



دور الماسح الضوئي ثلاثي الأبعاد في التوثيق للمنشآت المعمارية ضمن نطاق الصيانة والترميم

The role of the three-dimensional scanner in the documentation of architectural structures within the scope of maintenance and restoration

ط.د مجاهدي إبراهيم^{*}، مخبر التراث الأثري و ترميمه، جامعة تلمسان (الجزائر)، brahimtlmquat@gmail.com

أ. أوبادي عبد العزيز²، قسم الهندسة المعمارية، جامعة أم البواقي (الجزائر)، oubadi.a@yahoo.com

تاريخ النشر: 2023/04/30

تاريخ القبول: 2023/04/15

تاريخ الاستلام: 2022/11/17



ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى التأكيد على حتمية تطوير الأدوات والتقنيات التكنولوجية الحديثة في الدراسات الأثرية المرتبطة بتوثيق المنشآت المعمارية نظرا لتوسّع مجالها ضمن نطاق صيانة وترميم هذه الأخيرة، وهذا بغرض التطلع والوصول إلى أكبر كم من المعلومات، مع إمكانية توظيفها في فهم المعطيات الأثرية قبل استقراءها وتحليلها للانطلاق منها نحو العمليات الترميمية، ولو عدنا للوراء قليلا لوجدنا أن جلّ الدراسات الأثرية بمختلف أشكالها اعتمدت بشكل أو بآخر على ما كان موجودا من تقنيات وقت إجراءها، لكن وتطوّر السبل التقنية فلا بدّ وأن يستفيد دارسو الآثار بصفة عامة من هذا الكمّ الهائل للبرامج والتطبيقات في دراساتهم واستقراءهم للشواهد المادية، بل والأكثر من ذلك مقارنة نتائج الدراسات التي أجريت بأساليب تقليدية مع تلك المعتمدة على التطبيقات التكنولوجية الحديثة، يعتبر الماسح الثلاثي الأبعاد مختلف أنواعه أحد الوسائل التي اعتمد عليها الممارسون ومعهم الأثريون في التوثيق للآثار المعمارية بغية توفير أهم المعطيات عن حالتها وظروفها الشكلية والتركيبية من أجل توفير أنجع السبل لترميمها.

كلمات مفتاحية: ماسح ثلاثي الأبعاد؛ صيانة وترميم؛ توثيق؛ منشآت أثرية؛ تكنولوجيات حديثة.

Abstract:

This study aims to emphasize the inevitability of developing modern technological tools and techniques in archaeological studies related to the documentation of architectural facilities due to the expansion of its field within the scope of maintenance and restoration of the latter, and this is for the purpose of looking forward and accessing the largest amount of information, with the possibility of using it in understanding archaeological data before extrapolating and analyzing it for launch. Including the restoration process, and if we go back a little, we will find that most of the archaeological studies in their various forms relied in one way or another on the existing techniques and methods at the time of their implementation, but with the development of technical means, archeology students in general must benefit from this huge amount of programs and applications in Their studies, analyzes and extrapolation of physical evidence, and even more than that, comparing the results of studies conducted using traditional methods with those based on modern technological applications.

Keywords: 3D scanner; maintenance and restoration; documentation; monumental structures; Modern technologies.

^{*} المؤلف المرسل.



مقدمة:

إن السمات التي تميّز عصرنا الحالي جعلتنا ندرك تماماً أنّه عصر الثورة التكنولوجية وتطبيقاتها، والتي أثّرت بطريقة أو بأخرى على جميع مناحي الحياة، وبشكل أولى الدراسات العلمية -بسائر تخصصاتها- منها، خاصة مع التطور الكبير الملاحظ لأشكال أجهزة الإعلام الآلي ولنظم الشبكات الإعلامية، والدراسات الأثرية من التخصصات العلمية التي دقّت هذا الجانب من التطور، حتّى أضحت في كثير من المرات تحت سطوة التطبيقات التكنولوجية.

أ. إشكالية الدراسة وتساؤلاتها:

مقابل كلّ ما ذكر سابقاً، كان ولا بدّ لنا من تسليط الضوء على راهن التوثيق المعماري في ظلّ الثورة التكنولوجية، وإسقاط حيثيات هذا الأمر على توجهاته العامة ضمن نطاق الصيانة والترميم في الوقت الراهن، من هنا أتت هذه الورقة البحثية لتعطي اللّثام عن هذه المسألة العلمية، وتحيب على إشكالية رئيسية مفادها: ما مدى نجاعة استخدام تقنيات المساح الضوئي ثلاثي الأبعاد في التوثيق للمنشآت المعمارية ؟

وبهدف الإجابة على هذه الإشكالية ارتأينا طرح مجموعة من التساؤلات المتفرّعة:

- ما هو السياق الدلالي لمعنى التراث اصطلاحاً وإجراءً؟
- ما هي أهمّ البرامج التكنولوجية الحديثة المستخدمة في مجال التوثيق المعماري؟
- كيف يساهم المسح الضوئي الثلاثي الأبعاد في توثيق المنشآت الأثرية بغية ترميمها وتوثيقها؟

ب. أهميّة الدراسة:

تكمن أهميّة هذه الدراسة في كونها تعالج ارتباط وتأثير ظهور العديد من التكنولوجيات الحديثة في العقدين الأولين من القرن الحادي والعشرين على صيانة وترميم التراث المعماري. كما ترجع أهميّة هذه الدراسة كذلك إلى إثبات أنّ تقنيات المسح الضوئي الثلاثي الأبعاد قد تكون أداة مفيدة بيد الأثرين لتوثيق المنشآت المعمارية بغية ترميمها وصيانتها.



ت. فرضية الدراسة:

تقوم دراستنا على منطلق أساسي يرى بأن التكنولوجيا ما هي إلا تجسيد ماديّ للحلول المتوافقة مع مجموعة التحديات والصّعوبات التي يواجهها الإنسان، ووفقا لذلك فإذا ما كان حفظ التراث المادي تحدّ وصعوبة فإن التكنولوجيا قادرة على تجاوزهما.

ث. هدف البحث:

تهدف هذه الدراسة إلى التأكيد على حتمية مواكبة الدراسات الأثرية للتطورات التكنولوجية الهائلة، والاستفادة منها بغية توثيق وحفظ المادة الأثرية تحضيراً لترميمها وصيانتها. انطلاقاً من هذه الأسس فإنّ دراستنا قسّمت إلى ثلاثة (3) محاور رئيسية هي:

- ضبط السياق الدلالي للتراث المعماري.
- نماذج من البرامج التكنولوجية الحديثة المستخدمة في مجال التوثيقات المعمارية.
- مساهمة المسح الضوئي ثلاثي الأبعاد في التوثيق المعماري للآثار.

1.. ضبط السياق الدلالي للتراث:

لاشكّ في أنّ التّراث قد يمثّل ببساطة مجموع تراكم تقدير كل من قيم الماضي وتضمن موروثة الحضاري، هذا التّراكم لا بدّ وأنّ يشكّل مخزوناً للذاكرة تأخذ الآثار نصيباً وافراً منها، لذلك يرى الأستاذ التّيجاني مياطة أنّ المعنى الأصلي للتراث يندرج تحت مسمّى الموروث ويعبّر عنه بانتقال شيء ما عبر الزمن¹، ويواصل طرح فكرته اعتماداً على ما ذكره الأستاذ اليمني يوسف عبد الله حسبه حين راح يعرف الموروث بأنه كل ما هو منقول ومتوارث متواتر إلى أن أشار إلى فكرة مهمّة هي اكتساب هذا اللفظ معنى يطلق في الغالب على كلّ عناصر

¹ التّيجاني مياطة، التراث الأثري بين أسس البحث العلمي وسبل الحفاظ عليه، مجلة المعارف البحوث والدراسات التاريخية، مج 3، ع 5، جامعة الوادي، 2015م، ص 153.



الثقافة التي تتناقل من جيل لآخر، رغم أنّ هذا التعريف نادى به الأستاذ محمد التّهاتوني في موسوعته المسماة الكشاف¹.

أوردت منظمة اليونسكو تعريفا شاملا للتراث إذ يعتبر مجموع الأعمال المعمارية وأعمال النحت والتصوير على المباني والعناصر أو التكوينات ذات الصّفة الأثرية والنقوش ومجموعة المعالم التي لها جميعا قيمة عالمية استثنائية من وجهة نظر التاريخ والفن أو العلم².

عربيا اختلفت الصيغ المعروفة للتراث لغويا ومجاليا، إلا أنها تشابهت معنويا واصطلاحيا، ففي مصر مثلا عرفه القانون بأنه "كلّ بناء أو قطع منقولة أنتجته الحضارات المختلفة أو أحدثته الفنون والعلوم والآداب والأديان خلال العصور التاريخية المتعاقبة ما دامت له قيمة أو أهمية أثرية أو تاريخية"³، والملاحظ لهذا التعريف يرى أن المصريين اهتموا بما هو موجود أمامهم على سطح الأرض من جهة، وأنهم لم يحدّدوا أقصى فترة لأخذ الشيء حكم الآثار، وإن كانوا قد اشتهروا في النقطة الثانية مع التشريع التونسي الذي عرّف التراث كالتالي: "يعتبر تراثا أثريا أو تاريخيا أو تقليديا كل أثر خلفته الحضارات أو تركته الأجيال السابقة كما يكشف عنه أو يعثر عليه برا أو بحرا سواء كان ذلك عقارات أو منقولات أو وثائق أو مخطوطات يتصل بالفنون أو العلوم أو العقائد أو التقاليد أو الحياة اليومية أو الأحداث العامة وغيرها مما يرجع إلى فترات ما قبل التاريخ أو التاريخ والذي تثبت قيمته الوطنية أو العالمية ويعدّ التراث الأثري أو التاريخي أو التقليدي ملكا عاما للدولة باستثناء ما أثبتت الخواص شرعية ملكيتهم له"⁴، فإن الاختلاف واضح في تحديد موضع التراث من جهة سواء كان برا أو بحرا، ومن جهة أخرى فإن أغرب اختلاف يكمن في السّماح للتونسيين قانونا بامتلاك التراث إذا أثبتوا ملكيته، إن كان قانون مملكة البحرين قد أشار هو الآخر إلى موضع التراث كما فعل التونسيون، فإنّ القارئ لتشريعهم المتعلق بالآثار والذي ينصّ على:

¹ محمد علي التّهاتوني، موسوعة الكشاف، اصطلاحات الفنون والعلوم، مكتبة لبنان، بيروت، 1961م، ص234.

² اليونسكو، اتفاقية حماية التراث العالمي الثقافي والطبيعي، المنظمة العالمية للثقافة والتربية والعلوم، باريس، 1982م، المادة الأولى، ص6.

³ قانون حماية الآثار المصري رقم 117 لسنة 1983م، المادة الأولى، ص5.

⁴ القانون التونسي لحماية الآثار والتراث رقم 35 لسنة 1994م، الفصل الأول، ص2.



"أن أي شيء خلقته الحضارات أو تركته الأجيال السابقة مما يكشف عنه ويعثر عليه سواء كان عقارا ومواد منقولة تتصل بالفنون والعلوم والآداب والأخلاق والعقائد والحياة اليومية، أما الأحداث العامة أو غيرها مما يرجع تاريخه إلى خمسين سنة ميلادية على الأقل، متى ما كانت له قيمة فنية أو تاريخية يعد من التراث"¹، يلاحظ تحديد مرور خمسين سنة على الشيء حتى يعدّ مع التراث، ولم يغفل المشرّع العراقي عن هذا الأمر فهو الآخر قام بتحديد المعيار الزمني للتراث وعزّف هذا الأخير بأنّه: "الأموال المنقولة والأموال غير المنقولة التي لا يقل عمرها عن مئتي سنة ولها قيمة تاريخية أو وطنية أو دينية أو فنية"².

أما التراث المادي لوحده فتشترك جميع الأطراف في ماهيته، فمثلا التزمت جميع الدول العربية بالتعريف الذي أوردته المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم والذي جاء نصّه كالآتي: "يعرف التراث المادي بأنّه المباني الأثرية وما تكشفه الحفريات، وبما تحتويه المتاحف بمعنى التراث المادي منه الثابت كالمدن الأثرية والمواقع التاريخية والعمائر الدينية والحصون العسكرية والمنشآت المائية والزراعية والمدافن والمنقول يتمثل في كل من المقتنيات المنحوتة والمخطوطات والمسكوكات والأدوات الفخارية والزجاجية والمنسوجات"³.

2.. نماذج من البرامج التكنولوجية الحديثة المستخدمة في مجال التوثيق المعمارية:

البرامج الحاسوبية هي لغة يتم إدماجها من خلال وحدات الإدخال في الحاسوب، ومن ثم يتم معالجتها آليا وفق مجموعة من الأوامر (Commands) تدعى برنامجا (Program)، تمهيدا للحصول على النتائج المرجوة عن طريق وحدات الإخراج⁴، وقد استندت الدراسات الأثرية إلى عدد كبير من البرامج الحاسوبية، مكّنتها من إحراز تقدم هام في نتائج بحوثها، ولعلّ أهمّها:

¹ قانون مملكة البحرين بشأن حماية الآثار، رقم 11 لسنة 1995م، المادة الثانية، ص5.

² قانون الآثار والتراث، رقم 55 لسنة 2002م، جمهورية العراق، وزارة الدولة لشؤون السياحة والآثار، الهيئة العامة للآثار والتراث، مطبعة سومر بغداد، 2015م، ص6.

³ المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، الآثار الإسلامية في الوطن العربي، تونس، 1985م، ص23.

⁴ صالح العقيلي وسامر الشايب، برمجيات الحواسيب الشخصية الجاهزة للجميع، ط 1، دار الشروق للنشر والتوزيع، عمان، 1997م، ص02.

1.2.. معالج النصوص Word:

عبارة عن برنامج منسق للنصوص يستخدم في الأعمال المكتبية مثل كتابة المستندات والرسائل والأبحاث وكتابة الكتب وإجراء كل عمليات التنسيق على المستند من تغيير في الحجم والنوع وإجراء كل عمليات النسخ واللصق وتنسيق الهوامش والمسافات البادئة وتهيئة المستند للطباعة أو الإرسال¹.

صورة 01

الشاشة الرئيسية كما تبدو في برنامج وورد.



¹ محمود احمد زرايزر، استخدام التطبيقات التكنولوجية في دراسة المسكوكات الإسلامية برنامج الفوتوشوب نموذجاً، جامعة سوهاج، مجلة كلية الآداب، الجزء 1، العدد 47، 2018م، ص372.



يعد هذا البرنامج من أشهر برامج معالجة النصوص، وقد جاء في إصدارات عديدة، تميزت بالعديد من المزايا لكتابة مختلف أنواع المستندات¹، وهنا يمكننا الإشارة إلى الدور الكبير لهذا البرنامج في الدراسات الأثرية، خاصة فيما يخص استخدامه كمرجع كتابي خاص بالوعاء الرقمي لتخزين المعلومات وتوثيقها من جهة، أو تفعيل وتسريع تبادلها ونقلها عبر مختلف الوسائط المعدّة لذلك.

أما عن خصائص هذا البرنامج² فهي كثيرة جداً لعلّ أهمّ ما يتناسب منها مع دراستنا نجد:

- كتابة النصوص بلغات كثيرة (العربية والأجنبية).
- إعداد صفحة الكتابة مثل ضبط الهوامش وإتجاه الورقة وحجم الورق وخيارات الطباعة وعمل صفحات متعددة وهوامش معكوسة.
- إنشاء جداول وتنسيقها وعمل فرز على البيانات واستخدام بعض صيغ المعادلات والدّوال داخل هذه الجداول.
- تنفيذ نمط أو تنسيق على المستند مثل: محاذاة نص، التحكم في حجم الخط ونوعه، تغيير لون الخط ولون الخلفية.
- إدراج كل من: الصور، الأشكال التلقائية، المخططات البيانية، التخطيطات الهيكلية، النصوص المرسومة وغيرها.
- البحث والاستبدال لبعض النصوص داخل المستند وعدّة لغات.
- تأمين المستندات عن طريق عمل حماية لها وحفظها بكلمة مرور حتى لا يمكن لأي مستخدم آخر فتحها.
- فتح المستندات التي سبق حفظها وتعديلها ثم حفظها مرة أخرى بنفس الاسم أو غيره.
- معاينة المستندات قبل طباعتها.

¹ نورية الشبلي، Microsoft Word، المكتبة الوطنية، بيروت، 2006م، ص 04.

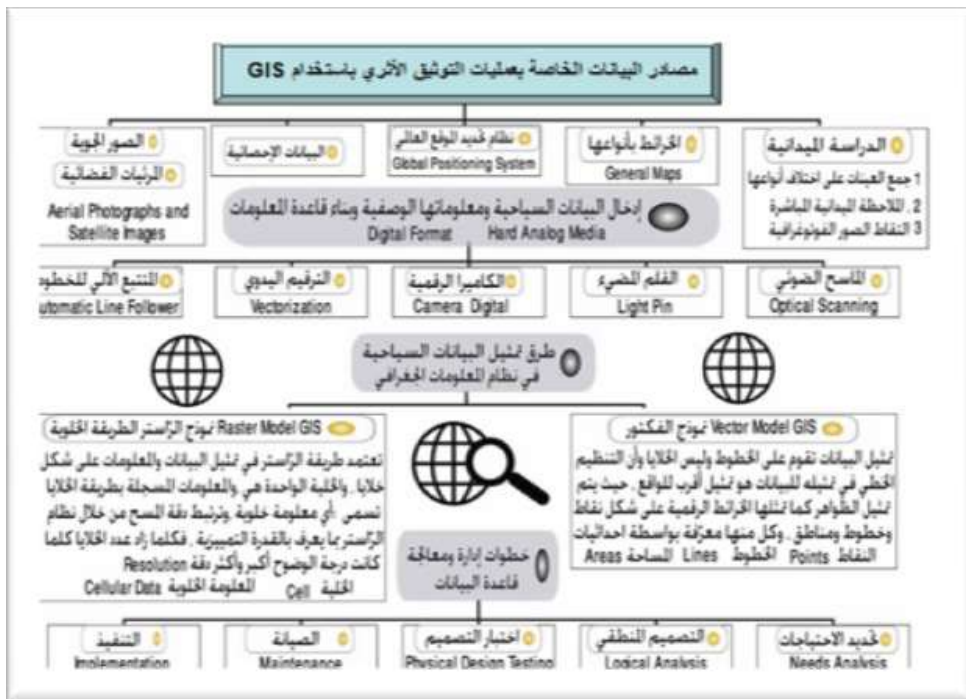
² J Fredman, What Is Microsoft Word Used For, 2012, p02, Consulté le 08/ 10/ 2021, sur techwalla: <https://www.techwalla.com/travel>.

2.2. نظم المعلومات الجغرافية SIG:

يتطلب النهج القياسي لتوثيق المعلومات الأثرية إنشاء قاعدة بيانات جغرافية مرجعية يمكن استخدامها لإنتاج خرائط موضوعية مع مستويات مختلفة من المعلومات الأثرية -وغيرها- حسب الحاجة في سياق معين، أما في علم الآثار فتستخدم أنظمة المعلومات الجغرافية (SIG) بصورة عامة لمعالجة بعدية وتحليلية لمواقع التنقيب الأثري (التحليل ضمن الموقع الأثري) ولتقييم المعلومات المكانية في نطاق أثري يجمع عدد أكبر من المواقع و/ أو مشاريع التنقيب (التحليل بين المواقع).

صورة 02

مخطط توضيحي لمنهجية توثيق المواقع الأثرية باستعمال SIG.





تجدر الإشارة على أن تعدد مجالات استخدام نظم المعلومات الجغرافية حثّم إدخال الدراسات الأثرية ضمنها، وسبب ذلك راجع إلى محدودية الأساليب التقليدية الموثقة للمعالم الأثرية، ومن أهم القدرات التي يمكن لهذه النظم التكنولوجية أن تفيدنا بها في مجال الآثار:

- رصد وتوثيق الظواهر الأثرية بتفاصيلها، وإمكانية معالجة صورها واستنباط خرائط شاملة لها ولحيطها¹.
- إنشاء ووضع خرائط على وجه الخصوص لمختلف المواضيع الأثرية والتاريخية.
- تحليل التوزيع العام للكتل السكنية ووحدات الخدمات المرتبطة بها، وأهم المنشآت القائمة عليها.

3.2.. برنامج النشر المكتبي فوتوشوب Adobe Photoshop :

من البرامج المتخصصة في الرسومات Graphics والصور، ولقد تم الاستفادة منه في فروع كثيرة من الدراسات الأثرية خاصة في الوصول إلى المعلومات الدقيقة للنماذج الأثرية، أضف إلى ذلك ما يتيح هذا البرنامج من إمكانية تعديل الصور الأثرية جزئياً أو جذرياً، أو معالجتها وتحريرها في أسرع وقت، والأهم من هذا كله هو إمكانية هذا البرنامج من إجراء التفريغات الزخرفية الدقيقة²، ومن أهم الوظائف التي استغلت فيها إمكانيات الفوتوشوب أثريا نجد:

- ضبط الصور الأثرية وتنسيق أبعادها، وكذا تصحيح أخطاء التصوير بها.
- تبسيط وتسهيل قراءة النقوش والزخارف بزيادة وضوح الصور الحاملة لها ودقتها والقدرة على التحكم في تكبيرها أو تصغيرها.
- تنفيذ التفريغات الدقيقة للزخارف مما يؤدي إلى إمكانية الاستغناء عن الأساليب القديمة في التفريغ المعتمدة أصلاً على الشف والنقل أو الرسم اليدويين³.

¹ محي الدين إسماعيل، أبوغزالة أسعد علي سليمان، تقنية نظم المعلومات الجغرافية كأداة فاعلة للحفاظ على المناطق التاريخية وذات القيمة، مؤتمر الأزهر الهندسي الدولي الحادي عشر، القاهرة، مصر، 2010م، ص 237.

² فيصل صبحي أبو عاشور، برنامج الجرافيكس أدوب فوتوشوب كمدخل لإثراء وتنوع تشكيلات الخط العربي، رسالة مقدمة لإتمام متطلبات الماجستير في الفنون الجميلة، كلية الفنون الجميلة، جامعة اليرموك، الأردن، 2006م، ص 72.

³ أحمد زرازير، المرجع السابق، ص 372.

- تصحيح بعض التفسيرات السابقة التي صاحبت الكثير من المنشآت الأثرية من عمارة وفنون تطبيقية وأثاث أثري.

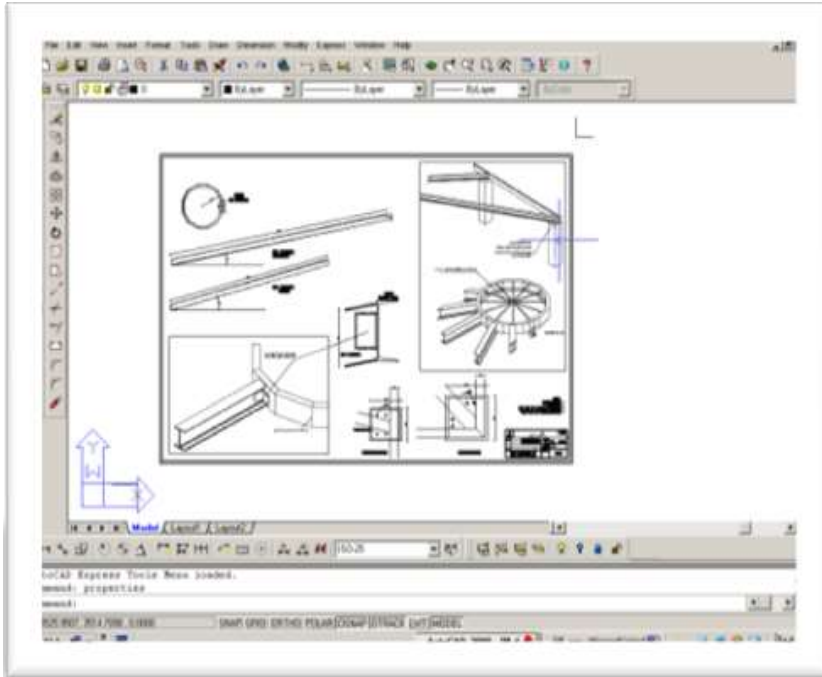
- تتبّع أشكال الزخارف ومطابقتها مع ما جاء عنها في المصادر الأخرى، وكذا معرفة دلالاتها الرمزية.

4.2.. برنامج الأوتوكاد AutoCAD:

يعتبر برنامج أوتوكاد من أهم البرامج الرسومية والهندسية الذي يحتوي على الأبعاد الثنائية والأبعاد الثلاثية.

صورة 03

الشاشة الرئيسية كما تبدو في برنامج أوتوكاد.



5.2.. برنامه آستر ASTER :

يعتبر برنامج Space Born Thermal and Reflection Radiometre من المواسم المتعددة الأطياف، أطلقته وكالة الناسا NASA في أواخر القرن الماضي، يغطي هذا البرنامج مدى طيفيا واسعا بدقة مكانية وطيافية إشعاعية عالية¹، وتكمن أهميته في الدراسات الأثرية لكونه يعطي الصور بأكثر دقة تمييزية وبأكبر بعد، إضافة إلى كونه يسمح بتقويم الصورة الملتقطة وتصحيحها، وكذا إمكانية اقتطاع المنطقة أو المساحة الأثرية المراد دراستها.

صورة 04

الشاشة الرئيسية كما تبدو في برنامج أستر.



¹ M. Abrams et H. Simon, ASTER User Handbook, EROS Data Center, V02, USA, 2000, P05.

6.2.. النظام العالمي لتحديد المواقع GPS:

يقوم عمل هذا النظام أساساً على فكرة الرصد عن طريق الأقمار الصناعية، بشرط أن تكون هذه الأخيرة معلومة الموقع والإحداثيات¹، وقد تم تخصيص هذا النظام من طرف الولايات المتحدة الأمريكية للاستخدام في المجالات العسكرية البحتة، بيد أنه ومن ثمانينيات القرن العشرين تم إتاحتها للاستفادة من مزاياه في المجالات المدنية، ومن ضمنها الدراسات والبحوث العلمية، وعلى رأس العلوم التي استفادت منه نجد الدراسات الأثرية، فقد سمح هذا النظام بتحديد أماكن تواجد القرائن الأثرية بداية من أضخم منشأة وصولاً إلى أصغر اللقى الأثرية، حيث وباستعمال هذا النظام نستطيع الكشف عن هذه الأخيرة، ثم بعث نتيجة هذه الكشوفات إلى مستقبلها (le récepteur) لتحليل معلوماتها، ويتكون نظام GPS من ثلاث أساسيات رئيسية هي: القمر الصناعي (le satellite) وجهاز الاستقبال (Receiver) ونظام التحكم الأرضي (Ground Control Segment)، وهذا الأساس الأخير هو الدافع لإدخال هذا النظام ضمن هذه الدراسة، وتجدر الإشارة إلى أن هذا النظام قد ساهم بشكل كبير في تحديد مختلف الظواهر الأثرية وفي دراستها واستقراءها نتيجة لما يقدمه من معلومات مساحية وجغرافية وطبوغرافية.

7.2.. أنموذج الارتفاع الرقمي DEM:

يسمى باللغة الأجنبية Digital Elevation Model، وهو في حقيقته ملف شامل يحتوي على أهم بيانات الارتفاع المنسوبة إلى منطقة جغرافية محدّدة، وهو أساس لما بعده من تحليل لطبوغرافية هذه المنطقة، وعمل هذا النظام يعتمد على تعيين عدد من النقاط للمنطقة المحدّدة المراد دراستها وفقاً لموقعها المستوي (X.Y) وارتفاعها (Z)، فتصبح مُعرّفة فضائياً وفقاً للمحاور الثلاث (X . Y . Z) ممثلة التضاريس الأرضية لذات الرقعة الجغرافية التي تمّ تحديدها، وفي الدراسات الأثرية وبلاستعانة بهذا النظام نستطيع استنتاج الخواص المتعلقة بطبوغرافية المنطقة الأثرية -أو منطقة تواجد المعلمة الأثرية-، وبه نستخلص المعلومات الواردة عنها من الجانب التضاريسي والطبوغرافي.

¹ G. charis et G. jhon, Revealing the buried past, London, 2003 ,p 87.



صورة 05

الشاشة الرئيسية كما تبدو في برنامج *Digital Elevation Model*.



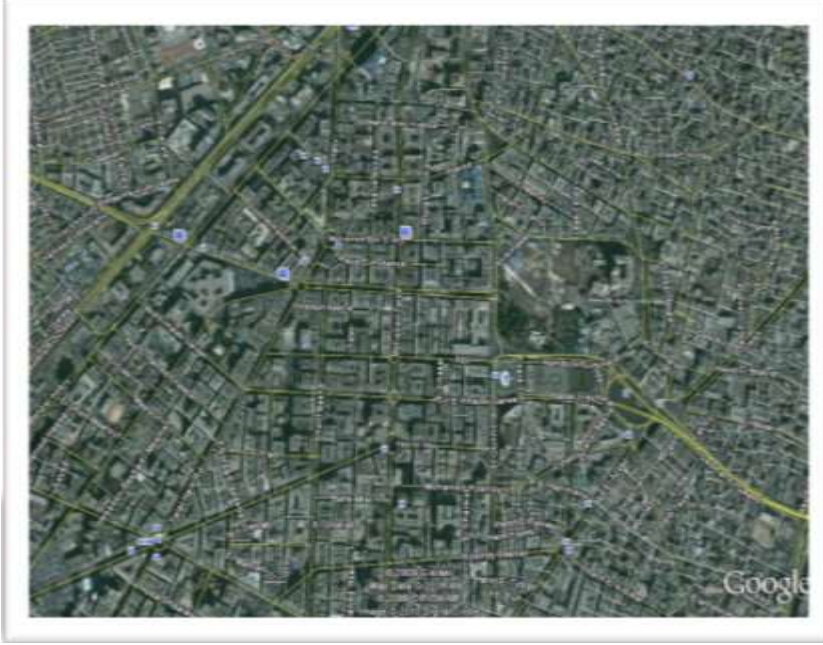
8.2.. برنامج Google earth:

يعدّ جوجل إيرث من أفضل البرامج المستخدمة في رسم وأخذ الخرائط ووضع العلامات فوقها، إذ يستعمل الصور المركبة لتكوين خارطة تفاعلية شاملة للأرض، فهو إذن: "برنامج معد لعرض المرئيات الفضائية لكل سطح الأرض بقدرة تمييزية توضيحية جيدة"¹.

¹ الكروي رؤى زهير زيدان، استخدام تقنية التحسس النائي في دراسة المواقع الأثرية: نينوى نموذجاً، رسالة مقدمة لإتمام متطلبات الحصول على شهادة الماجستير، كلية الآداب، جامعة الموصل، العراق، 2008م، ص 41.

صورة 06

الشاشة الرئيسية كما تبدو في برنامج Google earth.



وانطلاقاً من هذا البرنامج نستطيع توفير صور ثلاثية الأبعاد للمواقع الأثرية، وكذا لمكوناتها ومحيطها، رغم ما يلاحظ عليه من جوانب سلبية في مثل هذه الدراسات كأن تكون الصورة المرئية أقل من تاريخ مشاهدتها بحدود ما بين السنة والسنتين، وكذا عدم إمكانية تكبير الصورة المقتطعة منه إلا ضمن البرنامج.

3.. مساهمة المسح الضوئي ثلاثي الأبعاد في التوثيق المعماري للآثار

إنّ دراسة التراث عن طريق شواهد تعد سبباً رئيسياً في عودة نشاط الكثير من العلوم كعلوم البناء والعمارة والهندسة، ثمّ الانطلاق نحو تطويع التكنولوجيا لهذا النوع من الدراسات قد يمثّل حلاً ناجعة لمشكلات عديدة تطرحها هذه البحوث.



قبل أكثر من قرن وبالبضبط سنة 1899م تمّ اكتشاف بوابة "عشتار"¹ عن طريق بعثة تنقيب ألمانية، ويهدف حفظها تمّ نقلها إلى متحف برلين بعد تفكيكها وترقيم أجزائها ثم إعادة تركيبها في عملية بالغة الدقة ومجهدّة، كما أنّها كانت مكلفة وخطيرة، وامتدّت لمدة ثلاث سنوات متواصلة، ربّما كانت هذه العملية دافعا للباحثين والمهندسين في الانطلاق نحو البحث عن تقنيات وأساليب ووسائل تسهّل مثل هذه العمليات وتكون أكثر مرونة وأمانا على التّراث الأثري، طُرحت الرّقمنة المساحية المعتمدة أساسا على المسح الضوئي كحلّ وتقنية رائدين في هذا المجال، حيث استعملت في أوّل الأمر بالميادين الصناعية والبنائية والمعمارية والهندسية قبل أن تستغلّ في التوثيق المعماري للشواهد الأثرية.

يقوم عمل الماسح الضوئي على البعث الليزري حيث يُحمل على درونات أو طائرات عادية أو يُنصب فوق عدة محطات قياس مناسبة لدورانه بسرعة عالية، ثمّ يُطلق حزمة من الأشعة الليزرية غير مرئية والتي تعمل بعد اصطدامها بالشواهد الأثرية على تسجيل كافة المعطيات المرتبطة بموضع هذه الأخيرة-الشواهد الأثرية- نسبة إلى موضع الجهاز من جهة ونسبة إلى العناصر الأخرى المكونة للفضاء المسوح من جهة أخرى وهذا في تغطية كاملة تبلغ 360 درجة، ليتمّ بعد ذلك تكوين صورة رقمية ثلاثية الأبعاد عالية الدقة للفضاء المسوح تسمى "السحابة أو الغمامة النقطية" انطلاقا من جمع كافّة النقاط الناتجة، ليبدأ تشكيل صور رقمية أنموذجية للعينة مكونة من ملايين النقط والتي كلّما زاد عددها في السحابة زادت نسبة الدقّة (résolution) في التمثيل الرقمي للفضاء.

لإشارة فإنّ الماسح الضوئي مزوّد بكاميرا عالية الدقة موجهة في نفس اتجاه الليزر مما يسمح بمطابقة السحابة النقطية مع الصور الملتقطة، وبالتالي تلوين هذه السحابة وجعلها ثرية بالمعلومات الأساسية وأكثر واقعية للتحليل والملاحظة، فتمنحنا القدرة على توثيق مختلف الرسوم الحائطية والمنشآت المعمارية، وفي الأخير يتمّ فتح هذه البيانات وفقا لبرامج وتطبيقات رقمية قادرة على قراءتها ومعايرتها قبل مشاركتها ضمن بيئة نمذجة معلومات

¹ بوابة حجرية كلسية مكسية بحجر الازورد الأزرق بناها الإمبراطور البابلي "نبوخذ نصر الثاني" بجوار حدائق بابل المعلقة، تعد واحدة من عجائب الدنيا السبع.

البناء مع جهات أخرى، وكذلك استنساخها لمحاكاة رقمية دون التأثير عليها سواء باستغلالها السياحي أو بنقلها من مكان إلى آخر.

صورة 07

جهاز Trimbel X8 منصوب على حامل ثلاثي القوائم وثابت.

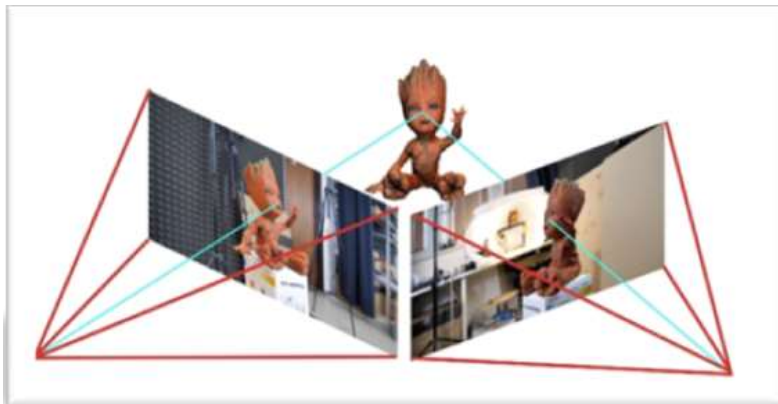


يوجد عدد من الماسح الضوئية الممكن استخدامها في هذا الحقل العلمي، ولعل أهمها:

- الماسح الضوئي التصويري (photogrammetry) القائم أساسا على أخذ صور متعددة للعينة من زوايا مختلفة بغرض تكوين صورة متكاملة وسليمة لها.

صورة 08

تقنية الماسح الضوئي التصويري.



- الماسح الليزري الثلاثي (scaner tridimntionel) القائم على فكرة إرسال شعاع ليزري ثم دراسة اتجاهه عن طريق تزويده بملقطات متعددة.

صورة 09

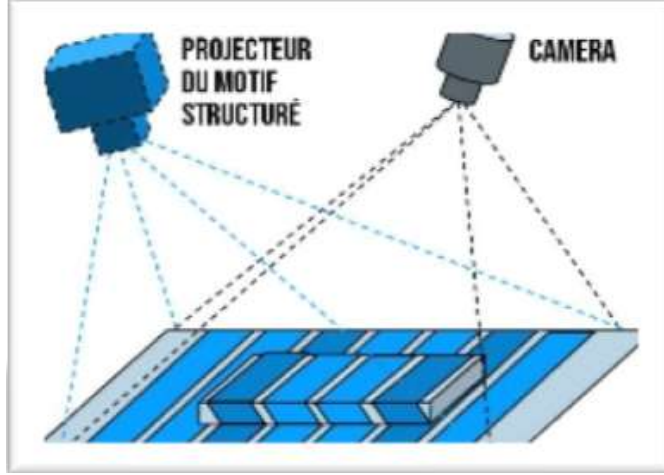
تقنية الماسح الليزري الثلاثي.



- الماسح الضوئي المهيكل (scaner a lumiere structure) القائم على نفس المبدأ السابق، ويكمن الفرق هنا في كونه يُرسل حزم ضوئية بدل الأشعة الليزرية.

صورة 10

تقنية الماسح الضوئي المهيكل.



- المسح باستعمال النبض الليزري (scaner a onde) الهادف إلى استخراج مختلف الأبعاد انطلاقاً من حساب زمن الارتداد.

إن السحابة النقطية تمثل في النهاية أنموذجاً رقمياً يسمح بإنشاء بنك ذاكرة وحفظ لمختلف المواقع الأثرية، كما يسمح باستخراج مختلف المخططات الثنائية الأبعاد من واجهات ومساقط وقطاعات مختلفة، أضف إلى ذلك دراسة وتحليل مختلف الرسوم الحائطية، ولا شك في أنها تسمح أيضاً في إنتاج فيلم عن طريق تقنية الواقع المعزز يمكن من خلاله محاكاة السير داخل المواقع الأثرية الكبرى، مما يمنح المتاحف القدرة على إنتاج محتوى ذو قيمة تاريخية وأثرية توفر مداخل إضافية.

منذ أقل من 10 سنوات وفي 2015م بالذات قام فريق B1M المهتم بالشؤون المعمارية بتجربة تكوينية لفائدة طلبة الهندسة المعمارية بجامعة سوجان، موثقاً مراحلها ونتائجها ومشاركتها على قناته



في "youtube"، حيث تم مسح مبنى كنيسة "سانت جيمس" الواقعة في مدينة لندن داخليا¹، بعد تنصيب حامل ثلاثي القوائم ليكون منصة لجهاز المسح الضوئي trimbel x8، ثم إدخال إعدادات الضبط الرئيسية للجهاز كالزاوية التي يجب أن يغطيها الجهاز أثناء دورانه والدقة المطلوبة وتفعيل الوضع الصامت من عدمه وتفعيل الكاميرا وغيرها من الاختيارات الفنية.

صورة 11

كنيسة سانت جيمس.



المصدر: نقلا عن موقع B1M.

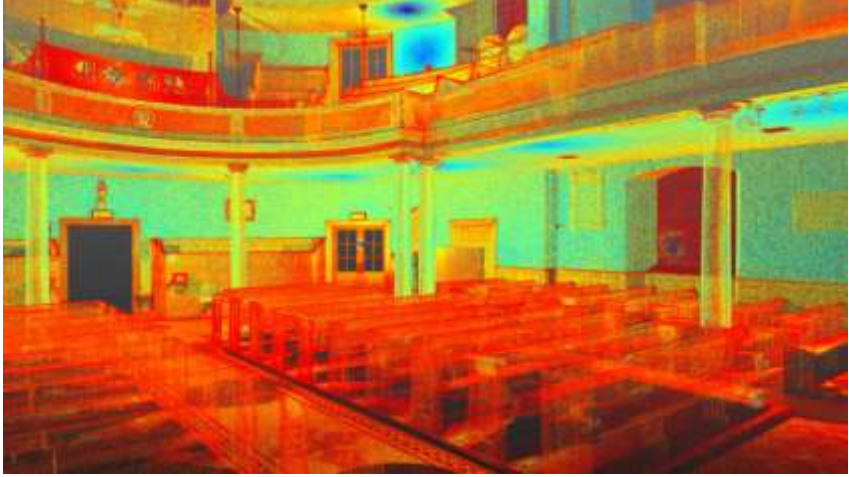
في الأخير تم الحصول على تمثيل رقمي زُفِع على حامل معلومات "يو أس بي USB" قبل فتحه في برامج معدة لذلك مثل revit autodesk، ثم تم مطابقة السحابة النقطية للكنيسة المسوَّحة مع الصور المنتقاة من كاميرا الجهاز لتظهر السحابة بأكثر واقعية وظاهرة عليها كل الألوان والخامات والإضاءة، وأُضِفَ إلى ذلك ظهور

¹ للاطلاع عليها في مواقع البحث العالمية توجد تحت اسم " St James' Church in Clerkenwell, London."

الشقوق وعمقها ، كما سمحت العملية باستخراج مختلف المخططات الشائبة الأبعاد من واجهات داخلية ونوافذ وأبواب وعقود وغيرها من العناصر المعمارية.

لوحة 01

صورنا الكنيسة من الداخل باستخدام الماسح الضوئي 3D انطلاقا من السحابة النقطية.





ليتضح من خلال هذه التجربة أن المسح الضوئي كما أثبتت فعاليته ودقته في مسح الوثائق والأوراق وميدان الطباعة الرقمية في ما سبق، قادر على إثبات فعاليته في الفضاء الثلاثي الأبعاد وأن القدرة على ضبط هذه الأخيرة ضمن المساحة المراد مسحها ينطلق من ضبط زوايا المسح أولاً، ثم القدرة على توحيد تقنيات الأجهزة بهدف مسح مجال واحد دون الرجوع لاعتبارات شساعته وهذا ما يعدّ ميزة فعالة جداً، دون إغفال القدرة على التركيب في منصات عمل سواء كانت ثابتة كالحامل الثلاثي القوائم أو المتحركة كالدرون أو السيارات، وتساهم أيضاً خفة وزن الجهاز التي لا تتعدى 15 كغ في منح هذا النوع من التكنولوجيا الفاعلية الحركية المتوافقة مع بيئة الورشات الأثرية والمتسمة في بعض الأحيان بالهشاشة والاتساع وصعوبة المسالك الموصلة إليها.

4.. خاتمة:

لم يكن للتكنولوجيا الحديثة الأثر البالغ على ميدان البحث الأثري إلى أن ظهرت تقنيات الرقمنة، فتم دمجها مع تكنولوجيا المسح الضوئي لتحقيق طفرة نوعية في هذا المجال معلنة عن ميلاد جيل جديد من الأدوات والأساليب المستعملة في الورشة الأثرية متوافقة مع مرغبات العصر الحديث من سرعة ودقة. نستنتج مما سبق أن تعميم العمل بالماسح الضوئي كاستراتيجية عمل ماثوقة أمر في غاية الأهمية، كما أنّ تطويع الرقمنة لصالح الميدان الأثري يسمح بإنشاء بنك ذاكرة وحفظ لمخططات المواقع الأثرية عن طريق تقنيات غير قابلة للتلف ولا للتقادم، ويمكننا من خلال هذا البنك استخراج عدد كبير من المخططات الثلاثية والثلاثية الأبعاد من واجهات ومساقط وقطاعات مختلفة في أي وقت وفي أي نقطة من كتلة المشروع باستعمال برامج معالجة تمكّننا من معرفة المسافات والمساحات وحساب الأحجام ومعرفة كثافة المواد وبالتالي مكّان الضعف والشقوق ومعرفة مختلف الطبقات المكونة للعينّة دون المخاطرة بفحصها تقليدياً، كما تقوم بتسهيل العمل الأثري وضمان السلامة والدقة في الموقع.

تمكّن قدرة برامج المعالجة المستخدمة في هذه التكنولوجيا من إنتاج محاكاة بتقنية الواقع المعزز والتي تسمح في حدّ ذاتها بمحاكاة المسير داخل المواقع الأثرية الكبرى، وتمنح القدرة على غلق الهوة بين الماضي والحاضر بربط



التراث الأثري بالإنسان المعاصر، كما تمنح للمتاحف القدرة على إنتاج محتوى ذو قيمة تاريخية مدّر للمداخليل ومتوفر للعامة.

في الأخير نوصي باستعمال هذه التقنية التكنولوجية المبنية على المسح الضوئي من قبل الباحثين الأثريين والعمل على تطويرها من طرف التقنيين، تأكيداً لفرضيتنا المقترحة وإجابة على إشكالتنا المطروحة.

5.. الببليوغرافيا:

أولاً: المراجع باللغة العربية

• المراجع:

- محمد علي التهاتوني، موسوعة الكشاف، اصطلاحات الفنون والعلوم، مكتبة لبنان، بيروت، 1961م.
- صالح العقيلي وسامر الشايب، برمجيات الحواسيب الشخصية الجاهزة للجميع، دار الشروق للنشر والتوزيع، ط1، عمان، 1997م.
- نورية الشبلي، Microsoft Word، المكتبة الوطنية، بيروت، 2006م.

• المقالات:

- التيجاني مياطة، التراث الأثري بين أسس البحث العلمي وسبل الحفاظ عليه، مجلة المعارف والبحوث والدراسات التاريخية، المجلد3، العدد5، جامعة الوادي، 2015م.
- محمود احمد زراير، استخدام التطبيقات التكنولوجية في دراسة المسكوكات الإسلامية برنامج الفوتوشوب نموذجاً، جامعة سوهاج، مجلة كلية الآداب، الجزء1، العدد47، 2018م.



● المداخلات:

— محي الدين إسماعيل وأبوغزالة أسعد علي سليمان، تقنية نظم المعلومات الجغرافية كأداة فاعلة للحفاظ على المناطق التاريخية وذات القيمة، مؤتمر الأزهر الهندسي الدولي الحادي عشر، القاهرة، مصر، 2010م.

● القوانين والاتفاقيات:

— اليونسكو، اتفاقية حماية التراث العالمي الثقافي والطبيعي، المنظمة العالمية للثقافة والتربية والعلوم، باريس، 1982م، المادة الأولى.

— المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، الآثار الإسلامية في الوطن العربي، تونس، 1985م.

— القانون التونسي لحماية الآثار والتراث رقم 35 لسنة 1994م، الفصل الأول.

— قانون الآثار والتراث، رقم 55 لسنة 2002م، جمهورية العراق، وزارة الدولة لشؤون السياحة والآثار، الهيئة العامة للآثار والتراث، مطبعة سومر بغداد، 2015م.

— قانون حماية الآثار المصري رقم 117 لسنة 1983م، المادة الأولى.

— قانون مملكة البحرين بشأن حماية الآثار، رقم 11 لسنة 1995م، المادة الثانية.

● الرسائل والمذكرات:

— الكروي رؤى زهير زيدان، استخدام تقنية التحسس النائي في دراسة المواقع الأثرية: نينوى نموذجاً، رسالة مقدمة لإتمام متطلبات الحصول على شهادة الماجستير، كلية الآداب، جامعة الموصل، العراق، 2008م.

— فيصل صبحي أبوعاشور، برنامج الجرافيكس أدوب فوتوشوب كمدخل لإثراء وتنوع تشكيلات الخط العربي، رسالة مقدمة لإتمام متطلبات الماجستير في الفنون الجميلة، كلية الفنون الجميلة، جامعة اليرموك، الأردن، 2006م.



ثانيا: المراجع باللغة الأجنبية

- M. Abrams et H. Simon, ASTER User Handbook, EROS Data Center, V02, USA, 2000.
- G charis et G jhonRevealing the buried past, London, 2003.
- J Fredman, What Is Microsoft Word Used For, 2012, p02, Consulté le 08/ 10/ 2021, sur techwalla: <https://www.techwalla.com/travel>.