



NEXTGENGUIDES: NAVEGACIÓN MULTIMEDIA Y CREACIÓN DE CONTENIDOS MEJORADOS CON LA IA PARA EL PATRIMONIO CULTURAL

DANILO AMENDOLA^{1*}, LUIS ANGEL RODRIGUEZ REINERS², MARIO ALVIANO²

¹ SMARTLY ENGINEERING, RENDE, ITALY AND JOINT RESEARCH CENTRE,
EUROPEAN COMMISSION, GEEL, BELGIUM

² DEMACS, UNIVERSITY OF CALABRIA, RENDE (CS), ITALY

* AUTOR DE CORRESPONDENCIA

| PALABRAS CLAVE | RESUMEN |
|--|---|
| IA generativa | <i>La digitalización del patrimonio cultural sigue enfrentándose a retos en cuanto a la creación de contenidos escalables, la navegación fluida en interiores y exteriores y la accesibilidad. NextGenGuides es una plataforma multimedia integrada que combina la generación de contenidos asistida por la IA, la geolocalización 3D precisa y la orientación sensorial para usuarios con discapacidad visual. La colaboración entre humanos e IA garantiza narrativas auténticas y de alta calidad, mientras que una arquitectura modular en la nube permite la escalabilidad y la inclusión. La plataforma ofrece una solución holística y sostenible para el turismo digital y la valorización del patrimonio cultural.</i> |
| Navegación móvil | |
| Geolocalización | |
| Redes multimedia inalámbricas | |
| Patrimonio cultural | |
| Turismo accesible | |
| Colaboración entre humanos e inteligencia artificial | |
| Realidad extendida | |

RECIBIDO: 28 / 08 / 2025

ACEPTADO: 24 / 10 / 2025

1. Introducción

Los sectores del turismo y el patrimonio cultural están experimentando una profunda transformación digital (Lazzeretti et al., 2025; Madzik et al., 2023), y dependen cada vez más de la realidad virtual y las tecnologías móviles e inalámbricas para mejorar la experiencia de los visitantes y promover los activos culturales. Este cambio es crucial para el desarrollo sostenible y el crecimiento económico, especialmente en regiones que poseen un patrimonio cultural rico, pero a menudo infráutilizado. La rápida evolución de la inteligencia artificial (IA), especialmente la IA generativa (Mallikarjuna & Chittamsetty, 2024), ofrece oportunidades sin precedentes para revolucionar la creación de contenidos, la personalización y la eficiencia operativa dentro de estos sectores. La integración de estas tecnologías digitales y la IA en el turismo (Florido-Benítez & del Alcázar Martínez, 2024), pone de relieve el papel de las soluciones avanzadas en las aplicaciones del mundo real.

1.1. Planteamientos del problema

A pesar de los importantes avances tecnológicos, las plataformas turísticas digitales actuales se enfrentan a varios retos. La creación de contenidos suele ser un proceso manual, lento y costoso, lo que dificulta la rápida valorización de los activos culturales. Si bien la IA ofrece automatización, los contenidos generados exclusivamente por IA pueden carecer en ocasiones de profundidad emocional y de elementos que generen confianza, fundamentales para las narrativas culturales auténticas. Un reto técnico es lograr una navegación precisa y fluida entre interiores y exteriores (Sun et al., 2025), especialmente en sitios patrimoniales culturales complejos, como museos o zonas arqueológicas, donde las señales del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) son poco fiables o no están disponibles. Las soluciones existentes suelen adolecer de infraestructuras variables, interferencias de señal y complejidades en la fusión de sensores, lo que dificulta una orientación coherente al usuario. Además, muchas experiencias digitales carecen de funciones de accesibilidad completas, lo que excluye a las personas con discapacidad visual y limita su exploración independiente de los sitios culturales. Si bien existen diversas tecnologías de asistencia, su aceptación generalizada y su integración fluida en las plataformas principales siguen siendo bajas, lo que pone de relieve una brecha en el diseño verdaderamente inclusivo. Estos retos subrayan la necesidad apremiante de soluciones sólidas que aborden estas cuestiones multifacéticas, especialmente en áreas como el posicionamiento, la localización y el seguimiento.

1.2. Descripción del proyecto

El proyecto NextGenGuides tiene como objetivo desarrollar una plataforma multimedia innovadora y un ecosistema integrado de herramientas para abordar de manera integral estos retos. Busca capacitar a los guías turísticos y a las instituciones culturales proporcionando una generación de contenidos asistida por IA que aprovecha los conocimientos especializados distribuidos entre operadores cualificados. Este enfoque transforma los conocimientos individuales dispersos en narrativas multimedia estructuradas y de alta calidad. En combinación con una navegación geolocalizada avanzada, capacidades de modelado 3D y funciones de accesibilidad integradas para usuarios con discapacidad visual, la plataforma fomenta un marco sostenible y escalable para la valorización del patrimonio cultural, en consonancia con objetivos sociales y políticos más amplios.

1.3. Contribuciones clave

Las contribuciones de este trabajo son multifacéticas y abordan las siguientes áreas:

- Un novedoso marco de colaboración entre humanos e IA para la generación de contenidos multimedia: este enfoque aborda las limitaciones de los contenidos de IA totalmente automatizados mediante la integración de la supervisión de expertos humanos, lo que

garantiza la autenticidad y la calidad, al tiempo que reduce significativamente los costes y el tiempo.

- Un sistema avanzado y fluido de geolocalización y navegación en interiores y exteriores: diseñado específicamente para entornos complejos de patrimonio cultural, este sistema aprovecha mapas 3D precisos y supera las limitaciones del GNSS, lo cual es crucial para ofrecer servicios basados en la ubicación fiables.
- Soluciones integradas para la generación rápida de modelos 3D y la orientación sensorial para usuarios con discapacidad visual: Estas características mejoran las experiencias multimedia inmersivas y promueven la inclusión en las aplicaciones móviles. Esto es muy relevante porque demuestra la capacidad de la plataforma para ofrecer contenidos ricos a usuarios diversos.
- Una arquitectura de plataforma escalable y basada en la nube: diseñada para ofrecer una alta elasticidad y modularidad, esta arquitectura puede soportar un número creciente de usuarios y volúmenes de datos. Esto contribuye a un diseño robusto del sistema y a la computación móvil en la nube, lo que garantiza la adaptabilidad y el rendimiento de la plataforma.

La convergencia de la IA, la localización avanzada y las funciones de accesibilidad dentro de NextGenGuides representa un avance significativo más allá de la naturaleza fragmentada y, a menudo, aislada de las soluciones actuales de patrimonio cultural digital. Este enfoque integrado ofrece un modelo más holístico y sostenible para el turismo, abordando los retos de la nueva generación y el consumo de contenidos dentro de un marco unificado. Esto pone de relieve que, aunque existen tecnologías individuales, su combinación sinérgica en un «ecosistema de herramientas» completo permite una experiencia de usuario guiada y personalizada que trasciende la mera entrega de información.

2. Trabajos relacionados

El panorama del turismo digital y la valorización del patrimonio cultural ha experimentado avances significativos, pero siguen existiendo retos persistentes. Un examen de la bibliografía existente revela áreas distintas en las que NextGenGuides ofrece contribuciones novedosas.

2.1. La IA en el turismo digital y la generación de contenidos

La IA generativa está transformando rápidamente el sector turístico, ofreciendo capacidades como recomendaciones de viaje personalizadas, precios dinámicos, atención al cliente 24/7 a través de chatbots con IA y una mayor eficiencia operativa. Los generadores de IA pueden crear itinerarios personalizados, recomendar destinos y proporcionar actualizaciones en tiempo real basadas en las preferencias del usuario y los datos históricos (Ilieva et al., 2024). Más allá del contenido textual, la IA puede redactar artículos atractivos sobre destinos y generar contenido visual para campañas de marketing (Zolanski & Borcea, 2024). La visión artificial y los algoritmos de IA también se están utilizando para analizar el comportamiento de los visitantes, gestionar las multitudes y crear experiencias de realidad aumentada (RA) en museos (Trunfio et al., 2022), lo que mejora la participación de los visitantes. Sin embargo, una limitación crítica de lo generado puramente por IA es su potencial falta de profundidad emocional y su incapacidad para generar confianza, especialmente a medida que se hace más difícil distinguirlo del trabajo creado por humanos, lo que suscita temores sobre la difusión de información falsa (Suri, 2024) y el desplazamiento de los profesionales artísticos cuyas narrativas ofrecen una resonancia emocional y una visión cultural más profundas. Además, la personalización para los viajeros ocasionales suele estar limitada por la disponibilidad de datos individuales suficientes. Otros retos más amplios para la adopción de la IA en este sector son las preocupaciones sobre la privacidad y la seguridad de los datos, los elevados costes de implementación, las cuestiones éticas relacionadas con los sesgos y las dificultades para integrar los nuevos sistemas de IA en las infraestructuras informáticas heredadas. Abordar estas limitaciones en el contexto de las redes móviles e

inalámbricas es fundamental para la adopción generalizada de soluciones turísticas basadas en la IA. Sin embargo, los enfoques existentes tratan en gran medida la IA como una herramienta de automatización aislada, en lugar de como parte de un modelo de colaboración entre humanos y máquinas. NextGenGuides avanza en este campo al integrar la supervisión de expertos en los flujos de trabajo de IA generativa, lo que garantiza la autenticidad y la profundidad emocional de las narrativas culturales.

2.2. Modelado 3D para el patrimonio cultural

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es muy eficaz para la navegación en exteriores, pero resulta poco fiable en interiores debido a la obstrucción de la señal, los efectos multirayos y la infraestructura variable dentro de los edificios. En consecuencia, los sistemas de posicionamiento en interiores (IPS) constituyen un importante campo de investigación (Alkhawaja et al., 2019), en el que se han explorado diversas tecnologías, como Wi-Fi, Bluetooth de baja energía (BLE), banda ultraancha (UWB), infrarrojos (IR), ultrasonidos, sistemas magnéticos, ópticos y sistemas de navegación inercial (INS) y de deducción (PDR). Los museos, por su naturaleza, presentan entornos especialmente difíciles para los IPS debido a la densidad de los objetos expuestos, los materiales de construcción únicos y los estrictos requisitos de alta precisión (por ejemplo, +/- 25 cm) para proporcionar información específica sobre las exposiciones. A pesar de los numerosos intentos (Aricò et al., 2023a; Aricò et al., 2023b; Aricò et al., 2024), no ha surgido ninguna tecnología predominante que satisfaga plenamente todos los requisitos para una navegación interior fluida y precisa en entornos tan complejos. Entre los retos comunes se encuentran la complejidad de crear y mantener mapas interiores precisos, la integración de diversos sensores, la calibración, el mantenimiento continuo y la optimización del consumo de energía en los dispositivos móviles. Las aplicaciones existentes suelen combinar el GPS para los segmentos exteriores con balizas BLE (Bluetooth de baja energía) o estaciones numeradas para recorridos interiores, ofreciendo funciones como el uso sin conexión y contenidos multimedia. Algunas también proporcionan actualizaciones en tiempo real y recomendaciones personalizadas. El desarrollo de sistemas de localización interior y exterior robustos y fluidos es fundamental para mejorar la experiencia del usuario en las redes móviles e inalámbricas. Si bien las investigaciones anteriores exploran múltiples tecnologías de posicionamiento, estas siguen estando fragmentadas y, a menudo, son específicas para cada contexto. NextGenGuides introduce un enfoque unificado de localización interior y exterior diseñado explícitamente para lugares culturales, que supera las limitaciones del GNSS y garantiza una precisión espacial constante.

2.3. Navegación móvil para el patrimonio cultural

El modelado tridimensional (3D), en particular mediante fotogrametría, ha encontrado importantes aplicaciones en el ámbito del patrimonio cultural para la documentación, restauración, conservación, presentación e investigación (Barrile et al., 2017; Guidi et al., 2004; Remondino et al., 2009). La fotogrametría, una tecnología 3D basada en imágenes, es una técnica accesible y rentable que procesa imágenes 2D a partir de fotografías estándar y las convierte en datos 3D, lo que la hace útil y práctica para los profesionales del patrimonio cultural. Los modelos 3D mejoran la interpretación detallada de los artefactos digitales, permiten la exploración virtual (por ejemplo, museos virtuales) y facilitan el intercambio de datos arqueológicos entre expertos. A pesar de estas ventajas, persisten algunos retos, como la documentación detallada de geometrías 3D complejas y la gestión de los datos a gran escala y los requisitos computacionales asociados a los modelos de alta fidelidad. La generación y entrega eficientes de este rico contenido multimedia 3D son cruciales para crear experiencias verdaderamente inmersivas para los usuarios. A diferencia de trabajos anteriores centrados principalmente en la documentación estática, NextGenGuides integra el modelado 3D fotogramétrico directamente en una plataforma en vivo para la generación y difusión multimedia en tiempo real.

2.4. Realidad extendida y virtual para el patrimonio cultural

La realidad extendida (XR), que abarca la realidad aumentada (AR), la realidad virtual (VR) y la realidad mixta (MR), ha surgido como una tecnología transformadora para mejorar la participación de los visitantes en contextos de patrimonio cultural. Las aplicaciones de XR proporcionan una narración inmersiva, visualizaciones interactivas y oportunidades de participación remota que los métodos tradicionales no pueden lograr. Investigaciones recientes en un proyecto anterior (por ejemplo, en el Coliseo) muestran el potencial de las visitas basadas en XR, en las que los guías remotos pueden interactuar con los visitantes en tiempo real a través de transmisiones multimedia de baja latencia, geolocalización y activadores geolocalizados dentro de museos o sitios patrimoniales (Pacho Rodríguez et al., 2023). Estos sistemas integran el posicionamiento en interiores, la comunicación de audio/vídeo en tiempo real (por ejemplo, a través de WebRTC) y la generación de contenido de RA/RV para ofrecer información contextual adaptada a la ubicación y orientación del usuario. Además, los estudios demuestran que la combinación de la XR con la personalización de contenidos impulsada por la IA y la reconstrucción en 3D puede aumentar significativamente la satisfacción de los usuarios y los resultados del aprendizaje, al tiempo que fomenta la inclusión de visitantes con movilidad reducida. A pesar de estos avances, las soluciones existentes a menudo se enfrentan a retos relacionados con la escalabilidad, la heterogeneidad de los dispositivos y la integración perfecta de los componentes de XR con ecosistemas turísticos digitales más amplios. Sin embargo, la mayoría de las implementaciones de XR funcionan como experiencias independientes sin integración en ecosistemas turísticos más amplios. NextGenGuides salva esta brecha al incorporar componentes de XR en un marco interconectado de IA y localización, lo que mejora la escalabilidad y la interoperabilidad.

2.5. Tecnologías de turismo accesible

Las personas con discapacidad visual o ceguera (PwVIB) suelen encontrar importantes barreras en el turismo, como dificultades para acceder a la información, desplazarse por entornos físicos y garantizar su seguridad personal. El turismo accesible tiene como objetivo fomentar la independencia y la inclusión a través de servicios especializados y la participación sensorial, reconociendo que las personas con discapacidad visual o ceguera experimentan el mundo a través de sentidos distintos al de la vista. Las tecnologías de asistencia (TA), en particular las aplicaciones para teléfonos inteligentes ofrecen diversas soluciones, como GPS activado por voz, descripciones visuales en tiempo real y funciones de navegación en interiores (por ejemplo, Aira, Be My Eyes, OKO, Blind Square, Good Maps Outdoors, Seeing AI). La aplicación Blind MuseumTourer (Meliones, 2018), por ejemplo, permite una navegación interior autónoma de alta precisión para las personas con discapacidad visual o auditiva en entornos museísticos. Sin embargo, a pesar de estos avances, la aceptación general de las soluciones de AT sigue siendo baja debido a las dificultades para proporcionar la funcionalidad, la eficacia y la facilidad de uso adecuadas para las diversas necesidades. Es necesario un enfoque interdisciplinario, que combine la informática, el diseño y las ciencias cognitivas, para superar estos obstáculos e integrar la accesibilidad de forma fluida en las aplicaciones móviles e inalámbricas. A pesar de los avances en las tecnologías de asistencia, la accesibilidad se suele tratar como un complemento en lugar de como un elemento central del diseño. NextGenGuides aborda esta cuestión incorporando la orientación sensorial en el sistema principal de navegación y contenido, lo que promueve una verdadera inclusividad.

2.6. Posicionamiento de NextGenGuides

NextGenGuides se distingue por ofrecer una solución única, integrada y completa que aborda múltiples lagunas críticas en el panorama actual del turismo digital y la valorización del patrimonio cultural. La singularidad de la plataforma se puede resumir en las siguientes áreas clave:

- Generación de contenidos asistida por IA
 - Soluciones existentes: suelen basarse en procesos puramente automatizados, que a menudo carecen de matices humanos, profundidad emocional y elementos que generen confianza en el contenido.
 - Innovación de NextGenGuides: emplea un enfoque híbrido de colaboración entre humanos e IA. Las herramientas de IA ayudan a los expertos a generar rápidamente contenidos multimedia profesionales y rentables, garantizando la autenticidad y la alta calidad.
- Localización perfecta en interiores y exteriores
 - Soluciones existentes: a menudo se limitan al GPS exterior o a soluciones interiores fragmentadas (por ejemplo, balizas BLE, huellas digitales Wi-Fi), y se enfrentan a retos como la interferencia de señales, la infraestructura variable y las transiciones entre entornos.
 - Innovación de NextGenGuides: proporciona una navegación integrada y precisa en interiores y exteriores con mapas 3D precisos. Está diseñada para superar las limitaciones del GNSS y garantizar transiciones fluidas en sitios culturales complejos.
- Generación de modelos 3D integrados
 - Soluciones existentes: suelen ofrecer una integración 3D limitada o externa, y a menudo se basan en modelos pregenerados con vistas estáticas.
 - Innovación de NextGenGuides: cuenta con una rápida generación de modelos 3D basada en fotogrametría directamente dentro de la plataforma, lo que permite la creación dinámica de activos 3D interactivos de alta calidad.
- Guía para personas con discapacidad visual
 - Soluciones existentes: a menudo dependen de aplicaciones de asistencia independientes, que con frecuencia carecen de una integración profunda con el contenido turístico básico y la navegación.
 - Innovación de NextGenGuides: incorpora orientación sensorial integrada a través de dispositivos móviles para una inclusión total, ofreciendo sugerencias sensoriales alternativas (audio, mapas) directamente dentro de la plataforma principal.
- Comercio electrónico/mercado para contenidos especializados
 - Soluciones existentes: Por lo general, utilizan plataformas de comercio electrónico estándar no especializadas en contenido multimedia generado por expertos, o sitios genéricos de reserva de viajes.
 - Innovación de NextGenGuides: ofrece un mercado especializado para contenidos multimedia generados por expertos (de pago/gratuitos), fomentando la comercialización directa por parte de guías e instituciones.
- Enfoque en la cocreación de la comunidad y los expertos
 - Soluciones existentes: Muestran contenido limitado generado por los usuarios, a menudo informal (por ejemplo, reseñas en redes sociales), sin un marco estructurado para la co-creación por parte de expertos.
 - Innovación de NextGenGuides: proporciona un marco para la generación de contenido por parte de expertos y la comunidad, creando una «red de intereses y valores» para el turismo de próxima generación.

El enfoque de NextGenGuides para la generación de contenidos representa un avance significativo. A diferencia de las herramientas de contenido de IA puramente automatizadas, que pueden carecer de profundidad emocional y confianza, NextGenGuides emplea un marco de «generación asistida» en el que las herramientas de IA/ML y la IA generativa ayudan a los expertos humanos (guías turísticos, personal de museos) a crear rápidamente contenido multimedia profesional. Este enfoque supervisado garantiza la calidad, la autenticidad y los matices culturales del contenido, superando una limitación clave de las aplicaciones actuales de IA en este ámbito.

Este modelo híbrido es especialmente relevante para demostrar cómo la IA puede aumentar la experiencia humana en aplicaciones prácticas.

Otra característica distintiva de la plataforma es su geolocalización interior y exterior precisa y sin fisuras con mapas en 3D. Si bien existen varios sistemas de posicionamiento interior, NextGenGuides estudia e integra específicamente soluciones de hardware y software para la «localización y navegación orientadas al consumo de contenidos» tanto en entornos interiores como exteriores, lo que requiere explícitamente «mapas 3D precisos» y está diseñado para funcionar donde el GNSS (Satélite) es insuficiente. Esto va más allá de las aplicaciones de navegación genéricas o las soluciones interiores fragmentadas, ya que su objetivo es lograr una transición verdaderamente fluida y una alta precisión dentro de sitios culturales complejos, lo que contribuye directamente al tema «Posicionamiento, localización y seguimiento» en las redes móviles.

Además, NextGenGuides integra la orientación automatizada para personas con discapacidad visual directamente en su plataforma central, en lugar de depender de aplicaciones de asistencia independientes. Esto incluye ofrecer sugerencias sensoriales alternativas (audio, mapas, etc.) a través de dispositivos móviles y auriculares. De este modo, se proporciona una experiencia accesible más integrada y holística desde el principio, lo que fomenta una mayor independencia e inclusión. Este paradigma de diseño inclusivo es una aplicación vital de los servicios a través de redes inalámbricas y móviles.

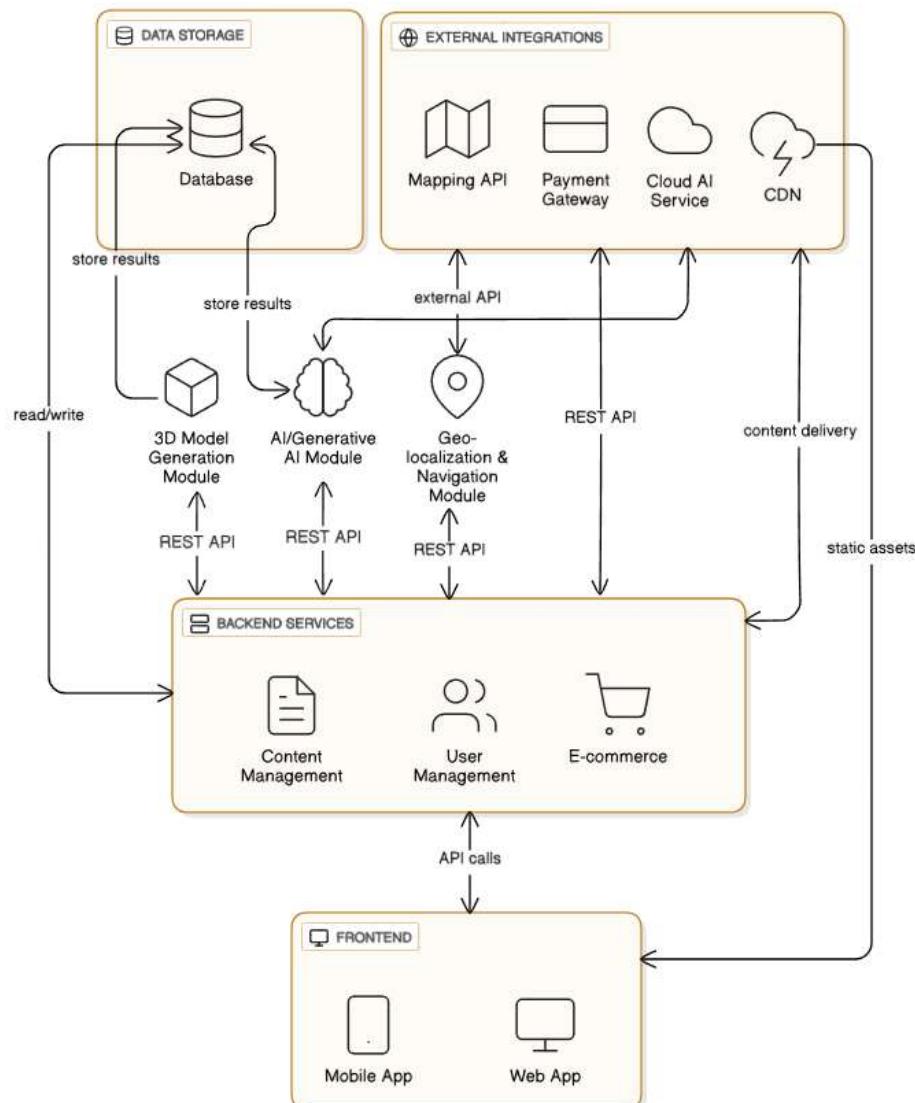
Más allá de las características técnicas individuales, NextGenGuides propone un ecosistema integral que incluye un mercado de comercio electrónico integrado y un marco de cocreación. Esto fomenta una «red de intereses y valores» para el sector turístico de nueva generación, lo que permite a los profesionales comercializar contenidos y promover las economías locales. Este impacto más amplio, que no suele encontrarse en las plataformas puramente técnicas o de distribución de contenidos, demuestra un enfoque holístico del turismo digital que se ajusta a los intereses de la economía de redes y el diseño de plataformas.

3. Metodología y diseño del sistema

3.1. Arquitectura general del sistema

La plataforma NextGenGuides está diseñada sobre una arquitectura basada en la nube, modular y escalable, como se muestra en la figura 1, para dar soporte dinámico a un número creciente de usuarios y a un volumen de datos cada vez mayor, garantizando un rendimiento óptimo y una disponibilidad continua del servicio.

Figura 1. Arquitectura general de la plataforma. Muestra el flujo de datos entre el frontend, los servicios backend, los módulos de IA/3D, la geolocalización y las integraciones externas mediante API REST y almacenamiento compartido.



Fuente: Elaboración propia, 2025.

3.2. Marco de IA/IA generativa para la creación de contenidos

Un componente fundamental de la plataforma NextGenGuides es su marco patentado, diseñado para la «creación asistida de contenido multimedia y rutas turísticas guiadas y geolocalizadas». Este marco aprovecha herramientas avanzadas de IA/ML e IA generativa, lo que permite a los operadores, guías y expertos en museos generar rápidamente «contenido eficaz y profesional» de forma integrada, indistinguible de otro contenido generado manualmente y a un coste mucho menor. El sistema aprovechará los servicios externos en la nube para acceder y utilizar modelos avanzados de IA, lo que garantizará el acceso a capacidades de vanguardia.

3.3. Sistema avanzado de geolocalización y navegación

El proyecto incluye la implementación de sistemas de seguimiento y navegación de rutas tanto en interiores como en exteriores, lo que requiere mapas 3D precisos. Este enfoque es especialmente importante en entornos en los que la navegación por satélite tradicional (GNSS) es imprecisa o no

funciona, como en el interior de museos complejos o en zonas urbanas densamente construidas. El objetivo del sistema es ayudar a los usuarios a pasar sin problemas de los sitios culturales interiores a los exteriores, basándose en datos de ubicación precisos transmitidos a través de canales inalámbricos.

3.4. Generación de modelos 3D

NextGenGuides investigará soluciones para la generación rápida de modelos 3D de obras de arte, lugares de interés y modelos multimedia, basados en la fotogrametría. Esta capacidad permite la creación de representaciones 3D de alta calidad de los activos culturales, que son esenciales para ofrecer experiencias digitales inmersivas a los usuarios. La generación eficiente y la posterior entrega de estos complejos contenidos multimedia 3D a través de redes inalámbricas son cruciales para mejorar las capacidades de las redes multimedia inalámbricas dentro de la plataforma.

3.5. Sistema de orientación sensorial para usuarios con discapacidad visual

Un aspecto único e inclusivo del proyecto es el estudio de soluciones para la orientación automática de personas ciegas y con discapacidad visual. Esto implica guiar a los usuarios a través de experiencias sensoriales alternativas (audio, mapas, etc.) que se transmitirán a través de dispositivos móviles, auriculares u otros sistemas. Nuestro sistema está diseñado para integrarse directamente con las funciones de navegación principales de la aplicación móvil, lo que garantiza que la accesibilidad sea un elemento fundamental y no un complemento.

3.6. Estrategia de validación y pruebas piloto

Para abordar la necesidad de una aplicabilidad práctica rigurosa y mitigar las limitaciones identificadas en relación con la falta de resultados empíricos, se implementará una estrategia de validación estructurada en dos fases.

3.6.1. Fase 1: Validación técnica y de viabilidad

Esta fase se centra en garantizar que los componentes tecnológicos básicos de la plataforma sean robustos, escalables y cumplan con los parámetros de rendimiento.

- Pruebas de precisión de la geolocalización: Realizar pruebas de campo controladas en un sitio de patrimonio cultural complejo (por ejemplo, un museo de varios pisos o unas ruinas arqueológicas). La métrica principal será el error de localización (en cm) tanto para transiciones solo en interiores como para transiciones fluidas entre interiores y exteriores, comparando explícitamente el rendimiento del sistema con las aplicaciones estándar que solo utilizan GNSS, cuando estén disponibles. La precisión objetiva para la información específica de la exposición será de ±25 cm.
- Análisis de rendimiento y escalabilidad: evaluar la flexibilidad de la arquitectura basada en la nube simulando un gran volumen de usuarios simultáneos y transacciones de datos. Las métricas incluirán la latencia de la red, el tiempo de respuesta de la API y el consumo de energía en los dispositivos móviles durante la transmisión de contenidos y la localización en tiempo real.
- Eficiencia en la generación de contenidos: cuantificar las ganancias de eficiencia del marco de colaboración entre humanos e IA. Esto implicará una comparación de tiempo y costes entre la generación manual de una visita multimedia estandarizada (por ejemplo, 5 puntos de interés) y el uso de herramientas asistidas por IA.

3.6.2. Fase 2: Validación de la experiencia del usuario y la inclusividad

Esta fase se dedica a evaluar la eficacia práctica, la usabilidad y el impacto social de la plataforma con los usuarios finales.

- Estudios de usabilidad (UX): Realizar pruebas específicas con dos grupos de usuarios clave: guías turísticos profesionales/personal de museos (operadores) y turistas en general (consumidores). Se recopilarán comentarios sobre el flujo de trabajo del sistema de gestión de contenidos (CMS), la intuitividad de la interfaz de la aplicación móvil y la satisfacción general de los usuarios (puntuación SUS).
- Evaluación de la inclusividad y la accesibilidad: Realizar pruebas especializadas con personas con discapacidad visual utilizando el sistema de orientación sensorial. La evaluación se centrará en la eficacia de las señales de navegación no visuales, la claridad de las sugerencias sensoriales alternativas y el fomento general de la independencia y la inclusividad durante la visita cultural.
- Autenticidad y fiabilidad del contenido: Realizar estudios cualitativos (entrevistas/encuestas) para evaluar la percepción de los usuarios sobre la autenticidad, la profundidad emocional y la fiabilidad del contenido generado a través del marco de colaboración entre humanos e IA, abordando una limitación clave del contenido de IA puramente automatizado.

4. Resultados y discusión

El proyecto NextGenGuides ha sido sometido a pruebas preliminares con un grupo restringido de empresarios, lo que ha confirmado su viabilidad técnica y comercial. Se han recibido comentarios positivos de varios usuarios y beneficiarios potenciales, entre los que se incluyen directores de museos, guías turísticos expertos y especialistas en conservación del patrimonio cultural, lo que valida la necesidad del mercado y el concepto inicial. Se ha generado y distribuido con éxito contenido piloto, incluyendo multimedia geolocalizada como podcasts, con fines de demostración y prueba, lo que ha permitido mostrar las capacidades de entrega de contenido de la plataforma. Se espera que las ganancias en eficiencia previstas gracias al marco de generación de contenidos asistido por IA sean sustanciales, lo que permitirá la producción rápida de contenidos profesionales de alta calidad a un coste significativamente reducido, lo cual es un objetivo clave para ampliar los contenidos. Se espera que las pruebas iniciales de geolocalización en entornos relevantes demuestren una mayor precisión, especialmente en las difíciles transiciones entre interiores y exteriores, cumpliendo así un requisito técnico fundamental para una experiencia de usuario fluida.

NextGenGuides está preparada para aportar varias contribuciones significativas en los sectores del turismo digital y el patrimonio cultural. La plataforma proporcionará una experiencia de usuario mejorada, ofreciendo viajes inmersivos y personalizados que enriquecerán el compromiso de los turistas con el patrimonio cultural a través de contenidos multimedia de alta calidad y una navegación fluida. Mediante la creación de un mercado de comercio electrónico dedicado a guías y expertos, NextGenGuides estimulará el sector turístico, permitiendo nuevas fuentes de ingresos y fomentando una vibrante «red de intereses y valores» para la industria turística de próxima generación. Una contribución crucial radica en la promoción del turismo sostenible. Al permitir la creación conjunta de guías y contenidos digitales, el proyecto apoya modelos de turismo «ecológicos» y «sostenibles».

Desde el punto de vista tecnológico, el proyecto supone un avance significativo en la innovación de las TIC, impulsando a niveles superiores las plataformas de contenidos basadas en la inteligencia artificial, los sistemas de localización avanzados y las aplicaciones móviles accesibles. La arquitectura modular basada en la nube garantiza una alta escalabilidad y replicabilidad, lo que permite desplegar la solución en diversos contextos turísticos (ciudades, regiones, países) e incluso adaptarla a otros sectores como la educación, la industria y la sanidad.

El énfasis del proyecto en la «cogeneración de contenidos» y la «incorporación de los beneficiarios con licencias subvencionadas o gratuitas» sugiere un modelo de Plataforma-Servicio (PaaS) impulsado por la comunidad para la creación de contenidos culturales. Esto va más allá de la entrega tradicional de contenidos hacia un ecosistema más descentralizado y colaborativo. Esta aproximación es particularmente relevante, ya que puede conducir a una biblioteca de contenidos

más diversa, auténtica y en rápida expansión, reduciendo la carga sobre un equipo central y fomentando potencialmente una economía de contenidos turísticos más resistente y adaptable.

5. Conclusión

Este documento presenta NextGenGuides, una innovadora plataforma multimedia que está llamada a revolucionar el turismo cultural digital mediante la integración estratégica de tecnologías avanzadas. Si bien establece principalmente el diseño innovador, la arquitectura del sistema y la viabilidad técnica de la plataforma, se reconoce la ausencia de resultados empíricos a gran escala. El enfoque inmediato se ha centrado en el desarrollo de una solución integral y completa que aborde los retos fragmentados del panorama del patrimonio digital, con un novedoso marco de colaboración entre humanos e inteligencia artificial para la generación de contenidos escalables y genuinos, un sistema avanzado y fluido de geolocalización interior y exterior diseñado específicamente para enclaves culturales complejos, y una solución integrada de orientación sensorial que garantiza la accesibilidad completa para los usuarios con discapacidad visual. Esto aborda directamente los principales retos y oportunidades críticas de las herramientas basadas en la inteligencia artificial para la creación de redes, el posicionamiento, la localización y el seguimiento.

El trabajo futuro se centrará en ampliar la implementación en el mundo real y la validación rigurosa de la plataforma NextGenGuides. Esto incluye un mayor perfeccionamiento de los modelos de IA para la generación de contenidos basados en los comentarios de los usuarios y en datos a gran escala, así como la optimización de los algoritmos de geolocalización para lograr una precisión y una solidez aún mayores en entornos diversos y difíciles.

Una importante faceta que se deberá explorar en el futuro es la integración de tecnologías inalámbricas emergentes, como las 5G/6G. Se espera que estos avances permitan una transmisión multimedia con baja latencia y una precisión de localización mejorada, lo que enriquecerá aún más la experiencia inmersiva del usuario. Además, se investigará el potencial de la computación periférica para permitir un procesamiento de IA más receptivo en el dispositivo y una adaptación del contenido en tiempo real, lo que reducirá la dependencia de los recursos centralizados en la nube y mejorará el rendimiento general del sistema.

Las investigaciones futuras también estudiarán nuevos mecanismos de retroalimentación sensorial y experiencias multisensoriales personalizadas para usuarios con discapacidad visual, aprovechando la retroalimentación háptica para la navegación y las realidades de audio aumentadas para crear interacciones aún más ricas e inclusivas. Por último, se llevará a cabo una evaluación exhaustiva del rendimiento en implementaciones a gran escala para evaluar la escalabilidad del sistema, la latencia de la red y el consumo de energía en los dispositivos móviles, garantizando la viabilidad y la eficiencia a largo plazo de la plataforma.

6. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Universidad e Investigación Italiano (MUR) en el marco del proyecto PRIN PRODE «Probabilistic declarative process mining» (Minería de procesos declarativos probabilísticos), CUPH53D23003420006.

Smartly Engineering ha recibido un apoyo parcial del Programa Calabria FESR – FSE 2021-2027 «Apoyo a proyectos de investigación, desarrollo e innovación, incluso en colaboración con organizaciones de investigación, en las áreas prioritarias y en las trayectorias de la estrategia S3», CUP J39I24002040005.

Referencias

- Alkhawaja, F., Jaradat, M., & Romdhane, L. (2019). Techniques of Indoor Positioning Systems (IPS): A Survey. *2019 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET)*, (pp. 1-8). <https://doi.org/10.1109/ICASET.2019.8714291>
- Aricò, M., Dardanelli, G., La Guardia, M., & Lo Brutto, M. (2024). Three-Dimensional Documentation and Virtual Web Navigation System for the Indoor and Outdoor Exploration of a Complex Cultural Heritage Site. *Electronics*, 13(14), 2833. <https://doi.org/10.3390/electronics13142833>
- Aricò, M., La Guardia, M., & Lo Brutto, M. (2023a). WEB EXPLORATION OF CULTURAL HERITAGE WITH LIMITED ACCESSIBILITY: FIRST EXPERIMENTATION FOR HYPOGEUM ARCHAEOLOGICAL SITES. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVIII-M-2-2023, 111-117. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-2-2023-111-2023>
- Aricò, M., La Guardia, M., & Lo Brutto, M. (2023b). 3D Data Integration for Web Fruition of Underground Archaeological Sites: A Web Navigation System for the Hypogeum of Crispia salvia (Marsala, Italy). *Heritage*, 6(8), 5899-5918. <https://doi.org/10.3390/heritage6080310>
- Barrile, V., Bilotta, G., & Lamari, D. (2017). 3D models of Cultural Heritage. *International journal of mathematical models and methods in applied sciences*, 11, 1-8.
- Florido-Benítez, L., & del Alcázar Martínez, B. (2024). How Artificial Intelligence (AI) Is Powering New Tourism Marketing and the Future Agenda for Smart Tourist Destinations. *Electronics*, 13(21), 4151. <https://doi.org/10.3390/electronics13214151>
- Guidi, G., Beraldin, J.-A., & Atzeni, C. (2004). High-accuracy 3D modeling of cultural heritage: the digitizing of Donatello's «Maddalena». *IEEE Transactions on Image Processing*, 13, 370-380. <https://doi.org/10.1109/TIP.2003.822592>
- Ilieva, G., Yankova, T., & Klisarova-Belcheva, S. (2024). Effects of Generative AI in Tourism Industry. *Information*, 15(11), 671. <https://doi.org/10.3390/info15110671>
- Lazzeretti, L., Oliva, S., Innocenti, N., & Capone, F. (2025). Rethinking culture and creativity in the digital transformation. *European Planning Studies*, 33(5), 671-679. <https://doi.org/10.1080/09654313.2022.2052018>
- Madzik, P., Falát, L., Copuš, L., & Valeri, M. (2023). Digital transformation in tourism: bibliometric literature review based on machine learning approach. *European Journal of Innovation Management*, 26(7), 177-205. <https://doi.org/10.1108/EJIM-09-2022-0531>
- Mallikarjuna, B., & Chittamsetty, P. (2024). Generative Artificial Intelligence: Fundamentals and Evolution. En K. Raza, N. Ahmad, & D. Singh (Edits.), *Generative AI: Current Trends and Applications* (pp. 3-17). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-8460-8_1
- Meliones, A. a. (2018). Blind MuseumTourer: A System for Self-Guided Tours in Museums and Blind Indoor Navigation. *Technologies*, 6(1), 4. <https://doi.org/10.3390/technologies6010004>
- Pacho Rodríguez, G., Simões, B., Da Costa Paulo, B., & Domínguez Fanlo, A. (2023). Web-based geolocated, teleoperated and interactive XR tours for cultural inheritance. *Proceedings of the 28th International ACM Conference on 3D Web Technology*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3611314.3615908>

- Remondino, F., Girardi, S., Rizzi, A., & Gonzo, L. (July de 2009). 3D modeling of complex and detailed cultural heritage using multi-resolution data. *J. Comput. Cult. Herit.*, 2(1), 1-20. <https://doi.org/10.1145/1551676.1551678>
- Sun, X., Zhuang, Y., Zheng, Z., Zhang, H., Wang, B., Wang, X., & Zhou, J. (2025). Tightly coupled integration of Visible Light Positioning, GNSS, and INS for indoor/outdoor transition areas. *Information Fusion*, 117, 102781. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.inffus.2024.102781>
- Suri, C. S. (2024). Generative AI in Content Creation: Opportunities and Ethical Challenges. *2024 IEEE 11th Uttar Pradesh Section International Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering (UPCON)*. <https://doi.org/10.1109/UPCON62832.2024.10983285>
- Trunfio, M., Lucia, M. D., Campana, S., & Magnelli, A. (2022). Innovating the cultural heritage museum service model through virtual reality and augmented reality: the effects on the overall visitor experience and satisfaction. *Journal of Heritage Tourism*, 17(1), 1-19. <https://doi.org/10.1080/1743873X.2020.1850742>
- Zolanski, A., & Borcea, R. (2024). Using AI to build from text to video for tourism marketing. *International Journal of Art, Design, and Metaverse*, 1(2), 31-38.