



TECNOLOGÍAS PARA LA CONSERVACIÓN DEL ARTE Y PATRIMONIO CULTURAL. ALGORITMOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN APLICACIONES

TECHNOLOGIES FOR THE CONSERVATION OF ART AND CULTURAL HERITAGE. ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS IN APPLICATIONS

Teddy Alex Cevallos Bravo
Universidad Técnica de Manabí

DOI: [1033732/ASRI.6741](https://doi.org/10.33732/ASRI.6741)

.....
Recibido: (23 03 2024)
Aceptado: (02 07 2024)
.....

Cómo citar este artículo

Cevallos-Bravo, T.A., (2024). Tecnologías para la conservación del arte y patrimonio cultural. Algoritmos de Inteligencia Artificial en Aplicaciones. *ASRI. Arte y Sociedad. Revista de investigación en Arte y Humanidades Digitales.*, (25), 31-45. <https://doi.org/10.33732/ASRI.6741>

Resumen

Actualmente, la integración de algoritmos de Inteligencia Artificial en tecnologías emergentes ha ganado popularidad en diversos campos laborales. Dicha integración ha revolucionado la forma en que se abordan los desafíos

Abstract

Today, the integration of Artificial Intelligence algorithms into emerging technologies has gained popularity in various fields of work. Such integration has revolutionised the way in which challenges associated with the preservation of works of art,

asociados con la preservación de obras de arte, antigüedades y otros elementos del patrimonio cultural. Esta investigación, presenta una revisión sistemática sobre la aplicación de algoritmos de aprendizaje automático y visión por computadora en la identificación y análisis de materiales, daños y alteraciones en obras de arte. Estas herramientas permiten una evaluación más precisa y detallada, facilitando la detección temprana de posibles amenazas a la integridad de las obras, además no solo preserva la apariencia original, sino que también ofrece nuevas perspectivas sobre la historia y el contexto de las obras. Posteriormente, se identificaron algunos algoritmos de arte generativo, así como otros de predicción y monitoreo para evaluar el impacto del entorno en las obras de arte expuestas, permitiendo ajustes precisos en condiciones de almacenamiento y exhibición para prevenir daños a largo plazo. Finalmente, se destaca el potencial transformador de estos algoritmos (StyleGAN, BigGAN, CNN, sistemas difusos, algoritmos evolutivos, inteligencia de enjambre, Autoencoders, SRGAN, Neural Style Transfer, Histogram Equalization, Filtros No Locales, Transformada Wavelet, Filtros de Kalman, Aumentación de Datos, U-Net, ResNet, VGG16) y se plantean consideraciones éticas y culturales asociadas con su implementación. La combinación de tecnologías para la conservación del arte y algoritmos de inteligencia artificial ofrece un panorama prometedor para la preservación y apreciación continua de nuestro valioso patrimonio cultural.

Palabras clave

Aplicaciones; Algoritmos; Inteligencia Artificial; Arte; Patrimonio Cultural.

Introducción

El arte y patrimonio cultural son el resultado de las actividades artísticas del hombre a través del tiempo. Las tecnologías para la conservación del arte y el patrimonio cultural han experimentado avances significativos a lo largo de los años, brindando nuevas herramientas y métodos para preservar y restaurar obras de arte y objetos históricos. Algunas de las principales evoluciones en este campo incluyen la

antiquities and other cultural heritage are addressed. This research presents a systematic review of the application of machine learning algorithms and computer vision in the identification and analysis of materials, damage and alterations in works of art. These tools allow for a more accurate and detailed assessment, facilitating early detection of potential threats to the integrity of the artworks, and not only preserving the original appearance, but also offering new insights into the history and context of the works. Subsequently, some generative art algorithms were identified, as well as predictive and monitoring algorithms to assess the impact of the environment on the exhibited artworks, allowing precise adjustments in storage and exhibition conditions to prevent long-term damage. Finally, the transformative potential of these algorithms (StyleGAN, BigGAN, CNN, fuzzy systems, evolutionary algorithms, swarm intelligence, Autoencoders, SRGAN, Neural Style Transfer, Histogram Equalization, Non-Local Filters, Wavelet Transform, Kalman Filters, Data Augmentation, U-Net, ResNet, VGG16) is highlighted and ethical and cultural considerations associated with their implementation are raised. The combination of art conservation technologies and artificial intelligence algorithms offers a promising outlook for the preservation and continued appreciation of our valuable cultural heritage.

Keywords

Applications; Algorithms; Artificial Intelligence; Art; Cultural Heritage.

digitalización y documentación de obras de arte, tecnologías de restauración, monitoreo y conservación ambiental. Esta evolución brinda herramientas cada vez más sofisticadas y efectivas para preservar y perpetuar la belleza y significado de estas expresiones humanas a lo largo del tiempo. En la actual era digital, donde lo ancestral y la tecnología se entrelazan, los avances en Inteligencia Artificial (IA) “han facilitado el proceso de conservación y restauración de obras de arte y objetos culturales a través de algoritmos de aprendizaje profundo y redes neuronales” (Belhi et al, 2023).

Preservar el patrimonio cultural es esencial para garantizar la continuidad de la historia y la identidad humana. La diversidad de bienes culturales materiales e inmateriales representa la memoria compartida de generaciones anteriores, y es esencial transferir esta memoria a las generaciones futuras. Los retos que plantean la degradación, el cambio climático y la escasez de recursos exigen soluciones innovadoras para conservar de forma sostenible estos importantes sitios patrimoniales. Es allí donde aparecen las tecnologías innovadoras como una propuesta para la digitalización del arte y su debida conservación, específicamente los algoritmos de IA que “desempeñan un papel crucial en la identificación de daños y la formulación de planes de restauración específicos para artefactos y estructuras deterioradas” (Avci, 2023). Estas tecnologías no solo facilitan la conservación del arte, sino que también contribuyen significativamente a expandirse en diversas áreas culturales y tecnológicas, permitiendo su estudio y apreciación en entornos virtuales y accesibles. La IA y las nuevas tecnologías “se convirtieron en soluciones críticas para la protección y conservación de documentos patrimoniales, por ende, las instituciones dedicadas a la conservación de tesoros culturales, se han visto interesadas en la incorporación de este tipo de tecnologías” (Chaillou, 2020).

En esta investigación se propone realizar una revisión sistemática sobre el estado actual de los algoritmos de IA utilizados en las aplicaciones encargadas del tratamiento y conservación de arte y patrimonio cultural, específicamente imágenes digitales. Además de examinar los impedimentos éticos que involucra la implementación de este tipo de tecnologías en el área artística. No cabe duda, que las aplicaciones de IA están revolucionando la digitalización y documentación de los bienes artísticos, lo que representa un avance significativo en la conservación y reintegración del patrimonio colectivo, al equilibrar la innovación tecnológica con las preocupaciones éticas, el patrimonio cultural puede preservarse de forma sostenible e integradora para las generaciones futuras.

Desarrollo de la investigación

Estado actual sobre la conservación de arte a través de aplicaciones de IA

El uso de la inteligencia artificial (IA) en la conservación de arte ha avanzado significativamente en los últimos años. Las aplicaciones de IA se están utilizando para una variedad de propósitos en la conservación y preservación del arte, incluyendo: Análisis de imágenes, restauración de imágenes, autenticación e identificación, gestión de colecciones, monitoreo de condiciones entre otros (Morita, 2017).

En este orden de ideas, el desarrollo continuo de algoritmos de IA y la mejora en la capacidad de procesamiento de datos están ampliando las posibilidades de aplicación de esta tecnología en la conservación de arte. Sin embargo, es importante señalar que el uso de IA en la conservación de arte plantea desafíos éticos y técnicos, como el acceso limitado a conjuntos de datos de alta calidad y la necesidad de supervisión humana en la toma de decisiones críticas (Escriva & Madrid, 2010). Desde esta perspectiva se puede observar un aumento en la especialización dentro de la industria a medida

que conservacionistas que poseen una educación formal eligen áreas específicas de concentración. A medida que ha ido evolucionando la comprensión de los procesos técnicos de la creación artística, también lo han hecho los métodos de conservación y restauración que a menudo van de la mano. En este sentido, los conservadores se adhieren cada vez más a filosofías de reversibilidad, según las cuales cualquier cosa que se haga en la obra de arte puede revertirse según sea necesario a su debido tiempo. Esto es especialmente cierto en lo que se refiere al barniz, una herramienta que en su antigua forma de composición química tiende a amarillear con el tiempo y necesita ser reemplazada y mantenida de manera estándar.

Del mismo modo, el estudio del biodeterioro del patrimonio cultural mediante microscopía óptica ha proporcionado valiosos conocimientos sobre la degradación de los materiales y el desarrollo de estrategias de conservación (Noguera y Jiménez, 2022). Este enfoque interdisciplinar, que combina métodos científicos con la conservación del arte, demuestra la importancia de los avances tecnológicos para abordar los retos de la conservación.

Aplicaciones de arte generativa con IA

El arte generativo es un tipo de arte que se crea utilizando algoritmos y otros procesos que dan como resultado obras de arte únicas, intrincadas y, a menudo, muy llamativas (Guerrero et al, 2019). Es importante reconocer que, a diferencia del arte tradicional, que es creado por un solo artista, el arte generativo lo crea una computadora utilizando un código complejo o un algoritmo. No obstante, es necesario reconocer que el arte generativo puede usarse para crear cualquier cosa, desde arte abstracto hasta imágenes más realistas. Hoy en día, se utiliza comúnmente para crear diseños surrealistas, animaciones, instalaciones de arte interactivas, diseños arquitectónicos y esculturas.

A continuación, se muestran algunas aplicaciones móviles utilizadas para generar arte generativa mediante inteligencia artificial.

Tabla 1: aplicaciones móviles utilizadas para generar arte generativa mediante inteligencia artificial.

| App | Descripción |
|---------------------------------------|---|
| Art Transfer de Google Arts & Culture | Art Transfer permite a los usuarios transformar sus fotografías al estilo de artistas famosos como Van Gogh o Picasso |
| Lensa | Esta app es un generador artístico con Inteligencia Artificial |
| Leonardo AI | Herramienta de generación de imágenes impulsada por inteligencia artificial, crea obras de arte de alta calidad |
| Wonder | Aplicación que es capaz de generar arte a partir de un texto |
| Fotor | Generador de arte con Inteligencia Artificial |
| DeepArt | Generador de imágenes artísticas con Inteligencia Artificial |
| StarryAI | Crea arte con Inteligencia Artificial |
| TikTok | Convierte fotografías en arte con Inteligencia Artificial |
| PicsArt | Generador de Inteligencia Artificial de texto a imagen |
| Wombo | Es una aplicación impulsada por Inteligencia Artificial que genera grandes imágenes |
| Canva | Generador de texto con Inteligencia Artificial |
| FaceApp | Editor de rostros con Inteligencia Artificial |

Fuente: Darmir y Miakin (2022)

Aplicaciones de edición inteligente para la mejora de imágenes

Las aplicaciones de edición inteligente se refieren a programas y herramientas que utilizan tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, para mejorar y agilizar el proceso de edición de contenido digital, como imágenes, videos o texto. Estas aplicaciones pueden ofrecer funciones como corrección automática, sugerencias contextuales, mejora de imágenes basada en IA, entre otras capacidades inteligentes (Rouhiainen, 2018).

Si bien es cierto, realizar ediciones básicas en una imagen puede tener un efecto transformador, no es un problema difícil ni complicado de resolver para los desarrolladores. Es por eso que existen tantas aplicaciones de edición que funcionan relativamente bien. Incluso la aplicaciones más fraudulentas y llenas de publicidad se pueden utilizar para hacer que una imagen se vea un poco más brillante y nítida. Algunas de las aplicaciones de edición inteligente más usadas incluyen:

Tabla 2: Algunas aplicaciones de edición inteligente.

| App | Útil para |
|-----------------|--|
| Adobe Photoshop | Software líder en la edición de imágenes que ha incorporado capacidades de inteligencia artificial para funciones como selección de objetos, mejora de imágenes y automatización de tareas repetitivas. |
| Canva | Una plataforma de diseño gráfico que utiliza tecnologías inteligentes para proporcionar plantillas personalizadas, recomendaciones de diseño y herramientas de edición simplificadas. |
| Final Cut Pro X | Es un potente editor que emplea funciones inteligentes para la organización de contenido, estabilización de imagen y análisis de color avanzado. |
| Snapseed | Es una aplicación de Google con potentes filtros de edición de fotografías que se puede usar en el teléfono inteligente o tableta. |
| VSCO | Es una popular aplicación para editar y compartir imágenes para dispositivos móviles. Al igual que otras aplicaciones para compartir imágenes como Instagram, VSCO proporciona filtros y funciones de edición y permite a los usuarios compartir sus imágenes con otros miembros de la plataforma. |

Fuente: (Ramos, 2021)

Aplicaciones de prevención ante falsificación de arte

Desde que el arte ha sido rentable se han producido falsificaciones y fraudes de arte. Los falsificadores de arte estudian los métodos de los maestros para asegurarse de que cualquier rastro que marque su obra como una copia sea imperceptible para los autenticadores expertos más experimentados. Las galerías, casas de subastas y comerciantes suelen utilizar tecnología de detección para verificar las obras de arte en un intento de separar las obras maestras de las falsificaciones (Otero González, 2020). Para burlar esta tecnología, delincuentes sofisticados pueden alterar su modus operandi artístico para imitar la época y las técnicas de los originales.

Muchas pruebas de autenticación científica tienen décadas de antigüedad y las mejoras incrementales han sido lentas, lo que permite a los falsificadores estudiar la ciencia para evitar la interceptación. Sin embargo, las tecnologías emergentes que utilizan avances científicos son cada vez más capaces de diferenciar entre los métodos y técnicas de los artistas para determinar la autenticidad de una obra, respaldando las opiniones de los expertos humanos. Algunas aplicaciones de prevención ante falsificaciones de arte incluyen "The Art Loss Register" y "Verisart". Estas aplicaciones ayudan a los

coleccionistas, galerías y museos a verificar la autenticidad de las obras de arte mediante la creación de registros digitalizados y la utilización de tecnología de blockchain para garantizar la seguridad y autenticidad de las obras de arte.

Aplicaciones de autocompletado de imágenes

Una aplicación de autocompletado de imágenes es una herramienta que utiliza algoritmos de inteligencia artificial para identificar y reconocer objetos, paisajes o cualquier tipo de imagen a partir de una entrada proporcionada por el usuario. Estas aplicaciones son útiles para ayudar a encontrar información adicional sobre una imagen o para generar búsquedas basadas en contenido visual en lugar de texto. También pueden utilizarse para completar o corregir imágenes, añadir detalles faltantes, o incluso crear imágenes completas a partir de una entrada parcial (Fuster Andujar, 2015). En este sentido, las aplicaciones de autocompletado de imágenes son utilizadas en diversos campos, incluyendo la fotografía, la búsqueda en internet, el diseño gráfico y la seguridad. Algunas de las aplicaciones más conocidas incluyen:

1. Búsqueda de imágenes por contenido: Google Images y Bing Image Search utilizan algoritmos de autocompletado para identificar objetos, lugares o personas en una imagen y proporcionar resultados relacionados.
2. Edición de imágenes: Aplicaciones como Adobe Photoshop y GIMP utilizan herramientas de autocompletado para reconstruir o modificar partes de una imagen.
3. Seguridad y vigilancia: Los sistemas de seguridad y vigilancia utilizan algoritmos de autocompletado para identificar y rastrear objetos en tiempo real, lo que es útil para la detección de intrusos o la monitorización de espacios públicos.

El análisis del tema revela que estas aplicaciones están transformando la forma en que se interactúa con imágenes y contenido visual. Al utilizar algoritmos de aprendizaje automático y redes neuronales, estas aplicaciones son capaces de reconocer patrones complejos en las imágenes, lo que antes era difícil de lograr con la precisión necesaria. Esto tiene importantes implicaciones en campos como la búsqueda en internet, la seguridad y la creatividad visual, ya que proporciona herramientas para mejorar la precisión, la eficiencia y la creatividad en el manejo de imágenes. Sin embargo, también plantea desafíos éticos y de privacidad, como la posibilidad de uso indebido o manipulación de imágenes.

Algoritmos de Inteligencia Artificial para la conservación de arte y patrimonio cultural

La protección del patrimonio cultural y la conservación del arte son muy importante para preservar el patrimonio histórico de las sociedades y para la continuación de la diversidad cultural. La aparición de tecnologías de inteligencia artificial (IA) ha abierto nuevos horizontes para métodos de protección innovadores y eficientes en este campo (García, 2023). En este sentido, las tecnologías de inteligencia artificial están revolucionando la digitalización y documentación de los bienes del patrimonio cultural. Las aplicaciones de escaneo automatizado, modelado 3D y realidad virtual facilitan la digitalización precisa, lo que aumenta la accesibilidad para investigadores, educadores y el público (Munster et al, 2024).

Desde esta perspectiva, utilizando inteligencia artificial, reconocimiento de imágenes y detección de patrones, ayuda a los expertos a preservar obras de arte y objetos arqueológicos sensibles. La IA también contribuye a la protección de los sitios del patrimonio cultural al abordar los efectos físicos a través del monitoreo ambiental. Los sensores y análisis de datos impulsados por IA detectan riesgos potenciales como cambios de temperatura, fluctuaciones de humedad y contaminación del aire, lo que permite una respuesta oportuna para reducir los impactos ambientales (Canavire, 2023)

En este contexto, algunos algoritmos de inteligencia artificial importantes para la conservación del arte y el patrimonio cultural incluyen:

1. Redes Neuronales convolucionales: Estos algoritmos son ampliamente utilizados para el análisis de imágenes en la conservación del arte. Pueden identificar patrones y características en las obras de arte, lo que ayuda en la detección de posibles daños y a su restauración.
2. Algoritmos de procesamiento de Imágenes: Estos algoritmos se utilizan para mejorar y restaurar imágenes digitales de obras de arte, lo que es especialmente útil en la conservación de piezas antiguas o dañadas (Víctor & Rigondeaux, 2021)
3. Aprendizaje automático para análisis de texto: Los algoritmos de aprendizaje automático pueden ser utilizados para analizar inscripciones, textos antiguos y documentos relacionados con obras de arte, facilitando la traducción y la contextualización histórica.
4. Algoritmos de predicción de deterioro: Estos algoritmos utilizan datos históricos para predecir el deterioro potencial de las obras de arte, lo que permite a los conservadores tomar medidas preventivas para su conservación.
5. Sistemas de vigilancia basados en Inteligencia Artificial: Los algoritmos de detección de anomalías y reconocimiento de patrones pueden utilizarse en sistemas de seguridad para proteger las obras de arte en museos y galerías, ayudando a prevenir daños o robos.

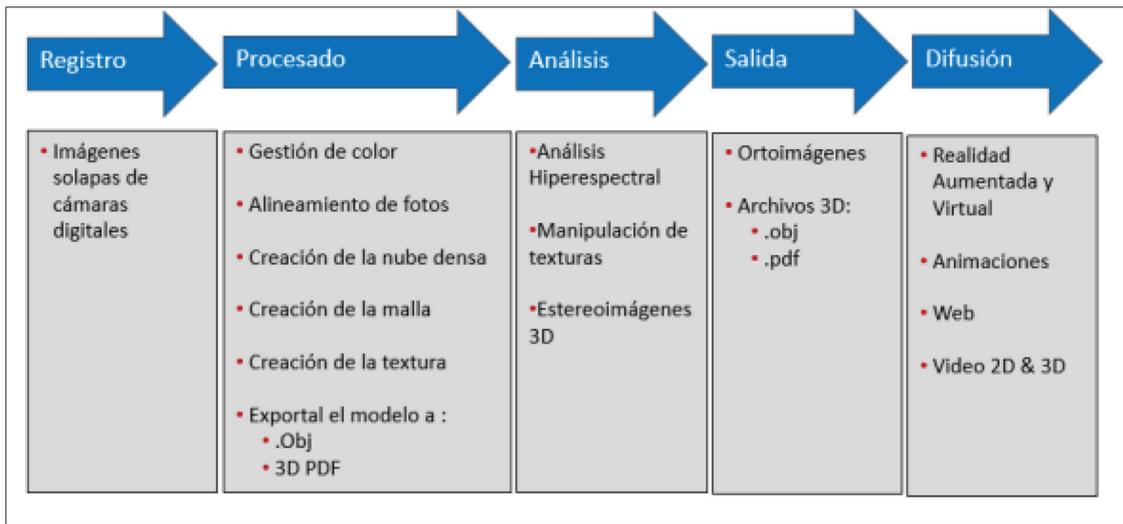
Precisión y fiabilidad de los algoritmos para la conservación del arte y patrimonio cultural (Comparación)

Algoritmos de análisis de imágenes multiespectrales e hiperespectrales para la documentación de arte rupestre.

Los algoritmos utilizados en la conservación del arte y el patrimonio cultural, tales como las redes neuronales artificiales, los algoritmos genéticos y el aprendizaje automático, han demostrado una notable precisión en diversas tareas.

Por ejemplo, en la detección de falsificaciones, el análisis de pigmentos y la restauración de obras de arte, estos algoritmos pueden obtener resultados altamente precisos en comparación con métodos tradicionales. Las capacidades de reconocimiento de patrones y clasificación de datos que ofrecen dichos algoritmos contribuyen significativamente a mejorar la precisión en las tareas relacionadas con la conservación del arte.

Figura 1: Etapa de procesamientos del algoritmo para las imágenes. Cayón (2020)



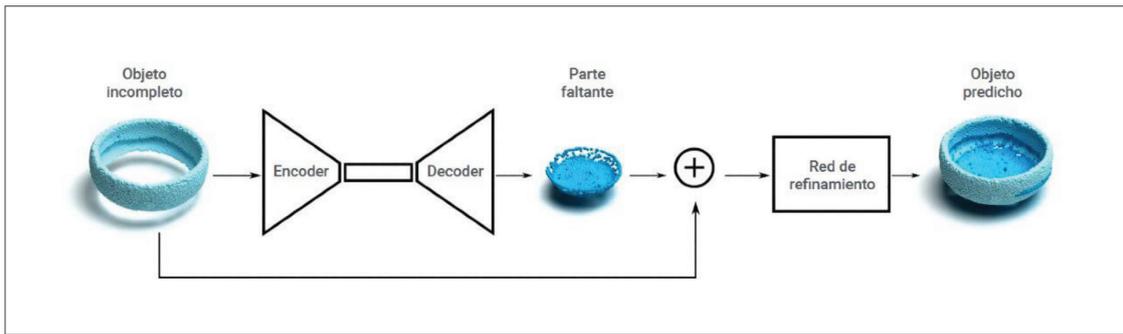
En el trabajo de Cayón (2020) se muestra el uso de algoritmos de análisis de imágenes multispectrales e hiperespectrales para la documentación del arte rupestre. Este trabajo analiza, desarrolla e implementa una nueva metodología, una forma de analizar el patrimonio a partir de la integración de diferentes técnicas geomáticas, que va desde la georreferenciación precisa de los datos hasta el uso de técnicas de análisis espectral y fotónico que abarca desde la luz, los sensores, datos de calibración y algoritmos de procesado.

Una vez que la imagen está digitalizada es posible mejorar su apariencia visual y su calidad o transformarla de tal forma que facilite su análisis computarizado para una aplicación específica. A la vista del trabajo, se puede observar que el uso de técnicas combinadas geomáticas como la poligonal topográfica y los Sistemas de Globales de Navegación por Satélite con otros modernos como el Láser Escáner 3D ofrece una mejora en la fiabilidad espacial de los datos respecto a los métodos tradicionales ya que permite documentar cuadros de arte de una manera rigurosa, inocua para el posible patrimonio histórico como pinturas y grabados, totalmente respetuosa con el medio, eficaz y eficiente, dentro de un marco de referencia global.

Algoritmo para la restauración del patrimonio arqueológico

El trabajo de Sipirán (2022) propone un método para reparar la superficie de los objetos digitales utilizando un enfoque basado en datos. Se diseñó un método de entrenamiento de una red neuronal de nube de puntos que aprende a sintetizar la geometría faltante de un extremo a otro. El modelo consta de una arquitectura novedosa y un protocolo de entrenamiento que aborda el problema de la finalización de la nube de puntos. Se propone una arquitectura de red neuronal de un extremo a otro que se centra en calcular la geometría faltante y fusionar la entrada conocida y la nube de puntos predicha. El método se compone de dos redes neuronales: la red de predicción de partes faltantes y la red de fusión y refinamiento. El primer módulo se centra en extraer información de la entrada incompleta para inferir la geometría faltante. El segundo módulo fusiona ambas nubes de puntos y mejora la distribución de los puntos. El enfoque es eficaz para reparar objetos de cerámica con grandes imperfecciones durante el escaneo. Gracias a las pruebas con los conjuntos de datos *ShapeNet* y *Completion3D* muestran que el método es efectivo en un entorno general para completar formas.

Figura 2: Arquitectura de la red neuronal. El modelo consiste en un *encoder-decoder* para generar la parte faltante a partir del objeto incompleto. Ambos objetos son luego usados por la red de refinamiento para obtener el objeto reparado final. Sipirán (2022).



El desarrollo de este modelo desafió a los investigadores a entrenar de manera efectiva un modelo de inteligencia artificial que pudiera resolver un problema específico en un dominio acotado como es el arqueológico. El algoritmo funcionó gracias a la existencia de *datasets* grandes de objetos 3D que tienen estructura similar a los objetos que existen en un museo.

Algoritmos y sensores que detectan la presencia de carcoma y termitas en obras de arte que funciona mediante inteligencia artificial

El trabajo de Polo (2021) monitoriza obras de arte como retablos, lienzos o altares, estructuras de madera en edificios históricos como mercados o iglesias, utiliza sensores para prevenir la presencia de carcoma y termitas en obras de arte, que funciona mediante inteligencia artificial. Para su implementación se diseñó una red de sensores inalámbricos que detectan la humedad, los hongos, la carcoma o las termitas mediante algoritmos de inteligencia artificial que permiten volcar los datos en plataformas en la nube o en tecnología propia de las ciudades inteligentes. Además, se utiliza un fotorreceptor y un led, que detectan la presencia de insectos, cuya especie, número y tamaño reconocen una serie de algoritmos de inteligencia artificial entrenados para distinguir una termita de una carcoma y para determinar cuánto tiempo lleva una colonia asentada en la madera.

Figura 3: Equipo que hace el monitoreo a las obras de arte y a los edificios. Polo (2021).



Gracias al algoritmo, además de la presencia de insectos, el sistema también puede detectar la especie, el número y el tamaño. La IA sabe si es una termita grande o pequeña, conociendo que las primeras comen más madera; o una carcoma fina o gruesa, o si son insectos obreros o soldados. También el número y si la colonia de insectos que ataca es grande o pequeña; o si se va reduciendo al ejecutar un tratamiento antitermitas.

Técnicas de visión por computadora para el análisis y preservación de obras de arte

Las técnicas de visión por computadora o visión por ordenador son métodos y algoritmos que permiten a las máquinas procesar y analizar imágenes y vídeos para extraer información útil y necesaria, como reconocer objetos, detectar movimientos o medir dimensiones (Casadiego et al, 2020). En los últimos años, la visión por ordenador y la inteligencia artificial han encontrado aplicación en el análisis de obras de arte, ofreciendo nuevos métodos para estudiar y comprender las creaciones artísticas. Esta transición ha permitido superar las limitaciones de las herramientas analógicas tradicionales, como videoguías y audioguías, proyecciones, paneles y catálogos en papel. Los algoritmos de visión por computadora y aprendizaje automático pueden contribuir a la preservación a largo plazo de obras de arte históricas analizando las características visuales de las obras e identificando factores que pueden influir en su conservación. En este sentido, existen varias técnicas de visión por computadora que se utilizan para el análisis y preservación de obras de arte. Algunas de las técnicas más comunes incluyen:

1. Fotogrametría: Esta técnica utiliza fotografías de alta resolución tomadas desde múltiples ángulos para reconstruir digitalmente la forma tridimensional de una obra de arte. Esto puede ayudar en la documentación y preservación de la obra, así como en la creación de réplicas precisas (Maldonado, 2020).
2. Escaneo 3D: El escaneo 3D permite crear modelos digitales detallados de obras de arte utilizando tecnologías como el escaneo láser o la digitalización por luz estructurada. Estos modelos 3D pueden ser útiles para el análisis y la preservación, ya que proporcionan una representación precisa de la superficie de la obra.
3. Análisis de imagen: La aplicación de algoritmos de procesamiento de imagen puede permitir el análisis detallado de características específicas de una obra de arte, como la detección de grietas, restauraciones anteriores o cambios en la pigmentación a lo largo del tiempo.
4. Termografía infrarroja: Esta técnica utiliza cámaras infrarrojas para detectar variaciones en la temperatura de la superficie de una obra de arte, lo que puede revelar detalles ocultos o diferencias en los materiales utilizados (Mondragón & Leonardo, 2020)

Metodología

Esta investigación consiste en una revisión sistemática sobre tecnologías innovadoras de IA para la conservación del arte o patrimonio cultural. Dicha investigación se basa en un modelo propuesto por Kitchenham, el cual se compone de tres fases (Kitchenhan et al, 2009):

- Planificación de la revisión: Donde se plantean preguntas sobre los objetivos de la investigación y la revisión.
- Realización de la revisión: En esta etapa se ejecuta el plan y se remiten o descartan los estudios mayores considerando los criterios de inclusión y exclusión seleccionados.

Es decir, se realizará una revisión exhaustiva de la literatura científica relacionada con las tecnologías para la conservación del arte y el patrimonio cultural, centrándose en el uso de algoritmos de inteligencia artificial en aplicaciones específicas. En esta fase, se basará en un diagrama prisma donde se identificará y se seleccionará los estudios antes mencionados.

- Informe de la revisión: En esta etapa, los resultados de la revisión y el análisis estadístico son presentados en los resultados de la investigación.

Se evaluará la precisión, eficiencia y viabilidad de los algoritmos en el contexto de conservación del arte y patrimonio cultural.

Resultados

En este apartado se presentan los resultados obtenidos a través de la aplicación de algoritmos de inteligencia artificial en diferentes contextos relacionados con la conservación del arte y el patrimonio cultural. Se destacan los hallazgos más relevantes derivados del análisis de los casos de estudio seleccionados y la evaluación de la eficacia de los algoritmos en relación con los objetivos planteados, la búsqueda total fue de más de 20 artículos relacionados con el tema propuesto.

- Analizar el estado actual de las aplicaciones que utilizan IA para la conservación del arte y patrimonio cultural:

Se ha observado un desarrollo significativo en el uso de la inteligencia artificial en la conservación del arte y el patrimonio cultural. Las aplicaciones de IA se están utilizando para el análisis de imágenes, restauración, autenticación e identificación, gestión de colecciones, y monitoreo de condiciones ambientales en entornos de museos y galerías. Estas aplicaciones están demostrando ser prometedoras en la preservación y conservación de obras de arte.

- Examinar las implicaciones éticas de utilizar tecnologías de IA en la conservación del arte y patrimonio cultural

El uso de tecnologías de IA en la conservación del arte plantea importantes cuestiones éticas, incluyendo la privacidad y seguridad de los datos, la transparencia en la toma de decisiones automatizadas, la preservación de la autenticidad y la integridad artística, así como la equidad en el acceso y aplicación de estas tecnologías. Es crucial considerar estos aspectos éticos al implementar soluciones basadas en IA en el ámbito de la conservación del arte y el patrimonio cultural.

- Investigar sobre la aplicación de técnicas de visión por computadora para el análisis y preservación de obras de arte.

Las técnicas de visión por computadora están siendo aplicadas con éxito en el análisis y preservación de obras de arte. Mediante el uso de algoritmos de procesamiento de imágenes y visión computacional, se logra identificar detalles específicos, detectar daños y realizar restauraciones con alta precisión.

- Realizar una comparativa entre algoritmos de IA investigados

Tras la investigación realizada, se observa que existen diversos algoritmos de IA utilizados en la conservación del arte, como redes neuronales convolucionales, análisis de texto relacionado con obras de arte, y técnicas de agrupación y clasificación para la gestión de colecciones. Cada algoritmo tiene sus propias ventajas y limitaciones, por lo que es importante evaluarlos según el contexto específico de aplicación.

A continuación, se muestra una tabla comparativa, en donde se ve la efectividad de algunas aplicaciones para la restauración y el cuidado de imágenes.

Tabla 3: Cuadro comparativo de aplicaciones de restauración de imágenes.

| Aplicación de restauración de Imágenes | Características principales | Ventajas | Limitaciones |
|--|---|--|---|
| Remini | Utiliza IA para mejorar la calidad de las imágenes antiguas, eliminando ruido y restaurando detalles | Interfaz intuitiva, resultados visiblemente mejorados, disponibilidad en múltiples plataformas | Algunas características avanzadas son de pago |
| Neurala | Emplea algoritmos de aprendizaje profundo para restaurar y mejorar imágenes dañadas. | Capacidad para manejar imágenes de alta resolución, resultados de calidad profesional | Requiere tiempo de procesamiento para imágenes complejas |
| DeOldify | Especializada en la restauración de imágenes en blanco y negro, utilizando GANs (redes generativas adversarias). | Restaura colores de manera realista, código abierto y personalizable | Puede requerir ajustes manuales para ciertas imágenes |
| RefineAI | Ofrece una plataforma de restauración de imágenes en línea basada en IA, capaz de eliminar ruido y mejorar la calidad general de las imágenes | Proceso rápido, múltiples opciones de mejora, integración sencilla | La versión gratuita tiene limitaciones en resolución y cantidad de imágenes |

Fuente: Elaboración propia.

Esta tabla proporciona una visión general de algunas de las principales aplicaciones de restauración de imágenes, resaltando sus características clave, ventajas y posibles limitaciones.

Conclusiones

El presente estudio ha explorado el potencial y la relevancia de las tecnologías de inteligencia artificial en el contexto de la conservación del arte y el patrimonio cultural. A través de la aplicación de algoritmos y herramientas avanzadas, se ha evidenciado el impacto positivo que estas tecnologías pueden tener en diversas áreas de la preservación del patrimonio cultural, así como sus implicaciones para el campo de la conservación y restauración artística.

Los resultados obtenidos a lo largo de esta investigación han demostrado que los algoritmos de inteligencia artificial representan una poderosa herramienta para abordar desafíos significativos en la conservación

del arte, tales como la identificación de pigmentos, el análisis de daños y deterioro, la reconstrucción virtual y la restauración. La capacidad de estos algoritmos para procesar grandes cantidades de datos y extraer patrones complejos ha permitido un avance significativo en la comprensión y preservación del patrimonio cultural, ofreciendo nuevas perspectivas y enfoques innovadores para la gestión de colecciones artísticas y la salvaguarda del legado histórico.

Es importante destacar que, si bien los algoritmos de inteligencia artificial han demostrado su eficacia en numerosos contextos, su implementación plena en entornos de conservación del arte también plantea desafíos y consideraciones éticas. La integración de estas tecnologías requiere una cuidadosa evaluación de su viabilidad, sostenibilidad y repercusiones en términos de autenticidad y valor cultural, así como la colaboración interdisciplinaria entre expertos en arte, tecnología, conservación y ética para garantizar un uso ético y responsable de estas herramientas.

En resumen, el uso de algoritmos de inteligencia artificial en aplicaciones para la conservación del arte y el patrimonio cultural representa un campo en constante evolución, con un potencial considerable para transformar y enriquecer las prácticas tradicionales de conservación. Al aprovechar el poder de la tecnología de vanguardia, se abre la posibilidad de preservar y difundir el patrimonio cultural de manera más efectiva, asegurando su legado para las generaciones futuras.

Referencias bibliográficas

- Avci, A. (2023). AI applications in cultural heritage preservation: technological advancements for the conservation, *Baskent International Conference on Multidisciplinary Studies*, pp. 94-101. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.24077862.v1>
- Belhi, A., Bouras, A., Al-Ali, A. & Foufou, S. (2023). A machine learning framework for enhancing digital experiences in cultural heritage, *Journal of Enterprise Information Management*, 36(3), pp. 734- 746. <https://doi.org/10.1108/JEIM-02-2020-0059>
- Chaillou, S. (2020). ArchiGAN: Artificial Intelligence x Architecture. *Architectural Intelligence*, pp. 117–127. https://doi.org/10.1007/978-981-15-6568-7_8
- Canavire, V. (2023). Inteligencia artificial, cultura y educación: una plataforma latinoamericana de podcast para resguardar el patrimonio cultural. *Revista Científica en Ciencias Sociales*, 23, 59-71. Recuperado de: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/218620/CONICET_Digital_Nro.15f9566e-a92f-46b4-ae0f-6c07cada0418_B.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Casadiago, S. A. C., Rondón, C. V. N., & Delgado, B. M. (2020). Caracterización para la ubicación en la captura de video aplicado a técnicas de visión artificial en la detección de personas. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA)*, 2(36), 83-88. https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/RCTA/article/view/3720
- Cayón, V. B. (2020). *Algoritmos de análisis de imágenes multiespectrales e hiperespectrales para la documentación e interpretación del arte rupestre*. Recuperado de http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:ED-Pg-Teclnd-Vbayarri/BAYARRI_CAYON_Vicente_Tesis.pdf
- Damir, Y., & Miakin, D. (2022). *Las 10 mejores aplicaciones móviles de generación de arte con IA en 2023 para Android e IOS*. Recuperado de: <https://mpost.io/es/top-10-mobile-ai-art-generator-apps-in-2023-for-android-and-ios/>
- Escriva, F., & Madrid, J. (2010). Recuperado de: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30147/2010_04-05_011_020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Fuster Andujar, F. d. (2015). *Aplicación Android de realidad aumentada para mostrar imágenes históricas de lugares turísticos de interés*. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/53963/FUSTER%20-%20Aplicaci%3%b3n%20Android%20de%20realidad%20aumentada%20para%20mostrar%20im%3%a1genes%20hist%3%b3ricas%20de%20lugares%20tur.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- García, L. M. (2023). Inteligencia Artificial y patrimonio cultural: una aproximación desde las Humanidades Digitales. *DICERE*, 149-160. <https://doi.org/10.35830/dc.vi4.55>
- Guerrero Salinas, M., Mancilla González, C., & Alba Cadena, F. (2019). Sonotipo: Arte generativo a partir del sonido. *Colección Diálogos Intelectuales del Siglo XXI*, 93-104. Retrieved from https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/68049775/Rumbos_atrevidos_Calameo-libre.pdf?1626173236=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DRumbos_atrevidos_Calameo.pdf&Expires=1703294610&Signature=KoT9HZIkEUonSe3xt4BPO9Qcnki~cXsTkHHEH~Po2PSVGzYpl1s9i
- Maldonado, A. (2020). *La aplicación de la fotogrametría (SFM) y las nuevas tecnologías para la mejora de la documentación, difusión y divulgación del patrimonio arqueológico*. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=261576>
- Mondragón, S., & Leonardo, G. (2020). *Aplicación de termografía infrarroja para el diagnóstico estructural de edificaciones históricas de adobe y quincha*. Recuperado de: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/16698/SILVA_MONDRAGON_GUIDO_APLICACION_TERMOGRAFIA_INFRARROJA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Morita, M. (2017). Registro en 3 dimensiones de bienes culturales - Aplicaciones al arte contemporáneo. Recuperado de: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/59257>
- Munster, S., Maiwald, F., de Leonardo, I., Henriksson, J., Isaac, A., Milica, M., . . . Oomen, J. (2024). Artificial Intelligence for Digital Heritage Innovation: Setting up a R&D Agenda for Europe. *Heritage*, 794-816. <https://doi.org/10.3390/heritage7020038>
- Noguera, J., & Jiménez, F. (2022). Prácticas de microscopía óptica aplicada al estudio del biodeterioido de bbcc. Recuperado de: https://tv.us.es/media/1_p712lu0n
- Otero Gonzáles, P. (2020). Las falsificaciones de objetos arqueológicos. Respuesta jurídico-penal. *Revista d' Arqueologia de Ponent*, 30, 439-454. Recuperado de: <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/34801#preview>
- Polo, M. Á. (2021). Inteligencia artificial para proteger el patrimonio. *Diseñan sensores que detectan hongos, termitas y carcoma en obras de arte como retablos, lienzos o altares. También se usa en edificios históricos*. Recuperado de: <https://www.expreso.ec/buenavida/inteligencia-artificial-protoger-patrimonio-112866.html>
- Ramos, J. (2021). *Herramientas Digitales para la educación*. Recuperado de: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=GmgjEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=mejores+aplicaciones+de+edici%C3%B3n+de+imagenes&ots=3_vuBlnwOu&sig=5zpd5etSG9AqV1cNpKsfPxzSaOs#v=onepage&q=mejores%20aplicaciones%20de%20edici%C3%B3n%20de%20imagenes&f=false
- Rouhiainen, L. (2018). *Inteligencia Artificial*. Editorial Planeta, S.A. Recuperado de: https://planetadelibrosec0.cdnstatics.com/libros_contenido_extra/40/39308_Inteligencia_artificial.pdf
- Sipirán, I., Mendoza, A., Apaza, A., & López, C. (2022). Data-Driven Restoration of Digital Archaeological Pottery with Point Cloud Analysis. *Revista internacional de división por computadora*, 2149-2165. <https://doi.org/10.1007/s11263-022-01637-1>

Víctor, Y., & Rigondeaux, Y. (2021). Algoritmos para el procesamiento de imágenes con artefactos de endurecimiento de haz en tomografía computarizada. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 15(2). Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2227-18992021000200096&script=sci_arttext&tlng=pt

BIO



Teddy Alex Cevallos Bravo es Ingeniero en Sistemas de Información, titulado por la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. Nacido el 4 de noviembre de 1998 en Portoviejo, Ecuador, Su formación académica y experiencia profesional se centran en el desarrollo de sistemas de información y la investigación tecnológica. Durante su carrera, ha desarrollado una profunda pasión por el arte, integrando sus habilidades creativas con su formación técnica para abordar problemas desde perspectivas innovadoras. Ha participado en diversos proyectos que combinan tecnología y creatividad, contribuyendo significativamente al avance en su campo. Además, se esfuerza por mantenerse actualizado con los últimos avances tecnológicos y metodologías innovadoras, lo que le permite aportar soluciones eficaces y contemporáneas a los desafíos actuales. La música ha sido una constante fuente de inspiración y motivación, ampliando continuamente sus conocimientos en este campo. Su filosofía se basa en la perseverancia y la constancia, reflejada en la cita: "Que corran todos los demás que yo voy caminando; para llegar no hay que correr, solo seguir andando." Esta creencia le guía en su búsqueda continua de crecimiento personal y profesional, y en su compromiso con la excelencia en todos los proyectos en los que participa. tcevallos3723@utm.edu.ec