Un nuevo modelo de IA creado por el grupo de investigación GIAP permite detectar sistemas de regadío subterráneos con una precisión nunca vista

La investigación, publicada en la revista *Journal of Archaeological Science*, es un avance clave en la identificación de qanats en Oriente Próximo, África y más allá.

Nazarij Buławka, Hector A. Orengo e Iban Berganzo-Besga, miembros del equipo de arqueología computacional del grupo GIAP, han creado un modelo de IA que permite mapear sistemas de riego subterráneos (*qanats*) utilizando inteligencia artificial e imágenes de espionaje de la era de la Guerra Fría.

El desarrollo del modelo se ha llevado a cabo en el marco del proyecto **UnderTheSands**, financiado por la Unión Europea (HORIZON-MSCA-2021-PF-01-101062705). El modelo puede localizar cerca del 63 % de todos los pozos con una precisión del 88 %, lo que lo convierte en el modelo más preciso hasta la fecha. Además, a diferencia de otros, puede utilizar varios tipos de imágenes satelitales y aplicarse en distintas regiones.

Los resultados han sido publicados en la revista *Journal of Archaeological Science*. Distintos medios, como las prestigiosas revistas ***New Scientist*** y *National Geographic Polonia*, así como varios portales internacionales en inglés, español, francés, búlgaro, sueco y japonés, se han hecho eco de la investigación.

Contingut extret de la web de l'ICAC (www.icac.cat)

Figura 1: La línea de pozos de «qanat» en la zona de Chashmal-i Ali, cerca de Teheran (Iran) (según Schmidt 1940, pl. 37a; Buławka, Orengo y Berganzo-Besga 2024, Fig. 1).

Los *qanats*: el ingenio hidráulico que llevó el agua al desierto

Los *qanats*, o *karez* (kārēz), son canales subterráneos que extraen agua de acuíferos o torrentes de montaña. Un *qanat* se cava con una pendiente gradual, lo que permite el flujo de agua limpia esencial para el uso doméstico y el riego, y a menudo se conecta con el sistema de canales. Este tipo de estructura se conoce con diferentes nombres, ya que su uso se ha extendido a muchas partes del mundo, incluyendo América del Sur y Japón.

Tal como mencionó el profesor Hector A. Orengo (ICREA-BSC-ICAC) en una entrevista con *New Scientist*, «permitieron que la gente viviera en áreas donde antes habría sido

impensable». En España también se pueden encontrar ejemplos de *qanats*, conocidos localmente como «galerías filtrantes» o «cimbras». Curiosamente, los *qanats* siguen en uso hoy en día, por ejemplo, en Marruecos, donde se conocen como *khetarra* (o *foggara*).

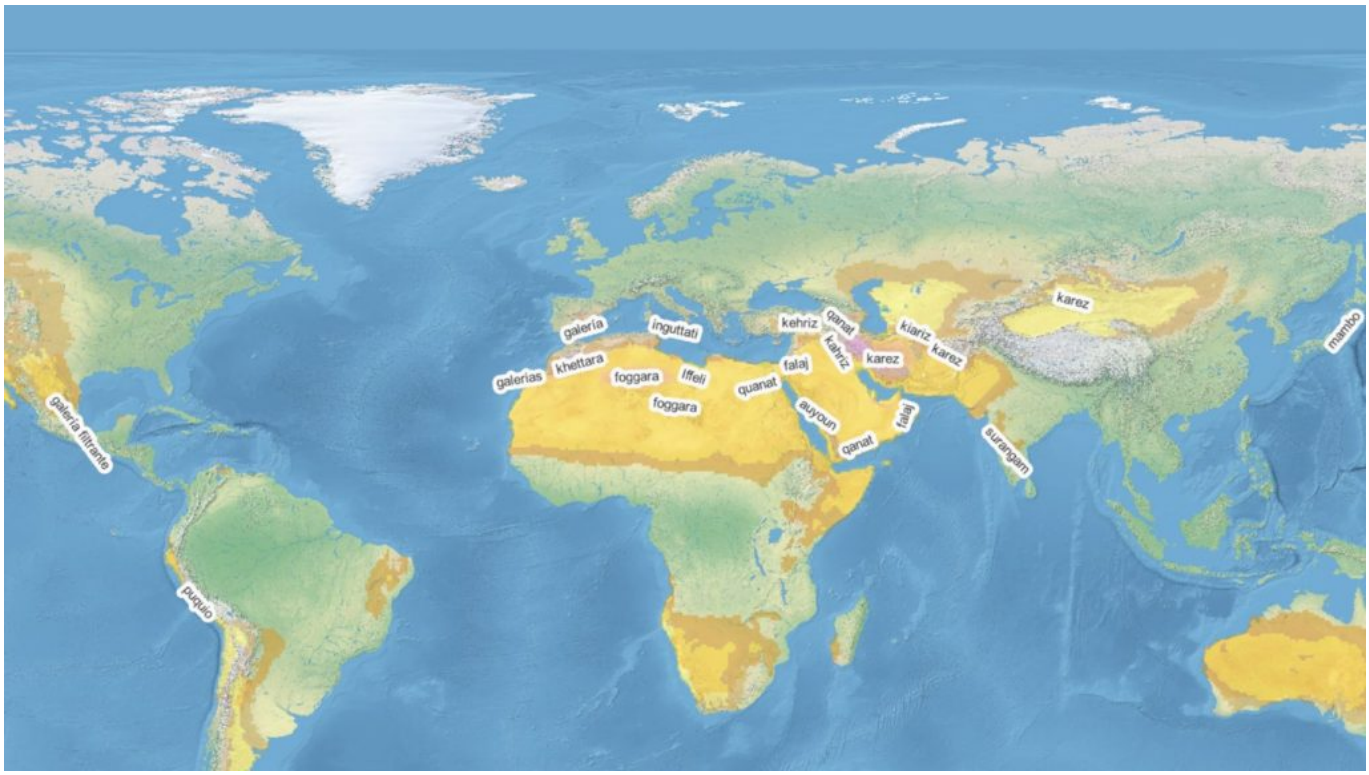

Figura 2: Distribución de qanats en zonas áridas del mundo (Nazarij Buławka; Basemap: Natural Earth, clima árido y semiárido según la clasificación climática de Köppen-Geiger [1]).

La mayoría de los investigadores creen que esta técnica se originó en Irán, mientras que otros afirman que los más antiguos conocidos son de Omán. Se acepta generalmente que la difusión de los *qanats* está relacionada con la expansión del Imperio aqueménida (650–330 a. C.) y, posteriormente, con las conquistas árabes (a partir del siglo VII d. C.), que se extendieron por el norte de África y la península ibérica. Con la colonización española, los *qanats* también llegaron a las Américas. La descripción técnica más antigua de cómo construir *qanats* proviene del sabio persa Abubakr Mohammad Karaji (953–1029 d. C.).

Contingut extret de la web de l'ICAC (www.icac.cat)

El uso de imágenes satelitales desclasificadas y una IA pionera revela secretos antiguos ocultos bajo tierras áridas

En la superficie, un sistema de *qanat* es una línea de pozos espaciados regularmente, utilizados para eliminar escombros durante la excavación o para limpiar el túnel. Esta característica permite que los *qanats* se detecten desde el espacio. El mayor problema en los estudios de *qanats* es que los pozos individuales se conservan de manera diferente y fácilmente se pueden confundir con otros objetos, pozos y fosas, que son muy comunes. Además, muchos de los sistemas de *qanats* han sido destruidos. Por lo tanto, se deben utilizar imágenes aéreas o satelitales antiguas para encontrar antiguos sistemas de *qanats*.

Ha habido varios enfoques para automatizar la detección de los *qanats*. Los más importantes hasta la fecha han sido los esfuerzos del equipo de Jason Ur, que utilizó el modelo UNET e imágenes satelitales CORONA. Sin embargo, el modelo solo funcionaba con un tipo de imagen específico y estaba limitado a una sola área. Los resultados contenían muchos errores.

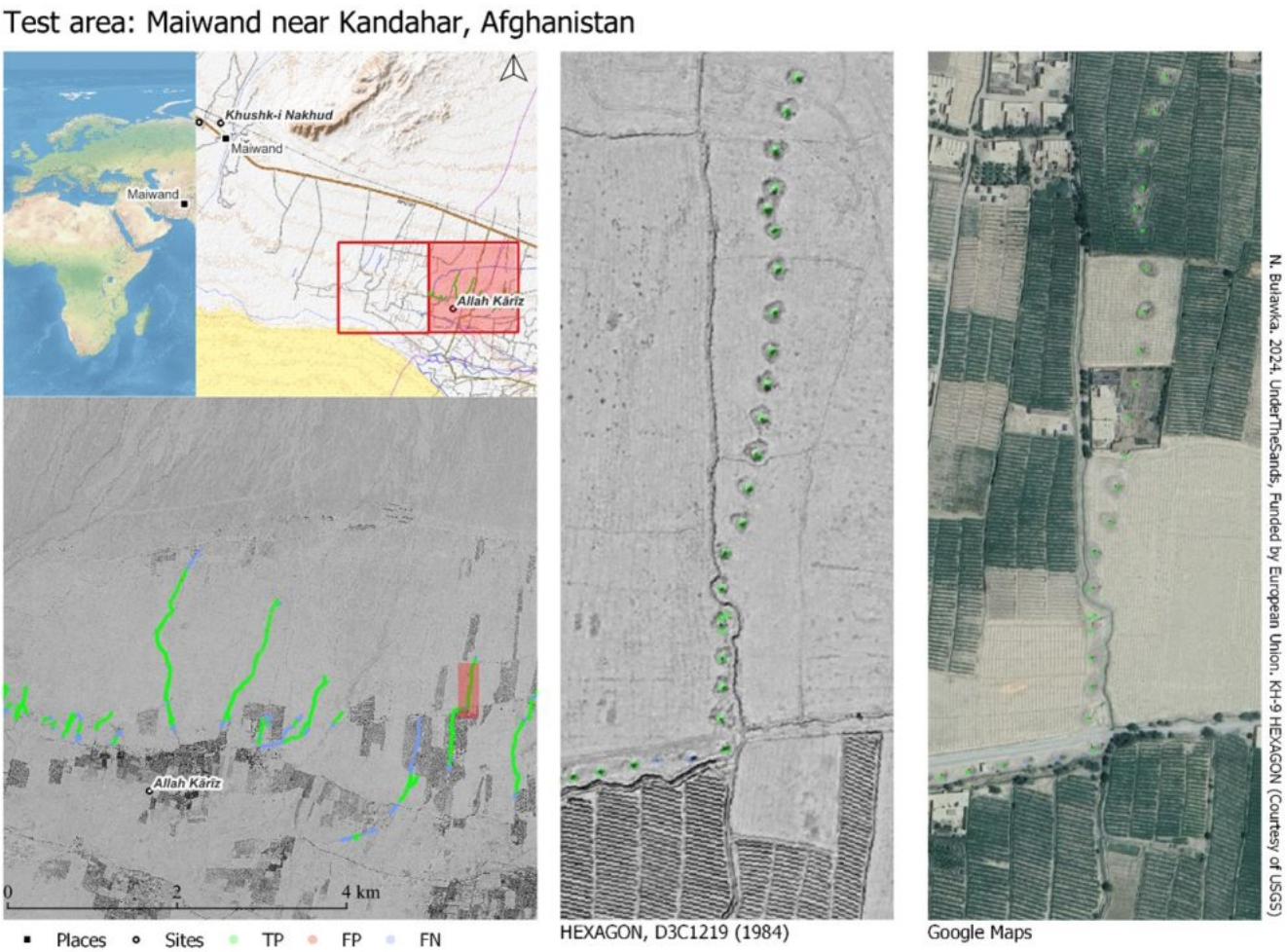

Figura 3: Una vista cercana a la línea de qanat en la zona de Maiwand (Nazarij Buławka).

Después de probar diferentes métodos, los investigadores del GIAP encontraron una nueva solución. En lugar de analizar solo los pozos subterráneos de manera aislada, tuvieron en cuenta la relación entre los pozos que forman parte de una misma línea de *qanat*. En un sistema de *qanat*, los pozos suelen estar dispuestos en líneas rectas y con una separación regular. Por lo tanto, en lugar de analizar cada pozo de forma independiente, el modelo utiliza información sobre cómo están organizados en pares o grupos, lo que ayuda a identificar mejor todo el sistema de *qanats* y a reducir los errores de detección.

También se utilizaron imágenes espía desclasificadas del satélite HEXAGON y el modelo de *deep learning* YOLO (You Only Look Once). Las imágenes del satélite HEXAGON fueron tomadas durante la Guerra Fría para localizar objetivos militares dentro de la Unión Soviética y más allá. La calidad de HEXAGON es comparable a las mejores imágenes de alta resolución, pero son en blanco y negro. Desde que fueron desclasificadas, estas imágenes han captado la atención de los arqueólogos, ya que ofrecen una vista de los paisajes antes de que fueran transformados.

Como explica el Dr. Iban Berganzo-Besga (Univ. of Toronto – ICAC), YOLO es actualmente el modelo más avanzado, y por eso fue elegido. La eficacia del modelo en la detección de *qanats* radica en su alta precisión y en la creación de un flujo de trabajo completo, desde el procesamiento inicial de la imagen hasta la eliminación automática de posibles errores, explica el profesor Hector A. Orengo. Las pruebas realizadas con imágenes de Irán, Afganistán y Marruecos han demostrado que el modelo puede utilizarse para detectar *qanats* utilizando diversas imágenes y áreas.

Hacia un futuro de nuevos descubrimientos: perfeccionando la IA para encontrar restos ocultos bajo la tierra

El equipo del GIAP continúa trabajando en la mejora del modelo, con el objetivo de ampliar su capacidad para detectar *qanats* y otros sistemas de riego antiguos. Aunque la versión actual puede detectar *qanats* a partir de grandes imágenes CORONA e imágenes modernas tras convertirlas a escala de grises, los futuros trabajos incluirán la ampliación del conjunto de datos y la mejora del postprocesamiento del modelo.

Con el uso de nuevas técnicas de inteligencia artificial, como la arquitectura de *deep learning* Transformer, los investigadores abren nuevas vías para explorar el pasado con una precisión nunca antes vista. El futuro promete avances fascinantes en la detección de restos arqueológicos subterráneos en diversas regiones y épocas.

Contingut extret de la web de l'ICAC (www.icac.cat)

Sobre el Instituto Catalán de Arqueología Clásica (ICAC-CERCA)

El Instituto Catalán de Arqueología Clásica (ICAC-CERCA) es **un centro CERCA** creado como consorcio en 2003 por la Generalitat de Catalunya y la Universidad Rovira i Virgili. Es una institución catalana con vocación internacional, puntera en la investigación y conservación del patrimonio arqueológico. Tiene su sede en Tarragona, ciudad reconocida como Patrimonio Mundial por la UNESCO en el año 2000. Sus investigadores e investigadoras trabajan para comprender el pasado a través del estudio de los restos arqueológicos y promover la preservación del legado histórico. ¡Somos CERCA!

Para más información, visitad el sitio web del ICAC en www.icac.cat.