



Journal of

# STEPS

for Humanities and Social Sciences

Volume 1 | Issue 3

Article 56

## Virtual Reconstruction in 3D Documentation of Built Cultural Heritage

Mahmood Amer Chabuk

*Babylon University, Iraq, eng.mahmood.aa@uobabylon.edu.iq*

Shatha Abbas Al-Amiri

*Baghdad University, Iraq*

Follow this and additional works at: <https://www.steps-journal.com/jshss>



Part of the [Arts and Humanities Commons](#), [Business Commons](#), [Education Commons](#), [Law Commons](#), and the [Political Science Commons](#)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-No Derivative Works 4.0 International License](#).

### Recommended Citation

Chabuk, Mahmood Amer and Al-Amiri, Shatha Abbas (2022) "Virtual Reconstruction in 3D Documentation of Built Cultural Heritage," *Journal of STEPS for Humanities and Social Sciences*: Vol. 1 : Iss. 3 , Article 56.

Available at: <https://doi.org/10.55384/2790-4237.1118>

This Original Study is brought to you for free and open access by Journal of STEPS for Humanities and Social Sciences (STEPS). It has been accepted for inclusion in Journal of STEPS for Humanities and Social Sciences by an authorized editor of Journal of STEPS for Humanities and Social Sciences (STEPS).

## إعادة البناء الافتراضي في التوثيق ثلاثي الأبعاد للموروث الثقافي المبني

\* محمود عامر جابك شذى عباس العامري

تاريخ القبول: 2022/08/12

تاريخ الاستلام: 2022/07/17

## المستخلص

تعتبر عملية التوثيق من أهم الإجراءات في الحفاظ على الموروث الثقافي المبني. اثبتت الدراسات ان هنالك العديد من الهياكل المعمارية الاثرية تتدهور أو تختفي باستمرار، لذلك من المهم توثيقها بشكل صحيح ودقيق للحفاظ عليها للأجيال القادمة. في العقود الأخيرة ، شهد مجال التوثيق المعماري تطورات كبيرة، ساهم استخدام التقنيات المبتكرة في تطوير دور العمارة الافتراضية في الحفاظ على التراث الأثري. أصبحت نماذج إعادة الإعمار ثلاثية الأبعاد الافتراضية هي مستقبل تمثيل الموروث المعماري الأثري سواء الموجود او حتى المندثر. لذلك يهدف البحث إلى دراسة مفهوم إعادة البناء الافتراضي ثلاثي الأبعاد وخطوات انشاء مشاهد افتراضية ثلاثية الأبعاد وماهي إمكانيات تطبيقه في مجال توثيق الموروث المعماري. وأظهر البحث أن عمليات إعادة البناء الافتراضية لها العديد من الإمكانيات في مجال التوثيق الرقمي واظهاره امام الجمهور بطريقه يمكن التجول فيها والتفاعل معها. ولكن من ناحية أخرى، فإنه يحتوي أيضاً على بعض التحديات، وأهمها التكلفة العالية، ويحتاج الى خبراء متخصصين في الحاسوب والبرمجيات كما ان هنالك العديد من الناس في المجتمع ليسوا على دراية كافية بكيفية استخدام الادوات التفاعلية الخاصة بإعادة البناء الافتراضي.

**الكلمات المفتاحية:** الموروث الثقافي المبني، التوثيق الرقمي، إعادة البناء الافتراضي ثلاثي الأبعاد.

\* مدرس في كلية الهندسة-جامعة بابل- قسم هندسة العمارة.  
[eng.mahmood.aa@uobabylon.edu.iq](mailto:eng.mahmood.aa@uobabylon.edu.iq)

2790-4237/© 2022 Golden STEPS Ltd. This is an open access article under the CC-BY-NC-ND license.  
(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

# Virtual Reconstruction in 3D Documentation of Built Cultural Heritage

\***Mahmood Amer Chabuk**, *Architectural Department, College of Engineering, Babylon University, Iraq.*

**Shatha Abbas Al-Amiri**, *Architectural Department, College of Engineering, Baghdad University, Iraq.*

---

Received: 17/07/2022

Accepted: 12/08/2022

---

## Abstract

The documentation process is considered one of the most important procedures in preserving the built cultural heritage. Studies have proven that there are many ancient architectural structures that are constantly deteriorating or disappearing, so it is important to document them correctly and accurately to preserve them for future generations. In recent decades, the field of architectural documentation has witnessed great developments. The use of innovative technologies has contributed to the development of the role of virtual architecture in preserving archaeological heritage. Virtual 3D reconstruction models have become the future of representing the archaeological heritage, whether existing or even vanished. Therefore, the research aims to study the concept of virtual three-dimensional reconstruction and the steps to create virtual three-dimensional scenes, and what are the possibilities of its application in the field of documentation of architectural heritage. The research showed that virtual reconstructions have many possibilities in the field of digital documentation and present it to the public in a way that can be roamed and interacted with. But on the other hand, it also has some challenges, the most important of which is the high cost, it needs computer and software experts and there are many people in the community who are not familiar enough with how to use the interactive tools of virtual reconstruction.

**Keywords:** Built cultural heritage, digital documentation, virtual 3D reconstruction.

يعد التوثيق من بين أهم تدابير الحفاظ الوقائي على الموروث الثقافي المبني، بدءًا من الوسائل التناظرية البسيطة من خلال التصوير الفوتوغرافي إلى الأساليب الرقمية الحديثة [1]. ان التوثيق والحفاظ على الأماكن والمباني التراثية والتاريخية أمرًا بالغ الأهمية لأنه يؤدي إلى العديد من المعرفة حول كيفية تطور حضارتنا. [2]. علاوة على ذلك، فان أهميتها تظهر بشكل كبير عند إجراءات أعمال إعادة الإعمار في حالة فقدان أو زوال الموروث الثقافي المبني، كما يمكن أن تلعب دورًا مهمًا في مراقبة وتشخيص الضرر قبل حدوثه. [3]. لذلك لابد من اجراء اعمال التوثيق بشكل دوري من اجل حماية التراث المادي والحفاظ عليه من الاحداث الطارئة مثل النزاعات المسلحة أو آثار تغير المناخ أو الكوارث الطبيعية الأخرى أو الكوارث التي يسببها الإنسان. [4] من جانب اخر، أكدت الاتفاقيات الدولية بشكل مستمر على ضرورة الاهتمام بحماية وحفاظ وتوثيق العمارة التراثية مهما كانت اهميتها. بدءًا من ميثاق أثينا (1931)، وميثاق البندقية (1964)، والتوصيات بشأن الحفظ من مجلس أوروبا (1981) والتدابير الوقائية والحرف (منذ الثمانينيات)، وميثاق بورا للحفاظ على التراث والمجتمع، وأصدرت عدة توصيات تشترك في هدف واحد: ان الحفاظ الوقائي يساعد في الحفاظ على اصالة وسلامة الموروث الثقافي عن طريق منع التدهور أو الحد منه عن طريق الصيانة الروتينية والتوثيق، وإذا لزم الأمر، الحد الأدنى من التدخل. بينما تؤكد المادة 16 من ميثاق البندقية بشكل مباشر على الحاجة إلى توثيق دقيق وأرشفة، "يجب الاحتفاظ بالوثائق الدقيقة، الموضحة بالرسومات والصور، في شكل تقارير تحليلية ونقدية، وأرشفة لكل مرحلة من مراحل العمل." [5] لكن بالرغم من الأهمية الكبيرة لأعمال التوثيق وتوصيات المنظمات الدولية الا ان الواقع يشير الى أن العالم يفقد تراثه وآثاره بمعدل أسرع مما يمكن توثيقه، اذ تم تدمير العديد من المباني والمعالم لأسباب عديدة، مما يؤكد على ان هنالك نقص في جهود واعمال التوثيق. [6]. او غالبًا ما يؤدي اتخاذ الإجراءات دون الاعتماد على وثائق مسبقة دقيقة وموثوقة إلى نتائج سلبية [7].

بناء على ذلك ومنذ العقدين الماضيين، ازدادت أهمية التوثيق الثلاثي الابعاد للموروث الثقافي المبني بشكل ملحوظ، وخاصة المباني المهتدة بالانقراض باستخدام إعادة البناء الافتراضي، نظرا لما توفره من امكانيات في التحليل والتفسير السريع والدقيق [8]، والتي أصبحت جميعها ممكنة مع ظهور العديد من التقنيات والأساليب الحديثة التي يمكن استخدامها في المسح الوثائقي الرقمي للتراث الثقافي المبني وغالبًا ما أصبحت بديلاً للتقنيات التقليدية، ولكن على الرغم من الفرص التي توفرها، يواجه الاستخدام أيضًا بعض التحديات التي تحد من انتشاره في بعض البلدان. لذلك يطرح البحث الأسئلة التالية:

- ما هي تقنيات التوثيق باستخدام إعادة البناء الافتراضي لإنشاء مشاهد افتراضية ثلاثي الابعاد؟ مع ذكر بعض الأمثلة التطبيقية عن استخدامها.
- ما هي خطوات انشاء مشاهد افتراضية ثلاثية الابعاد للبيئة الثقافية المبنية؟ سيتناول البحث الإجابة على أسئلة البحث هذه.

## أهداف البحث:

- توضيح الخطوات الرئيسية في عملية إعادة البناء الافتراضي ثلاثية الابعاد للبيئة الثقافية المبنية.
- التعرف على أنواع إعادة البناء الافتراضي ثلاثية الابعاد وعرض امثلة تطبيقية توضح امكانياتها.

## 2- المنهجية:

### 2-1- اجراء اعمال المسح التوثيقي الرقمي:

في الوقت الحاضر، تتم عملية المسح التوثيقي غالبًا باستخدام تقنيات مختلفة [9]. تقدم العديد من التقنيات مجموعة متنوعة من الخيارات، مثل جمع البيانات وتسجيلها [10]. يتم تحديد التقنية المختارة من خلال بعض العوامل مثل الدقة المطلوبة، وأبعاد العنصر، وقيود الموقع، وقابلية النقل والاستخدام، وخصائص السطح، وتجربة فريق العمل، وميزانية المشروع، والغرض النهائي، وعوامل أخرى [11]. أما أنواع المسح التوثيقي الرقمي، فهي:

### أ- المسح التوثيقي الرقمي ثنائي الابعاد:

يمكن استخدام التصوير الرقمي باستخدام العديد من الأجهزة الإلكترونية التي تحتوي على كاميرا محمولة. الكاميرا الرقمية هي أسرع طريقة للتوثيق وأكثرها فعالية من حيث التكلفة؛ يسمح لك بإنشاء عدد غير محدود من الصور التي يمكن تخزينها واستعادتها بسهولة. [12]. كذلك تم تطوير نوع آخر من الكاميرات بزاوية 360 درجة، مما يسمح للمستخدمين بالتقاط صور وأفلام شاملة لأغراض التوثيق. يمكن لصور البانوراما ان تكون مفيدة لقياس الأبعاد وتقييمها إذا ما تم إجراء التصحيح ومعايرة للكاميرا بشكل صحيح، لقد حسنت الكاميرات البانورامية من موثوقية العمل.

### ب- المسح التوثيقي الرقمي ثلاثي الأبعاد:

يمكن إجراء أعمال المسح التوثيقي الرقمي ثلاثي الأبعاد بطرق مختلفة من أهمها المسح التصويري (Photogrammetry) الذي تعتمد على معالجة الصور ثنائية الأبعاد (والتي تم الحصول عليها من المسح التوثيقي ثنائي الأبعاد) وتحويلها إلى نموذج ثلاثي الأبعاد باستخدام برامج هندسية متخصصة. [13]. وهناك أنواع من المسح التصويري: [14].

- المسح التصويري الجوي: يتم التقاط الصور من ارتفاع يزيد عن 300 متر.
- القياس التصويري عن قرب: يتم التقاط الصور بالقرب من الأرض.
- المسح التصويري عن قرب: يتم الحصول على الصور من ارتفاع أقل من 300 متر.

وهناك طريقة أخرى مهمة وشائعة في توثيق التراث المعماري والأثري توفر إمكانية الحصول على نموذج ثلاثي الأبعاد بشكل مباشر من دون الحاجة إلى معالجة الصور كما في طريقة المسح التصويري. يعتمد استخدام جهاز المسح الليزري (Laser Scanner). أصبحت هذه الطريقة فعالة من حيث سرعة اكتساب النقاط والدقة العالية وقابلية النقل وسهولة الاستخدام والتكلفة ويمكن استخدامها بدون أي ضوء. [15]. يتم استخدامه أيضًا لإنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد دون الحاجة إلى الاتصال المباشر مع الكائن الذي تم مسحه [16]. بشكل عام، هناك 3 أنواع من أجهزة المسح الليزري [17].

- المسح بالليزر المحمول جوا: مسح منطقة واسعة.
- المسح بالليزر المتنقل: يتيح المسح من العجلات المتحركة إمكانية الحصول على مزيد من التفاصيل.

- المسح الأرضي بالليزر: المسح من الأرض ويعطي نماذج بدقة أعلى مقارنة بالمسح الجوي. كذلك هناك جهاز ليدار (LiDAR) استشعار نشط يصدر نبضات ليزر من طائرة ويقاس استجابة الانعكاس للمستشعر. [18]. تعمل المسافة بين المصدر المجهز بأجهزة الاستشعار والمواقع المستهدفة عن طريق حساب الوقت الذي تستغرقه النبضات المرسلات المختلفة للعودة أو عكس المستشعر. تتمتع مستشعرات LiDAR بالقدرة على مسح مئات النقاط في الثانية، مما يجعلها أداة مثالية لمسح المواقع الأثرية والبحث المنتظم عن المباني التاريخية ومناطق التنقيب. [12]. إنها واحدة من أكثر تقنيات الاستشعار عن بعد استخدامًا في العالم اليوم بسبب دقة جمع البيانات ودقتها.

### 2-2- استخدام النموذج الرقمي ثلاثي الأبعاد في إعادة البناء الافتراضي:

يشير مصطلح "إعادة البناء الافتراضي" إلى عملية إعادة بناء المباني والهياكل التراثية والتاريخية سواء كانت قائمة أو غير موجودة (زائلة) وإظهارها في حالتها الأصلية في نقطة معينة من تاريخه تم اختيارها للتمثيل الرقمي. لقد تطورت أعمال إعادة البناء الافتراضية بشكل كبير بفضل التقدم في التكنولوجيا الرقمية واستخدام الحاسوب والانترنت. يتم التمثيل الرقمي في مساحة ثلاثية الأبعاد للكمبيوتر، والتي يشار إليها عادةً بالبيئة الافتراضية، ويشار إلى المنتج النهائي عادةً باسم نموذج افتراضي ثلاثي الأبعاد. [19]. يعد الواقع المعزز (Augmented Reality) والواقع الافتراضي (Virtual Reality) هي تقنيات ذات أهمية قصوى في مجال التوثيق الرقمي وإعادة البناء الافتراضي للموروث المعماري حيث أن البيئة المبنية مرتبطة جوهريًا بالمساحة ثلاثية الأبعاد (3D). يمكن مشاهدة المشاهد الافتراضية التي يتم إنشاؤها بهذه

الطريقة عبر وسائل وأدوات خاصة مثل استخدام جهاز محمول أو جهاز لوحي أو شاشة مثبتة على الرأس (HMD) وغيرها. لكل واحد من هذه التقنيات إمكانيات متخصصة فمثلا ال VR هي تقنية تنشئ بيئات افتراضية تم إنشاؤها بالكامل بواسطة جهاز كمبيوتر ، لتحل محل تصور المستخدم للبيئة المحيطة ببيئة افتراضية باستخدام HMDs والنظارات وإعدادات الشاشات المتعددة. [20] - لغة نمذجة الواقع الافتراضي (VRML)<sup>1</sup> هي معيار مفتوح يستخدم على نطاق واسع لإنشاء رسوم متحركة ثلاثية الأبعاد وأوهام وشخصيات ومعظم تمثيلات تطبيقات الويب الرسومية الكاملة. يحدد VRML إحدائيات العناصر ثلاثية الأبعاد والقيم الهندسية في النص ، والتي يتم ترجمتها بعد ذلك إلى الوهم أو الصورة الأصلية. بحيث تعطي تجربة واقع افتراضي لكامل الجسم تستخدم العروض المجسمة ورسومات الكمبيوتر وتقنيات تتبع الحركة لتوليد إحساس كامل بالجسم بوجوده في العالم الافتراضي [21] .

على الجانب الآخر هناك بعض التخديبات التي تواجه استخدام أعمال إعادة البناء الافتراضي من اهما ارتفاع تكاليف التقنيات المستخدمة في التمثيل الثلاثي الابعاد إضافة الى انها تتطلب خبراء متخصصين في العمل في البرامج الهندسية والانترنت. كما ان هنالك العديد من الناس في المجتمع ليسوا على دراية كافية بكيفية استخدام الادوات التفاعلية الخاصة بإعادة البناء الافتراضي.

### 2-3- أمثلة تطبيقية على استخدام إعادة البناء الافتراضية ثلاثية الأبعاد لتوثيق الموروث الثقافي المبني:

يقدم البحث أمثلة توضح إمكانيات المشاهد ثلاثية الأبعاد في توثيق الموروث الثقافي المبني:  
أ- استخدام المواقع المعزز في إعادة بناء افتراضي لموقع (أولمبيا القديمة). أولمبيا موقع قديم في اليونانية. يعد ARCHEOGUIDE (دليل التراث الثقافي القائم على المواقع المعزز في الموقع) مشروعًا دوليًا يركز على توفير دليل افتراضي لمواقع التراث الثقافي للزوار. تتم الجولة من خلال ارتداء جهاز كمبيوتر قابل للارتداء عالي التقنية مزود بشاشة مثبتة على الرأس (نظارات وسماعات أذن ومكبر صوت وكاميرا وما إلى ذلك). يقوم الزائر بتخصيص الإعدادات الشخصية للنظام قبل الشروع في جولة تتضمن عرض صور المواقع المعزز للآثار القديمة التي أعيد بناؤها افتراضيا في نفس مواقعها القديمة. [22] ، كما هو مبين في الشكل (1).

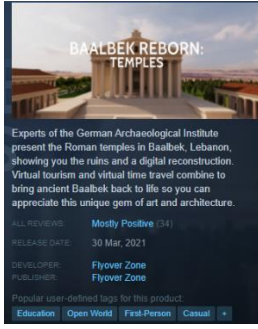


الشكل (1) يوضح الصور الأصلية (على اليسار) و (على اليمين) عند تفعيل تقنية المواقع المعزز. [23]

#### الواقع الافتراضي: (إعادة إنشاء معابد بعلبك)

قدمت وزارة الثقافة والمديرية العامة للآثار في لبنان مشروعًا تعاونيًا للمعهد الأثري الألماني ومنطقة Flyover ، يأخذ الزائر في جولة افتراضية للمعابد الرومانية القديمة في بعلبك ، أحد مواقع التراث العالمي لليونسكو في لبنان. يهدف المشروع الى تفعيل السياحة الافتراضية وإعادة الحياة إلى موقع بعلبك القديمة. [24].

<sup>1</sup> VRML (Virtual reality modelling language)



الشكل (2). إعادة بناء الافتراضي لموقع بعلبك: المعابد. [24].

### الواقع المختلط (MR): (أثينا تايم ووك Athens Time-walk)

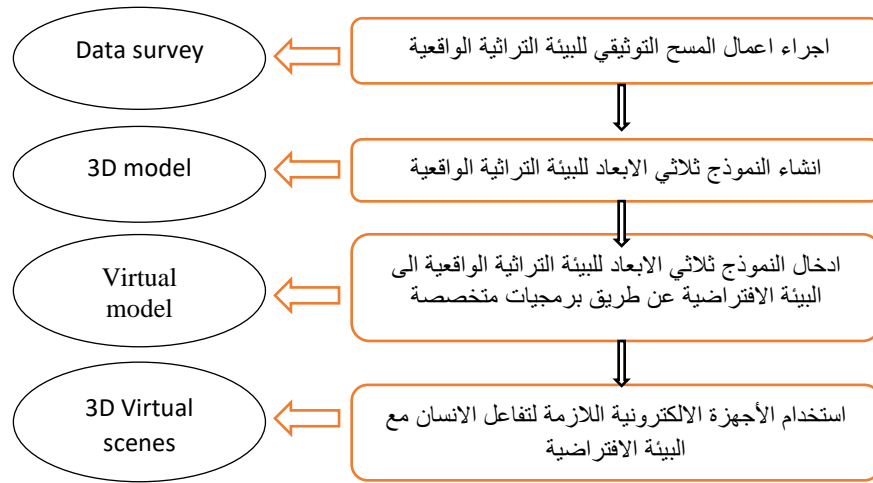
تم الدمج بين الواقع الافتراضي والمُعزَّر في مجموعة متنوعة من التطبيقات. ويعد تطبيق أثينا تايم ووك ، على سبيل المثال، هو احد هذه التطبيقات التي توفر جولة افتراضية من دون الحاجة الى الاتصال بالإنترنت تتضمن إمكانية مشاهدة نماذج ثلاثية الأبعاد تم إعادة بنائها لأبرز المعالم الأثرية في موقع أثينا القديمة. يهدف التطبيق الى التعرف على التاريخ الثقافي لأثينا من خلال تجربة الدمج بين استخدام الواقع الافتراضي والمعزز معا والتي تتضمن إعادة بناء ثلاثية الأبعاد للمواقع الأكثر شهرة في المدينة. [25] كما هو مبين في الشكل (3).



الشكل (3). استخدام تطبيق أثينا تايم ووك. [25].

### 3- النتائج والاستنتاجات:

وفقا لما تم عرضه من امثلة وامكانيات فان إعادة البناء ثلاثي الأبعاد للموروث الثقافي المبني تعد تقنية مفيدة جدا في مجال التوثيق المعماري الرقمي وخاصة للمعالم والمواقع الاثرية والتاريخية التي تكتسب أهمية وقيمة عالية بين السياح. بالإضافة الى ذلك فان تقنية الواقع الافتراضي والواقع المعزز تُستخدم بشكل شائع لأغراض التعريف بالموروث الثقافي وتوفير تجارب تفاعلية تركز على التعلم والتعليم والترفيه. بشكل عام هنالك نوعان من تقنيات إعادة البناء الافتراضي هي تقنية الواقع الافتراضي (AR) وتقنية الواقع المعزز (VR) وكذلك يمكن الدمج بين التقنيتين للحصول على إمكانيات اكبر. ان الفرق الرئيسي بين تقنية الواقع الافتراضي والواقع المعزز هي ان تقنية الواقع الافتراضي توفر إمكانية تفاعل الانسان مع بيئة افتراضية تكون بديله عن الواقع الحقيقي اما تقنية الواقع المعزز فأنها تتمثل في دمج العناصر والاشكال الافتراضية في بيئة الواقع الحقيقي. اما خطوات عملية انشاء مشاهد افتراضية ثلاثية الابعاد فانه يمكن تلخيص اهم خطوات عملية إعادة البناء الافتراضي، كما هو موضح في الشكل 4.



الشكل (4): مخطط يوضح خطوات إعادة البناء الافتراضي لبيئة الموروث الثقافي المبني.

اما اهم الاستنتاجات فهي كما يلي:

- تعد الاستراتيجيات والمبادرات الذكية الجديدة ضرورية للبقاء في سباق التغيير المبتكر في مجال التوثيق والحفاظ على الموروث الثقافي المبني.
- ان تطبيقات الواقع الافتراضي والواقع المعزز سهلة الاستخدام ومفيدة لأنها تتطلب الحد الأدنى من الجهد العقلي وان المحتوى المعروض يكون متنسق وتعليمي.
- من ناحية أخرى، تعمل تطبيقات VR على تحسين تجارب السائحين اذا انها توفر جولة افتراضية مجانية من خلال تزويدهم بإمكانية مشاهدة المعالم التاريخية عن بعد قبل الذهاب في جولة واقعية.
- يعد الجمع بين الواقع المعزز والواقع الافتراضي تقنية واحدة توفر مجموعة متنوعة من الاستخدامات، ومن ثم ، فإن الجمع بين تطبيقات "AR و VR" سيجعل تجربة الجولات السياحية مختلفة، اذ يؤدي الجمع بين التطبيقات إلى إثراء تجربة الجولة للسياح مقارنة باستخدام كل تقنية على حدة.
- إن تأثير الواقع المعزز والواقع الافتراضي على صناعة السياحة كبير، ومن المتوقع أن يتوسع بشكل كبير في السنوات المقبلة مع تقدم التكنولوجيا.

#### 4- التوصيات:

- تحسين اعمال إعادة البناء الافتراضية للبيئة التراثية المبنية باستمرار عن طريق تحديث البيانات من حيث النص والصور ومقاطع الفيديو.
- أهمية وضع ضوابط ومعايير متكاملة في مجال التوثيق الرقمي وانشاء المشاهد ثلاثية الابعاد وتحديد السياسات والاستراتيجيات المطلوبة.
- هناك حاجة إلى مزيد من البحوث والدراسات في هذا المجال لتحديد القضايا الأكثر إلحاحًا وصياغة المناهج بشكل صحيح.

## References

- [1] Henderson J, Lingle AM. Preventive Conservation in Archaeological Sites. The Encyclopedia of Archaeological Sciences. 2018 Oct 10:1-4.
- [2] Chatzigrigoriou P, Nikolakopoulou V, Vakkas T, Vosinakis S, Koutsabasis P. Is Architecture Connected with Intangible Cultural Heritage? Reflections from Architectural Digital Documentation and Interactive



- Application Design in Three Aegean Islands. *Heritage*. 2021 Jun;4(2):664-89.
- [3] Kushwaha SK, Dayal KR, Raghavendra S, Pande H, Tiwari PS, Agrawal S, Srivastava SK. 3D Digital documentation of a cultural heritage site using terrestrial laser scanner—A case study. In *Applications of Geomatics in Civil Engineering 2020* (pp. 49-58). Springer, Singapore.
- [4] Grilli, E., Automatic classification of architectural and archaeological 3D Data, 2020.
- [5] Van Balen K. Challenges that preventive conservation poses to the cultural heritage documentation field. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2017;42:713.
- [6] Amans OC, Beiping W, Ziggah YY, Daniel AO. The need for 3D laser scanning documentation for select Nigeria cultural heritage sites. *European Scientific Journal*. 2013 Aug 31;9(24):75-91.
- [7] Murtiyoso A, Grussenmeyer P. Documentation of heritage buildings using close-range UAV images: dense matching issues, comparison and case studies. *The Photogrammetric Record*. 2017 Sep;32(159):206-29.
- [8] SG. Barsanti, F. Remondino, BJ. Fenández-Palacios and D. Visintini, “Critical factors and guidelines for 3D surveying and modelling in Cultural Heritage,” *International Journal of Heritage in the Digital Era*, vol. 1,p.p 141-58, 2014.
- [9] Remondino F, Del Pizzo S, Kersten TP, Troisi S. Low-cost and open-source solutions for automated image orientation—A critical overview. In *Euro-Mediterranean Conference 2012 Oct 29* (pp. 40-54). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [10] Calin M, Damian G, Popescu T, Manea R, Erghelegiu B, Salagean T. 3D modeling for digital preservation of Romanian heritage monuments. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2015 Jan 1;6:421-8.
- [11] Brutto ML, Sciortino R, Garraffa A. RPAS and TLS techniques for archaeological survey: the case study of the archaeological site of Eraclea Minoa (Italy). *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2017;42:433.
- [12] Hassani F, Moser M, Rampold R, Wu C. Documentation of cultural heritage; techniques, potentials, and constraints. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2015;40(5):207.
- [13] Galeazzi F, Di Giuseppantonio Di Franco P, Matthews JL. Comparing 2D pictures with 3D replicas for the digital preservation and analysis of tangible heritage. *Museum management and curatorship*. 2015 Oct 20;30(5):462-83.
- [14] Febro JD. 3D Documentation of Cultural Heritage Sites Using Drone and Photogrammetry: A Case Study of Philippine UNESCO-Recognized Baroque Churches. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*. 2020 Feb;11(8):1-4.

- [15] Fassi F, Fregonese L, Ackermann S, De Troia V. Comparison between laser scanning and automated 3d modelling techniques to reconstruct complex and extensive cultural heritage areas. *International archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*. 2013 Feb 26;5:W1.
- [16] Barrile v, bilotta g, meduri gm, de carlo d, nunnar a. laser scanner technology, ground-penetrating radar and augmented reality for the survey and recovery of artistic, archaeological and cultural heritage. *isprs annals of photogrammetry, remote sensing & spatial information sciences*. 2017 nov 13;4.
- [17] Martínez-Fernández A, Benito-Calvo A, Campaña I, Ortega AI, Karampaglidis T, de Castro JM, Carbonell E. 3D monitoring of Paleolithic archaeological excavations using terrestrial laser scanner systems (Sierra de Atapuerca, Railway Trench sites, Burgos, N Spain). *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*. 2020 Dec 1;19:e00156.
- [18] Fernandez-Diaz, J.C., Carter, W.E., Shrestha, R.L., Glennie, C.L., 2014. Now You See It... Now You Don't: Understanding Airborne Mapping LiDAR Collection and Data Product Generation for Archaeological Research in Mesoamerica. *Remote Sens*. 6, 9951–10001.
- [19] Kontogianni G, Georgopoulos A, Saraga N, Alexandraki E, Tsogka K. 3D virtual reconstruction of the Middle Stoa in the Athens Ancient Agora. *ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2013 Feb;40:125-31.
- [20] Delgado JM, Oyedele L, Demian P, Beach T. A research agenda for augmented and virtual reality in architecture, engineering and construction. *Advanced Engineering Informatics*. 2020 Aug 1;45:101122.
- [21] *Paul Festa and John Borland (May 19, 2005)*. "Is a 3D web more than just empty promises?". *CNET News.com*.
- [22] Efstratios Stylianidis and Fabio Remondino, *3D Recording, Documentation and Management of Cultural Heritage*, Whittles Publishing, 2016.
- [23] Noh Z, Sunar MS, Pan Z. A review on augmented reality for virtual heritage system. In *International conference on technologies for E-learning and digital entertainment 2009* Aug 9 (pp. 50-61). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [24] Steam. (2022). *Baalbek Reborn: Temples* Available from: [https://store.steampowered.com/app/1370800/Baalbek\\_Reborn\\_Temples/](https://store.steampowered.com/app/1370800/Baalbek_Reborn_Temples/).
- [25] *Heritage in Motion*. (2022). Available from: <https://heritageinmotion.eu/himentry/sluge725d48429303680a4948577fc397609>