

E-learning and Internet of Things: a landscape of educational trends

Hugo Ernesto Martínez Ardila¹; Sara Juliana Anaya Chaparro²; Ángela María Castro Rodríguez³

^{1,2}Universidad Industrial de Santander, Colombia, hemarti@uis.edu.co, sara2248072@correo.uis.edu.co

³Agencia de Desarrollo Tecnológico REDDI, Colombia, acastro@reddicolombia.com

Abstract– E-learning has emerged as a transformative paradigm in modern education, with substantial potential for integrating various advanced technologies. Among these, the Internet of Things (IoT) holds a particularly significant role in enhancing educational processes through real-time data collection, connectivity, and interactivity. This study conducts a bibliometric analysis of publications on e-learning and IoT from the Web of Science database, spanning 2002 to 2023, to map the evolution of research and identify key trends at the intersection of these fields. The study employs analytical techniques such as publication distribution, authorship and source analysis, keyword exploration, and strategic knowledge mapping. Results reveal a growing publication trend. Open-access journals of high quality and impact dominate the field, with leading contributions from countries like China and Saudi Arabia, which also exhibit strong research collaboration. Emerging themes, including smart learning and smart education, highlight the convergence of diverse technologies and interdisciplinary knowledge domains. Key trends focus on security, privacy, citizen science, licensing, and multi-technology integration and convergence. The findings suggest that future research should prioritize applied and experiential methodologies over purely theoretical frameworks, facilitating practical advancements in e-learning supported by IoT.

Keywords– e-learning, Internet of Things, bibliometrics, keyword analysis, scientific cooperation.

E-learning e Internet de las Cosas: un panorama de tendencias educativas

Hugo Ernesto Martínez Ardila¹; Sara Juliana Anaya Chaparro²; Ángela María Castro Rodríguez³

^{1,2}Universidad Industrial de Santander, Colombia, hemarti@uis.edu.co, sara2248072@correo.uis.edu.co

³Agencia de Desarrollo Tecnológico REDDI, Colombia, acastro@reddicolombia.com

Resumen— *E-learning se ha convertido en un paradigma transformador en la educación moderna, con un potencial sustancial para integrar diversas tecnologías avanzadas. Entre estas, el Internet de las cosas (IoT) tiene un papel particularmente importante en la mejora de los procesos educativos a través de la recopilación de datos en tiempo real, la conectividad y la interactividad. Este estudio realiza un análisis bibliométrico de las publicaciones sobre e-learning e IoT de la base de datos Web of Science, que abarca desde 2002 hasta 2023, para mapear la evolución de la investigación e identificar las tendencias clave en la intersección de estos campos. El estudio emplea técnicas analíticas como la distribución de publicaciones, la autoría y el análisis de fuentes y la exploración de palabras clave. Los resultados revelan una tendencia creciente de las publicaciones. Las revistas de acceso abierto de alta calidad e impacto dominan el campo, con contribuciones principalmente de países como China y Arabia Saudita, quienes también exhiben una fuerte colaboración en investigación. Los temas emergentes, como el aprendizaje inteligente y la educación inteligente, ponen de relieve la convergencia de diversas tecnologías y dominios de conocimiento interdisciplinarios. Los hallazgos sugieren que la investigación futura debería priorizar las metodologías aplicadas y experienciales sobre los marcos puramente teóricos, facilitando los avances prácticos en el e-learning respaldado por IoT.*

Palabras clave— *e-learning, Internet de las cosas, bibliometría, análisis de palabras clave, cooperación científica.*

I. INTRODUCCIÓN

El e-learning se ha convertido en una piedra angular de la educación moderna, especialmente destacada por la pandemia de COVID-19, que obligó a pasar de la enseñanza presencial tradicional a las plataformas en línea. Esta transición reveló desafíos críticos, incluidos los obstáculos tecnológicos y de infraestructura, como la conectividad inadecuada y el acceso limitado a los dispositivos [1], [2].

La integración del e-learning y la tecnología avanzada ha atraído cada vez más atención, particularmente con el cambio global hacia estrategias como los entornos de aprendizaje virtuales. Los investigadores han demostrado que las tecnologías usadas en el e-learning mejoran significativamente los procesos de enseñanza y aprendizaje al ofrecer experiencias inmersivas e interactivas adaptadas a las necesidades individuales [3], [4]. Entre estas tecnologías, el Internet de las Cosas (IoT) es prometedor cuando se integra con estrategias de e-learning.

IoT representa un paradigma de red en el que una multitud de dispositivos y sensores interconectados, u "objetos inteligentes", intercambian datos para respaldar diversas aplicaciones [5]. Sin embargo, la gestión de los grandes

volúmenes de datos generados por los dispositivos IoT sigue siendo un reto crítico, lo que requiere sistemas de gestión eficaces para optimizar el rendimiento y gestionar la escala y la volatilidad de los datos de IoT [6], [7].

El e-learning, que aprovecha las tecnologías electrónicas para impartir educación más allá del aula tradicional, ha ganado protagonismo debido a los avances en Internet y las tecnologías de las comunicaciones, incluido el IoT [8]. La adopción de tecnologías de e-learning influye en el aprendizaje organizacional y en los resultados de los estudiantes al mejorar la satisfacción y el compromiso [9].

Sin embargo, la implementación de sistemas de e-learning e IoT presenta varios desafíos, incluidas las limitaciones de la infraestructura de TIC, la necesidad de competencias técnicas y los panoramas tecnológicos en rápida evolución [10], [11]. Además, un cambio hacia el e-learning requiere un cambio cultural dentro de las instituciones educativas, lo que requiere que los educadores y los estudiantes adopten nuevos enfoques pedagógicos y tecnologías [12]. Comprender las tendencias, las colaboraciones y los desarrollos estratégicos en el aprendizaje electrónico y la investigación de IoT es crucial para abordar estos desafíos, y el análisis bibliométrico proporciona una herramienta valiosa para lograrlo.

Aunque se han llevado a cabo análisis bibliométricos para el e-learning y el IoT por separado, su exploración combinada sigue siendo limitada. Este estudio aborda la brecha explorando los campos combinados de e-learning e IoT. El artículo está organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se describe la metodología, en la sección 3 se presentan los resultados, en la sección 4 se discuten los hallazgos y en la sección 5 se concluye el estudio.

II. METODOLOGÍA

El análisis bibliométrico es un método cuantitativo utilizado para identificar las tendencias de investigación, las estructuras temáticas y fronteras del conocimiento dentro de un dominio específico [13]. Además, los métodos bibliométricos facilitan la comprensión de las dinámicas colaborativas a varios niveles, destacando la interconexión de los esfuerzos de investigación [14].

A. Recolección de datos

Este estudio recopiló artículos de investigación y artículos de revisión publicados en la base de datos Web of Science (WoS) entre 2001 y 2023. Se recuperaron un total de 124 documentos utilizando una ecuación de búsqueda que

incorporó palabras clave como "Internet de las cosas" y "e-learning", así como sus sinónimos (por ejemplo, "IoT" y "elearning").

La base de datos Web of Science fue seleccionada por su amplia cobertura multidisciplinaria y su capacidad para facilitar revisiones exhaustivas de la literatura y análisis bibliométricos [15]. Los estudios han demostrado que WoS ofrece un marco más fiable para evaluar el impacto de la investigación en comparación con otras plataformas de indexación [16]. Para mantener la estandarización, solo se incluyeron artículos revisados por pares y artículos de revisión escritos en inglés. El conjunto de datos final comprendió 124 documentos.

B. Análisis de datos

El conjunto de datos bibliográficos se analizó con el programa Bibliometrix [17], un software de código abierto disponible en RStudio [18]. El análisis en este estudio se dividió en dos componentes principales: análisis general y análisis de palabras clave.

El análisis general se centró en comprender el comportamiento de las publicaciones en relación con el e-learning y el IoT. Entre las métricas clave se incluyeron las tendencias de publicación, la relevancia de las fuentes, los patrones de autoría, la contribución de los países y el análisis de citas.

El análisis de palabras clave comenzó con la identificación de los términos más frecuentes en los documentos recopilados, destacando los temas centrales de la investigación. A continuación, se llevó a cabo un análisis de co-ocurrencia de palabras clave para explorar la estructura del conocimiento en el campo, identificando los clústeres y las relaciones entre las palabras clave. Este análisis proporcionó información sobre las redes temáticas y la estructura de la investigación [19], [20].

III. RESULTADOS

A. Análisis general

La Figura 1 ilustra las tendencias anuales de publicación de artículos que abordan la investigación del e-learning y el Internet de las Cosas (IoT). Se observa un aumento significativo de las publicaciones a partir de 2016, con un pico de 46 documentos en 2022. Aunque se publicaron algunos documentos en 2001, es evidente una brecha de publicación prolongada que abarca 12 años (2002-2013). Este crecimiento corresponde a una tasa de incremento anual del 12,37%, concentrándose la mayoría de las publicaciones en los últimos tres años (2021-2023). El reciente aumento de las publicaciones puede atribuirse al creciente reconocimiento del potencial entre IoT y e-learning, especialmente en respuesta a desafíos globales como la pandemia de COVID-19.

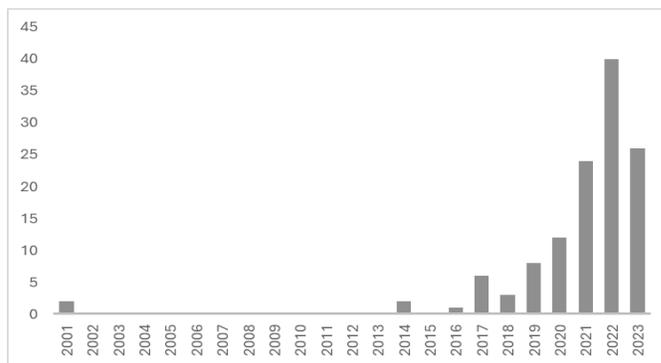


Figura 1 Comportamiento de las publicaciones por año.

En la Tabla 1 se destacan las revistas más destacadas que aportan al menos dos publicaciones a la investigación en e-learning e Internet de las Cosas (IoT). La revista Sustainability lidera con el mayor número de publicaciones, seguida de IEEE Access y Applied Sciences. Además, se incorporó al análisis el índice h, una métrica que evalúa tanto la productividad como el impacto de las citas [21], [22]. Por ejemplo, la revista Sensors, con solo tres publicaciones, muestra el índice h más alto (245), lo que indica su influencia significativa y su impacto en las citas.

Tabla 1 Top de las fuentes de publicación más importantes con 2 o más publicaciones.

| Nombre de la fuente | Número de publicaciones | Índice-h |
|--|-------------------------|----------|
| Sustainability | 7 | 169 |
| IEEE Access | 6 | 242 |
| Applied Sciences | 4 | 130 |
| Computer Applications in Engineering Education | 3 | 42 |
| International Journal of Emerging Technologies in Learning | 3 | 46 |
| Mathematics | 3 | 68 |
| Sensors | 3 | 245 |
| Computers Materials & Continua | 2 | 57 |
| Frontiers in Psychology | 2 | 184 |
| IEEE Internet of Things Journal | 2 | 179 |
| IEEE-RITA | 2 | 23 |
| Interactive technology and Smart education | 2 | 34 |
| International Journal of Advance Computer Science and App. | 2 | 47 |
| International Journal of Online and Biomedical Eng. | 2 | 22 |
| Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics | 2 | 26 |
| Social Sciences | 2 | 42 |
| Wireless Personal Communications | 2 | 82 |

En la Tabla 2 se presentan los autores destacados que han publicado tres o más documentos, identificando a los contribuyentes más productivos en términos de volumen de publicaciones.

Tabla 2 Autores más relevantes por documentos publicados

| Author Name | Number of Publications |
|-------------|------------------------|
| Zhang LJ | 4 |
| Arshad M | 3 |
| Cai ZN | 3 |
| Castro M | 3 |
| Chen HL | 3 |
| Chiu PS | 3 |
| Farhan M | 3 |
| Jabbar S | 3 |
| Jin ZL | 3 |
| Plaza P | 3 |
| Wang WZ | 3 |
| Zhao CH | 3 |

En la Figura 2 se presentan los países más productivos en términos de número de artículos publicados en los ámbitos del e-learning y el Internet de las Cosas (IoT). La figura distingue entre las publicaciones de un solo país (SCP), representadas en rojo, y las publicaciones multinacionales (MCP), representadas en verde. China emerge como el país más productivo con 28 publicaciones, seguido de Arabia Saudita (16 publicaciones) y España (7 publicaciones).

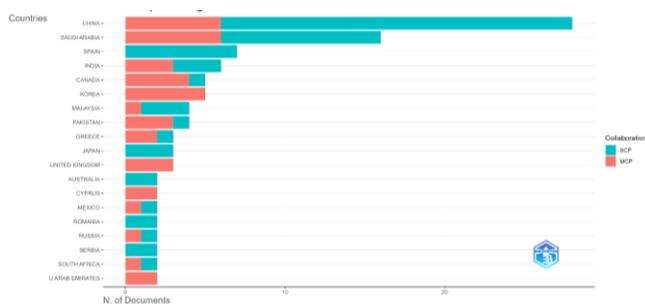


Figura 2 Países más relevantes por número de publicaciones

En la Figura 3 se muestra la red de colaboración a nivel de país, destacando cuatro grupos representados por los colores azul, rojo, verde y morado. El tamaño de cada círculo corresponde al número de artículos o documentos atribuidos a un país determinado, mientras que el ancho de los enlaces entre círculos indica la fuerza de la colaboración entre pares de países. El clúster azul incluye a Arabia Saudita y China, que se encuentran entre los contribuyentes más prolíficos.

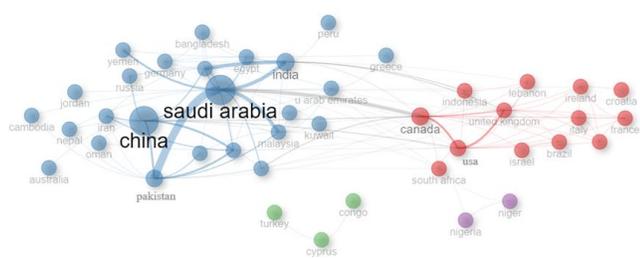


Figura 3 Red de colaboración entre países

El clúster rojo está formado por una tríada de países que colaboran estrechamente: Canadá, Estados Unidos y el Reino Unido. Sudáfrica, que también forma parte de este clúster, actúa como puerta de entrada al clúster púrpura, que incluye a Nigeria y Níger.

El clúster verde, que comprende Turquía, Chipre y el Congo, está aislado de los otros tres clústeres. Esta falta de integración puede reflejar una colaboración limitada con otras regiones o focos de investigación de nicho dentro de los dominios del e-learning y el IoT.

En la Tabla 3 se destacan los 10 artículos o documentos más citados en este estudio, proporcionando detalles como el título y el número de citas recibidas. El artículo más citado, escrito por Turchet et al., (2018), ha obtenido 115 citations. Este estudio introduce el concepto de Internet de las Cosas Musicales (IoMusT).

El segundo artículo más citado, escrito por Mehmood et al., (2017), ha recibido 90 citaciones. Este artículo propone el marco Ubiquitous eTeaching and eLearning (UTiLearn), un sistema personalizado que aprovecha el IoT, big data, la supercomputación y el aprendizaje profundo.

Tabla 3 Los 10 artículos más citados

| Authors | Title | Total citations |
|-----------------------------|---|-----------------|
| (Turchet L et al., 2018) | Internet of Musical Things: Vision and Challenges | 115 |
| (Mehmood et al, 2017) | UTiLearn: A Personalised Ubiquitous Teaching and Learning System for Smart Societies | 90 |
| (Chen XL et al., 2021) | Past, present, and future of smart learning: a topic-based bibliometric analysis | 68 |
| (Farhan M et al., 2018) | IoT-based students interaction framework using attention-scoring assessment in eLearning | 47 |
| (Yousafzai BK et al., 2021) | Student-Performulator: Student Academic Performance Using Hybrid Deep Neural Network | 45 |
| (Tan W et al., 2014) | A Trust Evaluation Model for E-Learning Systems | 36 |
| (Xion F et al., 2022) | SMDS-Net: Model Guided Spectral-Spatial Network for Hyperspectral Image Denoising | 33 |
| (Chiu PS et al., 2020) | Enabling Intelligent Environment by the Design of Emotionally Aware Virtual Assistant: A Case of Smart Campus | 26 |
| (Zhang L et al., 2022) | A Novel Smart Contract Vulnerability Detection Method Based on Information Graph and Ensemble Learning | 26 |
| Zhang L et al., | CBGRU: A Detection Method of Smart Contract Vulnerability Based on a Hybrid Model | 25 |

El tercer artículo más citado, escrito por Chen et al., (2021), ha recibido 68 citaciones. Este estudio emplea un análisis bibliométrico para examinar la evolución de las tendencias de investigación en el aprendizaje inteligente.

la brecha entre los constructos teóricos y las aplicaciones en el mundo real.

El Internet de las Cosas y las áreas de e-learning se beneficiaron del desafío global asociado al COVID-19. La prominencia de "COVID-19" como palabra clave, como se ilustra en la Figura 4, destaca su influencia en el crecimiento de la investigación en IoT y e-learning, particularmente entre 2019 y 2022.

Los resultados indican que, si bien el IoT y el e-learning son temas centrales, están respaldados por otras tecnologías y paradigmas emergentes. Marcos de trabajo como "educación inteligente", "aprendizaje inteligente" y "universidad inteligente" representan la aplicación práctica de estas y otras tecnologías en entornos educativos [26][27], [28].

Otros paradigmas podrían profundizar sobre la inclusión educativa que propone la convergencia de e-learning y IoT. La inclusión educativa busca que estudiantes con diversos antecedentes, como estudiantes con discapacidad o de comunidades marginadas, puedan acceder y beneficiarse de educación de calidad. La adaptación de tecnologías IoT permite la oferta de experiencias de aprendizaje personalizada y sistemas de soporte adaptables [29][30]. Inclusive, estas tecnologías podrían cerrar brechas digitales ya que no solo mejoran la experiencia de aprendizaje, sino que son equalizadores al ofrecer recursos educacionales a un número más amplio de estudiantes independiente de su localización geográfica o restricción socio económica [31][32]. Estas plataformas permitirían a grupos marginados a acceder a contenido de manera remota, sobrepasando barreras de costos y limitada infraestructura [33].

Por lo tanto, e-learning e Internet de las Cosas, aunque entrelazados y complementarios, necesitan de otras áreas, disciplinas y tecnologías para obtener mayores beneficios. Este enfoque multidisciplinario refleja la naturaleza compleja de los desafíos educativos. Este fenómeno es evidente en la diversidad de revistas que publican sobre estos temas; por ejemplo, las revistas de psicología, matemáticas y ciencias sociales contribuyen junto con las centradas en ingeniería y tecnología.

V. CONCLUSIONES

Este estudio realizó un análisis bibliométrico de artículos de la base de datos Web of Science, centrándose en la intersección del e-learning y la Internet de las Cosas (IoT). Los hallazgos confirman que la combinación de e-learning e IoT es un campo emergente, que ha ganado terreno solo en la última década. Si bien los modelos y marcos teóricos han dominado gran parte de la investigación existente, existe una creciente necesidad de enfoques más prácticos y aplicados para traducir estos conceptos en implementaciones del mundo real.

Además, los resultados enfatizan que ni el e-learning ni el IoT operan de manera efectiva de manera aislada. Su integración exitosa a menudo depende del apoyo de otras

tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial, los big data, la computación en la nube y la realidad aumentada. Además, las contribuciones de disciplinas fuera de la esfera tecnológica, incluidas la psicología y las ciencias sociales, son fundamentales para abordar los desafíos multifacéticos de la implementación de estas tecnologías en entornos educativos, especialmente su impacto social en aspectos como la inclusión educativa, la reducción de brechas digitales o el acceso en entornos marginales o de vulnerabilidad.

En general, este estudio mejora la comprensión de las investigaciones pasadas y actuales sobre e-learning e IoT, ofreciendo una base sólida para futuras investigaciones. Al identificar los temas clave y los contribuyentes, el estudio equipa a los responsables de la toma de decisiones y a los investigadores con información procesable para dar forma a la trayectoria de la innovación y la exploración en estos dominios. Las ideas derivadas de este análisis subrayan la importancia de la colaboración interdisciplinaria continua para abordar desafíos educativos complejos y aprovechar el potencial transformador del e-learning y el IoT.

REFERENCIAS

- [1] M. Rota, G. Peveri, M. Fanelli, L. Torelli, M. B. Rocchi, and C. Specchia, "Satisfaction with online teaching of medical statistics during the COVID-19 pandemic: A survey by the Education Committee of the Italian Society of Medical Statistics and Clinical Epidemiology," *Teach Stat*, vol. 43, no. 3, pp. 129–139, Sep. 2021, doi: 10.1111/test.12286.
- [2] M. M. Zalat, M. S. Hamed, and S. A. Hobizar, "The experiences, challenges, and acceptance of e-learning as a tool for teaching during the COVID-19 pandemic among university medical staff," *PLoS One*, vol. 16, no. 3, p. e0248758, Mar. 2021, doi: 10.1371/journal.pone.0248758.
- [3] M. Kovtoniuk, O. Kosovets, O. Soia, and L. Tyutyun, "Virtual learning environments: major trends in the use of modern digital technologies in higher education institutions," *Educational Technology Quarterly*, vol. 2022, no. 3, pp. 183–202, Jul. 2022, doi: 10.55056/etq.35.
- [4] M. Nazera, R. Soma, and H. Hobizar, "STUDENTS' PERCEPTION IN LEARNING SPEAKING BY VIRTUAL LEARNING ENVIRONMENT," *JELT (Jambi-English Language Teaching)*, vol. 6, no. 2, pp. 67–73, Oct. 2022, doi: 10.22437/jelt.v6i2.17353.
- [5] M. Abu-Elkheir, M. Hayajneh, and N. Ali, "Data Management for the Internet of Things: Design Primitives and Solution," *Sensors*, vol. 13, no. 11, pp. 15582–15612, Nov. 2013, doi: 10.3390/s131115582.
- [6] Y. Qin, Q. Z. Sheng, N. J. G. Falkner, S. Dustdar, H. Wang, and A. V. Vasilakos, "When things matter: A survey on data-centric internet of things," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 64, pp. 137–153, Apr. 2016, doi: 10.1016/j.jnca.2015.12.016.
- [7] N. Shirvanyan, M. Shams, and A. M. Rahmani, "Internet of Things data management: A systematic literature review, vision, and future trends," *International Journal of Communication Systems*, vol. 35, no. 14, Sep. 2022, doi: 10.1002/dac.5267.
- [8] L. Lau, "A Study of the Effects of E-learning on the Learning Effectiveness of Students," *Journal of Education, Humanities and Social Sciences*, vol. 8, pp. 1961–1968, Feb. 2023, doi: 10.54097/ehss.v8i.4623.
- [9] K. Masood, S. Jabeen, S. Tariq, and F. M. Rubbani, "The Impact of Adoption and Utilization Of E-Learning Technology by Employees on the E-Learning System on Organizational Learning: Mediating Role of Service Quality of the E-Learning System," *Journal of Contemporary Issues in Business and Government*, vol. 27, no. 02, Apr. 2021, doi: 10.47750/cibg.2021.27.02.458.
- [10] D. E. Yawson and F. A. Yamoah, "Understanding satisfaction essentials of E-learning in higher education: A multi-generational cohort

perspective,” *Heliyon*, vol. 6, no. 11, p. e05519, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e05519.

[11] R. N. Kibuku, Prof. D. O. Ochieng, and Prof. A. N. Wausi, “e Learning Challenges Faced by Universities in Kenya: A Literature Review,” *Electronic Journal of e-Learning*, vol. 18, no. 2, Feb. 2020, doi: 10.34190/EJEL.20.18.2.004.

[12] Y. Yuliana, “Analisis Keefektifitasan Pemanfaatan E-Learning Sebagai Media Pembelajaran Pendidikan Agama Islam Pada Masa Pandemi Corona (Covid-19),” *SALAM: Jurnal Sosial dan Budaya Syar-i*, vol. 7, no. 10, pp. 875–894, Sep. 2020, doi: 10.15408/sjsbs.v7i10.17371.

[13] J. Gläser, W. Glänzel, and A. Schamhorst, “Same data—different results? Towards a comparative approach to the identification of thematic structures in science,” *Scientometrics*, vol. 111, no. 2, pp. 981–998, May 2017, doi: 10.1007/s11192-017-2296-z.

[14] L. Zhao et al., “Depicting Developing Trend and Core Knowledge of Primary Open-Angle Glaucoma: A Bibliometric and Visualized Analysis,” *Front Med (Lausanne)*, vol. 9, Jul. 2022, doi: 10.3389/fmed.2022.922527.

[15] C. Birkle, D. A. Pendlebury, J. Schnell, and J. Adams, “Web of Science as a data source for research on scientific and scholarly activity,” *Quantitative Science Studies*, vol. 1, no. 1, pp. 363–376, Feb. 2020, doi: 10.1162/qss_a_00018.

[16] P. Mongeon and A. Paul-Hus, “The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis,” *Scientometrics*, vol. 106, no. 1, pp. 213–228, Jan. 2016, doi: 10.1007/s11192-015-1765-5.

[17] M. Aria and C. Cuccurullo, “bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis,” *J Informetr*, vol. 11, no. 4, pp. 959–975, Nov. 2017, doi: 10.1016/j.joi.2017.08.007.

[18] Rstudio Team, “RStudio: Integrated Development Environment for R,” Boston, MA, 2020.

[19] I. Gorzeń-Mitka, B. Biliska, M. Tomaszewska, and D. Kołożyn-Krajewska, “Mapping the Structure of Food Waste Management Research: A Co-Keyword Analysis,” *Int J Environ Res Public Health*, vol. 17, no. 13, p. 4798, Jul. 2020, doi: 10.3390/ijerph17134798.

[20] U.-P. Nguyen and P. Hallinger, “Assessing the Distinctive Contributions of Simulation & Gaming to the Literature, 1970-2019: A Bibliometric Review,” *Simul Gaming*, vol. 51, no. 6, pp. 744–769, Dec. 2020, doi: 10.1177/1046878120941569.

[21] M. Norris and C. Oppenheim, “The ‘h’ -index: a broad review of a new bibliometric indicator,” *Journal of Documentation*, vol. 66, no. 5, pp. 681–705, Sep. 2010, doi: 10.1108/00220411011066790.

[22] S. L. Boateng, O. K. A. Penu, R. Boateng, J. Budu, J. S. Marfo, and P. Asamoah, “Educational technologies and elementary level education – A bibliometric review of scopus indexed journal articles,” *Heliyon*, vol. 10, no. 7, p. e28101, Apr. 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e28101.

[23] L. Turchet, C. Fischione, G. Essl, D. Keller, and M. Barthet, “Internet of Musical Things: Vision and Challenges,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 61994–62017, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2872625.

[24] R. Mehmood, F. Alam, N. N. Albogami, I. Katib, A. Albeshri, and S. M. Altowajri, “UTiLearn: A Personalised Ubiquitous Teaching and Learning System for Smart Societies,” *IEEE Access*, vol. 5, pp. 2615–2635, 2017, doi: 10.1109/ACCESS.2017.2668840.

[25] X. Chen, D. Zou, H. Xie, and F. L. Wang, “Past, present, and future of smart learning: a topic-based bibliometric analysis,” *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 18, no. 1, p. 2, Jan. 2021, doi: 10.1186/s41239-020-00239-6.

[26] X. Chen, D. Zou, H. Xie, and F. L. Wang, “Past, present, and future of smart learning: a topic based bibliometric analysis,” *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 18, no. 2, pp. 1–29, Jan. 2021.

[27] B. Li, S. C. Kong, and G. Chen, “Development and validation of the smart classroom inventory,” *Smart Learning Environments*, vol. 2, no. 1, p. 3, Dec. 2015, doi: 10.1186/s40561-015-0012-0.

[28] Z. Dai, C. Sun, L. Zhao, and Z. Li, “Assessment of Smart Learning Environments in Higher Educational Institutions: A Study Using AHP-FCE and GA-BP Methods,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 35487–35500, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3062680.

[29] N. U. H. Wani and M. I. Mahdi, “Factors Affecting E-Learning Adoption in Afghanistan: Empirical Evidence from Technical and Vocational Education and Training Authority,” *Kardan Journal of Economics and*

Management Sciences, vol. 4, no. 2, pp. 1–22, Jun. 2021, doi: 10.31841/KJEMS.2021.1.

[30] A. M. Rahmani et al., “E-Learning Development Based on Internet of Things and Blockchain Technology during COVID-19 Pandemic,” *Mathematics*, vol. 9, no. 24, p. 3151, Dec. 2021, doi: 10.3390/math9243151.

[31] J. Li and R. Wang, “Machine Learning Adoption in Educational Institutions: Role of Internet of Things and Digital Educational Platforms,” *Sustainability*, vol. 15, no. 5, p. 4000, Feb. 2023, doi: 10.3390/su15054000.

[32] R. Nurdin, A. Hufad, D. Tarsidi, and I. D. Aprilia, “The Effect of Internet of Things Implementation on Inclusive Practices in High School,” in *Proceedings of the 2nd International Conference on Educational Sciences (ICES 2018)*, Paris, France: Atlantis Press, 2019. doi: 10.2991/ices-18.2019.35.

[33] A. Jazuly, L. A. Yaum, K. Y. Udhiyanasari, and R. Kismawiyati, “INNOVATION OF ADAPTIF TECHNOLOGY BASED ON INTERNET OF THINGS FOR INCLUSIVE STUDENT,” *Logic : Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi*, vol. 22, no. 2, pp. 134–138, Jul. 2022, doi: 10.31940/logic.v22i2.134-138.