



Inteligencia Artificial y fondos museísticos

María Ávila Rodríguez

<https://orcid.org/0000-0001-6822-2660>

Yolanda López López

<https://orcid.org/0000-0003-4516-7843>

Pablo Cisneros Álvarez

<https://orcid.org/0000-0002-4875-9273>

Inmaculada Delage González

<https://orcid.org/0000-0002-2393-1495>

Profesorado Universidad Internacional de la Rioja

Artículo recibido: 16/10/2024. Revisado: 15/12/2025. Aceptado: 03/06/2025

Resumen: La investigación tiene como objetivo principal el profundizar en los usos que se hace de la tecnología con inteligencia artificial en los museos para el conocimiento de sus fondos, su didáctica y su difusión. La metodología ha consistido en la consulta de la literatura científica con alta indexación, publicada en los últimos años, que abordase la temática planteada. Los resultados obtenidos han descubierto que las tecnologías con inteligencia artificial han tenido un desarrollo significativo en los campos estudiados, especialmente a partir de la pandemia. No obstante, todavía quedan muchas posibilidades por explorar, otras por matizar y mejorar, así como no olvidar que el uso de las tecnologías con inteligencia artificial debe responder a la necesidad de facilitar el conocimiento universal de los usuarios a los museos..

Palabras clave: Inteligencia artificial; museos; colección de museos; didáctica; difusión cultural.

Artificial intelligence and museum collections.

Abstract: The main objective of the research is to delve into the uses made of technology with artificial intelligence in museums for the knowledge of their collections, their didactic and their diffusion. The methodology has consisted of consulting highly indexed scientific literature, published in recent years, that addresses the topic raised. The results obtained have discovered that technologies with artificial intelligence have had significant development in the fields studied, especially since the pandemic. However, there are still many possibilities to explore, others to refine and improve, as well as not forgetting that the use of technologies with artificial intelligence must respond to the need to facilitate universal knowledge of users to museums.

Keywords: Artificial intelligence; museums; museum collection; didactics; cultural diffusion.

107



1. Los museos y la tecnología con Inteligencia Artificial

En el ámbito museístico, la IA tiene amplia presencia y diferentes usos. Incluso, hay proyectos que han empleado los museos como lugares idóneos para que el usuario (Weitz et al., 2021) o los estudiantes (Candello et al., 2021) conozcan la IA y sus posibilidades. La IA está cada vez más extendida y los museos tendrán que cambiar sus antiguos procesos para aprovechar su potencial (Zhao et al., 2022).

El patrimonio cultural es vulnerable a los desastres naturales y a los comportamientos antrópicos. Para predecir los valores microclimáticos a corto plazo de la colección del castillo de Rosenborg se aplicaron los modelos NAR (Non-linear Autoregressive) y NARX (Nonlinear Autoregressive with Exogenous) a las series temporales del microclima local (Bile et al., 2022). También habría que citar al sistema CHPC (Cultural Heritage Preservation and Conservation),

que regula automáticamente los parámetros microclimáticos y ayuda al personal del museo a la elección de las salas de exposición adecuadas (Konev et al., 2021); usar la IA para impedir que

los textiles se degraden por las condiciones ambientales y la acción de microorganismos (Ilies et al., 2022) o velar por las colecciones de los museos en edificios históricos (La Russa y Santagati, 2020).

La IA se ha usado para la creación de museos virtuales (Scarano et al., 2019). Estos respaldan la itinerancia virtual inmersiva y el tacto virtual y proporcionan una nueva forma de visitarlos (Zhang y Liu, 2023). Pero otras investigaciones muestran sus ventajas y desventajas en comparación con los museos físicos (Baloian et al., 2021). Tampoco se puede olvidar que la IA ayuda al diseño de los museos inteligentes (Wang, 2021). Junto a lo anterior, está la producción artística [figura 1 en página siguiente]. Teachable Machine crea obras para exhibirse en un futuro museo (Chang et al., 2021).

2. Metodología

2.1. Objetivos de la investigación

El objetivo principal de esta investigación es analizar el uso que los museos hacen en la actualidad de la IA para el conocimiento de sus fondos, la didáctica de sus cole-



Figura 1. Unsupervised, Machine Hallucinations, del Refik Anadol Studio en el MOMA de Nueva York en 2022.

Fuente: <https://refikanadolstudio.com/projects/unsupervised-machine-hallucinations-moma/> (Consultado el 11/10/2024).

ciones y su difusión. Paralelamente, se definen otros cuatro específicos:

- Presentar los principales usos de la IA en los museos.
- Ahondar en la practicidad y validez de la IA en los museos.
- Establecer una discusión entre la aplicación de la IA para nuevos usos museísticos y su diálogo con la concepción tradicional del museo.
- Reflexionar sobre las sinérgicas entre los museos y la IA y su perspectiva futura.

2.2. Método

La metodología seguida ha sido la revisión de la literatura científica que versa sobre los museos y la IA. La consulta de publicaciones ha atendido solo a revistas de impacto desde el 2017 a la actualidad. La base de datos consultada ha sido Web of Science y, especialmente, las publicaciones con el factor de impacto Journal Citation Reports. Para la bús-

queda se usó como término principal la palabra “museum”. Esta se acompañó de dos términos: “AI” y “Artificial Intelligence”.

2.3. Procedimiento y muestra

La búsqueda bibliográfica en Web of Science con los criterios antes indicados dio como resultado las siguientes publicaciones:

- “Museum” + “AI”: 65 referencias.
- “Museum” + “Artificial Intelligence”: 329 referencias.

Sin embargo, tras analizar profundamente los resultados obtenidos, muchos trataban temas muy alejados al planteado en la investigación y otros no se centraban concretamente en la IA para el conocimiento de los fondos museísticos, su didáctica y difusión, a pesar de versar sobre la IA. Tras la criba, el total de trabajos resultantes para esta investigación fueron 64 (un 11.42%).

3. Resultados

3.1. Conocimiento de los fondos museísticos e IA

Uno de los aspectos fundamentales que debe desarrollar un museo es la gestión de sus fondos. El estudio de Kim y Lee (2022) propone un nuevo sistema de archivo de museo que utiliza tecnología de IA para extraer características emocionales y enriquecer la base de datos de archivo. Del mismo modo, se ha puesto la IA al servicio del análisis semántico sensorial de imágenes para desarrollar unas exposiciones más efectivas (Sun y Wang, 2023).

Las bases de datos digitales son un elemento esencial en los museos contemporáneos. La investigación de Bobasheva et al. (2022) se fundamenta en la base de datos Joconde, mantenida por el Ministerio de Cultura francés. Joconde incluye metadatos semánticos que describen las propiedades de las obras de arte y su contenido. La investigación concluye que la retroalimentación entre la IA y el aprendizaje automático proporciona las herramientas para abordar los desafíos del trabajo de los conservadores de museos que describen las obras de arte y buscan las imágenes relevantes.

La aplicación Smart Culture Lens [figura 2] utiliza un sistema de clasificación visual de piezas cerámicas mediante IA. Se recopilaron 19.610 imágenes de 7.346 cerámicas a través de fotografías y páginas web de museos. Finalmente, se entrenaron modelos representativos de detección de objetos, Faster R-CNN y Mask R-CNN en base a un sistema de la clasificación cerámica. En definitiva, el estudio de Yi et al. (2021) posibilitó a las personas explorar obras intuitivamente desde una nueva perspectiva que difiere de los métodos tradicionales.

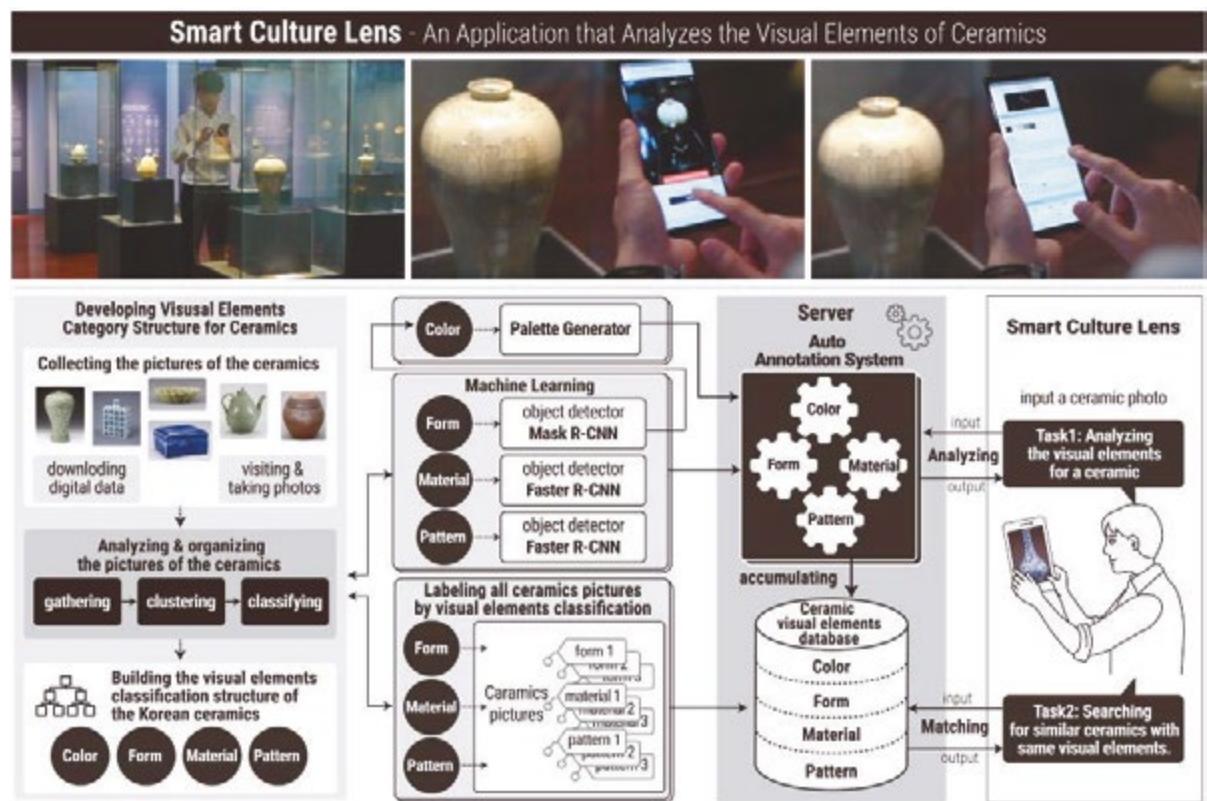


Figura 2. Aplicación Smart Culture Lens. Fuente: Yi et al (2021).

La revolución tecnológica ha cambiado la percepción de las obras. Con la digitalización, las pinturas, que alguna vez fueron óleos sobre lienzo o grandes obras de arte expuestas, se han convertido en meras réplicas de sí mismas y con un código binario asignado. La materialidad del arte se ha transferido a un nuevo mundo digital, más familiar para ser leído por una IA que por humanos. La transmedialidad abre un nuevo concepto de percepción y cambia cómo debe examinarse el arte (Tvrđić, 2022). El aprendizaje automático demuestra sus capacidades y logra resultados excepcionales en tareas de reconocimiento y clasificación de obras en museos.

Del mismo modo, también se ha aplicado la IA para un mejor conocimiento de estatuas antiguas, camaseos, frisos de altar, bajorrelieves, frescos o monedas de la dinastía Julio-Claudia. El estudio de Gusev (2021) utiliza las apps Reface y FaceApp para mejorar su identificación. Descubrieron que Reface tiene una capacidad limitada, pero útil, para restaurar la apariencia aproximada de las narices dañadas en estatuas. Paralelamente, confirmaron identificaciones tradicionales y propusieron correcciones en la atribución de obras de museos y colecciones privadas de todo el mundo.

Para terminar, no se puede olvidar la importancia de las bibliotecas digitales para almacenaje de imágenes de obras de los museos. El estudio de Kalenov et al. (2019) muestra cómo integrar copias digitales, piezas de una biblioteca, archivo y museo representados en forma de textos, imágenes gráficas y objetos de audio/vídeo, incluidos modelos 3D, utilizados en la biblioteca virtual. En la investigación se introduce la ordenación jerárquica con niveles con subtemas que facilitan el conocimiento de las obras.

3.2. Didáctica y difusión de los fondos museísticos e IA

La IA cambió el modo en el que el visitante se acerca a las colecciones (Pisoni et al., 2021) y se está convirtiendo en algo común para las bibliotecas, archivos y museos (Craij, 2021). El potencial de estas posibilidades aún no se ha explorado plenamente, especialmente en el sector del patrimonio cultural, donde las tecnologías inmersivas benefician tanto al usuario como museo (Murphy et al., 2022).

El estudio de Varitmidis et al. (2021) evaluó a los chatbots con IA y su utilización en los museos. El proyecto de Schaffer et al. (2022) desarrolló el prototipo de chatbot, lla-

mado ChiM [figura 3 en página siguiente], basado en IA que permite la interacción conversacional mediante entrada de texto y voz. En este sentido, los visitantes pueden hacer preguntas sobre determinadas obras de arte y recibir respuestas en formatos multimodales (texto, audio, imagen o vídeo). Paralelamente, estudios como el de Gaia et al. (2019) constatan que atraen visitantes.

Los robots cognitivos con IA capaces de interactuar con personas mediante algoritmos. Por ejemplo, un robot humanoide puede ser guía turística en un museo. El estudio de Saggese et al. (2019) presentó un robot llamado MIVIA-Bot, que es capaz de comprender el habla y extraer datos biométricos como la edad, el sexo o el estado emocional. El robot integra la información en un diálogo con un lenguaje natural siendo un excelente guía de museo.

Duguleana et al. (2020) crearon un agente virtual inteligente que interactuó con los usuarios para mejorar la accesibilidad a los fondos del museo Casa Mureșenilor de Brașov (Rumanía). Obtuvo un alto nivel de aceptación entre los visitantes y personal del museo. Del mismo modo, la IA ha desarrollado audioguías automáticas. El proyecto de Vallez et al. (2020) diseñó un dispositivo con auriculares y cámaras que identificaba las obras mediante un terminal computarizado según las preferencias del visitante.

Los sistemas de recomendación (Kovavisaruch y Sanpechuda, 2021; Pavlidis, 2019) desempeñan un papel cada vez más importante. Los museos han puesto mucho empeño en que sea la IA la que conozca las inquietudes o gustos del visitante (Sarkar et al., 2023). La aplicación móvil Smart Search Museum, presentada por Su et al. (2019), conjugaba técnicas de recomendación e IA de vanguardia con buenos resultados de satisfacción. También había que recordar a YOPSEI, un sistema integrado que formula la tarea de recuperación de información de reconocimiento de imágenes (Ionnakis et al., 2019). Un paso mayor da DEGARI 2.0 (Dynamic Emotion Generator And Reclassifier), presentado por Lieto et al. (2023), cuya principal novedad reside en el desarrollo de recomendaciones afectivas obtenidas por la estructura espacial de la rueda de las emociones de Plutchik.

La IA se ha desarrollado en los museos de ciencias con una clara intención didáctica. Ante el problema de exponer materiales físicos sin explicación u orientación, Yannier et al. (2022) proporcionó ayuda a los alumnos para lograr una compren-

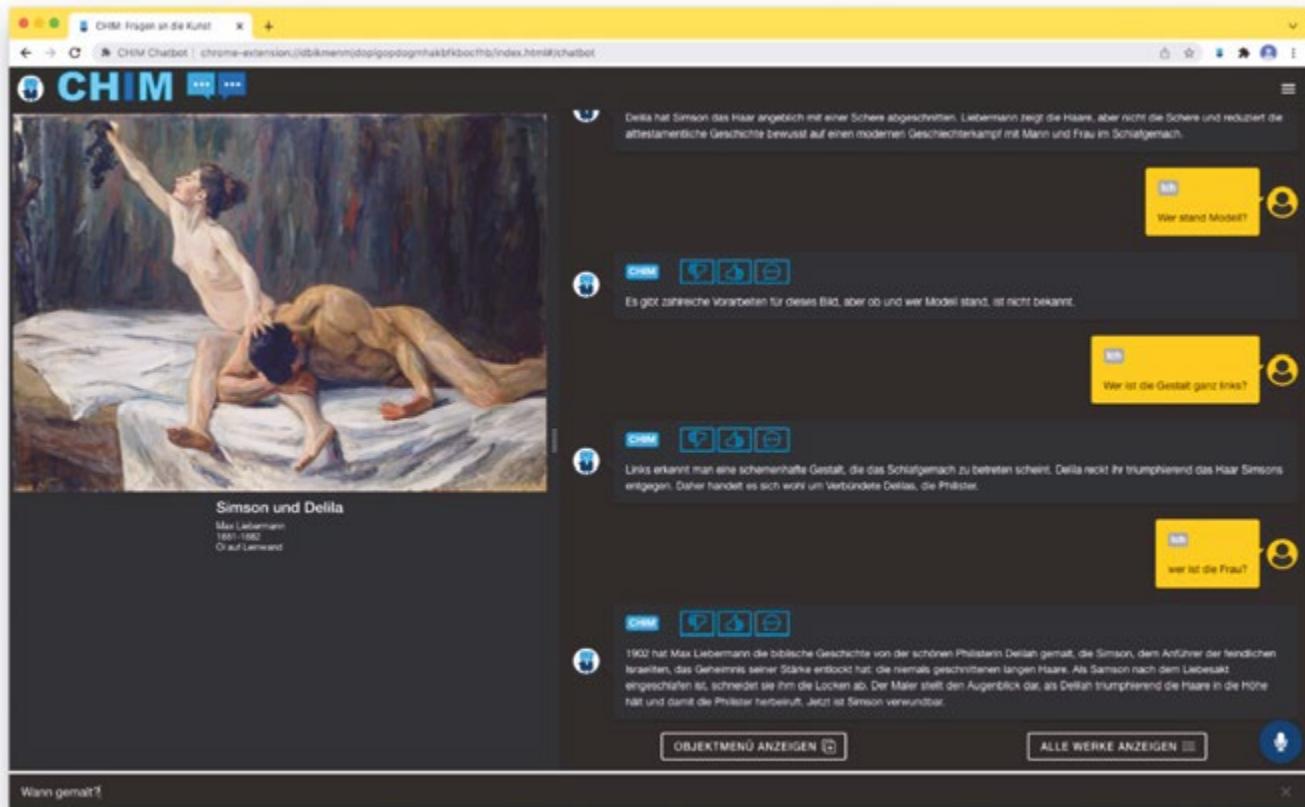


Figura 3. Chatbot ChiM. Fuente: <https://www.lion.de/blog/ki-museum-chim> (consultado el 11/10/2024)

sión científica de cómo funcionan las cosas y explicó el diseño y la construcción de artefactos. Desarrollaron una tecnología innovadora, llamada Intelligent Science Exhibits, que brindaba orientación a los visitantes.

La investigación de Satoh (2019) presentó un sistema educativo que detectaba las ubicaciones de los visitantes. Cuando los visitantes se mueven entre salas de un museo, sus agentes los siguen para anotar las preferencias personalizadas y guiarlos a las siguientes exposiciones en sus rutas. El sistema permitía interactuar con los agentes mediante sus movimientos en lugar de utilizar dispositivos portátiles, ya que el movimiento de los usuarios es uno de los comportamientos más naturales en los museos.

Para la difusión de los fondos museísticos es fundamental la ubicación de las obras en su

exposición. El proyecto ARTYCUL (Tanwar et al., 2021) consistió en utilizar las transmisiones de video de las cámaras de circuito cerrado de televisión con el fin de detectar figuras humanas y sus coordenadas para visualizar la densidad de visitantes alrededor de los elementos concretos de la exposición. La popularidad de ciertas obras ayudará a los conservadores a lograr una organización óptima y conocer la correcta ubicación.

Finalmente, Soccini et al. (2022) buscaron la inclusión de reclusos juveniles. Para responder a su imposibilidad de llegar a los museos, propusieron una versión móvil de un museo en un autobús eléctrico con realidad virtual. Destacable es, igualmente, el proyecto de Corbet et al. (2022) que facilitaba el acceso al arte a personas invidentes a través de Art Beyond Sight.

4. Discusión

La IA ha cambiado la forma de entender las instituciones museísticas. Sin embargo, hay que hacer dialogar sus usos y generar debates. Por ejemplo, algunas de las inercias en el empleo de la IA pueden, incluso, terminar con los museos como los conocemos. Propuestas como las de Chang et al. (2021) buscan la fabricación artística digital y su exhibición en computadora. Otro de los aspectos significativos es el hecho de la desconfianza de los usuarios hacia la IA. Crockett et al. (2020) comparó si había diferencia en la confianza en la IA por el público general y los estudiantes de informática y concluyó que existe una distancia significativa.

En esta investigación se ha profundizado en cómo la IA facilita el acceso a los fondos museísticos. Este camino abre debates. Las tecnologías emergentes, como la IA, se utilizan para sacar a la luz archivos nacidos en formato digital para mejorar el compromiso y la participación del público. El estudio de Tzouganatou (2022) abre el debate planteándose algunas cuestiones: ¿Hasta qué punto deben ser accesibles al público los archivos nacidos en formato digital? ¿Debería todo estar abierto y disponible? ¿Qué se necesita para lograr el equilibrio entre apertura y privacidad a través de iniciativas de la IA? Sobre este último caso, el estudio de Tvrđišić (2022) se plantea si cambiará nuestra perspectiva del arte en el futuro, de modo que la mayoría del arte nuevo y del patrimonio cultural nacional solo existirá en realidad virtual, con un sinfín de originales que podrán replicarse con un solo clic.

A pesar de los interrogantes que surgen en el contexto pospandémico, la mejora de los servicios del patrimonio digital se ha convertido en un factor clave para la recuperación del turismo y proporcionar una importante información práctica para la optimización de la accesibilidad (Jia et al., 2023). La documentación y gestión del patrimonio en la pandemia y su espejo en lo digital son discursos incipientes en la gestión cultural. La adopción entusiasta de una aplicación de IA generativa como ChatGPT por parte del público, en general, y de los académicos, en particular, ha brindado la oportunidad de explorar en qué medida la IA generativa puede conceptualizar un campo emergente del patrimonio cultural que no está bien descrito. A pesar del apasionado recibimiento de ChatGPT, el estudio de Spennemann (2023) concluye que este puede servir como una herramienta de lluvia de ideas, pero que la interpretación reflexiva de un conservador es esencial.

El uso de la visión online de las colecciones de los museos está en una etapa experimental y aumentará próximamente. Esta afirmación deriva de estudios como los de Villaespesa y Murphy (2021) cuyos resultados, tras ahondar en cuatro prestigiosos museos norteamericanos y uno inglés, destacan las posibilidades de la visión *online* por ofrecer nuevas formas de analizar, describir y presentar colecciones. Sin embargo, su implementación real en productos digitales es actualmente muy limitada debido a la falta de recursos y a las imprecisiones creadas por los algoritmos. Queda mucho por hacer, por tanto.

Otro debate paralelo es el del mercado del arte lejos galerías o museos. El metaverso ha nacido como una fuerza democratizadora potencial en el mundo del arte. Sin embargo, existe una visión compartida sobre los beneficios, particularmente para el arte digital, donde la tecnología proporciona una nueva métrica para que los artistas exhiban y vendan sus producciones globalmente con barreras mínimas, y para que los consumidores tengan una libertad ilimitada.

Se plantean, por tanto, muchas preguntas que contestar y retos que asumir en el futuro. No cabe duda que el binomio entre las instituciones museísticas y la IA ha iniciado un camino en el que sus integrantes permanecen indisociables y lanzan unas perspectivas de futuro a través de la combinación de múltiples campos y disciplinas.

Notas

- Este artículo se inserta dentro del Proyecto Pre-competitivo de Investigación “La tecnología y la inteligencia artificial en los museos: su impacto en la transferencia del conocimiento a la sociedad (MUSEOTECH)” (PP-2024-02), financiado por la Universidad Internacional de La Rioja.

Referencias

- BALOIAN, N., BIELLA, D., LUTHER, W., PINO, J. y SACHER, D. (2021). “Designing, Realizing, Running, and Evaluating Virtual Museum-a Survey on Innovative Concepts and Technologies”, *Journal of Universal Computer Science*, 27(12), pp. 1275-1299. <http://dx.doi.org/10.3897/jucs.77153>

- BILE, A., TARI, H., GRINDE, A. y FRASCA, F. (2022). “Novel Model Based on Artificial Neural Networks to Predict Short-Term

Temperature Evolution in Museum Environment”, *Sensors*, 22(2), pp. 615. <http://dx.doi.org/10.3390/s22020615>

BOBASHEVA, A., GANDON, F. y PRECIOSO, F. (2022). “Learning and Reasoning for Cultural Metadata Quality: Coupling Symbolic AI and Machine Learning over a Semantic Web Knowledge Graph to Support Museum Curators in Improving the Quality of Cultural Metadata and Information Retrieval”, *ACM, Journal of Computing and Cultural Heritage*, 15(3), pp. 1-23. <https://doi.org/10.1145/3485844>

CANDELLO, H., PICHILIANI, M. C. y PINHA-NEZ, C. S. (2021). “Teaching Conversational Robots in a Museum Exhibition with Interactive Surfaces”. En: *ISS '21: Companion Proceedings of the 2021 Conference on Interactive Surfaces and Spaces*. New York: Association for Computing Machinery, pp. 41-45. <https://doi.org/10.1145/3447932.3490680>

CHANG, M-C. L., HUANG, Y-H., LIN, W-C. y SUN, S-W. (2021). “Digital Fabrication: Machine Learning-based Immersive Experiencing for the Virtual Space in a Future Museum”. En: *2021 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality (AIVR)*. Taiwan: Taichung, pp. 102-105. <http://dx.doi.org/10.1109/AIVR52153.2021.00024>

CORBETT, M., MALIK, J., SMITH, V. R. y RECTOR, K. (2022). “Designing Mobile Tasks to Improve Art Description Accessibility for People with Visual Impairments”. En: *ArtsIT, Interactivity and Game Creation. ArtsIT 2021. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*. Cham: Springer, pp. 224-247. https://doi.org/10.1007/978-3-030-95531-1_16

CRAIJ, J. (2021). “Computer Vision for Visual Arts Collections: Looking at Algorithmic Bias, Transparency, and Labor”, *Art documentation*, 40(2), pp. 198-208. <https://doi.org/10.1086/716730>

CROCKETT, K., GARRATT, M., LATHAM, A., COLYER, E. y GOLTZ, S. (2020). “Risk and Trust Perceptions of the Public of Artificial Intelligence Applications”. En: *International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN) held as part of the IEEE World Congress on Computational Intelligence*. Glasgow: IEEE, pp. 1-8 <https://doi.org/10.1109/IJCNN48605.2020.9207654>

DUGULEANA, M., BRICIU, V. A., DUDUMAN, I. A. y MACHIDON, O. M. (2020). “A Virtual Assistant for Natural Interac-

tions in Museums. *Sustainability*”, 12(17), 6958. <https://doi.org/10.3390/su12176958>

FAN, L. P. y CHU, T. H. (2021). “Optimal Planning Method for Large-Scale Historical Exhibits in the Taiwan Railway Museum”, *Applied Sciences*, 11(5), 2424. <http://dx.doi.org/10.3390/app11052424>

GAIA, G., BOIANO, S. y BORDA, A. (2019). “Engaging Museum Visitors with AI: The Case of Chatbots”. En: GIANNINI, T. y BOWEN, J. O. (eds.). *Museums and Digital Culture*. Cham: Springer, pp. 309-329. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-97457-6_15

GUSEV, D.A. (2021). “Improved Identification of Portraiture of the Julio-Claudian Period with Mobile Apps”. *Journal of Imaging Science and Technology*, 65(6). <http://dx.doi.org/10.2352/J.ImagingSci.Technol.2021.65.6.060403>

ILIES, D. C., ZLATEV, Z.D., ALEXANDRU, I. y ZHARAS, B. (2022) “Interdisciplinary Research to Advance Digital Imagery and Natural Compounds for Eco-Cleaning and for Preserving Textile Cultural Heritage”, *Sensors*, 22(12), 4442. <http://dx.doi.org/10.3390/s22124442>

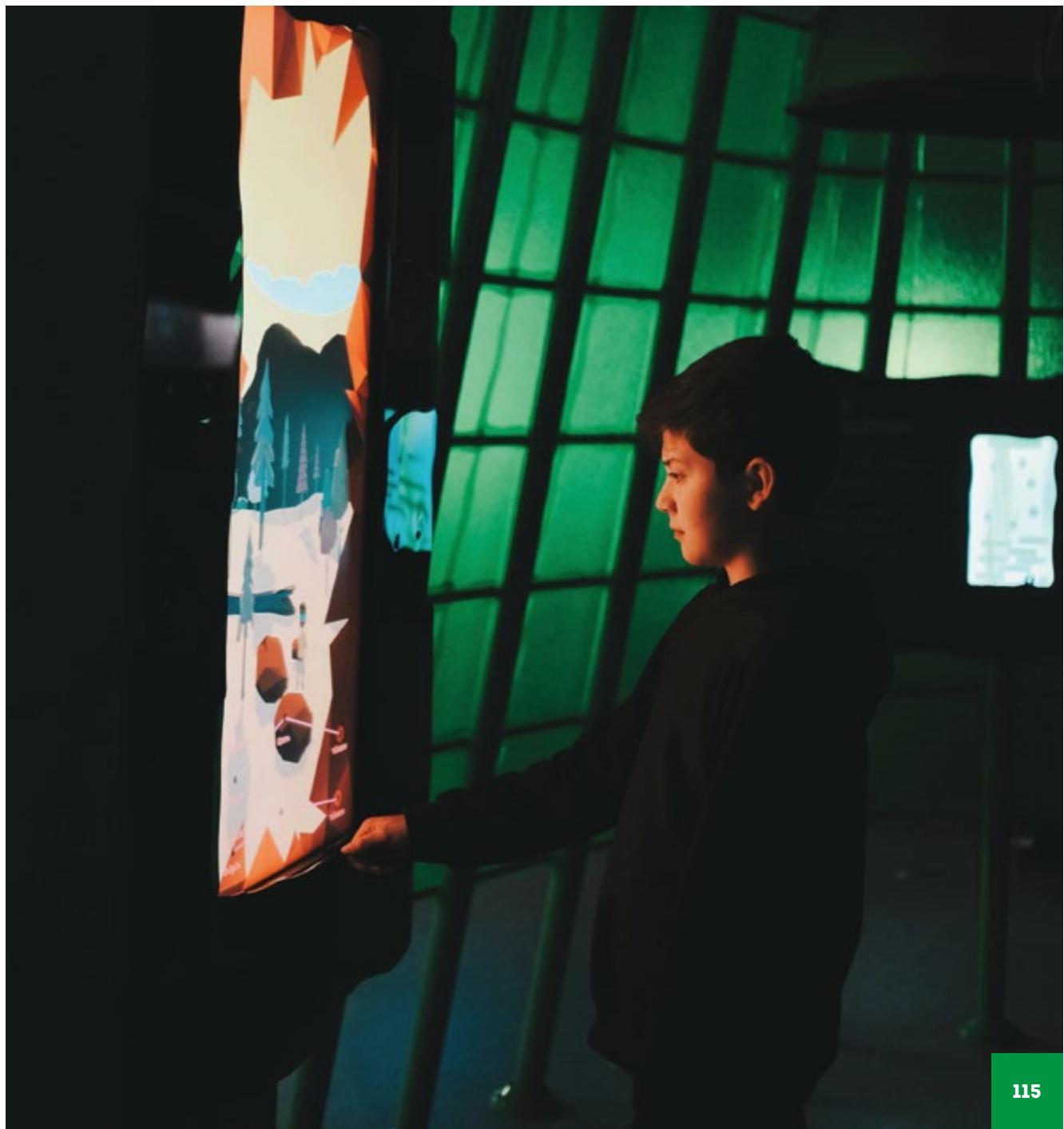
IOANNAKIS, G. A., BAMPIS, L. y KOUTSOUDIS, A. (2019 b). “Exploiting artificial intelligence for digitally enriched museum visits. *Journal of Cultural Heritage*”, 42(2), pp. 171-180. <http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2019.07.019>

JIA, W., LI, H., JIANG, M. y WU, L. (2023). “Melting the Psychological Boundary: How Interactive and Sensory Affordance Influence Users’ Adoption of Digital Heritage Service”. *Sustainability*, 15(5), pp. 1-21. <https://doi.org/10.3390/su15054117>

KALENOV, N., SOBOLESVSKAYA, I.N. y SOTNIKIV, A.N. (2018). “Hierarchical Representation of Information Objects in a Digital Library Environment”, *Information and Innovations*, 13(2), pp. 25-31. <http://dx.doi.org/10.31432/1994-2443-2018-13-2-25-31>

KIM, H. J. y LEE, H. K. (2022). “Emotions and Colors in a Design Archiving System: Applying AI Technology for Museums”, *Applied Sciences*, 12(5), 2467. <http://dx.doi.org/10.3390/app12052467>

KONEV, A., KHAYDAROVA, R., MAXIN, L., GENG, L., HU, L., CHEN, M. y BONDARENKO, I. (2019). “CHPC: A complex semantic-based secured approach to heritage preservation and secure IoT-based museum processes”, *Computer Communication*, 148(3), pp. 240-249. <http://dx.doi.org/10.1016/j.comcom.2019.08.001>



KOAVAVISARUCH, L.O. y SANPECHUDA, T. (2021). “The comparison of the proposed recommended system with actual data”. En: *16th International Joint Symposium on Artificial Intelligence and Natural Language Processing (iSAI-NLP)*. Ayutthaya: IEEE, pp. 1-4. <https://doi.org/10.1109/iSAI-NLP54397.2021.9678151>

LA RUSSA, F. M. y SANTAGATI, C. (2020). “From the Cognitive to the Sentient Building Machine Learning for the preservation of museum collections in historical architecture”. En: *Anthropologic: Architecture and Fabrication in the cognitive age - Proceedings of the 38th eCAADe Conference*, 2. Berlin: TU, pp. 507-516. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2020.2.507>

LIETO, A., POZZATO, G. L., STRIANI, M., ZOIA, S. y DAMIANO, R. (2022). “DEGARI 2.0: A diversity-seeking, explainable, and affective art recommender for social inclusion”, *Cognitive Systems Research*, 77(2), pp. 1-17. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cogsys.2022.10.001>

MURPHY, C., CAREW, P. y STAPLETON, L. (2022). “Towards a Human-Centred Framework for Smart Digital Immersion and Control for Cultural Heritage Applications”, *IFAC-PapersOnLine*, 55(39), pp. 30-35. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.12.006>

PAVLIDIS, G. (2019). “Towards a Novel User Satisfaction Modelling for Museum Visit Recommender Systems”. En: DUGULEANA, M., CARROZZINO, M., GAMS, M. y TANEA, J. (eds.). *VR Technologies in Cultural Heritage*. Cham: Springer, pp. 60-75. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-05819-7_6

PISONI, G., DÍAZ-RODRÍGUEZ, N., GIJLERS, H. y TONOLLI, L. (2021). “Human-Centered Artificial Intelligence for Designing Accessible Cultural Heritage”, *Applied Sciences*, 11(2). <http://dx.doi.org/10.3390/app11020870>

SAGGESE, A., VENTO, M. y VIGILANTE, V. (2019). “MIVIABot: A Cognitive Robot for Smart Museum”. En: *Computer Analysis of Images and Patterns, 18th International Conference*. Cham: Springer, pp. 15-25 http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-29888-3_2

SARKAR, J. L., MAJUMDER, A., PANIGRAHI, C.R., ROY, S. y PATI, B. (2022). “Tourism recommendation system: a survey and future research directions”, *Multi-media tools and Applications*, 82(6), pp. 1-45. <http://dx.doi.org/10.1007/s11042-022-12167-w>

SATOH, I. (2019). “Agent-Based Education Environment in Museums”. En: MOURA

OLIVEIRA, P., NOVAIS, P., REIS, L. (eds). *Progress in Artificial Intelligence*, Cham: Springer, pp. 26-37. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30244-3_3

SCARANO, V., ANDREOLI, R., MONACO, D., NEGRO, A., SANTANGELO, G. y VICIDOMINI, L. (2019). “Re-using Open Data by Automatically Building Immersive Virtual Reality Worlds as Personal Museums”. En: *20th Annual International Conference on Digital Government Research*. New York: ACM. <http://dx.doi.org/10.1145/3325112.3325258>

SCHAFFER, S., RUB, A., LEE, M., SCHUBOTZ, L., SCHUBOTZ, L. y GUSTKE, O. (2022). “Questions and Answers: Important Steps to Let AI Chatbots Answer Questions in the Museum”. En: WÖLFEL, M., BERNHARDT, J. y THIEL, S. (eds.). *ArtsIT, Interactivity and Game Creation*. Cham: Springer, pp. 346-358. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-95531-1_24

SOCCINI, A. M., MARRAS, A. M., SPIONE, G., BRUNO, V. y GARBARINI, F. (2022). “Bringing Museums to Juvenile Prison Inmates through Virtual Reality”. En: *2022 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality (AIVR)*. California: IEEE, pp. 237-241. <https://doi.org/10.1109/AIVR56993.2022.00049>

SPENNEMANN, D. H. R. (2023). “Exhibiting the Heritage of COVID-19-A Conversation with ChatGPT”, *Heritage*, 6(8), pp. 5732-5749. <https://doi.org/10.3390/heritage6080302>

SU, X., SPERLI, G., MOSCATO, V., PICARIELLO, A., ESPOSITO, C. y CHANG, C. (2019). “An Edge Intelligence Empowered Recommender System Enabling Cultural Heritage Applications”, *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(7), pp. 4266-4276. <http://dx.doi.org/10.1109/TII.2019.2908056>

SUN, H. y WANG, X. (2023). “Research On Digitalization of Museum Exhibition Design Based on Image Emotional Semantics”, *Journal of Applied Science and Engineering*, 26(5), pp. 739-746. [http://dx.doi.org/10.6180/jase.202305_26\(5\).0015](http://dx.doi.org/10.6180/jase.202305_26(5).0015)

TANWAR, G., CHAUHAN, R. y YAFLI, E. (2021). “ARTYCUL: A Privacy-Preserving ML-Driven Framework to Determine the Popularity of a Cultural Exhibit on Display”, *Sensors*, 21(4), pp. 1527. <http://dx.doi.org/10.3390/s21041527>

TVRDIŠIĆ, S. (2022). “The Impacts of Digitalization on Traditional Forms of Art. Art Media”, *Journal of Art*

and Media Studies, 27, pp. 87-101. <https://doi.org/10.25038/am.v0i28.502>

TZOUGANATOU, A. (2022). “Openness and privacy in born-digital archives: reflecting the role of AI development”, *AI & Society*, 37(1), pp. 991-999. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00146-021-01361-3>

VALLEZ, N., KRAUSS, S., ESPINOSA-ARANDA, J. L., PAGANI, A., SEIRAFI, K. y DENIZ, O. (2020). “Automatic Museum Audio Guide”, *Sensors*, 20(3), 779. <https://doi.org/10.3390/s20030779>

VARITIMIADIS, S., KOTIS, K., PITTOU, D. y KONSTANTAKIS, G. (2021). “Graph-Based Conversational AI: Towards a Distributed and Collaborative Multi-Chatbot Approach for Museums”, *Applied Sciences*, 11(19), 9160. <https://doi.org/10.3390/app11199160>

VILLAESPESA, E. y MURPHY, O. (2021). “This is not an apple! Benefits and challenges of applying computer vision to museum collections”, *International Journal of Museum Management and Curatorship*, 36(4), pp. 362-383. <http://dx.doi.org/10.1080/09647775.2021.1873827>

WANG, B. (2021). “Digital Design of Smart Museum Based on Artificial Intelligence”, *Mobile Information Systems*, 2021(6), pp. 1-13. <https://doi.org/10.1155/2021/4894131>

WEITZ, K., SCHLAGOWSKI, R. y ANDRE, E. (2021). “Demystifying Artificial Intelligence for End-Users:

Findings from a Participatory Machine Learning Show”. En: *KI 2012: Advances in Artificial Intelligence*. Saarbrücken: Springer, pp. 257-270. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-87626-5_19

YANNIER, N., CROWLEY, K., DO, Y., HUDSON, E. H. y KOEDINGER, K. R. (2022). “Intelligent science exhibits: Transforming hands-on exhibits into mixed-reality learning experiences”, *Journal of the Learning Sciences*, 31(3), pp. 335-368. <https://doi.org/10.1080/10508406.2022.2032071>

YI, J.H., KANG, W., KIM, S-E. y PARK, D. (2021). “Smart Culture Lens: An Application That Analyzes the Visual Elements of Ceramics”, *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 9, pp. 42862-42883. <http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3065407>

ZHANG, W. y LIU, X. (2023). “Virtual Museum Scene Design Based on VRAR Realistic Interaction under PMC Artificial Intelligence Model”, *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*. <http://dx.doi.org/10.2478/amns.2023.1.00200>

ZHAO, J., GUO, L. y LI, Y. (2022). “Application of Digital Twin Combined with Artificial Intelligence and 5G Technology in the Art Design of Digital Museums”, *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022, 8214514, pp. 1-12. <http://dx.doi.org/10.1155/2022/8214514>