دور نمذجة معلومات البناء (BIM) في تحقيق استدامة التراث المعماري

The Role of Building Information Modeling (BIM) in Achieving the Sustainability of Architectural Heritage

م/ هند شمس
مهندسة معمارية في المكتب الفني لشركة سيجمان،
وعضو في لجان التصالح لمحافظة القاهرة وطالبة دكتوراه في الترميم المعماري بكلية الآثار
Eng. Hend Shams
Architect in the Technical Office of CEGMAN Company,
Member of the Architectural Technical Committee in Cairo Governorate and Student of PHD Degree in Architectural Restoration - Faculty of Archaeology
H_shams82@yahoo.com

الملخص:

فى السنوات الأخيرة ونتيجة مشكلة تغير المناخ وظاهرة الاحتباس الحراري، قد أولت معظم الشعوب لنهج استباقي يهدف إلى أن يصبحوا جزءًا من موضوع الاستدامة وبالأخص في الحفاظ علي التراث، والذي أدي إلي تحول مفهوم الحفاظ تدريجيا إلى مفهوم الحفاظ المستدام ليشمل عملية تسجيل وتوثيق وإعادة التأهيل للمباني والمناطق الأثرية باستخدام التقنيات الحديثة، منها تقنية نمذجة معلومات البناء الـ "Building Information Modeling "BIM التي تجمع بين الاستدامة وتحقيق الكفاءة الاقتصادية والأداء البيئي والمسئولية الاجتماعية؛ حيث أنها تقنية صديقة للبيئة قائمة أساسًا علي الدقة في النمذجة، والمساهمة بشكل كبير في الحفاظ علي التراث وتوفير نمذجة المعلومات للمباني الأثرية بتكلفة أقل من الطرق الحديثة ذات التكاليف المرتفعة.

يناقش هذا البحث استخدام تقنية "BIM" في الحفاظ علي المباني الاثرية واستغلالها في التنمية المستدامة من خلال تسجيل وتوثيق الرقمي للمباني الأثرية بالنماذج ثلاثية الأبعاد وتحليل ومعرفة مدي تحقيقها للكفاءة الاقتصادية والأداء البيئي والمجتمعي وتطبيق علم الآثار الافتراضي وإعادة تكوين المباني أو المنشآت أو القطع الأثرية افتراضيًا علي الحاسب في حقب ثابتة، والاستفادة منها في المتاحف الافتراضية والسياحة الثقافية لهذا التراث؛ بهدف إحياء التراث وإعطاء منتج بتكلفة أقل عن الأجهزة الحديثة باهظة الثمن وتوفير مكتبة لعناصرها المعمارية الفريدة والمميزة وتوفير المعلومات والتكاليف لمواكبة مستحدثات العصر في مشاريع إعادة التأهيل والاستفادة منها في توفير متطلبات الجيل الحالي وجيل المستقبل والحفاظ علي التراث، وأختتم- البحث بالنتائج والتوصيات المهمة والتي تفيد كل من يعمل في مجال الحفاظ المستدام علي المباني الأثرية.

الكلمات الدالة:

التراث – الحفاظ المستدامة – التوثيق– تحليل الطاقة - أعادة التأهيل - التقنيات الحديثة - نمذجة معلومات البناء"BIM"

Abstract:

In recent years, because as a result of the problem of climate change and the phenomenon of global warming, most countries of the world have given in the last decades of the past century a proactive approach aimed at becoming part of the issue of sustainability, especially in the preservation of heritage, which led to the transformation of the concept of preservation

gradually into the concept of sustainable preservation To include the process of documenting and rehabilitating buildings and archaeological areas using modern technologies, including the Building Information Modeling (BIM) technology, which combines sustainability, achieving economic efficiency, environmental performance and social responsibility; As it is an environmentally friendly technology based mainly on accuracy in modeling, and contributes significantly to preserving heritage and providing information modeling for ancient buildings at a lower cost than modern methods with high costs.

This research discusses the use of "BIM" technology in preserving archaeological buildings and exploiting them in sustainable development through the digital registration and documentation of archaeological buildings using 3D models, analysis and knowledge of the extent to which they achieve economic efficiency, environmental and societal performance, the application of virtual archeology and the virtual reconfiguration of buildings, facilities or artifacts. Computers in fixed eras, and making use of them in virtual museums and cultural tourism for this heritage; With the aim of reviving the heritage and giving a product at a lower cost than modern expensive devices and providing a library of its unique and distinctive architectural elements and providing information and costs to keep pace with the developments of the era in rehabilitation projects and benefiting from them in providing the requirements of the current generation and the future generation and preserving the heritage, and I conclude the research with important results and recommendations that benefit each Who works in the field of sustainable preservation of archaeological buildings.

Keywords:

Heritage, Sustainability, Rehabilitation, "BIM"

1-مقدمة:

يعاني العالم من تلوث هائل ونقص في الموارد الطبيعية؛ لذلك اهتمت أغلب الدول في أواخر القرن الماضي بعناية خاصة وواسعة بمواضيع حماية البيئة والتنمية المستدامة لتلافي المشاكل البيئية المتعددة التي تضرر منها العالم؛ منها الاهتمام بحماية التراث العمراني في المنتديات العالمية بعد اعتماد الاتفاقية المتعلقة بحماية التراث الثقافي والطبيعي العالمي عام ١٩٧٢؛ مما ساهم في التطور المستمر لتحسين أسس التنمية العمرانية واستدامة التراث الثقافي وفق المنهجيات العالمية، والتي وضعت العديد من المبادئ التوجيهية لإدارة التراث العمراني في الدول بما يتوافق مع الصيانة والحماية وإعادة التأهيل وإحيائها واستخدامها وفق متطلبات الاحتياج العمراني، وبما ينسجم مع البيئة الحضرية المحيطة، ويلبي توفير كافة المتطلبات الأساسية لاستدامة وجودة الحياة البشرية[١]؛ لاعتقادهم بأن الثقافة ينبغي اعتبارها محركًا من شأنه تحقيق الاستدامة بوصفها مصدرًا للدلالة والطاقة، ومعينًا لا ينضب لإبداع والابتكار، ومصدرًا للتصدي للتحديات وايجاد الحلول المناسبة.

لذلك قد انتقل مجتمع التراث إلى نهج استباقي يهدف إلى أن يصبح جزءًا من موضوع الاستدامة من خلال إنشاء اللجنة العلمية للطاقة المستدامة وتغير المناخ التابعة لمنظمة ICOMOS في عام ٢٠١٢، وهي بمثابة هيئة من الخبراء الدوليين توفر منتدى للنقاش في تطبيق مبادئ الحفاظ على الطاقة والاستدامة للحفاظ على المناطق التراثية.

وقد أشار المدير العام لليونسكو في اجتماع لجنة التراث العالمي: "إن فكرة التراث العالمي تتميز بأكبر قدر من الفعالية، خاصة وأنها فكرة نبيلة وذات مصداقية. ونحن في هذا الاجتماع بمثابة أوصياء على رؤية مثالية مفادها أن كل ثقافة تُثري

وتعزز ذاتها من خلال حماية كافة الثقافات الأخرى. وهذه هي الفكرة التي يجب علينا تبلغيها من خلال حماية التراث" وقد رسم ثلاث محاور رئيسية من أجل مواصلة تحقيق الرسالة في السنوات المقبلة، وهي: تسخير إمكانيات التراث العالمي لمعالجة القضايا الراهنة من قبيل التنمية المستدامة والتوسع الحضري وحماية المحيطات فضلًا عن الحوار بين الثقافات. وقد أشار إلي إن "الثقافة تتجاوز مجرد إدراج موقع من المواقع الثقافية، فهي تُعتبر إطارًا فريدًا من نوعه لتحقيق السلام والتنمية المستدامة، كما أنها تمثل رؤية عالمية يجب علينا أن ندرجها في خطة الأمم المتحدة لفترة ما بعد عام ٢٠١٥"[٢]

ويتوقع العالم ان استخدام والاستفادة من المباني التراثية سوف يساهم بشكل كبير في مجال التنمية المستدامة للدول، وكما انه سيواجه التحديات التي تواجها المباني الأثرية وهي التلف الذي يحدث للمواد البناء نتيجة التغيرات المناخية، وان عملية أعادة الاستخدام لهذه المباني سوف تساعد علي الصيانة المستمرة والقدرة علي تحمل هذه التغيرات؛ حيث ان معظم المباني الاثرية تتبع العمارة البيومناخية، وهي تلك العمارة النابعة من طبيعة المنطقة، من محددات الموقع والتوجيه وخامات البناء المحلية، ليس فقط فنياً وجمالياً ولكن تقنياً أيضاً بمحددات الحرارة والبرودة والإضاءة، لذلك فهي العمارة التي تحترم الطبيعة ومواردها، وتوفر لساكنيها أقصى راحة بيئية ممكنة، وحيث تعتبر المباني المريضة هي تلك المباني التي تعتمد بشكل أكبر على أجهزة التكييف الاصطناعية مع إهمال التهوية الطبيعية، والإضاءة الاصطناعية لإنارة المبنى من الداخل مما يسبب في استهلاك واسع للطاقة.

لذلك أصبح مجال الحفاظ على هذا التراث أحد الأولويات الهامة على المستوى الدولي لمواجهة تلك المشاكل؛ وذلك من خلال تسجيل وتوثيق وترميم وصيانة وعدم تغيير المعالم الأثرية له طبقًا للأعراف والمواثيق الدولية المعمول بها، وإعادة توظيفه واستفادة منها مرة أخري بما يرقي بتنمية المجتمع المحيط به، والذي لابد أن يصاحبه زيادة للوعى الثقافي للإنسان المتعامل والمستخدم للمكان وعدم ادخال التقنيات والتكنولوجيا الحديثة لمواكبة مستحدثات العصر حتى يستطيع أن يتفاهم ويدرك ما حوله من معانى وقيم.

2-التوثيق كمدخل للحفاظ المستدام

يعد التوثيق للمباني التراثية من أهم الإجراءات التي تضمن الحفاظ والحماية والاستدامة لها، فلابد للحفاظ علي مبنى من معرفة بياناته وتاريخه وجميع المعلومات عنه، وبذلك تكون عملية الحفاظ مبنية علي دراسة وفهم شامل لظروف المبنى، مما ينتج عنه تحديد خطة وأسلوب التعامل معه دون الإضرار بقيمته؛ وقد أشار عبد المجيد أن عملية توثيق التراث العمراني أحد الخطوات الأولية الهامة في منظومة الحفاظ علي هذا التراث واستدامته إذا تعرض للتلف أو للانهيار أو للاندثار[3].

ويعتبر **التوثيق:** هو جميع العمليات التي من شأنها جمع وتسجيل كل البيانات والمعلومات المتعلقة بالأثر (سواء كان ثابتًا أو منقولًا)، والتي تشمل الوصف (المعماري والتاريخي ... إلخ) والرفع المعماري (في صورة مساقط ومناظير ثلاثية الأبعاد) والصور وغيرها من الوسائط والوسائل التي استخدمت في الماضي، وأيضًا جميع هذه البيانات بعد تحديثها في الوقت الحاضر بالوسائل والتقنيات الحديثة في سبيل المحافظة على الآثار بشتى أنواعها، وصيانتها من التلف في الحاضر والمستقبل؛ حيث تعتبر هذه عملية من أقدم مناهج البحث العلمي التي تطبق النظرية العلمية علي أحداث الماضي وتُفسيرها، وتحاول فهم الحاضر علي ضوء هذه الأحداث والتطورات التاريخية[4].

وتتم عملية التوثيق خلال مراحل عمليات الحفاظ المختلفة، أي تتم قبل وأثناء وبعد الانتهاء من العمل بالمبنى حتي يمكن تحديد مقدار ونوع التدخل الذي تم خلال أعمال الحفاظ؛ لذلك تعتبر عملية التوثيق والترميم للمباني والمناطق الأثرية هي

الطريقة الأفضل لتحقيق هدف الحفاظ علي التراث[5]، وهي الخطوة التي تسعى إليها كل الجهات الحكومية والدولية الآن، وقد تم تقسم طرق التسجيل والتوثيق إلي طريقتين[6]، وهما:

١.الطرق التقليدية: وهي الطرق التي تعتمد علي المجهود اليدوي والقدرات الفردية وأدوات القياس التقليدية، ومن أدواتها: الوصف الكتابي - الرسم - التسجيل الهندسي – التصوير

٢. الطرق الحديثة: وهي الطرق التي تعتمد علي استخدام وتطبيق أحدث التقنيات العالمية المتطورة التي تساعد في إدخال البيانات والمعلومات بشكل رقمي علي الحاسب الآلي، ومن أدواتها: الفوتوجرامتري وماسح الليزر ثلاثي الأبعاد والواقع الافتراضي والطباعة ثلاثية الأبعاد وتطبيقات المحاكاة والاستشعار عن بعد والتصوير الجوي ونظم المعلومات الجغرافية "GIS".

وقد نص ميثاق لاهور ١٩٨٠ والخاص بصيانة وترميم التراث المعماري الإسلامي علي: أنه "يجب استخدام التقنيات التقليدية كلما أمكن ذلك، فإذا ثبت قصورها فيتم استخدام التقنيات الحديثة التي تكون قد أثبتت فعاليتها بالبيانات العلمية والتجربة".

3-تقنية الـ "BIM"

تعتبر تقنية الـ **"BIM"** أحد مراحل تطور النماذج ثلاثية الابعاد، وهي تصميم رقمي ثلاثي الأبعاد لمبني ما بتفاصيله وعناصره المعمارية والإنشائية وحتى الإلكتروميكانيكية في شكل نموذج متكامل به معلومات للتخصصات المختلفة؛ ليساعد في اتخاذ القرارات خلال دورة عمر المبني، وتلافي المشاكل التي تحدث في الموقع نتيجة اكتشاف التعارض أثناء العمل ومنها أعمال الترميم، وهي ليس برنامجًا بل تكنولوجيا وعمليات يقوم بها الأشخاص في فرق عمل.

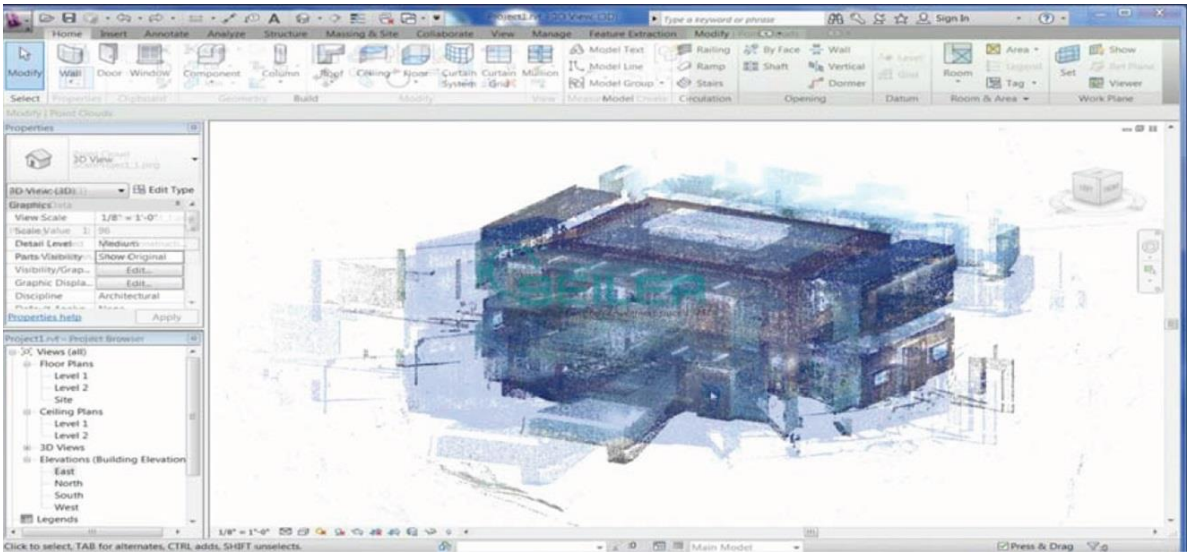
وتعود **أهمية الـ "BIM"** بأنها تقنية تجمع بين المعلومات والتكنولوجيا الرقمية، وهما من أهم متطلبات مجال الآثار في العصر الحالي، والذي يعرف بعصر المعلومات وبداية الثورة الصناعية الرابعة في شكل نموذج ثلاثي الأبعاد به كل المعلومات وتقنيات حديثة منها الأدوات الحديثة المستخدمة في عملية التوثيق في مجال الآثار.

ويتميز الـ"BIM" بالعديد من المميزات منها: إخراج الرسومات ثنائية وثلاثية الإبعاد للمبني بالكامل كالمساقط والواجهات والقطاعات والمناظير بذات مستوى عالٍ من التفاصيل، والرسومات التنفيذية، وجداول الحصر، والبرامج الزمنية وتحليل الطاقة وتوفيرها وزيادة التنسيق والربط وتوفير التعاون بين التخصصات المختلفة ومختلف أطراف المشروع....إلخ؛ لذلك اتجهت العديد من الرسائل والأبحاث العلمية لتطبيق الـ "BIM" في توثيق والحفاظ علي المباني التراثية واستخدمها مع طرق التوثيق الحديثة مثل تقنية المسح بـــالليـــزر ثلاثي الأبعاد كما يظهر ذلك في الرسم (١).

ويوجد الكثير من البرامج المهمة وذات المستوي العالي التي تتبع أنظمة تشغيلها تقنية الـ"BIM" والتي يمكن الاختيار من بينها البرنامج المناسب لكل مجال لتطبيق هذه التقنية التي لا تقف علي برنامج بعينة في أي مجال، وأن كل برامج هذه التقنية متوافقة مع بعضها بدرجة عالية ومع برامج أخري خارجها[7]، ومن أهم أمثلة هذه البرامج: برنامج الـ ArchiCad للتصميم المعماري، والبرنامج الشهير Autodesk Revit لتصميم النماذج ثلاثية الأبعاد وله إصدارات في جميع التخصصات، وبرنامج Autodesk Navisworks لتحليل وحل التعارض ويتبع البعد الرابع في التقنية، وبرنامج InfraWorks360 Autodesk لتخطيط وتصميم البنية التحتية للمدن. وبرنامج Vico لحساب التكلفة، ويتبع البعد الخامس في التقنية. وبرنامج Tekla للمنشآت المعدنية[8].

أما من برامج الـ "BIM" المستخدمة في التصميم المعماري والتي يمكن استخدامها أيضًا في مجال الآثار:

Autodesk Revit Architecture	ArchiCad
CADSoft Envisioneer	RhinoBIM (BETA)
Nemetschek Allplan Architecture	Softtech Spirit
Nemetschek Vectorworks Architect	Bentley Architecture
4MSA IDEA Architectural Design (IntelliCAD)	
Gehry Technologies – Digital Project Designer	



رسم (١): نموذج ثلاثي الأبعاد للسحابة النقطية في احد برامج تقنية "BIM"[9].

4-الـ "BIM" لتحقيق استدامة التراث المعماري

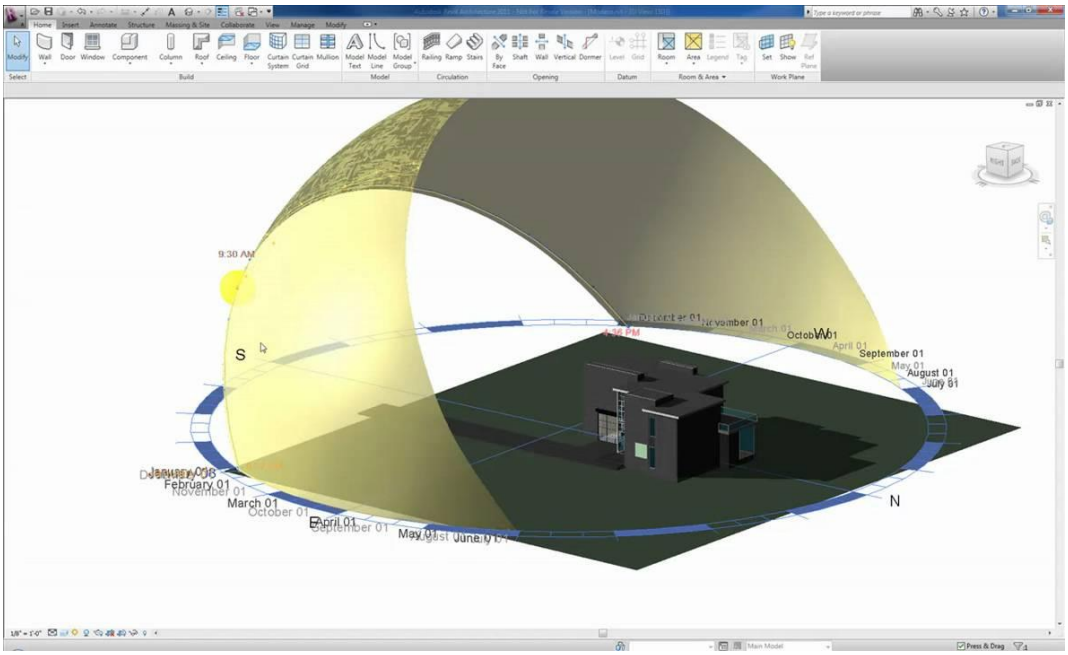
ترتبط تقنية الـ "BIM" وتكنولوجيا المعلومات بعلاقة وثيقة بعلم الآثار، وأصبحت نمذجة معلومات المباني التاريخية "HBIM" Historical Building Information Modeling هي رواية جديدة للحفاظ علي المباني الأثرية والتاريخية؛ حيث استخدمة هذه التقنية في نمذجة الكثير من هذه المباني في مختلف دول العالم لتوثيقها وإعادة إعمارها وصيانتها منها:كاتدرائية ساغرادا فاميليا في إسبانيا، قلعة مسقرا في إيطاليا، كاتدرائية ليريكو في ميلانو، وبيت نصيف التاريخي بجدة وغيرها من المباني[10]، ويظهر رسم (٢) نموذج افتراضي ثلاثي الأبعاد لـ Manchester Town Hall Complex باستخدام التقنية.

ويوجد رابط مشترك بين الـ "BIM" والاستدامة؛ حيث أن الـ "BIM" تعتبر تقنية صديقة للبيئة قائمة أساسًا علي الدقة في النمذجة، والمساهمة بشكل كبير في تخفيض الإهدار في المواد الخام والحفاظ علي الموارد، واختيار التصميم المناسب والجيد والموفر للطاقة، وتنظيم الطاقة المستهلكة في عملية البناء بأقل نسب ممكنة وبأعلى جودة مطلوبة[11]، والتي يمكن الاستفادة منه بربط ذلك في مجال الحفاظ المستدام للتراث من خلال استخدام تقنية الـ "BIM" في توثيق واعادة بناء واعمار المباني الاثرية بالنماذج ثلاثية الابعاد واستغلالها في تطبيق علم الآثار الافتراضي وإعادة تكوين المباني أو المنشآت أو القطع الأثرية افتراضيًا علي الحاسب في حقب ثابتة والاستفادة منها في المتاحف الافتراضية والسياحة الثقافية لهذا التراث،

وتقييم الأداء التشغيلي لها ومعرفة مدي تحقيقها لمصطلح الاستدامة وأثر البيئة المحيط عليها، والاستفادة منها في توفير المعلومات لعمليات الصيانة والترميم لها، ويظهر رسم (٣) تحليل الظل والشمس لاحدي المباني.

وتعتبر أنظمة الصيانة في جامعة جنوب كاليفورنيا أحد الأمثلة العملية لاستخدام تقنية الـ"BIM" في أعمال الصيانة للمباني القائمة، حيث ربطت الجامعة هذه التقنية مع أنظمة هانيويل (Honeywell Integrator Building Enterprise) المستخدمة في بناء المشروعات المتكاملة والتي تتحكم في جميع أجهزة الاستشعار وعدادات الطاقة في الحرم الجامعي لتحقيق الكفاءة التشغيلية اللازمة للمباني، ووسيلة لعرض تاريخ أعمال الصيانة لموظفي الصيانة، ومساعدتهم بسهولة في الحصول ومعرفة أدق المعلومات عن المشاكل والأعطال، وتحديد موقعها في غضون دقائق من خلال الأجهزة المحمولة[12] مع العلم أن عملية التوثيق والنمذجة الرقمية باستخدام تقنية الـ "BIM" في حالة الآثار السليمة أو المتضررة جزئيًا تكون أسهل بكثير من الآثار المهدمة؛ لأن المبني القائم يمكن استخدام معه إحدى الطرق الحديثة لعمليات التوثيق مثل تقنية التصوير الفوتوجرامتري، أو الماسح الليزري ثلاثي الأبعاد أو غيرهما؛ أما في حالة الآثار المهدمة كليًا فيتم الرجوع لكل المعلومات والوثائق السابقة للأثر من وصف كتابي، أو رسومات، أو صور فوتوغرافية، واستكمالها بالدراسات والاستنتاجات الهندسية والأثرية، وحسب هذه الوثائق تتوقف مدى دقة المعلومات والنموذج؛ فإما أن يكون النموذج متكاملًا وبأدق التفاصيل، وإما أن يكون توضيحيًا للمظهر العام الخارجي للأثر.

رسم (٢): نموذج افتراضي ثلاثي الأبعاد لـ Manchester Town Hall Complex[13]



رسم (٣): تحليل الظل والشمس من خلال Revit كاحد برامج تقنية BIM [14]

ومن البرامج التي تستخدم في تطبيق الاستدامة: وتتوافق مع تقنيات الـ "BIM"[15] :

Autodesk Ecotec
Hevacomp
Insight 360
Autodesk CFD
Energy Plus
Radiance
Autodesk Vasari
Bentley TAS
Homer
Design builder
Virtual DOE
Dialux
Autodesk Green Building Studio
Home Energy Efficient Design (HEED)
Integrated Environmental Solutions (Virtual Environment)

5-نمذجة القباب السبع (السبع بنات) باستخدام الـ "BIM"

٥-١ بطاقه الاثر

اسم الأثر: القباب السبع.

مكان الإنشاء: القرافة الكبرى بالفسطاط.

تاريخ الإنشاء: ٤٠٠ هـ – ١٠١٠ م.

اسم المنشئ: الحاكم بأمر الله.

العصر الذي ينتمي إليه: الفاطمي.

رقم الأثر: ٤٧٣.

رقم قرار التسجيل: ١٠٣٧٥ في ١١ نوفمبر ١٩٥١.

التصنيف المعماري: قبة.

حاله الأثر: شبه مهدم وفي حاله سيئة، ويظهر ذلك في الرسم (٤).

رسم (٤): الموقع العام للقباب السبع (عن الباحثة، ٢٠١٩)

وهي قباب موجودة تقع خلف عمارات الفسطاط الجديدة بحي مصر القديمة بالقاهرة يرجع تاريخ بنائها إلى العصر الفاطمي في الفسطاط (٤٠٠ هـ - ١٠١٠م)، وهي من القباب المميزة والآثار القليلة الباقية عن هذا العصر، ويعتقد بعض العلماء أنها أقدم أضرحة بُنيت عليها قبة في مصر؛ لذلك تتميز هذه القباب بقيمة تاريخية ومعمارية وأثرية.

٥-٢. نبذة تاريخية ومعمارية عن الأثر

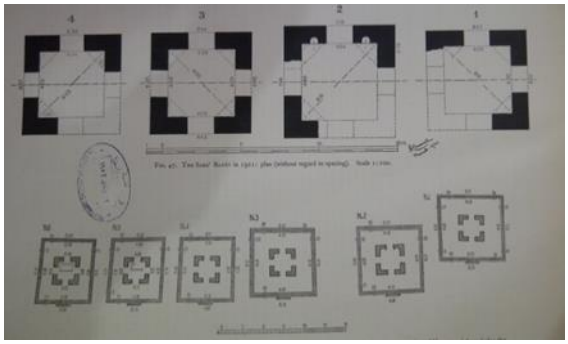
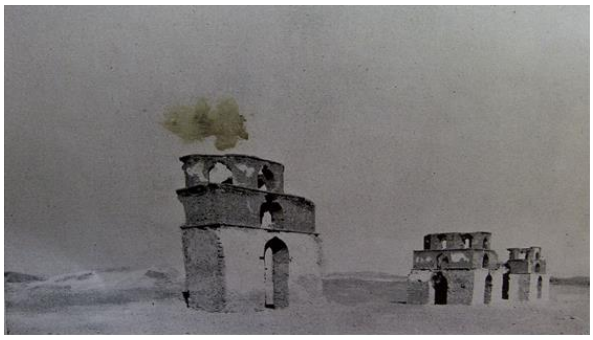
القباب السبع هي قباب بنيت على عدة أفراد من أسرة الوزير أبو القاسم الحسين بن على المغربي الذي قتلهم الخليفة الحاكم بأمر الله بعد أن هرب أبو القاسم من مصر، ثم بعد ذلك أمر الحاكم ببناء هذه القباب عليهم لإرضائه بعد أن آثار عليه ولاة شبه الجزيرة العربية (السخاوى، ١٩٣٧) وقد ذكر السكرى أنها شاعت باسم قباب السبع بنات في أواخر العصر العثماني (عثمان، ٢٠٠٦) والمعروفة بها حتي الآن.

ويوجد حاليًا في موقع الآثر: أربع أضرحة تتكون من ثلاث طوابق متدرجة كانت مغطي تمام بالجص من الداخل والخارج والتي فُصل بينهم بحلية من الطوب وهي: الطابق الأول كقاعدة مربعة الشكل بنيت من الحجر الدبش ويتوسط تقريبًا كل ضلع من أضلاعه فتحة ذات عقد مدبب والذي يحمل فوقه منطقة انتقالية استخدم فيها الحنايا الركنية وكل ضلع لها مثقوب بنافذة تتناسب مع الأبواب السفلية، وتحمل فوقها طابق ثماني الأضلاع يستخدم كقاعدة للقبة، وهو مثقوب بثماني نوافذ، وأن هذين الطابقين بُنيا من الطوب الأحمر المحروق تمامًا، أما قبابهم الكروية الشكل فقد فقدت بالكامل، وأيضا أطلال من الحوائط لضريحين وأحواش كانت تحيط بكل ضريح بنيت جميعهم علي محور واحد تقريبًا، ويحيطهم سور من الأحجار الغير منتظمة والقمامة التي تغطي الموقع تقريبًا بالكامل.

٥-٣. نمذجة المعلومات للأثر

وتم اختيار أثر شبه مهدم وفي حالة سيئة للتطبيق عليه للتأكد من التوثيقات السابقة لهذا الأثر من وصف وصور فوتوغرافية ورسومات هندسية ويظهر ذلك في الرسم (٥)، وتم استخدام برنامج Revit وهو من أحد برامج تقنية الـ"BIM" والذي

يتناسب استخدامه مع كل المجالات لعمل النموذج ثلاثي الأبعاد للأثر لما له العديد من الفوائد في مجال الآثار بدايةً من التوثيق والقدرة علي ربطه مع طرق التوثيق المختلفة، ومرورًا بجداول الحصر واستخدامها لمعرفة الكميات المطلوبة في عمليات الترميم والاستكمال ودراسة كفاءة الأثر الحرارية، وانتهاءً مع الواقع الافتراضي واستخدام النموذج في المتاحف الافتراضية.

رسم (٥): القباب السبع والمساقط الأفقية لها (عن CRESWELL, 1952)

6-النتائج

وتظهر النتائج مخرجات البرنامج الأثر كالآتي:

يظهر الرسم (٦): نموذج افتراضي للقباب السبع من الجهة الجنوبية - وهو حائط القبلة، ويوضح الجدول (١): بيان حصر بكميات الطوب المستخدمة في بناء الأثر، ويظهر الرسم (٧): الواجهات الرئيسية للضريح الأول والثاني الموجودين حاليًا في موقع الأثر من الجهة الشمالية الغربية، ويظهر الرسم (٨): علي اليمين نموذج افتراضي للضريح الثاني من الداخل والذي يظهر المحرابان اللذان يتميزان بهما الضريح عن باقي الأضرحة ويظهر أيضًا أحد الحنايا الركنية للضريح، وفي المنتصف الوضع الحالي للضريح من نفس الزاوية وما به من مظاهر تلف بعد إدخال الصور الفوتوغرافية التي تم تصويرها للضريح ووضعها على النموذج ثلاثية الأبعاد، علي اليسار صورة للمبني حاليًا من الموقع.

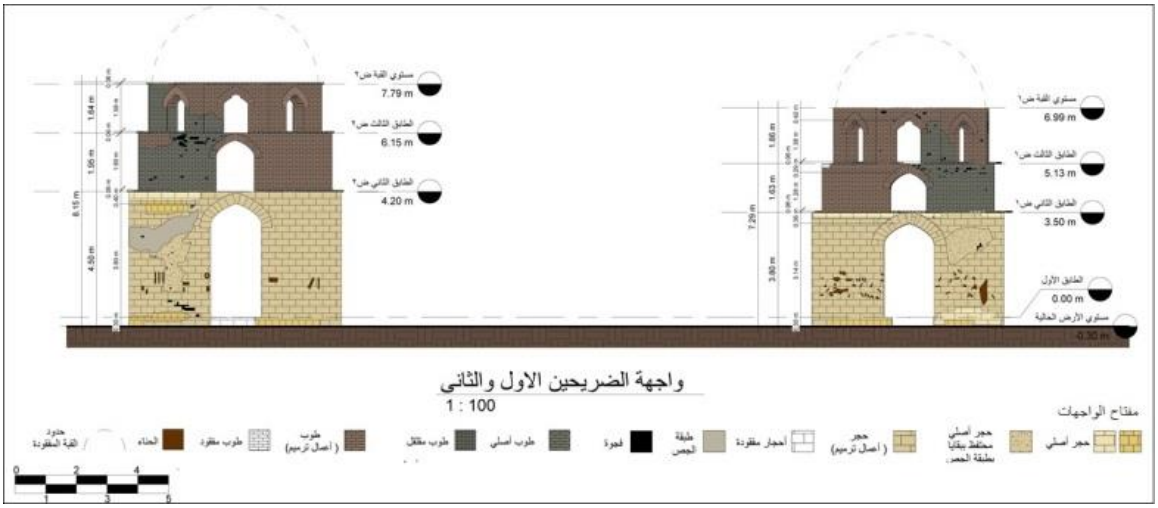
وأنه يمكن الاستفادة من هذه المخرجات في ترميم وصيانة واستكمال الأثر، وحساب التكلفة اللازمة لعملية الترميم والصيانة؛ حيث أنه من خلال جدول بيان حصر الكميات الذي تم إخراجه معرفة الآتي: أن نسبة الحجر: الطوب للأضرحة = ٣٣٠ / ١٠٠، وأن المتر المكعب في الطابق الأول للأضرحة = ٦: ٦,٥٠ مدماك = ٧٢ قطعة حجر تقريبًا، وأنه يلزم لاستكمال الضريح السادس إلي ٦٧ متر مكعب من الحجر، وعدد ١٠٧٧٠ طوبة تقريبًا.

ويظهر الرسم (٩): علي اليمين تحليل الظل والشمس للضريح في البرنامج وهو نفس تأثير الشمس الحقيقي الذي يظهر بالصورة للمبني في الرسم (٨) بعد ادخال نفس التوقيت الذي تم التقاط الصورة فيها، وعلي اليسار نموذج افتراضي للضريح الثاني في الوضع الحالي ودرجة الراحة الحرارية للمبني بعد تحليل الطاقة.

الرسم (٦): نموذج افتراضي للقباب السبع من الجهة الجنوبية (لحائط القبلة) (عن الباحثة)

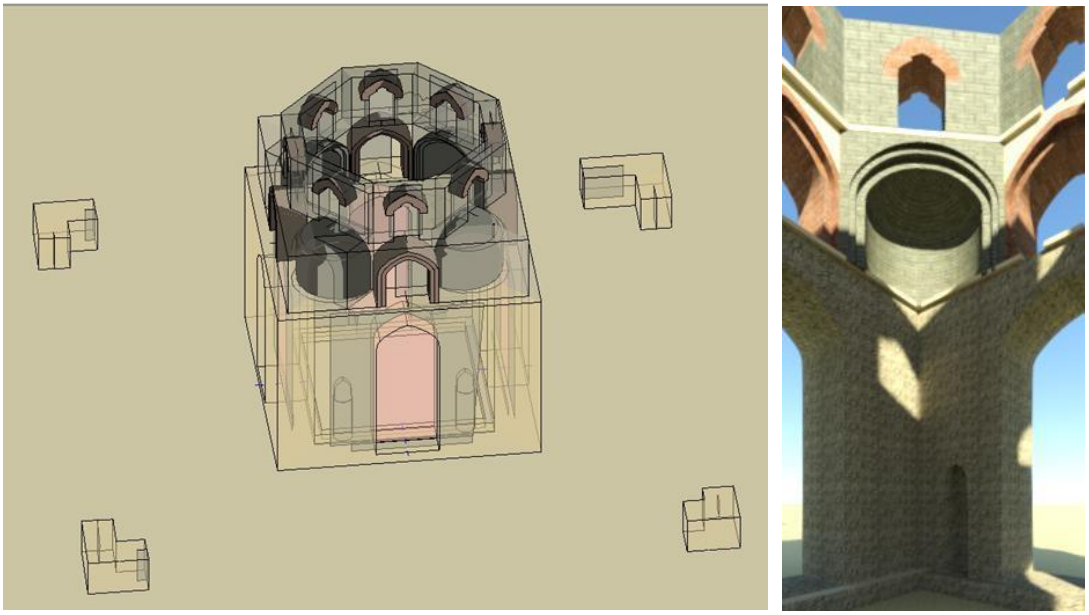
جدول (١): بيان حصر بطوب الأضرحة (عن الباحثة)

Structural Material	Area	Volume	عدد طوب	Description
حائط طوب	10 m²	6.08 m³	3380.264017	طوب
حائط طوب	16 m²	9.73 m³	5404.642154	طوب
حائط طوب	43 m²	21.45 m³	11918.677675	طوب
حائط طوب	62 m²	29.71 m³	16504.271622	طوب
حائط طوب	25 m²	11.83 m³	6573.10103	طوب
حائط طوب	30 m²	10.64 m³	5908.704892	طوب
حائط طوب	51 m²	17.29 m³	9603.618416	طوب
حائط طوب	30 m²	7.98 m³	4432.333841	طوب
حائط طوب	31 m²	9.72 m³	5402.259879	طوب
Grand total: 96	297 m²	124.43 m³	69127.873526	



الرسم (٧): واجهة الضريح الأول والثاني الموجودين حاليًا في الموقع (عن الباحثة)

الرسم (٨): لقطة منظورية داخلية للضريح الثاني علي اليمين، ولقطة للوضع الحالي في المنتصف، وصورة للمبني حاليًا علي اليسار (عن الباحثة)



الرسم (٩): علي اليمين تحليل الظل والشمس للضريح، وعلي اليسار نموذج افتراضي للضريح الثاني في الوضع الحالي ودرجة الراحة الحرارية للمبني (عن الباحثة)

7-الاستنتاجات والتوصيات

وأنه يمكن الاستفادة من هذه المخرجات في الجولات والمتاحف الافتراضية والتنشيط السياحة للأثر؛ حيث يمكن الاستفادة من النموذج ثلاثي الأبعاد للأثر واستخدامه ورفعه علي صفحات المتاحف والجولات الافتراضية علي الإنترنت، والاستفادة منه في الفترات التي تتوقف فيها حركة السياحة للآثار في مصر، أو العالم عند انتشار الأوبئة والهجمات الإرهابية، وأيضًا الاستفدة منها في دراسة الأثر حراريًا وضوئيًا لتوفير ادخال واستخدام المعالجات والانظمة الهندسية الحديثة المكلفة لمواكبة مستحدثات العصر دون مراعاة قيم المبني وملامحه المعمارية التراثية من زخارف وعناصر.

وبذلك تم أثبات أن استخدام تقنية الـ"BIM" في مجال الآثار تساعد في الحفاظ المستدام للتراث من خلال الآتي:

1- إدارة ونمذجة وتوثيق المعلومات.

2- تحليل الكفاءة الاقتصادية والاداء البيئي للمباني الأثرية لإعادة استخدامها.

3- مشاركة هذه المعلومات بين المعنيين مع إمكانية عرضها وتبيانها بعدة أشكال مختلفة قد تكون بيانية،أو نصية، أو مجسمات ثلاثية الأبعاد، أو حتى واقع افتراضي، وإحياء الوثائق التاريخية.

4- توثيق الآثار بالطرق والتقنيات الحديثة، وإعادة بناء المباني، أو المنشآت الأثرية افتراضيًا علي الحاسب الآلي (Virtual Realty) وفي التنشيط السياحي لها

5- استخدام النماذج في عمل واقع افتراضي للمناطق الأثرية والمدن التاريخية بالكامل، والتي تتناسب مع متطلبات العصر الحالي والمستقبلي، وأهداف التنمية المستدامة

6- الوصول الى الوسائل البيئية والتكنولوجية البسيطة والحديثة الغير مكلفة التي تدعم الراحة الحرارية للمباني والمناطق الأثرية والحفاظ عليها.

لذلك توصي الدراسة بالآتي:

١.تشجيع الرسائل العلمية التي تبحث في مجال الحفاظ والتنمية المستدامة، وبالاخص في مجال الحفاظ علي التراث.

٢.تشجيع الأبحاث التي تستفيد من تقنية الـ "BIM" في مجال الآثار؛ لمعرفة الفوائد المرجوة منها عند استخدامها في المشروعات الأثرية؛ وعدم الاعتماد علي الدراسات الغربية في هذا المجال؛ لأنها تختلف عنا في كل الظروف المحيطة بالآثار.

٣.الاستفادة من طلبة الكليات المتخصصة وتعليمهم تقنية الـ "BIM" كمادة أساسية في المناهج الدراسية للاستفادة منهم ومن المتخصصين في هذه التقنية في مجال الحفاظ علي الآثار.

٥. دارسة كفاءة المباني اقتصاديًا وبيئيًا قبل البدء بوضع خطة لإعادة التأهيل والاستخدام لتوفير الطاقة والتجهيزات المكلفة لإعادة الاستخدام.

٤. القيام بالحفاظ المستدام لتراثنا؛ من خلال تحويل الوثائق الأثرية نحو التقارب الرقمي؛ بهدف تشجيع وصول الجمهور العام إلى التراث الثقافي، والذي فضل تطور المنصات الرقمية مثل: الإنترنت، والمتاحف الافتراضية، والمواقع الثقافية التي تتوافق وتتناسب مع الاتجاه الحديث ومتطلبات الجيل الحالي وجيل المستقبل.

8-المراجع

1- UNESCO U W H: Policy Document for the Integration of a Sustainable Development Perspective into the Processes of the World Heritage Convention (General Assembly of States Parties to the World Heritage Convention), 2015.

2- ar.unesco.org

3- عبد المجيد، خالد صلاح: توثيق التراث العمراني باستخدام تقنيات الواقع الافتراضي- الفرص والتحديات، Journal of Al Azhar University Engineering Sector, Vol 11, No. 39, (April 2016): 882-893, https://jaes.journals.ekb.eg/article_19440_883d25e846891a34d1ed7d2e7c8f688b.pdf

4- محمد، أمل، كامل أحمد، وشوكت القاضي: التوثيق المعماري للمباني التاريخية في ظل الثورة الرقمية، ورقة مقدمة إلي المؤتمر المعماري الدولي السادس" (IACA 6) الثورة الرقمية وتأثيرها على العمارة والعمران"، جامعة أسيوط ، ١٥: ١٧ مارس، ٢٠٠٥.

٤-muhamadu, 'amla, kamil 'ahmad, washawwkat alqadi: altawthiq almiemariu lilmabani altaarikhiat fi zili althawrat alraqamiati, waraqatan muqadimat 'iilay almutamar almiemarii

alduwalii alsaadis (IACA 6) "althawrat alraqamiat watathiruha ealaa aleimarat waleumrani", jamieat 'asyut , 15: 17 mars, 2005.

5- عليان، رامي سعد الدين: دور مشاريع الترميم في الحفاظ علي المساجد الأثرية في قطاع غزة، رسالة ماجستير، فلسطين: جامعة الإسلامية، كلية الهندسة، قسم العمارة، ٢٠١٥.

5- eilyan, rami saed aldiyn: dawr masharie altarmim fi alhifaz eali almasajid al'athariat fi qitae ghazat, risalat majistir, filastin: jamieat al'iislamiati, kuliyat alhandasati, qism aleimarati, 2015.

6- النمرة، نادر جواد، وأشرف عبد المنعم جعفر: الطرق الحديثة في التوثيق المعماري للمواقع الأثرية في فلسطين "حالة دراسية- تجربة مركز إيوان في التوثيق المعماري للمواقع الأثرية في البلدة القديمة بغزة باستخدام GIS"، سي بي اه سي، استرجعت (١٤ نوفمبر، ٢٠١٧) من http://www.cpas-egypt.com/pdf/Ashraf_Gaafar/Researches/010.pdf

6- alnamirat, nadir jawad, wa'ashraf eabd almuneim jaefar: alturuq alhadithat fi altawthiq almiemarii lilmawaqie al'athariat fi filastin "halat dirasiatun- tajribat markaz 'iiwan fi altawthiq almiemarii lilmawaqie al'athariat fi albaldat alqadimat bighazat biaistikhdam "GIS, si bi ah si, aistarjaeat (14 nufimbir, 2017) min http://www.cpas-egypt.com/pdf/Ashraf_Gaafar/Researches/010.pdf

7- المطيري، ياسر: لقاء مع الدكتور ياسر المطيري، مجلة BIMarabia، العدد. ٥ (يناير ٢٠١٦): ٢٢-٢٠.

-٧almutayri, yasir: liqa' mae alduktur yasir almutayri, majalat BIMarabia, aleadad. 5 (ynayir 2016): 20-22.

8- سليم، عمر، رياض العبد، محمد حماد، وياسر أبو السعود:استخدام بيم في العمارة الخضراء، ٢٠١٨http://Bimarabia.com/green-bim

9- 8- slim, eumra, riad aleabdu, muhamad hamad, wayasir 'abu alsaeud:astikhdam bim fi aleimarat alkhadra', 2018http://Bimarabia.com/green-bim

10-بن الأشهر، سارة: تكنولوجيا نمذجة معلومات البناء (بيم) والماسحات الضوئية، مجلة BIMarabia، العدد ١٥(يناير ٢٠١٧): ٦٢-٧١.

11- 10- ban al'ashhuri, sarat: tiknulujia namdhajat maelumat albina' (bim) walmasihat aldawyiyatu, majalat BIMarabia, aleadad 15(ynayar 2017): 62-71.

12-بيك، محمد: المباني التاريخية، مجلة BIMarabia، العدد ٧ (أبريل ٢٠١٦): ١١-٩.

-١٢bik, muhamadu: almabani altaarikhiati, majalat BIMarabia, aleadad 7 (abril 2016): 9-11.

13-زيدان، مرام: نجوم مضيئة على شجرة BIM 2019، مجلة BIMarabia، العدد ٣٣(مارس ٢٠١٩): ٧١-٦٦.

13- zidan, murami: nujum mudiyat ealaa shajarat BIM 2019, majalat BIMarabia, aleadad 33(mars 2019): 66-71.

14-سليم، عمر: الصيانة، مجلة BIMarabia، العدد ٢١ (يوليو ٢٠١٧): ١٤-١٣.

14- slim, eumri: alsiyanatu, majalat BIMarabia, aleadad 21 (yulyu 2017): 13-14.

15-سليم، عمر، وسونيا أحمد: نمذجة معلومات البناء والتراث العمراني، مجلة BIMarabia، العدد ٢٦ (ديسمبر ٢٠١٧): ٤٥-٣٨.

15- slim, eumur, wasunya 'ahmadu: namdhajat maelumat albina' walturath aleumrani, majalat BIMarabia, aleadad 26 (disambir 2017): 38-45.

16-سليم، عمر: فوائد البيم للاستدامة، مجلة BIMarabia، العدد ٢٩(ابريل ٢٠١٨): ٣٢-٢٧.

16- slim, eumra: fawayid albim liliastidamati, majalat BIMarabia, aleadad 29(abril 2018): 27-32.

17-حماد، محمد: نمذجة معلومات المباني وارتباطها بالعمارة الخضراء، مجلة BIMarabia، العدد ٨ (مايو ٢٠١٦): ١٤-١٧.

17- hmadi, muhamadu: namdhajat maelumat almabani wartibatuha bialeimarat alkhadra'i, majalat BIMarabia, aleadad 8 (mayu 2016): 14-17.