

Prototype of an automatic registration system for the remains of archaeological sites

José L. López^a, Lidia Ortega^a, Francisco R. Feito^a

^aDepartment of Computer Science, University of Jaén

Abstract

Data acquisition in archaeological excavations is a time consuming task developed on site that must be completed later with the information stored in the database. In this paper, we introduce the work in progress for the automatic data acquisition and record of artifacts on the archaeological site. The shape of the object is recognized automatically and converted to vectorial format. Then, if this contour is recognized as object of interest, the initial shape and specific position is registered and inserted in a spatial database. In this process, some techniques associated to Augmented Reality and boundary detection are used.

Keywords: *Geographic visualization archaeology, Geographic information system, Augmented reality, Virtual reality, Image recognition*

1. Introducción

En la actualidad, la tecnología, tanto software como hardware, está presente de un modo u otro en nuestra vida cotidiana: teléfonos móviles, tabletas, ordenadores personales, etc. Esta tecnología permite agilizar y facilitar algunas acciones, como por ejemplo la interacción social. Esto ocurre del mismo modo en el ámbito empresarial.

En algunos sectores, como en el caso de la arqueología, no se hace uso en su totalidad de las tecnologías necesarias para agilizar todos los procesos, y esto ocurre principalmente porque no existen debido a la dificultad del problema, o bien porque no es rentable desarrollarlas. Actualmente en el ámbito de la arqueología, es muy frecuente el uso de tecnologías como el rastreo por satélite, geocalización, drones, cámaras multiespectrales, fotogrametría, y un largo etcétera, para el proceso previo de extracción de los restos de un yacimiento. Por último, para la fase de exploración, se suele volcar toda la información que han podido extraer en una base de datos para estudiarla por expertos en un futuro (ej., conexión entre los diferentes restos hallados), teniendo como principal objetivo mantener el patrimonio cultural.

La fase de extracción de información de un yacimiento es una parte fundamental que debe ser documentada con todo lujo de detalles. Por tanto, esta etapa supone alrededor de un 90% del tiempo del proceso total. Con la debida optimización de esta fase, se podría invertir todo este tiempo en fases posteriores.

El objetivo fundamental de este trabajo es la propuesta de una aplicación capaz de extraer los contornos de artefactos encontrados en los yacimientos arqueológicos y conseguir su forma inicial en formato vectorial junto con la imagen RGB.

El artículo está estructurado en las siguientes secciones. La sección 2 contiene un breve resumen de las soluciones que se han aportado hasta el momento para solventar este problema. En la sección 3, se propone un sistema para gestionar cualquier yacimiento arqueológico y se centra en la primera fase de extracción de la información en la que hacemos uso de la tecnología ARCore y de la biblioteca OpenCV.

2. Marco conceptual

En la actualidad, muchos investigadores en el ámbito de la arqueología coinciden en el hecho de que el proceso de documentación es crucial para la conservación e investigación del patrimonio cultural. También, los avances en el desarrollo de nuevas técnicas y sistemas de adquisición y tratamiento de datos, crean una base excelente para lograr una mejora en la calidad de la documentación y visualización de los yacimientos arqueológicos. Por tanto, es necesario la creación de una herramienta para la gestión íntegra de estos.

Por un lado, se han diseñado algoritmos a través de técnicas de procesamiento de información visual y se han utilizado dispositivos, como cámaras multiespectrales, para la predicción de zonas que pueden albergar antiguas edificaciones, donde podría haber una multitud de restos arqueológicos [CAMCS18].

Para la documentación de yacimientos se han propuesto diversas soluciones, como puede ser la construcción de un sistema de información espacial 3D (base de datos espaciales) para salvaguardar toda la información posible sobre cualquier yacimiento [GD16]. Esto podría permitir, por ejemplo, la visualización y consulta de información de manera compacta de estos, que por lo general suele mostrarse en modo listado. Hoy en día algunos yacimientos, como

en el caso de Cástulo, situado en la provincia de Jaén, cuenta con bases de datos tradicionales que almacenan coordenadas UTM, pero que en ningún caso son bases de datos con operaciones espaciales (SIG).

También, hay casos de ciertos yacimientos para los que se ha ideado una base de datos espacial incluyendo el factor tiempo como una nueva dimensión, como por ejemplo en el caso de Sri Lanka [WSN16]. Este factor tiempo permitiría realizar consultas de interés, como puede ser la obtención de todos los restos datados en un intervalo de tiempo.

En general, algunos profesionales han intentado aportar su solución a dicho problema, pero en ningún caso han conseguido estandarizarlo de manera global, de tal modo que sea capaz de amoldarse a cualquier caso y sea capaz de satisfacer las necesidades básicas de cualquier yacimiento arqueológico. Un ejemplo aquí en España es el caso de la aplicación '3COOR Data Base' [CRS08]. En el año 2008, el Instituto Iberoamericana de Innovación con la ayuda del Equipo de Investigación de Atapuerca, desarrolló una aplicación que permite gestionar la inmensa información que se genera en este yacimiento de la manera más eficaz, y también pretendía extenderse a otros yacimientos como el de Machu Pichu.

3. Sistema para la gestión de yacimientos

En esta sección se propone un prototipo de sistema para la gestión de yacimientos arqueológicos. Este sistema tiene como principales objetivos:

- Agilizar los procesos de adquisición y registro de la información y posterior extracción, reduciendo tiempo y costes, y evitando algunos problemas como los expolios y/o la destrucción de restos de manera intencionada o accidental.
- Construir una base de datos espacial con cierto carácter temporal.
- Mantener una documentación accesible a través de distintos dispositivos y plataformas, y de calidad.
- Convertirse en un estándar de facto que pueda cubrir las necesidades de cualquier yacimiento arqueológico.
- Mantener el software como código abierto para que pueda ser utilizado gratuitamente y para que toda la comunidad científica pueda colaborar de algún modo con el proyecto.
- Permitir la visualización 3D con realidad virtual en escritorio y a través de realidad aumentada a pie de campo con cualquier dispositivo móvil.

El sistema cuenta con tres componentes principales. En primer lugar, un servidor encargado de alojar la base de datos espacial donde se almacena toda la información de los yacimientos.

Por otro lado, hay una aplicación móvil encargada de dos tareas principales: extraer los contornos de los artefactos que afloran en el yacimiento, y visualizar los restos arqueológicos mediante realidad aumentada en la zona en cuestión. Aunque el software puede ser generalizado tanto para dispositivos móviles como para tabletas, es preferible instalarlo únicamente en dispositivos móviles, debido a la facilidad de manipulación para los arqueólogos por su reducido tamaño. Esta aplicación mantiene una comunicación bidireccional, en un sentido para la parte de extracción (volcado de información), y en el otro para la visualización (obtención de información).



Figure 1: Mandos del HTC Vive que pueden ser usados para navegar a través de la base de datos de manera visual mediante varios sensores de entrada como el trackpack multifunción y los disparadores dobles.

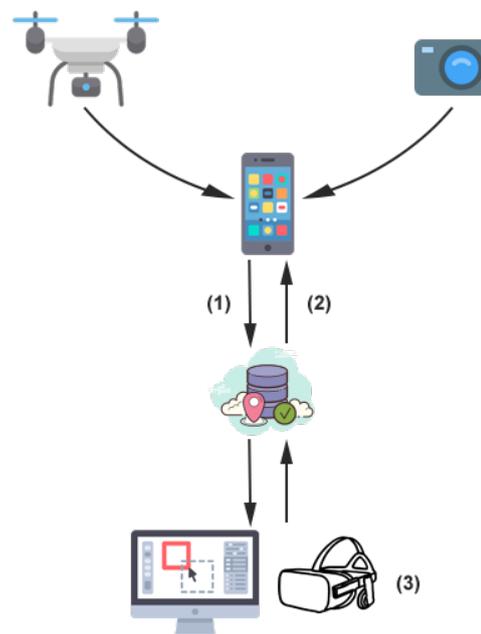


Figure 2: Comunicación entre los distintos elementos del sistema. (1) Comunicación con el servidor para almacenar la información extraída, (2) Comunicación con el servidor para mostrar información con Realidad Aumentada y (3) Comunicación bidireccional entre servidor y la aplicación de Realidad Virtual.

Por último, está la aplicación de realidad virtual. Esta tiene como objetivo la consulta a la base de datos a través de una visualización 3D de esta, permitiendo realizar filtrados complejos y modificarla en tiempo real a través de un controlador, como puede ser los del dispositivo HTC Vive (Figura 1). En este caso también mantiene una comunicación bidireccional.

Todo este sistema se puede ver a modo resumido en la Figura 2.

3.1. Extracción de información

En este caso, el documento va a centrarse en uno de los aspectos del sistema, la extracción automatizada del contorno de los artefactos para su posterior catalogación en una BBDD espacial. Este componente se incluye dentro de la fase de extracción de los restos arqueológicos, y cubre el primer objetivo mencionado anteriormente. Este proceso es de suma importancia, debido a que además de agilizar la etapa inicial, también se encarga de alimentar la base de datos para un posterior uso del resto de elementos del sistema.

El procedimiento de extracción de información podemos diferenciarlo en cinco subtarefas diferentes como muestra la Figura 3. A modo resumido, este proceso consiste en la toma de una o más fotos en el momento de extraer los restos del yacimiento. Estas imágenes son procesadas para extraer el contorno de los restos hallados con cierta ayuda del usuario, y por último, se incluye información de este y se introduce en la base de datos. Veamos con más detalle cada una de las subtarefas.

En primer lugar, la aplicación recibe una imagen de una parte del yacimiento que se desea documentar. La imagen puede ser tomada in situ por el mismo dispositivo móvil, o bien puede provenir de otras fuentes externas (Figura 2), como puede ser un dron, en caso de que se quiera obtener una imagen de un área mayor. Tanto en un caso como en otro, la imagen debe tomarse de manera cenital para evitar ciertos problemas a la hora de corresponder un píxel con su coordenada UTM.

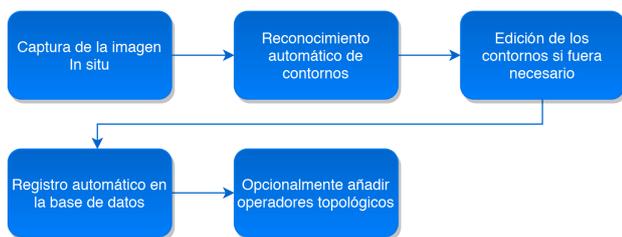


Figure 3: Secuencia de pasos en el proceso de extracción de información para el sistema de gestión de yacimientos propuesto.

En la actualidad, la tecnología, tanto software como hardware, está presente de un modo u otro en nuestra vida cotidiana: teléfonos móviles, tabletas, ordenadores personales, etc. Esta tecnología permite agilizar y facilitar algunas acciones, como por ejemplo la interacción social. Esto ocurre del mismo modo en el ámbito empresarial.

El siguiente paso, una vez se ha obtenido la imagen, es reconocer el contorno de los restos que se desean documentar. En este proceso encontraremos diversos problemas:

- Al haber pasado mucho tiempo bajo tierra, los restos son complicados de diferenciar del suelo.
- Los artefactos encontrados estarán semi-enterrados.
- Puede haber otros elementos que no interesen extraerlos, como por ejemplo, en este caso de la Figura 5 las manos.
- No se sabe a priori qué tipo de resto se va a encontrar, por lo tanto, esto convierte el proceso de extracción en un problema



Figure 4: Diseño de la interfaz gráfica para la edición del contorno extraído.



Figure 5: Ejemplo de una captura tomada in situ en un yacimiento con un dispositivo móvil.

bastante complejo (no se pueden realizar búsquedas de formas ni colores).

- Al tener que aplicar un algoritmo muy genérico, en la mayoría de casos obtendremos cierto ruido o artefactos que deben ser limpiados.

Para el caso de nuestro prototipo, dado que en la misma aplicación se tiene la extracción de información y la visualización de los restos mediante realidad aumentada, se ha hecho uso de la tecnología ARCore [Goo19], desarrollada por Google como continuación de su proyecto Tango. Este software nos permite la superposición de los restos arqueológicos en el mundo real y la extracción de contornos a tiempo real.

Además, se hace uso de la biblioteca OpenCV [IC19] para extraer los contornos en modo vectorial como un conjunto de polilíneas, que serán almacenados en la base de datos (con el resto de características de un resto). También, se utilizará en un futuro para aplicar algoritmos de procesamiento visual con el fin de limpiar adecuadamente la imagen y obtener unos contornos de mayor calidad.

En la Figura 6 se muestra la extracción de contornos para el ejemplo anterior.



Figure 6: *Proceso de segmentación resumido en tres pasos. La primera imagen es la conversión de RGB a escala de grises, la segunda imagen es una mayor definición de las fronteras proporcionada por ARCore, y la última es la extracción del contorno superponiéndolo en la imagen original. Cada imagen es la entrada del siguiente paso (izquierda a derecha).*

Una vez finalizado el proceso automatizado de extracción de contornos, es necesario que el usuario supervise el resultado anterior editándolos si fuera necesario, y debe seleccionar cada uno de los contornos que se corresponden con los restos encontrados. Para ello, tiene a su disposición algunas herramientas básicas de edición: lápiz y borrador con diferentes grosores, tal y como se muestra en la Figura 4. Para facilitar este proceso se superpone el contorno sobre la imagen a color tomada.

Por último, una vez se han elegido los contornos que representan los restos, se insertan en la base de datos con al menos cierta información básica: contorno, coordenadas UTM del centro del polígono, conexiones topológicas con otros artefactos, un alias, una segunda coordenada en caso de elementos que no son individuales (ej., una columna o una pared), y otras características que sean convenientes. También, puede ser complementario a una de las técnicas más utilizadas en arqueología actualmente, la fotogrametría, pudiendo almacenar el conjunto de imágenes para recrear en 3D el artefacto, o bien el modelo 3D resultante.

Una vez se ha volcado la información en la base de datos, se genera un identificador único asociado a dicho resto, y se obtiene una etiqueta adhesiva con el código QR que lo representa para poder identificarlo en un futuro.

La extracción del contorno es esencial en este proceso, debido a que nos proporciona la localización exacta del resto arqueológico, sus dimensiones e incluso la colocación exacta del artefacto, como puede ser la inclinación.

4. Trabajo futuro

Actualmente, se está trabajando en diseñar un algoritmo de extracción de contornos que ayude en gran medida al arqueólogo y no sea necesario editar demasiado el contorno obtenido de manera automática. Por otro lado, se ha realizado un diseño de base de datos espacial y se está desarrollando una conversión de dos bases de datos de yacimientos totalmente diferentes para poder trabajar con ellas y proporcionar en un periodo de tiempo relativamente corto la visualización en 3D de los datos que ya hay, y por último, volcar nueva información con esta metodología. Para el proceso de almacenamiento de información, se utilizará alguna base de datos que

permita consultas espaciales como puede ser el caso de PostgreSQL (con la extensión de PostGIS), y por otro lado, para el proceso de visualización, se aprovechará alguno de los motores de videojuegos actuales que permiten utilizar la tecnología ARCore, para realidad aumentada, y Steam VR, para el caso de realidad virtual, como por ejemplo Unreal Engine o Unity. En ambos casos se usarán versiones totalmente gratuitas o de código abierto.

También se está trabajando en la correspondencia de un píxel de la imagen con una coordenada UTM. En principio, al tener georreferenciadas cada una de las esquinas de las cuadrículas del yacimiento y la posición en la que se realizó la imagen, es posible poder llevarlo a cabo siempre y cuando se corrijan todas las distorsiones generadas por la lente de la cámara.

Una vez finalizado el software encargado de la extracción, será necesario implantarlo en alguno de los yacimientos con los que se está colaborando y comprobar que, efectivamente, agiliza estos procesos.

References

- [CAMCS18] CERRA D., AGAPIOU A., MARIA CAVALLI R., SARRIS A.: An objective assessment of hyperspectral indicators for the detection of buried archaeological relics. *Remote Sensing* 10 (03 2018), 500. doi: 10.3390/rs10040500. 1
- [CRS08] CANALS A., RODRÍGUEZ J., SÁNCHEZ R.: The 3coorsystem for data recording in archaeology. *Journal of anthropological sciences = Rivista di antropologia : JASS / Istituto italiano di antropologia* 86 (01 2008), 133–41. 2
- [GD16] GUPTA N., DEVILLERS R.: Geographic visualization in archaeology. *Journal of Archaeological Method and Theory* (09 2016). doi:10.1007/s10816-016-9298-7. 1
- [Goo19] GOOGLE: Arcore overview, 2019. URL: https://developers.google.com/ar/discover/#top_of_page. 3
- [IC19] INTEL CORPORATION WILLOW GARAGE I.: Opencv web page, 2019. URL: <https://opencv.org/>. 3
- [WSN16] WIJESUNDARA C., SUGIMOTO S., NARAYAN B.: Documenting spatial and temporal information for heritage preservation: A case study of sri lanka. *Proceedings from the Document Academy* 2, 1 (Jan. 2016). URL: <https://doi.org/10.35492/docam/2/1/5>, doi:10.35492/docam/2/1/5. 2