political activities and methods under the Metaverse environment should be established in the Metaverse to prevent malicious political manipulation. Guarantee the rights of users as legal citizens in the Metaverse and safeguard the sovereign security and political stability of the country.

The first is to establish a real-name authentication system for the sponsors and organizers of political activities, improve the social responsibility of political individuals or organizations, avoid the emergence of false political information, illegal political content, malicious political attacks and other bad behaviors, enhance political credibility, and maintain the stability of political order.

The second is to implement a review system for the illegality and legitimacy of political activities, conduct prior review, supervision and management of political activities such as political propaganda, political education, political speeches, political marches, political demonstrations, political protests, and election voting in the Metaverse, and prohibit the publication and dissemination of any content that violates national laws and regulations. Prevent the Metaverse from spreading illegal and harmful political information, inciting political violence and terrorism, subverting state power and other acts, and protect the stability of laws, regulations and political order in the real world.

The third is the implementation of the supervision and punishment system for political activities to supervise and inspect political behaviors in the Metaverse, and to investigate and deal with illegal acts such as cult activities, organizing riots, and carrying out riots that endanger social stability, harm public interests, and disrupt social order according to law, and transfer suspected criminals to judicial organs for handling. Fifth, strengthen cooperation and coordination, establish rules to be followed by all, prevent discrimination, terrorism against other countries' polity or nationals, cyber attacks, ideological infiltration, illegal activities, etc., and prevent the use of the Metaverse for political misdirection or political manipulation.

As a new digital economic space with a high degree of integration of virtual and real, the Metaverse has the characteristics of virtual, leapfrog and pluralism in its economic activities, which poses new challenges to the existing economic system. In order to maintain the stability of the meta-cosmic economic order, it is necessary to build a legal system with the characteristics of The Times.

First, construct a legal system of ownership of virtual assets in the Metaverse. Virtual assets in the Metaverse include not only general network virtual products and virtual goods, but also unique virtual identities, virtual currencies, generated content works, etc., as well as data elements, network traffic and other new forms of digital economy. However, the ownership of virtual assets has not been specifically confirmed by the law, which has caused problems in identity value, intellectual property rights, patent rights and other aspects of economic activities in the Metaverse, and increased social costs. Therefore, the right to the virtual assets of the Metaverse is the basis for resolving such economic disputes. First, it is necessary to clarify the property attributes of virtual assets, and clarify the property attributes of virtual identity, virtual currency, generated content, virtual goods, data elements, and network traffic through legal means. The second is to determine the rights of virtual assets to avoid transaction contradictions and disputes. Third, it is necessary to clearly define the content of virtual asset ownership, use right, income right, disposition right and other rights, so as to provide legal basis for the exercise of rights.

Second, establish a fair trading system for virtual assets in the Metaverse. The transaction of virtual assets is an important economic activity in the Metaverse, and the virtual economy has the characteristics of virtuality, instability, high investment, high liquidity and high risk, etc. Due to the incomplete laws and regulations, violations of intellectual property rights of virtual works, virtual currency fraud, malicious speculation of the concept of the Metaverse, illegal fund-raising, money laundering, pyramid scheme fraud and other incidents occur frequently. It will cause great harm and impact to users' economic rights and interests and virtual economic order, so it needs corresponding legal system to regulate and protect. The first is to formulate the legal classification of virtual assets, which should be effectively divided according to its nature, function and use, and clarify its legal effect to provide a basis for the protection of its rights. Such as Bitcoin, Ethereum virtual currency, Decentral and, Sandbox virtual land, NFT, Crypto Art digital collection, etc. The second is to clarify the legal way of obtaining meta-cosmic assets to provide legal compliance for the acquisition of rights. The acquisition of meta-cosmic assets can be production, purchase, gift or inheritance. The third is to formulate the trading rules and agreements of virtual assets in the Metaverse to provide a basis for the exercise of rights, which should include the principles of voluntoriness,

fairness, integrity, and safety. The fourth is to improve the smart contract system of the Metaverse. Smart contracts have the characteristics of automatic execution, immutable, transparent and open, ensuring the openness, transparency, efficiency and security of transactions and protocols. The fifth is to improve the intellectual property system of the Metaverse, clarify the ownership, definition, use, authorization, dissemination and storage of the Metaverse assets, and establish the intellectual property classification, certification, registration, transaction, distribution of the Metaverse assets, as well as intellectual property intelligent supervision and protection mechanisms. The sixth is to improve the anti-monopoly system of the Metaverse. In the highly integrated field of Metaverse capital and new technologies, the market barriers are high, and there is a large monopoly risk, which is easy to lead to market rigidity, reduced competition, hindered innovation, and damaged users' rights and interests. Anti-monopoly laws and regulations applicable to the Metaverse should be established to strengthen market monitoring and investigation of the Metaverse platform. Promote the interconnectivity between the Metaverse platforms, and ensure that the Metaverse development order is stable, active, and the public benefits.

Third, Establish a punishment system for illegal economic activities in the Metaverse. The first is to establish a special regulatory body, responsible for the issuance, circulation and use of virtual assets for comprehensive and detailed supervision and management. The second is to formulate reasonable regulatory measures such as real-name system, recording system, and licensing system to regulate and restrict the participants, platforms and activities of virtual assets. The third is to establish effective dispute resolution mechanisms such as arbitration, mediation, and litigation to deal with and compensate disputes and damages of virtual assets in a timely and fair manner. An economic dispute resolution mechanism adapted to the characteristics of the Metaverse can quickly determine the facts, apply the law, the outcome of the verdict, and effectively enforce the verdict.

In the era of universal freedom for everyone to display, browse and speak, it has almost subverted the communication mode of traditional culture and challenged the traditional media discourse power of centralized governments, enterprises, institutions or organizations. The lack of professional quality, the lack of gatekeeping mechanism, the weakening of mainstream values, the difficulty in grasping the credibility of content, the infringement of intellectual property rights, the infringement of image or reputation rights and other problems have caused huge troubles to the public, brought impact on public opinion, and disrupted the normal cultural order. It is necessary and urgent to establish a legal system that ADAPTS to the characteristics and needs of the development of the Metaverse, standardizes user behavior, protects other legitimate rights and interests, maintains public order and good customs, and promotes cultural diversity and innovative development. Intellectual property (IP) can be protected in the metaverse through various legal mechanisms, including patents, trademarks, licenses, and copyrights (Siegel et al., 2007).

First, establish the main body of the right of meta-cosmic cultural activities. Metaverse cultural activities involve rights and obligations of intellectual property rights, privacy rights, freedom of speech, contract fulfillment and other aspects. The subjects of rights include individuals, enterprises, institutions and other users. Users can freely create, express, communicate and entertain in the Metaverse, and enjoy the convenience

and fun brought by the Metaverse. Different rights subjects have different rights and obligations, but also face different risks and challenges. It should be made clear that the users of the meta Universe should abide by relevant laws and regulations, respect social morality and moral norms, and shall not post or disseminate false, misleading, defamatory, insulting, violent, pornographic and other content that is harmful to social order and public interests; Shall not infringe upon the privacy, image, reputation and other legitimate rights and interests of others; Shall not infringe the copyright or intellectual property rights of others; The Metaverse shall not be used for illegal activities or endanger national security.

Second, to define the content of the right to cultural activities in the Metaverse. Meta-cosmic cultural activities refer to all kinds of artistic creation, performance, display, communication and other activities in the virtual world, involving music, film and television, games, animation, literature and other forms. Meta-cosmic cultural activities are characterized by innovation, diversity, interaction and openness, which provide people with rich cultural experience and expression space. In order to protect the legitimate rights and interests of the participants and beneficiaries of the meta-cosmic cultural activities and promote the healthy development of the meta-cosmic cultural industry, it is necessary to define the content of the meta-cosmic cultural activities rights. First, the right of creation refers to the right to create original works in the Metaverse, which is the basis and premise of the Metaverse cultural activities and an important way to reflect the author's personality and creativity, and should be protected and respected by law. The second is the right of performance, which refers to the right to perform or display one's own or others' works in the Metaverse. It is an important part of the Metaverse cultural activities and an effective way to disseminate and share cultural information, and should be protected and encouraged by law. The third is the right of communication, which refers to the right to disseminate or provide access to one's own or others' works to the public by wired or wireless means in the Metaverse. It is an important goal and result of the Metaverse cultural activities, and a key factor in expanding and deepening cultural influence, and should be protected and supported by law. The fourth is the right to safety, which refers to the right to prevent or stop one's or others' works from being subjected to improper use, modification, reproduction, transfer, deletion and other violations in the Metaverse. It is an important guarantee and backing for the Metaverse cultural activities, and a necessary means to maintain and enhance the cultural value and dignity, and should be protected and enforced by law.

Third, improve the cultural order and legal system of the Metaverse. The cultural space of the Metaverse is quite different from the real society and the traditional network world, and the existing copyright and network security systems need to be improved to protect the rights and interests of users and maintain the stable order of the Metaverse culture. On the one hand, meta-cosmic cultural activities contain a large number of digital works generated by content, virtual images or items created by developers, and virtual scene designs jointly developed by enterprises, and other intellectual property rights. It is necessary to improve the copyright system to protect the intellectual property rights of meta-cosmic cultural activities. On the other hand, meta-cosmic cultural activities are virtual and cross-over, which are vulnerable to network attacks and network security risks. It is necessary to improve the network security system, strengthen the promotion and application of blockchain technology such as NFT in cultural products, establish a

registration system for meta-cosmic cultural activities, clarify the ownership relationship of meta-cosmic cultural activities, and prevent network attacks. To ensure the safety of meta-cosmic cultural activities. In addition, meta-cosmic cultural activities have the characteristics of leap rotting and pluralism, which are easy to cause adverse effects on minors, so it is necessary to improve the protection system for minors and protect their physical and mental health.

Fourth, strengthen the supervision and management of the Metaverse platform. The platform should assume the corresponding management responsibilities and obligations, including establishing and improving the content review mechanism, timely deleting or blocking illegal content; Strengthen user real-name authentication and information security protection to prevent personal information from being leaked or abused; Strengthen copyright protection and intellectual property rights protection, respect and protect the legitimate rights and interests of original authors; Strengthen communication and collaboration with government departments, social organizations, professional institutions and other relevant parties, and actively cooperate with supervision and law enforcement work. At the same time, it is also necessary to strengthen the supervision and law enforcement of the Metaverse field, improve the dispute resolution mechanism of the Metaverse cultural activities, improve the efficiency of dispute resolution, establish an effective supervision mechanism and punishment mechanism, timely investigate and deal with illegal behaviors, and maintain the good order and environment of the Metaverse. Strengthen the supervision of cultural activities in the Metaverse, and crack down on illegal acts such as infringement, piracy, and Internet violence.

6. Conclusion

Metaverse is an integrator of cutting-edge technologies such as artificial intelligence, brain-computer interface, digital twin, blockchain, XR, 3D, 5G/6G, etc. It is regarded by the industry as the representative of the next generation Internet, involving all aspects of human activities, and has spawned a new business form and gradually formed a new social form, subvert the inherent social structure of the real world, re-define social status, and form new social relations, bringing new problems and challenges to the interactive order of human politics, economy, culture and personal life. The existing laws and regulations are not yet perfect, and it is still difficult to deal with the interaction order risk in the Metaverse, and legal regulations are urgently needed. Through the establishment of the standards, interaction ethics and interaction legal system of the Metaverse, legal countermeasures to the interaction risk in the Metaverse are explored, and references are provided to solve the problem. The Metaverse is a very promising space connecting the whole world. Countries or regions with developed economy or science and technology have already carried out the layout, and many ICT high-tech enterprises have invested heavily in the Metaverse. Although the development of the Metaverse has just started, and a unified international consensus, universal standards and governance rules have not yet been formed, perhaps AI captivity, AI interpretation, the weaponization of the Metaverse and the politicization of ideology will become new problems that need to be solved, and the vigilance of many industries and academia provides sufficient confidence in the solution of the problem. The legal settlement and protection of the Metaverse problem is necessary and important for the development of

the Metaverse, and is conducive to promoting the healthy development of the Metaverse and benefiting the whole human being.

References

Cheng R, Wu N, Chen S, & Han B. (2022). Will metaverse be nextg internet? Vision, hype, and reality. IEEE network, 36(5), 197-204, DOI: 10.1109/MNET.117.2200055.

Dionisio J D N, Iii W G B, & Gilbert R. (2013). 3D virtual worlds and the metaverse: Current status and future possibilities. ACM Computing Surveys (CSUR), 45(3), 1-38, DOI: 10.1016/j.tips.2024.05.003.

Far S B, & Rad A I. (2022). Applying digital twins in metaverse: User interface, security and privacy challenges. Journal of Metaverse, 2(1), 8-15, DOI: 10.48550/arXiv.2204.11343F.

Filipova I A. (2023). Creating the metaverse: Consequences for economy, society, and law. Journal of Digital Technologies and Law, 1(1), 7-32, DOI: 10.21202/jdtl.2023.1.

Johan S. (2022). Metaverse and its implication in law and business. Jurnal Hukum Progresif, 10(2), 153-166, DOI: 10.14710/jhp.10.2.153-166.

Kasiyanto S, & Kilinc M R. (2022). "Legal Conundrums of the Metaverse. Cent. Bank. Law Institutions, 1(2), 299-322.DOI: 10.21098/icli.v1i2.25.

Kasiyanto S, & Kilinc M R. (2022). The legal conundrums of the metaverse. Journal of Central Banking Law and Institutions, 1(2), 299-322. DOI: 10.21098/jcli.v1i2.25

Khurana A, Lohani B P, & Bibhu. (2019). AI Frame Worked Virtual World Application-The Ramification of Virtual World on Real World. In 2019 International Conference on Automation, Computational and Technology Management (CACTM) (pp.582-585). IEEE, DOI: 10.1109/ICACTMM.2019.8776724.

Lehdonvirta V. (2011), "Real-Money Trade of Virtual Assets: Ten Different User Perceptions," SSRN Electron, DOI: 10.2139/ss1m.1351772.

Mystakidis S. (2022). Metaverse. Encyclopedia, 2(1), 486-497, DOI: 10.3390/encyclopedia2010031.

Siegel D S, & Wright M. (2007). Intellectual property: The assessment. Oxford Rev, Econ. Policy, 23(4), 529-540, DOI:10.1093/oxrep/grm033.

Tao F, Zhang H, Liu A, & Nee A Y. (2018). Digital twin in industry: State-of-the-art. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 15(4), 2405-2415, DOI: 10.1109/TII.2018.2873186.

Wang J, Wu L, Choo K K R, & He D. (2019). Blockchain-based anonymous authentication with key management for smart grid edge computing infrastructure. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 16(3), 1984-1992.DOI: 10.1109/TI.2019.2936278.

Wang Y, Su Z, Zhang N, Xing R, Liu D, Luan T H, & Shen X. (2022). A survey on metaverse: Fundamentals, security, and privacy. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 25(1), 319-352, DOI: 10.48550/arXiv.2203.02662.

Zhao Y, Jiang J, Chen Y, Liu R, Yang Y, Xue X, & Chen S. (2022). Metaverse: Perspectives from graphics, interactions and visualization. Visual Informatics, 6(1), 56-67, DOI: 10.1016/j.visinf.2022.03.002.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 12/02/2024
Aceitação/Acceptance: 18/05/2024

Application of Sculpture Intelligent Data Analysis and Design in Environmental Design

Yeheng Liu

3068332297@qq.com

The Catholic University of Korea, Korea

Pages: 740-750

Abstract: This article focuses on the application of sculpture in environmental art design under the background of big data. With the rapid development of the social economy, sculpture art has become an important form of art and is closely connected to the public environment. The article analyzes the concept of public environment design in sculpture art, explores the important role of sculpture art in urban construction, especially its development and application in urban planning. At the same time, in response to the increasing attention of people to environmental art and sculpture, as well as specific measures such as increasing investment and reasonable construction, the article conducted in-depth research and expressed the author's thoughts and insights, aiming to attract more attention and attention from society to environmental art design and sculpture applications, especially in the context of big data.

Keywords: Environmental Art; Art and Design; Sculpture; Big Data; City Planning

1. Introduction

With the rapid development of technology and continuous socio-economic progress, the field of environmental design is undergoing unprecedented changes. As an important element in environmental design, sculpture art not only carries profound cultural heritage and artistic value, but also gradually becomes a bridge connecting humans and nature, space and emotions (Menon S. 2023). Especially with the rise of cutting-edge technologies such as big data and artificial intelligence, the design and application of sculptures have ushered in new opportunities and challenges. Sculpture, an ancient and vibrant art form, has been closely connected to the public environment since ancient times. It can not only beautify the environment and improve spatial quality, but also convey cultural information and stimulate emotional resonance (Chhabra et al. 2022). However, traditional sculpture design often relies on the designer's personal experience and intuition, making it difficult to comprehensively and accurately grasp various factors such as environmental needs, crowd characteristics, and material properties. Therefore, how to introduce intelligent data analysis technology into environmental design and achieve scientific and precise sculpture design has become an urgent problem to be solved.

The rapid development of big data technology has provided new ideas and tools for sculpture design. By collecting and analyzing a large amount of environmental data,

crowd behavior data, and material performance data, designers can have a more comprehensive and in-depth understanding of the design object and its environmental background, thereby making more reasonable and effective design decisions. At the same time, the application of artificial intelligence technology has also made the sculpture design process more intelligent and automated, greatly improving design efficiency and quality (Demir et al. 2022). In this context, intelligent data analysis and design applications for sculpture in environmental design have emerged. This emerging field aims to combine cutting-edge technologies such as big data and artificial intelligence with sculpture design, and guide various aspects of sculpture design, production, and installation through intelligent data analysis. Specifically, designers can use big data platforms to collect and analyze relevant environmental data, such as lighting conditions, climate characteristics, population distribution, etc; Meanwhile, utilizing artificial intelligence technology to simulate the performance of sculptures in different environments, predicting their potential visual, psychological, and social impacts. On this basis, designers can more accurately grasp the design direction of sculptures and create sculpture works that meet environmental needs and have unique artistic charm (Liu et al. 2024).

2. Related Research

After entering the 21st century, with the continuous improvement of living standards, people's requirements for the living environment are also increasing. As an important popular art, sculpture is an important symbol and carrier of urban culture and urban history (Iapaolo. 2023). With the continuous development of globalization, with the influx of Western culture, the space for the development of sculpture has also been greatly expanded. Therefore, environmental art and sculpture play a decisive role in urban planning. However, their development is not perfect. There are still some problems that cannot be ignored (Loughran 2020). In recent years, although China has a great deal of environmental art practice, environmental art as a new discipline has not yet matured, and it has not yet formed a complete scientific system in urban planning and construction. Its development is still visible and nothing to think about. At the same time, our urban sculpture lacks the necessary management, and even some urban sculptures are called "visual pollution" (Xu B. 2016). Environmental art and urban sculpture are an important part of urban planning. At the same time, environmental art and sculpture are also inextricably linked. Environmental art creates an environmental foundation for the construction of urban sculpture, and sculpture can be an integral part of environmental art. The composition plays a role of beautification and propaganda (Cao Z et al. 2016).

3. Methodology

3.1. Image Feature Analysis

Image features include colors, textures, etc. This article uses the color features of the image as an example for analysis. As shown in Figure 1, the V axis (column axis) in the HSV model corresponds to the main diagonal in the RGB color space. The column axis direction represents the brightness and represents the change in brightness of the

black-and-white series ((Yang. 2022). The distance from the column axis represents saturation, and the saturation from the circumference to the center indicates that the saturation gradually decreases; the angle around the column axis represents the hue, ie, the points on the circumference represent different values. Red corresponds to an angle of 0°, green corresponds to an angle of 120°, and blue corresponds to an angle of 240%. In the HSV color model, each color differs from its complementary color by 180°. Dividing the circumference by 20° is sufficient to distinguish between different shades so that the three primary colors and yellow, magenta, and cyan are each subdivided into at least 3 equal parts. Saturation and brightness are divided into two levels and have been sufficient to meet the visual requirements on these two channels.

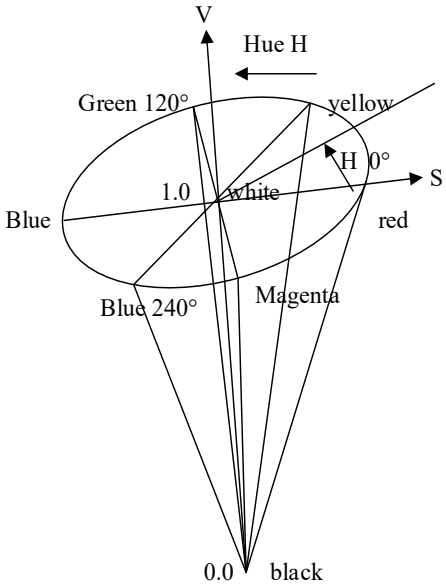


Figura 1 — Color space model

Therefore, an HSV quantizer Qc can be defined to produce a color set that is both compact and complete. Color quantification is the quantification of very rich colors to fewer colors, so there is inevitably bias and it is a lossy process. The key to whether color quantification can achieve the desired results is whether it can solve the conflict between the overall level of the input image and the local details.

The commonly used quantization method is the 166-color quantization method proposed by Smith JR in the HSV space. This method divides Hue into 18 parts, and 3 values each and saturation; and the method of dividing percentage of HVS color space proposed by Androutsos et al. Cao Lihua and Zhang Lei of China have proposed 72- and 36-color non-uniform quantization methods to reduce the dimensions of the feature space to 72-dimensional and 36-dimensional. The basic idea of this color quantization

algorithm based on subjective visual perception is: The color space quantifies the three components of H, S, and V in terms of human color perception at unequally spaced intervals. In this paper, we give an image F, fij represents the color value at the pixel (i, j), M × N represents the image size, the image contains a color set of C, then the color histogram of the image (1) shows:

$$h_c = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} \delta(f_{ij} - c), \forall_c \in C \tag{1}$$

Color histograms are widely used color features in many image retrieval, image recognition, and image classification systems. It describes the proportion of different colors in the entire image, and does not care about the spatial location of each color. In the main color number, the number is analyzed by features, and the number of main colors of the black and white renderings is much smaller than that of the color renderings. Therefore, the number of colors needs to be extracted from the sample images. To research a color image, it must be performed in a specific color space. The main color number feature description adopted in this paper is based on the color histogram. HSV is a color model that can be used for visual perception, so the color space of the image is converted from RGB space to HSV space.

For saturation, through the analysis of different performance techniques, it is found that the computer performance map uses real texture maps to show its material, and its saturation is higher than the saturation of the hand-painted renderings. The previous literature in the literature proposed the concept of saturation ratio when distinguishing between real images and paintings. Here, the method of identifying the ratio of saturation can be used to identify the design images of computer expressions and hand-drawn expressions. First, use the fast approximate conversion formula to convert the image from the RGB color model to the HSV color model. Then a digital image has L saturation levels in the range [0, 1]. The histogram is defined as a discrete function. See equation (2).

$$h(S_k) = nk \tag{2}$$

Then Sk is the k-th level saturation in the interval [0, 1], and nk is the number of pixels in the image with the saturation level Sk. Then normalize the histogram, that is, use all the elements h (Sk) divided by the total number of pixels in the image n, see (3):

$$P(S_k) = \frac{h(S_k)}{n} \tag{3}$$

Among them, k = 1, 2 ... L, from the basic knowledge of probability theory, it can be seen that P denotes the appearance of the saturation level Sk

Frequency, the saturation ratio is shown in Equation (4):

$$R = \frac{P(S_{k_{\max}})}{P(S_{k_{\min}})} \tag{4}$$

The literature selects only one of the eigenvectors when choosing the saturation ratio, and the adaptability and anti-interference ability are poor. This article improves it by selecting the optimal feature set for the performance of the marker and the light color performance. The effect graph performs saturation feature extraction. Let: min = l, max = 2, 3, 4, ..., L, then there are:

$$R_1 = \frac{P(S_2)}{P(S_1)}, R_2 = \frac{P(S_3)}{P(S_1)}, R_{L-1} = \frac{P(S_L)}{P(S_1)} \tag{5}$$

Let R be a measure of the separability of J. The larger the J value, the better the separability of samples between different classes. One out of every R is eliminated, and the culled feature should maximize the J-value of the feature group that remains. In this paper, we take L=20 to obtain two kinds of performance map training samples saturation ratio (the first 14 handles in 20 handles) fractal dimension visualization diagram, from which we take feature dimensions with large differences in features, and finally select the optimal feature group. R1, R2, R5, R8, R9, R12, R14, R18 feature vector R*.

3.2. SVM Image Classification Algorithm Design

In this paper, the policy points are implemented using SVM. This algorithm belongs to five types of classification problems, and four SVM classifiers (SVM1, SVM2, SVM3, and SVM4) are constructed. Each classifier then determines the classification model through parameter optimization. The final structure diagram is shown in Figure 2.

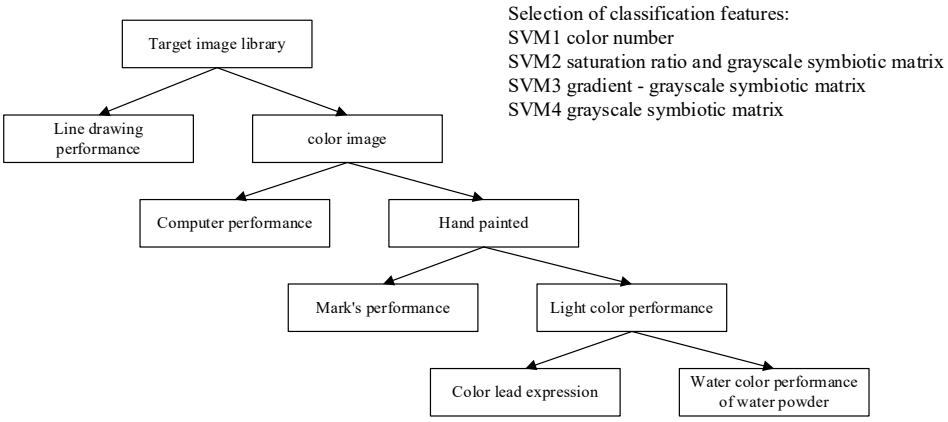


Figura 2 – Classification model for renderings of SVM-binary tree based on expression techniques

The SVM classifier includes a training classifier and a test classifier. The classification task is divided from the N-dimensional feature space. The establishment of the classification model is to extract the training set and the test set from the original data first, and then use the training set to train the SVM after feature extraction and data normalization, and

then use the obtained model to predict the classification label of the test set (Yu 2023; Loughran 2020).

The process of using the sample data to determine the classifier is called a training classifier. The training classifier generates a training sample file based on the feature vector of the known class sample image provided by the user (Zhu 2022). Each sample file includes the category number and feature vector of all sample images. Then it needed to determine the classification model of each SVM, including two aspects of the kernel function type and the parameters of the kernel function. In the selection of the kernel function, after the feature data is normalized, the data to be sent to the SVM is ready, but there are still two problems before the "startup": First, kernel function is chosen: Second, determine the core the parameters of the function and the optimal value of the error cost coefficient C (Sang 2024). Although the choice of the best kernel function is usually related to the problem itself, there are still rules to follow. Radial-based kernel functions (RBFs) are generally preferred:

$$K(x_i, x_j) = \exp\{-\frac{|x_i - x_j|^2}{\sigma^2}\} \tag{6}$$

The method used in this system is K-fold cross-validation. For a data set containing N samples, it is first divided into 1 disjoint subsets and each subset has N/K samples. Then, run K cross-validation process, use one different subset each time as the test set, and use the remaining K-1 subsets as the training set. For the given parameters C and σ, the training set is taken as the original data, and the K-CV method is used to obtain the verification accuracy of the training set under this group C and σ, and finally the group C with the highest accuracy of the training set verification classification is obtained. σ is the best parameter. However, there may be multiple groups of C and σ corresponding to the highest verification classification accuracy.

The group C and σ that can select the parameter that can achieve the highest verification classification accuracy can be used as the optimal parameters (Sun 2022). In this way, the over-learning state caused by the excessive parameter C can be avoided.

4. Result Analysis and Discussion

Sculpture is composed of material materials. The appearance and form of sculpture are determined by material materials. Therefore, the selection of high-quality materials is very important for the creation of sculptures. In the sculptural design, designers can choose different material materials for sculptural art creation, such as hard granite texture, pure and elegant marble, high quality copper material, smooth stripes and strong decorative wood materials.

The experiment uses SVM2 in the binary tree-support vector machine classifier as an example. The impact of the selection of SVM modeling parameters on the classification results is analyzed from the aspects of classification speed and classification accuracy. Normalization of data occupies a pivotal position in pattern classification, and even relates to the success or failure of the entire algorithm. The number of experimental training samples is 50, the number of test samples is 40, the penalty factor C is 70, and

σ is 1. For different normalization methods and without normalized preprocessing, the final test set pre-classification accuracy rate is determined by the experiment. It can be concluded that the use of a suitable normalization method has a great influence on the experimental results. If the same classifier is applied to the same data set and results that are not as good as others are obtained, first of all it should be confirmed whether or not. The data is normalized and the normalization method chosen is appropriate. Table 1 shows that when the experimental [-1, 1] normalization method was chosen, the classification accuracy was the highest.

Normalization method	C	σ	Accuracy rate
[0,-1] normalization	70	1	85%(34/40)
[-1,1] normalization	70	1	92.5%(37/40)
0 averaging method	70	1	87.5%(35/40)
Non normalization	70	1	50%(20/40)

Table 1 – Using the different normalization methods and the classification accuracy without the normalization method

The kernel function has a strong model generalization ability, does not fall into a local minimum, and has a strong non-linear processing capability. Although the functions that satisfy the Merce condition can be theoretically selected as kernel functions, different kernel functions do not have the same classification performance. For different kernel functions in SVM, the unified training set capacity is 50, normalized by [-1,1], penalty factor C is taken as 70, σ is taken as 1, and the test set prediction classification accuracy rate is shown in Table 2. By the following comparison, it can be seen that the radial basis function is used as a kernel function for distinguishing between the feature vector data of the computer performance map and the hand-drawn performance map, and the final classification accuracy is the highest.

Kernel function used	Training set	Accuracy rate
Linear	50	85% (34/40)
Polynomial	50	87,5% (35/40)
Radial basis function	50	92.5% (37/40)
sigmoid	50	65% (26/40)

Table 2 – Accuracy of classification by selecting different kernel ftmctions

In the existing application of the support vector machine, most of the tests use different methods to test different kernel functions and their corresponding parameters to determine the final value of the kernel function and parameters. Taking SVM2 as an example, the parameter values of the RBF kernel function are randomly selected. The classification accuracy of the classifier is shown in Table 3. The classification performance is greatly affected by the parameters. Randomly selected parameters cannot guarantee the accuracy of the classifier. Therefore, the kernel function parameters depend heavily

on the expert (individual) experience, and there is no guarantee that the parameters at this time are optimal.

Accuracy rate	Param eter values	
	Random selection parameter C	Random selection parameter o
90%	5	3
82.50%	10	3
77.50%	20	10
67.50%	50	50
90%	69	5

Table 3 – Parameter classification random selection accuracy

Through experiments, it is found that the smaller the C in RBF kernel function parameter space is, the less the SVM is trained and the tendency is to classify the sample into a class where the number of samples is dominant; the larger the C is, the more the SVM is trained; the larger σ is, the SVM tends to linear classify The smaller the σ, the SVM looks under training or over training. Therefore, the experiment adopts the cross validation CV (cross validation) method to select the optimal parameters. The final parameter selection results and prediction results are as follows: the optimal parameter C is 70.0604, the best parameter σ is 1.233, and the classification accuracy rate is 92.5% (37 /40). As shown in Table 4, after parameters are optimized, the over-learning and under-learning conditions can be effectively avoided, and the ideal accuracy rate for the test set is obtained, but the efficiency of the SVM algorithm is greatly affected.

Evolutionary algebra	Fitness	
	Optimum fitness	Average fitness
0	62	89
10	81	89
20	87	89
30	86	89
40	86	89
50	85	89
60	85	89
70	85	89
80	80	89
90	79	89
100	84	89

Table 4 – The Fitness of the Best Parameters

Finally, based on the above test results, this paper mainly analyzes and tests black and white performance, color lead performance, marker performance, gouache watercolor performance, and computer performance. A total of 400 samples were collected, each of which represented 80 techniques and images. The classification experiments were performed in the "Classification Algorithm of Environmental Art Effect Maps Based on Performance Techniques". The user selects 40 of each image in the image library, and a total of 200 images are used as the training image collection. The black and white performance, the color lead performance, the marker performance, the gouache watercolor performance, and the category number of the computer performance training image are marked as 1, respectively. 2, 3, 4, 5. Combined with the typical eigenvalues of the training samples of the four support vector machines (SVM1, SVM2, SVM, SVM4) obtained by the binary tree (FIG. 4), four training sample files (T1, T2, T3, T4) are generated. It is input to a binary tree-multiple SVM classifier for training, and a multi-class classification model M1 is obtained. At this point, another 200 images (black and white, colored lead, marker, gouache, and 40 computer images) were selected as test images in the image library. The obtained classification model M1 outputs the test result to the test image, that is, the category number of each test image is returned. The classification result of the image is output to the user interface by reading the category number of the test image. The accuracy of the classification experiment is shown in Table 5. We can see that the image classification effect of the "Sculpture Effect Picture Classification Algorithm Based on Performance Techniques" is good. In addition to the classification accuracy of the watercolor gouache performance technique category, the accuracy of other classifications reached more than 90%.

Performance technique category	Accuracy rate	Misclassification
Black and white performance	100%	
Color pencil performance	92.5%	(2/40)
Mark's performance	90%	(2/40)
Water color performance of water powder	82.5%	(1/40)
Computer performance	95%	(2/40)

Table 5 – Test accuracy

In environmental design, designers can combine the art of sculpture with the landscape, use color effects from the site, location, form, texture, and color to deal with the positional relationship of various components in the sculpture, so that the sculpture can not only decorate the city, but also It expresses its own creative process, ideas, etc., and fuses together various elements to form a specific space environment, ensuring its sense of order and overall sense. In the sculptural design, the designer should be bold in composing the plot and the theme, improve the accuracy, and show a certain degree of charm. Designers should boldly innovate, do not blindly copy the successful works of foreign countries, and integrate into local culture to discover and display different beauty. In addition, designers must adhere to the idea of people-oriented, widely listen

to the views of the public, design from the aesthetic interests of people, so that the sculpture has the characteristics of localization, pro-civilization, and make people feel warm.

Finally, because the algorithm design is a popular expression technique in the current design art, in order to verify the effective scalability of the algorithm, the classification test of the images of the sculptural design category is performed. Each category contains 100 test images, covering the five performance techniques studied in this paper, with 20 performance charts per clock. Experiments have proved that any works that use graphing tools (such as pencils, markers, watercolor gouache) can be effectively classified.

5. Conclusion

The core concept of environmental art is to integrate into the all-round three-dimensional harmony of nature, society, and human beings, aiming to promote the harmonious development of humanity. Urban sculpture, as an explicit symbol of human material and cultural progress, is also a key material carrier for spiritual and cultural inheritance, and plays a crucial role in urban development. Urban planning, environmental art, and urban sculpture are intertwined to shape the appearance and soul of a city, and their importance cannot be ignored. In the new historical era, we must vigorously promote the development of environmental art and sculpture in urban planning, and elevate their application to new heights. Urban planning should pursue harmony, rationality, science, and innovation, creating a new development space for environmental art and sculpture. At present, the Internet and information technology are booming, and computer technology is increasingly widely used in environmental art design. Practice has proven that the integration of computer technology can significantly enhance the expressive techniques and artistic effects of sculpture art design. Based on this, we conducted an in-depth analysis of image features and color features, and designed a support vector machine algorithm. This algorithm can accurately distinguish the presentation techniques of images and determine whether they possess the characteristics of literati painting. To ensure the accuracy and scalability of the algorithm, we conducted rigorous testing and selected five main design techniques and 400 samples for experimentation. The experimental data revealed multiple factors that affect the classification effect of environmental art design renderings, and successfully demonstrated the image design categories of other types of sculptures. The classification verification results show that the environmental art rendering classification algorithm based on performance technology has demonstrated excellent classification performance and good application scalability, and has high practical value and promotion significance. This achievement not only provides new technical support for environmental art design, but also opens up new paths for the development of environmental art and sculpture in urban planning.

References

Cao Z, Yuan Z. (2016). Featured Culture in Ref ections on the Application of Environmental Art Design ——Case Study of the Yi Nationality Vacation Hotel. Furniture & Interior Design, 69(2): 35-93.

Chhabra, G., Onyema, E. M., Kumar, S., Goutham, M., Mandapati, S., & Iwendi, C. (2022). Human emotions recognition, analysis and transformation by the Bioenergy Field in smart grid using image processing. Electronics, 11(23), 4059.

Demir, G., Çekmiş, A., Yeşilkaynak, V. B., & Unal, G. (2021). Detecting visual design principles in art and architecture through deep convolutional neural networks. Automation in Construction, 130, 103826.

Iapaolo, F. (2023). The system of autono-mobility: computer vision and urban complexity—reflections on artificial intelligence at urban scale. AI & society, 38(3), 1111-1122.

Liu L, Li X. (2024). Application of relying on 3D modeling technology in the design of urban sculpture. Journal of Electrical Systems, 20(1).

Loughran, K. (2020). Urban parks and urban problems: An historical perspective on green space development as a cultural fix. Urban Studies, 57(11), 2321-2338.

Menon S. (2023). Research on folk plastic arts in interior decoration design based on big data under the environment of sustainable development. The journal of contemporary issues in business and government, 29(1), 77-87.

Sang Y. (2024). Application in environmental art design practice based on a fuzzy evaluation system. Scientific Reports, 14(1), 12441.

Sun C, Zhou X. (2022). Use of digital twins– based intelligent navigation visual sensing technology in environmental art design of scenic spots. Advances in Civil Engineering, 2022(1), 6399515.

Xu B. (2016). Study on Regional Characteristics of the Pottery Art and Environmental Space——Take Fu Jian as an Example. Sculpture, 59(2): 89-104.

Yang, Z. (2022). Interoperability Analysis between Traditional Chinese Sculpture and Painting Modeling from the Perspective of Big Data Management. Mathematical Problems in Engineering, 2022(1), 3237282.

Yu Y. (2023). Design of urban sculpture artwork pattern on account of smart sensor network from the artistic perspective. Journal of Internet Technology, 24(1), 195-204.

Zhu J. (2022). The usage of designing the urban sculpture scene based on edge computing. Computational Intelligence and Neuroscience, 2022(1), 9346771.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 28/03/2024
Aceitação/Acceptance: 09/06/2024

Motorbike Helmet Wearing Detection in Complex Traffic Environment Based on Improved YOLOV5

Ouyang Zhaozhang[1,2], Jeffrey S. Sarmiento[1*], Zhang Weixiong[2]

jeffrey_sarmiento@163.com

[1] Batangas State University, The National Engineering University, 4200, Batangas City, Philippines

[2] College of Intelligent Manufacturing and Equipment, Jiangmen Polytechnic, 529000, Jiangmen, China

Pages: 751-769

Abstract: To accurately detect motorcycle helmet wearing in complex traffic, an enhanced YOLOV5 method is proposed. The YOLOV5 layers' functions are analyzed. A dataset of motorcycle helmet wearing in complex traffic environments was constructed using web crawlers and roadside photography techniques. After using AI Studio annotation tools to enhance data processing, a helmet dataset was built using web crawlers and roadside photography. Integrating MobileNetv3, CBAM, and SiLU, the optimized YOLOV5 achieved high detection accuracy in diverse conditions (extreme weather, main roads, heavy traffic). The experimental results show that the designed method can effectively detect the wearing of motorcycle helmets in various complex traffic environments, and the confidence of the generated predicted bounding boxes is greater than 0.9, with a maximum of 0.99. The detection accuracy is 0.954, the recall rate is 0.946, and the average accuracy is 0.969.

Keywords: YOLOV5 algorithm; CBAM module; complex traffic environment; motorbike helmet; wear detection

1. Introduction

In the complex traffic environment, motorbike riders will be affected by a variety of subjective and non-subjective factors in the driving process, facing a variety of potential safety risks, and the correct wearing of helmets is one of the most important means for avoiding risks and creating a safe traffic environment (Merali et al. 2022). In this context, there is a need for an in-depth study of efficient, accurate and reliable motorbike helmet detection technology to effectively supervise and identify drivers with hidden safety risks (Olewinski et al. 2022), reduce the frequency of road traffic accidents, and further safeguard the traffic network and the safety of people's lives and property.

proposes an image detection method based on the YOLOv8 algorithm, by strengthening the model to focus on different scale features and low-level feature maps, and using lightweight GSConv convolution to simplify the computational process and the memory burden, to effectively achieve the effective detection of the image, but the method exists in the case of high false detection rate and omission rate, which can not meet the needs of the actual application of the complex traffic environment (Zhang et al. 2024). Li et al

proposes an image detection method based on the YOLOv5 algorithm, which integrates the application of hierarchical positive sample selection mechanism, the application of box density-based post-processing algorithm, suppressing the false detection, to achieve high accuracy image detection, but the method has a long computation time (Li et al. 2022). Jearanai et al proposes an image detection method that fuses the YOLOv8 model with a deep learning detector, improves the loss function through SIoU, effectively improves the image feature extraction ability, and achieves effective image detection, but the computational speed of the method needs to be improved (Jearanai et al. 2023). Weiguang et al fused YOLOv5 algorithm, through multi-level migration learning for training, to obtain the optimal detection model, but the method of false detection rate and missed detection rate is high, can not effectively meet the application requirements of complex traffic environment (Weiguang et al. 2023).

YOLOV5, as a real-time target detection algorithm with faster detection speed, is the latest version in the YOLO (You Only Look Once) series, which is able to quickly and accurately detect the objects in the input image and correspondingly output the position and category information of the target objects. The algorithm incorporates the overall operating principles of a single-stage detector for a regressive transformation of the target detection task. The main principle is to segment the input image elements in grid scale, deeply extract and fuse the image feature information of different scales, fuse the feature information with the image grid, adaptively predict the bounding box, and then filter the final detection results by the confidence score, category probability, and the bounding box location of the target object. It can be seen that compared with traditional target detection algorithms, YOLOV5 can handle complex scenes and multiple target objects with variability more effectively, and has certain advantages in practical applications in many fields. Although YOLOv5 has demonstrated better application performance in object detection tasks, it will still be affected by complex factors such as dynamic targets, occlusion situations, and lighting changes when facing complex and variable traffic environments, which reduces the accuracy and robustness of the algorithm itself. Therefore, the YOLOv5 algorithm is improved to make the algorithm network structure lightweight, reduce the amount of computation, and at the same time strengthen the ability of local feature extraction to improve the accuracy of target detection and localisation. Based on this, this paper proposes a motorbike helmet wearing detection method for complex traffic environment based on improved YOLOV5.

2. Motorbike helmet wear detection in complex traffic environments

2.1. Analysis of the structure of the YOLOV5 algorithm

The YOLOV5 algorithm network structure is shown in Figure 1.

As can be seen from Figure 1, the input layer (Input) of the YOLOV5 network structure mainly includes three core processing modules, namely Mosaic data enhancement, preset target anchor frame computation, and image adaptive scaling, and the main function of the hierarchy is to receive the image data to be detected and take it as the input of the algorithm, and carry out the pre-processing operation on the image information (Xie et al. 2023) (Chen et al. 2023) (Zheng et al. 2022). Among them, Mosaic data enhancement

is mainly to simulate various size and position changes that may occur in the target object splicing in the actual scene through the idea of actual scene restoration, and then the processed image is randomly arranged and isochronous fusion spliced to form a new image as model input, so that the model can learn more information about the image background, relative positional relationships between target objects, and target objects in different scales, so as to improve the ability of fine detection of small targets.

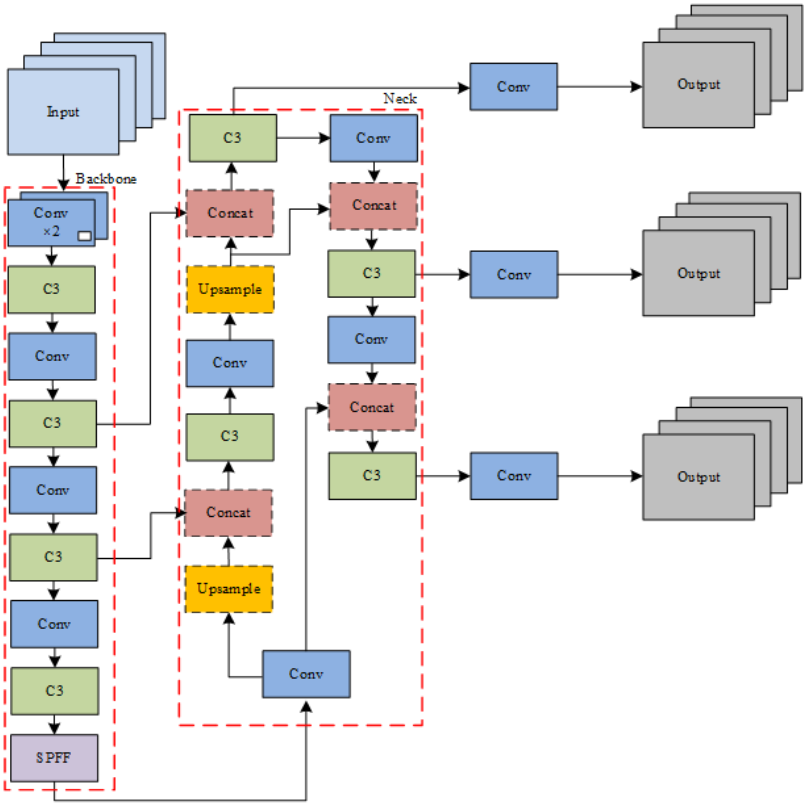


Figure 1 – YOLOV5 algorithm network structure

In the preset target anchor frame calculation module, in each training batch, the algorithm will optimise the cluster analysis and update the anchor frame size according to the real bounding box size and position information of the target objects in the current batch. After many iterations, the size and shape of the anchor frame will gradually converge to the actual information of the real target object, and the optimal anchor frame values for different training sets are adaptively calculated to improve the detection accuracy.

In the image adaptive scaling processing module, the YOLOv5 algorithm automatically calculates the scaling factor based on the original image size and the target size (which is equivalent to the spatial ratio this time), and performs an equal-proportional scaling

operation on the image. If the scaled image size does not match the target size, the algorithm will further adjust the aspect ratio of the image and crop part of the region so that the image can be completely filled into the target size, avoiding the deformation of the image target object or missing information caused by simple scaling operation.

The backbone network (Backbone) mainly includes Focus structure, CSP structure and SPPF module (Tang et al. 2023) (Ahmad et al. 2023) (Li et al. 2023). Specifically, the Focus structure is mainly used in the backbone network to increase the number of channels by slicing operations, e.g., a 640×640×3 input image can be transformed into a 320×320×12 feature map with more channels by slicing operations, i.e., sampling every other pixel both horizontally and vertically, expanding the number of channels from the original 3 (RGB channels) to 12 (channel dimension of the four complementary images). This new feature mapping not only reduces the input size (downsampling), but also effectively increases the number of channels. In the Focus structure of YOLOv5, this number is usually 12 because each slice image contributes 3 channels (corresponding to RGB), enhancing the feature extraction capability of the network.

The CSP (Cross Stage Local Network) structure combines some of the remaining structures of the Convolutional Layer and Resnet (Residual Network) to extract deeper feature information by increasing the network hierarchy and introducing jump connections to ensure accuracy while keeping the network lightweight.

SPPF (Fast Spatial Pyramid Pooling Layer) enhances the overall recognition capability of the network for target objects by fusing feature maps at different levels, realising complementary fusion of deep-shallow semantic information while trimming the size of the feature maps and highlighting the semantic information of the refined maps.

The feature extraction/neck network (Neck) achieves effective transfer and aggregation of feature map semantic information and detection target localisation information by integrating the FPN and PAN, improving the feature extraction capability of the YOLOV5 network and making it more adaptable to the target detection needs in complex scenes. Specifically, the FPN layers are connected in the form of top-down connections, so that the feature maps at each level incorporate semantic information at different scales (Wu et al. 2022). On the basis of achieving effective transmission of semantic information, it is also necessary to construct a bottom-up transmission path through the PAN layer, and on the basis of fusing the precise positioning information of the lower levels, it is transmitted to the higher levels layer by layer, so that the YOLOV5 network can locate the position of the target more accurately when detecting the target.

The output layer (Head) adopts GIoU_Loss as the loss function to accurately predict the bounding box position while considering the size of the overlapping area, the shape and positional relationship between the predicted box and the real box, so that the model can learn more accurate bounding box regression parameters and thus output more accurate detection results.

2.2. Motorbike Helmet Wearing Detection Dataset Production

Considering that there is no publicly available motorbike helmet dataset suitable for the study of this paper, this paper uses a variety of technical methods to collect images of motorbike drivers, and the sources of images are mainly:

1. Web crawler: Social media platforms, motorbike forums, and news websites that contain a large number of motorbike helmet wearing images and videos are taken as target websites, and according to the structure of the target websites and the content of the pushes, “traffic intersections”, “complex traffic”, “road motorcycles”, “motorcycle helmets”, “road motorcycles”, “motorcycle helmets”, and so on are used. “road motorbike” and “motorbike helmet” as keywords to determine the crawling strategy. At the same time, after the HTTP request is sent, a total of more than 4,200 associated photos can be obtained from the target webpage. The crawled picture information includes different traffic scenes, traffic environment and road environment.
2. Roadside photography: Photographs of motorbikes travelling on pedestrian crossings, mixed lanes, non-motorised lanes and other nodes of the urban traffic network, with the target categories including those without safety helmets and those wearing safety helmets. An example of the part of the dataset is shown in Figure 2.



Figure 2 – Example of partial image data

As can be seen in Figure 2, the image dataset produced in this study includes images of motorbike helmet wearing in complex traffic environments, such as (a) branch road cross-steering driving environments, (b) nighttime lane-changing driving environments, (c) slippery roadway driving environments, (d) rainy neighbourhood peak hour driving environments, (e) main road peak hour driving environments, and (f) dusty and foggy weather peak hour driving environments.

After acquiring the motorbike helmet image data, semantic screening and feature comparison are performed on more than 8200 collected motorbike driver images, and irrelevant data that do not meet the research requirements are cleaned and eliminated, leaving 5448 images that meet the research requirements.

Based on the annotation tool provided by AI Studio, the remaining dataset is manually annotated, and a data file in XML format containing information on the detection target category and target frame scale is generated. In the annotation process, considering the task objective of motorbike helmet detection (i.e., detecting the helmet wearing condition of motorcyclists in complex traffic situations), three categories of "Motor", "Head", and "Helmet" are set. Helmet", which represent "motorbike body", "wearing a helmet" and "not wearing a helmet".

In the annotation process, the use of "Motor" annotation box will be connected to the motorbike and the driver as an organic whole, the initial positioning of the helmet wearing state detection interval, the generation of txt files containing information labelled. The labelling effect is shown in Figure 3.



Figure 3 – Motorcycle helmet wearing detection data set annotation results

On the basis of completing the data labelling, considering that the dataset construction will be subject to objective constraints to a certain extent, resulting in the training test results of the detection model can not meet the requirements of motorbike helmet wearing detection in complex traffic environments. Therefore, in this paper, before the model training, it is necessary to integrate the preliminary enhancement processing method, so that the design model has a better fitting effect, and the specific processing process is as follows:

In the process of image rotation, it is necessary to consider the rotation angle corresponding to each pixel point in the image as well as the rotated image mapping path to accurately determine the visual presentation angle of the image to avoid the

problem of cropping the edges of the image during the rotation (Chen et al. 2023) (Wang et al. 2023) (Garg et al. 2023). Define the original image as O Given that pixel (x, y) in O is rotated around the centre point of the image to generate the rotated pixel (x', y'), the pixel value $O'(x', y')$ of the rotated image is:

$$O'(x', y') = O(x\cos\theta - y\sin\theta, x\sin\theta + y\cos\theta) \tag{1}$$

In formula 1: θ denotes the angle of rotation.

On the basis of acquiring $O'(x', y')$, the order of pixels in each row is reversed and coordinate transformation of pixel points is performed, i.e., the image row 1 is exchanged with row M and row 2 is exchanged with row M–1. (M denotes the width of the original image) The image is flipped horizontally in order to correct the mirroring problem of the image during the training process. The output flipped image pixel value is $O''(M–x', y')$.

Based on the implementation of image flipping, image scaling is performed in conjunction with nearest neighbour interpolation (Liao et al. 2023), i.e., the size of the image is adjusted to meet the target image generation conditions:

$$O'''(x'', y'') = \frac{O''(M - x', y')}{O(x''M^{-m}, y'N^{-n})} \tag{2}$$

In formula 2: $O''(x'', y'')$ denotes the scaled image pixel value; N denotes the original image length; m denotes the target image width; n denotes the target image length.

As a result, the image O''' (here normalised to represent a dataset containing multiple images) that has completed the initial enhancement process is output.

2.3. Motorbike Helmet Wearing Detection in Complex Traffic Environment Based on Improved YOLOV5

In the motorbike helmet wearing detection task, there may be an imbalance in the number of samples between the two categories of helmet wearers and non-wearers, which will affect the training effect of the model. Corresponding strategies are needed to deal with the category imbalance, such as generating more samples from fewer categories through data enhancement techniques, or adjusting the weights of the loss function to balance the importance between different categories. To this end, an improved YOLOV5 is used to design a motorbike helmet wearing detection method for complex traffic environments.

The core logic of the MobileNetv3 network is to perform depth-separable convolution operations as a means of reducing the overall computational effort of the detection model and outputting an effective feature map (here, the dimensional information of height, width, and number of channels of the feature map is defined as $H \times M' \times j'$) (He et al. 2023). The number of parameters required to perform standard convolution is then expressed as:

$$J_1 = (o_1 \times o_2)^2 \times \sqrt{j_1 j_2} O'''(x'', y'') \tag{3}$$

In formula 3: J_1 denotes the number of parameters performing the standard convolution operation; $o_1 \times o_2$ denotes the scale factor of the network convolution kernel (kernel height × kernel width); j_1, j_2 denotes the total number of input and output channels, respectively.

Based on the operational logic of formula (3), the number of parameters required to perform the depth-separable convolution operation is calculated as:

$$J_2 = (o_1 \times o_2)^2 \times j_1 + \sqrt{j_1 j_2} \tag{4}$$

In formula 4: J_2 denotes the number of parameters required to perform a depth-separable convolution operation.

Associating formula (3) and (4), describing the differences in the use of parameters between these two operations, the calculated parametric quantitative ratios are expressed as:

$$J' = \frac{J_2}{J_1} = \frac{(o_1 \times o_2)^2 + j'}{(o_1 \times o_2)^2 \times \sqrt{j_1 j_2}} \tag{5}$$

In formula 5: J' denotes the degree of optimisation of J_2 compared to J_1 in terms of parameter usage.

From the operation principle of the above equation, it can be seen that the size of the convolutional kernel corresponding to J_2 is reduced by several times compared with J_1 (Li et al. 2023) (Prasad et al. 2023) (Zhang et al. 2023), which can more effectively ensure the model detection accuracy and reduce the comprehensive arithmetic. Therefore, in this paper, the Block structure of MobileNetv3 network is used to replace the residual structure of CSP in YOLOV5 backbone network, so that the detection model can complete image feature extraction in a lightweight way.

Considering the motorbike helmet wearing detection in the complex traffic environment, the Motor annotation box is prone to element blocking and overlapping, and the local feature information extraction effect is poor, which leads to omission and misdetection. Therefore, in order to improve the attention of Yolov5 network for O''' important feature information (Sunnetci et al. 2023) (He et al. 2022), the end 3C module is replaced by CBAM attention mechanism module to enhance the connection between the motorbike helmet wearing feature map channels, and the end 3C module in the Backbone part of the SPPF module is replaced by CBAM attention mechanism module (convolution module). The structure of the replaced module is shown in Figure 4.

As can be seen from Fig. 4, in the process of improving the YOLOV5 network, the channel attention module firstly performs a global average pooling operation on the input motorbike helmet wearing feature map, obtains the global information of all channels of the feature map, and captures the overall feature distribution state of the channels. On this basis, the pooled features are convolutionally transformed by shared neural network to generate the channel attention weight vector (Alirezazadeh et al. 2023) (Wang et al. 2022). Combined with the Sigmoid function for vector summation, the channel

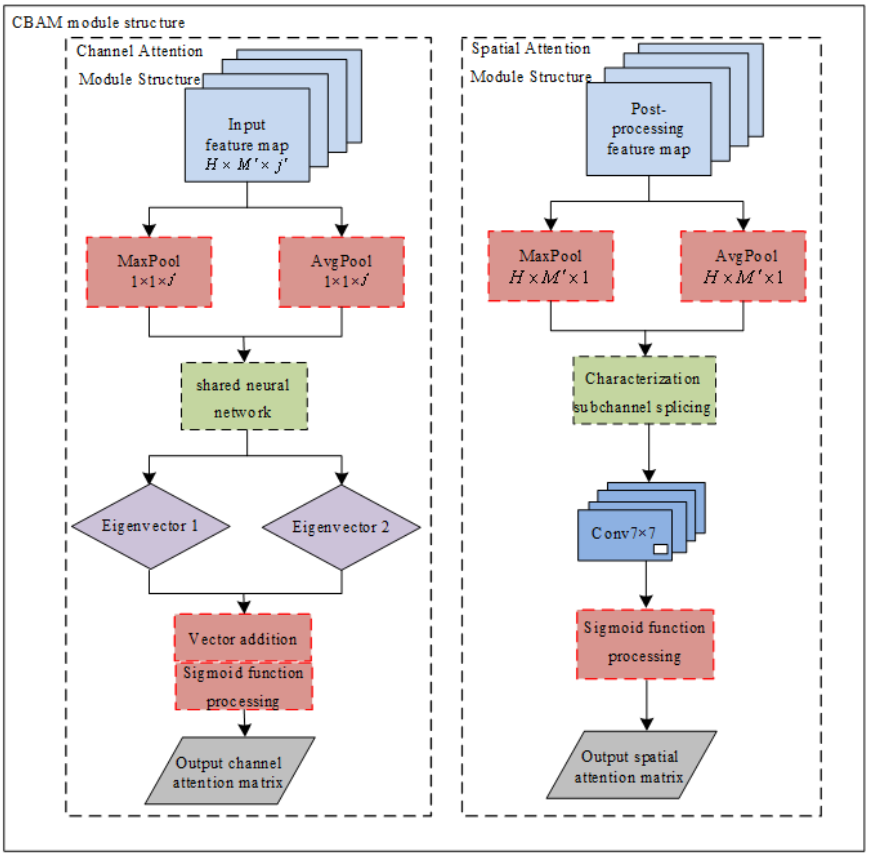


Figure 4 – CBAM Attention Mechanism Module Structure

attention matrix is constructed and output, which ensures that the YOLOV5 network fully considers the inter-channel dependencies when focusing on the spatial information by dealing with the relationship between the channels of the input feature map. Enhance the ability of YOLOV5 network to capture and utilise local feature information.

Based on the content of the structural principles of the above module, the process of improving the YOLOV5 network is analysed in the process of calculating the channel attention features (Zhang et al. 2022). Define the input feature map as $Q'^{H\times M'\times j'}$, then the calculation process of one-dimensional feature map $Q'^{H\times M'\times j'}$ and two-dimensional feature map $Q''^{H\times M'\times j'}$ in the image feature space is:

$$q' = Q^{H\times M'\times j'} \otimes Q'^{H\times M'\times j'}\left(Q^{H\times M'\times j'}\right) \tag{6}$$

$$q'' = q' \otimes Q''^{H\times M'\times j'}\left(q'\right) \tag{7}$$

In formula 6-7: q' denotes the output result of the channel features; ⊗ denotes the Hadamard product operation; q'' denotes the spatial feature output.

q' and q'' are fused using a multilayer perceptron (MLP) with a hidden layer to construct a shared network that outputs a channel attention feature map $\hat{Q}'^{H\times M'\times j}$ (one-dimensional):

$$\hat{Q}'^{H\times M'\times j'} = \eta\left[\mathrm{MLP}\left(P_Q^{Avg}\right)^{\omega_1} + \mathrm{MLP}\left(P_Q^{Max}\right)^{\omega_2}\right] \tag{8}$$

In formula 8: $\eta(\cdot)$ denotes the Sigmiod activation function; MLP(·) denotes the fusion computation of multilayer perceptron; P_Q^{Avg} denotes the average pooling characteristic; ϖ_1 denotes the vector of channel attention weights generated by average pooling; P_Q^{Max} denotes the maximal pooling feature; ϖ_2 denotes the vector of channel attention weights generated by maximum pooling.

The feature map received by the spatial attention module is the motorbike helmet wearing feature map after pooling and convolution processing by the channel attention module, where the input of the feature map has been weighted and adjusted according to the channel importance. Subsequently, different levels of pooling layer will be used for image compression, extracting different scale information of the feature map, calculating the most significant region and the overall information in the feature map in parallel, and obtaining feature maps with the same spatial dimensions but different levels.

After pooling operation, the two feature maps obtained are spliced, and the spliced feature map is processed by 7×7 convolutional layer for feature fusion to generate a feature map with the same spatial dimension as the input feature map. Finally, the feature map processed by the convolutional layer is activated by the Sigmoid function to obtain the spatial attention matrix.

Compute the spatial attention feature map $\widetilde{Q}''^{H\times M'\times j'}$ (2D) after convolutional fusion based on the compressed 2D P_Q^{Avg} and P_Q^{Max} :

$$\widetilde{Q}''^{H\times M'\times j'} = \eta\left[F\left(P_Q^{Avg}\right)^{\omega_1} \middle| F\left(P_Q^{Max}\right)^{\omega_2}\right] \tag{9}$$

In formula 9: $F(\cdot)$ denotes the normalised convolution.

In the improvement of the YOLOV5 network, the fusion of the spatial attention module and the channel attention module enables the YOLOV5 network model to not only focus on important channels in the feature map, but also locate key spatial regions within these channels, as a way to improve the motorbike helmet wearing detection accuracy by enhancing the feature capturing capability.

The activation fusion processing of feature information by the Sigmoid function will make the overall YOLOV5 network present non-linear characteristics and enhance the feature representation ability of YOLOV5 itself. However, the derivative of the Sigmoid function is close to 0 when the input value tends to infinity or infinity, which may lead to the gradient vanishing in the backpropagation process, affecting the data training quality of the model. Therefore, in order to avoid the problem of gradient vanishing

and improve the nonlinear generalisation ability of YOLOV5 algorithm, SiLU function is used instead of the Sigmoid function so that the model can better fit the complex data distribution.The expression of Sigmoid and SiLU function is as follows:

$$\eta(K_1) = \frac{1}{1 + e^{-K_1}} \tag{10}$$

$$\hat{\eta}(K_2) = \frac{K_2}{[1 + \exp(-K_2)]} \tag{11}$$

In formula 10-11: K_1 denotes neuronal inputs representing the weighted sum of neurons from the previous layer; $\hat{\eta}(\cdot)$ denotes the SiLU function; K_2 denotes the neuron input, representing the activation value of a neuron in the current layer.

Based on the mathematical principles of formula (10)-(11), the derivative of the SiLU activation function will not approach zero when the input value tends to be either positive infinity or negative infinity, effectively avoiding the problem of gradient vanishing, which enables SiLU to better propagate the gradient in the deep neural network and strengthens the model's linear generalisation ability. Therefore, replacing the traditional Sigmoid activation function with SiLU activation function in the network structure of YOLOv5 can enable the model to better learn the feature information in the complex traffic environment, so as to improve the accuracy of the motorbike helmet wearing detection and reduce the probability of the occurrence of omission and false detection.

3. Experimental analyses

3.1. Experimental environment setup

In order to verify the practical application effect of the design method, the homemade motorbike helmet wearing dataset is used as a source of experimental data to test the wearing detection effect. In order to reduce the subjective perspective intervention in the annotation process, the application script randomly divides the image dataset according to the ratio of 8:1, dividing 4872 images as the training set and 576 images as the test set. Specific experimental environment parameters (As Show in table 1).

Name of software and hardware equipment	Model number/releases	Performance parameters
GPU	NVIDIA A100 Tensor Core GPU	Computing power: 312 TFLOPS (FP16), 156 TFLOPS (FP32) Video Memory Capacity: 40 GB HBM2 CUDA Cores: 6912
CPU	AMD Ryzen Threadripper 3990X	Frequency: 2.9 GHz (accelerated up to 4.3 GHz) Number of Cores: 64
RAM	Corsair Dominator Platinum RGB DDR4 128GB x4	Capacity: 512 GB Frequency: 3600 MHz

Name of software and hardware equipment	Model number/releases	Performance parameters
SSD	Samsung 980 PRO PCIe 4.0 NVMe M.2 SSD	Capacity: 4 TB Read Speed: 7000 MB/s Write speed: 5000 MB/s
Operating system	Ubuntu 20.04 LTS	——
Python	3.9.7	——
NVIDIA cuDNN	8.3.1	——

Table 1 – Experimental software and hardware equipment models and performance parameters

The training parameters for the improved YOLOV5 model are shown in Table 2.

Model training operations	Training parameter	Parameter values
Data augmentation	Randomize crop size	0.7~1.3
	Randomize rotation	-15~15
	Random zoom	0.8~1.2
	Random brightness	0.6~1.4
	Random color tone	-0.5~0.5
Learning rate scheduling	Start rate	0.012
	End-of-course rate	0.00014
	T_max	50
	eta_min	0.000126
Loss function weight adjustment	Loss weights for center point coordinates	2
	Width and height loss weights	2
	Confidence loss weights	1
	Category loss weights	1
Network iterative training	Batch size	24
	Number of iterations	1200

Table 2 – Training parameters for the improved YOLOV5 model

3.2. Motorbike Helmet Wearing Test Results Test

In order to verify the effectiveness of the application of the designed method, a test set containing 576 motorbike helmet wearing images was used to test the training model and the results were analyzed based on the comparison of the test results with the original input images (As Show in Figure 3), the motorbike helmet wearing detection results are shown in Figure 5.



Figure 5 – Visual presentation of motorbike helmet wearing test results

As can be seen in Fig. 5, the design method can be used to effectively detect the wearing of motorcyclist helmets in a variety of complex traffic environments (extreme weather, main - branch roads, traffic flow). The confidence levels of the generated prediction bounding boxes are all above 0.9, with a maximum of 0.99, indicating that the model performs better on the training data and is highly accurate in predicting new data. At the same time, while using the design method for motorbike helmet wearing detection, it effectively supplements the omission in Fig. 3d (i.e., supplements the "Helmet" prediction box), repairs the image clarity and colour problems in Fig. b (nighttime), Fig. d (rainy day), and Fig. f (foggy day), and improves the overall quality of the image, making the image The overall quality of the images has been improved, resulting in a clearer presentation and more accurate detection results.

3.3. Comparative analysis of the effectiveness of motorbike helmet wear detection in complex traffic environments

In order to further verify the practical application performance of the designed method, YOLOv8 algorithm and YOLOv5 algorithm are introduced as the comparison method, and the pictures of night lane changing driving environment, rainy day neighbourhood peak hour driving environment, and dusty and foggy weather peak hour driving environment, which are representative of the complex traffic environment, are selected for testing, so as to analyses the effect of motorbike helmet wearing detection of different methods under the complex traffic environment. The motorbike helmet wearing detection effect under complex traffic environment is shown in Figure 6.



Figure 6 – Detection effect of motorbike helmet wearing in complex traffic environment

As can be seen in Fig. 6, (b) represents the driving environment of lane changing at night, (d) represents the driving environment of peak hour in rainy neighbourhoods, and (f) the driving environment of peak hour in dusty and foggy weather. In the motorbike helmet wearing detection using the method of YOLOv8 algorithm, under the complex traffic environment, there are a small number of missed detections (mostly due to the confusion of the "Head" prediction box with the "Helmet" prediction box marking) and misdetections in the helmet wearing detection, which are mainly due to the fact that the "Helmet" prediction box marking is not the same as the "Head" prediction box marking in the "Helmet" prediction box. This is mainly due to the fact that the method in YOLOv8 algorithm applies the YOLOv8 algorithm, which combines the Darknet-53 backbone network and RT-DETR detection head, and has good feature extraction and processing capabilities. However, in the face of complex and changing traffic image scenes, the algorithm may be difficult to accurately identify all targets due to the combined effects of image target shape, size, occlusion, clarity and other differential factors, resulting in a small number of missed or wrong detection, but the confidence of the prediction frames obtained using this method are all higher than 0.55.

Motorbike helmet wearing detection using the method of YOLOv5 algorithm, in the complex traffic environment, can not effectively enhance the original image (the existence

of fuzzy, occlusion, low resolution), the overall image perception is poor, and helmet wearing detection there are most of the leakage detection (most of them will be "Head" prediction frame with the "Helmet" prediction frame and the "Helmet" prediction frame). "This is mainly due to the application of the YOLOv5 algorithm in the motorbike helmet wearing effect detection process, based on the single-stage detection method, which simplifies the target detection task into a regression problem and improves the image processing speed, but for small targets, target blurring, overlapping coverage, and other problems, it is not possible to detect the helmet wearing effect in a single-stage detection process. Targets, fuzzy targets, and overlapping coverage, it is difficult to accurately identify them, which leads to leakage and misdetection. At the same time, although the algorithm is able to take multi-scale measurements to deal with spatial targets at different scales, it is difficult to distinguish between different targets when the distribution of image targets is too dense, which leads to most of the omission cases, and the confidence level of the prediction frames obtained by using this method also shows a large difference in the variation of the prediction uncertainty.

Using the design method for motorbike helmet wearing detection effectively fixes the image problem in complex weather environments, and the generated prediction bounding box confidence levels are all above 0.9, which is highly accurate for new data prediction. At the same time, while using the design method for motorbike helmet wearing detection, it effectively supplements the omission situation in Fig. 3d, effectively handles the repeated occlusion situation of the image target, and there is no omission or misdetection, which has a good practical detection effect. This is mainly due to the fact that the design method introduces the CBAM attention mechanism module and SiLU activation function in the backbone network, which can better capture the contextual information of the image by virtue of its own nonlinear generalisation ability, improve the accuracy of target detection and localisation, and reduce the leakage detection and misdetection situations.

3.4. Testing Methods Comprehensive Performance Testing

In order to verify the reliability, accuracy and precision of the application of the design method, based on the experimental environment of the 3.3 vignette, the precision (P), recall (R), and mean average precision (mAP) are used as the evaluation indexes for the performance test. The evaluation indexes are calculated by the formula:

$$\mathrm{R} = \frac{TP}{TP + FP} \times 100\% \tag{12}$$

$$\mathrm{P} = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN} \times 100\% \tag{13}$$

$$\mathrm{mAP} = \frac{\sum_{t=1}^{Z} \mathrm{AP}_t}{Z} \tag{14}$$

In formula 12-14: *TP* denotes a true example; *FP* denotes a false positive example; *TN* denotes true-negative examples; *FN* denotes a false negative example; *Z* denotes the

total number of categories; t denotes the category access ordinal; AP_t denotes the average precision of the t-th category.

Using 576 motorbike helmet wearing images from the test set for detection, under the same experimental conditions (same model training parameters), the detection index values of the YOLOv8 algorithm, the YOLOv5 algorithm, and the design method (improved YOLOv5 algorithmic model) were compared and analysed, and the specific results of the detection are shown in Table 3:

Algorithmic model	P	R	mAP(IoU=0.5)	Model size/MB
YOLOv8 algorithmic model	0.945	0.933	0.952	35
YOLOv5 algorithmic model	0.932	0.924	0.943	100
Improved YOLOv5 algorithm model	0.954	0.946	0.969	30

Table 3 – Comprehensive performance test results of different methods

As can be seen from Table 3, in the task of motorbike helmet wearing detection in complex traffic environment, the precision rate obtained by using the design method is 0.954, the recall rate is 0.946, and the average precision is 0.969, and the values of all the indexes are higher than those of the other methods (network model), which means that the model is able to deal with the interference situations such as other vehicles' blocking and target overlapping in a complex traffic environment effectively, and accurately identify the cases in which the motorbike driver wearing a helmet, ensure that the model does not miss instances of real helmet wearing, reduce the rate of omission. In addition, the model size for designing the model is 30MB, which is the smallest among the three models. This means that the design model has higher computational efficiency and can process images faster under the same hardware conditions, providing faster detection speed. This is because the design model introduces MobileNetv3 network, CBAM attention mechanism module, and SiLU activation function, which aim to improve the detection performance of the model in complex traffic environments. By optimizing the model structure in a targeted manner, the designed model may still achieve good detection performance while maintaining a smaller model size. Based on the above, it can be concluded that in practical application can better adapt to the complex and changing traffic environment, with high detection accuracy and reliability, and can more accurately detect whether the motorbike driver is wearing a helmet or not, and provide a strong support for the supervision of traffic safety.

4. Conclusion

The motorbike helmet wearing detection method designed in this paper based on the improved YOLOV5 for complex traffic environment can effectively achieve the accurate detection of helmet wearing, and at the same time effectively avoid the leakage and wrong detection caused by the influence of small targets and target occlusion. This paper analyses the structure of the YOLOV5 algorithm and clarifies the key elements and functions of each module of the algorithm model. On the basis of the homemade data set, the backbone network part of the original algorithm structure is optimised to

achieve accurate detection of motorbike helmet wearing in complex traffic environment. The experimental results show that the design method can be used to effectively detect the wearing of motorbike helmets by motorcyclists in a variety of complex traffic environments (extreme weather, main-branch roads, traffic flow). At the same time, it can repair the image clarity and colour problems, improve the overall quality of the image, make the image presentation clearer and the detection results more accurate.

References

Merali, H. S., Campbell, S. C., Inada, H., Vecino-Ortiz, A. I., & Bachani, A. M. (2022). 10 city analysis of child passenger helmet use. Injury, 53(7), 2478-2484.

Olewinski, L., Brooks, M. A., Wilson, J., Heidel, R. E., & Watson, A. (2022). Collegiate athletes opinions regarding helmet use while riding scooters or mopeds. Journal of American college health, 70(7), 1999-2007.

Zhang, L., Li, B., Cui, Y., Lai, Y., & Gao, J. (2024). Research on improved YOLOv8 algorithm for insulator defect detection. Journal of Real-Time Image Processing, 21(1), 22.

Li, Z., Xie, W., Zhang, L., Lu, S., Xie, L., Su, H., Du, W. & Hou, W. (2022). Toward Efficient Safety Helmet Detection Based on YoloV5 With Hierarchical Positive Sample Selection and Box Density Filtering. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 71(2508314), 1-14.

Jearanai S, Wangkulangkul P, Sae-Lim W, & Cheewatanakornkul S. (2023). Development of a deep learning model for safe direct optical trocar insertion in minimally invasive surgery: an innovative method to prevent trocar injuries. Surgical Endoscopy, 37(9), 7295-7304.

Weiguang, D., Shengchang, L., & Haobo, L. (2023). Multitarget Detection Algorithm of UHV Line Fitting Infrared Image Based on YOLOv5. Automatic Control and Computer Sciences, 57(4), 400-412.

Xie, R., Zhu, Y., Luo, J., Qin, G., & Wang, D. (2023). Detection algorithm for bearing roller end surface defects based on improved YOLOv5n and image fusion. Measurement Science & Technology, 34(4), 045402-1-045402-11.

Chen, Z., Zhang, F., Liu, H., Wang, L., Zhang, Q., & Guo, L. (2023). Real-time detection algorithm of helmet and reflective vest based on improved YOLOv5. Journal of Real-Time Image Processing, 20(1), 1.1-1.14.

Zheng, J.C., Sun, S.D., & Zhao, S.J. (2022). Fast ship detection based on lightweight YOLOv5 network. IET image processing, 16(6), 1585-1593.

Tang, Z., Zhou, L., Qi, F., & Chen, H. (2023). An improved lightweight and real-time YOLOv5 network for detection of surface defects on indocalamus leaves. Journal of Real-Time Image Processing, 20(1), 1.1-1.14.

Ahmad, T., & Schich, M. (2023). Toward cross-domain object detection in artwork images using improved YoloV5 and XGBoosting. IET image processing, 17(8), 2437-2449.

Li, X., Guo, S., Gong, L., & Lan, Y. (2023). An automatic plant leaf stoma detection method based on YOLOv5. IET image processing, 17(1), 67-76.

Wu, C., Sun, Y., Wang, T., & Liu, Y. (2022). Underwater trash detection algorithm based on improved YOLOv5s. Journal of Real-Time Image Processing, 19(5), 911-920.

Chen, X., Xue, Y., Zhu, Y., & Ma, R. (2023). A novel smoke detection algorithm based on improved mixed Gaussian and YOLOv5 for textile workshop environments. IET image processing, 17(7), 1991-2004.

Wang, Y P, Wang Z Y, Zhao J H, & Ge, G. Y. (2023). Complex environment Safety helmet Wearing recognition. Computer Simulation, 40(8), 201-205.

Garg, M., Gupta, S., Kaur, G., & Koundal, D. (2023). Enhancement of retinal fundus image using multi-scale tophat transformation. International Journal of Biometrics, 15(3/4), 435-447.

Liao, T.L., Peng, C.Y., & Hou, Y. Y. (2023). Application of multi-party computation and error correction with image enhancement and convolution neural networks based on cloud computing. IET image processing, 17(6), 1931-1950.

He, L., Liu, S., Long, W., & Li, Y. (2023). Low-light image enhancement via span correction function and discrete mapping model. IET image processing, 17(6), 1812-1836.

Li, B., Xie, W., Zhang, L., & Yu, X. (2023). Adaptive fractional differential algorithm for image edge enhancement and texture preserve using fuzzy sets. IET image processing, 17(7), 2204-2213.

Prasad, S.B.R., & Chandana, B.S. (2023). Mobilenetv3: a deep learning technique for human face expressions identification. International Journal of Information Technology, 15(6), 3229-3243.

Zhang, R., Yuan, Y., Meng, X., Liu, T., Zhang, A., & Lei, H. (2023). A multitask model based on MobileNetV3 for fine-grained classification of jujube varieties. Journal of Food Measurement and Characterization, 17(5), 4305-4317.

Sunnetci, K.M., Kaba, E., Beyazal Çeliker, F., & Alkan, A. (2023). Comparative parotid gland segmentation by using ResNet-18 and MobileNetV2 based DeepLab v3+ architectures from magnetic resonance images. Concurrency and computation: practice and experience, 35(1), e7405.1-e7405.14.

He, Z., Ma, Y., Wang, Z., & Li, E. (2022). A novel efficient method for welding spots detection. Multimedia tools and applications, 81(18), 26381-26401.

Alirezazadeh, P., Schirrmann, M., & Stolzenburg, F. (2023). Improving Deep Learning-based Plant Disease Classification with Attention Mechanism. Gesunde Pflanzen, 75(1), 49-59.

Wang, S.H., Fernandes, S.L., Zhu, Z., & Zhang, Y.D. (2022). AVNC: Attention-Based VGG-Style Network for COVID-19 Diagnosis by CBAM. IEEE sensors journal, 22(18), 17431-17438.

Zhang, T., Zhang, K., Xiao, C., Xiong, Z., & Lu, J. (2022). Joint channel-spatial attention network for super-resolution image quality assessment. Applied Intelligence: The International Journal of Artificial Intelligence, Neural Networks, and Complex Problem-Solving Technologies, 52(15), 17118-17132.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 18/02/2024
Aceitação/Acceptance: 14/05/2024

The Integration of Digital Art Design into the Innovation Ecology of Traditional Handicraft Culture

Xiaolan Qian

lelexiangxiang8@vip.163.com

krirk University, Bangkok, 10220, Thailand

Pages: 770-781

Abstract: With the rapid development of technology, digital art design has become an important component of contemporary art. Its unique visual effects and rich forms of expression provide new opportunities and challenges for the innovation and development of traditional handicraft culture. This article aims to explore how digital art design can intervene and promote the innovative ecology of traditional handicraft culture. Through a combination of theory and practice, it analyzes the impact, challenges, and opportunities of digital art on traditional handicrafts. Digital art design, with its powerful visual expression and high interactivity, has brought unprecedented freedom to artistic creation. From smart TVs to smartphones, and even to various LED displays on city streets, digital media has become an important part of our daily lives, constantly delivering massive amounts of information to people. In the field of design, digital art achieves changes in shape and size through various combinations of display screens, projections on building walls, new media art installations, and other forms, constructing a brand new visual space.

Keywords: Multimedia Technology; Cloisonné Technology and Design; Cross-Border Integration; Digitization

1. Introduction

In the contemporary society where globalization and informatization are intertwined, cultural innovation and inheritance have become important driving forces for promoting social development. Traditional handicraft culture, as a treasure of national culture, carries rich historical memories and cultural essence, and is a bridge connecting the past and the future. However, facing the impact of modern industrialization and informatization, traditional handicraft culture is facing unprecedented challenges: difficulties in inheriting skills, shrinking market demand, and insufficient innovation momentum are becoming increasingly prominent (Aljaberi and Ogaili, 2021). At the same time, digital art design, as a product of the combination of art and technology, is gradually changing people's aesthetic concepts and lifestyles with its unique visual expression and high interactivity. From virtual reality to augmented reality, from smart wearables to digital sculpture, digital art design not only broadens the boundaries of art, but also provides new ideas and tools for the innovation and development of traditional culture (Jing et al. 2021).

In this context, exploring how digital art design can effectively intervene in the innovative ecology of traditional handicraft culture has become an important research topic of practical significance (Trauttmansdorff et al. 2023). The intervention of digital art design can not only inject new vitality into traditional handicrafts, promote their integration and coexistence with modern society, but also enrich the connotation of cultural and creative industries and promote the transformation and upgrading of cultural industries (Pagán et al. 2020). Therefore, this article aims to deeply analyze the background, current situation, challenges, and opportunities of digital art design's intervention in the innovation ecology of traditional handicraft culture, explore the integration path and strategies between the two, and provide new ideas and references for the inheritance and innovation of traditional handicraft culture.

2. Related Work

The emergence of digital has greatly changed people's lives, changing people's traditional concepts and thinking, bringing people a new way of life (Shen et al. 2022). Digitalization has also brought a variety of forms of expression for art design, changed the traditional design methods in graphic design, added authenticity to the design of virtual world, and prompted our art and culture to continuously follow the progress of the times. Nowadays, people's access to information is increasingly diversified, and digital media rapidly change the way people receive information (Sun and Liu, 2022). Digital media generally refers to the media that can carry, store, and process, present and transmit digitized information such as digital television, Internet radio, newsletters and interactive multimedia. It is a combination of photography, illustration, design, music, video, etc. New media, and different from the single, static traditional media, is a multi-access development of new media (Yang et al. 2022). Visual communication design refers to the visual arts design techniques. The traditional visual communication fields include advertising design, poster design, layout design, packaging design and corporate identity design (Bigo, 2020). In the digital media era, web design, e-book design and mobile phone interface design are added (Yu, 2023). When the digital age is approaching, visual design is presented more vividly and in a more participate manner. The reading mode has changed from the passive mode to the interactive mode or even the active mode. People disseminate information and receive information in different ways (Bouncken et al. 2023).

3. Methodology

3.1. Digital Multimedia Technology Cross-Border Integration

The main features of digital multimedia technology are shown in Table 1. Table 2 shows the impact of digital multimedia delivery on design representation. Under the transmission form of digital multimedia, all kinds of media forms are integrated, a perfect cross-media transmission method is established and channelization communication is realized (Yao, 2023). Cross-media dissemination can provide people more space for information selection, provide more resources for graphic designers, realize resource contribution and information dissemination, and greatly enhance the connotation effect of graphic design. Multi-access communication is comprehensive, can help more

widespread application of graphic design, and increase the number of audiences, to further improve the form of cross-media communication (Wu et al. 2022). With the constant progress of capitalization, we can achieve the goal of disseminating online advertisements to the general public. The propaganda of advertisements has greatly improved and people's life style has been changed. Digital multimedia can help designers and audiences to communicate the role of enhancing the exchange between the two, providing designers with more design ideas (Isoda et al. 2021). With the continuous progress of digital multimedia, computers can be used to enhance the communication and exchange among the audiences, improve the designer's aesthetic space and realize the humanized communication of design works.

Features	Role and significance
Comprehensive	It can make the computer expand the range of processing images and make the authoring mode more humane. It can process sound, video and pictures simply to make the structural framework more perfect.
Mutuality	Through a number of well-designed software applications, to determine the authenticity of information and practicality, the information played a role in the feedback.
Virtual reality features	Able to achieve the perceived function, to help users feel the real effect in a virtual environment. The form of multimedia communication has played a positive role in visual communication, perfecting the form of art realization and realizing a new form of communication in the field of artistic creation.

Table 1 – Digital multimedia technology features

Influences	Specific performance	Role and significance
Expand the creative space	Digital multimedia helps graphic design achieve a better visual appreciation, enhances the artistic expression of design, and increases the expression of artistic design.	With the development of computer technology and progress to meet the needs of the design of the color, and even the design of the plane space into a three-dimensional space design, which greatly increased the design of visual effects
Changed the creative process	After digital multimedia is applied to graphic design, the development of graphic design software is increased, which provides more convenience for the creative process.	Designers can design through digital multimedia and change the manual operation, which can not only improve the image processing but also change and innovate the structure, save the designers' time and make the creative process more efficient.
Enriched the means of creation	The application of digital multimedia has enriched and updated the graphic design of graphic products, realized the space, thought changes, manifestations and so on.	Multimedia design makes designers more open thinking, changing the inherent traditional thinking, through a variety of design software to enrich the performance of forms, to facilitate the designers to modify and improve the work, enriching the means and form of creation.

Table 2 – The impact of digital multimedia delivery on design representation

3.2. Cloisonné Production Process

The production of cloisonné is a complicated process that combines both the metal making process and the enamel process, dissolves the traditional carving skills and hand-painting, and the process of its creation has been flourishing in China from initial

distribution to development. Cloisonné is extremely unique, complex, numerous processes and the process of rich and luxurious, bright and charming charm of the unique national style and profound cultural connotation (Gao et al. 2022). However, the earlier cloisonné production was based on the traditional oral tradition without any detailed introduction of texts and patterns. The corresponding technical standards were promulgated by China National Light Industry Association until June 1996. The inheritance and development of contemporary cloisonné artistry are closely linked with the development of Beijing enamel factory. Beijing enamel plant is the only Chinese cloisonné industry, a Chinese old name, in 2006 awarded the national intangible cultural heritage protection heritage base. Therefore, the production process of modern cloisonné with Beijing enamel factory as the classic representative, not only formed a unified industry standard, formed a scientific management. At the same time in the color, pattern of the techniques and features, shape and important process inheritance, absorption, development, innovation has also made considerable development.

Cloisonné is the first production of ductile copper according to the ore-designed drawings made of copper tires, followed by craftsmen in the design of copper tire shape above the pattern, and then rolled flat copper wire on the copper tire along the pattern drawn by bending, paste the corresponding pattern, and then according to the design needs of colored enamel glaze filled in the copper pattern, and then need to go through repeated high temperature baking, and finally after repeated polishing and gold plating process, a Pieces of cloisonné products can be considered as finished. The production of a beautiful cloisonné product, through the design, tire, and filigree, and blue, burn blue, polished, gold-plated and other processes can be completed, as shown in Table 3.

Process steps	**details**
design	Cloisonné in the shape design, pattern design, and color design, etc. to consider the tire type, silk technology and glaze restrictions, and pattern lines cannot be too thin and too dense; the color design of the tone tends to brightness change strong contrast.
Tire production (tire)	Tire is the cloisonné product shape production process, according to the design of varieties, forms, with copper plate cut, beat, pressure and other processes made of various tire type, then the various parts of a good convergence of welding drugs, after high temperature welding , Welding into copper tire containers.
Cloisonné	Cloisonné is a very critical process, also known as breaking wire within the line, breaking off live. Cloisonné skill craft clever, filigree master with skillful skill, pinch out vivid, full of charm of the picture, and is not easy, called craftsmen.
Point blue	The process of bluing is the process of glazing, forming a flat, shiny glaze. When the glaze and copper high Xiangping, utensils have already begun to show a colorful, colorful and elegant shape.
Burn blue	Is the point of the blue product into the oven at 800 degrees Celsius for firing process? This process is often carried out about four times before we can achieve the same height of the glaze in the copper wire specifications.
Polished	There are two ways of manual polishing and mechanical polishing. With the development of technology, in addition to shaped products, more and more products are polished by mechanical means.
Gold-plated	In the cloisonné production process, there is the last process, is gold-plated.

Table 3 – Cloisonné production process steps

4. Result Analysis and Discussion

4.1. Cloisonné Model of Three-Dimensional Production

When creating the model, we not only referred to classic cloisonn é photos, but also incorporated elements of digital art design such as non-linear forms and dynamic light and shadow effects. This allows the model to showcase a richer visual effect and dynamic beauty while maintaining the exquisite and colorful characteristics of traditional cloisonn é patterns. By adjusting the surface details of the model, we ensure that it maintains low polygons (less than 5000 triangles) to improve rendering efficiency while still presenting a delicate and smooth appearance. In terms of texture and material design, we combined the techniques of digital art design, using graphic drawing software (such as Photoshop) and professional texture production tools to create highly realistic cloisonn é material effects. By simulating the unique glaze color, glossiness, and delicate texture changes of cloisonn é, we make the model visually closer to the real object, while still retaining the unique charm of digital art. In order to meet the 360 degree real-time rendering requirements of the Jingtai Blue Show application, we have adopted advanced rendering technology to ensure that users can obtain high-quality visual effects from any angle. In addition, we have designed an interactive section where users can rotate, zoom in and out of the model through touch or gesture control, and even simulate the production process of cloisonn é. This immersive experience greatly enhances user engagement and satisfaction.

3D model making. Applications need to be 360 degrees for Cloisonné shows, and real-time rendering to the user instant rendering. Maya is used to create the model in 3D model making, and the plane drawing software is used to assist in making the map of the drawing model. In Maya, the original artwork used to create the model is a photo of a carefully selected Cloisonné classic, as shown in Figure 1. In order to show the effect of smooth needs the moderation of the model in the course of the surface number of less than 5000 triangles to improve the software's operating efficiency. Finally make a good overall shape of the model, as shown in Figure 2. According to the visual effects presented continue to strengthen the modification of the model, in order to achieve the desired model results, as shown in Figure 3.

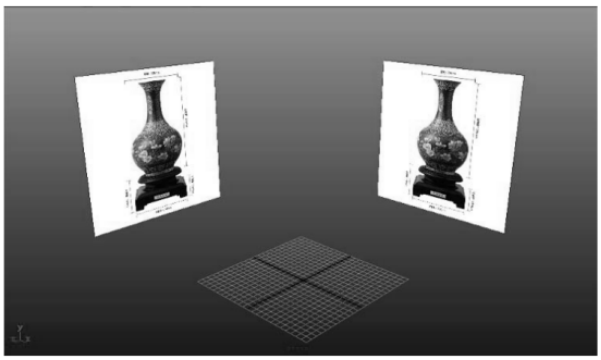


Figure 1 – Cloisonné Digital model

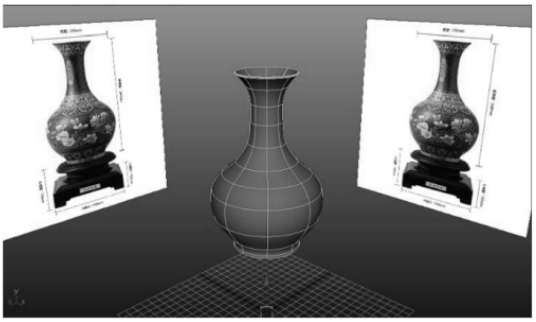


Figure 2 – Model Presentation UV

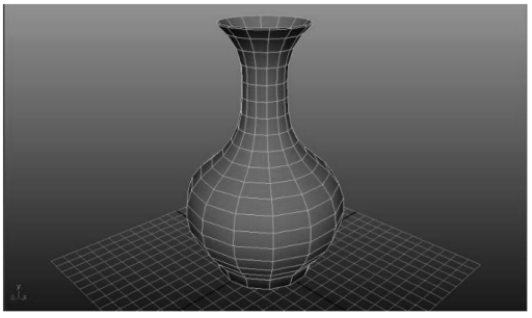


Figure 3 – Embellish for detail on model in order to reach the efficient result

Model texture mapping technology. In cloisonné three-dimensional works simulation, the application of material texture technology is particularly important. Material refers to the material and texture of the object, and the texture refers to the surface texture of the object. In the cloisonné model making process, in order to achieve the realistic effect, in addition to the accurate model of the structure, the material texture mapping is also a difficult task, which requires repeated rendering tests. By supporting normal mapping techniques, we finally achieve the effect we want, as shown in Figure 4.



Figure 4 – Effect

Model texture drawing technology. Texture defines the structure of the surface of the object, such as patterns, patterns and so on. In the model drawing process, if you want to create the model visual effects delicate and delicate, you need to carefully control the texture-related material composition and related data, attributes, in accordance with the model's physical properties and ambient light characteristics. When drawing the map is done in the plane drawing software, first with Maya software in the model to make a focused positioning, and then import the graphic drawing. In order to achieve the desired visual effect of the image, try to match the location of the texture and the actual model coordinates, and moderately zoom in and out. If you want to generate a complete model map, you need to constantly compare and fix it in different software (flat charting software and Maya). According to the cloisonné reference material production map, observe the deformation of the map, as shown in Figure 5. The process of exhibition map, as shown in Figure 6.

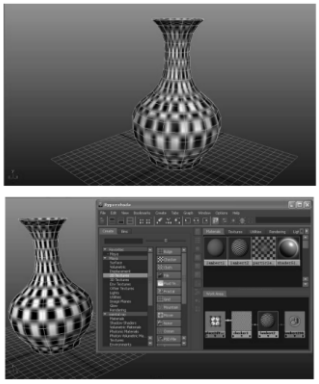


Figure 5 – Observe the deformation extent of chart let

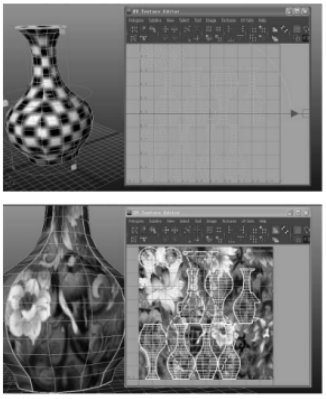


Figure 6 – Process of chart let

Cloisonné production process model display system is created through the Polygon (polygon) technology and Nurses (surface) technology to complete the combination. Strictly speaking, modeling technology is divided into three categories are: NURBUS

technology, Polygon technology and Subdivision technology. Since the third technique has some drawbacks in model conversion, it is not often used. Due to the polygon technology to support more software, so a wide range of applications. The Nurses technology is also often used in the production of smooth bottles due to the smoothness of the resulting surface.

4.2. The Application of Multimedia Technology Cloisonné Production Process System Design

Unity 3D technology platform. Unity is a fully integrated professional gaming platform developed by the United States Unity Technologies company. Users can use it to create 3D video games, real-time 3D animations, interactive visualizations and more. It is a very versatile, comprehensive game development tool for multiple platforms. Its editor runs under Windows and Marcos, and can be used to launch games to Windows, Mac, iPhone or Android platforms. It can also use the Unity Web Player plugin to publish web games and support web browsing on Mac and Windows.

System function design. System design to achieve the following functions: (a) Andrews, IOS phone screen matching. (b) single-point, multi-touch operation of the camera change perspective. (c) The model is automatically rotated to transform the shape and size of the model. (d) Change different textures. (e) Production of interactive interface. (f) Audio and video implementation.

Process experience module. Process module features mainly to achieve the production of digital cloisonné process display. The interface mainly includes tire, filigree, blue point, burn blue, polished, gold-plated six display options to enter different function options, there will be a corresponding flow of the show.

4.3. The Application of Multimedia Technology Cloisonné Production Process System

In system applications, elements such as 3D objects, UIs, etc. appear in Unity as a "Game Object." Game Object can do different editing and adjustment functions. The two most common scripting languages for Unity programming are Java Script for Unity and C #, and the program in this article is implemented using C #. Each script file usually has to be bound to "Game Object" in programming to take effect, each "Game Object" can bind multiple script files at the same time, and do not interfere with each other. A script file can also be bound to multiple "Game Objects" at the same time, but be aware that an instance (object) of the script is generated for each binding. The properties of the script are indirectly or directly inherited from Behaviour, where the Awake () function and the Start () function are responsible for initialization. All interaction related effects in a 3D scene need to be implemented using the Update () function, called once per frame. OnGUI () function is responsible for dealing with the interface and interactive content, when the interface changes will be called.

System mainly achieves the production of digital cloisonné process show. The interface includes tire, filigree, blue, burn blue, polished, gold-plated six display options, the user to enter different function options, there will be a corresponding flow of the show. When the "tire" button is clicked, a material tire interface will appear on the screen. In this

interface, users can enter the corresponding filleting, spotting, bluing and polishing of the original embryo model according to the menu options, gilded virtual experience process. According to the user can choose the appropriate material, as well as ideas, production and distribution belong to their own original works. The material tire interface is shown in Figure 7. The IOS platform material tire interface is shown in Figure 8.



Figure 7 – Material Tire Interface



Figure 8 – IOS material preparation

When the user chooses to enter the "filigree point blue" function, the system will enter the corresponding interface of filigree and point blue. In the filigree interface, the system prefabricated a number of filigree patterns for the user to choose to use. When the user selects the appropriate pattern, the system wills automatically 3D rendering from time to time, and the selected pattern as a material attached to the surface of the original embryo. The system can be based on the user's choice of color to dynamically load the corresponding point blue effect. "Filigree Blue" function interface as shown in Figure 9, IOS platform filigree, point blue interface as shown in Figure 10.



Figure 9 – Filigree, Blue point Interface



Figure 10 – IOS Filigree, Blue point Interface

When the user to "pinch point blue" function, the system will enter the corresponding interface burn blue. In the burnish blue screen, the system displays the remaining time to burn the blue, and simulates the visual change observed in the actual firing process through the color change of the carcass. This process visualizes and fully reproduces the process of burning blue through dynamic color changes. When the system "burns blue" and completes this function, it will enter the "polished, gold-plated" corresponding interface. In the "polished gold" interface, the system will show the user after the pattern of filigree blue pattern, showing the overall effect.

5. Conclusion

Digital art design provides a new platform for the inheritance and innovation of traditional handicraft culture with its advanced technological means and rich forms of expression. It not only enables the digital recording and inheritance of the production process of traditional handicrafts, but also combines traditional elements with modern aesthetics through creative design thinking, creating cultural products with contemporary characteristics, achieving a deep integration of tradition and modernity. Digital art design breaks the time and space constraints of traditional handicraft culture communication, and pushes traditional handicraft culture to a broader stage through new media channels such as the Internet and social media. This not only expands the

audience for cultural dissemination, but also enhances the power and influence of cultural dissemination, enabling more people to understand and appreciate the charm of traditional handicrafts. The combination of digital art design and traditional handicraft culture not only enriches the connotation of cultural and creative industries, but also promotes the transformation and upgrading of cultural industries. Through digital means, traditional handicraft culture can be transformed into more competitive cultural products in the market, thereby driving the development of related industrial chains and injecting new vitality into the cultural industry.

Acknowledgements

This article is a preliminary achievement of the 2023 Zhejiang Province Soft Science Research Project "Research on the Inheritance and Innovative Design of Huzhou Silk Damask Culture in the Dual Ecology of Virtual and Reality" (No. 2024C35057).

References

Aljaberi S M, Ogaili A S. (2021). Integration of cultural digital form and material carrier form of traditional handicraft intangible cultural heritage. J Fusion Pract Appl, 5(1), 21-30.

Bigo D. (2020). The socio-genesis of a guild of'digital technologies' justifying transnational interoperable databases in the name of security and border purposes: a reframing of the field of security professionals? International journal of migration and border studies, 6(1-2), 74-92.

Bouncken R B, Fredrich V, Sinkovics N, Sinkovics R R. (2023). Digitalization of cross-border R&D alliances: Configurational insights and cognitive digitalization biases. Global Strategy Journal, 13(2), 281-314.

Gao J, He H, Teng D, Wan X, & Zhao S. (2021). Cross-border knowledge search and integration mechanism–a case study of Haier open partnership ecosystem (HOPE). Chinese Management Studies, 15(2), 428-455.

Isoda M, Estrella S, Zakaryan D, Baldin Y, Olfos R, & Araya R. (2021). Digital competence of a teacher involved in the implementation of a cross-border lesson for classrooms in Brazil and Chile. International Journal for Lesson & Learning Studies, 10(4), 362-377.

Jing X, Tan F, Zhang M. (2021). Digital application of intangible cultural heritage from the perspective of cultural ecology. Journal of Smart Tourism, 1(1), 41-52.

Pagán E A, Salvatella M D M G, Pitarch M D, Muñoz A L, Toledo M D M M, Ruiz J M, Puren M. (2020). From silk to digital technologies: a gateway to new opportunities for creative industries, traditional crafts and designers. The SILKNOW case. Sustainability, 12(19), 8279.

Shen D, Guo H, Yu L, Ying J, Shen J, Ying S, Wang Y. (2022). Sound design of guqin culture: Interactive art promotes the sustainable development of traditional culture. Sustainability, 14(4), 2356.

Sun Y, Liu X. (2022). How design technology improves the sustainability of intangible cultural heritage products: a practical study on bamboo basketry craft. Sustainability, 14(19), 12058.

Trauttmansdorff P, & Felt U. (2023). Between infrastructural experimentation and collective imagination: the digital transformation of the EU border regime. Science, Technology, & Human Values, 48(3), 635-662.

Wu M, Liu Y, Chung H F, & Guo S. (2022). When and how mobile payment platform complementors matter in cross-border B2B e-commerce ecosystems? An integration of process and modularization analysis. Journal of Business Research, 139, 843-854.

Yang N, Zang X, Chen C. (2022). Inheritance patterns under cultural ecology theory for the sustainable development of traditional handicrafts. Sustainability, 14(22), 14719.

Yao Z. (2023). Research on the Cross Border Integration of Traditional Dance and New Media Technology Based on Interactive Dance. Art and Performance Letters, 4(11), 82-87.

Yu L. (2023). Digital Sustainability of Intangible Cultural Heritage: The Example of the "Wu Leno" Weaving Technique in Suzhou, China. Sustainability, 15(12), 9803.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 10/02/2024
Aceitação/Acceptance: 20/05/2024

Changchun University of Finance and Economics Strengthens the Integration of Industry and Education, Strengthens the Cultivation of Cross-Border E-Commerce Talents

Zhang Buyuan

zhangbuyuan520@gmail.com

University of Baguio, Baguio City, 2600, Philippines

Pages: 782-793

Abstract: Changchun University of Finance and Economics actively responds to the needs of the times, deepens the integration of industry and education, and is committed to strengthening the cultivation of cross-border e-commerce talents. In this process, the school highlights the background knowledge of information science, combines cutting-edge information technology with financial characteristics, and cultivates high-quality, innovative, and international perspective cross-border e-commerce talents. At the same time, enterprises also utilize the scientific research and talent advantages of the school to promote technological innovation and industrial upgrading. Changchun University of Finance and Economics has cultivated a group of high-quality innovative talents in the field of cross-border e-commerce by deepening the integration of industry and education, strengthening education on information science background knowledge. These talents not only have a solid theoretical foundation and rich practical experience, but also have sharp market insights and good teamwork abilities, making positive contributions to promoting the healthy development of cross-border e-commerce in China.

Keywords: Cross Border E-Commerce; Talent Cultivation; Teaching Mode; International Perspective; Information Science

1. Introduction

In today's global wave of informatization, information science, as an important force driving social progress, is profoundly changing people's lifestyles and business models. Cross border e-commerce, as a product of the combination of information science and commercial activities, not only greatly expands the boundaries of international trade, but also provides enterprises with more efficient and convenient operating methods. Changchun University of Finance and Economics, as an institution dedicated to cultivating high-quality talents in the field of finance and economics, actively embraces information science, deepens the integration of industry and education, strengthens the cultivation of cross-border e-commerce talents, and adapts to and leads the development needs of the new era in the face of this era's changes. The rapid development of information science

has provided strong technical support for cross-border e-commerce. The application of cutting-edge technologies such as big data, cloud computing, and artificial intelligence has led to revolutionary breakthroughs in cross-border e-commerce, including product information display, transaction process optimization, and logistics distribution. The introduction of these technologies not only improves the efficiency and security of cross-border transactions, but also provides enterprises with more accurate market analysis and marketing methods. Changchun University of Finance and Economics fully recognizes the important role of information science in cross-border e-commerce, and incorporates information science knowledge into the talent training system to enable students to master the core technologies and application methods of cross-border e-commerce.

Although information science has brought many opportunities for cross-border e-commerce, it also faces many challenges. The rapid updates and iterations of technology require talents to have the ability to continuously learn and innovate. The complexity of the global market requires talents to have the ability to communicate and collaborate across cultures. On the basis of analyzing the reasons for the insufficient driving force of industry education integration, Zhang (2020) explored how to enhance the driving mechanism of industry education integration from the perspectives of building a community with a shared future for industry education integration and strengthening the supply side reform of the integration system. Chen (2021) analyzed the advantages and disadvantages of the "order class" model in vocational colleges in China, and believed that in order to achieve a talent training model of "industry education integration+order class", it is necessary to establish a "community of interests" between schools and enterprises, achieve an organic combination of enterprise orders and industry orders, deepen industry education integration, and then achieve a talent training model of "industry education integration+order classroom". Based on the "1+X" certificate system, Huang (2021) discussed the construction of vocational college industry education integration training bases. Chen and Ma (2020) pointed out that there are currently the following problems in the talent cultivation ideas of vocational colleges in China: rigid thinking, biased value orientation, connections and conflicts between internal and external relationships in vocational colleges, and constantly changing talent cultivation goals.

According to the research of scholars such as Shen et al. (2021), it is pointed out that there are still problems with the shallow level of school enterprise cooperation, insufficiently close industry education relationships, and inadequate institutional mechanisms in China's education integration talent training model. He takes "education is life", "education is growth", and "teaching is the transformation of experience" as the logical starting point, explores the relationship between knowledge and action, and proposes the theory of "learning by doing" (Quay et al, 2022). "Industry university research cooperation" is a fallacy of vocational schools proposed by renowned American scholar Foster in his book "Development Planning". He insists on developing various forms of vocational education and advocates for the transformation of vocational schools (Wang Qi, 2018). Foster's theory of "industry education cooperation" provides a theoretical basis for the talent cultivation model of industry education integration in this article.

2. Literature Review

School enterprise cooperation is the core approach to the integration of industry and education. The cooperation between the two includes capacity development, professional standard formulation, teacher team building, curriculum system development, etc., which has significant advantages in talent cultivation (Oviawe, 2018). The core feature of this cooperation model is that both universities and enterprises are committed to achieving a win-win situation for society and economy, and each participant should bear equal risks in pursuit of ultimate success. In addition, this model also includes agreements, contracts, memoranda, and other forms to ensure that communication between the two parties can continue (Borodiyenko et al., 2021). Among them, school enterprise cooperation requires a platform for organizational intervention (Emmenegger et al., 2019). Germany has also incorporated the issue of school enterprise cooperation into vocational education regulations and policies, and legislative activities are indispensable in ensuring vocational education (Pyliavets et al., 2020). The Swiss dual system model actively explores how to adopt new and more inclusive measures under the influence of economic liberalization and globalization, decentralizing key powers of vocational education and training to businesses, and allowing schools to act as gatekeepers (Di Maio et al., 2020). Students should also gain some practical work experience while studying courses, so a new model of integrating practical training into the teaching process has been proposed (Armstrong et al., 2021).

The practical teaching content system based on professional abilities is student-centered, dividing the four stages of enrollment, onboarding, onboarding, and onboarding into four teaching levels: community service, club training, internship, and internship. (Shen et al., 2020). The focus of learning objectives is related to the type of talent cultivated (Zhu, 2021). The focus should be on these activities, linking various skills, knowledge, skills, techniques, etc., and combining them with practical experience to maximize the effectiveness of each course, making leisure sports teaching more comprehensive, in-depth, and professional (Wu, 2022). Based on the geographical advantages of universities and utilizing various educational resources, we can find the development direction of universities and offer courses in knowledge, skills, and qualities to cultivate talents who not only understand leisure sports teaching but also have good abilities in organizing, planning, and managing leisure sports (Zhang, 2021). At present, there is a problem of insufficient professional characteristics in the curriculum system of leisure sports majors in universities, which needs to be further improved and perfected (Ji&Zhou, 2020). In addition, this situation is also reflected in the insufficient cultivation of students' innovative abilities. In order to improve students' ability in sports marketing management, it is necessary to re-examine teaching objectives, strengthen the cultivation of professional sports skills for students, and avoid offering too many related subject courses (Zhou, 2020) (Xia, 2022). Implementing the "dual mentor system" is an important way to achieve this goal. This model clarifies the responsibilities of both parties by signing undergraduate professional talent training agreements (Li&Li, 2021). The second is the "combination of engineering and learning" model (Geng He, 2021). It mainly plays a role in improving the professional quality of students. Schools and enterprises are initiators and helpers, while students are beneficiaries. The school seeks

suitable enterprises and cooperates with them. Compared with students who do not participate in undergraduate professional talent training, they are more likely to develop stronger job seeking competitiveness (Zhi, 2020). The combination of engineering and learning mode refers to the full integration of learning and work, so there will be different forms of development depending on the era and method of integration (Chen et al., 2020). Different governance models should be developed based on the governance philosophy of "student-centered and engineering learning integrated" for students from different backgrounds, in order to adapt to students at different levels (Bai et al., 2023). Lack of macro policy grasp leads to the government not playing a good role in the cooperation process between the two sides, which can easily lead to China's school enterprise cooperation "crossing the river by feeling the stones" (Du&Li, 2022). At present, due to the lack of specialized standards and management institutions for school enterprise cooperation, there is a lack of promotion and support from relevant education departments in the process of school enterprise cooperation, which can easily reduce the enthusiasm of both parties for cooperation. Due to the lack of institutional constraints in laws and regulations, if schools or enterprises respond negatively, school enterprise cooperation cannot play its true role (Zhang&Qiu, 2022). How to find the convergence of school enterprise ideas and interests in school enterprise cooperative education is a major challenge in promoting school enterprise cooperative education (Deng et al., 2022). However, the lack of "dual teacher" undergraduate professional talents greatly hinders the cultivation of undergraduate professional talents through school enterprise cooperation. "Double qualified" teachers should possess professional theoretical teaching ability and guiding professional practical ability. The recognition criteria for double qualified teachers are to ensure the quality of vocational and technical teachers (Fo, 2022).

3. Methodology

3.1. Survey Sample Setting

We conducted a large-scale survey on students majoring in cross-border e-commerce at Changchun University of Finance and Economics using a questionnaire survey method. Questionnaire surveys have the characteristics of standardization and quantification, which can quickly collect a large amount of data and perform statistical analysis on the data. Through a questionnaire survey, we can understand the knowledge level, learning situation, career planning, and other aspects of cross-border e-commerce majors among students, and then analyze the current situation and problems of talent cultivation in cross-border e-commerce. In addition to questionnaire surveys, we also use interview methods for qualitative research. The interview method can gain a deeper understanding of the interviewee's viewpoints and attitudes, and obtain richer and more in-depth information. We will conduct interviews with business leaders, teachers majoring in cross-border e-commerce, and some students from Changchun University of Finance and Economics. Through interviews, we can understand their views and suggestions on the current training of cross-border e-commerce professionals, including curriculum design, practical teaching, and teacher resources. In addition, we may also use focus

group discussions to invite multiple interviewees to have in-depth discussions on a certain topic, in order to obtain more comprehensive perspectives.

The main sample group for this study is students majoring in cross-border e-commerce at Changchun University of Finance and Economics. We have selected sophomore, junior, and senior students as the survey subjects, with a total planned survey of 280-350 people. These students have already studied courses related to cross-border e-commerce and have acquired certain professional knowledge and practical experience. Their views and perspectives are of great significance for researching the cultivation of cross-border e-commerce talents. At the same time, we excluded freshmen as they mainly study basic theoretical knowledge and have not yet started practical courses, with relatively little understanding of cross-border e-commerce majors.

Ethical Considerations

In this study, we delved into the application and effectiveness of the industry education integration model at Changchun University of Finance and Economics in cultivating cross-border e-commerce talents. To ensure the scientific and ethical validity of our research, we place special emphasis on ethical considerations such as participant anonymity, voluntary participation, information confidentiality, and non discriminatory selection criteria. Firstly, in terms of respecting the anonymity and voluntary participation of whistleblowers/participants, we explicitly inform all participants that they have the right to choose whether to disclose their identities. For participants who choose anonymity, we use encoding to process their personal information, ensuring that their true identities are not disclosed throughout the entire research process. At the same time, we fully respect the voluntary participation principle of participants. All participants voluntarily decided to participate in this study after understanding the research purpose and process.

Secondly, in terms of information confidentiality, we have taken strict confidentiality measures. We have strictly kept confidential all information provided by the participants and will only use it for the purpose of this study. Without the consent of the participants, we will not disclose it to any third party. At the same time, we also encrypted the research data to ensure its security. In terms of risk management, we have taken multiple measures to ensure the safety of participants, researchers, and support personnel. During the research process, we strictly followed relevant laws, regulations, and ethical norms to ensure the legality and compliance of the research. We have also conducted a thorough assessment and prevention of potential risks to ensure the smooth progress of the study.

4. Results and Analysis

4.1. Questionnaire Survey Data Collection

The purpose of this questionnaire survey is to understand the current situation and existing problems of talent cultivation in cross-border e-commerce at Changchun University of Finance and Economics. The interview is divided into two parts. The first part is an

interview with teachers to understand their views on the current cultivation of cross-border e-commerce professionals. The second part is a school interview to understand the views of leaders of cross-border e-commerce enterprises on the current cultivation of cross-border e-commerce professionals. Therefore, it is possible to better construct a talent cultivation model for cross-border e-commerce applications in universities. The questionnaire survey is mainly conducted in the form of electronic questionnaires. Establish students majoring in cross-border e-commerce, create electronic questionnaires through WeChat mini programs, and then distribute and recycle them in student groups. Interviews are divided into school interviews and corporate interviews. The school interview will be held in the conference room of Changchun University of Finance and Economics, and each interviewee will answer 20 questions. The interview will be held in the conference room of the e-commerce company, and each interviewer will answer 5-8 questions. The data collection period is 1-3 months.

Investigation project	Survey content	Survey results
Number of questionnaires distributed	Cross border E-commerce Student Questionnaire	300 copies
Number of questionnaire responses	Effectively collect questionnaires	285 copies
Recovery rate	Questionnaire response rate	95%
Satisfaction	Overall satisfaction of students with cross-border e-commerce majors	Very satisfied: 30%; Relatively satisfied: 50%; General: 15%; Not very satisfied: 5%; Very dissatisfied: 0%
Course settings	Student evaluation of the rationality of professional curriculum design	Very reasonable: 25%; Relatively reasonable: 55%; Generally: 18%; Not very reasonable: 2%; Very unreasonable: 0%
teaching method	Student evaluation of teaching methods	Very helpful: 28%; More helpful: 45%; General: 20%; Not very helpful: 5%; No help at all: 2%
Practical teaching	Student evaluation of practical teaching process	Very sufficient: 20%; Relatively sufficient: 45%; General: 30%; Not very sufficient: 5%; Very insufficient: 0%
Internship/Project	The proportion of students participating in cross-border e-commerce internships or projects	Participated: 80%; Not participated: 20%
Career planning	Career planning for students to engage in cross-border e-commerce industry in the future	Very clear: 35%; Relatively clear: 45%; General: 15%; Not very clear: 5%; Completely unclear: 0%

Table 1 – Questionnaire survey results

The purpose of this questionnaire survey is to comprehensively understand the current situation and existing problems of talent cultivation in cross-border e-commerce at Changchun University of Finance and Economics. By analyzing the reliability and validity

of the questionnaire, the reliability and accuracy of the data were ensured. Descriptive analysis shows that the gender, grade, and major distribution of the surveyed students are relatively balanced, providing assurance for the representativeness of the data. From the perspective of gender distribution, the proportion of male and female students in cross-border e-commerce majors is roughly equal, indicating that the major has strong gender inclusiveness. From the distribution of grades, students from all grades participated in the survey, mainly sophomore and junior students. As the main body of professional learning, their feelings and evaluations of talent cultivation models have high reference value. Through analysis of variance, we found significant differences in test scores among students under different teaching methods. Classes that use interactive teaching methods such as case analysis and group discussions generally have higher grades and higher satisfaction with the teaching methods. This indicates that interactive teaching methods have significant advantages in cross-border e-commerce professional teaching, which can stimulate students' learning interest and enthusiasm, and improve teaching effectiveness.

4.2. Data Processing

An analysis was conducted on the reliability and validity of the questionnaire. Descriptive analysis was conducted on the numerical values of the questionnaire design. Calculate the frequency, ratio, and percentage of gender, grade, and major distribution among the surveyed students. Calculate the mean and standard deviation of the respondents and provide descriptive explanations. Perform variance analysis on teaching methods. Assuming that there is no difference in test scores among students under different teaching methods, a P-value is obtained through analysis of variance, and P is compared with 0.05 to measure whether there are differences between different teaching methods.

Interview project	Interview content	Interview results
Perspectives on Talent Development	Teacher's views on the current talent cultivation model	80% of teachers believe that the model is basically reasonable, but practical teaching needs to be strengthened; 20% of teachers believe that comprehensive reform is needed
Curriculum suggestions	Teacher's suggestions for curriculum design	Add a course on cross-border e-commerce case analysis; Strengthening international trade practice courses; Update cross-border e-commerce platform operation course
Teaching method suggestions	Teacher's suggestions on teaching methods	Adopting interactive teaching methods such as case analysis and group discussions; Introducing corporate mentors for teaching
Practical teaching suggestions	Teacher's suggestions for practical teaching	Increase internship opportunities in enterprises; Collaborate with enterprises to carry out project-based learning; Establish a cross-border e-commerce laboratory

Table 2 – Teacher Interview Data

Interview project	Interview content	Interview results
Perspectives on Talent Development	The views of enterprises on the current talent cultivation model	75% of enterprises believe that the talents cultivated by schools basically meet the needs, but lack practical operational experience; 25% of companies believe that there is a significant gap between the talents cultivated by schools and the needs of enterprises
Graduate demand	The demand of enterprises for graduates majoring in cross-border e-commerce	Emphasize practical operation ability, team collaboration ability, and communication ability; I hope graduates have experience in operating cross-border e-commerce platforms
Cooperation suggestions	Suggestions for cooperation between enterprises and schools	Strengthen school enterprise cooperation and jointly carry out internship projects; Enterprise mentors enter the campus to provide cutting-edge knowledge sharing in the industry; The school regularly organizes students to visit and learn in enterprises

Table 3 – Enterprise Interview Data

The questionnaire data shows that students generally have a high evaluation of the practical teaching process, but there are still some students who believe that the practical teaching process is not sufficient. The results of teacher interviews also show that strengthening practical teaching is a common suggestion among teachers. Therefore, schools should further increase investment in practical teaching, increase opportunities for enterprise internships, and collaborate with enterprises to carry out project-based learning, in order to improve students' practical operation and teamwork abilities.

5. Reflection in Information Science

The application of information science is indispensable in the cultivation of cross-border e-commerce professionals. The survey results show that students have a high demand for cross-border e-commerce platform operation courses, and they hope that the school can update the relevant course content to meet the needs of industry development. In addition, in corporate interviews, companies also emphasized that graduates should

have experience operating cross-border e-commerce platforms, which further highlights the importance of information science in cultivating cross-border e-commerce talents.

Therefore, schools should strengthen the setting and updating of courses related to information science, introduce more practical teaching content related to cross-border e-commerce platform operation, in order to improve students' information technology application ability and cross-border e-commerce platform operation ability. At the same time, schools can also collaborate with enterprises to jointly develop cross-border e-commerce practical teaching platforms, providing students with more practical opportunities and resources.

In summary, Changchun University of Finance and Economics has achieved certain results in the cultivation of cross-border e-commerce professionals in teaching methods, practical teaching, and information science applications, but there are still some problems and shortcomings. Schools should further optimize the talent training mode based on the survey results, strengthen practical teaching and information science education, in order to improve the quality of talent training and better meet industry needs.

6. Conclusion

This study conducted a comprehensive analysis of the current situation of cross-border e-commerce talent cultivation at Changchun University of Finance and Economics through in-depth questionnaire surveys and interviews. Research has found that the integration of industry and education has played a positive role in improving the quality of cross-border e-commerce talent cultivation, with the application and development of information science becoming a key link. Firstly, information science plays a crucial role in the cultivation of cross-border e-commerce talents. With the rapid development of information technology, the demand for talent in the cross-border e-commerce industry is also constantly changing. In the process of talent cultivation, Changchun University of Finance and Economics focuses on introducing courses related to information science, such as big data analysis, cloud computing, artificial intelligence, etc., so that students have a solid foundation in information technology and can better adapt to the needs of industry development. Secondly, the integration of industry and education provides a practical platform for the cultivation of cross-border e-commerce talents. The school collaborates deeply with enterprises to jointly carry out internship projects and build laboratories, providing students with the opportunity to experience the real cross-border e-commerce environment and exercise practical operational skills. In this process, the application of information science and technology has become an important tool to enhance students' practical abilities. Through practical operation, students can better understand and master the skills of cross-border e-commerce platform operation, data analysis, risk control, and other aspects. In addition, information science has also promoted the internationalization process of cross-border e-commerce talent cultivation. By introducing internationally advanced cross-border e-commerce platforms and technologies, the school provides students with a broader perspective and richer learning resources. At the same time, the school actively cooperates with foreign

universities and enterprises to promote the international development of cross-border e-commerce talent cultivation.

References

Armstrong P W, Brown C, & Chapman C J. (2021). School-to-school collaboration in England: A configurative review of the empirical evidence. Review of university, 9(1), 319-351.

Bai W, Chen W, Wang X, Hu S, Cui Z. (2023). Problems and solutions arising from the application of the "engineering-learning" model in vocational colleges. Auto Time, 20(1), 94-96.

Borodiyenko O, Nychkalo N, Ya M, Kuz O, & Korotkov D. (2021). Public-private partnership in university as a prerequisite for the growth of regional labor markets: Analysis of foreign experience. Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice, 36(1), 408–420.

Chen E, & Ma J. (2020). The reformation of the talent training mode in high-level higher vocational colleges under the background of "Double-High Plan". Journal of Higher university Management, 14(3), 19-29.

Chen H. (2021). Talent training mode of order class in higher vocational colleges under the background of enterprise-university cooperation. university and Vocation, (2), 45-48.

Chen Y, Xiao Y, & Feng L. (2020). Exploration and practice of work-study combination mode facing new economy. Journal of Vocational university, 36(5), 135-142.

Deng Z, Huang J, Deng X, & Lu S. (2022). Exploration and practice of the integrated university mode of "class-post-certificate-creation-competition" based on school-enterprise cooperation. Vocational and Technical university, 43(32), 17-20.

Maio G, Graf L, & Wilson A. (2020). Embedded flexibilization and polite employer domination: The case of short-track apprenticeships in Switzerland. Empirical Research in Vocational university and Training, 12(1), 1-21.

Du Y, & Li Y. (2022). Study on the status quo and type preference of university-enterprise cooperation in different types of universities and colleges: Based on survey data from 2241 colleges and universities nationwide. Journal of National Academy of university Administration, (10), 41-49, 61.

Emmenegger P, Graf L, & Trampusch C. (2019). The governance of decentralised cooperation in collective training systems: A review and conceptualisation. Journal of Vocational university & Training, 71(1), 21-45.

Fo Z. (2022). Current situation, problems and suggestions on the implementation of accreditation standards for double-qualified teachers in vocational colleges. Chinese Vocational and Technical university, 30(25), 24-28.

Geng D, & He L. (2021). Research on the reform of talent training mode of “school-enterprise cooperation and work-study combination”. Shanghai Business, (7), 138-139.

Huang G. (2021). The practice on the practical training base building of enterprise and university cooperation in vocational colleges under the background of “1+X” system. Journal of Vocational university, 37(9), 134-138.

Ji W, & Zhou X. (2020). Research on the current situation, mechanism and path of school enterprise cooperation curriculum construction: Taking leisure sports service and management major in secondary vocational schools as an example. Communication of Vocational university, (12), 94-99.

Li X, & Li C. (2021). Exploration and practice of “five-level progressive” order training mode for electronic information majors in higher vocational colleges: A case study of Henan Polytechnic. Vocational and Technical university, 42(8), 39-42.

Oviawe J I. (2018). Revamping technical vocational university and training through public-private partnerships for skill development. Makerere Journal of Higher university, 10(1), 73-91.

Pyliavets M, Protas O, Martynets L, Lyashkevich A, Babyshena M, Chumak L, & Lazorko O. (2020). A comparative analysis of peculiarities of vocational university in Ukraine and Germany. Revista Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala, 12(3), 200-212.

Quay J, Miller L G, Browning D J, & Brodie M A. (2022). Dewey’s education through occupations as being-doing-knowing: an introduction to teacher planning with creative learning units. Journal of Curriculum Studies, 54(5), 632–646.

Shen G, Zhou J, Shi J, & Shen X. (2020). Practical teaching system construction of career adaptability-oriented leisure sports major. Research and Exploration in Laboratory, 39(7), 235-239.

Shen L, Qi S, & Fei L. (2021). Resolving the dilemma of talents training in the context of enterprise-university cooperation in colleges and universities: Based on the MIT engineering talents training mode. Research in Higher university of Engineering, 39(6), 146-151.

Wang Z Y, & Qi Z Y. (2018). New progress in foreign research of Foster's vocational education thought. Vocational and technical education in China, 685(33), 77-83.

Wu Z. (2022). Study on the present situation and optimization strategy of leisure sports curriculum in independent colleges and universities in Sichuan Province [Master’s thesis, Chengdu Sport University].

Xia X. (2022). A study on the current situation and countermeasures of employability of secondary vocational schools students based on the perspective of school-enterprise cooperation [Master’s thesis, East China Normal University].

Zhang J. (2021). Research on the course system of applied talent training in leisure sports under the background of transformation. Contemporary Sports Technology, 11(5), 88-89, 92.

Zhang L, & Qiu S. (2022). Research on the cooperation of enterprise and university in independent colleges and the cultivation of talents in school-enterprise cooperation. Industrial Innovation, (16), 193-195. http://www.cnki.com.cn/Article/CJFDTotal-CYCX202216063.htm

Zhang W. (2020). A study on the dynamic mechanism of the cooperation of enterprise and university in vocational university [Master's thesis, Hebei Normal University].

Zhi S. (2020). Research on the talent training model of "school-enterprise cooperation, work-study combination and on-the-job internship" in modern apprenticeship system. Technology Wind, (34), 167-168.

Zhou B. (2020). Research on evaluation of curriculum system for leisure sports major: Guangdong Ocean University as an example. Contemporary Sports Technology, 10(16), 150-151.

Zhu Y. (2021). Foreign experience and inspiration: Research on quality assurance mechanism of leisure sports professional talent training. Journal of Shangqiu Normal University, 37(9), 59-63.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 10/02/2024
Aceitação/Acceptance: 13/05/2024

Crowdsourcing Translation Technology Based on Recurrent Neural Network Model with Bilingual Constraints

Hui Zhao*, Ali Bin Selama, Kaiyisah Hanis Binti Mohd Azm

zhaohui202306@126.com

Malaysia-Japan International Institute of Technology, Universiti Technologi Malaysia, Kuala Lumpur, 54100, Malaysia

Pages: 794-804

Abstract: Neural network algorithm is a convenient and fast computer intelligent algorithm, and it is widely used in various fields of science and technology with the development of computer technology. In order to study Crowdsourcing Translation, a recurrent neural network model based on bilingual constraints was proposed, and this model was applied to the decoding process of Crowdsourcing Translation; then, a step-by-step and semi-supervised training method was proposed to train the established model; in addition, the expressions of phrases in translation are explored, and an expression based on translation confidence was proposed; finally, the performance of the whole translation was verified by bilingual constraints from Chinese to English, and the validity and correctness of the method were proved by the analysis of the experimental results.

Keywords: Bilingual Constraint; Recurrent Neural Network Model; Neural Network Algorithm; Crowdsourcing Translation

1. Introduction

In the context of information interconnection and globalization, translation, as a bridge to overcome language and cultural barriers, is increasingly important. With the rapid development of artificial intelligence technology, especially breakthroughs in the field of deep learning, the translation industry is undergoing unprecedented changes (Dabre et al. 2020). Crowdsourcing translation, as a new online translation cooperation model born in the era of digitalization and globalization, has realized the efficient integration and utilization of translation resources through the promotion of the Internet and artificial intelligence technology, and has greatly promoted the industrialization and socialization of translation (Demir, 2022). This article focuses on crowdsourcing translation technology based on bilingual constrained recurrent neural network models, aiming to explore the technical background, current development status, and future trends of this emerging field (Farooq et al. 2023). Crowdsourcing translation decomposes translation tasks and assigns them to non professional translators through the Internet platform, realizing the decentralization and large-scale collaboration of translation work. This model not only effectively reduces translation costs, but also improves translation efficiency, especially

when dealing with large-scale, multilingual translation projects, showing significant advantages. However, crowdsourcing translation also faces ethical and practical issues such as uneven translation quality and unfair remuneration for translators (Goyal et al. 2022). Therefore, how to improve the quality and efficiency of crowdsourcing translation has become one of the current research hotspots. Recurrent Neural Network (RNN), as an important model in deep learning, has shown excellent capabilities in processing sequence data (Haque et al. 2021). By introducing a loop structure, RNN can capture temporal correlations in sequence data, achieving significant results in fields such as natural language processing and speech recognition. In the field of translation, RNNs and their variants (such as long short-term memory networks LSTM, Transformer, etc.) are widely used in machine translation tasks, significantly improving translation quality and efficiency (Hewamalage et al. 2021). Applying bilingual constrained recurrent neural network models to crowdsourcing translation technology is a new direction in translation research in recent years. Bilingual constraints aim to train the RNN model by introducing parallel corpora of the source and target languages, in order to improve its translation accuracy and contextual understanding ability (Jaworski et al. 2023). This technology combines the large-scale collaborative advantages of crowdsourcing translation with the powerful ability of RNN models in sequence data processing, which is expected to further improve the quality and efficiency of crowdsourcing translation (Jiménez, 2021).

This article will delve into crowdsourcing translation technology based on bilingual constrained recurrent neural network models from multiple dimensions such as technical principles, application scenarios, challenges and opportunities. Firstly, we will introduce the basic principles of RNN models and their current applications in translation tasks; Secondly, analyze how bilingual constraints can improve the translation performance of RNN models; Finally, explore the application prospects of this technology in practical crowdsourcing translation projects, as well as the challenges and possible solutions it faces. Through this study, the aim is to provide theoretical support and practical guidance for the further development and application of crowdsourcing translation technology.

2. Related Work

Neural machine translation, especially models based on the Transformer architecture, has become the mainstream method in the current field of machine translation. However, the performance of these models heavily relies on large-scale, high-quality bilingual parallel corpora (Khan et al. 2020). For low resource languages, building such corpora is often costly and difficult to implement. Expand the training data of low resource languages through techniques such as back translation, utilization of monolingual data, and generation of pseudo parallel corpora. For example, using a translation model from the target language to the source language to translate monolingual data into the source language, thereby generating pseudo parallel corpora (Maruf et al. 2021). Utilizing high resource languages for transfer learning of low resource languages, or mixing data from multiple language pairs for multilingual training, to improve the translation performance of low resource languages. By using meta learning algorithms such as MAML, the model can learn how to quickly adapt to new tasks, thereby reducing the dependence of low

resource language translation on a large amount of training data. Utilize carefully designed bilingual dictionaries or prompt signals as additional translation knowledge to improve the translation quality of low resource languages (Nath et al. 2024). Unlike crowdsourcing translation, online collaborative translation places more emphasis on collaborative work and resource sharing among translators. Through a professional online translation platform, translators can share translated texts in real-time, establish terminology libraries, and conduct proofreading assignments, greatly improving translation efficiency and quality. Online collaborative translation not only preserves the professionalism and accuracy of professional translators, but also further enhances the overall level of translation through team collaboration (Raju et al. 2021). The emergence of online collaborative translation platforms has broken the closed nature of the traditional translation industry, allowing more professional translators to participate in large-scale translation projects. At the same time, these platforms also provide rich translation resources and tools, such as machine translation assistance, terminology queries, quality control, etc., providing translators with a more convenient and efficient translation environment (Resiandi et al. 2023). The rise of crowdsourcing and online collaboration models has had a profound impact on professional translation. On the one hand, these new models have lowered the threshold for the translation industry, allowing more non professional translators to participate in translation work, thereby enriching the resource supply of the translation market. On the other hand, crowdsourcing and online collaboration have also intensified competition in the translation market, prompting professional translators to continuously improve their professional level and translation quality, in order to stand out in the fierce market competition (Rivera, 2022).

Crowdsourcing and online collaboration have also driven the digital transformation and intelligent upgrading of the translation industry. By utilizing advanced technologies such as big data and artificial intelligence, these new modes can achieve real-time monitoring and intelligent optimization of the translation process, further improving translation efficiency and accuracy. At the same time, these technologies have also brought new business models and service forms to the translation industry, such as the combination of machine translation and manual proofreading, customized translation services, etc., providing broad space for the future development of the translation industry. Sequence to sequence neural network, as the name suggests, is a deep learning model that can learn mapping relationships from input sequences to output sequences. The encoder is responsible for converting the input sequence into a fixed length vector representation, while the decoder generates the target sequence based on this vector representation (Xiao et al. 2023). Through this structure, the Seq2Seq model can effectively process various sequence data, such as text, speech, images, etc., and convert them into the desired text output. The task of generating data into text refers to converting non textual data (such as numerical values, charts, images, etc.) into human readable text descriptions. This task has wide applications in multiple fields, such as weather forecasting, stock market analysis, and medical report generation (Zakraoui et al. 2021). Traditional data to text generation methods often rely on manually written rules and templates, which are not only time-consuming and laborious, but also difficult to handle complex and ever-changing data. The emergence of Seq2Seq neural networks provides a new solution for this task.

In order to carry on more effective modeling for the decoding process of Crowdsourcing Translation, Li and others proposed a recursive automatic encoder by using recursive neural network model. By using this coder, feature learning can be performed for languages with different lengths, in this way; the performance of the system can be greatly improved in the process of computer translation. The development of modern computer has always developed toward the direction of fusion of different technologies (Zhang et al. 2020). This paper will propose a new neural network model: recurrent neural model (RNN). In this way, not only can the model be effectively modeled, but also can be better decoded.

3. Methodology

3.1. Recurrent Neural Network Model

In the actual environment, in addition to the structure of the sequence, syntactic analysis and Crowdsourcing Translation decoding process are also often encountered in the translation process. The recurrent neural network is a neural network structure corresponding to the tree structure, which can be used to analyze and model the syntax. The recursive neural network model is similar to the representation of recurrent neural networks in the form of representation, and its structure is mainly tree structure, which expresses each node abstractly. For any node, each sub node is abstracted as an input point, and then a linear transformation is carried out and a nonlinear transformation is performed, thus the abstract expression of nodes can be obtained. This kind of abstract representation contains some node information in the subtree, and based on this, more effective expression of this node can be carried out.

In general, it can be assumed that the recurrent neural network model is a kind of two-fork tree structure model. In the process of sentence analysis based on Crowdsourcing Translation, when the natural language is processed, the structure of the non-binary tree can be transformed into the structure of the two-fork tree. Here, S[l, n] can be used to express the representation of the recurrent neural network model for the tree nodes [l, n], S[l, m] and S[m, n] are used to represent the abstract form of two sub nodes respectively, and the output form of neural network node [l, n] is expressed by y[l, n]. When the linear transformation is used to integrate the sub nodes, the relation is shown in equation (1).

$$\begin{aligned} s^{[l,n]} &= a(W(s^{[l,m]}, s^{[m,n]})) \\ y^{[l,n]} &= f(s^{[l,n]}) \end{aligned} \tag{1}$$

In which, a refers to nonlinear activation function, W refers to linear transformation matrix, f refers to arbitrary function.

The structure of the recurrent neural network is shown in Figure 1. The training method of recurrent neural network is usually trained according to the backward propagation mode.

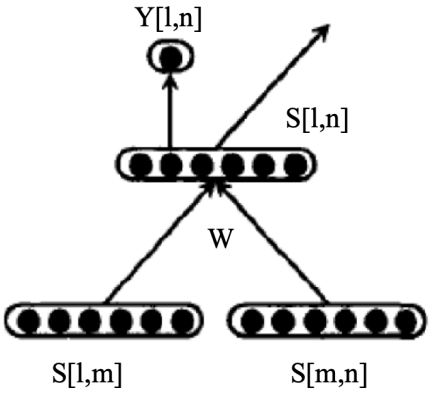


Figure 1 – Structure diagram of recurrent neural network

3.2. Training Model of Recurrent Neural Network Translation Model

The translation model based on R2NN is a nonlinear model. When solving the prediction problem in Crowdsourcing Translation, it is difficult to get good results by using the general training method. In order to solve this situation, a three-step training method is proposed to train the R2NN model, and the detailed steps are: firstly, unsupervised pre-training based on recursive automatic encoder is proposed; then, the locally supervised training based on forced decoding of derivation is proposed; finally, the global supervised training based on early update strategy is implemented.

The unsupervised pre-training model mainly uses recursive auto encoder to perform unsupervised pre-training. The automatic encoder used here is a neural network model for unsupervised training. For the input vector x, the input abstract representation h is obtained through the encoding neural network layer by using an automatic encoder; then, by reconstructing the neural network layer, a reconstruction vector x' is generated based on the obtained h. The loss estimation formula of an automatic encoder in reconstruction is shown in equation (2).

$$\begin{aligned} h &= f_{\theta}^{enc}(x) \\ x^{'} &= f_{\theta}^{rec}(h) \\ loss(\theta) &= loss(x, x^{'}) + L(\theta) \end{aligned} \tag{2}$$

In which, L refers to the regular term, h refers to the hidden layer encoded automatically, f refers to the corresponding function, loss refers to the amount of loss.

The hidden layer h of an automatic encoder also refers to the compressed representation of the input, and the minimizing reconstruction loss is to keep the input information

of h as much as possible under the condition of satisfying the condition. By giving a corresponding translation phrase table {S}, all the S1 and S2 which are interrelated and appear in the bilingual data can be obtained and used as the training sample of the decoder of the recurrent neural network. When the training is finished, the encoding matrix W will be an initial value for subsequent training.

Supervised local training refers to: after pre-training, the encoding matrix W is used to initialize the W in the RNN, and the V is initialized. In the process of supervised local training, the parameters of the model can be adjusted, so that the best candidates for translation in each interval are highest after translation decoding. In the training of each sentence in bilingual training, first of all, the traditional Crowdsourcing Translation model is used to force the sentence to be decoded, and this step can be used to decode the bilingual sentence ITG tree. By forcing decoding, the highest translation decoding path of bilingual sentence pairs can be obtained. After the decoded ITG tree is obtained, each node can be updated by the tree, and n candidate translation fragments can be obtained, and then the neural network model can be used to generate an abstract expression S for each translation candidate. For any interval [l, n] of the node corresponding to the decoding tree, the optimal translation candidate for the translated candidate interval is denoted as y[l, n]. After supervised local training, the model can be used to obtain more locally optimal translation candidate sets on the nodes of the training data decoding tree.

Supervised global training refers to the further optimization on the basis of local training after the optimization of the training data of local training. Although the local training can make the parameters of the neural network in a better area, it is still not trained according to the translation characteristic of side to side. For the bilingual sentence (e, f) in the training data, compulsory encoding mechanism can be used to get the decoding tree oracle of a goal, and then RNN can be used to obtain the abstract performance points of each node in this decoding tree. In addition, the RNN translation model is used to carry on the CYK decoding for the language which needs to be translated, thus the best candidate translation set {t} of n sentences can be obtained. In the process of CYK decoding, with the increasing number of Crowdsourcing Translation, the amount of computing will increase exponentially, therefore, the unnecessary part of the decoding process needs pruning to reduce the amount of calculation.

3.3. Representation of Translation Phrase Pairs

Translation phrases are the smallest unit for Crowdsourcing Translation. In the RNN model, it is necessary to abstract each phrase and describe it as a neural network node. There is a very simple method based on the training process, which uses the bilingual data to directly express the translation form of each phrase with supervision. This learning style is similar to the learning of monolingual vocabulary representation, but the number of bilingual data is relatively less than that of monolingual data, and the number of translation phrase pairs is also very large, so it is necessary to further improve the translation strategy to meet the translation process. The relationship between the number of training data and the number of model parameters is shown in table 1.

Basic unit	Training data	Entity number	Number of parameters
Word	1G	400K	20×400K
Translation pairs	6M	(400K)2	20×(400K)2
Translation phrase pairs	6M	(400K)2	20×(400K)2

Table 1 – Relation between the number of training data and the number of model parameters

The translation of phrases can use the combinatorial features of language to construct the forms of translation phrase pairs on the basis of the level of words. Therefore, the phrase pairs can be represented by the average of all low dimensional lexical representations in the translation phrase pairs. However, there are some problems in phrase based statistical translation. As a basic unit of translation, translation phrases can't be modeled and formed by lexical level information.

The Crowdsourcing Translation training method based on large sparse features can achieve better results in the process of Crowdsourcing Translation. In the process of translation, sparse features can be used to carry on favorable characterization for the translation phrases. Therefore, this paper takes any sparse feature as a part of the translation of phrase pairs, and takes them as a special feature. Then all the sparse features are merged into a large length feature matrix. The translation confidence model based on recurrent neural network is shown in the diagram.

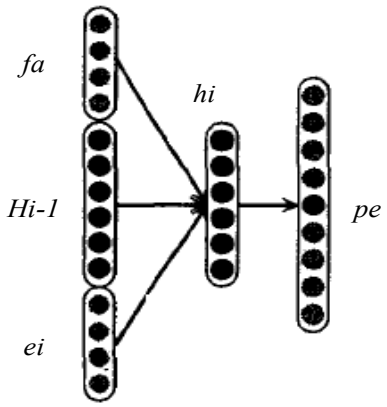


Figure 2 – Translation confidence model based on recurrent neural network

In addition to sparse features, recurrent neural network can be used to generate a meaningful translation score for the translation process of source language and target language. The calculation formula of translation confidence is shown in equation (3).

$$T_{s2T}(s,t) = \sum_{i} \log p(e_i)$$
$$T_{s2T}(s,t) = \sum_{j} \log p(e_i) \quad (3)$$

In which, a represents the alignment of words in translation, and p refers to the translation probabilities of computational vocabulary based on recurrent neural networks. T means confidence.

4. Result Analysis and Discussion

In order to verify the RNN model proposed in this paper, a simulation experiment was carried out on a translation case from Chinese to English. The fitness evaluation system used in this paper was a general IBM BLEU-4 in the field of Crowdsourcing Translation; and the boot was used to re-sampling the case, and then a statistical analysis was made; by using the obtained results, the confidence interval used in this paper was 90%.

In order to compare the Crowdsourcing Translation with other mechanisms, the dialogue statement in IWSLT was used. The training data used in the training process were derived from BTEC and SLDB. Complete Chinese and English data package contained a total of 81K statements corresponding to each other, the Chinese part contained 655K and the English part contained 806K. The language model used in this paper was the five-meta language model, which was carefully designed for experiments. The development set used in this paper mainly included DS8 and DIA, in which, the corpus of single word used for learning corpus was version 3, therefore, a special translation system based on CYK encoding technology was used to adjust the translated sentence structure and rearrange the word order. In the benchmark system, the main features of the commonly used Crowdsourcing Translation systems include translation probability, penalty measures, and translation model and so on, which are also important input parameters in RNN.

As shown in Table 2, the RNN translation system designed in this paper is statistically significantly better than the reference system in the development set and the test set. Next, a detailed analysis of the impact of the main aspects of the model for experimental results was carried out.

Experimental system	Development set	Test set
Reference system	0.468	0.392
RNN	0.478	0.408

Table 2 – Aslation results

The comparison results of the representation of different phrase pairs are shown in Table 3. From the experimental results in the table, it can be seen that the R2NN model using WEPPE and TCBPPE can achieve better translation results than the reference system, the results of WEPPE can't be statistically significantly better than the benchmark

system, while the results of TCBPPE are significantly higher than the benchmark system and WEPPE results.

Experimental system	Development set	Test set
Reference system	0.468	0.392
RNN+WEPPE	0.472	0.399
RNN+TCBPPE	0.487	0,408

Table 3 – e comparison results of different phrase pairs

This shows that lexical representation can model the translation model of lexical level, but the phrase semantics can't always be formed by the lexical combination of it, phrase pair representation based on lexical representation does not well describe phrase level translation phenomena. Unlike other NLP tasks, the basic processing unit of statistical Crowdsourcing Translation is phrase rather than vocabulary, so the TCBPPE method designed for phrase pairs can achieve better results. In order to test the role of reproducing input vectors in R2NN, the following comparative experiments can be designed. The recurrent input vectors can be removed from the model, and the RNN is reduced to be a general recurrent neural network, so that the effects of R2NN and RNN on the expressions of WEPPE and TCBPPE phrases can be compared.

The comparison between the R2NN translation model and the RNN translation model is shown in Table 4. From the table, it can be seen that the recurrent input vectors in R2NN play an important role in the effect of statistical Crowdsourcing Translation. When the recurrent input vectors are removed from the R2NN, the results of RNN based on WEPPE phrase will decrease 10 BLEU points on the development set, and also decrease 6 BLEU points on the test set. The RNN results based on the TCBPPE phrase are slightly better, but also decrease by 3 BLEU points compared with the R2NN results. This shows that the global features contained in the recurrent input vectors are important for the performance of Crowdsourcing Translation, and this information can't be obtained from the bottom up combination of RNN.

Experimental system	Development set	Test set
Reference system	0.468	0.392
RNN+WEPPE	0.472	0.399
RNN+TCBPPE	0.487	0,408
R2NN+TCBPPE	0.451	0.373

Table 4 – comparison between R2NN translation model and RNN translation model

The TCBPPE phrase pair contains two aspects of features: sparse features and smooth translation probabilistic features based on recurrent neural networks. Here, a comparative experiment was conducted to analyze the impact of the two parts of information on the final result.

Experimental system	Development set	Test set
Reference system	0.468	0.392
RNN+TCBPPE	0.487	0,408
R2NN+Sparse	0.482	0.402
R2NN+RNN	0.479	0.400

Table 5 – ffects of phrases on sparse features and recurrent neural network features in representation

The comparison of the effects of phrases on sparse features and recurrent neural network features in representation is shown in Table 5. From the experimental results in the table, it can be seen that the sparse features and recurrent neural network features can effectively improve the translation results compared with the reference system when only one feature is used; the performance of using sparse features is better than that of recurrent neural network; when the two are combined, the performance of the translation system is further improved. Therefore, sparse features can be directly used to describe special translation phenomena, while recurrent neural network is smooth lexical level translation probability, and the two functions are complementary.

5. Conclusion

The whole process of applying recurrent neural network to the Crowdsourcing Translation field was first discussed in this paper, and the multilayer neural network model and the undirected probabilistic graph model were organically combined, and the characteristics of the similarity of vocabulary and the characteristics of word alignment based on contextual information were used to carry out more effective and accurate modeling; then, by comparing two methods of the bilingual parallel corpus in semi supervised and unsupervised training, the experiments from Chinese to English were carried out. Experiments show that the model proposed in this paper can be improved greatly compared with the benchmark system, which also verifies the correctness and effectiveness of the proposed model. Although a lot of work in the field of Crowdsourcing Translation is done in this study, there are still many deficiencies. In the next work, it is necessary to focus on the study of the modeling, the model has a great impact on the amount of calculation, and its research is of great significance. In addition, how to effectively combine neural network algorithm with other intelligent algorithms to better solve the problem of Crowdsourcing Translation is also a subject worthy of study.

References

Dabre R, Chu C, Kunchukuttan A. (2020). A survey of multilingual neural machine translation. ACM Computing Surveys (CSUR), 53(5), 1-38.

Demir S. (2022). Turkish data-to-text generation using sequence-to-sequence neural networks. ACM Transactions on Asian and Low-Resource Language Information Processing, 22(2), 1-27.

Farooq U, Mohd Rahim M S, & Abid A. (2023). A multi-stack RNN-based neural machine translation model for English to Pakistan sign language translation. Neural Computing and Applications, 35(18), 13225-13238.

Goyal N, Gao C, Chaudhary V, Chen P J, Wenzek G, Ju D, & Fan A. (2022). The flores-101 evaluation benchmark for low-resource and multilingual machine translation. Transactions of the Association for Computational Linguistics, 10, 522-538.

Haque R, Liu C H, & Way A. (2021). Recent advances of low-resource neural machine translation. Machine Translation, 35(4), 451-474.

Hewamalage H, Bergmeir C, & Bandara K. (2021). Recurrent neural networks for time series forecasting: Current status and future directions. International Journal of Forecasting, 37(1), 388-427.

Jaworski R, Seljan S, Dunđer I. (2023). Four Million Segments and Counting: Building an English-Croatian Parallel Corpus through Crowdsourcing Using a Novel Gamification-Based Platform. Information, 14(4), 226.

Jiménez, C M A. (2021). The impact of crowdsourcing and online collaboration in professional translation: Charting the future of translation? Babel, 67(4), 395-417.

Khan, Z., Zakira, M., Slamu, W., & Slam, N. (2020). A study of neural machine translation from Chinese to Urdu. Journal of Autonomous Intelligence, 2(4), 29-36.

Maruf S, Saleh F, & Haffari G. (2021). A survey on document-level neural machine translation: Methods and evaluation. ACM Computing Surveys (CSUR), 54(2), 1-36.

Nath B, Sarkar S, Das S, & Mukhopadhyay S. (2024). Neural machine translation for Indian language pair using hybrid attention mechanism. Innovations in Systems and Software Engineering, 20(2), 175-183.

Raju B N, Raju M B, Satyanarayana K V V. (2021). Effective preprocessing based neural machine translation for english to telugu cross-language information retrieval. IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI), 10(2), 306-315.

Resiandi K, Murakami Y, & Nasution A H. (2023). Neural network-based bilingual lexicon induction for Indonesian ethnic languages. Applied Sciences, 13(15), 8666.

Rivera T I. (2022). Machine translation systems and quality assessment: a systematic review. Language Resources and Evaluation, 56(2), 593-619.

Xiao Y, Wu L, Guo J, Li J, Zhang M, Qin T, & Liu T Y. (2023). A survey on non-autoregressive generation for neural machine translation and beyond. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 45(10), 11407-11427.

Zakraoui J, Saleh M, Maadeed S, & Alja'am J M. (2021). Arabic machine translation: A survey with challenges and future directions. IEEE Access, 9, 161445-161468.

Zhang B, Xiong D, Xie J, & Su J. (2020). Neural machine translation with GRU-gated attention model. IEEE transactions on neural networks and learning systems, 31(11), 4688-4698.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 17/03/2024
Aceitação/Acceptance: 10/06/2024

Construction and Application of a Massive Open Online Course System in English based on Modern Technology

Wei Zhu

atyuugn@163.com

School of Foreign Languages and Cultures, Nanjing Normal University Taizhou College, Taizhou, 225300, China

Pages: 805-816

Abstract: With the development and progress of the society, as well as the application of modern new technology, in particular, the popularity of computer algorithms has brought great convenience to people's work and life. In this paper, based on modern technology, the association rules were adopted, and the construction of a massive open online course system (MOOCs) in English was analyzed, thus improving the efficiency of the construction, and ensuring the accuracy of the calculation and analysis. After that, a new idea was provided for the construction of a massive open online course system in English. Finally, the algorithm and its applicability in English learning and teaching were tested and analyzed. The results show that the calculation of the association rules is fast, efficient and stable, and thus is a very useful algorithm. We found that massive open online course system was effective in the teaching and learning of English reading.

Keywords: Modern Technology; Association Rules; MOOCS; System Construction Analysis; Application In English Learning And Teaching

1. Introduction

Today, as modern technology is extremely developed, most calculations have gotten rid of manual calculations and have adopted computers for computing (Sabe et al. 2021). In addition, now all kinds of computer algorithms are widely used, and thus the combination of computer algorithm and modern technology can get twice the result with half the effort. In this paper, as for the analysis of the construction of a massive open online course system (MOOCs) in English, computer algorithms based on association rules are used for auxiliary calculation and analysis (Qian et al. 2022). The computer algorithm based on association rules not only has fast calculation speed, but also ensures the accuracy of calculation. The association rules can only be used normally after optimizing the traditional algorithm, otherwise the calculation can be failed and the time of calculation is too long. It is well known that the computing time of the traditional association rules is very long (Xiaona and Wanxue 2024). Through improvement, this problem can be avoided.

In this paper, the calculation and use of the association rules include the calculation steps and the calculation methods. The calculation steps of the association rules are more complicated, and a lot of energy should be put into the analysis and processing (Xu et al. 2023). Then, the calculation method of the association rules is designed, and the calculation formula of the association rules is optimized, so as to make the traditional association rules really suitable for use (Rivas et al. 2020). Finally, the optimized association rules are studied and analyzed in detail, so as to ensure the calculation accuracy and efficiency of the algorithm (Fan et al. 2023). Through the calculation and analysis of association rules, the business scope of association rules is extended, and the intensity of association rules is enhanced, so that it can be used to calculate and analyze big data. In addition, the experiment was conducted to examine whether massive open online course system could be applicable in English learning and teaching.

2. Related Work

The study of the rules of association first began in the United States. In the 1950s, American scientists studied the rules of association based on the genetic rules of nature, so as to find the best value. And after more than half a century of research and development, the computing scope of association rules became wider and wider (Ruipérez-Valiente et al. 2022). At present, the calculation of association rules has been extended to many fields such as education and finance, and has helped solve many technical problems. Every year, seminars on association rules are carried out internationally to facilitate communication among people from all walks of life, thus greatly promoting the development and progress of society (Assami et al. 2022).

The study of association rules in China is actually introduced indirectly through Japan. After the establishment of diplomatic relations between China and Japan, a large number of advanced technology and advanced concepts were introduced into China, with the association rule as one of the most important technologies. However, at that time, limited to computer technology, the development was slow (Yilmaz et al. 2022). Since the beginning of this century, domestic research on association rules has made great progress, and soon has been in the forefront of the world. Moreover, a set of association rules for China's national conditions has been developed, and on the basis of the original research, large-scale innovation research has been carried out (Ying, 2023). The calculation and research of our country's association rules have greatly promoted the development of our society and have made an indelible contribution to the development of our country's economy.

3. Methodology

3.1. The Construction of MOOCs in English Based on the Modern Technology of Association Algorithm

At present, many algorithms are applied in the research of educational system. What kind of algorithm is applied in educational system depends mainly on the type of the algorithm and the solution to the problem. The association algorithm is an algorithm that has been

widely used in the fields of computer and program systems in recent years, which mainly takes into account the impact of the complex relationship and relevance between data on data processing results (Mirnaghi et al. 2020). The association algorithm is mainly composed of two main functions: the mining of useful information and the discovery of strong association rules between data, and has the following functions: one is the mining of useful information. For systems with huge amounts of data, some relatively simple algorithms will show obvious deficiencies, not only shown in the processing of data, but also in the mining of useful information (Wang et al. 2022). Association algorithm can use the unique computing system to mine information that people are interested in, and get the evaluation form and then evaluate people's interest degree to make it clearer; the other is the discovery of strong association rules between data. There is a certain complexity in a large number of data, especially the data that is not classified. The association algorithm can use the strong rule algorithm to classify the relationships among data and use the evaluation index to define them (Gao et al. 2021). The following table 1 shows the use of a variety of algorithms in models, systems, and platforms.

	Models	**systems**	**platforms**
genetic algorithm	37.3%	57.3%	67.5%
Association Algorithm	87.3%	69.3%	67.1%
ACC algorithm	47.3%	62.3%	67.9%
Particle swarm optimization	67.3%	64.3%	67.1%

Table 1 – The use of algorithms in models, systems, and platforms

It is obvious from the above table that the association algorithm has been widely used in the model, platform, and system because of its data mining function. In 1993, Agrawal and others firstly proposed the mining of association rules between different commodities in the transaction database, gradually attracting the attention of experts and scholars (Agrawal et al. 1993). The problem of mining association rules can be divided into two sub problems: discovering frequent item sets and generating association rules, where discovering frequent item sets is the basis for generating association rules. In recent years, discovering frequent item sets has been found to be the focus of association rule mining algorithm, and a lot of improved algorithms have been proposed on the basis of classical Apriori algorithm. And association analysis is used to discover association rules, and association rules describe the interesting connections between items of a given set of data (Yang et al. 2021). Through these descriptions, interesting associations can be found from a large number of transaction records, which can help to make many significant decisions.

In this article, an analysis of the construction of massive open online course system in English based on modern technology of association algorithm mainly consists of several parts, such as system function design, data processing, correlation algorithm analysis and human-computer interaction interface design (Ma et al. 2021). One is the system function design. The design of the function is the necessity of each system design, which should be carried out according to the needs of the user. In the construction of this

system, the functions of the system designed are mainly composed of the developer backstage maintenance, the student login, the teacher login, and the manager login, where background maintenance is very important, because the stability of the model may crash with the increase of traffic volume, and background maintenance personnel can shut down the system in time before this situation comes; the second is data processing, a phase of data preparation, in which the relevant standards will be developed to screen the data to ensure the usefulness of the data; the third one is the correlation algorithm analysis. In this phase, the formula of the association algorithm is used to calculate the data, so that a large number of data is entered into the system, and then the correlation algorithm is used to calculate the system, and finally the relevant factors in the data are excavated; and the fourth one is the design of human-computer interaction interface. The human-machine interaction interface is a platform for interaction between users and systems whose durability and practicability seriously affect the mood of users, so that the design of this interface is particularly important. In this part, the user's characteristics are fully considered, and a large number of educational system man-machine interface is referenced, so as to make the interface more humane. The figure 1 shows the concrete flow chart of the construction of the system.

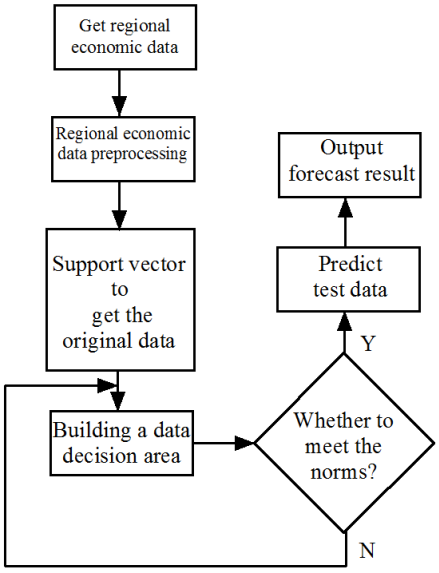


Figure 1: The main computational steps of the genetic algorithm

3.2. Calculation Process and Optimization of Association Rules

In this paper, the calculation steps and content of data mining algorithm for association rules are summarized and introduced in detail. After that, it is necessary to make a detailed

analysis of the formula of the association rules. And the association rule algorithm is fully deductive by the organic set of the step and the formula. The analysis of association rules is mainly based on the analysis of the data in the calculation to find the relevance. However, generally speaking, the amount of computing information in the association rule data mining algorithm is generally large, and is rather complicated and difficult to deal with. By calculating the calculated data by separate layers, the calculation can be carried out smoothly. Then, the mathematical model is introduced into the computer model for calculation and analysis, and the association rules can be calculated.

Item: item is the most fundamental element in computing, and data mining is calculated by using item.

Transaction: a collection of items involved in a transaction process. For example, when a customer buys beer, yogurt and electric cars in a shopping process, there are at least one (beer, yogurt, and electric vehicle) in transaction.

Item set: any subset of X in item set U is called a project set in U, and item set can be a transaction or not a transaction. However, one transaction must be an item set.

Dimension of the project set: the number k of items in a project set X={il, i2,... ik} is called the length or dimension of the project set X. If $|X| = k$, X is called a k dimension project set, referred to as a k set (K Item set).

Support degree and confidence: the support of the project set X in the transaction set T is the ratio of the number of transactions with X in the T and the number of all transactions in the T. The number of transactions containing the item set X in the set transaction set T is $X.Count(T)$, then the calculation of the support degree $Support(X)$ of the project set X in the transaction set T is as follows:

$$Support(X) = \frac{X.Count(T)}{|T|} \times 100\% \tag{1}$$

For association rule $X \Rightarrow Y$ (where X and Y are item sets), the confidence level of the association rule is the ratio of transaction number of item set X and Y, and the number of transactions containing X in transaction set T, namely formula:

$$Confidence(X \Rightarrow Y) = \frac{Support(X \cup Y)}{Support(X)} \times 100\% \tag{2}$$

When a transaction of confidence describes a transaction that appears X, the probability of Y in the same transaction is X.

If the support degree of the project set X is greater than or equal to the minimum support threshold of the user set:

$$Support(X) \geq min\text{-}support \tag{3}$$

In addition, any subset of frequent items must be frequent item sets, and any subsets of any infrequent items must be infrequent item sets. The proof formula is as follows:

$$Support(A) = \frac{A.Count(T)}{|T|} \geq \frac{X.Count(T)}{|T|} = Support(X) \geq min\text{-}sup \tag{4}$$

$$Support(B) = \frac{B.Count(T)}{|T|} \leq \frac{Y.Count(T)}{|T|} = Support(Y) \leq min\text{-}sup \tag{5}$$

Strong rules and weak rules: $Support(X \Rightarrow Y) \geq \min - \sup$ is a strong rule, otherwise it is a weak rule.

In addition, in order to ensure the accuracy of data mining association rules algorithm, a new concept of interest is introduced, and the calculation formula of interest degree is as follows:

$$I = Interest(X \Rightarrow Y) = \frac{confidence(X \Rightarrow Y) - support(y)}{max\{confidence(X \Rightarrow Y), support(y)\}} \tag{6}$$

The concept of interest limits the range of the results of the calculation. Sometimes the confidence and support are very high, but the results are not ideal. The phenomenon of this failure is caused by the defects of the traditional association rule algorithm. But after the introduction of the concept of interest degree, this phenomenon can be eliminated. Now, the calculation steps and calculation formulas of the association rule algorithm are already completed, and thus a computer algorithm is needed to do the calculation and analysis. Figure 2 is the computer computing model established.

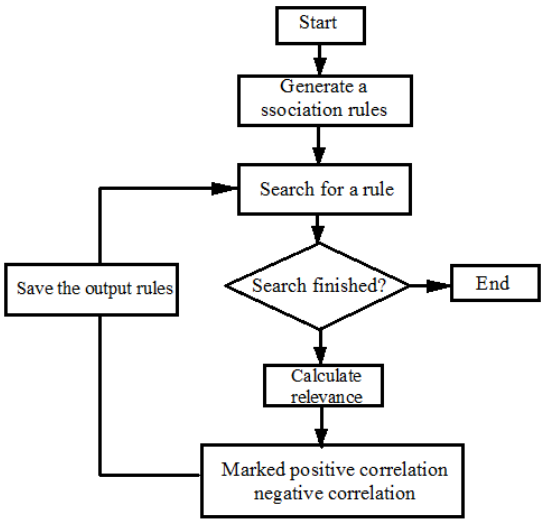


Figure 2 – Computer model of information processing calculation process

In addition, in order to ensure the good practicality and operability of the algorithm, the established computer model needs a certain computer configuration, and the configuration of the computer is shown in Table 2 as shown.

Number of items	Concurrent data access records (bars / second)	System stability requirements	Maintenance level	Candidate operating system
Medium(0~100)	500~2000	Higher	Better	WindowsNT, Windows 2000 Server,Windows XP, Linux, UNIX
Large(100~1000)	500~2000	Higher	Better	UNIX
Very large(1000+)	2000the above	High	Good	UNIX

Table 2 – Vocational college graduates information management system server-side operating system platform configuration requirements

4. Result Analysis and Discussion

4.1. Computational Accuracy and Efficiency of the Algorithm

In this paper, the calculation process and calculation formula of data mining association rules are explained and introduced in detail, and the algorithm is optimized, and it is necessary to test and analyze the algorithm, so as to prove the computational accuracy and efficiency of the optimized algorithm. First of all, in this article, 10 items were set up according to the calculated target $I = \{I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6, I_7, I_8, I_9, I_{10}\}$. Then the candidate item set C1 was established based on the confidence and support of each item. The table 3 is obtained.

Items	A1	A2	A3	A4	Z1	Z2	Z3	Z4	E1	E2
Support	2%	5%	11%	7%	2%	4%	15%	4%	14%	11%
Confidence%	6.7	25	31.4	46	10	230	30	40	20	36

Table 3 – Candidate Set C1

The above table is candidate set calculation table, where the data is analyzed and calculated in detail. The experimental data is then displayed in the form of Table 4.

Transaction ID number	Business	
Item data number 1	1, 2, 3, 4	
Item data number 2	2, 4	
Item data number 3	2, 3, 4, 5	
Algorithm	Traditional algorithm	Optimization algorithm

Transaction ID number	Business	
Positive associated rules	24	18
Negative association rules	Wanting	37

Table 4 – Experimental data sheet

There were 142917 transactions in the selected employment information database, the correctness of the whole data set was 99.84%, and the exception point was less. And the average length of the transaction was 269, and the goal was to select an interest attribute. The impact of "dimension disaster" greatly increases the difficulty of data mining, but the improved algorithm can solve the problem and calculate the desired results. The experimental data in Table 4 show that the optimized algorithm is feasible and can be used to calculate the desired results. According to the data in the above table 3, further calculation and analysis are carried out, and the final results are displayed and analyzed in Table 5.

	Candidate set of items C3		Candidate set of items L1	
Items	A3, Z3, E2	A4,Z3, E2	Iterms	A3, Z3, E2
Support	8%	45.7%	Support	8%
Confidence	2%	40%	Confidence	45.7%

Table 5 – Candidate set of items C3, L3

According to the simulation results in the above table, it is clear that the optimization effect of this algorithm is obvious. By calculating the algorithm itself, the useless data in the algorithm is eliminated, which reduces the possibility of computing second times, thus improving not only the computation efficiency, but also the accuracy of computation. The result of the calculation in Table 5 is the final result of the calculation, which shows that the optimized algorithm can calculate the actual required results. However, the calculation method that can only calculate the results of the calculation is not the ultimate goal of the pursuit, so that it is necessary to ensure the calculation efficiency while calculating the accurate calculation results. In the construction of massive open online course system in English, the computing information will not exceed 5000, so that a test method is set up, with the maximum number of information within 5000. The superiority of the algorithm is proved by recording the traditional algorithm and the calculation delay of the optimized algorithm. Figure 3 is the result of the experiment.

In the above picture, it can be seen that in the calculation below 2000 information, the two algorithms have little difference in computing delay, with delay less than 100 seconds. But in the calculation after 2000 information, the delay difference between the two algorithms is getting bigger and bigger, and even the maximum gap reaches 100 seconds. In addition, the rate of delayed growth of the two algorithms is different, in which the delay growth rate of the traditional algorithm is far greater than that of the algorithm after the optimization. Through the above tests, it is proved that the algorithm is feasible. The optimized association rule algorithm can be used to calculate the

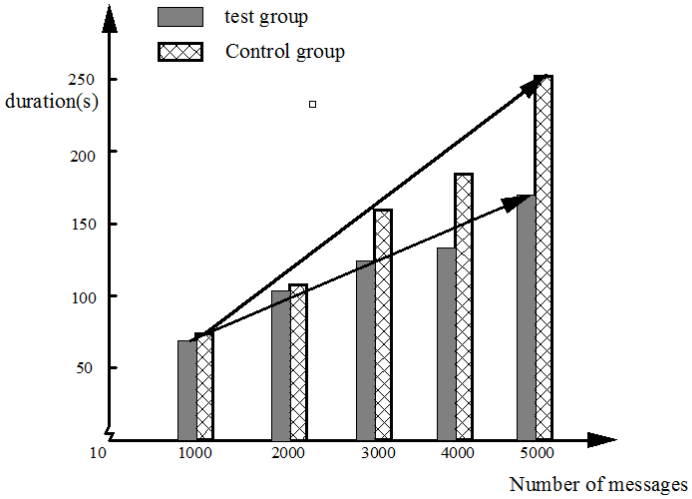


Figure 3 – Experimental results Time comparison

calculation results perfectly, and the delayed growth rate of the optimized association rule algorithm is far smaller than that of the traditional association rule algorithm.

4.2. Application of Massive Open Online Course System in English Learning and Teaching

In order to test the applicability of massive open online course system in English, the teaching and learning of English reading was taken as a case. Two classes in English major in one university in China were selected with one as experiment group and the other as control group. Massive open online course system was employed in experiment group, while traditional teaching and learning of English reading in control group. Pretest and posttest were conducted. Pretest and posttest consist of two passages, respectively. The quantitative data was analyzed statistically on PC using SPSS. A significance level of 0.05 ($p < .05$) was set.

Independent t-test was performed to test whether there were significant differences between experiment group and control group in their pretest and posttest, respectively. The results are presented in Table 6. As can be seen in Table 6, control group ($M = 6.82$) has higher mean score than experiment group ($M = 6.57$), but there was no significant difference between experiment group and control group in pretest, $t(58) = -0.33$, $p > .05$, showing that subjects in experiment group have the similar reading level to those in control group. In posttest, there was significant difference between experiment group ($M = 9.63$) and control group ($M = 7.41$) , $t(58) = 2.14$, $p > .05$, indicating there was a significant main effect of massive open online course system in the development of English reading. This proves that with the treatment of massive open online course

system used in experiment group, experiment group performed significantly better than control group. Massive open online course system significantly improved the teaching and learning of English reading.

Reading Comprehension	Experiment Group (N=30)		Control Group (N=30)		t	p	Cohen's d
	M	SD	M	SD			
Pretest	6.57	2.57	6.82	3.28	-0.33	.87	0.08
Posttest	9.63	4.38	7.41	3.63	2.14	<.05	0.55

Table 6 – Differences between experiment group and control group in pretest and posttest

Effect size indices indicated that massive open online course system imposed positive influence on the teaching and learning of English reading. The commonly-used criteria for Cohen's d are: d = 0.2 (small effect), d = 0.5 (medium effect), d = 0.8 (large effect). It can be interpreted that, on average, d = 0.2 means that treatment group outperformed 58% of control group; d = 0.5 means that treatment group outperformed 69% of control group; d = 0.8 means that treatment group outperformed 79% of the control group. According to the criteria, massive open online course system had moderate influence on the teaching and learning of English reading, d = 0.55. That is to say, experiment group outperformed about 69% of control group.

It testifies that massive open online course system could improve the teaching and learning of English reading though it was not as great as expected. It may be due to short period of time for the development of reading skill needs long time, maybe two or three terms. However, we have no idea whether it is also effective in teaching and learning of English listening, speaking and writing. It needs further research.

5. Conclusion

With the development of information technology, the application of modern technology is also becoming more and more extensive. For the construction of a massive open online course system in English, the time of manual calculation and processing is too long and the accuracy of the calculation results can't be guaranteed. Therefore, a scientific and rational way to analyze the construction of a massive open online course system in English is very important. In this paper, the method of association rule algorithm was used to analyze the construction of a massive open online course system in English. In addition, the algorithm of association rules was optimized. Finally, the optimized algorithm and application of massive open online course system were tested. It is found that the calculation accuracy of the algorithm is high, and the calculation results can be presented perfectly. Moreover, the algorithm guarantees the accuracy of the calculation and ensures the improvement of the computational efficiency. Compared with the traditional algorithm, the delay of the algorithm after optimization is low, and the delay growth rate is low, and the result is good and stable. However, the study on association rule algorithms will be continually carried out, so as to find out a better algorithm. In

addition, we found that massive open online course system was effective in the teaching and learning of English reading. However, it was not as great as expected. It needs further research to examine its effectiveness in teaching and learning of other English skills such as listening, speaking and writing.

References

Agrawal R, Imieliński T, Swami A. (1993) Mining association rules between sets of items in large databases. ACM SIGMOD Rec, 22, 207-216.

Assami S, Daoudi N, & Ajhoun R. (2022). Implementation of a Machine Learning-Based MOOC Recommender System Using Learner Motivation Prediction. Int. J. Eng. Pedagog., 12(5), 68-85.

Fan Y, Tan Y, Raković M, Wang Y, Cai Z, Shaffer D W, & Gašević D. (2023). Dissecting learning tactics in MOOC using ordered network analysis. Journal of Computer Assisted Learning, 39(1), 154-166.

Gao P, Li J, Liu S. (2021). An introduction to key technology in artificial intelligence and big data driven e-learning and e-education. Mobile Networks and Applications, 26(5), 2123-2126.

Ma L, Huang M, Yang S, Wang R, Wang X. (2021). An adaptive localized decision variable analysis approach to large-scale multiobjective and many-objective optimization. IEEE Transactions on Cybernetics, 52(7), 6684-6696.

Mirnaghi M S, & Haghighat F. (2020). Fault detection and diagnosis of large-scale HVAC systems in buildings using data-driven methods: A comprehensive review. Energy and Buildings, 229, 110492.

Qian Y, Li C X, Zou X G, Feng X B, Xiao M H, & Ding Y Q. (2022). Research on predicting learning achievement in a flipped classroom based on MOOCs by big data analysis. Computer Applications in Engineering Education, 30(1), 222-234.

Rivas M J, Baker R B, & Evans B J. (2020). Do MOOCs make you more marketable? An experimental analysis of the value of MOOCs relative to traditional credentials and experience. AERA Open, 6(4), 2332858420973577.

Ruipérez, V J A, Staubitz T, Jenner M, Halawa S, Zhang J, Despujol I, & Reich J. (2022). Large scale analytics of global and regional MOOC providers: Differences in learners' demographics, preferences, and perceptions. Computers & Education, 180, 104426.

Sabe V T, Ntombela T, Jhamba L. A., Maguire, G. E., Govender, T., Naicker, T., & Kruger, H. G. (2021). Current trends in computer aided drug design and a highlight of drugs discovered via computational techniques: A review. European Journal of Medicinal Chemistry, 224, 113705.

Wang F, Wang X, & Sun S. (2022). A reinforcement learning level-based particle swarm optimization algorithm for large-scale optimization. Information Sciences, 602, 298-312.

Xiaona X, Wanxue, Q. (2024). Driving STEM learning effectiveness: dropout prediction and intervention in MOOCs based on one novel behavioral data analysis approach. Humanities and Social Sciences Communications, 11(1), 1-19.

Xu C, Feng J, Hu X, Xu X, Li Y, & Hou P. (2023). A MOOC Course Data Analysis Based on an Improved Metapath2vec Algorithm. Symmetry, 15(6), 1178.

Yang S, Wang J, Hao X, Li H, Wei X, Deng B, & Loparo K A. (2021). BiCoSS: toward large-scale cognition brain with multigranular neuromorphic architecture. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 33(7), 2801-2815.

Yilmaz R, Yurdugül H, Yilmaz F G K, Şahin M, Sulak S, Aydin F, Ömer O R A L. (2022). Smart MOOC integrated with intelligent tutoring: A system architecture and framework model proposal. Computers and Education: Artificial Intelligence, 3, 100092.

Ying X. (2023). Study on the Innovative Application of Virtual Simulation Technology in the Protection and Inheritance of Needlework Art. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (E55), 494-503.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 10/03/2024
Aceitação/Acceptance: 24/06/2024

Optimizing C-STEAM Course Content Design Using Data Mining Techniques

Jiao Zhang*, Fariza Khalid, Hazrati Husnin

p120533@siswa.ukm.edu.my, fariza.khalid@ukm.edu.my, hazrati@ukm.edu.my

Faculty of Education, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia

Pages: 817-827

Abstract: Data mining techniques can deeply analyze students' behavioral data, grade data, and feedback during the process of learning C-STEAM courses. Through complex algorithm models, accurately identify students' learning difficulties, interests, and personalized needs. This article explores how to use data mining techniques to optimize the content design of C-STEAM courses. Utilize data mining techniques to identify the learning needs and interests of different students, and achieve personalized customization of course content. Discover the relationship between student grades and specific learning resources through association rule mining, and recommend suitable learning materials for different students. The cumulative variance interpretation rate after rotation is 61.717%, exceeding the threshold of 50%. Through data mining of learners' after-school test scores, we found a certain correlation between course content and learner performance. Learners have higher average exam scores in certain course content modules, while others have relatively lower scores.

Keywords: Information Technology; Personalized Customization; Data Mining; C-Steam Course

1. Introduction

With the rapid development of educational informatization, the amount of data stored in academic management systems, student employment systems, and enrollment systems in various schools is rapidly increasing. Coincidentally with the current educational background and the requirements of maker education, it has an important enlightening effect on the teaching of courses maker. At the same time, course makers such as 3D printing design and Arduino programming focus on cultivating students' key competencies such as innovative practical abilities, computational thinking, and information awareness, which is highly consistent with the teaching requirements of pursuing creative objectification in comprehensive practical activity courses. This includes fully leveraging the advantages of 3D printing design and Arduino programming in cultivating students' innovative and hands-on information literacy during course design and implementation, focusing on how to coordinate these knowledge with course objectives to achieve the best teaching results. C-STEAM education, as an innovative educational philosophy, emphasizes interdisciplinary integrated learning and focuses

on cultivating students' comprehensive qualities and innovative abilities. However, in the process of designing C-STEAM course content, it has always been a challenge for educators to ensure the scientific, systematic, and interesting nature of the course content, while meeting the learning needs of different students. The introduction of data mining technology provides new ideas and methods to solve this problem.

In the process of designing C-STEAM course content, it is first necessary to analyze the learning data of students. These data include students' homework grades, classroom performance, online learning behavior, etc. Through data mining techniques, in-depth analysis and mining of this data can be carried out to identify students' learning patterns, preferences, and difficulties. For example, using clustering analysis techniques, students can be divided into different learning groups, each with similar learning characteristics; The use of association rule mining techniques can discover the correlation between different learning behaviors, such as the relationship between classroom participation and homework grades. Based on the analysis results of learning data, the content of C-STEAM course can be optimized. Firstly, adjust the organizational structure and presentation of course content based on students' learning patterns and preferences. For example, for student groups who enjoy interactive learning, interactive activities such as group discussions and role-playing can be added; For students who enjoy self-directed learning, more online learning resources and self-study guidance can be provided. Secondly, in response to the learning difficulties of students, the depth and breadth of teaching content can be adjusted to provide more targeted explanations and exercises. Finally, personalized learning plans and recommended resources can be developed based on the learning progress and effectiveness of students, achieving personalized teaching.

To elaborate on how data mining works – you may want to create a sub-sction on data mining itself Data mining techniques can also help improve the teaching methods of C-STEAM courses. By analyzing student learning data, it is possible to identify which teaching methods are more effective and which ones need improvement. For example, using classification algorithms can predict students' acceptance of different teaching methods; Time series analysis of teaching methods on student learning outcomes. Based on these analysis results, teaching strategies can be adjusted and more targeted and effective teaching methods can be adopted to enhance students' learning interest and effectiveness. Traditional evaluation methods often focus on the level of knowledge mastery of students, while neglecting the evaluation of their abilities, qualities, and attitudes. Data mining technology provides the possibility of innovative evaluation methods. By analyzing student learning data, non-traditional evaluation indicators such as comprehensive ability, innovative thinking, and practical ability can be evaluated. For example, using text mining techniques can analyze students' homework and works, evaluate their innovative thinking and expression abilities (Moghadasi et al. 2021); Social network analysis can be used to evaluate students' teamwork and leadership abilities. These non-traditional evaluation indicators can more comprehensively, providing new perspectives and methods for C-STEAM course evaluation.

2. Related Work

Data Mining was the first research to start with Knowledge Discovery in Database (KDD), and the term KDD was first proposed at the International Conference on Artificial Intelligence in 1989. Prior to this, the US government had already used analytical methods in data mining, such as predictive models and bias detection, for census and military purposes. The research in the field of data mining in China mainly focuses on the algorithms and practical applications of data mining, and has achieved certain results in the research of data mining software. Although China's research system in this field is not yet mature, relevant departments have encouraged and funded many projects related to data mining. Such as the 13th Five Year Plan for the development of the big data industry. It can be seen that data mining has enormous potential in the market in China.

In recent years, data mining has been widely used in industries such as retail, healthcare, and finance, relying on corresponding tools (Kargbo et al. 2023). The application of data mining technology in the education industry has gradually developed, mainly including teaching evaluation, academic management, student information management, personalized recommendation, online learning, and other aspects (Qian et al. 2022). Through literature review, the data mining technology in C-STEAM course teaching includes school enrollment, student performance analysis, teaching quality evaluation, employment guidance, etc. The application of data mining in school enrollment mainly involves identifying factors that affect admission results, dividing enrollment quotas, researching enrollment quality, and registering for enrollment. The main approach is to use statistical analysis methods to analyze the quality of college self proclaimed test papers, then use decision tree algorithms to analyze the quality of student sources and select subjects for the initial exam. Finally, use association rule analysis to identify factors that affect the admission of candidates and analyze the quality of recruitment from multiple perspectives. Using the improved AprioriTid algorithm, analyze the relationship between student grades and their basic information, college entrance examination scores, interest in courses, and teacher information, identify the main factors that affect grades, enable school leaders and teachers to promptly identify problems, improve C-STEAM course teaching, and promote the improvement of teaching effectiveness and efficiency. Using clustering methods to reclassify the grades of the four modules of a certain course, then using association rule algorithms to find the relationship between the department category, the scores of each question, and the total score (Lu et al. 2023).

Although these studies have demonstrated the potential of data mining techniques in analyzing C-STEAM course grades, there are still some research gaps. Firstly, existing research mostly focuses on specific courses or datasets, lacking comprehensive analysis across courses and datasets. Secondly, there is relatively little research on how to integrate various factors such as student basic information, learning interests, and teacher teaching methods to more comprehensively explain student performance differences. Finally, although there have been some studies on the application of association rules and decision tree algorithms, there is still insufficient research on how to integrate

these data mining techniques more closely with practical teaching scenarios to more effectively guide teaching practices. Therefore, this study aims to fill these research gaps by comprehensively utilizing various data mining techniques to conduct a more in-depth and comprehensive analysis of C-STEAM course grades. This study will not only focus on specific courses or datasets, but also attempt to establish analytical models across courses and datasets, in order to discover more universal and generalizable teaching patterns.

3. Methodology

3.1. Technical Model Construction of Data Mining Algorithm

Data mining algorithms have demonstrated their powerful computing power, capable of deriving massive computational result networks from an initial point, which is their most significant computational feature. Alam et al. conducted an in-depth analysis of this in their 2021 study (Kusak et al. 2021). It is worth noting that each node in the algorithm carries a unique computational mission, processing data in their own unique way and completing the transformation from input to output (Alam et al. 2021). As the algorithm progresses, data flows between nodes and is continuously subdivided and reorganized, forming multiple branch paths. This process not only reflects the complexity and depth of data mining, but also requires algorithm designers to carefully plan the computational logic of each node to ensure that data can flow along the expected path and meet specific computational requirements. Hong et al. elaborated on this dynamic branching process in their 2020 study (Hong et al. 2020). Clear analysis can be performed through the model.

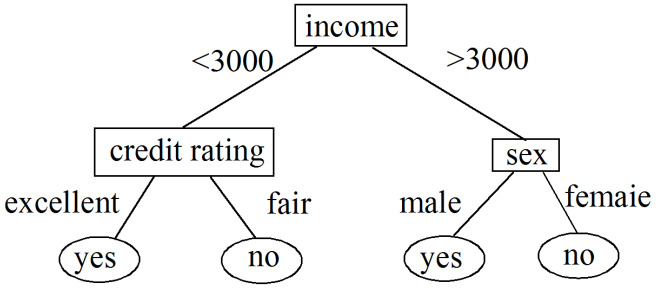


Figure 1 – Decision Tree Algorithm Calculation Model

As the algorithm progresses, testing the root node attributes and partitioning the dataset based on them becomes crucial. During this process, if the data within a node all point to the same classification result after training, the algorithm will intelligently identify and directly generate leaf nodes, label the corresponding attribute categories, and terminate further partitioning of the node (Meng et al. 2023). This process not only optimizes the efficiency of the algorithm, but also ensures the accuracy of classification. For newly generated non leaf nodes, the algorithm will continue to follow established selection

criteria, explore and apply the best partitioning scheme. This selection process aims to ensure that the testing of the current node can accurately separate subsets of data with different attributes, and generate corresponding child nodes (Haochang, 2021). At the same time, clear partition output labels will be established between parent and child nodes to ensure consistency and traceability of data during the partitioning process.

The above partitioning process will be recursively applied to each child node until all non leaf nodes are successfully transformed into leaf nodes, forming a complete decision tree or similar structure. This recursive loop construction algorithm plays a crucial role in the field of data mining. Its well-defined calculation steps not only improve the accuracy of data processing, but also promote effective knowledge extraction. However, it is worth noting that algorithms often need to undergo a pruning process after completion of construction to optimize their performance and reduce the risk of overfitting. This process mainly deals with two types of data: one is data with high fitting degree, which may cause the model to perform well on the training set but have poor generalization ability on new data; The second is the erroneous data generated during the calculation process. Although these data should be corrected theoretically, in practical operation, they are often directly deleted due to the high cost and limited effectiveness of modification. As shown in Table 1.

Attribute selection metrics	Disadvantages	The algorithm used
Information gain	Usually choose to have more value attributes	ID3
Information gain rate	With the constant recursive division of the gain rate will become unstable	C4.5
GINI index	Consider the binary partitioning of each attribute	CART

Table 1 - The attribute of genetic algorithm Metric in this paper

The algorithm path designed serves as a bridge between algorithm theory and practical applications, and its analysis and calculation process are crucial. It requires us to carefully plan each calculation step and decision logic based on clear algorithm logic, combined with specific data characteristics and target requirements. In this process, the fitness evaluation of individuals by algorithms has become a key indicator for measuring the performance and effectiveness of algorithms.

$$fitness_i = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} \frac{|Best_i - Current_i|}{Best_i}} \tag{1}$$

The range of its variation is determined for each parameter, represented by a, which has a range of variation $[a_{min}, \ a_{max}]$, the m-bit binary b is used to indicate:

$$a = a_{\min} + \frac{b}{2^m - 1}(a_{\max}, a_{\min}) \tag{2}$$

By systematically sorting and mastering the intersection of data mining algorithms, we can better understand the commonalities and differences between different

algorithms, laying a solid foundation for subsequent algorithm selection and fusion. In this process, a deep understanding and flexible application of algorithm principles are crucial, as they determine whether the algorithm can achieve optimal performance in specific scenarios. Next, maintaining a certain probability of mutation becomes a major highlight in the algorithm optimization process. This strategy not only embodies the essence of evolutionary computing, but also endows data mining algorithms with stronger adaptability and innovation capabilities. Through random mutation, algorithms can explore more extensively in the solution space, thereby increasing the likelihood of discovering better solutions. When designing algorithm paths, we need to comprehensively consider various factors such as data characteristics, task requirements, and computing resources to ensure that the algorithm can run efficiently and meet the accuracy and efficiency requirements in practical applications. In this process, precise planning and adjustment of the algorithm path are equally indispensable, as they directly affect the final computational performance and performance of the algorithm.

4. Survey Results and Analysis

Students are increasingly interested in Mixly graphical programming and intelligent hardware such as Arduino. They are enthusiastic about hands-on practice and have a certain foundation in 3D design and programming. In response to this characteristic, combined with students' mathematical foundation (basic probability and statistical knowledge), this article can use data mining techniques to optimize the teaching design of the C-STEAM maker course, to meet the students' zone of proximal development, and guide them to try and explore problems.

Data cleaning: Firstly, clean the collected questionnaire data to eliminate invalid questionnaires, such as short filling time or continuous selection of the same option. Data coding: Encode the options in the questionnaire for subsequent data analysis. Descriptive statistical analysis: Use SPSS statistical software to conduct descriptive statistical analysis on questionnaire data, and understand the basic situation of students in various dimensions. Reliability and validity testing of the questionnaire: After reliability statistical analysis using SPSS software, the Cronbach coefficient of the questionnaire is 0.842, indicating that the questionnaire data has high reliability. This means that the design and implementation process of the questionnaire is reliable, and the collected data can be used for subsequent analysis and research.

4.1. Questionnaire Design and Implementation

In order to gain a deeper understanding of the needs and interests of junior high school students in the C-STEAM maker course, this study adopted a questionnaire survey method. The questionnaire design referred to existing research and was modified and supplemented in conjunction with the objectives of this study. The questionnaire mainly revolves around the following dimensions: students' understanding and participation in the C-STEAM maker course; students are asked about their understanding of C-STEAM and maker education, as well as their previous participation experience. The main purpose of distributing this questionnaire is to gain a deeper understanding and

evaluate students' understanding and participation in the C-STEAM maker course. By collecting students' understanding of C-STEAM and maker education, as well as their previous participation experiences, researchers can obtain first-hand data and feedback, thereby more accurately grasping students' cognitive level and practical experience in this field. These data have important reference value for optimizing the content design of C-STEAM courses, improving teaching quality, and promoting the development of maker education. Student interest in Mixly graphical programming and Arduino intelligent hardware: Assess student familiarity and level of interest in these technologies. Understand the learning styles of students in C-STEAM courses, such as hands-on practice, collaborative learning, or self-directed learning. Since this research may involve projects related to traditional culture (such as Lingnan Loong Boat Culture), students' interest in traditional culture was also investigated. Ask students if they are willing to participate in C-STEAM maker courses based on Mixly and Arduino, and understand their expectations and suggestions. The questionnaire is distributed through the QuestionStar platform, covering students in the first, second, and third grades of junior high school. Starting from the second week of school, a total of 279 valid questionnaires were collected, with an effective rate of 97.89%. As shown in Table 2:

Cronbach α coefficient	Number of sample	Size items
0.842	279	16

Table 2 – Questionnaire reliability analysis

The results of this inspection show that the KMO value is as high as 0.834, which far exceeds the widely recognized excellent standard (i.e. KMO value greater than 0.8). A high KMO value not only indicates a strong correlation between the various items in the questionnaire, providing a solid foundation for subsequent factor analysis, but also suggests that the collected data is structurally well suited for information extraction and dimensionality reduction, thereby enhancing the accuracy and interpretability of the analysis results. Furthermore, by considering the variance explained rate, we found that after factor rotation, the cumulative variance explained rate reached 61.717%, which significantly exceeded the baseline of 50%. This result indicates that most of the information in the questionnaire has been effectively extracted and summarized. Factor analysis not only successfully captured the main sources of variation in the data, but also ensured the comprehensiveness and representativeness of the analysis results.

It is particularly noteworthy that Table 3 provides us with more specific and in-depth information as a detailed presentation of the validity analysis of the student questionnaire. This table not only displays the statistical results of various indicators, but may also contain key information such as factor loadings and commonalities, which together constitute a comprehensive evaluation of the content validity and structural validity of student questionnaires. Through the analysis in Table 3, we can gain a clearer understanding of whether the questionnaire design is aligned with the research objectives and whether each item truly reflects the key concepts required for the study.

KMO Value		0.734
Bartlett sphericity test	Approximate chi square	1234.5
	df	114
	P-value	0.000

Table 3 – Validity Analysis of Student Questionnaire

When formulating the C-STEAM teaching model, in order to maximize teaching effectiveness, this article must closely combine the actual situation and learning characteristics of students, and fully consider the limitations of teaching resources and teacher abilities. During this process, data mining techniques can provide strong support for this article, helping it to more accurately understand students' learning needs, preferences, and potential learning difficulties. Firstly, through data mining techniques, this article can conduct in-depth analysis of student learning data, including their learning behavior, learning outcomes, interest preferences, etc. These data can help this article identify the learning characteristics of students, such as which learning methods they prefer (such as cooperative learning, personal research, or task-based learning), and in which areas they have learning difficulties. In this way, this article can adjust the use of teaching resources based on feedback from data to ensure their maximum utilization. Meanwhile, data mining also helps evaluate the teaching ability and effectiveness of teachers in this article. By collecting and analyzing teaching data from teachers, such as student classroom participation, homework completion, exam scores, etc., this article can understand whether the teaching methods of teachers are effective and which methods are more popular among students. In this way, this article can provide targeted training and support for teachers to help them improve their teaching abilities.

4.2. Data Mining Technology Optimization C-STEAM Course Optimization

By applying data mining techniques to optimize the design of C-STEAM course content, this article has obtained a series of valuable findings and made targeted adjustments to the course content based on them. The following is a detailed discussion of the results of data mining and corresponding data tables.

By mining the learning behavior data of learners on the C-STEAM course platform, this article found significant differences in the preferences and learning paths of different learners in course content. The specific data is shown in Table 4.

Learner group	Preferred course content	Average learning time (minutes)	Completion rate of courses
Group A	Programming and Mathematics	120	85%
Group B	Art and Design	90	70%
Group C	scientific experiment	105	80%

Table 4 – Differences in course content preferences and learning paths among different learners

From the data, it can be seen that different groups of learners have different preferences for C-STEAM course content. Therefore, in the design of course content, more emphasis should be placed on diversity and personalization to meet the needs of different learners. Through data mining on the test scores of learners after the course ends, this article finds a certain correlation between course content and learner grades. The specific data is shown in Table 5.

Course Content Module	Average test score (out of 100)
Fundamentals of Programming	85
Mathematical thinking	78
Art creation	65
Scientific experiment	80
Engineering design	70

Table 5 - Course Content and Learner Grades

4.3. Discussion

The data shows that learners of programming fundamentals and scientific experimental modules have higher average test scores, while those of art creation and engineering design modules have relatively lower scores. This indicates that there may be an imbalance in the difficulty and teaching effectiveness of the course content. Therefore, it is recommended to further optimize and adjust the art creation and engineering design modules to improve the overall teaching effectiveness.

Based on the above data mining results, this article proposes the following optimization suggestions for course content: 1). Add more diverse course content options based on the preferences of different groups of learners. 2). Strengthen the teaching resources and methods for art creation and engineering design modules, and improve the teaching effectiveness of these two modules. 3). Introduce more interdisciplinary comprehensive practical activities to promote the comprehensive development of learners in various fields of C-STEAM. The basis for these optimization suggestions mainly comes from the results of data mining. The data mining results show that different learning groups have different preferences for C-STEAM course content. This indicates that the needs and interests of learners are diverse. In order to meet the needs of different learners, improve the attractiveness and applicability of the course, it is necessary to add diverse course content options. The data may reveal that the teaching effectiveness of art creation and engineering design modules is relatively low, or there are significant differences in the learning paths and preferences of learners in these two modules. In order to improve the teaching effectiveness of these two modules and ensure that learners can have a better learning experience, it is necessary to strengthen relevant teaching resources and methods. Data mining may find that interdisciplinary comprehensive practical activities have a positive effect on promoting the comprehensive development of learners in various fields of C-STEAM. In summary, through the application of data mining technology, this article can more scientifically analyze and optimize the content design of C-STEAM courses, thereby improving teaching quality and learning effectiveness.

There must be a discussion section (or if not in a separate section) in which the findings of this study is compared with past studies.

5. Conclusion

This study aims to use data mining techniques to optimize the content design of C-STEAM courses, to improve teaching quality and learner learning outcomes. Through in-depth data analysis and mining, we have drawn a series of valuable research conclusions. Firstly, data mining techniques provide a scientific basis for the design of C-STEAM course content. By mining the learning behavior data of learners on the course platform, we can clearly understand the course content preferences and learning path differences of different groups of learners. This discovery emphasizes the need for curriculum content design to focus more on diversity and personalization to meet the unique needs of different learners. Secondly, data mining techniques helped us evaluate the teaching effectiveness of C-STEAM course content. Through data mining on the test scores of learners after the course, we found a certain correlation between course content and learner grades. The average test scores of learners in certain course content modules are higher, while others are relatively lower. This discovery provides us with a clear direction for optimizing course content, which requires strengthening the improvement and adjustment of course modules with poor teaching effectiveness. Finally, based on the results of data mining, we propose a series of specific suggestions for optimizing course content. These suggestions include adding more diverse course content options tailored to the preferences of different learner groups, strengthening teaching resources and methods for course modules with poor teaching effectiveness, and introducing more interdisciplinary comprehensive practical activities to promote the comprehensive development of learners in various fields of C-STEAM.

Reference

Alam, T. M., Shaukat, K., Hameed, I. A., Khan, W. A., Sarwar, M. U., Iqbal, F., & Luo, S. (2021). A novel framework for prognostic factors identification of malignant mesothelioma through association rule mining. Biomedical Signal Processing and Control, 68, 102726.

Hong, J., Tamakloe, R., & Park, D. (2020). Application of association rules mining algorithm for hazardous materials transportation crashes on expressway. Accident Analysis & Prevention, 142, 105497.

Haoxiang, W., & Smys, S. (2021). Big data analysis and perturbation using data mining algorithm. Journal of Soft Computing Paradigm (JSCP), 3(01), 19-28.

Kargbo H O, Zhang J, Phan A N. (2023). Robust modelling development for optimisation of hydrogen production from biomass gasification process using bootstrap aggregated neural network. International Journal of Hydrogen Energy, 48(29), 10812-10828.

Kusak, L., Unel, F. B., Alptekin, A., Celik, M. O., & Yakar, M. (2021). Apriori association rule and K-means clustering algorithms for interpretation of pre-event landslide areas and landslide inventory mapping. Open Geosciences, 13(1), 1226-1244.

Lu, X., Abd Razak, H., Noh, L. M. B. M., & Liu, H. (2023). The Application of Landscape Painting in Landscape Design Based on Association Rules Algorithm. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (E62), 509-522.

Meng, G., De Costa, F., & Kasimon, D. (2023). The Application of Data Mining in Predicting the Total Box Office of Chinese Kungfu Movies. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (E62), 450-456.

Moghadasi, M., Ozgoli, H. A., & Farhani, F. (2021). A machine learning□based operational control framework for reducing energy consumption of an amine□ based gas sweetening process. International Journal of Energy Research, 45(1), 1055-1068.

Critérios Editoriais

A RISTI (Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação) é um periódico científico, que foca a investigação e a aplicação prática inovadora no domínio dos sistemas e tecnologias de informação.

O Conselho Editorial da RISTI incentiva potenciais autores a submeterem artigos originais e inovadores para avaliação pelo Conselho Científico.

A submissão de artigos para publicação na RISTI deve realizar-se de acordo com as chamadas de artigos e as instruções e normas disponibilizadas no sítio Web da revista (http://www.risti.xyz).

Todos os artigos submetidos são avaliados por um conjunto de membros do Conselho Científico, não inferior a três elementos.

Em cada número da revista são publicados entre cinco a oito dos melhores artigos submetidos.

Criterios Editoriales

La RISTI (Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información) es un periódico científico, centrado en la investigación y en la aplicación práctica innovadora en el dominio de los sistemas y tecnologías de la información.

El Consejo Editorial de la RISTI incentiva autores potenciales a enviar sus artículos originales e innovadores para evaluación por el Consejo Científico.

Lo envío de artículos para publicación en la RISTI debe hacerse de conformidad con las llamadas de los artículos y las instrucciones y normas establecidas en el sitio Web de la revista (http://www.risti.xyz).

Todos los trabajos enviados son evaluados por un número de miembros del Consejo Científico de no menos de tres elementos.

En cada número de la revista se publican cinco a ocho de los mejores artículos enviados.

Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies
©RISTI 2024 http://www.risti.xyz

