JAUES

Journal of Al-Azhar University Engineering Sector

Vol. 16 , No, 61 ,October2021 ,1313 -1329

BIM FOR DOCUMENTING ISLAMIC ARCHITECTURAL ELEMENTS (ARCHES, FATIMY POINTED ARCHES)

Hani El.Gharib Ibrahim Youssef [1], Hani Sa`ad Salim Ahmad [2], Mohammad Hassan Khalil [2]

[1] BIM Manager, Freyssinet Saudi Arabia, KSA.

[2] Architecture Engineering Department, Al-Azhar University, Egypt, Cairo.

Corresponding author's E-mail: architect.Hani@gmail.com

Received :21 August 2021 Accepted: 10 September 2021

Abstract

Heritage is the real show of human life and culture. The architectural heritage in the overall sense is the material heritage that contains a cultural, artistic and creative aesthetic or functional value, and reflects the origins and rules which a civilization was built on, and how the perceptions of its societies and what was its philosophy in the measures of their sciences and coexistence. Therefore, this legacy of the ancestors needs to those who reconsider it and its importance, by spotting light on the problems that threaten its continuity. This will only come by encompassing all its components, and also reviewing how it can make it one of the foundations for achieving sustainable development, and one of the poles of the economy by integrating it into the core of its concerns Progressive programs, projects and technology that the state is betting on achieving.

Therefore, this research paper focuses on finding a methodology for the documentation processes related to the vocabulary of Islamic elements (Arches and the use of some vocabulary as a model for applying that Technology), starting with defining the architectural style and the optimal way to preserve information and add data so that these vocabulary can be used to facilitate the preservation and development processes for many Buildings of heritage Islamic architecture, in particular, in addition to the general interest for scholars and those interested in the vocabulary of architectural heritage, as well as extracting architectural drawings from Plans, facades, Sections, quantities, Schedules, etc., for all architectural and construction requirements.

توثيق مفردات العمارة الإسلامية باستخدام BIM نمذجة معلومات البناء (العقود، العقد الفاطمي المدبب، كمثال)

هاني الغريب إبراهيم يوسف [١]، هاني سعيد سالم أحمد [٢]، محمد حسن خليل [٢]

[١] فريسينيه - الشركة السعودية الفرنسية، السعودية

[٢] قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة الأزهر، القاهرة

الملخص:

أصبحت نمذجة معلومات البناء (BIM) نهجًا مفيدًا في توثيق وتعزيز المباني التراثية في نظام يسمى BIM التاريخي والمختصر بـ Heritage Building Information Modeling (HBIM). فاستخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) صار توجها معاصراً ومسعي هاما من أجل توثيق المعلومات المعمارية والإنشائية لمفردات العمارة الإسلامية التراثية للحصول علي مفردات ذات مضمون معلوماتي تحتوي علي بيانات معمارية وإنشائية مصنفة باستخدام جداول معلومات ملحقة بالنماذج الرقمية لتلك المفردات. بالإضافة إلى بيانات التصميم الأساسية (من نسب وأطوال وارتفاعات ومواد وطرق بناء .. الخ) ، ومن هنا تأتي ضرورة وأهمية وضع منهجية لتوثيق مفردات العمارة الإسلامية التراثية باستخدام الطرق الحديثة (نمذجة معلومات البناء) قبل البدء في مشروعات العناية بالتراث.

لذا تركز هذه الورقة البحثية على إيجاد منهجية لعمليات التوثيق الخاصة بمفردات العناصر الإسلامية، (العقود واستخدام بعض المفردات كنموذج لتطبيق تلك الآلية)، بدءا من تحديد النمط المعماري والطريقة المثلي في حفظ المعلومات وإضافة البيانات بحيث يمكن استخدام تلك المفردات في تسهيل عمليات الحفاظ والتطوير للعديد من مباني العمارة الإسلامية التراثية ،بصفة خاصة، إضافة الي عموم الفائدة للدارسين والمهتمين بمفردات التراث المعماري، فضلا عن استخراج الرسومات المعمارية من مساقط وواجهات وقطاعات وكميات وجداول حصر اعمال .. الخ من كافة المتطلبات المعمارية والإنشائية.

الكلمات المفتاحية

العمارة الإسلامية Islamic Architecture (IA) ، نمذجة معلومات البناء Building Information Modeling (BIM) ، نمذجة معلومات البناء التاريخية Heritage Building Information Building (HBIM) ، التمثيل الرقمي (DR) ، هندسة البناء والتشييد Architecture Engineering Construction(AEC) ، مستوي التفاصيل Level Of Details (LOD)

مقدمة

الحضارة الإسلامية حاضنة للعديد من مشاريع البناء والعمارة، إذ تمتلك العمارة الإسلامية **ارثاً معمارياً مميزاً يحتوي علي العديد من** المفردات المتميزة والمتنوعة التي تختلف باختلاف العصور التي مرت بها، وبالنظر إلى طرق التوثيق المتبعة الحالية نجدها تفتقر إلي التطوير.

على مدار الثلاثين عامًا الماضية، تاريخ نشأة BIM، **اقتصرت معظم أعمال نمذجة معلومات البناء BIM المستخدمة في قطاع هندسة البناء والتشييد** ، Architecture Engineering Construction -**AEC** ، **علي المباني الحديثة فقط** حيث الاهتمام بالتنسيق بين كافة الأقسام المعمارية والإنشائية والإلكتروميكانيك وأعمال البنية التحتية، عليه يعتقد الكثيرون من المهتمين بالمجال أن BIM يستخدم فقط لتصميم المباني أوتخطيط المدن الجديدة ، **وإنما ينبغي استخدام BIM في العصر الحالي كأداة لنمذجة وإضافة المعلومات للمباني التراثية ومفرداتها.**

الاتجاه العام والسائد للرسومات المعمارية هو العمل نحو توجيهها لما يسمي بالتمثيل الرقمي. والهدف من ذلك هو الحصول علي رسوم توضيحية معمارية (تفاصيل) في هذه المخططات الرقمية، ومن هنا كانت دواعي تطوير النظام الرقمي والوصول إلي استخدام مكونات BIM، **وإنشاء نمط لمفردات العمارة الإسلامية التراثية التي تشملها تقنية BIM لتوثيق وربط هذه المكونات ثلاثية الأبعاد وتشجيع استخدامها في مشاريع التصميم باستخدام الأساليب المعاصرة والحديثة.**

المشكلة البحثية: -

تتمثل المشكلة البحثية في استكشاف وجود فجوة كبيرة بين طرق التوثيق التقليدية وطرق التوثيق المعاصرة وعدم انعكاس التطور المعاصر علي المباني التراثية ومفرداتها من حيث التوثيق ومن ثم كافة الأعمال التي تلي عملية التوثيق من عمليات الحفاظ علي التراث المعماري بطريقة ممنهجه على نظم حديثة، خاصة مع ظهور أدوات وتكنولوجيات حديثة متطورة مثل تقنية BIM والتي تساعد علي سد الفجوة بين طرق التوثيق التقليدية والمعاصرة ، اذ يتبين عدم استفادة عمليات توثيق مفردات العمارة الإسلامية التراثية بتقنية BIM.

لما تمثله الأدوات التقليدية من صعوبة تنوع المصادر وقصور جمع المعلومات والبيانات في مكون واحد، حيث تسجل أغلب المباني التراثية الموثقة في مصر ومفرداتها كمعلومات كتابية فقط أو رسومات ثنائية الأبعاد أو صور فوتوغرافية، الأمر الذي من شأنه افتقار التراث لقيمته ومعناه ، وعليه تؤكد الدراسة علي أهمية تطوير الطرق التقليدية للحصول على أفضل التقنيات حفاظا على التراث المعماري في مصر.

الهدف من البحث

تتنوع الأهداف من هذا البحث سوي أنه يمكن اعتبار أن الهدف الرئيسي من هذا البحث هو الوصول إلى منهجية علمية لتوثيق مفردات العمارة الإسلامية التراثية باستخدام نمذجة معلومات البناء BIM مشتملا كافة البيانات والمعلومات ومزودا بربط رقمي يمكن مستخدمه من التعديل بسهولة ويسر وتحتوي علي كافة المعلومات المرتبطة بالطراز والفترة الزمنية ومتغيرات يمكن من خلالها تعديل وتغيير المفردات لتتناسب مع فراغات أكبر او مشاريع متنوعة أخري

اعتماد أساليب التقنية الحديثة لتطوير توثيق مفردات العمارة الإسلامية بطريقة منظمة وممنهجه باستخدام تقنية BIM عن طريق تصنيف المكونات المعمارية ذات الصلة بناءًا على عصر أو نمط معين ثم تصنيفها بناءا علي تنوعها وارتباطها بالمبني.

فرضية البحث

تفترض الورقة البحثية أن توثيق مفردات العمارة الإسلامية باستخدام نمذجة معلومات البناء BIM من شأنه تعزيز **فهم وإدراك المكونات التراثية للعمارة الإسلامية، والنسب التصميمية**، والتشكيلات الزخرفية، والترتيب المكاني للمكونات التراثية وذلك بغرض الحصول علي المعلومات المتكاملة المستخدمة في عملية التوثيق بأسلوب علمي ممنهج.

منهج البحث

يعتمد المنهج البحثي لهذه الورقة البحثية على: -

المنهج النظري بالتعرف علي مفهوم عملية التوثيق وأهدافه وتحدياته ، والنظم المتبعه حاليا في عملية توثيق التراث المعماري مع مقارنة توضيحية لعملية التوثيق فيما بين القديم والجديد ، كما يتم التطرق أيضا لتعريف تقنية نمذجة المعلومات BIM والفوائد المرجوة من استخدامها والتحديات التي تواجهها ، وكيفية الاستفادة من تقنية نمذجة المعلومات في التوثيق زمنيا ومكانيا، مع بيان آلية تحسين إدارة بيانات التوثيق المعماري باستخدام النظم الجديدة " البرمجة الأتوماتيكية".

المنهج التطبيقي تطبيق الحلول والتقنيات المستخدمة في BIM علي مفردات العمارة الإسلامية لتحديد الوضع القائم في توثيق العقود المدببة الموجودة بالجامع الأزهر (العقد المدبب كنموذج) واختيار وتحديد منطقة العمل المراد عرض وبيان الفكرة البحثية فيها (إتمام عملية النمذجة لعقد من العقود المدببة وربطه بالمتغيرات Parameters وإمكانية ادراجه في إطار ملف عمل تفاعلي يمكن تناقله والاستفادة منه) وتوضيح النتائج التي تم التوصل اليها عن طريق تطبيق تقنيات نمذجة معلومات البناء في توثيق العقد المدبب كأحد مفردات العمارة الإسلامية التراثية.

الدراسات السابقة

تنوعت الدرسات السابقة في النطاقات المختلفة للمباني التراثية بدءا من تحرير العناصر من أجل الحصول علي نظام فهرسة وتصنيف قائم علي استخراج الأنماط المختلفة الخاصة بالنجوم الإسلامية باستخدام معلومات التناظر الدوراني [١] ، حيث يعتبر إنشاء مكتبة رقمية لـIA Islamic Architecture أحد أهم الطرق التي تساعد في تمكين فهم أفضل لـ IA مع توفير مكتبة غنية للتطبيقات العملية في مجال التصميم المرتبط بالمكونات الإسلامية التراثية ، وبالمثل أنشأت مصادر رقمية دلالية للمباني التاريخية الإسلامية مع التركيز على العمارة الإسلامية في أصفهان، إيران. حيث تعلقت الدراسات البحثية بالنموذج الدلالي القائم على بارامترات إدارة البيانات الوصفية والتي يمكن استغلاله بسهولة كأداة لتعزيز التصميم المعماري التجاري والدراسات متعددة التخصصات [٢].

علي جانب آخر ظهرت أبحاث اهتمت بتطوير مكتبة نماذج معلومات البناء للعمارة الإسلاميةIslamic Architecture – (BIM-IA) بقصد استخدام المكتبة كمستودع لمكونات العمارة الإسلامية. يؤدي توافر قاعدة بيانات BIM-IAS المصنفة لمساعدة المستخدمين في استيعاب ثقافة IA اذ ثبت بالبحث الذاتي أن العديد من المهندسين المعماريين أكدوا أن النمذجة الرقمية ثلاثية الأبعاد يمكن أن تساعد في فهم البيانات بشكل أفضل وتتجاوز تمثيل ثنائي الأبعاد [٣].

تنوعت أبحاث أخري بخصوص اعتبار تقنية BIM عبارة عن **منصة برمجية تتيح للمستخدمين فرز التصاميم وتنظيمها وحفظها في ملف نموذج معلومات بناء واحد** يتضمن عناصر ثلاثية الأبعاد وبيانات موفرة. يمكن تحرير كائنات BIM الموجودة في الملف والتحكم فيها وفقًا لاحتياجات المستخدم) ، حيث أن الكائنات BIM رقمية وثلاثية الأبعاد وقابلة للقياس وشاملة بمعنى أنها تلبي نية المصمم واحتياجات أداء المبنى والوظائف الأخرى ، ويمكن الوصول إليها من قبل AEC بالكامل ، **ويمكن إعادة استخدامها خلال جميع مراحل عملية التصميم** ، فهي بمثابة مصدر المعرفة للحصول على معلومات حول منشأة تشكل أساسًا موثوقًا للقرارات خلال دورة حياتها من البداية فصاعدًا [٤].

علي صعيد الدول العربية ظهر استخدام تطبيق BIM في ترميم وصيانة المباني التراثية والهياكل الخشبية، تم استخدام المسح بالليزر الأرضي والمسح التصويري المعماري لتوثيق المباني التاريخية في جدة القديمة بالمملكة العربية السعودية. تم تحويل البيانات التي تم الحصول عليها باستخدام هذه التقنيات إلى نموذج معلومات البناء الرقمي(BIM) بغرض العمل علي عمليات الصيانة والترميم [٥].

٢,١ مفهوم التوثيق Documenting والتوثيق المعماري

عملية التوثيق هي عملية أولية تتم قبل الشروع في أية أعمال خاصة بالتراث من صيانه او ترميم او ادارة حيث يتم فيها جمع كم هائل من المعلومات بطرق متعددة وأدوات مختلفة. والتوثيق "التراثي " هو علم السيطرة على المعلومات التراثية، وتأخذ عملية التوثيق عدة أشكال

منها، الوثيقة، الكتاب، الصور، التسجيلات الصوتية والفيديو، بالإضافة إلى النصوص الإلكترونية. وقد تنوعت مصادر تعريف كلمة التوثيق حيث يعرف التوثيق بأنه " تجميع للمعرفة المسجلة وترميزها وبثها على أن تُعامل هذه المعرفة بطريقة شاملة وبإجراءات متكاملة ومع الاستعانة بعلم المعاني والوسائل الآلية بأساليب التصوير المختلفة وذلك حتى تنال المعلومة أكبر قدر من الإتاحة والاستخدام"[٦].

جدير بالذكر ان عملية التوثيق تشمل كل ماهو تراثي حيث يعد التراث المفهوم الشامل المتضمن البيئة والثقافة من مواقع وأماكن تاريخية اضافة الي الممارسات والعادات والتجارب المعرفية[٧]

جدول ١ ، **ويعتبر التراث المعماري الرمز المادي المجسد لتاريخ الأمم وتراثها الحضاري بكافة الأبعاد المؤثرة في الشعوب التي تستقي منه ثقافتها وانتمائها لتعزز هويتها وكل ما نتج من فكر انساني في صورة جمالية وفنية تفصله عن الحاضر مدة زمنية متجسدا في صورة بناء ليصير كل ما شيده الأجداد من معالم حضارية مفردة كانت أو مجمعه تراثا عاما وجزء لا يتجزأ من مفهوم التراث المعماري.**

جدول ١ توضيح مفهوم التوثيق والتوثيق المعماري

المفهوم	التعريف
التوثيق	هو المفهوم الشامل الذي يتضمن مجموعة الاجراءات الفنية المتخصصة من اجل جمع وتوفير معلومات شاملة للمبني والعمل علي حفظها وتنظيمها وتحليلها وفهرستها [٨]
التوثيق المعماري	منهج علمي عن طريق خطه تربط المباني التراثية بالمعلومات والخرائط في صورة رسومات هندسية [٩]

٢,٢ أهداف عملية التوثيق المعماري

- التوثيق المعماري هو المفتاح الأول لكافة العمليات الخاصة بالمباني التراثية سواء كانت إعادة احياء او ترميم او صيانة أو حتي هدم حيث يتم توفير قاعدة معلومات يتم الإستفادة منها .
- تحديد درجة التلف لسرعة اجراء عمليات العلاج والصيانة عن طريق الحصول على معلومات عن المبني التراثي وموقعه من البيئات المختلفة
- وضع استراتيجية للحفاظ والصيانة الدائمة للمبني التراثي، حيث يعد التوثيق حماية للمرمم عن أدائه فى عمليات الترميم.

٢,٣ تحديات عمليات التوثيق المعماري

- عدم وجود بيئة بصرية تفاعلية قادرة علي فهم العمل الفني (درجات اللون – الإضاءة – المبني
- عدم وجود ربط شامل بين عناصر طرق التسجيل المتنوعه (معلومات – رسومات – صور)
- عدم بيان المراحل المتغيرة للمبني (حيث تقوم الوسائل التقليدية بحصر ماعليه المنشأ في وقت الرفع المساحي والمعماري فقط EXISTING– وهو مايطلق عليه المرحلة الراهنه دون وجود بيان بمراحل تطورات المبني خلال العصور والفترات المتعاقبة.

٢,٤ النظم المتبعة حاليا في عملية التوثيق المعماري

- يعْتبر التوثيقٌ مشروعا مكونا من مجموعة من المراحل والمهام التي تستخدم فيها عناصر يدوية وآليات وتقنية مساعدة يمكن من خلالها أن تُحقق الوصول الى المعرفة الشاملة عن حالة المبنى، يتمّ التوثيق بصورة عامة على ثلاثة مستويات، كما هو موضح بالشكل المرفق **شكل :- ١** ، محققة الهدف الرئيسي منها وهو انشاء قاعدة البيانات وتتضمن التالي:-

شكل :- ١ النظم المتبعه حاليا في عملية التوثيق المعماري

- **الدراسات التاريخية** للمبني الأثري حيث ابراز الأهمية التاريخية بدراسة المراجع والمصادر اضافة الي الدراسات البيئية.
- **التصوير الفوتوغرافي** هو الوسيلة الأكثر انتشارا لتوثيق المباني ، والمتعدة أنواعه مابين الفوتوغرافي والمسح بالليزر ثلاثي الأبعاد ألف و المسح الضوئي 3D Leaser Scan
- **الرسم الهندسي** ويشمل اعداد الرسومات والقياسات الميدانية ، بما في ذلك الارتفاعات والمقاطع والتفاصيل

٢,٥ التوثيق المعماري مابين القديم والجديد

تناولت أعمال التوثيق القديمة ماكان ف حدود امكانات عصرها حيث كانت أبرز نتائجها تتأتي في هيئة الصور والوصف والتسجيل المعماري لمباني التراث المعماري اذ كان الإهتمام **وصفا** من حيث استخدام المبني والهدف من انشاءه والظروف والمتغيرات التي واكبت انشاؤه وذكر قيمة المبني المعمارية والتاريخية ، **والتطور التاريخي للمبني من حيث ذكر تاريخ الإنشاءات والإضافات** – حيث وجدت – وتتناول هذه الورقة علي سبيل المثال **مبني الجامع الأزهر** ، حيث يعد من أهم المساجد المصرية إضافة الي أنه أقدم أثر فاطمي قائم في مصر وأحد أبرز المعاقل التاريخية لنشر تعاليم الدين الإسلامي الحنيف ، لتوضيح أعمال عمليات التوثيق المعماري لمبني الجامع الأزهر قديما كما هو موضح شكل :- ٢.

لوحة تبين صحن الجامع وقد أحاطت به الأروقة التى أضافها الخليفة الحافظ لدين الله ، والتى تعرف بالجنبات ، وهى مزخرفة بالنقوش الجصية الجميلة والكتابات الكوفية المزهرة، ويظر بالصحن حلقات الدرس

شكل :- ٢ التوثيق قديما اذ يتناول الوصف وصور فوتوغرافية - المصدر الأزهر أثر وثقافة - د. سعاد ماهر

فيما بعد تتم إضافة أعمال التوثيق المعماري للمبني من مساقط أفقية وواجهات سواء خارجية او داخلية وتوزيعات لعناصر المبني المختلفة ، وفي بعض الأحيان ولأعمال لجنة من التوثيق بالذكر لايزال الإسلامية شكل تحتوي علي شكلية ، اذ تفتقد علي الوثائق أو معلومات في مراحل الدور الذي يقوم العناصر **مكتملة عند BIM** اذ خاصة بها متضمنة ترابط بارامتري مع كل مكونات العنصر ارتباطا وثيقا بحيث لايمكن التعديل في أحدهم دون الآخر اذ تعتبر المكونات عنصر ذكي فضلا عن احتواء العنصر علي كافة العناصر المعمارية والإنشائية والمكانيكة المكونة للمبني فضلا عن الخامات والتشطيب والمقاومة الحرارية للمواد اذ يمكن من خلالها عمل دراسات تحليلية وفيزيائية للمبني **علي عكس التطبيقات التي يتم استخدامها حاليا والتي لاتحتوي سوي علي عناصر الرسم فقط**

قطاعات منظورية للأجزاء معقدة التفاصيل . حفظ الاثار العربية الكثير من الشواهد في هذا الأمر بالصور الفوتوغرافية والقطاعات المنظورية ، جدير العمل بها قائما كما هو في مركز تسجيل الآثار :- ٣ .

بينما تتناول الأعمال الحالية عملية رسم مجرد حيث خطوط خالية من أية معلومات ، فقط معلومات أساليب التوثيق الحالية الي توفير السبل ذات الحفاظ الكاملة للعنصر المعماري او المبني سواء رسومات يمكن دمجها تحت بيئة بنائية واحدة للإستفادة منها لاحقة كالترميم أو الحفاظ علي المبني فضلا عن به التوثيق الرقمي في حفظ بيانات ومعلومات المعمارية **شكل :- ٤** .

يمكن القول بأن **الطرق التقليدية المتبعه حاليا غير مقارنتها بعمليات الرسم المختصة بها برامج** يحتوي كل عنصر علي قاعدة بيانات ومعلومات

شكل :- ٣ من أعمال مركز تسجيل الاثار الإسلامية التابع لوزارة السياحة والآثار بالقلعة

سواء ثنائي الأبعاد أو ثلاثي الأبعاد (علما أن الذي يتم حاليا هو فقط الرسم ثنائي الأبعاد كما هو مرفق بالشكل ٣، ٤) حيث يتم تطوير واستخدام نموذج برمجي حسابي ممثلا العنصر تمثيلا رقميا غنيا بالمعلومات ، ذكي ، بارامتري ، يمكن من خلاله تحليل المشاهد والبيانات المناسبة لمختلف الاحتياجات والتخصصات بحيث يمكن استعمالها لاتخاذ قرارات وتحسين عمليات التوثيق المعماري .[١٠]

شكل :- ٤ التوثيق المعماري والرفع المساحي للجامع الأزهر المصدر مركز احياء التراث ٢٠١٨ م

٢,٦ مفردات العمارة الإسلامية

المفردات المعمارية الإسلامية على مدى تعاقب الفترات وبعد المكان ذات هيئة متكاملة، **حيث تجمع بين الوظيفة والفن الجمالي المتميز معا كتعبير**

للأصالة التي تحتويها تلك الحضارة، حيث تزخر العمارة الإسلامية بالعديد من المفردات والتي تنقسم بدورها الوظيفي إلي قسمين رئيسيين:
-

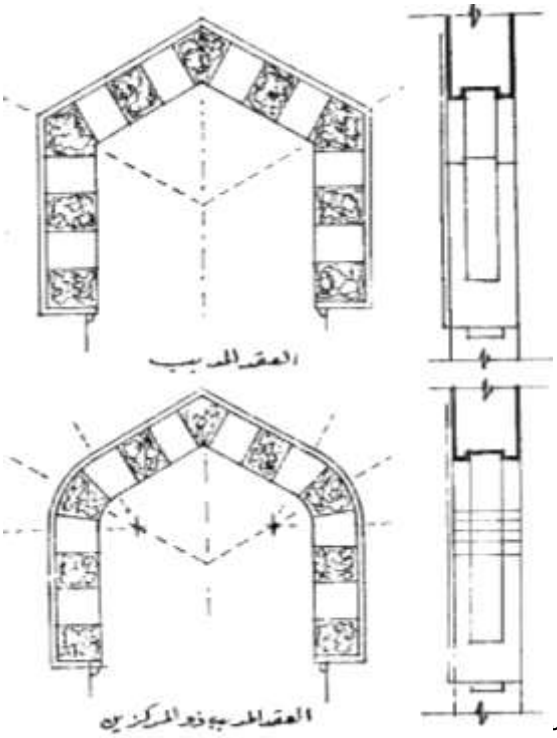
مفردات معمارية تؤدى وظيفة عملية

مثل المشربية أو **العقد** (موضوع البحث) **شكل** :- ٥ أو القبو أو القبة أو المآذن أو الأعمدة والتيجان أو الأسقف المائلة فى المناطق الممطرة أو فى الملاقف العلوية المربعة.

مفردات تشكيلية تؤدى وظيفة تجميلية

مثل التشكيلات الهندسية أو الزخرفية أو المقرنصات أو أنواع التكسيات الخارجية والداخلية من فسيفساء أو قيشانى ومواد فخارية ملونة أو أخشاب [١١] .

العقود في العمارة الإسلامية



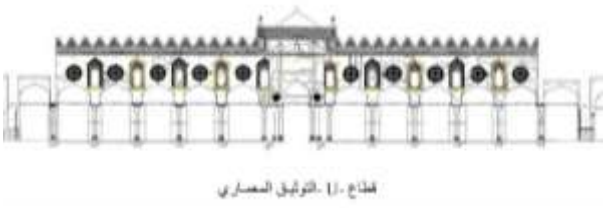
شكل :- ٥ موسوعة عناصر العمارة الاسلامية - الجزء الثاني - تأليف: يحيى وزيري الناشر: مكتبة مدبولي - القاهرة الطبعة : ١٩٩٩ - ٢٠٠٠

استخدمت العقود في العمارة الإسلامية كأحد المفردات المعمارية التي تؤدي وظيفة عملية في تصميم المداخل والأعمدة ، حيث تميزت وأبدعت عن طريق تكوين أشكالٍ للعقود مثل عقد حدوة الحصان والعقد المدبب والعقد المركب تم استخدام العقود كعنصر إنشائي وزخرفي في مبانيهم بالإضافة الي العناصر الروحية من تلاقي الخط الأفقي بالأرض (المخلوق) والخطوط الرأسية إلي السماء (الخالق) [١٢].

العقد المدبب

العقد بمرور الوقت ، أصبحت العقود دعامة أساسية تستخدم في العمارة الفاطمية من داخليا أو ،حيث أصبحت **أحد المكونات الفريدة التي تمثل جزءًا أساسيًا الطابع المعماري** لمنطقة وعصر معين. فالعقود على وجه الخصوص هي مكونات يمكن استخدامها في كل من المباني خارجيا وتعتبر مكون أساسي للطراز الفاطمي . ويعد من أبرز هذه العمارة ذو العقود هو العقد المدبب بتنوع أشكاله وأحجامه حيث انفردت الفاطمية بتنوعات عدة لهذا النوع من العقود حيث العقد المدبب المركزين (محل الدراسة) – **شكل :- ٦**- والعقد المدبب ذو الأربعة مراكز الذي ينتهي بخط مستقيم والمستعمل بكثرة في عقود الشبابيك والأبواب والمحاريب أيضا [١٣]. والدارس لفنون العمارة الإسلامية يجد العقود **عنصر دائم الوجود لكافة أنماط العمارة الإسلامية بتنوع الأشكال والاتجاهات والبحور** وقد استخدمت العقود لأغراض متعددة سواء نفعية (انشائية) أو جمالية (معمارية) حتى صار رمزا وقرينا للعمارة الإسلامية، هذا وقد أكدت كافة الدراسات أن **العقد المدبب هو ابتكار عربي إسلامي تفوق في استخدامه علي عقود أخري، ويعتبر أول بداية لظهور العقد المدبب كانت في العمارة الإسلامية** [١٤] .

شكل :- ٦ العقد المدبب، العقد المدبب ذو المركزين دراسات في العمارة الإسلامية (عبد السلام أحمد نظيف)



شكل :- ٧ العقود المدببة بالجامع الأزهر وافتقارها إلي تكامل المعلومات التراثية أثناء مراحل التوثيق المعماري

ويلاحظ أن التوثيق قديما كان يهتم بكامل المبني دون افراد للمفردات وتخصيص أعمال توثيق لها اذا كانت كافة العمليات التوثيقة تدوين شامل لحالة المبني التراثي ومايلزمه من أعمال ترميمية وتكلفة وقليل من الوصف الممكن للحالة قبل وبعد مع التطرق أحيانا للعناصر الملحقة الجديدة بالمبني التراثي سواءا أكانت بالإضافة أو الحذف (البناء أو الهدم) الي المبني التراثي ككل . علي سبيل المثال **شكل :- ٧** يوضح رسومات معمارية للعقود المدببة بالجامع الأزهر دون الإشارة الي أية معلومات تخص العنصر التراثي ، من هنا الحاجه الي ضرورة وجود تقنية جديدة تعمل علي تكامل كانت جميع المعلومات اللازمة لتوثيق مفردات العمارة الإسلامية التراثية والذي يمثل (العقد المدبب) أحد هذه المفردات.

٢,٧ التعريف بتقنية نمذجة معلومات البناء BIM

تعد نمذجة معلومات البناء (BIM) Building Information Modeling هي أحدث علوم هندسة البناء حاليا وهي منظومة تكاملية تبدا من الفكرة مرروا بالتصميم ثم التنفيذ ثم مباشرة الأعمال فالإدارة والصيانة وصولا الي مراحل الهدم [١٥] ، ويمكن القول بأنها عملية متكاملة تعمل علي وضع كافة المعلومات الخاصة بالمبني في قالب واحد مترابط ومتفاهم كمركز لبيانات مركزية تغذي كافة أطراف المشروع متضمنه كافة الأعمال والمخططات والمواصفات والجداول الزمنية الخاصة بالمشروع وبوضوح أكثر فاستخدام تكنولوجيا بناء المعلومات الخاصة بمجالي التشييد والبناء يرجع الأصل فيها إلي عملية توليد وإدارة بيانات المبنى خلال دورة حياته Building Life Cycle.

٢,٨ التعريف بتقنية نمذجة معلومات البناء التراثية H-BIM

تم وصف مصطلح HBIM من قبل مورفي [١٦]على أنه حلول توليد لنموذج ذو كائنات متغيرة PARAMETRIC MODEL GENERATION SOLUTION ، حيث لا يتم تمثيل العناصر المعمارية في هندستها فقط ، ولكن أيضًا في السمات المقابلة لقاعدة البيانات التاريخية. فتطبيق منهجية BIM في المباني التراثية التاريخية تتعدي أهداف التوثيق إلى مراقبة عملية الحفاظ conservation status monitoring ، وإدارة التراث heritage management ، والصيانة الوقائية preventive maintenance، وتحليل خيارات التدخل ، وتخطيط الحفظ والاستعادة analysis of intervention options, conservation and restoration planning ، ومحاكاة البناء construction simulation ، والتأهب للكوارث ، وغيرها .[١٧, ١٨, ١٩]

وعلي ذلك يمكن اجمالا وضع مفهوم عام لنمذجة معلومات البناء التراثية H-BIM بأنه تمثيل الخصائص والمواد المكونة للمبني التراثي والمهام الوظيفية بناء على الحالة الموجود عليه مع اعتبار التغيرات الزمنية والإضافات والإزالات في جميع مراحل المبني التراثي.

وعليه فالغاية من استخدام نمذجة معلومات البناء التراثية هي انتاج نموذج ذكي يرتبط بوضوح بمكونات المبني التراثي ومفرداته ويشمل المعلومات الهندسية والمعرفية، وجميع الخصائص الفيزيائية التي تصف المبني التراثي ومفرداته على أكمل وجه، وبالتالي فإن HBIM هي عملية يتم تطبيقها على المباني التراثية القائمة [٢٠].

٢,٩ ايجابيات استخدام نظام H-BIM

- تصور المعلومات ثلاثية الأبعاد والاستفادة من القدرات التي توفرها أدوات BIM، التحليل والاستعلام ، إدارة الوقت ، المرونة وسهولة الاستخدام ومشاركة المعلومات
- المحاكاة الرقمية للمباني التراثية القائمة على BIM يمكن أن توفر عائدًا كبيرًا من الاستثمار
- اضافة كافة الأبعاد المطلوبة 3D,4D,5D,6D,7D من ربط زمني وتاريخي مرورا باستدامه نهاية بإدارة كافة مرافق المبني وصيانتها.

٢,١٠ تحديات استخدام نظام H-BIM

- تستند **H-BIM** عمومًا إلى عملية المسح الضوئي الأمر الذي يعد مكلفا الي درجة ما حاليا نظرا لارتفاع أسعار هذا النوع من الأجهزة
- الشروخ والتشوهات والأمور المحيطة بالمباني التراثية ينتج عنها ملايين النقاط السحابية الإضافية يجب تفاديها بعين الخبير والعمل علي ازالتها وعدم نمذجتها
- صعوبات في تحديد معايير محددة وملزمة في سياق التراث بسبب الاختلافات بين الأصول التاريخية وأهميتها التراثية وأنشطة الحفظ والتوثيق المطلوبة

٢,١١ المنهجية المقترحة

تعتمد المنهجية المقترحة على توثيق أحد مكونات العمارة الإسلامية (العقد المدبب – العصر الفاطمي) باستخراج مفرداتها وتراكيبها بطريقة التصنيف الهرمي بالعصر والنوع مع الأشكال المختلفة والمتباينة من العنصر الواحد في مختلف الفترات (التاريخية ، حيث يتم تصنيف العناصر الي فئات ومن ثم عوائل تنبثق منها فئات متباينة وهكذا في تسلسل هرمي بنفس الفكرة العامة لتصنيف مكونات نمذجة معلومات البناء الرقمية ، يلي ذلك ترتيب البيانات والمعلومات المنقحة مع تصنيفها حسب الفترة الزمنية التي يمكن العثور على هذا المكون فيها بما يتماشى مع المعلومات المعمارية والإنشائية بما يحقق الشمولية.

يأتي اقتراح توثيق ومن ثم تطوير مكتبة BIM لعناصر ومفردات العمارة الإسلامية حرصا على توفير الوقت والمصادر الموثقة في حال تصميم مشاريع ذات الهوية الثقافية والتاريخية. اذا أن المنتج هو دمج تاريخي ومعلوماتي ومعماري متنوع المصدر من أثريين ومعماريين، هنا يمكن المقارنة بين كل مايميز القديم والجديد والإضافة التي يمكنها اثراء عملية التوثيق كما هو موضح **جدول ٢** .

جدول ٢ جدول توضيحي لإمكانات النظامين BIM- CAD

امكانات	نظام CAD	نظام BIM
الرسومات 2D & 3D	■	■
4D , 5D ,6D,7D		■
البيانات التاريخية		■
الأخطاء التصميمية	■	
تضارب المعلومات	■	
امكانية التعديلات		■
تسلسل مراحل التشييد		■
تعديلات يدوية	■	
دراسات بيئية وفيزيائية		■
تعاون المجالات المختلفة		■

٢,١٢ خطة العمل

يعد وجود نموذج موثق ثلاثي الأبعاد وفقا للأنماط الفنية والتاريخية للمباني ذات التراث المعماري أمرا هاما يتم نشره حاليا في كافة الدول نظرا للإهتمام المتزايد من تلك الدول بتراثها والوقوف علي أفكار جديدة لمختلف الإستثمارات للمباني التراثية ، كما تعتبر **H-BIM تقنية ناشئة تمكننا من فهم التراث المبني وتوثيقه وطرق صيانته وحمايته حتي إعادة بنائه تقريباً**.

حيث **يتم اعتماد التكنولوجيا التي تعتمد على تقنية BIM لتحسين سير عمليات التوثيق المعماري ودمج العناصر المعمارية التراثية في نطاق رقمي ذكي يمكن استخدامه في مشاريع التصميم** ،(كآلية يمكن من خلالها دمج المزيد من المكونات المعمارية التراثية في التصميمات)، أو دراسة مكونات مبني ما أو توثيق تلفيات أو إضافات علي مكونات المبني الرئيسية ،فضلا عن كميات المعلومات الهائلة المرفقة لكل عنصر بالترتيب والتصنيف الأمثل .

هنا تبحث هذه الورقة دراسة توثيقية لمكون من مكونات الجامع الأزهر من أجل إثبات قابلية استخدام BIM كأداة جديدة للتوثيق المعماري الخاص بالعناصر التراثية حيث يمكن استخدامها بديلا عن الطرق التقليدية بينما تعمل أيضًا كآلية يمكن من خلالها فهم مكونات المباني التراثية شاملة كافة الجوانب الإنشائية والمعمارية والتاريخية، اذ تثمن عملية BIM من مفهوم التكامل بين شقي التوثيق المعماري (الرسومات الهندسية والوثائق التاريخية) بشكل متكامل وبسهولة تامة حيث تسجيل المعلومات لكل العناصر بطريق الرسم والوصف تبدأ خطة العمل كما هو موضح في شكل :- ٨ عن طريق جمع المعلومات التاريخية من معلومات دلالية دقيقة وأخري فنية ومهنية كتلك التي تتعلق بالفنيات ومواد البناء المستخدمة إضافة إلي المساقط الأفقية والواجهات الداخلية والخارجية مع تغطية المبني بالقطاعات المعمارية لبيان اختلاف الإرتفاعات

شكل :- ٨ طريقة جمع المعلومات التاريخية الخاصة بالعناصر التراثية وترتيبها وصولا للعمل بـ BIM

والمناسيب ، مع إنشاء هذه المنهجية وتطبيقها ، وامكانية تحسين النمذجة Modeling لعناصر البناء الأخرى إلى جانب ذلك ، هناك إمكانية توسع كبيرة عند العمل مع فرق متعددة التخصصات لمقاربة منهجية BIM على نطاق واسع في مشاريع التوثيق المعماري للمباني التراثية. يظل المسح المتري المضاف إلي تقنية BIM في الغالب عملية يدوية تستهلك الكثير من الوقت والجهد من المستخدمين. ترجع هذه الحاجة إلى النهج اليدوي إلى كلا من تخفيض التكلفة إضافة إلي الكم الهائل من البيانات المطلوب إدارتها ، والصعوبات والتحديات في إعادة بناء الأجزاء المحجوبة من المباني يتمثل أحد التحديات في تنوع أنماط البناء التي تتناقض مع متطلبات نهج عالمي يلبيها جميعًا

و تُعد **العقود إحدى النقاط المحتملة لإجراء تجارب الأتمتة (الأتوماتيكية) Automation، حيث تحتوي على عدد قليل من المعلمات Parametric** والاختلاف في أشكالها، ولذلك من الممكن أيضًا التفكير في مناهج التوليد التلقائي لأشكال هندسية أكثر تعقيدًا كتفاصيل الواجهات ، والزخارف ، والأقبية [٢١] .

من الرفع المساحي إلي النمذجة

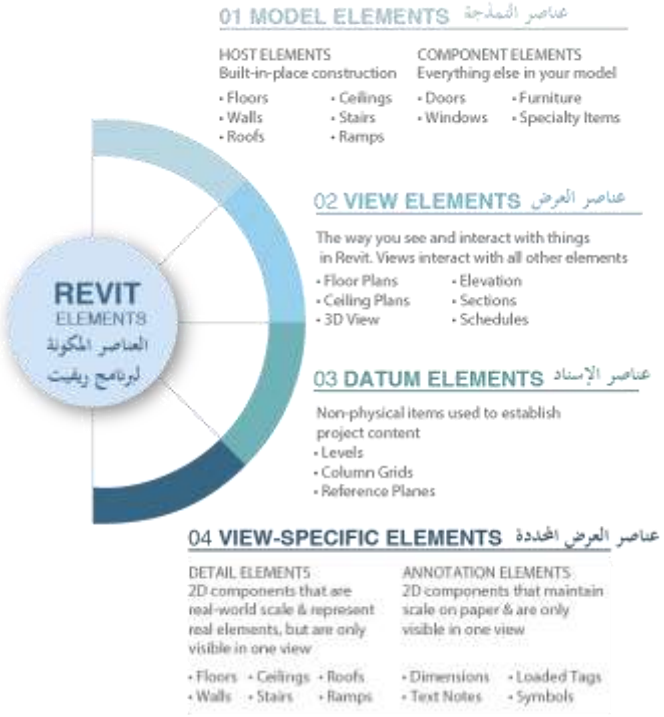
في هذه الدراسة يتم تطبيق تقنية BIM لدمج المعلومات التاريخية والأشكال الهندسية ثلاثية الأبعاد بطرق تعاونية بين العاملين في قطاع الآثار والمهندسين المعماريين إذ تبدأ بتلقي كافة المعلومات والبيانات المتعلقة بالمبني التراثي أو العنصر المراد توثيقه وذلك عن طريق الأثريين والمختصين بتسجيل العناصر التراثية.

شكل :- ٩ الرفع المساحي بأدوات القياس التقليدية لأحد العقود المدببة بالجامع الأزهر (بداية أعمال ماقبل استخدام برامج BIM)

حيث أن الرفع المساحي في الطريقة التقليدية (التي تم استخدامها في هذا البحث -شكل رقم ٩) يكون عن طريق القياس بأدوات القياس التقليدية : المتر الشريطي والمتر الليزر وغيرها ، وأخذ قياس كل بُعد في الموقع وتدوينه وعمل اسكتش له على لوحات بشكل تقريبي سريع في أرض الموقع ، وبعد الانتهاء من رفع جميع الأبعاد يتم رسمها بقياسات مضبوطة ببرنامج الريفيت REVIT عن طريق رسم القياسات التي تم قياسها في الموقع ، **شكل :- ١٠** الذي يوضح **العناصر القائم عليها نظام العمل في برنامج ريفيت والذي يعد أشهر برمجيات BIM**.

وجدير بالذكر أنه يوجد طريقة حديثة للرفع المساحي بدقة وفي وقت قياسي : بضع دقائق فقط ، وذلك عن طريق جهاز يعرف بالـLaser Scan ، فقد أتاح تسهيل هذه مهمة الرفع المساحي وتوفير وقت وجهد كبير فيها ، حيث تبدأ مرحلة الرفع المساحي بهذه الطريقة في الموقع بجهاز الـ Laser Scan حيث يقوم الجهاز بمسح وتسجيل جميع الموقع المراد رفعه بكل تفاصيله وتجهيزه بتقنية الـ 3D في خلال دقائق معدودة لتكون بعدها جاهزة لتحولها لـModel بدقة بجميع معلوماتها الدقيقة وعمل طبقات البناء والتشطيب لها بسهولة على برنامج الريفيت عن طريق الرسم النقطي الثلاثي الأبعاد الذي نتج من جهاز ال Laser Scan في أرض الموقع . وتتميز هذه الطريقة عن الطرق التقليدية في القياس والرفع بعدة مميزات أهمها :-

- أن القياسات التي تنتج من الجهاز عالية الدقة مقارنة بطرق القياس التقليدية.
- توفر هذه الطريقة وقت الرفع المساحي لكل قياسات أبعاد وزوايا الموقع وتفادي نسبة الخطأ الواردة في الرفع المساحي البشري.
- توفر هذه الطريقة الجهد من ناحيتين : الأولى في الرفع المساحي وإعداد اسكتشات المقاسات لتكون جاهزة للرسم



شكل :- ١٠ توضيح العناصر القائم عليها برنامج Revit

مجددا على برنامج الأوتوكاد ، والثانية توفير الجهد للمعماري الذي ينقل الرسومات من اسكتشات الرفع المساحي لبرنامج الأوتوكاد بدقة والذي يستغرق من الوقت والجهد الكثير في رسم جميع المساقط الأفقية والواجهات ، ولكن الرفع بالLaser Scan يضمن الدقة وتفادي الأخطاء البشرية وتوفير الوقت والجهد .

ومع تلك المميزات لهذه الطريقة إلا أنه تم استخدام الطريقة التقليدية في الرفع وذلك لعدة أسباب منها : ارتفاع تكلفة جهاز Laser Scan **شكل :- ١١** حيث يصل سعره إلى ٢٥ ألف دولار أمريكي أي ما يعادل ٣٧٥ ألف جنيها مصريا تقريبا ، جدير بالذكر أنه لا تزال القدرة على إدارة كم هائل من المعلومات المترية القادمة من أجهزة المسح الليزري والعمل من خلالها على إعادة إنتاج نماذج ثلاثية الأبعاد عالية الجودة ، تواجه العديد من المشكلات الواضحة التي يجب حلها، فاستخدام كمية كبيرة (غالبًا ما تكون زائدة عن الحاجة) من السحب النقطية الضخمة؟ يحتاج لمهارات فنية وأخري تقنية (إمكانيات الحاسوب) تحتاج الي اعداد مسبق من أجل اخراج جيل قادر علي التعامل مع هذه الأجهزة تقنيا وفنيا ، فتم اللجوء إلى طرق القياس التقليدية في الرفع المساحي للعنصر التراثي **شكل :- ٩** ، ومن ثم تطبيق النمذجة ببرمجيات BIM **وبعد مرحلة الرفع المساحي :**

شكل :- ١١ FARO FOCUS M70 أحد أجهزة الليزر المستخدمة في أعمال BIM

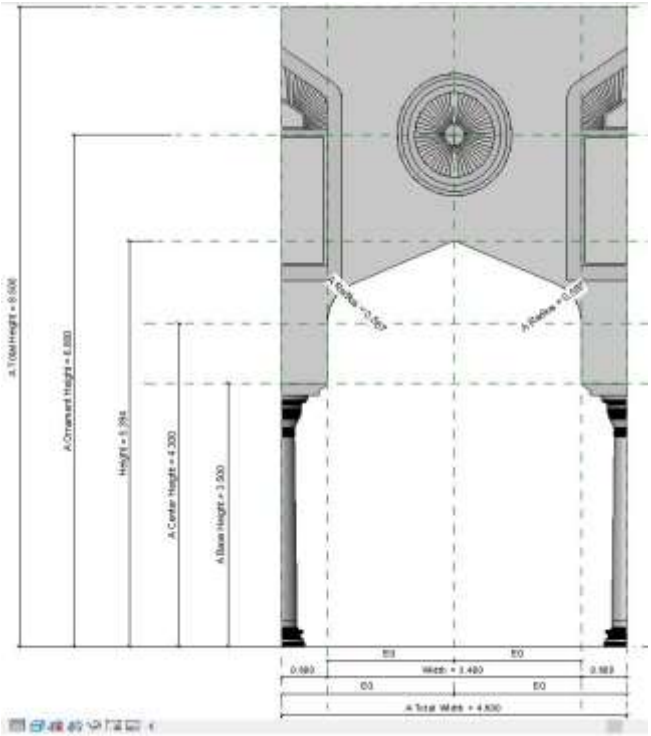
بدأت مرحلة النمذجة البارامترية للعقد المدبب والتي تمت عن طريق الخطوات التالية :-

١) بدءًا من النمذجة المرئية للمكونات الأساسية المكونة للعقد المدبب اعتمادا علي مقاسات الرفع المعماري من الموقع مع مضاهاتها بالصور الفوتوغرافية . فيتم نمذجة العناصر الأساسية المكونة للأثر باستخدام برنامج الريفيت عن طريق عمل Walls بسمك الحوائط الموجودة ، والأسقف والأرضيات بالأبعاد التي تم رفعها في الموقع .

٢) ويتبع ذلك مرحلة التفصيلات المعمارية الموجودة بالعنصر التراثي ، فباستخدام برنامج Revit في النمذجة البارامترية للعنصر المتمثل في القوس المدبب سواء المنفردة أو المتكررة في المبني ؛ يتم عملFamily لكل تفصيلة من التفصيلات المعمارية للعنصر ، اذ تُعد وتبرمج على أساس ربط الأبعاد المتناسبة مع بعضها البعض كما هي في الواقع من نسب بديعه ومتقنة الصنع . ويتم استخدام هذه ال Families في النموذج عن طريق إعداد Family لكل عنصر من عناصر المبنى التراثي ، بأبعاده التي تم الحصول عليها من الرفع المساحي مسبقا .

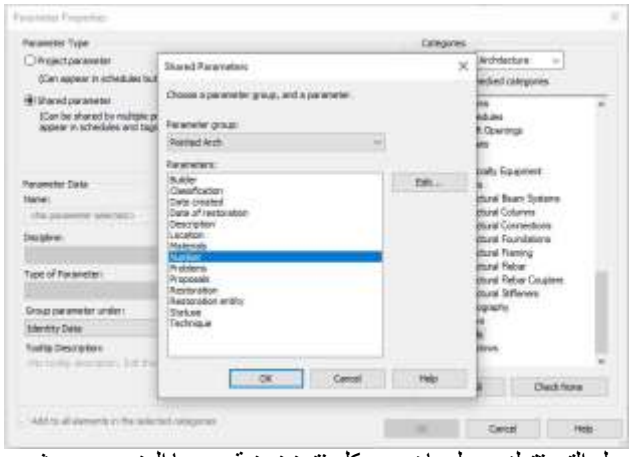
من النمذجة إلي إضافة المعلومات

البدايات الأولي للنمذجة والتي تعتمد علي المسح المتري باستخدام أدوات بسيطة متاحة للجميع حيث يتم الرفع المساحي للعنصر التراثي ومن ثم مضاهاة النسب مع الصور الفوتوغرافية الموجود بالفعل Existing والبدء في رسم العنصر التراثي بالنسب والأبعاد المأخوذة من فريق الرفع المساحي في الموقع , يتولي المعماريون القائمون علي رسم التفاصيل المعمارية للعنصر التراثي أمر ربط المتغيرات الخاصة بالعنصر المعماري من بيانات الرفع المساحي والصور الفوتوغرافية – مع الأخذ في الإعتبار إضافة المتغيرات إلى Shared Parameters ، مما يسمح بإعداد علاقات هندسية ودلالية بين الكائنات البارامترية ثلاثية الأبعاد وأي نوع من المعلومات، في الواقع ، حيث تتمثل إحدى أهم مزايا برمجيات BIM في دمج المعلومات الهندسية مع البيانات الخاصة للعنصر التراثي شكل :- ١٢



شكل :- ١٢ تحديد وربط العناصر المتغيرة داخل النموذج ثلاثي الأبعاد – من أعمال البحث في دراسة الجامع الأزهر

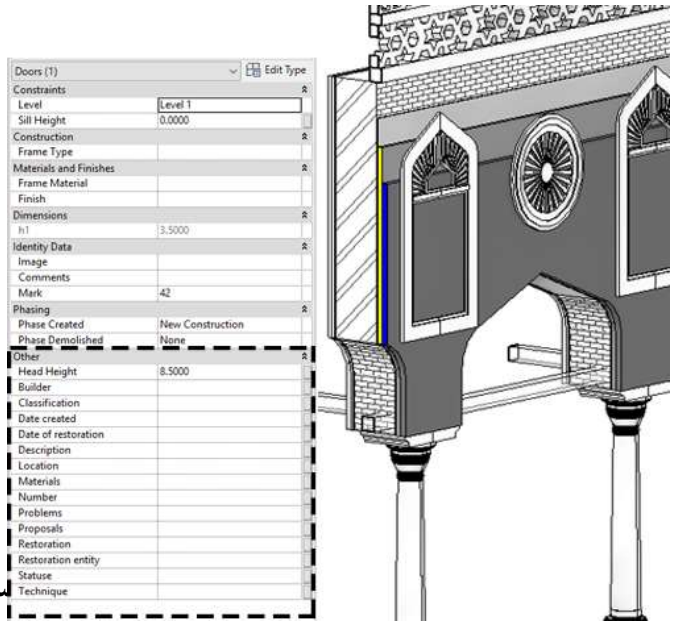
حيث يمكن جدولتها فيما بعد وإخراج كافة المعلومات المطلوبة مباشرة الخاصة بفئة العقود (العنصر المعماري) داخل المشروع الواحد ومن ثم كافة العناصر انتهاءً بكامل تفاصيل المبني التراثي. ويمكن توثيق كل family بجميع تفاصيلها التي يراد توثيقها تراثيا ومعماريا وليست مجرد Model وذلك حفاظا على تاريخ ذلك



شكل :- ١٣ اضافة المتغيرات الخاصة بالعنصر التراثي Shared Parameters

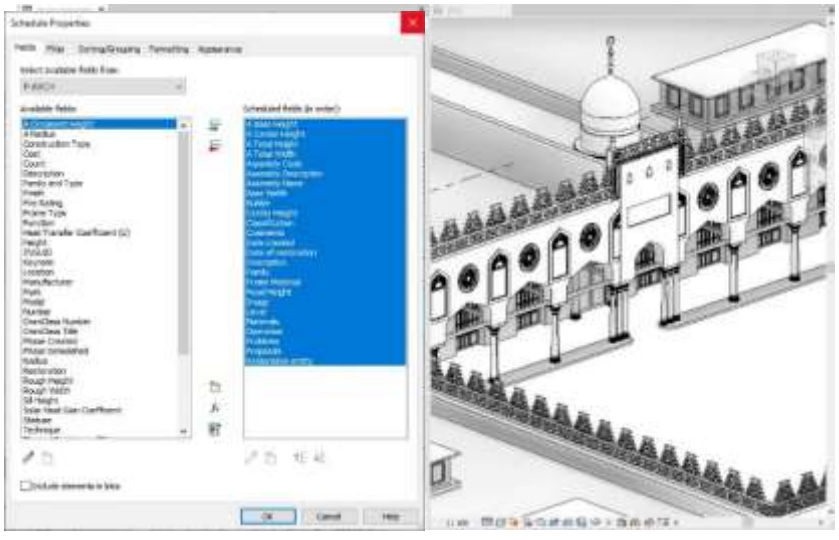
العنصر وتواريخ الترميمات التي طرأت عليه على مر العصور وجميع البيانات المراد تسجيلها له. فيتم تجهيز خانات لتلك البيانات التفصيلية المراد توثيقها في كل Family جديدة يتم نمذجتها . وهذه البيانات المضافة كما هو موضح **شكل :- ١٣** حيث تشمل (المنشِئ (الباني) - التصنيف. - تاريخ الإنشاء- تاريخ الترميم - الوصف - الموقع - المواد المستخدمة- عدد مرات تكراره في المبنى التراثي الذي يتم رفعه - المشكلات- المقترحات - سجل الترميمات السابقة - الجهة التي قامت بالترميم - حالته في ذلك الوقت - التقنية التي استخدمت في ترميمه.

فيتم إدخال جميع تلك البيانات وإضافة بيانات أخرى إذا لزم الأمر ، ويكون ذلك في الخانات المحددة لها والذي تم عملها كما هو موضح بالصورة **شكل :- ١٤** ، اذ يوضح طريقة دمج بيانات /المعلومات واضافتها الي بيانات العنصر التراثي داخل البرنامج بالإضافة إلى تفاصيل التي تتعلق بمعلومات عن كل فترة زمنية مر بها العنصر حيث **يمكن استخدامها كمرجع عند الحاجة إلى أعمال الترميم مرة أخرى.** . دمج بيانات \ المعلومات وتوثيق العنصر بالإضافة إلى تفاصيل تتعلق بمعلومات عن كل فترة زمنية مر بها العنصر حيث يمكن استخدامها كمرجع عند الحاجة إلى أعمال الترميم مرة أخرى والموضح في **شكل :- ١٤** .



شكل :- ١٤ بناء النموذج التراثي في برامج BIM مع وضع المعلومات والبيانات التراثية

فالغرض الرئيسي من استخدام تقنية BIM هو المنهجية الخاصة باستخدامها في بناء قاعدة بيانات مكانية وتراثية يمكن لمستخدميها الحصول علي كل المعلومات التي تخص العنصر التراثي والوقوف علي أدق التفاصيل بفضل توافر امكانات توليد المعلومات من العنصر ثلاثي الأبعاد باستخدام برامج BIM , اذ أنه من الممكن البدء في إضافة المعلومات عن طريق إضافة متغير ومن ثم ربطه بالمعلومات التاريخية عن طريق المختصين من الأثريين حيث يمكن إضافة كافة البنود المطلوبة لعملية التوثيق ومن ثم انعكاسها مباشرة علي العنصر ، وعليه فمن خلال التمثيل ثلاثي الأبعاد المتري ومجموعة البيانات المرفقة كما هو موضح في الأقسام السابقة. يمكن التحكم في كل معالم ومتغيرات المكونات الهندسية للعنصر المعماري المراد توثيقه مثل العرض والطول والسمك وفقًا لظروف محددة فقط.كما يمكن إجراء هذه التعديلات على المكون بأكمله أو فقط على جزء محدد من مكوناته الفرعية



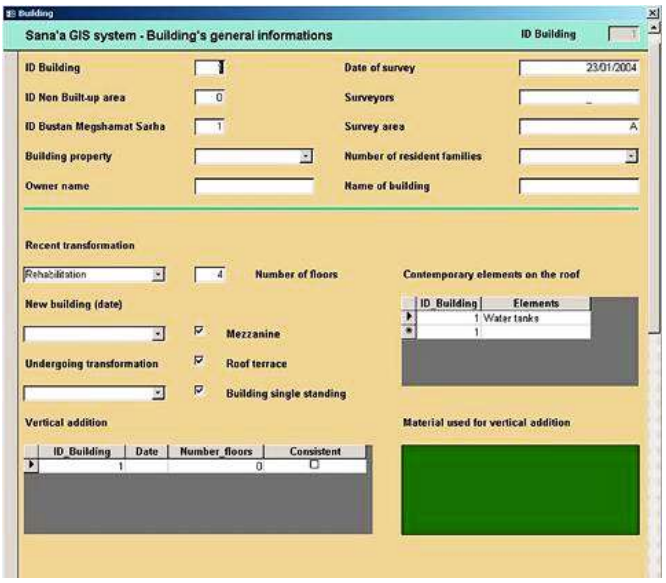
شكل :- ١٥ الترابط بين العنصر ومعلوماته التراثية في برامج BIM

ويتم دمج البيانات والمعلومات الخاصة بكل عنصر في المبنى ؛ يمكن بعد ذلك إنشاء تقرير باستخدام كل كائن مقدر. لا يتوفر هذا النوع من الخدمة في نظام CAD إلا إذا قام المستخدم بذلك يدويًا. يمكن استخدام جميع البيانات الأصلية الموجودة في نظام BIM لإنتاج العديد من العمليات المختلفة ، على سبيل المثال ، المواصفات والمعايير والجداول والوثائق الخاصة بالعناصر التراثية شكل :- ١٥فالناتج عناصر BIM رقمية وثلاثية الأبعاد وقابلة للقياس وشاملة بمعنى أنها احتياجات أداء المبنى والوظائف الأخرى، ويمكن إعادة استخدامها خلال جميع مراحل عملية التصميم. أيضًا، لتكون بمثابة مصدر المعرفة للحصول على

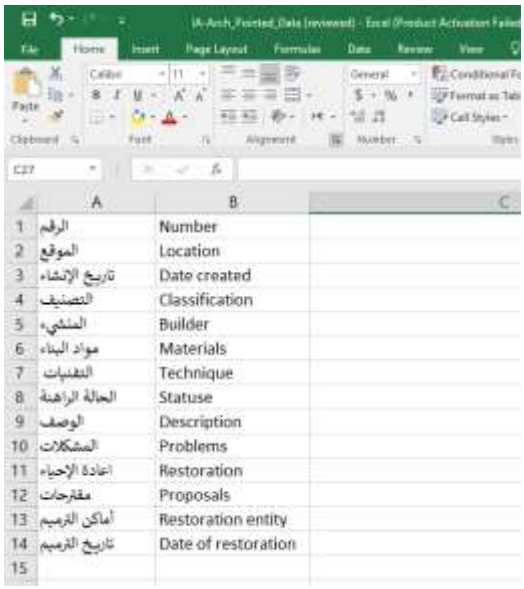
معلومات حول العنصر المعماري بشكل موثق ومراجع من قبل العاملين عليه.

٢,١٣ ربط بيانات العنصر التراثي مع النموذج 3D

تقوم الفكرة الرئيسية علي أن يجمع النموذج ثلاثي الأبعاد بين مجموعات البيانات وأنواع البيانات غير المتجانسة في كائن رقمي واحد يسمح بالوصول إلى الأصول الفردية لكل عنصر وبالتالي التي تشكل المبني كجزء واحد مكون من عدة عناصر والتحقق المستمر منها ، يتضمن ذلك البيانات المتعلقة بنوع المبنى والتشييد ومراحل الترميم والحالات الحالية والسابقة ... الخ ، بالإضافة إلى المواد المرتبطة عادةً بالتراث غير المادي مثل الروايات الشائعة او أية قصص مروية أخري التي تستند إلى معلومات تاريخية وإسقاطية يمكن التحقق منها حاليًا. **فإمكانية ربط العلاقات البارامترية بين جميع أنواع البيانات الخاصة بعملية توثيق التراث قد تكون أهم مساهمة لهذه التكنولوجيا في مجال توثيق التراث** ولهذا كان البحث بدور موسع لنماذج BIM في توثيق التراث من الناحية العملية والأكثر إلحاحًا اذ تعد المعرفة التشغيلية بهذه التقنيات ضرورية للحفاظ على تراثنا المبني **شكل :- ١٥**.



شكل :- ١٦ اضافة المعلومات الخاصة بالعنصر التراثي من قبل الأثريين علي برنامج اكسيلExcel



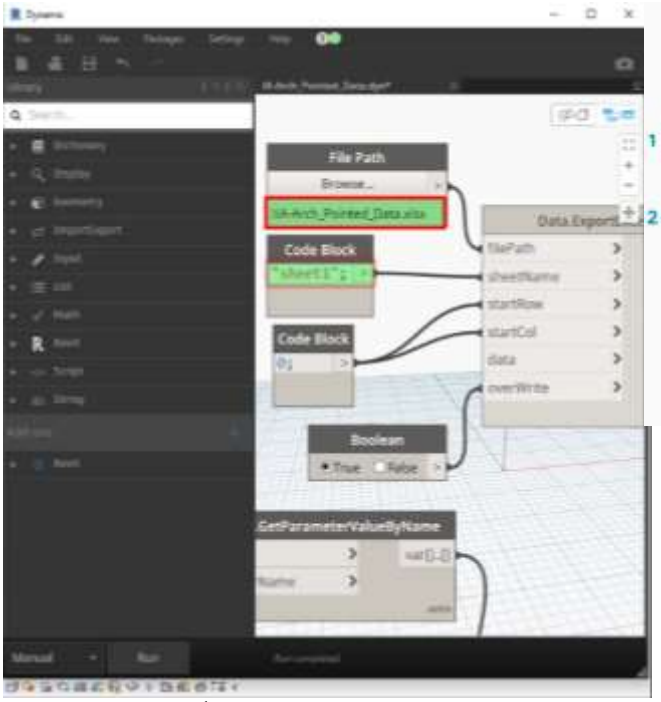
شكل :- ١٧ اضافة المعلومات الخاصة بالعنصر التراثي من قبل الأثريين علي برنامج اكسيلExcel

من هنا يمكن القول بوجوب تحويل النموذج الرقمي ثلاثي الأبعاد إلى إطار مرجعي حاسم لفهم ومراقبة الوثائق [٢٢, ٢٣] ، وبالتالي إنشاء مصدر بيانات (هندسي ومعرفي) مناسب للمساعدة في مشاريع الحفظ والاستعادة وإعادة البناء ، يمكن اعتماد القول ان تقنية **نمذجة معلومات البناء تقوم علي قطبي التفاصيل والمعلومات** كالتالي **LOI** Level of Information مستوي المعلومات المضافة للعنصر في كل مرحلة من مراحل التكوين \ **LOD** Level of Details مستوي التفاصيل المضافة للعنصر (المستوي الرسومي) . في مرحلة المعلومات الخاصة بالعنصر التراثي يسبق في ذلك أعضاء الفريق من الأثريين اذ يمكنهم العمل مباشرة علي اضافة كافة المعلومات ببرنامج مكتبي شهير **Excel** يمكن من خلاله جدولة معلومات العنصر التراثي من تاريخ نشأة وعصور متعاقبة ومعلومات كما هو موضح بالشكل رقم (١٦ ، ١٧) ، هنا يلزم الفريق المعماري الربط بين برنامج الجدولة ووضع المعلومات والعنصر التراثي **3D** عن طريق منهجية متحدثة أتوماتيكيا ، هنا يلزم وجود بعض الإضافات الهامة والخاصة بشق في البرمجة هنا يظهر برنامج **Dynamo** أحد أهم الإضافات التي أضافتها شركة **Autodesk** المصنعه لأحد أهم برامج BIM وهو برنامج ال Revit اذ يمكن مباشرة جدولة كل المعلومات في برنامج Excel ومن ثم اضافتها علي النموذج ثلاثي الأبعاد حيث الإرتباط الوثيق والمتجدد في حال ما تم أية تعديلات فمعلومات العنصر يمكن تحديثها وربطها مباشرة بالعنصر المنمذج بمجرد التحديث .لتكون **النتيجة النهائية هي ارتباط كل عنصر تم تصميمه بجدول / جدول البيانات الخاصة به** ، ومن هنا **فإن جميع البيانات الوصفية التي يمكن تضمينها في BIM سيكون لها غرض أساسي هو دعم زيادة فهم المباني التراثية ومن ثم كافة الأعمال المتتالية لعملية التوثيق** .

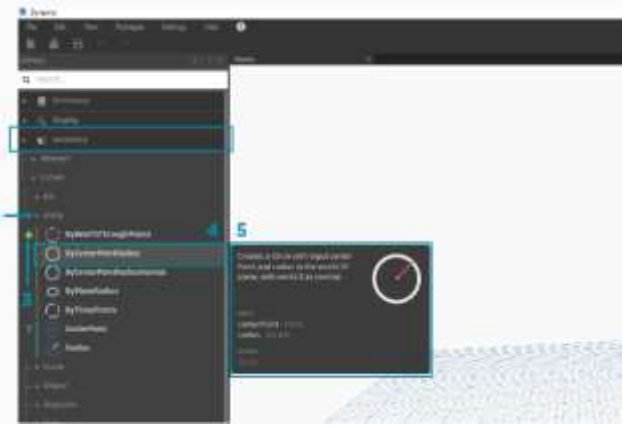
تحسين ادارة بيانات التوثيق مع دينامو Dynamo

Dynamo، مكون إضافي مجاني في برنامج Revit Software ، هو عبارة عن برنامج مجاني من شركة أتوديسك يعمل كأداة مساعدة Plugin داخلي لبرنامج الريفيت ، يستخدم مايسمي بالبرمجة المرئية " Visual Programming " ، حيث انه برنامج قائم بذاته ومستقل ووغالبا مايعمل كإضافة إلى برنامج الRevit ، ويكمن دوره الرئيسي كمساعد في تحسين عملية نقل المعلومات الخاصة بالعنصر التراثي من بيئة العمل الأثرية الي النموذج المكون علي برنامج ريفيت ، حيث يعمل Dynamo كتعزيز لظهور فكرة الذكاء الإصطناعي في عملية نقل البينات وسير الأعمال أتوماتيكيا وانعكاسها علي العنصر المعماري المنمذج ويمكن القول أن برنامج أداة مساعدة خاصة بالبرمجة

المرئية التي يمكن أن تسمح للمهندسين المعماريين والإثريين بإنشاء نماذج بارامترية من خلال تحليل بيانات العنصر التراثي وربطها مباشرة ببرامج النمذجة ثلاثية الأبعاد أثناء النمذجة.



شكل :- ١٩ ربط المعلومات من ملف الإكسيل - المعد من الأثريين - بنظام الداينامو مع العنصر التراثي علي برامج BIM



1. Library المكتبة
2. Category الفئة
3. Subcategory: Create/Actions/Query الفئة الفرعية: إنشاء / إجراءات / استعلام
4. Node العقدة
5. Node Description and properties - this appears when hovering over the node icon. وصف العقدة وخصائصها - يظهر هذا عند التمرير فوق رمز العقدة

شكل :- ١٨ الواجهة الرئيسية الخاصة ببرنامج Dynamo

.استخدام العقد Nodes في دينامو

كل عقدة لديها منفذ الإدخال والإخراج ولها وظيفة معينة من application programming interface API **حيث ترتبط العقدة بالعقد الأخرى عبر سلك (رابط) لتبادل المعلومات الموجودة في قناة واحدة** لتحقيق نتيجة محتملة. تتوفر العقدة أو مجموعة العقد في Dynamo Package Managerحيث يقوم المستخدم بإنشاء حزم ومشاركتها وتحميلها. يمكن للمستخدمين الوصول إلى مكتبة عقد VPL وتحديد عقدة محددة لأداء مهمة. **في Dynamo ، يمكنك استعراض والعثور على العقدة التي تريد استخدامها في توثيق المشروع الخاص بك** شكل :- ١٨ ، وهو يعمل عن طريق ربط الملف والصفحة في Revit من خلال إطلاقها. وأي تغييرات يتم إجراؤها على الملف ستقوم أيضًا بتحديث الصفحة التي يمكن تشغيلها منها. في الوضع اليدوي ، يظهر زر التشغيل بلون رمادي ويصبح معطلًا أثناء العمل في ملف Revit مختلف. في الوضع التلقائي ، لن يتم إجراء أية تغييرات على الملف حيث لا يكون المستخدم متصلاً به أو صفحة الإطلاق.

مميزات استخدام Dynamo في عملية التوثيق

المهام المتكررة أتوماتيكيا

- بعض المهام متكررة وتتطلب عدة ساعات في إكمالها، من خلال أتمتة هذه المهام عن طريق استخدام Dynamo ، يمكن أن يساعد في تقليل المهام المعقدة ويوفر الوقت والجهد لجعلها أفضل حيث ترتبط اتوماتيكيا بالعنصر
- يقوم **بإنشاء العديد من الأوراق التي يمكن إعادة ترقيمها أو إعادة تسمية سلسلة الأوراق**. يمكن تدوير الأعمدة المختلفة على المحاور ويمكن إضافة مستوى أعلى من المستوى المحدد ، يمكن أتمتة هذه المهام من خلال Dynamo عن طريق إنشاء أدوات لكل مهمة.
- **يمكن الوصول إلى الأدوات لاحقًا باستخدام Dynamo player في Revit plugin دون فتح Dynamo** لأتمتة هذه المهام. يمكن إنشاء الأوراق مباشرة من طرق العرض في ملف النموذج أو .excel تتطلب المهام التي تستغرق وقتًا لإكمالها الآن بضع ثوانٍ لإنجازها.

إدارج البيانات إلي المفرد المعماري باستخدام Dynamo

باستخدام Dynamo ، يمكنك استخراج بيانات التوثيق من Revit وإجراء تغييرات عليها وتحديث البيانات مرة أخرى في قاعدة بيانات ويمكن الاختيار بطريقتين ، يدويا أو تلقائيا شكل :- ١٩ ، نقل البيانات من ريفيت الملف إلى Excel هو حيث هناك حاجة Dynamo لتبسيط العملية. يتم استيراد البيانات إلى ملف Excel و Dynamo التي تدير الرابط ثنائي الاتجاه بين Revit كبرنامج للنمذجة ثلاثية الأبعاد و .Excel \ Access كبرامج اضافية تختص باضافة البيانات التاريخية (الوصفية \ المعلوماتية) للعنصر التراثي والموضح بشكل

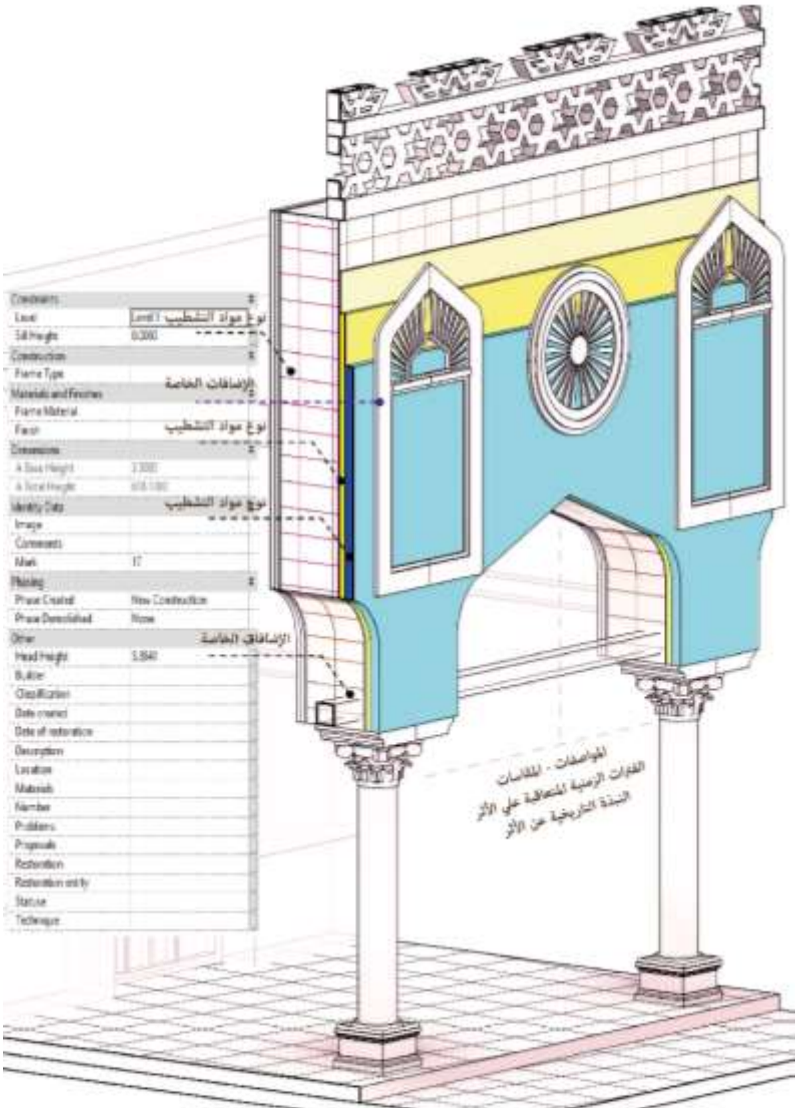
رقـــم (١٦، ١٧).

الحصول علي المفرد المعماري الموثق بنظام BIM

ان تطوير قاعدة بيانات مركزية BIM كأداة لتوثيق التراث وحفظه ونشره والمجهود المبذول للجمع بين الأكاديميين والمهنيين التراثيين وقادة الصناعة في مجال البرمجيات والحوسبة للعمل كشركاء في تطوير قاعدة معرفية مبتكرة عبر الإنترنت توفر الأدوات اللازمة للبحث التكاملي في كل من الصفات غير الملموسة المتعلقة بوثائق التراث المعماري نحو **تكامل أكثر شمولاً وديناميكية للبيانات المعرفية والنوعية من خلال BIM** لتطوير هذا الاستخدام الموسع لنمذجة معلومات البناء ، بطبيعتها يمكن أن تتضمن BIM البيانات الدلالية المتعلقة بالمعلومات الهيكلية والمادية والتشغيلية. على عكس الأساليب الحالية التي تركز بشكل أساسي على الوصف الهندسي للمباني التراثية .

يشتمل تاريخ العمارة الإسلامية على قدر كبير من المعلومات التي يجب تصنيفها ونمذجتها رقميًا حتى يمكن استخدامها بكفاءة في مراحل التصميم لأي مشروع حداثي يسعى إلى بناء طابع إسلامي، **المعلومات المعمارية المقترنة بالنماذج الرقمية البارامترية للبناء الإسلامي مهمة للغاية لتصميم مشروع معاصر من الأنماط الإسلامية.**

ويمكن الإستفادة من ذلك بـ مكتبات للعناصر المعمارية التراثية - ذكية ، بارامترية – فهي محاولة للإستفادة من نتائج العمل لإنشاء كائنات قابلة للدراسة يمكن أن تمثل السمات الفردية للمباني التاريخية. كما تعتبر طبيعتها البارامترية ذات فائدة كبيرة حيث يمكن تعديلها وتحديثها حسب الحاجة في حال ماتم استخدام هذه المفردات لمباني حديثة كماهو **شكل :- ٢٠**



شكل :- ٢٠ أشكال المخرجات النهائية من النموذج ثلاثي الأبعاد المدعم بالبيانات التراثية بطريق برنامج Dynamo

هنا يمكن ومن خلال الإستعانة بالمتخصصين في انشاء موقع لرفع هذه البيانت ومن ثم الحصول عليها مباشرة للعمل والإستفادة منها من خلال الشبكة العنكبوتية اذ تتنوع مصادر مواقع الرفع مابين المجاني والأخري ذات المقابل علي سبيل المثال يمكن الرفع علي الموقع الشهير **Mediafire** اذ يسمح بما يقابل ١٠,٠٠٠ ميجابايت ، تمكن من **رفع كافة العناصر يمكن للباحثين والدراسين الحصول عليها بسهولة ويسر** ، كذلك يمكن الإعتماد علي السحب المجانية **Clouds** كتلك السحب المدعومة من **Google** والواقعه تحت **Drive** وكذلك السحب التي تدعمها **Microsoft** والواقعة تحت **OneDrive** حيث تمكن للعاملين بالمجال تبادل العناصر المنمذجة والإستفادة من كافة النتائج.

النتائج العامة للبحث

٣) صياغة المنهجية التي تقترح تحقيق الدمج لتقنية BIM في التوثيق المعماري للمباني التراثية الموجودة بمصر عموما والقاهرة التاريخية خصوصا ، مع مراعاة تكامل التخصصات في هذا الأمر المعماري والتراثي والديني والفني وغيرها من الجهات المختصة أو المتعلقة بهذه المباني والعناصر والتفصيلات كما هو موضح بالشكل رقم (٢١).
امكانية الإبقاء علي بعض الوسائل القديمة المتعارف عليها لحين التمهيد لاستخدام التكنولوجيا الجديدة الخاصة بأجهزة مسح الليزر FARO لحين الاستعداد لها من حيث الكفاءات البشرية والمالية .

٤) القدرة على تمثيل المراحل التاريخية بشكل متكامل حيث يمكن من خلال HBIM ، الحصول على جميع المراحل التاريخية لعناصر المبني التراثي في نموذج ثلاثي الأبعاد .

٥) المرحلة الأولى لدمج نمذجة معلومات البناء BIM كجزء أساسي في مرحلة التوثيق المعماري هي : معرفة مستويات الإجادة والمهارات التي يتحتم على المعماريين والأثريين الحصول عليها ليستطيعوا القيام بهذا التوثيق على النحو المطلوب وتوفير أعلى جودة من توثيق المباني التراثية الموجودة بمصر.

٦) دمج تقنية BIM في برامج التعليم المعماري الجامعي يضمن دخول معماريين وأثريين جدد في سوق العمل يتمتعون بالمهارات المطلوبة وبالتالي يسهل تطبيق محتوى البحث من توثيق لجميع المباني التراثية ومفرداتها بكافة تفاصيلها ومعلوماتها في المستقبل القريب.

٧) التصور الموحد بين النماذج ثلاثية الأبعاد والبيانات التاريخية والمراحل المختلفة للعناصر المكونة للمبني التراثي ، ربما تكون الميزة الأكثر فائدة لنماذج BIM لتوثيق العناصر التراثية المعمارية هي قدرتها على ربط النماذج ثلاثية الأبعاد بالبيانات التاريخية.

٨) تلعب المؤسسات الأكاديمية سواء كليات الآثار أو العمارة دورا هاما في التحول إلى جيل قادم من المعماريين والأثريين المحترفين في استخدام نمذجة معلومات البناء BIM كعملية أساسية لتوثيق المباني التراثية في مصر.

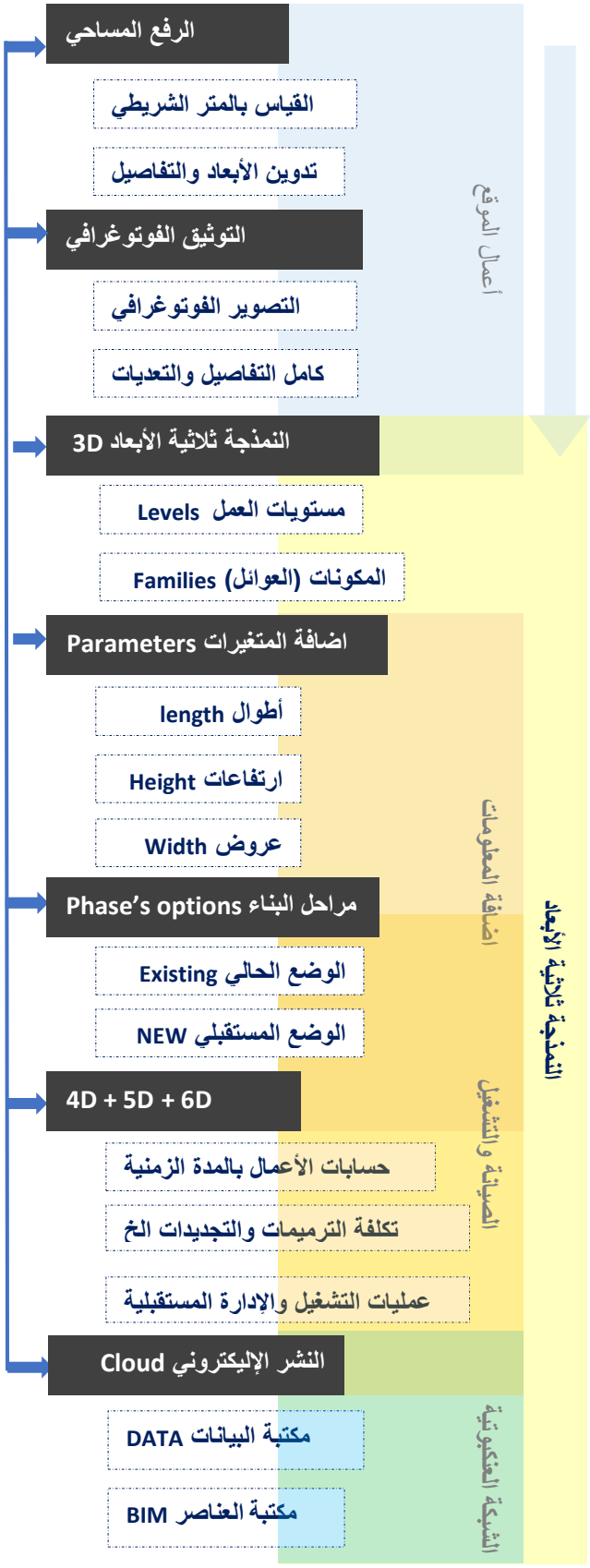
٩) الاعتماد على نمذجة معلومات البناء BIM في معالجة جميع البيانات متعددة التخصصات ، حيث يمكن دمج معلومات الخدمات إلى المباني مثل : الكهرباء والصحي والمياه والغاز وغيرها ، مما يسمح بتكامل النموذج ومعلوماته ، والتي في الغالب تسمي مرحلة التشغيل والصيانة Life Cycle

١٠) الاعتراف بالـ BIM كأداة يمكنها المساهمة في تجميع علاقات معقدة بين جميع التخصصات ، وبين التراث المادي وغير المادي مع امكانية مقارنة أصول التراث المادي وغير المادي ، والتحقق من العلاقات والبيانات والأحداث التاريخية وصحتها. وذلك يدفعنا إلى توقع دور أكبر لتقنية الـ BIM في توثيق التراث مستقبلا

النتائج الخاصة بالحالة الدراسية

١١) إنشاء مجموعة متكاملة من المخططات الخاصة بالعنصر والتفاصيل المرتبطة به يمكن استخدامها في حالات الطباعة ثلاثية الأبعاد والحصول على عنصر مماثل فضلا عن فعالية برمجيات BIM في انتاج الرسومات الفنية متعددة الأغراض على سبيل المثال أعمال الواقع الإفتراضي Virtual Reality **(VR)**

١٢) إنشاء عائلات بارامترية للعقود، مما يسمح باستخدامها في مشاريع مماثلة، وإنشاء مكتبة



شكل :- ٢١ مخطط توضيحي لطريقة العمل من الرفع المساحي للعنصر المعماري وصولا إلي النموذج الموثق كامل المعلومات والبيانات

معتمدة في نفس الوقت. بالإضافة إلى **نموذج BIM يحتوي كافة معلومات وبيانات العنصر التراثي** يمكن الاستعانة بها علي حسب المراحل التنموية للعنصر التراثي المختلفة في كامل دورة حياة المبني التراثي.

١٣) توثيق العقد الفاطمي المدبب للجامع الأزهر من خلال النمذجة القائمة على الواقع للوصف الهندسي ، **ولا يزال التحدي الحالي ينطوي على استخراج الأوليات الهندسية وإثبات ارتباطها بالمعرفة غير المتجانسة** حيث أن نمذجة معلومات البناء (BIM) تستلزم كلاً من الجوانب الرسومية وغير الرسومية للمبنى بأكمله (المعلومات االوصفية) ، والذي تم تطبيقه بشكل متزايد على توثيق التراث ويولد إصدارًا جديدًا من BIM التراث / التاريخي(HBIM) Heritage/Historic

١٤) **الحصول علي نموذج ثلاثي الأبعاد بدقة عالية** (الأشكال) ، مع مستوى من التفاصيل بين LOD 300/350 ، وبالتالي يمكن دمجه مع منهجية أعمال التراث من ترميم وصيانة وحفاظ والاستمتاع بالمزايا التي يجلبها BIM لهذه المشاريع. بالإضافة إلى احتوائه على جميع العناصر المعمارية، حيث يمكن بالقياس تطوير النموذج النهائي لكامل المبني التراثي من أسقف وارضيات وفتحات ... الخ .

التوصيات

١٥) تحقيق المنهجية المقترحة لدمج تقنية BIM في التوثيق المعماري للمباني التراثية ومفرداتها في مصر من أهم التوصيات الرئيسية للبحث.

١٦) ضرورة **التدرج في تطبيق المنهجية المقترحة**، حيث أن عملية دمج تقنية الBIM في التوثيق المعماري لن تكون عملية سهلة، فهناك الكثير من القيود والعوائق التي ستواجه من سيقوم بالعمل في هذا الأمر في البداية.

١٧) **يجب تطبيق منهجية التوثيق لنمذجة BIM للمباني التراثية بناء على المعلومات التي نحتاج إلى توثيقها لكل مبني تراثي**، ويوصى بالبدء بالقاهرة التاريخية حيث تحتوي على عدد كبير من المباني التراثية على مر العصور الإسلامية المختلفة بدءا من العصر الفاطمي مرورا بالعصر الأيوبي ثم المملوكي ثم العثماني وحتى العصر الحديث، فهي منطقة غنية بالمباني التراثية المتنوعة التي تستحق التوثيق بالمنهجية المقترحة في البحث لإفادة جميع التخصصات التي تحتاج هذا التوثيق.

١٨) أهمية انضمام العاملين بقطاع التوثيق المعماري للمباني التراثية في مصر إلى عالم نمذجة معلومات البناء BIM والعمل معا على التعاون بين الجهات المختصة بهذا المجال من عمارة وآثار وفنون وغيرها، وعلى الجانب الآخر يجب أن تكون الجهة المختصة بالتوثيق المعماري على استعداد لتوفير التمويل اللازم لتوثيق المباني التراثية ومفرداتها بنمذجة BIM وتخصيص وقت لتعليم بعض الأثريين والمعماريين الحاليين وتدريبهم على هذه التقنية لمواكبة التوثيق بالطريقة المطروحة في البحث.

١٩) توفير موقع إلكتروني بدعم مؤسسي (حكومي) يعرض تجارب الدول الأخرى في التوثيق المعماري خصوصا أو توثيق المباني عموما بتقنية نمذجة المعلومات BIM للاستفادة من خبرتهم والوصول إلى أعلى مستوى توثيق يمكن الوصول إليه، حيث تمتلك مصر أغلب المباني التراثية في العالم ولا يوجد توثيق تكنولوجي حديث لتلك المباني التراثية.

٢٠) دمج متطلبات نمذجة معلومات المباني التراثية في وثائق المناقصات الخاصة بأعمال المباني التراثية من ترميمات و خلافه، بل وجعلها شرط أساسي للتقدم للمناقصات ، وتقديم الشركات التي تتبنى نمذجة معلومات البناء H-BIM على الشركات الأخرى في العطاءات الخاصة بالمشاريع الحكومية.

٢١) العمل علي تحويل كافة المباني التراثية الواقعة في المناطق التاريخية للقاهرة الكبري الي نماذج معلوماتية ثلاثية الأبعاد 3D وربطها بالمعلومات التراثية ومراحل البناء والإضافات التي أضيفت علي المبني التراثي في مختلف العصور اضافة الي ربطها ببعضها على شبكة معلومات مركزية وتتولى وزارة الآثار الإشراف عليها اضافة الي جمع من أساتذة كلية الهندسة المشتغلين بتكنولوجيا نمذجة معلومات البناء التراثية.

٢٢) التأكيد علي الشركات القائمة بأعمال التشغيل والصيانة للمباني التراثية تفعيل العمل بالأبعاد المختلفة لتكنولوجيا الـ BIMوالتي يمكن استخدامها في كافة مراحل التشغيل للمبني التراثي وما يستتبع ذلك من إجراءات أهمها إنشاء مراكز دعم أعمال التوثيق والترميم واعادة الإحياء بتكنولوجيا الـ BIM ،مع التركيز على التطبيقات الخاصة بتحقيق السلامة الإنشائية للمبني التراثي

٢٣) كما توصي الدراسة أيضا بإجراء التطوير الشامل للهيكل الوظيفي للعامل البشري والتشجيع باضافة الحافز لكل من يلحق بركب التكنولوجيا الحديث لتطوير المنظومة التراثية والبحث عن تعاون مشترك مع الشركات المتخصصة في تكنولوجيا الـBIM لتقديم الدعم الفني والتقني والتطوير المستمر للكادر الوظيفي العامل بكافة القطاعات المهتمة بأعمال توثيق التراث المعماري .

المراجع

1. Djibril, M, Hadi, Y, Haj Thami, R (2006). Fundamental region based indexing and classification of islamic star pattern images. In: ICIAR'06 Proceedings of the Third international conference on Image Analysis and Recognition, Volume Part II, (pp. 11).

2. Okamura, T, Fukami, N, Robert, C, Andres, F (2007). Digital resource semantic management of islamic buildings case study on Isfahan islamic architecture digital collection. International Journal of Architectural Computing, 5(Number 2 / June 2007).

3. Muir, E, & O'Neill, R (1994). The paperless design studio. [Online] Available at: https://www.arch.columbia.edu/DDL/paperless/NEWSLINE.html [Accessed 22 September 2015]

4. Denis, F (2015). Building Information Modelling – Belgian Guide for the construction Industry. 2015 ed. s.l.: Brussel: ADEB-VBA.

5. Baik A, Alitany A, Boehm J, Robson S (2014) Jeddah historical building information modeling "JHBIM". ISPRS Technical Commission V Symposium, Riva del Garda, pp 41–47

6. Webster's Dictionary

7 . Charter On The Protection And Management Of Underwater Cultural Heritage (1996)

8. المؤتمر ," الرقمية الثورة ظل في التاريخية للمباني المعماري التوثيق " الواحد عبد كامل , الوارث عبد امل , شوكت , القاضي 2005 , منشور بحث , أسيوط جامعة - الهندسة كلية - العمارة قسم , السادس الدولي المعماري

9. طهران العلمية المكتبة - الأول الجزء - الوسيط المعجم ,السلام عبد,هارون

10. AGC. The Contractors' Guide to BIM. 1st ed., Associated General Contractors of America, 2006, p 41

11. **https://www.cpas-egypt.com/ar/الإسلامى-المعمارى-التشكيل-مفردات** ، **إبراهيم الباقي عبد / د ، الإسلامي المعمارى التشكيل مفردات** بعنوان مقال من

12. م 2009 ، القاهرة ، المصرية الانجلو مكتبة ، 2ج ، والفنون العمارة تاريخ ، عبدالجواد احمد توفيق

13. 1984 , الإسلامية المدينة في والحضري المعماري التصميم أسس موسوعة , ابراهيم الباقي عبد

14. Creswell, K.A.C,early Muslim Architecture, Vol.1, -James, Allan , Ltd, London, 1968

15. المصريون الباحثون www.egyres.com

16. Murphy, M.; McGovern, E.; Pavia, S. Historic Building Information Modelling—Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture. ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. 76,89–102.

17. Castellano-Romلn, M.; Pinto, F. Dimensions and Levels of Knowledge in Heritage Building Information Modelling, HBIM: The model of the Charterhouse of Jerez (Cلdiz, Spain). Digit. Appl. Archaeol. Cult. Herit. 2019, 14, e00110.

18. Antonopoulou, S.; Bryan, P. BIM for Heritage: Developing a Historic Building Information Model; Historic
England: Swindon, UK, 2017

19. Brumana, R.; Della Torre, S.; Previtali, M.; Barazzetti, L.; Cantini, L.; Oreni, D.; Banfi, F. Generative HBIM modelling to embody complexity (LOD, LOG, LOA, LOI)

20. Murphy, M., McGovern, E., Pavia, S., 2009. Historic building information modelling (HBIM). Struct. Surv. 27, 311–327.

21. Rodrيguez-Moreno, C.; Reinoso-Gordo, J.F.; Rivas-Lَpez, E.; Gَmez-Blanco, A.; Ariza-Lَpez, F.J.; Ariza-Lَpez, I. From point cloud to BIM: An integrated workflow for documentation, research and modelling of architectural heritage. Surv. Rev. 2016, 50, 212–231.

22. Letellier, R.; Eppich, R. (Eds.) Recording, Documentation and Information Management for the Conservation of Heritage Places; Routledge: Abingdon, UK, 2015.

23. Johansson, M.; Roupé, M.; Bosch-Sijtsema, P. Real-time visualization of building information models (BIM). Autom. Constr. 2015, 54, 69–82.