

التصميم الداخلي ونمذجة معلومات البناء وفقا للنظم الخوارزمية

Interior design and building information modeling according to algorithmic systems

أ.د./ دعاء عبد الرحمن جودة

أستاذ أساسيات التصميم الداخلي والاثاث بكلية الفنون التطبيقية جامعة حلوان.

Prof. Dr. Doaa Abdel Rahman Gouda

Professor of basics of interior and furniture design at the Faculty of Applied Arts,
Helwan University.doaaabdelrahman@a-arts.helwan.edu.eg

أ.د./ غادة محمد المسلمي

أستاذ التصميم البيئي ووكيل كلية الفنون التطبيقية لشئون التعليم والطلاب جامعة بنها.

Prof. Dr. Ghada Mohammed El-Muslimi

Professor of Environmental Design and Vice Dean of the Faculty of Applied Arts for
Education and Student Affairs, Benha University.ghada.elmosallamy@fapa.bu.edu.eg

الباحثة/ آلاء محمد مأمون محمدي

طالبة ماجستير - قسم التصميم الداخلي والاثاث جامعة حلوان.

Researcher. Alaa Mohamed Mamoun Mohammdy

Master's student - Department of Interior and Furniture Design, Helwan University.

alaa104@a-arts.helwan.edu.eg

ملخص البحث:

أصبح التصميم الداخلي والاثاث يواجه العديد من التحديات الجديدة وذلك نتيجة للتقدم التكنولوجي السريع، ومن ابرز هذه التحديات هي إيجاد حلول قابلة للتطبيق باستخدام الخوارزميات للحد من وجود مشاكل التصميم والتنفيذ والتصنيع، فيتناول البحث تأثير الخوارزميات في مجال التصميم الداخلي والاثاث من خلال توليد أفكار جديدة تساهم بشكل فعال في تعزيز عملية التصميم والتنفيذ والتصنيع، يقدم التصميم الخوارزمي يقدم مجالا واسعا جديدا لتوليد أفكار لتصميمات ديناميكية جديدة ومتعددة حيث سمح للمصمم بابتكار اشكال غير متوقعة والتي كان من الصعب تصميمها بالوسائل التقليدية، ويعتمد التصميم الخوارزمي علي البارامترات (Parameters) والتي يتم اعطاءها قيم مسبقة ومن ثم يمكن تغييرها اثناء العمل علي التصميم وينتج عنه مجموعة واسعة من الحلول المختلفة والتي يتم اختبارها بسرعة اثناء التصميم ، وفي الوقت ذاته كان هناك تطورا سريعا متلاحقا علي مدار العقد والنصف عقد الماضيين الا وهو نمذجة معلومات البناء (BIM) حيث احدث نقلة نوعية في عالم التصميم والبناء والتشييد ، وذلك لأنه يعتمد علي تطوير الخوارزمية التي تولد النموذج اثناء العمل بتقنية BIM ويتم انشاء ومحاكاة المبني بصورة ثلاثية الابعاد مع اختبار كافة الظروف المحيطية به حيث تعمل الخوارزميات من خلال اجهزة الحاسب الالي علي انشاء برامج تساعد علي تحليل الاداء الحراري وتوقع حالات المبني في الظروف المختلفة وتوقع المشاكل التي يمكن ان يواجهها اثناء عملية البناء الفعلي، مما يعمل علي تعزيز الانتاجية والاداء مما يساعد علي حل مشكلة التكلفة الزائدة وتوفير الوقت والجهد المبذول ومن هنا يصبح من السهل متابعة حالة المبني وذلك منذ التصورات الأولية حتي الانشاء وصولا الي الصيانة والهدم ، ومن هذا السياق يتم استكشاف العمليات الخوارزمية وطرق تكيفها مع

BIM والتي حلت محل أنظمة التصميم بمساعدة الحاسب الآلي CAD وابتكار نهج جديد يُسمى نمذجة معلومات البناء القائمة على الخوارزميات A-BIM .

الكلمات المفتاحية:

الخوارزميات - التصميم الخوارزمي - نمذجة معلومات البناء (BIM).

Abstract:

Interior design and furniture are facing many new challenges as a result of rapid technological progress, and the most prominent of these challenges is finding viable solutions using algorithms to reduce the presence of design, implementation and manufacturing problems, the research addresses the impact of algorithms in the field of interior design and furniture by generating new ideas that contribute effectively to enhancing the design, implementation and manufacturing process, algorithmic design offers a wide new field to generate ideas for new and multiple dynamic designs, as it allowed the designer to create unexpected shapes Which was difficult to design by traditional means, and algorithmic design depends on parameters, which are given pre-values and then can be changed during work on the design and result in a wide range of different solutions that are tested quickly during design, and at the same time there has been a rapid development successive over the past decade and a half, which is Building Information Modeling (BIM), where the latest qualitative leap in the world of design, building and construction, because it depends on the development of The algorithm that generates the model while working with BIM technology, and the building is created and simulated in a three-dimensional manner with testing all the surrounding conditions, as the algorithms work through computers to create programs that help analyze thermal performance, predict building conditions in different conditions, and anticipate the problems that it may face during the actual construction process, which works to enhance productivity and performance, which helps to solve the problem of excess cost and save time and effort expended, and from here it becomes easy Following up the condition of the building from initial perceptions to construction to maintenance and demolition, and in this context the algorithmic processes and methods of adapting them to BIM are explored, which replaced CAD systems and a new approach called Building Information Modeling based on A-BIM algorithms is innovated.

Keywords:

Algorithms - Algorithmic Design - Building Information Modeling (BIM).

مشكلة بحث:

تكمّن مشكلة البحث في التساؤلات التالية:

- كيف يمكن إيجاد حلول قابلة للتطبيق باستخدام الأساليب الخوارزمية لتجنب مشاكل التصميم؟
- ما مدى تأثير الخوارزميات والبرمجة على التصميم الداخلي؟

أهمية البحث:

- تتدرج أهمية هذه الدراسة فيما يلي:
- العمل على دراسة مشاكل التصميم الداخلي في التنفيذ والتصنيع ومعالجتها.
- الاستفادة من الأنظمة الخوارزمية وإيجاد حلول متعددة وتوليد أفكار.
- القيام بالربط بين مجال التصميم الداخلي ونمذجة معلومات البناء عن طريق استخدام الأنظمة الخوارزمية في التصميم.

أهداف البحث:

- يهدف البحث الي وجود مداخل جديدة وفتح افاق تصميمية من خلال الخوارزميات في مجال التصميم الداخلي والعمارة، كما يهدف الي توليد أفكار ديناميكية ومحاولة إيجاد الحلول المثلي في التصميم الداخلي وتجنب المشاكل الناتجة من التنفيذ والتطبيق.

منهجية البحث:

المنهج الوصفي التحليلي:

تسلك الدراسة المنهج الوصفي التحليلي من خلال عرض الأساليب الخوارزمية وتوضيح تأثيرها على عملية التصميم، وكذلك استخلاص الفوائد منها من خلال استخدامها ضمن نظام نمذجة معلومات البناء (BIM).

محاور البحث:

- المحور الأول: عرض لأنظمة التصميم المعماري.
- المحور الثاني: المقارنة بين الأنظمة التحليلية.
- المحور الثالث: النماذج التحليلية للتصميمات المعمارية والداخلية الخوارزمية.

مصطلحات البحث

- AD: التصميم الخوارزمي.
- BIM: نمذجة معلومات البناء.
- AD-BIM: نمذجة معلومات البناء القائمة علي الخوارزميات.

مقدمة:

لطالما كان للرياضيات علاقة عميقة ودائمة بالتصميم منذ العصور القديمة. كانت الرياضيات الكلاسيكية بمثابة الأساس لتوليد العناصر التصميمية المختلفة، مما أثر على التصميمات الداخلية والمعمارية في الحضارات القديمة مثل المصرية واليونانية والرومانية. منذ ظهور علم الجبر على يد محمد بن موسى الخوارزمي وظهور علم الخوارزميات الذي يعتمد على خطوات حسابية متتابعة لحل المعادلات المدعومة بالأدلة، كان الأساس لاختراع الأجهزة الحاسوبية. وتتميز هذه الأجهزة بقدرتها على إجراء العمليات الحسابية السريعة، وهو المفهوم الأصيل فيها.

ونتيجة لهذا العلم، أصبح هناك اتجاه لاستخدامه في مختلف جوانب الحياة الثقافية والعلمية والفنية وغيرها من مجالات الحياة. بفضل قدرتها على أتمتة المهام، وجدت طريقها إلى عالم التصميم الداخلي، وتصميم الأثاث، وتصميم المنتجات، ومجالات التصميم الأخرى. لقد أثبتت قوتها بشكل مناسب في توليد أشكال وأشكال تصميمية جديدة ومبتكرة، وتوفير العديد من بدائل التصميم التي لا يمكن التنبؤ بها في وقت قصير وبجهد قليل. وينسب مصطلح "الخوارزمية" إلى مبتكرها محمد بن موسى الخوارزمي. يتم تعريف الخوارزميات على أنها مجموعة من القواعد التي تمثل سلسلة محدودة من العمليات المترابطة في التصميم، بما في ذلك الحسابات الرقمية. أنها تحتوي على قائمة من التعليمات والخطوات المحددة في برنامج معين، وهو أمر بالغ الأهمية لتنفيذ الخوارزمية بشكل صحيح. تتضمن العديد من أنواع البرامج المعمارية خوارزميات لإنشاء تعليمات تساعد في التصميم المعماري.

التصميم الخوارزمي

التصميم الخوارزمي هو طريقة لتصميم الأشياء باستخدام برامج الحاسوب بدلاً من رسمها، يسمح هذا النهج بمزيد من الإبداع والتحسينات في عملية التصميم، في الآونة الأخيرة، تم دمجها مع نهج تصميم أحدث يسمى نمذجة معلومات البناء (BIM) لإنشاء تصميمات أفضل، أصبح هذا المزيج أكثر شيوعاً في الممارسات المعمارية في جميع أنحاء العالم.¹ ولكن ينطبق عليها تعريف آخر في عالم التصميم وهو:

مجموعة من القواعد والخطوات المتتالية والتي يتم التعبير عنها من خلال مجموعة من الرموز الجبرية، فهي معالجة حسابية للرقم العربي، ومع استمرار تطورها صارت جزء لا يتجزأ من عملية التصميم. قديماً تم الاعتماد على الحدس والتجارب من خلال احتمالية الصواب والخطأ في التصميم، ومن هنا تم الاتجاه إلى استخدام الخوارزميات في التصميم حيث تعمل على تبسيطها وإيجاد حلول وبدائل متعددة حيث أنه يعتمد على لغة الحاسوب التي تتخذ منها رياضياً.

خلال النصف قرن المنصرم شهد العالم نقلة نوعية في مجال التصميم الداخلي والعمارة وذلك من خلال دمج الخوارزميات خلال عملية التصميم حيث سمحت بتوليد أشكال ونماذج تصميمية متنوعة معقدة في وقت قصير وبدقة عالية. ولكن نرى أن التصميم بواسطة الخوارزميات موجود منذ القدم ويمكن إرجاعه أيضاً قبل اختراع أجهزة الحاسوب، حيث استخدم قديماً لوصف خطوات التصميم والتعبير عنه، ولكن مع أجهزة الحاسوب وإنشاء لغات البرمجة صارت الخوارزميات عناصر نشطة خلال عملية التصميم.

وهناك طرق متعددة لوصف الخوارزميات حيث يمكن التعبير عنها من خلال: الاكواد والرسومات... وغير ذلك، ونرى أنها تتعامل مع أجهزة الحاسوب من خلال وحدات منفصلة وهي عبارة عن: الأرقام والحروف الهجائية والعناصر الهندسية، فبرامج الحاسوب هي في الأساس عبارة عن خوارزمية تخبر الحاسوب بالخطوات والإجراءات المحددة اللازم تنفيذها.

ويمكن تقسيم الأنظمة الخوارزمية التوليدية المتبعة في التصميم كما يلي:

الوجه المقارنة	الأنظمة الخوارزمية	الخلايا ذاتية التشغيل	أنظمة ليندينماير	قواعد الشكل	الفرا كنوات	الأنظمة البارامترية
التكرار	يحدث التكرار هنا للخطوات المتخذة اثناء توليد الشكل، كما تحدث بعض التكرارات أثناء المعالجة لتوليد حلول للمشكلات	يحدث التكرار هنا بناء على حالة الخلية مع ما يجاورها من الخلايا حيث انها تتطور ديناميكيا لتوليد انماط معقدة.	يتم التكرار لمجموعة القواعد المستخدمة لإنشاء هيكل التصميم	يحدث التكرار هنا للخطوات المتخذة اثناء توليد الشكل، كما تحدث بعض التكرارات أثناء المعالجة لتوليد حلول للمشكلات.	يعتمد على تكرار نمط معين بشكل متكرر لإنشاء انماط تتشابه ذاتيا.	يتم التكرار بناءا على المتغيرات وذلك لتوضيحها من اجل توليد تصميمات جديدة من البساطة الي التعقيد.
ذاتية التوليد	تتولد الاشكال بناء على تطبيق مجموعة من الخطوات المحددة.	تتولد الاشكال نتيجة التفاعل الذاتي والديناميكية بين الخلايا وبعضها.	تتولد الاشكال نتيجة النمو التدريجي للهيكل حيث تعتمد على التكرار التفاعلي	تتولد الاشكال بناءا على تطبيق مجموعة من الخطوات المحددة.	تعتمد على التوليد الذاتي الذي يحدث نتيجة لتكرار نمط معين لإنشاء نمط معقد أكبر.	تتولد الاشكال بناءا على تغير المتغيرات (البارامترات)
التعقيد	يزداد التعقيد مع استمرار تكرار الخوارزمية.	يصبح الشكل أكثر تعقيدا مع التكرار واستمرار تفاعل الخلايا مع بعضها	يزداد التعقيد مع استمرار تكرار تطبيق القواعد.	يزداد التعقيد في الشكل مع استمرار تكرار تطبيق مجموعة من الخطوات المحددة.	يصبح الشكل أكثر تعقيدا مع التكرار.	يصبح الشكل أكثر تعقيدا مع تغير المتغيرات.
أثر التغير	يتأثر النمط الناتج بتغير تأثير الخوارزمية.	النمط الناتج يعتمد على التفاعلات بين الخلايا وبعضها.	يتأثر النمط الناتج بعملية التكرار للقواعد.	يتأثر النمط الناتج بتغيير تطبيق القواعد.	النمط الناتج يكون متشابه ذاتيا.	يتأثر النمط الناتج بتغيير البارامترات وتعديلها.

جدول 1 يوضح الأنظمة الخوارزمية التوليدية المتبعة في التصميم²

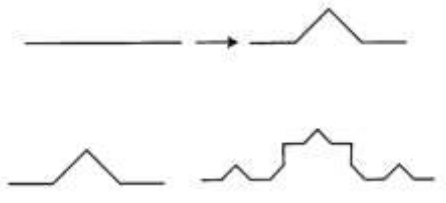
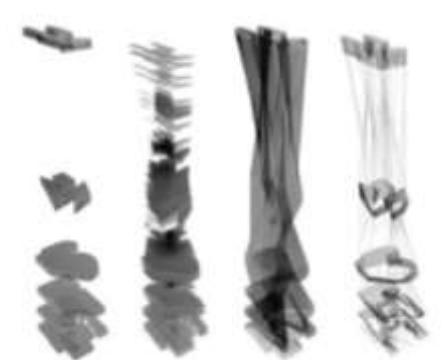
ويوجد تصنيف آخر للتصميم الخوارزمي وهو تصنيف Terzidis:

تصنيف Terzidis³ للهندسة المعمارية الخوارزمية وطرق التصميم الخوارزمي:

ويشير Terzidis إلى تأثير استخدام الحاسوب على التصميم في كتابه العمارة الخوارزمية إلى مستويين:⁴

- 1- الحساب: ويتضمن استخدام الطرق الرياضية والمنطقية لتحديد الأشياء.
 - 2- الحوسبة: هي عملية استخدام تكنولوجيا الحاسوب لإنجاز مهمة محددة تهدف إلى تحقيق هدف ما. قد تشمل الحوسبة تصميم وتطوير البرامج والأجهزة لمجموعة واسعة من الأغراض، فهي عملية مرتبطة بالآتمة وتكرار العمليات وتحويل الأفكار التي تدور في ذهن المصمم الداخلي الي اشكال يتم التلاعب بها وتعديلها وتخزينها على الحاسب الالى. وبعد الحساب هو عملية محدودة على عكس الحوسبة والتي تستفيد بالكامل من قدرات الحاسب الالى.
- تصنيف طرق التصميم الخوارزمي حسب Terzidis⁵:

اسم الخوارزمية	الشرح	المثال التطبيقي
خوارزمية التحول المتسلسل (Sequential transformation)	هي عبارة عن عمليات متتالية تهدف الى وضع مجموعة من الكائنات (العناصر) بشكل متسلسل مما يخلق ايقاعا او تكرارا مستمرا، كما يمكن اجراء العديد من العمليات المختلفة مثل تغير الارتفاعات او زوايا الدوران ويمكن ان تكون قيم هذه العمليات محددة او عشوائية.	 رسم توضيحي 1 توضيح لأثر خوارزمية التحول المتسلسل. (المصدر: الدارسة باستخدام برنامج الراينو)
خوارزمية متعدد القيم المنطقية (Poly-Boolean algorithm)	تستخدم هذه الخوارزمية في توليد اشكال جديدة من خلال اجراء بعض العمليات المختلفة وهي: الاتحاد والتقاطع والفرق وهي ما تسمى BOOLEANS (حيث تتواجد هذه الاوامر في برامج النمذجة ثلاثية الابعاد مثل RHINO) حيث تعمل علي دمج او فصل الكائنات لتكوين اشكال جديدة معقدة ومن الممكن تكرار العملية أكثر من مرة للحصول على الشكل المطلوب.	 رسم توضيحي 2 توضيح لأثر خوارزمية متعدد القيم المنطقية. (المصدر: الدارسة باستخدام برنامج الراينو)
خوارزمية البحث العشوائي (Stochastic Search)	يتم تعريف البحث العشوائي على انه بحث داخل الفضاء للبحث عن حلول ممكنة يمكنها استيفاء شروط معينة، فيتم وضع الكائنات بناء على مجموعة من المتغيرات والبحث إذا ما كانت حققت الشروط المطلوبة ام لا.	 رسم توضيحي 3 توضيح لأثر خوارزمية البحث العشوائي.

(المصدر): https://postmediumcritique.com/2010/01/space-and-structure-in-post-architecture		
 رسم توضيحي 4 توضيح لأثر خوارزمية الفراكتال. (المصدر): https://www.southampton.ac.uk/~mb1a10/lect7.pdf	الفراكتال هو كائن هندسي تم انشاؤه بواسطة نمط متكرر في عملية متكررة، فعادة يتم تقسيم الشكل الناتج الي اجزاء كل منها يشبه الشكل الاصلي، ويقال ان كل منهم يملك تفاصيل لا حصر لها، وبعضها لديه بنية مماثلة تحدث عدة مستويات مختلفة من التكبير. في العملية الفراكتالية يوجد شكلان على الأقل: القاعدة والمولد ففي كل تكرار يستبدل المولد كل جزء من الشكل الاساسي، ومن الناحية النظرية تستمر هذه العملية الي ما لانهاية، فتتكون خوارزمية انشاء القراكتلات من اجراء اساسي يناسب الشكل بين نقطتين.	خوارزمية الفراكتال (Fractal)
 رسم توضيحي 5 توضيح لأثر خوارزمية التهجين. (المصدر): https://papers.cumincad.org/data/works/att/ascaad2009_mai_abdelsalam.cointent.pdf	التهجين ويعرف ايضا باسم التحويل وهو اجراء يقوم فيه الجسم بتغيير شكله تدريجيا من اجل الحصول علي شكل اخر، والتحويل هو انتقال تدريجي يؤدي الي تغيير ملحوظ في مظهر النموذج او حالته او وظيفته، تتكون عملية التحويل بشكل اساسي من اختيار كائنين وتعيين عدد من الخطوات الانتقالية بينهما ثم يتحول الكائن الاول الي الثاني في خطوات ، ان جوهر هذا التحول لا يمكن في الشكل المقصود بقدر ما يمكن في المراحل الوسيطة التي تمر بها هذه التحولات وكذلك الاستقرارات التي تتجاوز الشكل النهائي، انها الاستمرارية الانتقالية لشكل يتقدم عبر سلسلة من المراحل التطورية.	خوارزمية التهجين (Hybridization)

جدول 2 لتوضيح طرق التصميم الخوارزمي المستخدمة في التصميم.

تركيب الخوارزميات

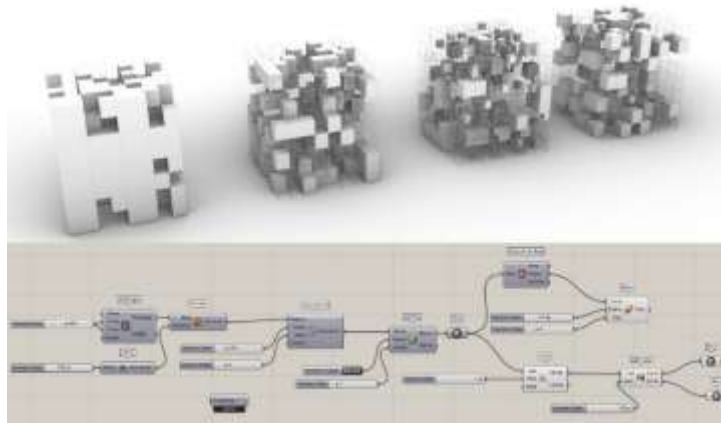
هناك ثلاث طرق لبناء البرامج وكتابة الخوارزميات والتوصل الي افكار، فيتكون اي برنامج او خوارزمية من التراكيب الثلاثة الاتية:

1. التسلسل (Sequence): تكون فيها الخوارزمية عبارة عن مجموعة من العمليات المتسلسلة.
2. الاختيار (Selection): لا يمكن حل بعض المشاكل باتباع مجموعة بسيطة من التعليمات وقد تحتاج الي اختبار بعض الشروط والقاء نظرة على نتيجة الاختبار لمعرفة إذا كان قد تم حل المشكلة ام لا، وإذا كانت صحيحة فيمكن استخدام هذه الطريقة لتحديد المسار الذي يحتوي على التعليمات الأكثر تسلسلا وهو ما يسمى باتخاذ القرار الافضل.
3. التكرار (Repetition): في حل بعض المشكلات يجب تكرار نفس الخطوات عدة مرات.⁶

أهمية الخوارزميات

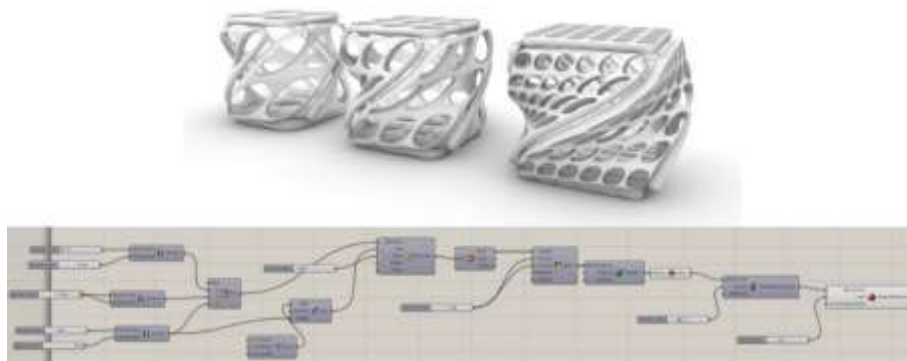
تكمن أهمية الخوارزميات في:

1. القدرة على توليد أشكال وتصاميم جديدة من خلال الخوارزميات.



(الشكل التوضيحي 6 لإنشاء مجموعة من المكعبات العشوائية عن طريق تغيير معلمة واحدة باستخدام (Grasshopper).
(المصدر: الدارسة باستخدام (Grasshopper).

2. القدرة على توليد وتعديل مجموعة واسعة من التصاميم عن طريق تغيير معاييرها.



(الرسم التوضيحي 7 لتغيير أحد البارامترات وأثره على الشكل الناتج).
(المصدر: الدارسة باستخدام (Grasshopper).

3. تتميز الخوارزميات بالمرونة في الأداء، والقدرة على توليد حلول بديلة، وسهولة المقارنة، مما يؤدي إلى تحديد الأولويات في وقت مبكر من عملية التصميم.
4. يسمح التصميم الخوارزمي بأتمتة المهام التي كانت متكررة وتستغرق وقتا طويلا، مثل النمذجة المتكررة أو عمليات التصنيع.⁷

ومن المشاكل التي تواجه مجال التصميم الداخلي والأثاث الآن هي التصميم البارامتري، فتصميم قطع الأثاث البارامتري يواجه العديد من التحديات والمشاكل والتي تتعلق بالتقنيات المستخدمة في التصميم والتصنيع ومن بين هذه المشاكل ما يلي:

تعقيد التصميم: حيث يتطلب التصميم استخدام مهارات عالية في استخدام البرامج الخاصة بالنمذجة ثلاثية الأبعاد وذلك مقارنة بالتصميم التقليدي.

التصنيع والإنتاج: عند إنشاء تصميم بارامتري معقد يكون تحويله الي واقع ملموس تحديا كبيرا، حيث تحتاج عمليات التصنيع الي فهم عميق لهذه التصميمات.

صعوبة اجراء التعديلات: عند النظر الي التصميم البارامتري نجد انه يكون معقدا ومتداخل بشكل كبير فبالنظر الي اجراء التعديلات عليه او تصميم قطعة مخصصة بناءا على احتياجات معينة يكون ذلك اكر صعوبة من التصميم التقليدي. التكلفة: تكلفة قطع الأثاث البارامتري تكون اعلي وذلك بسبب الحاجة الي تقنيات ومواد خاصة تدعم هذه التصميمات.

حل المشكلة (طبقا لتحليل الدارسة):

نتيجة للتطور التكنولوجي المستمر ظهرت أدوات وتقنيات حديثة ساهمت بشكل كبير في تطور التصميم البارامتري مع سهولة اجراء التعديلات عليه، ومن البرامج التي تساعد بشكل كبير في التصميم البارامتري:

برنامج Rhino + Grasshopper.

برنامج Slicer for fusion 360.

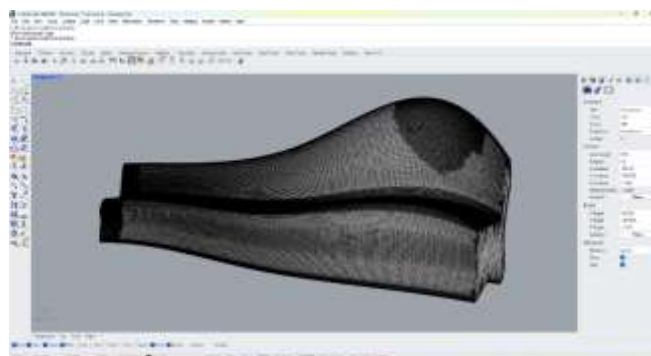
مثال علي ذلك:



عند تصميم قطعة اثاث بارامتري تواجه العديد من التحديات والمشاكل مثل تقطيع الألواح وكمية الأخشاب المهذرة وبالتالي زيادة التكلفة وصعوبة الوصول للدقة المطلوبة في المقاسات عند التصنيع وهو ما يصعب الحصول عليه بالبرامج التقليدية مثل AutoCAD و 3Ds Max.

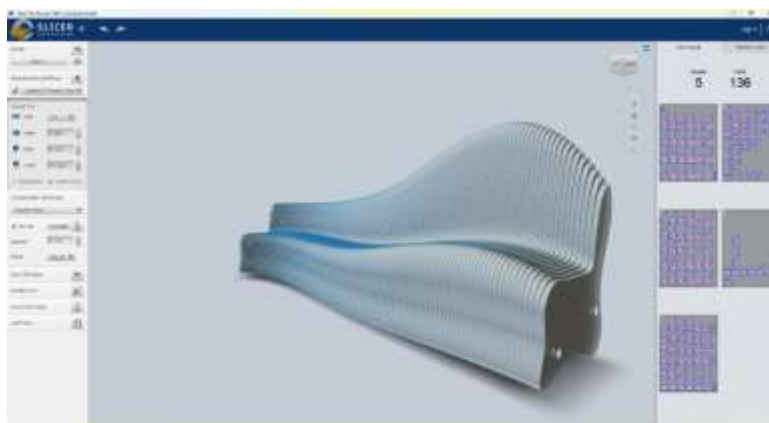
ولتفادي هذه المشاكل تم التوصل الي بعض البرامج المتخصصة في التصميم البارامتري والتي تمتاز بالسهولة والمرونة، مثل برنامج Rhino.

ف عند تصميم هذه القطعة يوجد العديد من الحلول؛ ويمكن ان نتبع الاتي:



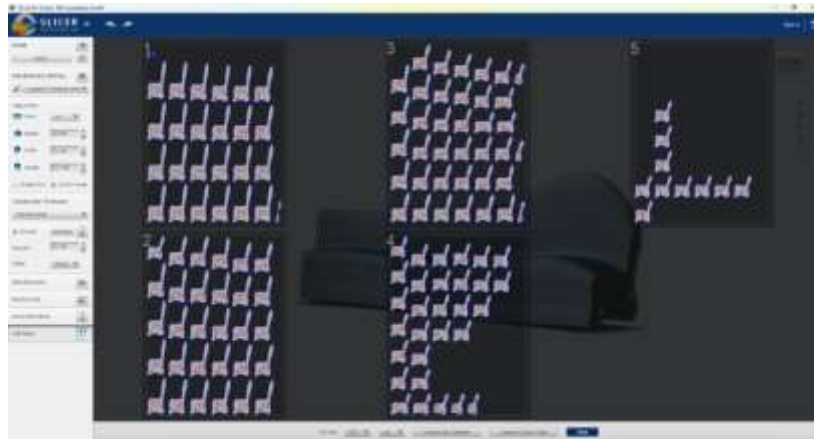
رسم توضيحي 6 يوضح تصميم للكتلة المراد تنفيذها باستخدام برنامج RHINO

بداية تصميم الكتلة بداية على برنامج Rhino بالمقاسات المطلوبة، ثم تم تصديرها الي برنامج Slicer for fusion 360 في صيغة STL.



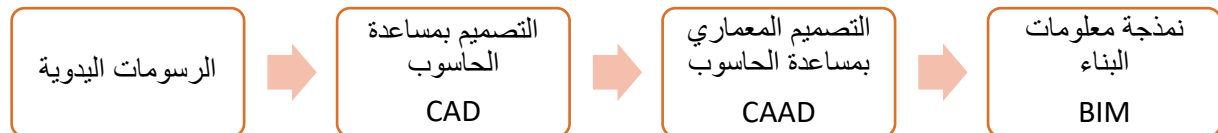
رسم توضيحي 7 يوضح الكتلة وتقسيمها الي شرائح بعد تصديرها الي برنامج SLICER FOR FUSION 360

وتكون هذه النتيجة على برنامج Slicer for fusion 360، حيث تم ادخال الكتلة من برنامج Rhino اليه، ومن خلاله تم تحديد مقاس اللوح المراد التقطيع عليه، وبناء على ذلك تم تحديد عدد الالواح المطلوبة. ومن المميز في هذا البرنامج هو إمكانية الحصول على افراد قطعة الأثاث وحساب عدد الشرائح وتصديرها بصيغة dxf وبالتالي يمكن استخدام ماكينات التقطيع CNC وتنفيذ القطعة بسهولة دون اهدار في كميات الاخشاب المستخدمة.



رسم توضيحي 8 يوضح افراد القطعة بعد تقسيمها الي شرائح حيث يمكن تصديرها بصيغة DXF لماكنات التصنيع

مع حلول القرن العشرين وتعاقب الثورات الصناعية، ظهرت مواد وتقنيات جديدة، مما أدى إلى زيادة التعقيد في تصميم المباني، وأثارت الحرب العالمية الثانية العديد من الابتكارات التكنولوجية، وأهمها ظهور أجهزة الحاسوب.



(المخطط 1 يعبر عن مراحل تطور طرق اظهار التصميم الداخلي بدءا من الرسومات اليدوية وصولا الي استخدام الحاسب الالي وتطبيق (تكنولوجيا المعلومات).
(المصدر: الدارسة).

نمذجة معلومات البناء (BIM)

أحدثت نمذجة معلومات البناء (BIM) ثورة كبيرة في مجال التصميم والتشييد والبناء. وهي تمكن من المحاكاة المباشرة بمساعدة الحاسوب لنموذج المعلومات لمشاريع البناء.

يتم تعريف نمذجة معلومات البناء (BIM) على أنها تقنية تتكون من معلومات شاملة يمكن دمجها بسهولة مع جميع أصحاب المصلحة المشاركين في المشروع لسهولة التخطيط والتصميم والبناء والتشغيل والصيانة طوال دورة حياة المبنى. تقنية BIM موجودة من التصورات الأولية للمبنى إلى مراحل الصيانة والهدم. يعتمد على توليد وتبادل المعلومات بين أطراف المشروع المختلفة، وبناء على هذه المعلومات، يمكن إدارة دورة حياة المبنى بالكامل من الفكرة إلى الانتهاء. أدى دمج تقنية BIM مع الخوارزميات إلى ظهور نهج جديد يعتمد على استخدام الخوارزميات لإنشاء نماذج لنمذجة معلومات المباني. هذا النهج، المعروف باسم BIM الخوارزمي، يحل محل أنظمة التصميم بمساعدة الحاسوب التقليدية (CAD) بتقنية BIM.

يمثل BIM-A قفزة نوعية في عملية التصميم، فبدلاً من تطوير النموذج مباشرة داخل تطبيق BIM، يقوم المصمم بإنشاء خوارزميات تنشئ النموذج داخل بيئة BIM. مثل BIM، يتكون النموذج الذي تم إنشاؤه من تمثيل ذكي ثلاثي الأبعاد لمبنى يحتوي على معلومات متعلقة بالتصميم والبناء، مقيدة بقواعد حدودية وترابطية. ومع ذلك، على عكس BIM، فإن مصدر جميع المعلومات هو الإطار البارامتري داخل قاعدة البيانات النمذجية. لا يزال من الممكن مشاركة هذا الإطار وتطويره بشكل متزامن بين أعضاء فريق التصميم، مما يوفر نهجا أكثر مرونة وقابلية للتحكم ومتكاملا لإدارة بيانات المشروع، كما هو موضح في مشاريع مثل استاد أفيفا ومتحف اللوفر أبو ظبي.

تكمُن أهمية BIM في المعلومات الشاملة التي يحتوي عليها، والتي تشمل جميع التفاصيل اللازمة للمبنى خلال مراحل مختلفة من عملية البناء. تنقسم هذه المعلومات إلى بيانات هندسية وغير هندسية.⁸

يمكن توضيح الفرق بين المعلومات الهندسية وغير الهندسية كما في الجدول أدناه:

معلومات غير هندسية	معلومات هندسية
هذه هي أنواع المعلومات التي تشمل تفاصيل المعدات ومعلومات الشركة المصنعة وملاحظات المشروع والبيانات الأخرى مثل المواد المستخدمة والمظهر والخصائص الحرارية بالإضافة إلى سلوك العنصر ووظيفته.	المعلومات الهندسية: المعلومات التي يمكن تمثيلها عددياً، مثل الطول والعرض والارتفاع.
<u>مثال:</u> تتضمن المعلومات غير الهندسية البيانات التي لا يمكن التعبير عنها أو محاكاتها عددياً، مثل معلومات الاتصال الخاصة بالشركة المصنعة للباب وطريقة تركيب الباب وما إلى ذلك. كل هذه مدخلات في نموذج BIM من قبل جميع المشاركين لسهولة الإدارة والمحاكاة.	<u>مثال:</u> يمكن تضمين قياسات الباب، بما في ذلك طوله وعرضه وارتفاعه، بالإضافة إلى قياسات المكتب. يمكننا أن نرى أنه يمكن استخدام تقنية BIM للتأكد مما إذا كان فتح باب الغرفة سيتداخل مع المكتب عند فتحه أم لا، وبالتالي تجنب هذه المشكلات أثناء عملية التنفيذ الفعلية. تفهم أنظمة BIM هذه المشكلات مسبقاً والحلول المسبقة.

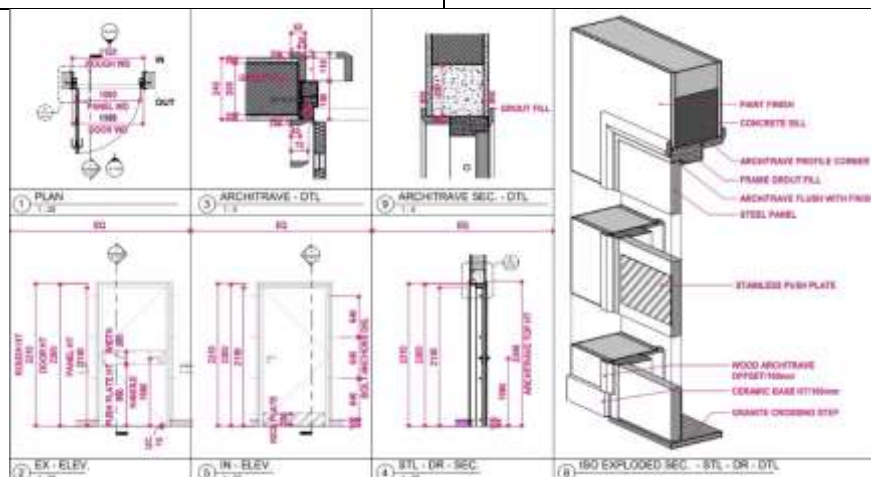
(الجدول 2 للمقارنة بين المعلومات الهندسية وغير الهندسية المتعلقة بالتصميم والتنفيذ).⁹

وبناء على ما قد سبق ظهرت العديد من البرامج التابعة لنمذجة معلومات البناء والتي تهدف إلى إدارة المعلومات بشكل متكامل وفعال، حيث تعمل هذه البرامج على إنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد تحتوي على كل التفاصيل الخاصة بالمشروع مما يساعد على تحسين ورفع جودة المشروع من خلال تصميمه وتنفيذه وإدارة دورة حياته، ومن هذه البرامج برنامج Revit.

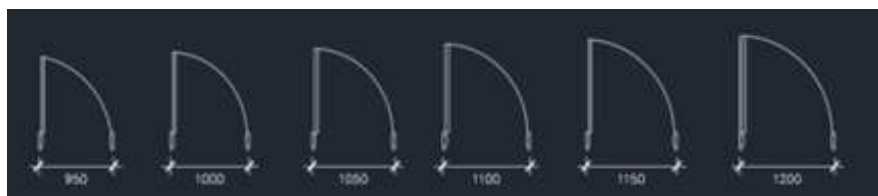
مقارنة بين AutoCAD و Revit:

Revit	AutoCAD
إنه برنامج يهدف إلى التصميم الهيكلي. لدينا أدوات لإنشاء الجدران، والتي تسمح لنا بتكوين عدد الطبقات ونوع المادة والوظيفة والسك والعديد من المعلومات الأخرى. بالإضافة إلى ذلك، فإنه يمكننا من استخراج نفس المعلومات في جدول.	إنه برنامج يستخدم لإنشاء تمثيلات رسومية بسيطة، وتحويل الورق التقليدي بشكل أساسي إلى تنسيق رقمي. على سبيل المثال، لتمثيل جدار بسمك ٢٠ سم، يمكنك ببساطة رسم خطين متوازيين متباعدين ٢٠ سم. ومع ذلك، إذا كنت ستسأل AutoCAD عما يظهر على الشاشة، فستكون الإجابة خطين متوازيين.
إنه برنامج تابع لنظام BIM (نمذجة معلومات البناء).	هو برنامج تابع لنظام CAD (التصميم بمساعدة الحاسوب).

يستشعر Revit ويستكشف البيانات ويقرأها بنفس الطريقة، إذا أنشأنا باباً، فإن المعلومات المتاحة عنه ستكون مثل الباب، مما يوفر مزيداً من الوضوح ويمنع الأخطاء التي قد تستغرق وقتاً طويلاً. أثناء العمل على نموذج ثلاثي الأبعاد نقوم بعمل رسومات ثنائية الأبعاد أيضاً، لذلك يعمل على توثيق ثنائي الأبعاد	البيانات ليست دقيقة للغاية، وهذا يمكن أن يسبب العديد من المشاكل، على سبيل المثال عند طلاء الجدار يمكن أيضاً أن يسمى نافذة أو باب
---	---



(يوضح الرسم التوضيحي 8 من اللوحة التنفيذية للباب حيث يوضح القطاع الأفقي والرأسي والتفاصيل الخاصة به ونموذج ثلاثي الأبعاد خاص به).



(يوضح الرسم التوضيحي 9 شكل الإسقاط الأفقي لشكل الباب داخل أوتوكاد).

(يوضح الجدول 3 الفرق بين REVIT و AUTOCAD من حيث القدرة على توفير المعلومات).

(المصدر: الدارسة)

أبعاد نمذجة معلومات البناء (BIM Dimensions)

تشير أبعاد BIM إلى مستويات البيانات والمعلومات التي يمكن للبناء أو المصممين إدخالها في نموذج ثلاثي الأبعاد عبر برنامج BIM، وقد تتضمن بيانات الوقت وبيانات النماذج ثلاثية الأبعاد والنفقات والاستدامة. يمكن أن يكون هناك أنواع متعددة من أبعاد BIM، تتراوح من 2D إلى 10D.

النمذجة ثلاثية الأبعاد (معلومات هندسية ورسمية).	D BIM3
معلومات متعلقة بالوقت (تسلسل البناء عن طريق مخططات جانبت والجدول الزمنية).	D BIM4
تحليل التكاليف (إدارة التكاليف، وتقدير تكاليف البناء، وما إلى ذلك).	D BIM5
الاستدامة (دراسات تأثير الاستدامة البيئية والاقتصادية والاجتماعية).	D BIM6

D BIM7	دورة الحياة والصيانة (إدارة المرافق: تخطيط وإدارة عمليات الصيانة طوال دورة حياة المبنى).
D BIM8	السلامة أثناء التصميم والبناء
D BIM9	Lean construction
10D BIM	تصنيع البناء.

جدول 3 يوضح استخدامات ابعاد BIM المختلفة أثناء دورة حياة المبنى من التصور المبكر الي الصيانة

فوائد BIM وفقا للأطراف المشاركة في المشروع¹¹

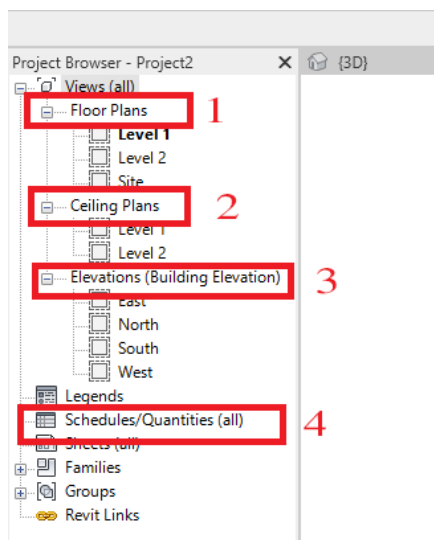
المالك	• التأكد من استيفاء متطلبات المشروع من تقييم التصميم المبكر. • تقييم اداء المبنى ومدي قابليته للصيانة. • انخفاض المخاطر المالية. • تسويق اقل للمشروع من خلال الاستخدام الفعال للعروض الثلاثية الابعاد. • معلومات كاملة عن المبنى وانظمتة في ملف واحد.
المصمم	• تصميم أفضل من خلال التحليل الدقيق للنماذج الرقمية وعمليات المحاكاة المرئية وتلقي مدخلات أكثر قيمة من أصحاب المشاريع. • الدمج المبكر لميزات الاستدامة في تصميم المباني للتنبؤ بأدائها البيئي. • امتثال أفضل للتعليمات البرمجية من خلال الفحوصات البصرية والتحليلية. • تحليل الطب الشرعي المبكر لتقييم الأعطال المحتملة والتسريبات وخطط الإخلاء وما إلى ذلك. • الإنتاج السريع للرسومات التنفيذية أو التصنيعية.
المقاول	• تقدير الكمية والتكلفة. • التحديد المبكر لأخطاء التصميم من خلال اكتشاف التصادم. • تخطيط البناء وتحليل قابلية البناء. • التحقق في الموقع والتوجيه وتتبع أنشطة البناء. • التصنيع المسبق والنموذجي خارج الموقع. • تخطيط سلامة الموقع مع تخطيط وإدارة أفضل للسلامة. • تواصل أفضل مع صاحب المشروع والمصمم والمقاولين من الباطن والعاملين في الموقع. • اتخاذ قرارات أكثر استنارة.
مدراء المرافق	• نفس المعلومات الهامة موجودة في ملف إلكتروني واحد. • لا يتعين على مديري المنشأة التنقل بين أكوام المعلومات لجمع البيانات، حيث توفر قاعدة بيانات BIM أي معلومات حول أي معدات في المشروع بنقرة واحدة فقط.

جدول 4 يوضح أهمية تطبيق تكنولوجيا BIM للأطراف المشاركة في المشروع

نمذجة معلومات البناء (BIM) للتصميم الداخلي

تتعدد ميزات BIM وذلك ليس من خلال الجانب المعماري فقط للمبني ولكم من خلال التصميم الداخلي أيضا وذلك كما يلي:

1. سرعة وسهولة إنشاء نموذج للتصميم الداخلي، إلى جانب القدرة على تصور ذلك التصميم.
 2. تعدد خيارات التصميم ضمن نموذج واحد.
 3. ثراء وموثوقية البيانات المضمنة في نموذج معلومات البناء.
- فيري انه يتم تنظيم ملفات العمل داخل برنامج Revit Architecture وهو أحد البرامج المستخدمة داخل تقنية BIM كالتالي:

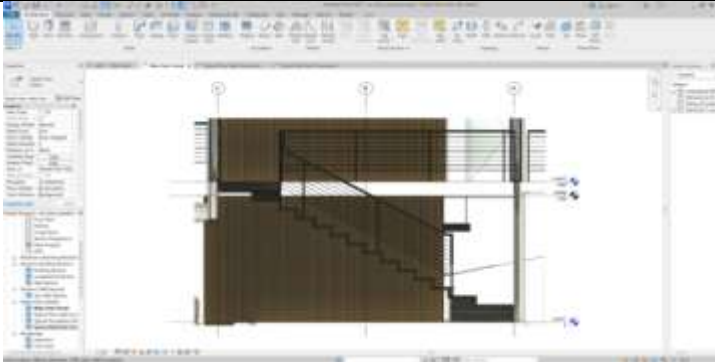


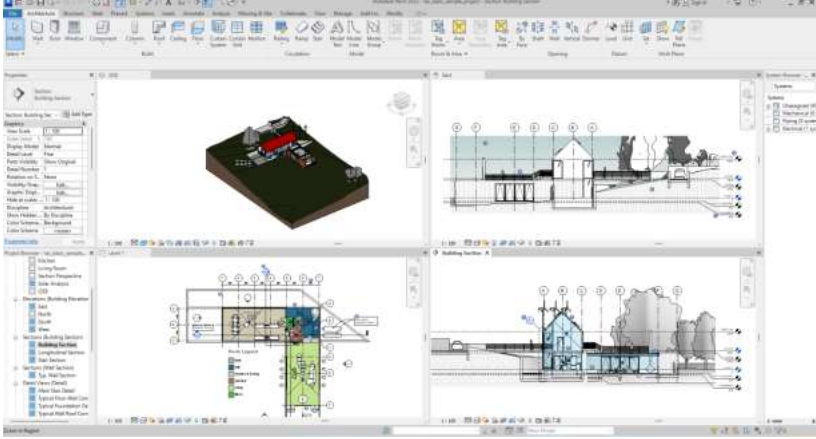
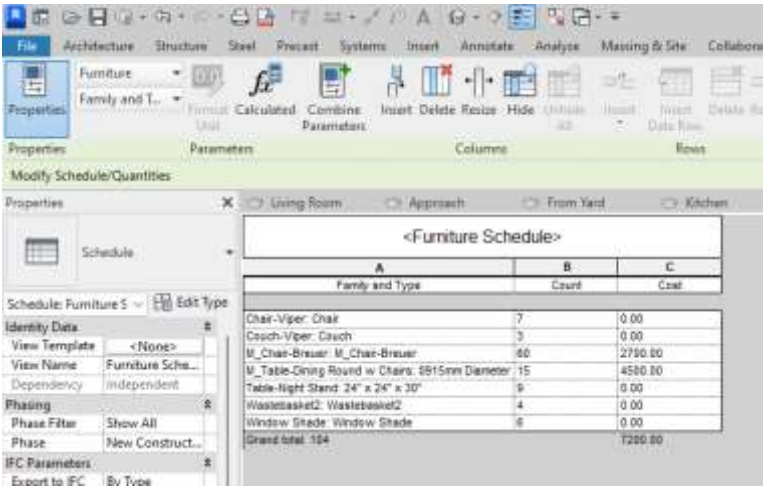
1. مخططات الارضيات Floor plans.
2. مخططات الاسقف Ceiling plans.
3. مخططات الواجهات Elevations.
4. جداول الحصر Schedules¹².

ومن هنا تظهر قوة تكنولوجيا BIM من حيث توفير المعلومات والخصائص حول كل عنصر يتم استخدامه داخل الفراغ سواء كانت الحوائط، او الاعمدة، او النوافذ، او قطع الاثاث وغيرها من العناصر الأخرى. ويمكن الاستفادة من تكنولوجيا BIM في التصميم الداخلي كما يلي:

رسم توضيحي 9 لتنظيم ملفات العمل داخل برنامج
REVIT ARCHITECTURE

الشرح	الفائدة
 Revit Architecture رسم توضيحي 10 لتصورات افتراضية لتصميمات داخلية باستخدام برنامج تصميم المبني ثلاثي الابعاد داخليا وخارجيا في الوقت ذاته، وعند اجراء أي تعديل في أحد الأجزاء يتم التعديل تلقائيا في باقي التصميم، ويتيح للمصممين والعملاء رؤية التصميم بطرق مختلفة مما يساعد على توضيح الفكرة وسهولة اجراء التعديلات.	انشاء التصميمات والمخططات.

 رسم توضيحي 11 لتفاصيل السلم في برنامج REVIT يتيح برنامج Revit Architecture انشاء مناظر ثلاثية الابعاد تمتاز بالواقعية والاضاءة ومضاف اليها الخامات المستخدمة ايضا مما يحفز المصممين على سرعة اتخاذ القرارات في وقت مبكر من عملية التصميم.	الوصول الي التفاصيل.
غالبا ما يحتاج المصمم الي ابقاء جميع الخيارات والبدائل التصميمية مفتوحة لسهولة المفاضلة بينهم واختيار الامثل، ونري ان برنامج Revit Architecture يدعم هذه الفكرة حيث يسمح للمصمم بتجربة مجموعة مختلفة من الافكار مرة واحدة في النموذج الافتراضي حيث يمكن اجراء التعديلات المختلفة. <u>ويتم عمل الخيارات على برنامج Revit Architecture من خلال امر Design Options</u>   رسم توضيحي 12 يوضح دراسة بدائل تصميم متعددة في وقت واحد ضمن نموذج واحد.	تعدد الاختيارات.
اهم ما يميز تكنولوجيا BIM هو توافر المعلومات المفصلة التي تحتويها والتي تساعد علي تحسين تخطيط الفراغات بما يناسب كل استخدام، وكذلك تقدير التكلفة وحصر الكميات وبالتالي اخراج لوحات تنفيذية وتفصيلية تساعد على تفادي حدوث المشكلات اثناء البناء الفعلي.	توافر المعلومات.

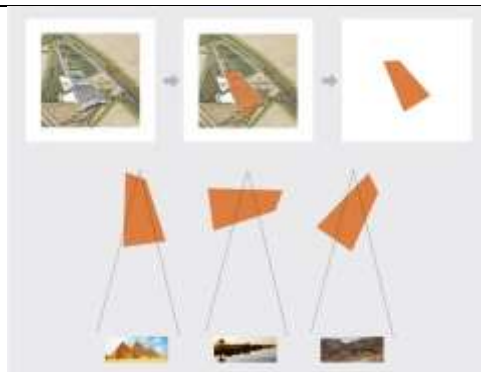
 رسم توضيحي 13 لكيفية تأثير التعديل في أحد المساقط في باقي المساقط	
قبل إنشاء التصميم التفصيلي، يمكن للشركات وضع مخطط لجميع الغرف داخل المبنى. تتضمن هذه الخطة الكثير من المعلومات حول حجم ونوع كل غرفة. مع هذه الخطة، يمكن للمصممين استخدام الجداول لإضافة تفاصيل إلى تصميمهم باستخدام برنامج Revit Architecture. أثناء إنشاء التصميم، يمكن للمصممين التحقق مما إذا كانت الغرف التي قاموا بإنشائها تلبى المتطلبات. على سبيل المثال، يمكن للبرنامج حساب حجم الغرفة ومقارنتها بجدول لإظهار ما إذا كانت الغرفة صغيرة جدًا.	التصميم التخطيطي.
Revit Architecture هو برنامج كمبيوتر خاص يساعد الأشخاص على تصميم المباني. يمكنه تتبع جميع المعلومات المهمة حول التصميم، مثل المواد والإمدادات المطلوبة. وهذا يجعل من السهل معرفة المقدار المطلوب من كل شيء ويساعد على توفير المال من خلال عدم شراء الكثير من الأشياء الإضافية. يمكن أن يساعد أيضًا في التأكد من قياس كل شيء بشكل صحيح حتى تكون ميزانية أشياء مثل السجاد والأثاث دقيقة. بالإضافة إلى ذلك، فإنه يمكن أن يساعد في إدارة واستخدام المبنى بعد الانتهاء منه. حتى أن بعض الشركات تفكر في استخدام هذا البرنامج لتقديم خدمات أفضل في المستقبل.  رسم توضيحي 14 لحصر كميات قطع الأثاث من خلال برنامج Revit Architecture جدول 5 لتوضيح أهمية تطبيق تكنولوجيا BIM في التصميم الداخلي	حصر الكميات والتوثيق الداخلي.

يمكن أيضًا أن تكون دقة ومستوى التفاصيل في نموذج معلومات بناء Revit بمثابة رابط لطرق أكثر فعالية لإدارة وتشغيل المنشأة الناتجة. إن القدرة على تتبع الإشغال وتخصيص المساحة والأصول تدفع بعض الشركات إلى التفكير في كيفية الاستفادة من نموذج معلومات البناء في عروض الخدمات المستقبلية.

نماذج تحليلية لتصميمات معمارية وداخلية خوارزمية

نموذج تحليلي لمشروع (المتحف المصري الكبير) باستخدام نمذجة معلومات البناء الخوارزمية:

	صور المشروع
(المصدر: https://no-grey-area.com/content-hub/exhibitions/built-to-last/) تم استلهام الفكرة التصميمية للمتحف من الأهرامات الثلاثة، فتأخذ واجهة المتحف شكل المثلثات التي تنقسم إلى مجموعة أصغر من المثلثات وهو ما يتبع نظرية التقسيم اللانهائي. يواجه تصميم مبنى المتحف بالكامل أهرامات مصر الكبرى، وتمتد المحاور الثلاثة للمكان بشكل قطري إلى الأهرامات الثلاثة، مما يعكس شعورًا ملحنيًا يمتد لألف عام من استمرار الزمن اللامتناهي. هذا التصميم لا يظهر فقط الملامح الكاملة للأهرامات، بل يجعلها بذكاء جزء لا يتجزأ من المتحف، وهو إنجاز يكاد يكون من المستحيل تحقيقه في ظل طرق القياس التقليدية¹³.  (المصدر: https://www.pinterest.com/pin/80853755796445938) يتميز موقع كل ركن من أركانه بالديناميكية، مما يعني أنه سيتغير باستمرار أثناء الاستخدام، ليعكس وجهات النظر التاريخية المختلفة التي يمكن رؤيتها من داخل مبنى المتحف ويرمز إلى العلاقة بين الجزء الداخلي للمبنى والفضاء الخارجي¹⁴.	الفكرة التصميمية



رسم توضيحي 15 لديناميكية تصميم الزوايا في المتحف

تم تصميم كتلة المتحف ذات الشكل المثلث المشطوف من قبل ¹⁵Heneghan Peng، وفكرة التصميم المعماري هو اختيار نقطة شعاع هي المتحف حيث يبرز على الاهرامات الثلاثة من نقطة معينة من شعاع الضوء يسطع عبر المتحف على طول الطريق الي الهرم. يقلل تصميم السقف والواجهة الخرسانية ذات التهوية بشكل كبير من التوصيل الحراري مع الحفاظ على درجة حرارة ثابتة تبلغ 73 درجة فهرنهايت داخل المعرض. حتى في حرارة الصيف الحارقة، عندما تصل درجات حرارة السطح الخارجي إلى 150 درجة فهرنهايت، يظل الجزء الداخلي مريحاً.¹⁶



رسم توضيحي 16 للموقع الجغرافي للمتحف المصري الكبير

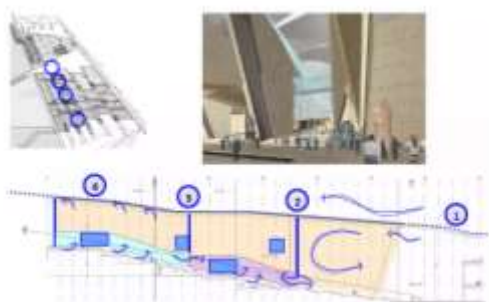
(المصدر: <https://www.cleopatraegypttours.com/travel-guide/giza-attractions/grand-egyptian-museum/>)

لعبت نمذجة معلومات البناء (BIM) دوراً حاسماً في تصميم وتنفيذ المتحف المصري الكبير. استفاد المتحف من برامج النمذجة في القرن الحادي والعشرين لحل مشكلات البناء المعقدة وتثبيت القطع الأثرية التي لا تقدر بثمن بأمان. اعتمد المحترفون والباحثون أساليب BIM المختلفة لتنفيذ التصميم المستدام في تخطيط المتحف. وقد تم تسليط الضوء على استخدام تكنولوجيا BIM في إدارة المشاريع في مراحل مختلفة من دورة حياة المشروع في مصر على أنها فعالة. تم تكريم مشروع المتحف المصري الكبير لتطبيقه الناجح لـ BIM، حيث قاد البناء فريق عالمي. يعرض نموذج BIM الذي نفذته شركة Heneghan Peng Architects للمتحف تطبيق البرمجة البارامترية والمرئية في تصميم المتحف. بشكل عام، ساهم BIM بشكل كبير في نجاح تصميم وبناء المتحف المصري الكبير، مما يجعله مشروعاً رائداً على وشك الانتهاء.¹⁷

دور نمذجة
معلومات البناء
في تصميم
المتحف

فوائد استخدام BIM: • إمكانية إنشاء نموذج ثلاثي الأبعاد للمتخف بأدق التفاصيل. • تحليل المساحات والتصاميم المختلفة قبل البدء في عملية البناء الفعلية. • تقليل الأخطاء والتعديلات في مراحل متأخرة من المشروع. • تحسين التعاون والتنسيق بين جميع الفرق المعنية في المشروع. • تحديث النموذج بشكل مستمر مما يوفر سهولة تبادل المعلومات والتعليمات واتخاذ قرارات مشتركة مما يقلل من حدوث تضارب في المعلومات. • توفير معلومات مفصلة حول المواد والتجهيزات والجدول الزمنية داخل النموذج مما يتيح إدارة الموارد بشكل أفضل وتحقيق التنبؤ بالتكاليف وتحديد المشكلات المحتملة.¹⁸	
• المسح بالليزر والنمذجة ثلاثية الأبعاد: قبل دخول رمسيس الثاني إلى المتحف، خضع للمسح بالليزر لإنشاء نموذج ثلاثي الأبعاد مفصل. وبالمثل، تم مسح العديد من القطع الأثرية الأخرى داخل المتحف، بما في ذلك المجموعة الكاملة من مقبرة الملك توت عنخ آمون. أنتجت عمليات المسح بالليزر هذه تمثيلات رقمية دقيقة للقطع الأثرية. • Autodesk Revit تم الاستعانة بهذا البرنامج لإنشاء بيئة ثلاثية الأبعاد هي نسخة طبق الأصل افتراضية أو توأم رقمي للمشهد المادي وذلك من خلال عرض تحديثات الحالة "كما تم إنشاؤها" في الوقت الفعلي في واجهة سحابية مشتركة. • Autodesk Dynamo قام الفريق بتصميم نصوص برمجية مخصصة لأتمتة عملية إنشاء التكرارات الدقيقة لهذه العناصر. تم صب كميات هائلة من الخرسانة - أكثر من 10 ملايين قدم مكعب - على قوالب صب الخرسانة غير المتماثلة لإنشاء شكل السقف المتتالي. • BIM 360 يسمح BIM 360 للفرق بالوصول إلى الملفات ذات الصلة وتنسيق سير العمل، يسجل النموذج المشترك البيانات مثل طلبات تغيير البيانات المتعددة، ومتطلبات قائمة الكميات، وطلب استخراج المعلومات (RFI)، واستخراج الرسومات التنفيذية، واستخراج الرسومات المبنية. بالإضافة إلى ذلك، تم استخدام تقنية BIM للإبلاغ عن التعارضات المحتملة بين أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC) وأنظمة الكهرباء والسباكة، مما أدى إلى تقليل طلبات إعادة تركيب تركيبات الهندسة الكهربائية والميكانيكية إلى أقل من 10%. تم الاستفادة منه كبيئة بيانات مشتركة، مما أدى إلى تحسين كفاءة عملية تحديد النطاق بشكل كبير حيث في الماضي كان لا بد من مراجعة نماذج المقاولين من الباطن والموافقة عليها.	البرامج المستخدمة في التصميم:
بالإضافة إلى BIM، استفاد تصميم المتحف المصري الكبير بشكل كبير من تطبيق الخوارزميات المتقدمة، والتي كانت بمثابة الشريك الصامت للمهندسين المعماريين في العملية الإبداعية. وقد سهلت	دور الخوارزميات

في تصميم المتحف	هذه الخوارزميات، المدفوعة بمبادئ التصميم الحسابي، توليد أشكال هندسية معقدة، وأنظمة هيكلية محسنة، وتحسين الأداء البيئي. على سبيل المثال، لعبت خوارزميات التصميم البارامترية دورًا محوريًا في توليد أشكال معمارية معقدة مستوحاة من هندسة التحف المصرية القديمة. من خلال تشفير معلومات التصميم والقيود في الخوارزميات، تمكن المهندسون المعماريون من استكشاف مساحة تصميم واسعة، والكشف عن حلول جديدة تتجاوز نماذج التصميم التقليدية. وبالمثل، تم استخدام خوارزميات التحسين لتعزيز السلامة الهيكلية واستدامة تصميم المتحف. ومن خلال التحليل والمحاكاة التكرارية، قامت هذه الخوارزميات بتحسين استخدام المواد، وتقليل نفايات البناء، وتحسين أداء الطاقة، مما يضمن وقوف المتحف كمنارة للاستدامة المعمارية للأجيال القادمة. <u>دور الخوارزميات في التصميم الداخلي للمتحف:</u> للخوارزميات أثر فعال وحيوي في تصميم الواجهة الخارجية للمتحف وذلك من خلال تقسيم الواجهة الي مثلثات لانهائية أصغر في الحجم، ونتج عن ذلك وجود فتحات ساهمت بشكل كبير في التصميم الداخلي وتحقيق الراحة الحرارية داخل المتحف، فتلعب الخوارزميات دور كبير في تحقيق أقصى استفادة من الإضاءة المستخدمة وذلك من خلال استخدام خوارزميات تحسين الإضاءة، حيث تعمل هذه الخوارزميات على التحكم في كمية الاضاءة النهارية الداخلة الي المبني وتحقيق الراحة الحرارية ايضا. فحققت هذه الفتحات الكثير من الأهداف المهمة مثل: ● السماح بدخول الإضاءة الطبيعية داخل المتحف مما يساعد على تقليل الحاجة الي استخدام الإضاءة الصناعية وتوفير بيئة مريحة للزائرين والمقتنيات الاثرية.  رسم توضيحي 17 توضح هذه الصورة تمثال الملك رمسيس وهو مصمم ليتوسط منطقة العرض المتحفي والمبني التجاري، وتم تصميم موضوعه وكان فوقه مظلة وسقفها مغطي بألواح من الألومنيوم والتي تحت كسرا بسيطا لأشعة الشمس وتسمح بتدفق الهواء داخل البهو. ● السماح بدخول الهواء الطبيعي مما يعمل على توفير درجة الحرارة والرطوبة المناسبة وذلك لحماية الاثار المعروضة. وبالتالي يتم تقليل استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدام الموارد الطبيعية.
-----------------	--



رسم توضيحي 18 لتدفق الهواء الطبيعي داخل المتحف

تم التصميم الداخلي للمتحف بدراسة دقيقة معتمدة على تدفق الهواء الطبيعي والانارة الطبيعية والتي تعمل على توفير استهلاك الطاقة وتقليل حدة الحرارة في الصيف.

تساهم الخوارزميات أيضا في تحسين الشكل الجمالي للمتحف وتخطيط المساحات داخله وتحسينها وخلق ممرات حركة مرنة للزائرين مع تفادي الازدحام.

دور الخوارزميات في تصميم واجهة المتحف:

تلعب الخوارزميات دورا كبيرا في تصميم واجهة المتحف المصري الكبير، فنري ان واجهة المتحف عبارة عن مثلث كبير ينقسم الي مثلثات أصغر فأصغر، وهو ما يطلق عليه (مثلث سيربنسكي)، حيث يتبع خوارزمية لإنشاء هذه المثلثات المتكررة وهو كما يلي:

1. يتم اولا انشاء مثلث متساوي الاضلاع.



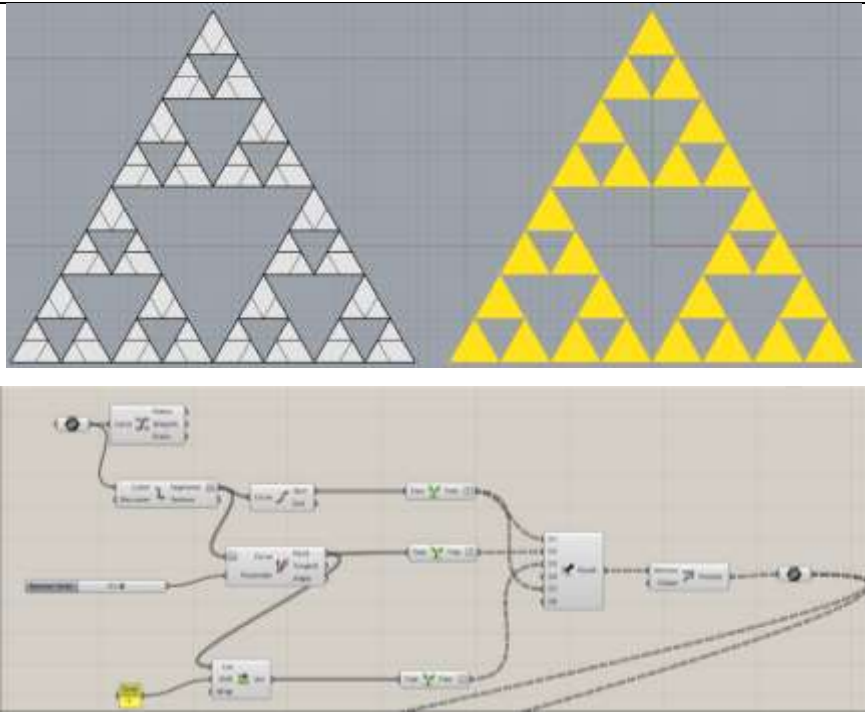
2. يتم تقسيم المثلث طوليا الي النصف وعرضا الي النصف ايضا.



3. يتم تكرار الخطوة السابقة على كل مثلث على حدة فينتج مجموعة متكررة من المثلثات.



ومن الخواص المميزة ايضا التي نجدها تتبع هذا الشكل الفراكتالي خاصية التشابه الذاتي فنري ان كل مثلث صغير (الوحدة الصغرى) تشبه (الوحدة الاكبر) تشبه الشكل الاساسي (المثلث الكبير).

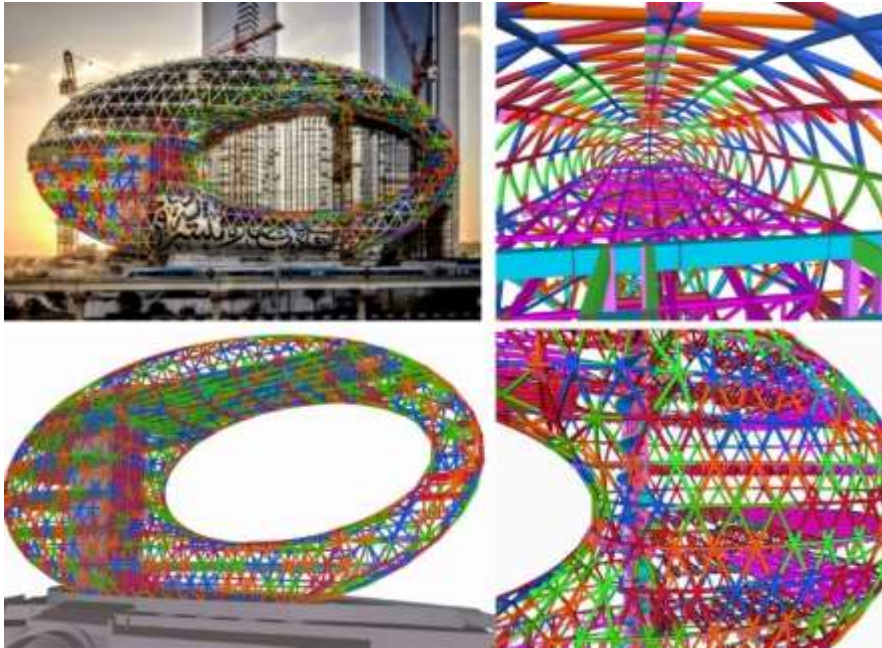
(المصدر: https://www.researchgate.net/figure/Sierpinski-triangle-a-simple-fractal-made-by-dividing-bigger-triangles-into-smaller-ones_fig1_352262233)	
 رسم توضيحي 19 محاكاة لمثلث سيربنسكي باستخدام الجراسهوبر. (المصدر: الدارسة باستخدام Grasshopper).	محاكاة مثلث سيربنسكي باستخدام الجراسهوبر

نموذج تحليلي لمشروع (متحف المستقبل بدبي) باستخدام نمذجة معلومات البناء الخوارزمية:

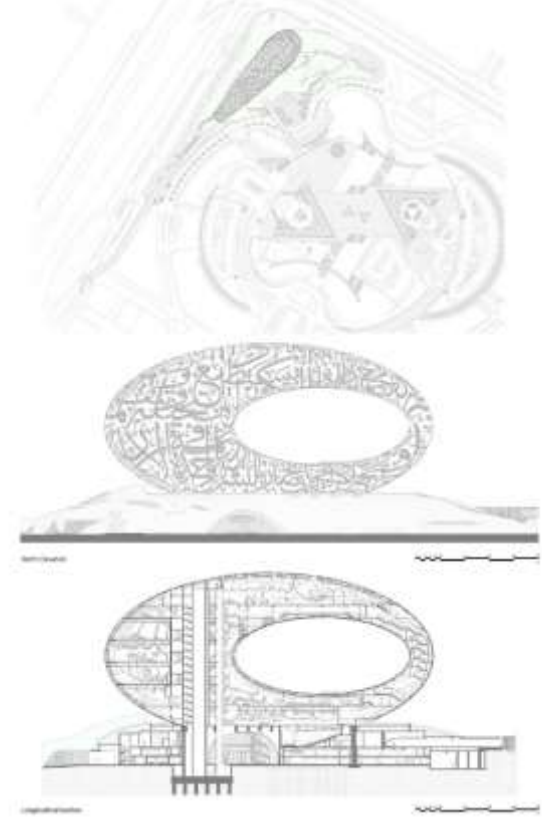
 رسم توضيحي 20 لمتحف المستقبل القائم في دبي من عدة اتجاهات	صور المشروع
صمم هذا المتحف ليكون تحفة معمارية تكون حلقة الوصل بين الماضي والحاضر والمستقبل، وجاء تصميم هذا المتحف ليكون مغايرا للتصميمات التقليدية للمتاحف وناطحات السحاب من حوله، واعتمد في تصميمه على أحدث التقنيات المبتكرة. وتتزين واجهة المتحف بنقوش عربية مكتوبة بخط الثلث تتمثل في مقولات لصحاب السمو الشيخ محمد بن راشد آل مكتوم. يتسم تصميم المتحف بالتطلع الي المستقبل محافظا على الهوية العربية، ويتألف تكوين المتحف من ثلاثة أجزاء رئيسية هي: ● التل الاخضر: ويمثل الارض بذورها في مكانها والوقت والتاريخ، كما انه يعمل على رفع المتحف بشكل مخفي فوق خط المترو المجاور وانشاء حديقة مرتفعة.	الفكرة التصميمية

• المبني: يمثل هيكل المتحف الذي هو على شكل Torus الي القدرة البشرية على الابتكار ودفع حدود الهندسة والبناء الحديثين. الفراغ: حيث يمثل الفراغ البيضاوي التعبير عن المجهول الذي يسعى الي الهام مبدعي اليوم لمواجهة مستقبل البشرية غير المكتوب.¹⁹  رسم توضيحي 21 للزخرفة الكتابية الموجودة على الواجهة من تصميم شون كيلا وتأثيرها على اضاءة الفراغ من الداخل²⁰	
كان تصميم الهيكل معقدا للغاية ولهذا الغرض كان يتعين على جميع اصحاب المصلحة التحويل من التصميم ثنائي الابعاد (2D) الي التصميم ثلاثي الابعاد (3D) وغيره من الابعاد إذا لزم الامر (اي التحول من انظمة CAD الي تقنية BIM). ومن هنا توجب علي الفريق ضرورة تعلم واعتماد خوارزميات نمذجة معلومات البناء (BIM) لاستخدامها عبر دورة حياة المشروع بالكامل، فتم استخدام تقنية BIM ليس فقط من اجل تصميم الهيكل، ولكن ايضا من اجل مراحل التصميم الميكانيكية والكهربائية والسباكة (MEP). استخدام BIM لدورة حياة المشروع: • تم استخدام برامج: • Tekla BIM sight • Revit • Dynamo • Navisworks وذلك للتصميم عبر دورة حياة البناء. واستعان المهندسون بخوارزميات استخدمت للمرة الاولى حيث تقوم بتوزيع النقوش دون ان تتعارض مع العقد المعدنية ومسارات التمديدات واستغرق ذلك عاما كاملا وقد صنفته Autodesk بأنه المبني الأكثر تعقيدا في العالم.	دور نمذجة معلومات البناء في تصميم المتحف

تم استخدام خوارزميات للتعاون في بيئة بيانات مشتركة (CDE) والعمل من خلال التحديات والصراعات في الهيكل والواجهة وانظمة الهندسة الكهربائية والميكانيكية. استخدام ادوات المسح الضوئي بالليزر لمقارنة المواضع المبنية مع التصميمات ثلاثية الابعاد. تم استخدام البرمجة النصية البارامترية مع محاكاة اداء المبنى وذلك للحصول على شهادة LEED البلاتينية مما ساعد اصحاب المصلحة على تقليل استخدام المياه بنسبة 45 % في المشروع الي جانب تقليل اجمالي الطاقة بنسبة 25%.



رسم توضيحي 22 كان التصميم بمساعدة الكمبيوتر لمتحف المستقبل فريداً فيما يتعلق بالخوارزميات والبرمجة النصية المطلوبة لتصميم الشكل الأمثل والنظام الهيكلي. - تصميم كيان²¹

 رسم توضيحي 23 لرسومات تم استخراجها من البرامج المستخدمة في التصميم	
1- <u>تصميم الهيكل الخارجي للمبنى:</u> استخدمت الخوارزميات في الموازنة بين الوظيفة والجمال وذلك من خلال تحديد وتصميم الاشكال الهندسية للمبنى، فتم تطوير ادوات التصميم البارامترية التي تتضمن الخوارزميات لتحسين كفاءة التصميم. وترجع ايضا اهمية الخوارزميات حيث استخدم فريق العمل خوارزميات لأول مرة من اجل انشاء الرموز العربية ووضعها على الواجهة دون انا تتعارض مع بعضها البعض.  رسم توضيحي 24 للزخرفة العربية الموجودة على الواجهة	دور الخوارزميات في تصميم المتحف

استخدمت الخوارزميات من خلال تحديد مساحات وامكن قاعات العرض ولتحسين انظمة التهوية والانارة ونظم التبريد.

ونري ان الجزء الداخلي للمبنى يمثل تحدي خاصا حيث يتميز بوجود الدرج الحلزوني المزدوج فجاءت فكرته من الحمض النووي.

كما ان هذا السلم الحلزوني يؤدي وظيفة عملية ففطرًا لأن السلالم تهبط في أماكن مختلفة، فإن التكوين يسمح بالتمييز بين الأشخاص الذين دفعوا رسوم الدخول وأولئك الذين لم يدفعوا، مثل الأشخاص الذين دفعوا رسوم الدخول فقط.²²



رسم توضيحي 25 للدرج الحلزوني²³



رسم توضيحي 26 لقاعة العرض داخل المتحف²⁴

دور
الخوارزميات
في التصميم
الداخلي
للمبنى

النتائج

- تسمح الخوارزميات للمصممين بتحديد مدخلات المعلومات وطريقة معالجتها اثناء التصميم، تقوم هذه العملية بإنشاء نماذج تتكون من واحد او الاف المكونات اعتمادا على متطلبات التصميم.
- الخوارزميات عبارة عن مجموعات منظمة من التعليمات المصممة لحل مشكلات محددة او اداء مهام معينة، وهي تعمل من خلال سلسلة من الخطوات المحددة جيدا كل منها يساهم في الهدف النهائي.

- توفر نمذجة معلومات البناء العديد من الفوائد للمشروع عند تنفيذه بشكل صحيح ويمكن تطبيقه اما في جميع مراحل المشروع او في مرحلة واحدة فقط، ومن هنا نلقي نظرة عامة على الفوائد التي يمكن الحصول عليه:
 - التصور والنمذجة ثلاثية الابعاد.
 - محاكاة الواقع والظروف المحيطة للمبني قبل التشييد الفعلي للمبني.
 - القدرة على التخطيط والتنسيق والتعاون المشترك بين جميع الاطراف المشاركة في المشروع.

التوصيات

- ضرورة تطوير برامج الحاسوب لإنشاء نماذج بارامترية حيث تتميز هذه الانواع من البرامج بقدرتها وبساطة تصميمها، خاصة في انشاء أسطح ناعمة ومعرضة رقميا واشكال منحنية معقدة.
- ضرورة الاستفادة من تطبيق نمذجة معلومات البناء في عمليات التصميم الداخلي.

المراجع

المراجع العربية:

1. جودة، دعاء عبد الرحمن محمد، "أثر استخدام النظام الخوارزمي علي توليد الافكار في التصميم الداخلي والاثاث"، مجلة العمارة والفنون، العدد الحادي عشر الجزء الاول، صفحة 240، (2018).
2. Goda, duea' eabd alrahman muhamad, "'athar aistikhdam alnizam alkhawarizmi eali tawlid alafkar fi altasmim aldaakhilii walathathi", majalat aleimarat walfunun, aleadad alhadi eashar aljuz' alawla, safhat 240, (2018).
3. سليم، دينا محمد عبد المحسن احمد إسماعيل، " التصميم الخوارزمي وتأثيره على عناصر التصميم الداخلي"، المجلة العربية الدولية للفن والتصميم الرقمي، المجلد الاول، العدد الاول، صفحة 106، (2022).
4. slim, dina muhamad eabd almuhsin aihmad 'iismaeil, " altasmim alkhawarizmiu watathiruh ealaa eanasir altasmim aldaakhili", almajalat alearabiat alduwaliat lilfani waltasmim alraqmii, almujuhalad alawali, aleadad alawla, safhat 106, (2022).
5. عرابي، رهف، " دور الحوسبة في عملية التصميم المعماري"، رسالة ماجستير. كلية الهندسة. قسم التصميم المعماري. جامعة دمشق. سوريا، (2016).
6. earabi, rahfi, " dawr alhawsabat fi eamaliat altasmim almiemarii ", risalat majistir. kuliyyat alhandasati. qism altasmim almiemari. jamieat dimashqa. suria, (2016).

المراجع الأجنبية:

7. EI-Khaldi, Maher, " Mapping Boundaries of Generative Systems for Design Synthesis." Master Thesis. American University of Sharjah. United Arab Emirates. (2007)
8. Elsevier Ltd, (2006)." Algorithmic Architecture"Terzidis, Kostas,
9. Feist, S. T." A-BIM: Algorithmic-based Building Information Modelling". tecnico Lisboa, freguesia, Lisbon (2016, may)

المواقع الالكترونية:

10. https://mp.weixin.qq.com/s/fm_nMB7kPVRKpogr-ekPdg
11. <https://bdhmconsultants.com/blog/what-are-bim-dimensions/>

12. https://mp.weixin.qq.com/s/fm_nMB7kPVRKpogr-ekPdG
13. <https://www.youtube.com/watch?v=gAgciB5BfOo>
14. <https://www.archdaily.com/996918/the-grand-egyptian-museum-designed-by-heneghan-peng-architects-is-now-completed-and-ready-to-welcome-its-first-visitors>
15. <https://mp.weixin.qq.com/s/i1RZoljPEPoHcdj6XSAmwg>
16. <https://www.archdaily.com/996918/the-grand-egyptian-museum-designed-by-heneghan-peng-architects-is-now-completed-and-ready-to-welcome-its-first-visitors>
17. <https://www.autodesk.com/design-make/articles/grand-egyptian-museum>
18. <https://museumofthefuture.ae/ar/about-us>
19. <https://archello.com/project/the-museum-of-the-future>
20. <https://www.archdaily.com/983458/overcoming-design-challenges-with-technology-museum-of-the-future-in-dubai>
21. <https://www.autodesk.com/design-make/articles/museum-of-the-future>
22. <https://www.archilovers.com/projects/263415/the-museum-of-the-future.html>

¹سليم، دينا محمد عبد المحسن احمد إسماعيل، " التصميم الخوارزمي وتأثيره على عناصر التصميم الداخلي"، المجلة العربية الدولية للفن والتصميم الرقمي، المجلد الأول، العدد الأول، صفحة 106،.. (2022)

² EI-Khaldi, Maher, " Mapping Boundaries of Generative Systems for Design Synthesis." Master Thesis. American University of Sharjah. United Arab Emirates. (2007)

³ هو أستاذ في كلية التصميم والابتكار بجامعة تونغجي. وهو مدير مختبر شانغ شيانغ. يجري كوستاس أبحاثاً حول خوارزميات التصميم والتبادل والشبكات العصبية. أحدث كتاب له هو "تصميم التقلب: المباني والنصوص والسياقات" (روتليدج: 2014)

⁴عراي، رهن، " دور الحوسبة في عملية التصميم المعماري"، رسالة ماجستير. كلية الهندسة. قسم التصميم المعماري. جامعة دمشق. سوريا، (2016).

⁵ Terzidis, Kostas, " Algorithmic Architecture". Elsevier Ltd, (2006).

⁶جودة، دعاء عبد الرحمن محمد، "أثر استخدام النظام الخوارزمي علي توليد الأفكار في التصميم الداخلي والآثار"، مجلة العمارة والفنون، العدد الحادي عشر الجزء الأول، صفحة 240، (2018).

⁷ Feist, S. T." A-BIM: Algorithmic-based Building Information Modelling". tecnico Lisboa, freguesia, Lisbon (2016, may).

⁸المرجع السابق

⁹ https://mp.weixin.qq.com/s/fm_nMB7kPVRKpogr-ekPdG

¹⁰ <https://bdhmconsultants.com/blog/what-are-bim-dimensions/>

¹¹ https://mp.weixin.qq.com/s/fm_nMB7kPVRKpogr-ekPdG

¹² <https://www.youtube.com/watch?v=gAgciB5BfOo>

¹³ <https://www.archdaily.com/996918/the-grand-egyptian-museum-designed-by-heneghan-peng-architects-is-now-completed-and-ready-to-welcome-its-first-visitors>

¹⁴ <https://mp.weixin.qq.com/s/i1RZoljPEPoHcdj6XSAmwg>

¹⁵ Heneghan Peng Architecture هي شركة هندسة معمارية مقرها في دبلن وبرلين. تأسست الشركة في نيويورك عام 1999، ولكن تم نقلها إلى دبلن في عام 2001. ومؤسسوها هم روزين هينيغان وشيه فو بينغ.

¹⁶ <https://www.archdaily.com/996918/the-grand-egyptian-museum-designed-by-heneghan-peng-architects-is-now-completed-and-ready-to-welcome-its-first-visitors>

¹⁷ <https://www.autodesk.com/design-make/articles/grand-egyptian-museum>

¹⁸ <https://museumofthefuture.ae/ar/about-us>

¹⁹ <https://archello.com/project/the-museum-of-the-future>

²⁰ <https://www.archdaily.com/983458/overcoming-design-challenges-with-technology-museum-of-the-future-in-dubai>

²¹ <https://www.autodesk.com/design-make/articles/museum-of-the-future>

²² <https://www.archilovers.com/projects/263415/the-museum-of-the-future.html>

²⁴المرجع السابق