



Competición CAEPIA-App: MonuMAI, una app para incrementar el valor social del patrimonio-arquitectónico andaluz

Francisco Herrera*, Álvaro Martínez-Sevilla*, Siham Tabik*, Rosana Montes*, Alberto Castillo*,
Teresa Cruz Sánchez[†] and José Policarpo Cruz[‡]

**Instituto Interuniversitario de Investigación en Data Science and Computational Intelligence, DaSCI
Universidad de Granada*

Granada, España

Email: herrera@decsai.ugr.es, asevilla@ugr.es, siham@ugr.es, rosana@ugr.es, albertocl@ugr.es

[†]*Fundación Descubre*

Granada, España

Email: teresa.cruz@fundaciondescubre.es

[‡]*Departamento de Historia del Arte*

Universidad de Granada

Granada, España

Email: jcruz@ugr.es

Resumen—MonuMAI es una aplicación móvil (app) que se desarrolla en el marco de un proyecto de Ciencia Ciudadana del mismo nombre. El objetivo de la app es desarrollar un sistema inteligente para reconocer los diferentes estilos artísticos y aportar información y relaciones sobre las proporciones y otros elementos geométricos en el arte. La app permite usos de divulgación de la ciencia y de fines docentes en áreas como las matemáticas, turismo, arte e historia. En el caso de las matemáticas, ayuda a determinar las relaciones entre las proporciones de los diferentes elementos geométricos en cada estilo artístico. En historia, es una herramienta que puede ayudar a para comprobar las influencias y relaciones entre los estilos de diferentes épocas. En turismo cultural, el turista puede saber el estilo artístico existente en cada parte de un monumento. El canal que conecta al proyecto con la ciudadanía es principalmente la app, pero también se apoya en una web vinculada, que contiene recursos formativos específicos que pretenden generar una experiencia activa que integre monumentos, arte, matemáticas, cultura, ciencia e Inteligencia Artificial. El proyecto está promovido por la Fundación Descubre y la Universidad de Granada.

I. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La identificación del estilo arquitectónico de un monumento es muy valiosa en muchos campos, en turismo, arquitectura, arte, arqueología y educación. La capacidad de identificar correctamente el estilo de la fachada de un monumento, o del retablo interior ha sido y sigue siendo un privilegio del ojo de un experto. Existen muy pocas publicaciones en esta línea y todas ellas se centran en la clasificación de un elemento concreto de la imagen de la fachada, por ejemplo una torre o ventana, y en un máximo de dos estilos usando métodos clásicos de procesamiento de imágenes [1], [2]. No hay inmediatez ni autonomía por parte del ciudadano ante la simple pregunta que le surge al encontrarse frente a los elementos patrimoniales que fotografía con su móvil.

II. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN MONUMAI

La app MonuMAI, tiene como punto fuerte su componente de Inteligencia Artificial (AI), y es capaz de reconocer de forma autónoma estilos arquitectónicos presentes en las imágenes sincronizadas con el sistema. Las técnicas empleadas (aprendizaje automático o Deep Learning) permiten al sistema ser autónomo en su tarea y mejorar con el uso. Machine Learning (ML) es la rama de la AI que tiene como objetivo desarrollar técnicas que permitan a las computadoras aprender. Las redes neuronales artificiales profundas, comúnmente llamadas Deep Learning (DL), forman un subconjunto de algoritmos de ML capaz de aprender de los datos de forma autónoma sin supervisión humana. Estos modelos son capaces de extraer las características básicas y complejas de los datos de forma automática. En los últimos años, las redes neuronales profundas están mostrando tener un altísimo potencial en el reconocimiento tanto de patrones espaciales como temporales en distintos tipos de datos, como imágenes, vídeos o texto [3], [4]. Hasta la fecha, no existe ninguna herramienta automática basada en el uso de dispositivos *smartphones* para la identificación de los estilos arquitectónicos de los monumentos. Tampoco existe una taxonomía o algún tipo de estructura jerárquica que especifique las relaciones que hay entre los diversos estilos arquitectónicos.

El desarrollo del componente AI de la app se basa en dos pilares, (i) una base de datos amplia de calidad y (ii) un modelo de redes neuronales convolucionales (CNNs). La base de datos ha sido construida usando imágenes de diversos monumentos andaluces seleccionadas de distintos portales de Internet. El modelo de reconocimiento de estilos arquitectónico está basado en el modelo Faster-RCNN, que representa el estado del

arte en detección de objetos en imágenes [5].

III. TECNOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Para este proyecto se cuenta con un servidor dedicado en exclusiva de reciente adquisición. Para soportar la carga de trabajo que supone el uso de librerías como Tensor Flow se requieren tarjetas gráficas (GPU – *Graphic Process Unit*) de alto rendimiento, y también de un alto grado de especificidad, por ello se utiliza las GF GTX 1080 - 8 GB GDDR5X - PCIe 3.0 x16 - DVI, HDMI, 3 x DisplayPort.

El servidor ejecuta el modelo DL y aloja a su vez la base de datos de fotografías etiquetadas, así como el servidor web del cual la app se nutre de información y actualizaciones (por ejemplo nuevos estilos arquitectónicos o elementos reconocidos dentro de un estilo particular). Gracias al uso de API REST específicas, la app es ligera y de diseño simple. Se ha desarrollado de forma nativa para iOS y Android.

IV. UTILIDAD DE LA APLICACIÓN

Se desea que los ciudadanos, o los turistas, mientras pasean por las ciudades, adquieran un nuevo concepto del patrimonio inmueble que nos rodea. Que le preste un mayor valor al patrimonio por conocer más de él y hacerlo desde distintos prismas o ciencias que se complementan. Como se muestra en la Figura 1, los usuarios conocen MonuMAI como cuatro elementos que se combinan:

- El arte, por el descubrimiento del estilo artístico subyacente en la fachada del edificio gracias al algoritmo de DL. El usuario una vez descubre el estilo, puede ampliar información desde la app.
- Las matemáticas, a través de la puesta en práctica de ejercicios que permitan descubrir las proporciones empleadas en la construcción de cualquier elemento constitutivo del inmueble.
- La inteligencia artificial, mediante la colaboración activa en la mejora del modelo de reconocimiento y la contribución colectiva al desarrollo de una base de datos estructurada.
- Divulgación de la historia u otra información relevante, que podrá ser compartida y por los usuarios de MonuMAI.
- El uso de la app se convierte en un ejercicio de ciencia ciudadana. El usuario se siente participe con nosotros de estas actividades:
 - Entrenar a nuestro algoritmo, formando parte de un equipo de investigación en Ciencia Ciudadana. Queremos enseñar a nuestro algoritmo a identificar con precisión los diferentes estilos arquitectónicos que aparecen en la fotografía de un monumento.
 - Además, juntos descubriremos si es cierto que hay una tendencia a sentir como más bellas un tipo de proporciones sobre otras; investigaremos juntos sobre el secreto matemático de la belleza de nuestros monumentos.



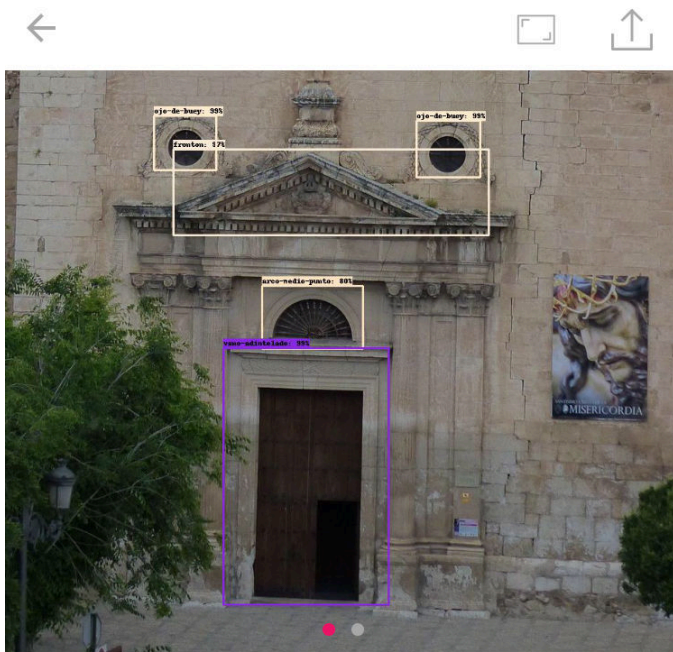
Figura 1. MonuMAI = Monumentos + Matemáticas + IA + Divulgación

V. CARACTERÍSTICAS DE LA APP MONUMAI

La aplicación nativa para las plataformas iOS ¹ y Android ² permite identificar elementos artísticos en fotografías de monumentos a través de Inteligencia Artificial. Con MonuMAI además se puede acceder a fotografías publicadas por otros usuarios y aprender acerca del arte y las matemáticas presentes en la arquitectura. Se hace a partir del resultado devuelto por el servidor a partir de la imagen enviada por el usuario. Un ejemplo de este resultado se muestra en la Figura 2 que presenta marcos sobre la imagen y un listado de etiquetas-

¹Apple Store <https://itunes.apple.com/us/app/monumai/id1397249529?i=es&ls=1&mt=8>

²Google Play <https://play.google.com/store/apps/details?id=es.everywaretech.monumai>



Elementos artísticos identificados

Ojo de Buey (99%) **renacentista** **barroco**

Vano Adintelado (99%) **renacentista** **barroco**

Frontón (97%) **renacentista**

Arco Medio Punto (80%) **renacentista** **barroco**



Figura 2. Resultado devuelto por el modelo en términos de detección y confiabilidad sobre determinados elementos arquitectónicos

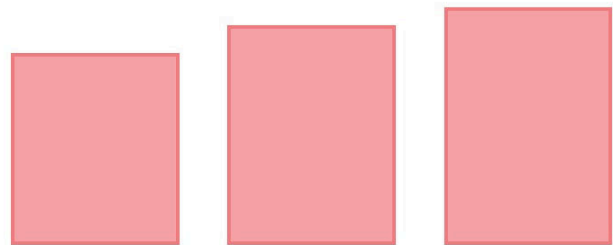
valor devuelto por el algoritmo. La aplicación permite desde ahí obtener un texto de explicación de los elementos arquitectónicos y estilos de arte. En la sección MonuMAI es se explica las posibilidades de la Inteligencia Artificial y cómo se aplica en el proyecto.

La aplicación se completa con dos funciones que relacionan las matemáticas y el arte:

- Una encuesta sobre las proporciones en el arte, solicitándole al usuario elegir entre qué proporciones les resultan más atractivas/estéticas. Siguiendo la Figura 3 el usuario selecciona una de entre las proporciones *bajas*, una de entre tres proporciones *medias*, y escoge también de entre tres proporciones *altas*. Finalmente el usuario escoge entre las tres primeras elecciones cual es la proporción que le parece más bella, sin conocer

Cancelar ¿Cuál es tu proporción favorita?

Escoge, tocando sobre ella, la proporción que te parezca más estética o te guste más de estas 3.



1/4

Siguiente

Figura 3. Una sencilla encuesta nos ayudará a descubrir qué proporciones son más bellas en la actualidad

previamente cuáles son estas.

- La posibilidad de encontrar proporciones matemáticas (n° áureo, raíz de 2, cordobesa, etc.) dentro de la imagen tomada. Para ello se propone al usuario seleccionar un área rectangular en la imagen del monumento (asociada a un arco, portón, ventana, etc.) de forma que la aplicación resuelve a qué proporción se aproxima.

VI. LA WEB MONUMAI

El portal web <http://monumai.ugr.es>, sirve de difusión para el proyecto y las aplicaciones móviles y permite a cualquiera visualizar la galería de monumentos enviadas por los usuarios de MonuMAI y etiquetadas por el algoritmo de IA. Cabe destacar que el sitio web cuenta con una sección con acceso



identificado para la administración de las imágenes enviadas, permitiendo a los administradores validar su viabilidad para la publicación online y a los investigadores obtener una base de datos de resultados para mejorar el algoritmo de etiquetado. Por otra parte, a nivel de servidor también se ha desarrollado un API REST de servicios para la comunicación con las aplicaciones móviles, permitiendo así la publicación de imágenes y la obtención de resultados.

VII. CONCLUSIONES

La actual sociedad de la información y del conocimiento, una sociedad en la que la tecnología se integra cada vez más en el día a día, debe y puede destacar el valor cultural, arquitectónico, artístico y matemático que subyace en los cientos de iglesias, catedrales u otros edificios destinados a la administración que pueblan el panorama del patrimonio-inmueble andaluz. MonuMAI consigue ser una herramienta eficiente, basada en IA, que acercar al de forma activa a la ciencia desde distintas perspectivas, al mismo tiempo que de proporciona un rol de divulgador.

REFERENCIAS

- [1] M. A. W. J. H. S. V. G. L. Mathias, M., "Automatic architectural style recognition," *ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 3816, pp. 171–176, 2012.
- [2] G. Shalunts, "Architectural style classification of building facade towers," in *Lecture Notes in Computer Science*, B. G. et al. (eds) *Advances in Visual Computing*, Ed. Springer, Cham., 2015, vol. 9474.
- [3] S. I. H. G. Krizhevsky, A., "Imagenet classification with deep convolutional neural networks," *Advances in neural information processing systems*, pp. 1097–1105, 2012.
- [4] P. D. H. A. H. F. Tabik, S., "A snapshot of image pre-processing for convolutional neural networks: case study of mnist," *International Journal of Computational Intelligence Systems*, vol. 10, p. 555–568, 2017.
- [5] H. K. G. R. S. J. Ren, S., "Towards real-time object detection with region proposal networks," *Advances in neural information processing systems*, pp. 91–99, 2015.