JAUES

Journal Of Al Azhar University Engineering Sector

Vol. 13, No. 46, January, 2018, 237-246

تقييم استخدام الوسائل التكنولوجية في توثيق المباني الآثرية

ياسمين صبري محمود حجازي
قسم الهندسة المعمارية -كلية الهندسة -جامعة الزقازيق، مصر

ABSTRACT:
Monuments documentation process consider one of the most important pillars of conservation, the most common issue about documentation that it just used while the restoration project starts, but the correct approach that it is a continuous process till it reach to a complete monitoring operation, this operation was very hard before documentation technology appears, which minimized the time and effort spent in documentation, in addition to its precise results which helped in decision making for restoration and conservation as a whole, the study depends on action research method to evaluate using technology in documentation between theory and practice, the outcome result is a frame work of using technology in documentation evaluation to reveal how useful is using documentation done through technology in prioritizing intervention of restoration and conservation.

Keywords: monuments, documentation, technology, total station, photogrammetry, 3D laser scan

ملخص:
تعد عملية توثيق الآثار من اهم الركائز الهامة التي تبدأ بها عمليات الحفاظ، وعلى عكس الشائع من قصور عملية التوثيق على وقت الترميم و الحفاظ فقط ، بل تستمر في تتابع مستمر حتى تصل إلى المراقبة الدورية المنتظمة، التي كانت تتسم بصعوبة بالغة قبل ظهور التقنيات الحديثة ، التي اختصرت مجهود ووقت لتصل بنا لنتائج دقيقة ساعدت على اتخاذ القرارات التصميمية الصحيحة للترميم و الحفاظ ككل، منهج الدراسة يرتكز على البحث الإجرائي للوقوف على تقييم عملية التوثيق باستخدام التكنولوجيا بين النظرية و التطبيق، وانتهى البحث الى اطار عمل خاص بتقييم التوثيق باستخدام التكنولوجيا للوقوف على مدى افادته في تحديد ترتيب اولويات التدخل بالترميم و الحفاظ

الكلمات المفتاحية: المباني الآثرية، التوثيق، التكنولوجيا، محطة الرفع المتكاملة، الفوتوجرامتري، الماسحة ثلاثية الأبعاد

هدف البحث
القاء الضوء على بعض التقنيات الحديثة المستخدمة في عمليات توثيق التراث المعماري، لتقييم استخدام التقنيات الحديثة في توثيق المباني الآثرية

فرضية البحث
يفترض البحث ان استخدام التقنيات الحديثة في التوثيق يتخطى فائدة التوثيق فقط و لكن يساعد في اتخاذ القرارات التصميمية الخاصة بالترميم و ترتيب أولويات الحفاظ

منهج البحث
يرتكز البحث على منهج البحث الإجرائي (Action Research Method) لدراسة مدى نفعية استخدام التكتولوجيا في توثيق الآثار و لعرض الفجوة بين النظرية و التطبيق، وذلك للوصول إلى أفضلية استخدام التقنيات الحديثة من عدمه و أثبات فرضية البحث

مقدمة: التراث الثقافي شاهد على تاريخ الشعوب، فهو الوسيلة الحية التي تنقل لنا ثقافة و تاريخ الحضارات المتلاحقة و اصبح الحفاظ عليه ضرورة وطنية وعالمية في بعض الأحيان التي يكسر فيها التراث حيز المحلية ليحقق قيمة عالمية أستثنائية ثقافية أو طبيعية ليلحق بالقائمة المتميزة للتراث العالمي، و التي أنشأت تحقيقاً لأغراض أتفاقية الحفاظ على التراث الطبيعي و الثقافي لسنة 1972 و التي صنفت التراث الثقافي كما يلي:

- **المجمّعات**: مجموعات المباني المنعزلة أو المتصلة، التي لها بسبب عمارتها، أو تناسقها أو اندماجها في منظر طبيعي، قيمة عالمية استثنائية من وجهة نظر التاريخ، أو الفن، أو العلم
- **المواقع**: أعمال الإنسان، أو الأعمال المشتركة بين الإنسان والطبيعية، وكذلك المناطق بما فيها المواقع، التي لها قيمة استثنائية من وجهة النظر التاريخية، أو الجمالية، أو الاثنولوجية، أو الانتربولوجية
- **الآثار**: الأعمال المعمارية، وأعمال النحت والتصوير على المباني، والعناصر أو التكاوين الأثرية، والنقوش، والكهوف، ومجموعات المعالم التي لها جميعاً قيمة عالمية استثنائية من وجهة نظر التاريخ، أو الفن،أوالعلم [i]

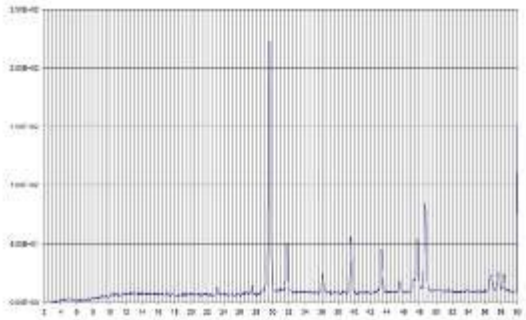
اصبح توثيق الآثار جزء لا يتجزأ من مراحل الحفاظ بهدف توصيل المعرفة و تسجيل الحالة الراهنة وكذلك تحديد أولويات التدخل تبعاً لنتائج الدراسات و التوثيق، وتبعاً لأختلاف حجم و خواص ما يتم توثيقة و كذلك الغرض من التوثيق سواء لأغراض الحفاظ أو لأغراض تعليمية، تتباين الوسائل المستخدمة في التوثيق 0

1- وسائل توثيق المباني الآثرية

تتدخل التكنولوجيا بشكل كبير في عملية توثيق الآثار عبر كامل عناصرها بدءاً من التربة والأساسات و حتى الأسطح النهائية و العناصر الرأسية للمباني، وتطورت هذه التكنولوجيا بشكل كبير و التي من أهمها ما يلي:

1-1- توثيق حالات المواد بالميكروسكوب المستقطب (Polarizing Microscope)

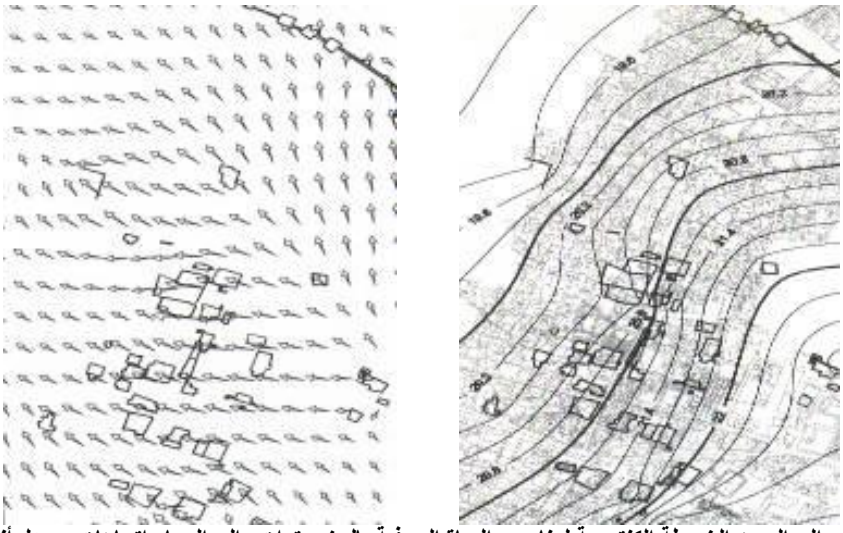
جهاز لكشف جزيئات مواد البناء و للفحص البتروجرافي مع استخدام حيود الأشعة السينية (X–Ray Diffraction)، يساعد هذا الجهاز على اكتشاف خلل مواد البناء و الكشف عن مظاهر تدهورها واسباب تلفها [ii](صور رقم 2,1)



صورة رقم 2,1 : عينة من مكونات الرخام تحت الميكروسكوب و الى اليسار التحليل باستخدام حيود الأشعة السينية
المصدر: تقرير دراسة حالة مواد البناء لقصر الملك فاروق بأدفينا

1-2- استخدام نظم القياس الألكتروني لرسم خرائط المياة الأرضية

تستخدم مع البيزومترات في رسم خرائط المياة عن طريق زرعها في اماكن متباينة و معرفة منسوب المياة عبر الوسائل الألكترونية و محطات الرصد المتكاملة التي سيتم التعرض لها لاحقاً ومن تسجيل المناسيب و ربطها معاً يتم رسم خريطة المياة الأرضية و ا



صور رقم 3، 4 إلى اليمين الخريطة الكنتورية لمناسيب المياة الجوفية بالبيزومترات وإلى اليسار إتجاهات ومعدل أنحدار المياة الجوفية
المصدر: الهيئة القومية للإنشاء والتعمير – القاهرة التاريخية

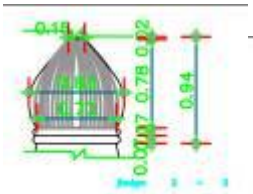
2- النمذجة

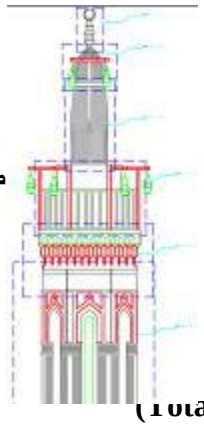
عبارة عن تحليل الأحمال الواقعة على العناصر الإنشائية للمباني بهدف تحديد أوجه الخطورة من حيث الأحمال المتباينة لتحديد أولوية التدخل من حيث التصنيف اللوني لدرجة الخطورة، ويتم ذلك عبر برمجيات الكمبيوتر التي يتم فيها عمل نموذج ثلاثي الأبعاد يدخل عليه بيانات احمال العناصر الإنشائية لتحديد كفاءة تحمل هذه العناصر و درجات التدعيم المطلوبة[iii] (صورة رقم 5)

صورة رقم 5 النمذجة الرياضية لمآذنة جامع أحمد بن طولون بالقاهرة، مصر
المصدر: القاهرة التاريخية

2-1- توثيق اتزان العناصر الرأسية (صور من 13:6)

تتم بأجهزة القياس الألكتروني، التي من اشهرها و أكثرها تطوراً محطة الرصد المتكاملة (Total Station)، ويعتمد توثيق أتزان العناصر عبر توقيع نقاط محددة تربط بروبيرات مساحية ثابتة يتم رصدها تباعة بمعلومية X,Y,Z و تفيد هذه التقنيات في رصد اتزان المسلات و الأبراج و المآذن0





صورة رقم 6: 11 محطة الرصد المتكاملة
صور رقم 13,12 رصد اتزان المآذن في عمارة القاهرة
المصدر لصور من 6: 11
www.surveyequipment.com
المصدر لصور من 13,12
جهاز معلومات القاهرة التاريخية

2-2- توثيق باستخدام محطة الرصد المتكاملة (Total Station)

نتجت محطة الرصد عن تكامل دمج اجهزة القياس الألكتروني مثل الميزان و التيودوليت الرقمية المستخدمة لقياس الزوايا و المسافات و غيرها، بالإضافة إلى وحدة ميكرو كمبيوتر لإجراء العمليات الحسابية الخاصة بالبرامج المساحية الحقلية و تمتاز هذه الأجهزة بوجود كروت للذاكرة لتخزين البيانات الحقلية، ومحطة الرصد هي نتاج تطور الأجهزة الألكترونية التي كانت تستخدم موجات الضوء و الموجات الكهرومغناطيسية و الأشعة تحت الحمراء و أخيراً أشعة الليزر، يتم رفع المناطق العمرانية الصغيرة و تعتبر مفيدة في رفع طرفي المجاري المائية و يمكن أن تستعمل مستقلة أو يمكن تركيبها على تيودوليت لقياس المسافات و الزوايا معاً، ويوضع الجهاز على طرف المكان المراد رفعه و يتم وضع عاكس على الطرف الأخر ويرسل الجهاز اشعة يعاد بثها إلى الجهاز و بمعرفة سرعة الشعاع و زمن ارتحالة يتم حساب المسافات و القياسات وتتكون محطة الرصد المتكاملة من:

- تيودوليت الكتروني لقياس الزوايا الرأسية و الأفقية
- وحدة قياس المسافات الكترونياً (Electronic Distance Meter '' EDM'')
- ميكرو كمبيوتر مزود بالقوانين الهندسية لمعالجة العمليات التي تتم بالجهاز و ذاكرة داخلية للحصول على ئ\ قياسات الأبعاد الثلاثية، وتعمل الأجهزة على بيئتي الويندوز و الدوس

من أهم مميزات استخدام محطة الرصد المتكاملة:

- ذاكرة داخلية لتخزين النقاط
- دقة قياس الزوايا خمسة ثواني للدائرة الأفقية و الرأسية
- قراءة مباشرة للزوايا في الدائرة الأفقية و الرأسية واحد ثانية

- دقة قياس المسافات + أو – 2 جزء بالمليون
- مصحح أوتوماتيكي في الأتجاهين Dual axis لتصحيح أي ميل في المستوى الأفقي أو الرأسي
- تليسكوب متحرك في الأتجاه الأفقي و الرأسي
- التوصيل المباشر بالكمبيوتر مما يسهل نقل البيانات و تحويل النقاط الى صيغة تقرأ عبر برامج الرسومات الخطية CAD
- أمكانية الأطلاع و مراجعة البيانات التي تم تسجيلها في الحقل بطريقة سهلة و بسيطة و كذلك انشاء ملفات داخلية و تعديل و مراجعة البيانات بالموقع
- أمكانية تسجيل أي ملحوظات أو أي أكواد أثناء العمل و كذلك أستدعائها أثناء الرصد
- قياس المسافات باستخدام عاكس واحد تصل إلى 3000م و مدى قياس المسافات باستخدام ثلاثة عواكس تصل إلى 4000م
- كتابة الإحداثيات تصلى سبعة أرقام صحيحة و أربعة أرقام عشرية
- يعمل الجهاز على عدة برامج مساحية لرفع التفاصيل وتوقيع النقط بالطبيعة و قياس أرتفاعات الأهداف عن بعد حتى في حالة صعوبة أستخدام العاكس و كذلك حساب المسافات بمعرفة نقط معينة بالموقع[v]

3- التوثيق باستخدام تقنية الفوتوجرامتري

انتشرت تقنية الفوتوجرامتري و التي تعرف على أنها علم تصحيح و تحليل بيانات الصور وهو فرع من العلوم الذي يتبع علوم المساحة التصويرية، العلم الذي بدأ منذ القدم و تحديداً في الفترة ما بين 1870- 1885م، عندما ظهرت مجموعة عدة ابحاث في فرنسا و أيطاليا و النمسا و هولندا وبريطانيا، وكان العالم الألماني مايدبنوير أول من أستخدم كلمة الفوتوجرامتري[vi].

اتسع نطاق التصوير الجوي أثناء الحرب العالمية الأولى و الثانية لأغراض عسكرية وزادت نطاقات تطبيقات هذا العلم بظهور الحسابات الرقمية مما أدى إلى تقدم هائل في أستعمال المساحة التصويرية، وان بقيت أعمال صنع الخرائط في مقدمة هذه الأستعمالات ومنها انتشر اسم المساحة التصويرية الرقمية

تطورت المساحة التصويرية من الأعتماد اليدوي في جيلها الأول التناظري (Analogue Photogrammetry) إلى رياضية الطابع في جيلها الثاني التحليلي (Analytical Photogrammetry) ومنها تحولت إلى رقمية الطابع في جيلها الثالث (Digital Photogrammetry) والتصنيف السابق يتبع جيل التصوير و الإدخال، كما ان الفوتوجرامتري يصنف بطريقة أخرى حسب المسافة الفاصلة بين أله التصوير و الشيء الذي يتم تصويره كما يلي:

- المساحة التصويرية الأرضية (Terrestrial Photogrammetry)
- المساحة التصويرية الجوية (Aerial Photogrammetry)
- المساحة التصويرية الفضائية (Space Photogrammetry)[vii]

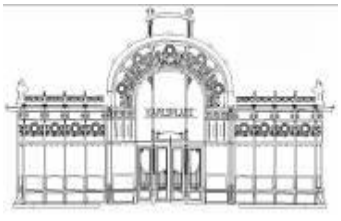
و تعتبر المساحة التصويرية الأرضية من أكثر الوسائل شيوعاً في توثيق الأثار، ويتم تثبيت الكاميرات على الأرض لتصوير معالم معينة وفي حالة توثيق المنقولات و القطع الصغيرة تسمى بتصوير النطاق المغلق (Close Range Photogrammetry)

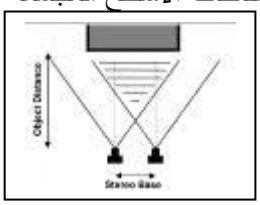
تعتمد تقنية الفوتوجرامتري على أخذ صور بعدة كاميرات بشرط تقاطع أشعة الصور معاً ومع الأثر، على أن يتم أخذ إحداثيات النقاط على سطح الأثر من أكثر من كاميرا و بمعلومية أحداثيات الأثر ذاته و كذلك أحداثيات الكاميرات و أرتفاعاتها، فيتم أصدار النقاط في مجسم ثلاثي الأبعاد و بتكرار رفع أحداثيات النقاط تتم عملية التوثيق وذلك بعد إدخال الصور على برمجيات مصححات أخطاء التصوير و تقوم بربط مناسيب النقاط معاً بمعلومية اماكن و أحداثيات الكاميرات لنفس النقاط للخروج بمجسم الأثر (الموديل) ، وذلك عبر تحويل النقاط إلى فكتور تقرأ على برامج الرسم الخطية التي من أشهرها تطبيقات الكاد، وكلما زادت عدد الكاميرات المستخدمة كلما كانت النتيجة أدق

3-1- تصوير الأستريو ثنائي الكاميرات (Stereo Photogrammetry) [viii] (صور رقم17,16,15,14)

يتم التصوير باستخدام اثنين كاميرا بشرط تغطية الأثر في مجال الكامرتين على أن تكون الكامرتين متوازيتين و للخروج بنتيجة جيدة يفضل أن تكون نسب بعد الكامرتين عن بعض، و بعد الكامرتين عن الأثر بين 5:1، 15:1، و تكون مخرجات الأستريو

- إسقاطات ثنائية الأبعاد للواجهات
- إسقاطات الأسطح المجسمة على الواجهات





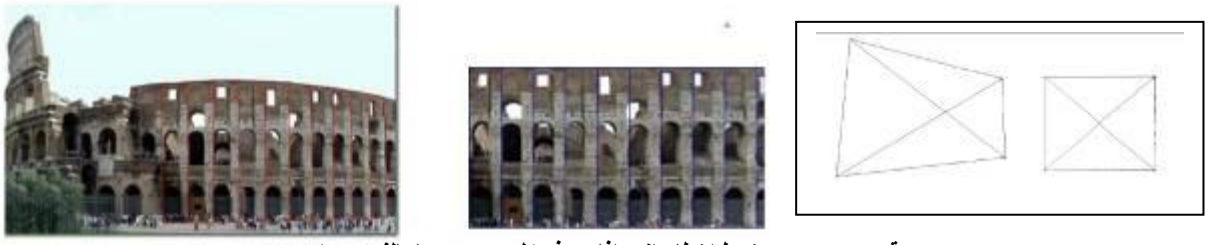
صورة رقم 14: 17 محطة الرصد المتكاملة

المصدر : Architectural photogrammetry, basic theory, procedures, tools

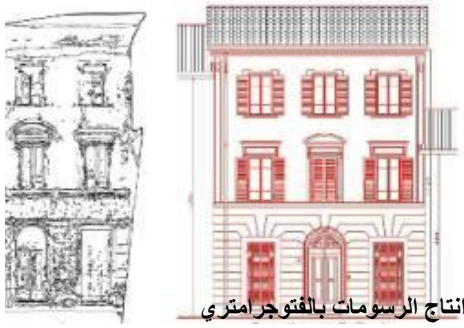
2-3- التصوير بحزمة الكاميرات (Bundle Photogrammetry) (صور رقم19,18)
يستخدم التصوير بعدة كاميرات في حالة تعقيد الأثر المراد رفعه لتحقيق تغطية لكامل عناصره (صور من رقم 20: 30) ، و ذلك لتحقيق دقة أعلى وتوقع فيها أحداثيات الكاميرات و أرتفاعاتها و بمعلومية المسافات بين الكاميرات و بعض و بين الكاميرات و الأثر و كذلك زوايا أسقاط أشعة التصوير على الأثر

صورة رقم 18: 30 التصوير بحزمة الكاميرات و مخرجات نظام الفوتوجرامتري
المصدر : Architectural photogrammetry, basic theory, procedures, tools

3-3- استقامة و ضبط أخطاء أنحرافات التصوير[ix] (صور من 31: 36)
تتم عبر برامج أستقبال معلومات و صور الفوتوجرامتري و التي تقوم بعمل حسابات بتثبيت أربع نقاط معلومة المقاسات و يسمى التحويل الحسابي لضبط أستقامة مخرجات الفوتوجرامتري بالهوموجراف Homograph



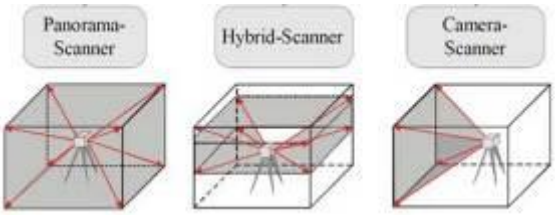
صور رقم 33,32,31 ضبط اخطاء انحرافات رفع كلوسيوم روما بالفوتوجرامتري
المصدر : Architectural photogrammetry, software and methods



صورة رقم 36,35,34 مراحل انتاج الرسومات بالفتوجرامتري
المصدر : Architectural photogrammetry, software and methods

4- الرفع باستخدام الماسح الليزري ثلاثي الأبعاد
أداه لتحليل بيانات شكل أو لون عناصر الأثر بحيث تحويلها إلى مجسمات رقمية ثلاثية الأبعاد وذلك باستخدام شعاع الليزر بدون لمس السطح، فيتم نقل أحداثيات العناصر المنعكس عليها بمعلومية مكان الماسحة.
ينقسم ماسح الليزر (صورة رقم 37) إلى ثلاثة انواع:
الماسح الليزري الأرضي الثابت (Fixed Terrestrial Laser Scanning)
الماسح الليزري المحمول على عربة (Kinematic Terrestrial Laser Scanning)

الماسح الليزري الجوي[x](Air bone Laser Scanning)

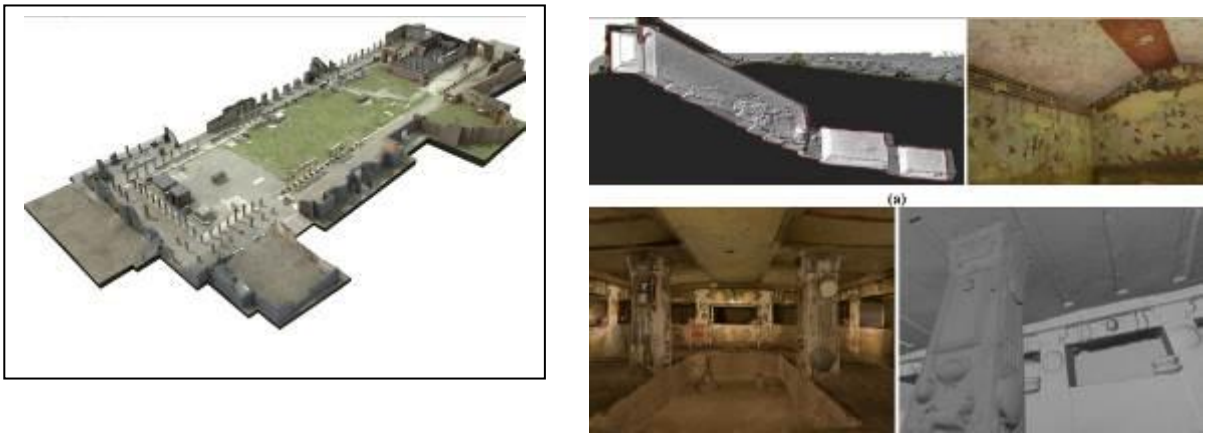


صورة رقم 37 مراحل انتاج الرسومات بالفتوجرامتري

المصدر : Comparison of laser scanning photogrammetry and SFM-MVS pipeline applied in structures and artificial surfaces

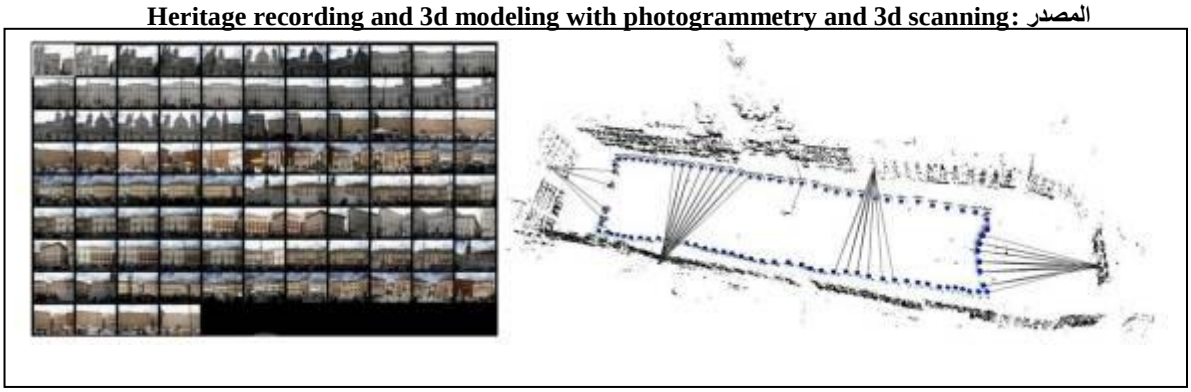
4-1- ألية عمل الماسح الليزري ثلاثي الأبعاد

يعمل النظام بعد توقيع أحداثيات المبنى و أحداثيات تمركز الماسحة التي يجب أن تتداخل بحيث تغطي كامل السطح الممسوح لضمان نقل جميع النقاط و تمهيداً لعملية النمذجة التي تنتج عن نقل البيانات للكمبيوتر عبر برمجيات معينة و يتم قراءة بيانات الماسح الليزري عبر برمجيات معينة تحولها إلى أمتدادات ملفات الكاد و 3D MAX، يمكن عن طريق المسح ثلاثي الأبعاد أستنساخ مجسمات مطابقة لعناصر حقيقية أو أستنساخ كافة العناصر المعمارية[xi] (صور من 38: 44)



صورة رقم 38: 42 نماذج للموديل الصادر عن الماسح الليزري

المصدر: Heritage recording and 3d modeling with photogrammetry and 3d scanning



صورة رقم 43,44 نماذج مسارات الأشعة وبيانات الصور الناتجة عن مسح الليزر

المصدر: Heritage recording and 3d modeling with photogrammetry and 3d scanning

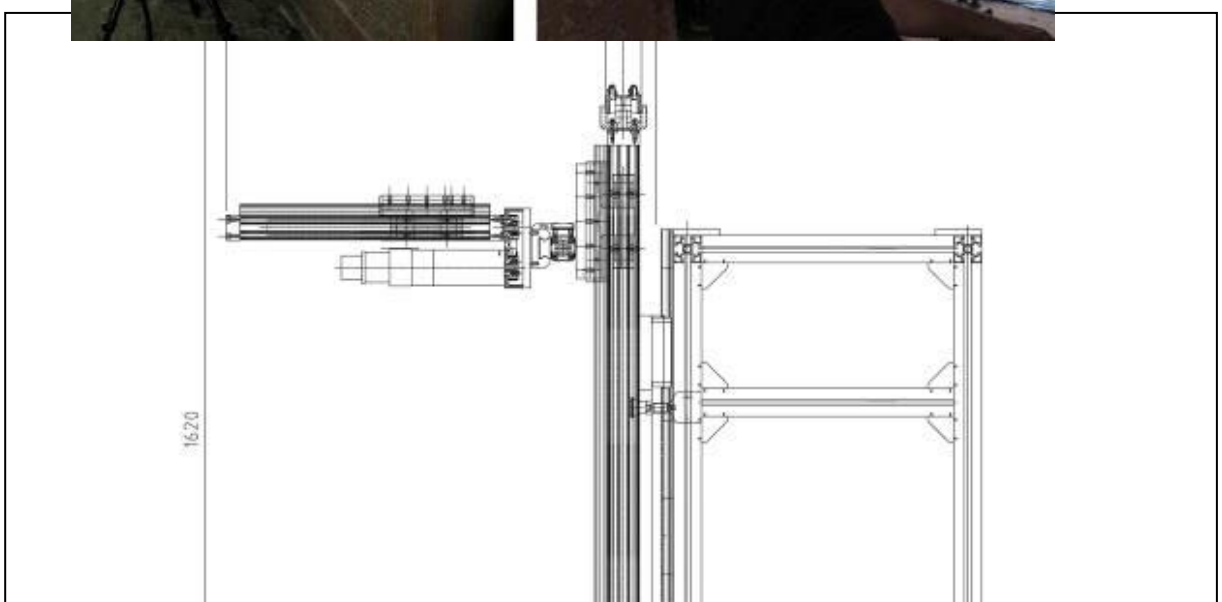
وهذه الفكرة من [xii]، وذلك كما تم في المشروع المشترك بين المجلس الأعلى للآثار بمصر و جامعة كاليفورنيا و جمعية أصدقاء المقابر الملكية في مصر ومؤسسة التكنولوجيا الرقمية للحفاظ على التراث و فاكتوم أرت، وفيه تم توثيق مقبرة سيتي الأول بوادي الملوك بالأقصر وتم فيه تسجيل البيانات من خلال ماسحة ضوئية للرفع ثلاثي الأبعاد، بدرجة وضوح للصورة يساوي 100 ميكرون و تحتوي البيانات المسجلة على100000000 نقطة لكل متر مربع وتم فيها تسجيل كل نقطة بشكل مستقل، و في هذا المشروع طور الفريق جيل جديد من الماسحات الضوئية تحتوي على خاصية التقاط الألوان الداكنة و الفاتحة في آن واحد [xiii](صور47,46,45)

صورة رقم 47,46,45 العمل الحقلي و المعملي لأصدار التوثيق بالماسح الليزري
المصدر: 3d laser scanning and heritage

2-4- ربط النماذج مع منظومة المواقع العالمية

توفر عملية المسح بالليزر تقنية عالية من الدقة، يتم التعامل فيها مع الأجسام المغطاه عن طريق أشعة الليزر بما يسمى غيمة النقاط Point Cloud، و ذلك عبر برمجيات متخصصة بمساعدة الكمبيوتر فتقوم بتسجيل بيانات و معلومات جميع الأجسام المصورة و الممسوحة ضمن مجال رؤية الجهاز، وهذا الماسح ثلاثي الأبعاد قادر على تسجيل ملايين من النقاط و أستنباط أحداثياته حال ربطه مع منظومة المواقع العالمية GPS لتوفير موديل حقيقي ثلاثي الأبعاد كما تم في المقبرة (صور رقم 48: 52)

صورة رقم 49,48 مسح مقبرة سيتي الأول بوادي الملوك بالاقصر، مصر
المصدر : تقرير فاكتوم ارت عن توثيق مقبرة سيتي الأول بالمسح الليزري



صورة رقم 52,51,50 مسح مقبرة سيتي الأول بوادي الملوك بالاقصر و كذلك الرسم المعماري للماسحة اثناء توثيق المقبرة ، مصر
المصدر : تقرير فاكتوم ارت عن توثيق مقبرة سيتي الأول بالمسح الليزري

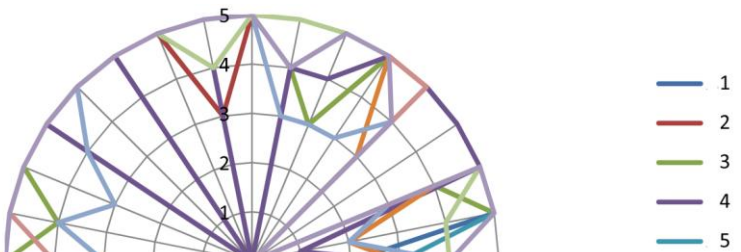
حقق تطور التكنولوجيا الرقمية فهم متميز للتراث الثقافي مع توفير كبير للجهد و الوقت وذلك لأغراض الحفاظ على التراث عبر توثيقه لتقديمه إلى العالم بصورة مناسبة سواء للثقافة أو للعلم، كما يعد توثيق التراث أداه للمراقبة و التحكم في رصد حالات التراث المتغيرة و مراقبة الأنشطة المرتبطة به و تحديد أولويات التدخل.

5- النتائج:

للوقوف على تقييم استخدام التكنولوجيا في توثيق المباني الأثرية تم عمل استبيان للمتخصصين في توثيق و ترميم الآثار عبارة عن عشر مجموعات من الاسئلة ترتكز كل مجموعة على محور من محاور استخدام التكنولوجيا في توثيق الآثار كما يلي:

- مجموعة اسئلة تتناول استخدام التكنولوجيا في توثيق الآثار للكشف عن مكونات مواد البناء وتحديد المواد المناسبة للترميم و الأستكمالات الآثرية
- مجموعة اسئلة تتناول استخدام التكنولوجيا في توثيق الآثار لتتبع حركة المياة الأرضية وتقييم حالات أساسات الآثار
- مجموعة اسئلة تتناول استخدام التكنولوجيا في توثيق الآثار لتحقيق دقة اعلى باستخدام محطة الرفع المتكاملة
- مجموعة اسئلة تتناول استخدام التكنولوجيا في توثيق الآثار باستخدام تقنيات الفوتوجرامتري لرفع حالات التدهور للأسطح عبر النقل الدقيق لبياناتها
- مجموعة اسئلة تتناول استخدام التكنولوجيا في توثيق الآثار باستخدام تقنيات الليزر سكان للتمكن من توثيق المباني الاثرية بدقة
- مجموعة اسئلة تتناول استخدام التكنولوجيا في توثيق الآثار للتأكد من أتزان العناصر الإنشائية و ضمان بقاء الآثار
- مجموعة اسئلة تتناول استخدام التكنولوجيا في توثيق الآثار وعلاقته بتقليل تكلفة اعمال التوثيق
- مجموعة اسئلة تتناول توفير الوقت باستخدام التكنولوجيا في توثيق الآثار
- مجموعة اسئلة تتناول تحقيق دقة عالية في رفع و توثيق الآثار باستخدام التكنولوجيا
- مجموعة اسئلة تتناول دور استخدام التكنولوجيا في توثيق الآثار بعمل نسخ من عناصر التراث للأستفادة منها في عمل معارض

وجاءت نتائج تحليل بيان هذه الاستبيانات كما هو موضح بشكل رقم 53



صورة رقم 53 تحليل بيانات الأستبيان الخاص بتقييم استخدام التكنواوجيا في توثيق الآثار
المصدر : الباحثة

6- التحليل و مناقشة النتائج

طرح الاستبيان على مجموعة متخصصة بمجال توثيق وترميم الآثار من العاملين بالمجلس الأعلى للآثار، مصر. تناول الاستبيان عشر مجموعات اسئلة اظهرت النتائج كما في الشكل السابق وتم التقييم لكل سؤال بقياس ترتيبي من 1 إلى 5 (مقياس ليكرت الأحصائي) والذي يظهر وقوع مجموعة 1 بين الترتيب الثاني و الرابع من حيث افادة استخدام التكنولوجيا في الكشف عن مواد البناء، اما مجموعة رقم 2 من الاسئلة فتم الكشف عن ان تتبع المياة الارضية يتراوح بين المستويات الخمسة للتقييم اي لم تثبت جودته نظراً للتباين الشديد في الآراء الخاصة بالمتخصصين، مجموعة 3 اثبتت اتفاق معظم العينة على تحقيق التكنولوجيا لدقة اعلى باستخدام محطة الرصد المتكاملة في الرفع المعماري، اما مجموعة رقم 4 فاظهرت عدم ترجيح استخدام الفوتوجرامتري لاعمال التوثيق، وفيما يخص مجموعة رقم 5 اظهرت ترتيب مرتفع يرجح استخدام الماسحة ثلاثية الابعاد في اعمال التوثيق وكذلك ترجيح استخدام محطة الرصد المتكاملة في رصد وتوثيق اتزان العناصر الإنشائية في مجموعة 6، ومن النتائج الهامة ما جاء بنتيجة مجموعة اسئلة 7 بخصوص مناسبة التكلفة الناتجة عن استخدام التكنولوجيا في التوثيق وظهرت بتقديرات منخفضة بسبب ارتفاع اسعار المعدات الحديثة للتوثيق، ورجحت مجموعة 8 كون ان استخدام التكنولوجيا يساعد على توفير الوقت، اما شمولية الدقة في كافة النواحي ظهرت بمعدل مرتفع بمجموعة 9، وكذلك في مجموعة رقم 10 بامكانية الاستفادة من المستنسخات الآثرية الناتجة عن التوثيق.

ولذلك يرجح تحليل بيانات استبيان اراء الخبراء من العاملين بتوثيق الآثار ما يلي من النتائج:

- الحاجة الى تطوير المنظومة التكنولوجية لفحص مواد البناء و لقياس المياة الارضية
- افضلية استخدام محطة الرفع المتكاملة و الماسحة ثلاثية الابعاد عن تقنيات الفوتوجرامتري نظراً لتعقيد استخدامها و صعوبة ضبط الكاميرات
- ضرورة العمل على كيفية خفض تكلفة استخدام التكنولوجيا لأتاحة الاعتماد عليها بشكل اكبر في اعمال التوثيق
- توفر التكنولوجيا الكثير من الوقت و الجهد وتصل الى دقة اعلى من الطرق الاعتيادية في توثيق الآثار
- فكرة عمل المستنسخات لأغراض تعليمية و سياحية تعتبر اضافة جديدة لأستخدام التكنولوجيا تساعد في استرجاع النفقات التي استهلكتها ببيع وعرض هذه المستنسخات

7- خلاصة البحث

اظهر تقييم استخدام التكنولوجيا تأييد معظم المتخصصين و كان عنصر التكلفة من احد العناصر الهامة التي يجب العمل عليها للتمكن الحكومات من دعم استخدامها بشكل اساسي بدلاً من الطرق الاعتيادية و الرفع اليدوي، حيث يحقق استخدام التكنولوجيا مدخل متكامل ليس فقط لأعمال التوثيق و لكن بتحديد اولويات الترميم بالتصنيف الكامل لحالات المباني و مظاهر تدهورها مما يجعل اصدار قائمة اولوية تدخل حسب الخطورة اسهل مما سبق، كما ان امكانية استرجاع بعض من النفقات بتسويق المستنسخات التي تصدر عن التكنولوجيا احد النقاط الهامة التي توصل اليها البحث عبر تحليل البيانات، كما ارجح المتخصصين ان مدى اجهزة الرفع البعيد هو سبب ارتفاع اسعارها مما يكشف ضرورة اصدار اجيال من هذه المعدات التكنولوجية ذات مدى رفع متغير لتحجيم النفقات التي تنتج عن استخدام اجهزة ذات مدى بعيد يصل الى 270م في اثار صغيرة الحجم تتواجد في مدة 5 م على سبيل المثال، ولذلك يوصي باستخدام التكنولوجيا مع العمل على حل عيوب استخدامها التي لا تتعدى 20% عيوب مقابل 80% مزايا تقريباً، وذلك ما يجيب السؤال الذي طرحه البحث بين سطوره هل العائد الفني و العلمي من استخدام التكنولوجيا في توثيق الآثار يتناسب مع حجم الأنفاق الذي ينتج عن استخدامها؟، وتم التعرض لذلك بأفضلية استخدامها كما جاء بالتقييم الذي اثبت فرضية البحث.

8- قائمة المراجع

[i] منظمة اليونسكو، اتفاقية لحماية التراث العالمي الثقافي والطبيعي ،مركز اليونسكو للتراث،طبعة 2005

[ii] ياسمين صبري ، طارق المري ،ايمن عبد المنعم ، محمد الرشيدي ، مجد العمارة الإسلامية "مهمة لحفظ التراث 2002-2006 " ،جهاز معلومات القاهرة التاريخية،مطابع المجلس الأعلى للآثار، 2006

[iii] وزارة الثقافة ، القاهرة التاريخية (2002)

[iv] ياسمين صبري ، طارق المري ،ايمن عبد المنعم ، محمد الرشيدي ، مجد العمارة الإسلامية "مهمة لحفظ التراث 2002-2006 " ،جهاز معلومات القاهرة التاريخية،مطابع المجلس الأعلى للآثار، 2006

[v] ياسمين صبري ، طارق المري ،ايمن عبد المنعم ، محمد الرشيدي ، مجد العمارة الإسلامية "مهمة لحفظ التراث 2002-2006 " ،جهاز معلومات القاهرة التاريخية،مطابع المجلس الأعلى للآثار، 2006

[vi] Fabio Remondino, heritage recording and 3d modeling with photogrammetry and 3d scanning, the journal of remote sensing, 2011

[vii] D.Skarlators, S.Kiparissi, comparison of laser scanning, photogrammetry and SFM-MVS pipeline applied in structures and artificial surfaces, university of technology, Cyprus, 2012

[viii] Klaus Hanke, Pierre Grussenemyer, Architectural Photogrammetry: Basic theory, procedures, tools. Corfu, unkown year

[ix] Sauro Agotini, Architectural photogrammetry software and methods, unkown year

[x] D.Skarlators, S.Kiparissi, comparison of laser scanning, photogrammetry and SFM-MVS pipeline applied in structures and artificial surfaces, university of technology, Cyprus, 2012

[xi] English heritage, 3d laser scanning and heritage, second edition by English heritage, 2006

[xii] Fabio Remondino, heritage recording and 3d modeling with photogrammetry and 3d scanning, the journal of remote sensing, 2011

[xiii] فاكتوم أرت و أخرون، تقرير فاكتوم ارت عن توثيق مقبرة سيتي الأول بالمسح الليزري، المجلس الأعلى للآثار، 2009