تفعيل الفكر الأيكولوجي بمساعدة نمذجة معلومات البناء(BIM)

م.م/ وفاء إبراهيم راشد، ا.د/ شريف عبد الرؤوف البناني، ا.م.د/ ايناس عبد الصبور

الملخص

ان التصميم الايكولوجي تم تبنيه في أوروبا مرادفا للتصميم المستدام مستنبطاً ذلك من النظريات الايكولوجية التي تنظر للطبيعة بأنها نظام متكامل من" الانظمة البيئية "Eco Systems" التي بتكافلها تحافظ على توازن وتناغم الطبيعة.

فهنا يهدف البحث الي دراسة النظام الايكولوجي من خلال التعريف بالنظام ومكوناته وكيفية المحاكاة ومعرفة مستوياتها والمناهج المتبعة ومجالاتها ودور هذا النظام في التكامل مع البيئة، ولتطبيق هذا النظام في ظل التطور التكنولوجي قام البحث بدراسة تقنية نمذجة معلومات البناء BIM وكيفية استغلالها خلال دورة حياة المبني ومعرفة البرامج الخاصة بكل مرحلة، وذلك لتطبيق النظام الأيكولوجي بشكل فعال وبأعلى كفاءة، وتم دراسة بعض الأمثلة وتحليلها ويختم البحث بالنتائج والتوصيات التي من أهما ان مع اتباع النظام الايكولوجي ينتج مباني ملائمة للبيئة ومتناغمة مع الطبيعة، وان نمذجة معلومات البناء الـ BIM لها دور كبير في تطبيق النظام الأيكولوجي علي جميع مراحل دورة حياة المباني.

ABSTRACT

Eco-design has been adopted in Europe as synonymous with sustainable design, deriving that from ecological theories that view nature as an integrated system of "eco systems" that maintain the balance and harmony of nature.

Here, the research aims to study the ecosystem by introducing the system and its components, how simulation and knowledge of its levels, curricula and fields, and the role of this system in integration with the environment. Specific to each stage, in order to implement the ecosystem effectively and with the highest efficiency, and some examples were studied and analyzed, and the research concludes with results and recommendations, the most important of which is that with the adoption of the ecosystem produces buildings suitable for the environment and harmonious with nature, and that BIM building information modelling has a major role in the application of the system Ecological at all stages of the life cycle of buildings.

الكلمات الرئيسية: النظم الايكولوجية، مباني ايكولوجية، نمذجة معلومات البناء(BIM).

Keywords: Ecosystem, Eco buildings, Building Information Modeling (BIM)

المقدمة

أشارت الدراسات الحديثة إلى النظام الإيكولوجي Ecosystem والعلاقة بين المبنى والبيئة الطبيعية، إلى ان تشكيل وتخطيط النظام الإيكولوجي من خلال النظرة إلى المبنى وموقع المشروع كنظام ايكولوجي. إذ يأخذ التصميم الإيكولوجي بنظر الاعتبار الخصائص البيئية والمناخية والحدود الطبيعية لموقع المشروع ومدى تأثيرها على النظام المصمم وعمله، بدلاً من التركيز على المبنى فقط بشكل كلي بمعزل عن المحيط الحيوي . فهنا يهدف التصميم الإيكولوجي إلى تحقيق علاقة تعايشيه بين النظام المصنع والنظام الإيكولوجي وجعل المنظر الطبيعي كنظام ايكولوجي يحيط بالنظام المصمم وكجزء طبيعي مستمر من عمارته ولتحقيق هذا النظام بشكل فعال في ظل التطور التكنولوجي يحب اتباع أفضل التقنيات وذلك باستخدام نمذجة معلومات البناءBIM .

المشكلة البحثية

قلة الاهتمام بالطبيعة واعتبار الكتلة العمرانية جزء منها، والتي قد تؤثر اقتصـــاديا وبيئياً على المجتمع، والتطبيق الواسع والعلمي للتقنيات الأيكولوجية يجعل تصميم المباني ملائمة للبيئة المحيطة والذي يعتبر في حد ذاته قد يؤثرعلى المجتمع سالباً او ايجاباً.

هدف البحث

الحاجة الي ضـــرورة التكيف مع المتغيرات البيئية باتباع النظام الايكولوجي Ecosystem علي نطاق واسع وذلك من خلال دراسة النظام ومعرفة عناصره الأساسية، وتفعيل تطبيق هذا النظام من خلال استخدام تقنية نمذجة معلومات البناء (BIM) للوصول الي منهجية لتفعيل النظام الأيكولوجي بمساعدة الـ BIM.

فرضية البحث

أنه عند تطبيق نظم ايكولوجية لمباني ملائمة بيئيا لمحيطها ومصممة بكفاءة عالية وذلك باستخدام تقنية نمذجة معلومات البناء (BIM) ، يحدث طفرة في انتاج مباني متكاملة ومتناغمة مع البيئة، والذي يؤثر بيئياً واقتصادياً علي المجتمع.

منهج البحث

بناءً على إشكالية البحث ولتحقيق أهدافها واثبات صحة الفرضية يُتبع المنهج النظري والتحليلي كأسلوب بحثي، وتم بواسطة تحديد مرحلتين كأساس منهجي لهذه الدراسة: وهي مرحلة تعريف النظام الأيكولوجي ومناهجه ومجالاته واستنباط مراحل تصميم ايكولوجي ملائم للطبيعة بمساعدة نمذجة معلومات البناء. والمرحلة الثانية وهي مرحلة تحليل لأمثلة عالمية اتبعت النظام الايكولوجي وملائمة للبيئة المحيطة ذات تصميم مميز.

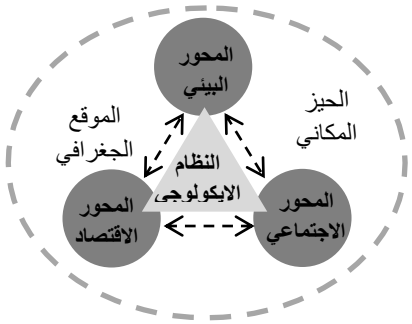
أولاً: الدراسة النظرية

١- النظام الايكولوجي

١-١ مفهوم النظام الايكولوجي

يأتي مصطلح" ايكولوجي "من الكلمة اليونانية (oikos) التي تعني البيئة أو المسكن، و (logos) التي تعني علم، فهي بذلك علم البيئة أو علم التبيؤ، علم العلاقات بين الكائنات الحية مع العالم المحيط بها، أي بمفهوم شامل علم شروط الوجود. (١)

والنظام الأيكولوجي Ecosystem يمثل تجسيداً وظيفياً للعلاقة بين عناصر ومكونات المجتمع وبيئته، وهو يتشكل من خلال التفاعل بين الكائنات الحية وغير الحية في وحدة عضوية واحدة. فالحيز المكاني والموقع الجغرافي يمثل النطاق الأيكولوجي Ecological Domain والذي يعتبر العنصر الفاعل والمؤثر على البيئة والبنية المعمارية داخليا وخارجياً. (٢)



شكل (١) النطاق الايكولوجي، المصدر: علاء محمد جابر ال نصاري،"محاكاة النظم الإيكولوجية كاساس للتصميم الداخلي المعاصر"

١-٢ مكونات النظام البيئي:

تتكون البيئة الطبيعية من الموارد الأولية للحفاظ على دوام الحياة وتشتمل على المكونات الحية والمكونات غير الحية.

أ- مكونات حية (Biotic Components):

تشمل المكونات الحية جميع الكائنات الموجودة ضمن النظام البيئي من حيوان ونبات وكائنات حية دقيقة.

ب- المكونات غير الحية (Abiotic components) وتشمل:

- المواد غير العضوية مثل الكربون والأكسجين والنيتروجين.
- المواد العضوية مثل البروتينات والكربوهيدرات والدهون.
- عناصر المناخ مثل الحرارة والرطوبة والرياح والضوء.
- كل ما يحيط من جبال ورمال وبحار وبلورات ثلجية ومساحات خضراء وبرك مياه.

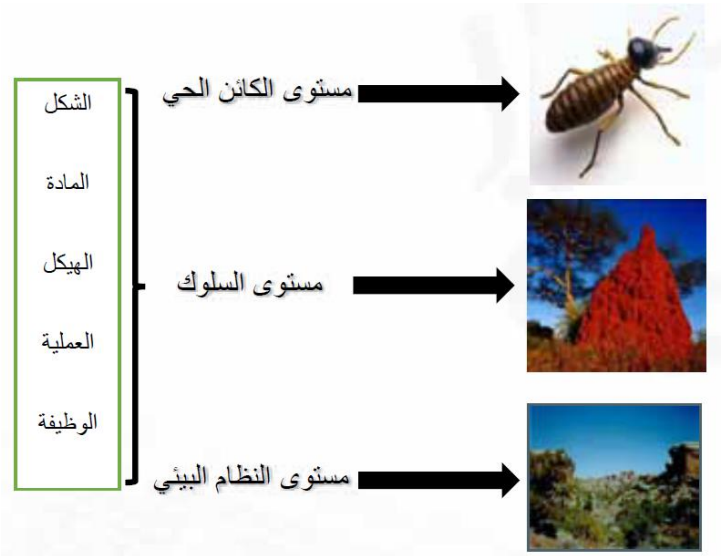
١-٣ محاكاة الطبيعة في العمارة:

ان المحاكاة للنظم الطبيعة الحية المتنوعة والمختلفة المكونة للطبيعة باعتبارها نظم مستدامة يمكن عكسه بالعمارة لخلق حلول تصميمية موحدة ورابطة بين الطبيعة والثقافة والتكنولوجيا تدمج وتلبي الحاجات الخاصة بالإنسان والمجتمع وبالتوازن مع الطبيعة. (٣)

١-٤ مستويات المحاكاة الطبيعة:

إن" النظام البيئي "هو المجموعة الكاملة من الكائنات وعلاقاتها.وقامت ايبريت بيدرسن زاري Pedersen Zari بتصنيف المستويات إلى ثلاثة مستويات من المحاكاة، وهي (الكائن الحي والسلوك والنظام البيئي). يشير المستوى الأول (مستوى الكائن الحي) إلى كائن حي معين مثل النبات أو الحيوان

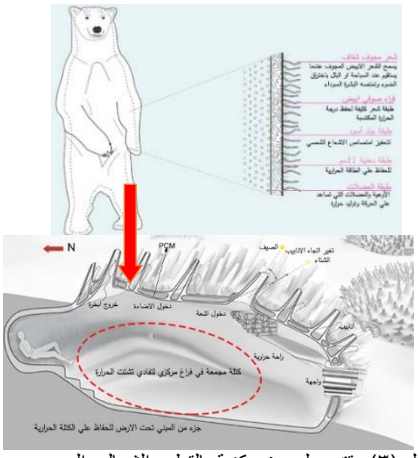
يمكن أن تشمل محاكاة جزء من الكائن أو الكائن الحي كله .ويشير المستوى الثاني (لمحاكاة السلوك) ، ويمكن أن تشمل ترجمة كيفية عمل الكائن الحي .المستوى الثالث هو محاكاة النظم الإيكولوجية بأكملها والمبادئ التي تسمح لهم العمل بنجاح .داخل كل مستوى من هذه المستويات خمسة أبعاد ممكنة للمحاكاة. قد يكون التصميم المحاكي للطبيعة على سبيل المثال من حيث (الشكل) ، من ما يصنع (المادة)، ماهي اساسيات بنائه (الهيكل) ، وكيف يعمل (العملية) ، أو ما يستطيع القيام به (الوظيفة) . وكماموضح بالشكل مستويات محاكاة الطبيعة كما أوضحته .Pedersen Zari (2012).[٤]



شكل (٢) مستويات محاكاة الطبيعة،المصدر: مراد عبد القادر،صابرين عيد خلف ،"محاكاة البيئة الطبيعية لتحقيق الراحة الحرارية في البيئة الصحراوية "

أ- مستوى شكل الكائن الحي

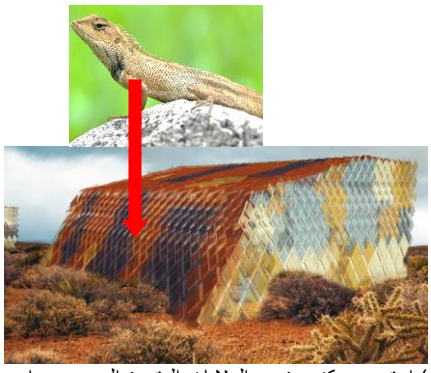
لقد تطورت أنواع مختلفة من الكائنات الحية على الأرض عبر ملايين السنين .هذه الكائنات قد ابتكرت طرقاً جديدة للبقاء على الأرض .لقد خلقوا لأنفسهم آليات مختلفة للبقاء على قيد الحياة وتكيفوا مع التغيرات المستمرة مع مرور الوقت .وبالتالي لدى البشر مجموعة كبيرة من الأمثلة التي يمكن الاعتماد عليها لحل المشاكل التي يواجها المجتمع والتي ربما تكون الكائنات الحية قد تناولتها بالفعل ويعني هذا المستوى محاكاة كائن حي بذاته ولكن دون محاكاة قدرته على المشاركة والمساهمة في السياق الأوسع للنظام الإيكولوجي .[٥]



شكل (٣) مقترح لوحدة سكنية بالقطب الشمالي،المصدر: http://imstudio.us/Polar_Bear_House.html

ب- مستوى السلوك

وهناك عدد كبير من الكائنات تواجه نفس الظروف البيئية التي يواجها البشر، وتحتاج إلى حل القضايا المماثلة التي تواجه البشر، هذه الكائنات تميل إلى العمل في حدود القدرة البيئية للمكان المحدد وضمن حدود الطاقة وتوافر المواد. يحدث تطور للكائن الحي يعتمد على نوع السلوك الذي يظهره في البيئة، لا تتطور الكائنات الحية المتكيفة بشكل جيد فحسب، بل تتطور أيضًا إلى الكائنات الحية التي تتعلم كيف تتطور من خلال مشاهدة السلوك من الكائنات الحية الأخرى. [٦]



شكل (٤) استوديو سكني بغرب الولايات المتحدة،المصدر:مراد عبد القادر،صابرين عيد خلف ،"محاكاة البيئة الطبيعية لتحقيق الراحة الحرارية في البيئة الصحراوية "

ج- مستوى النظام البيئي

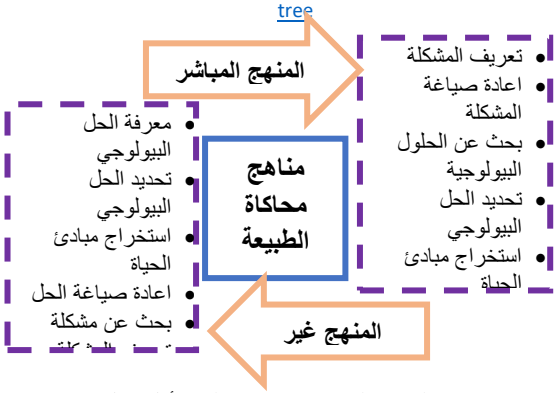
يشير إلى محاكاة نظام إيكولوجي معين وكيفية عمله بنجاح وكذلك والمبادئ المطلوبة لتشغيله. كما تم استخدام مصطلح Ecomimicry لوصف محاكاة النظم البيئية في التصميم .من مزايا التصميم على هذا المستوى من المحاكاة الحيوية أنه يمكننا أيضًا فهم المستويات الأخرى من المحاكاة البيولوجية (الكائن الحي والسلوك.
ومثال على ذلك؛ برج (Treescraper Tower of Tomorrowتصميم ويليام مكدوناو الذي يقلد شجرة في نظامها البيئي، تنتج الطاقة وتتغير مع الفصول. [٧]

شكل (٥) استوديو سكني بغرب الولايات المتحدة،المصدر: https://inhabitat.com/the-building-of-tomorrow-that-works-like-a-tree

١-٥ مناهج محاكاة الطبيعة:

وقد استنتج الباحثون منهجين رئيسيين في عملية التصميم المحاكي للبيئة الطبيعية بمصطلحات مختلفة وهما:

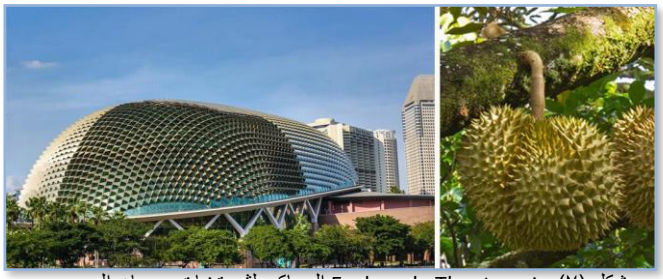
- المنهج المباشر
- المنهج غير المباشر



شكل (٦) مناهج محاكاة الطبيعة،المصدر: مراد عبد القادر،أمل كمال شمس الدين،"محاكاة البيئة الطبيعية لتحقيق الراحة الحرارية في البيئة الصحراوية "

أ- المنهج المباشر (التصميم بالرجوع إلى علم الأحياء)

يتم تحديد حاجة الإنسان أو مشكلة تصميمية، ثم محاولة إيجاد حلول لهذه المشكلة من خلال البحث والاطلاع إلى حلول الكائنات الحية أو النظم الإيكولوجية لمشكلة مماثلة.
وعلى سبيل المثال مسرح المتنزه في سنغافورة، الذي صمم عام 2002م، ويحتوي فيه الغلاف الخارجي على وحدات متعددة ومتراكبة للحماية من الاشعاع الشمسي والتحكم بها عن طريق الكاسرات الشمسية المدمجة، وقد استلهم التصميم من ثمرة نبات دوريانDurian متعددة الطبقات والمغطاة بقشرة من الشوكيات للتوفير الراحة الحرارية.


شكل (٧) مبنى Esplanade Theater المحاكي لثمرة نبات دوريان،المصدر: https://www.fay3.com/i0039c98

ب- المنهج غير المباشر

تعتمد عملية التصميم على الأشخاص الذين لديهم معرفة بالبحوث البيولوجية أو الإيكولوجية. مثل علم الأحياء، مثل التحليل العلمي لزهرة اللوتس Nelumbo nuciferaالتي تظهر نظيفة من مياه المستنقعات. [٨]

شكل (٨) التنظيف الذاتي لزهرة اللوتس واستلهام الفكرة في عمل طلاءات للمباني المصدر: مراد عبد القادر،أمل كمال شمس الدين،صابرين عيد خلف ،"محاكاة البيئة الطبيعية لتحقيق الراحة الحرارية في البيئة الصحراوية "

١-٦ مجالات محاكاة النظم الايكولوجية

ان الطبيعة كانت وتزال مثال للكمال ومصدراً لا ينضب من الافكار التي يسعى المعماريون والمبتكرون دائما لمحاكته وللاستلهام منها، وهنالك (عدة استراتيجيات لمحاكاة النظم الطبيعة الحية) تضمنت مجالين اساسين تمثلت بما يأتي: مجال محاكاة الطبيعة الحية، ومجال الطبيعة الغير حية.

١-٦-١-مجال محاكاة الطبيعة الحية:

علم تطبيقي يدرس العناصر الطبيعية، من حيث نماذجها ومنظوماتها وعملياتها الوظيفية والحيوية وعناصرها. قد يكون التصميم المحاكي للطبيعة له خمس ابعاد، من حيث (الشكل)، كيف يتم ذلك (الهيكل)، من ماذا يصنع (المادة)، وكيف يعمل(العملية)، أو ما يستطيع القيام به(الوظيفة).

أ- الشكل:

عمارة محاكاة أشكال الطبيعةBiomorphism، التي تهدف إلى تقليد شكل الكائن الحي لاستلهام الأشكال المعمارية، بدون محاكاة النظم أو الاستراتيجيات الحيوية. [٩]

- محاكاة الشكل في النبات

شكل (٩) محاكاة زهرة اللوتس
المصدر: http://earth-arch.blogspot.com/2017/03/665.html

شكل (١٠) مبني اللوتس بالصين
المصدر: http://earth-arch.blogspot.com/2017/03/665.html

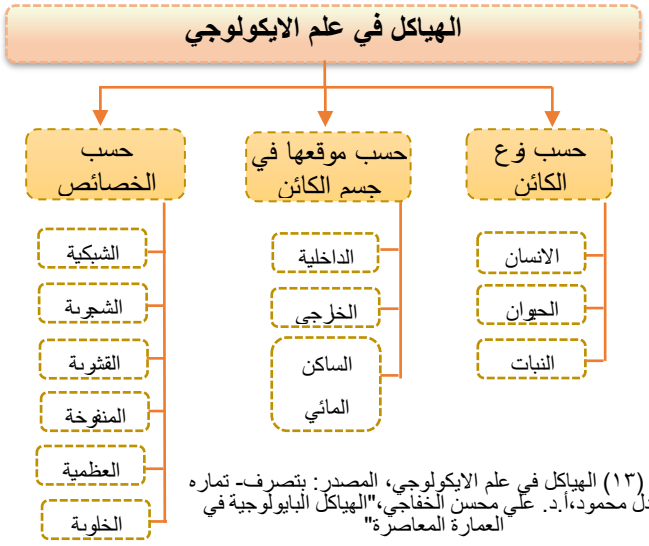
- محاكاة الشكل في الحيوان

شكل (١١) محاكاة الطائر المصدر: https://artravelers.com

شكل (١٢) متحف ميلواكي للفنون المصدر: https://artravelers.com

- الهيكل:

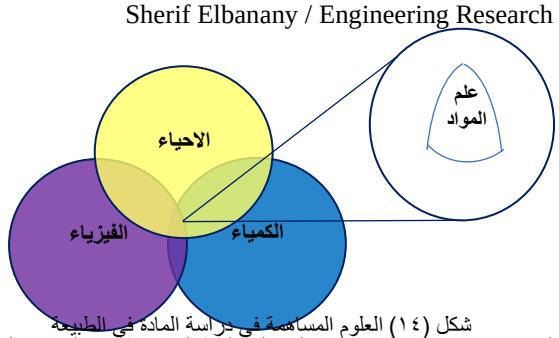
توجد في الطبيعة انواع مختلفة من الهياكل التي تمتلك خصائص فيزيائية وكيميائية ومن هذه الخصائص القوة والمرونة والمتانة على حد سواء والتي تتفاعل بشكل مختلف مع المؤثرات الخارجية فالهيكل في الكائن الحي هو الذي يقوم بتدعيم الجسم واسناده ويمنحه الشكل والصلابة.ويمثل مرتكزاً للعضلات لتقوم بوظائفها على اكمل وجه، فهنالك العديد من الهياكل في علم البيولوجي التي مصدرها الطبيعة، وتم تصنيفها وفقا(حسب نوع الكائن، حسب موقعها في جسم الكائن الحي ،حسب التصرف مع القوى، حسب الخصائص الشكلية) كما يوضحا المخطط.[١٠]



شكل (١٣) الهياكل في علم الايكولوجي، المصدر: بتصرف- تماره عادل محمود،أ.د. علي محسن الخفاجي،"الهياكل البايولوجية في العمارة المعاصرة"

ب- المادة

يملك العديد من الأحياء بنية هندسية تبدأ من تركيب مادته، إذ أن صلابة حرير العنكبوت، وقوة وخفة وزن الخيزران هي أحد الأمثلة الكثيرة للمواد الحيوية عالية الأداء، إذ تتواجد المادة في الطبيعة على شكلين، المادة الحية والمركبات اللاعضوية اللازمة لها، وتعرف المادة الحية في الطبيعة Biological materialبأنها المادة الكيميائية التي يتم تركيبها من قبل الأحياء في الطبيعة. (١١)



شكل (١٤) العلوم المساهمة في دراسة المادة في الطبيعة
المصدر: ولاء حاج علي ،"كفاءة التشكيل والبنية المعمارية وفق المحاكاة الحيوية ،استعمال التكوينات النباتية كنموذج" رسالة ماجيستير

ج- العملية

العملية هي محاكاة العمارة للكائن الحي وخصائصه لتعامله مع البيئة المحيطة.(١٢)

فعلي سبيل المثال محاكاة الخصائص الجوهرية لعملية التنفس للإغوانا (السحلية المائية)، فالعديد من السحالي تغوص هربا من التهديدات تحت الماء، ويتحمل بعضها نقص الأكسجين الشديد قبل أن تخرج من الماء فالقشور التي تغطيها الطاردة للماء تبقي فقاعة الهواء في مكانها فوق فتحات الأنف الصغيرة، فتخزن الأكسجين في هذه الجيوب الهوائية الصغيرة، وتستخدمها للتنفس تحت الماء.(١٣)

شكل (١٥) العلوم المساهمة في دراسة المادة في الطبيعة
المصدر: محمد عبد الفتاح العيسوي ،"أسس البيوميمكري في العمارة – نحو دليل استرشادي لمعايير التصميم البيني البيولوجي المعاصر للمباني"،

د- الوظيفة

هي محاكاة الوظائف التي يقوم بها الكائن الحي في البيئة للتكيف معها.

وبذلك فان المبنى قادر على العمل بنفس الطريقة التي تعمل بها(الكائن المستعار)فى النظام البيئي.(١٤)

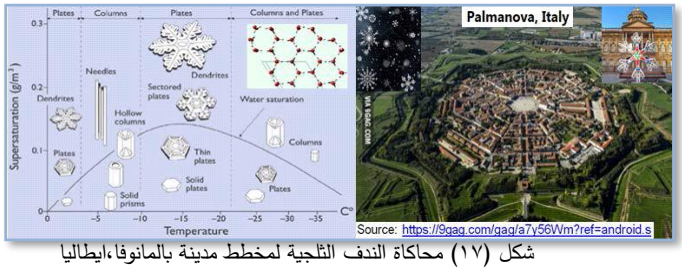
ومثال على ذلك نماذج عمارة باطن الأرض للاستفادة من الرطوبة ، وذلك بمحاكاة التكيف لحيوان قندس بأمريكا الشمالية Castor Canadensis.(١٥)

شكل (١٦) التكيف لحيوان قندس بأمريكا الشمالية Castor Canadensisبإنشاء مسكن رطب في باطن الأرض،المصدر: حسن أحمد حسن يوسف، محسن عبد القادر الحناوي، "الشكل ومحاكاة الطبيعة وتأثيرها علي التصميم المستدام"

١-٦-٢-مجال محاكاة الطبيعة غير حية:

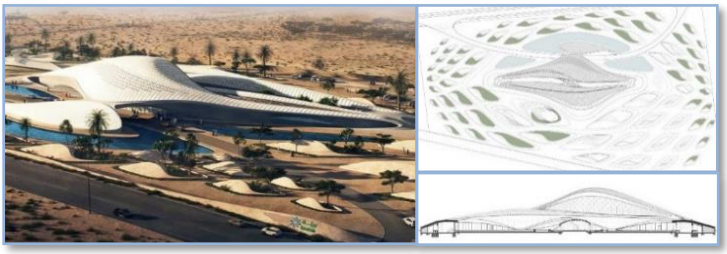
تشكل أشكال الطبيعة غير الحية وتكويناتها مصدراً غنياً للمفكرين والمصممين، حيث تكشف عن ان ثراء وجمال الاشكال غير الحية مركب في الية الطبيعة ذاتها. ومن الاشكال غير الحية:

- **أشكال البلورات الثلجية**: اشكال البلورات الثلجية والتنوع المدهش في أنماطها، وكلها تستند على الشكل السداسي، حيث تشير دراسة (Snow (W.A.Bently) Crystals) الى الانواع المتعددة من الندف الثلجية التي تبلغ الفي شكل .



شكل (١٧) محاكاة الندف الثلجية لمخطط مدينة بالمانوفا،ايطاليا
المصدر : Jin Kim, Kanggeun Park, "The Design Characteristics of Nature

- **أشكال الجبال أو رمال الصحراء**: فأن تشكل الشكل يتم، بحيث أنه في الاعلى تكون الاحمال صغيرة ويكون المقطع الافقي صغير، وفي الاسفل تكون الاحمال كبيرة يكون المقطع الافقي كبير، يماثله في ذلك شكل الهرم. (١٦)



شكل (١٨) محاكاة الكثبان الرملية للمقر الرئيسي لشركة البيئة، الشارقة، الامارات العربية المتحدة ،المصدر: Jin Kim, Kanggeun Park, "The Design Characteristics of Nature-inspired"

- **الاندماج بين العالم المبني والطبيعة**: وذلك يتم عن طريق دمج وادخال المساحات الخضراء وبرك المياه، استخدام الفراغات المفتوحة، التواصل البصري بين الداخل والخارج.
- **محاكاة طبوغرافية الموقع**: وهي محاكاة ارض المبني في شكلها الانسيابي او الشكل المتدرج.
- **محاكاة الأمواج ودوامات البحر**: عند النظر الي البحار نجد انها مليئة بالاستلهام للعناصر الجمالية التي يشكلها مثل الأمواج ودوامات البحر. (١٧)

شكل (٢٠) محاكاة مجمع سكني لساحل المحيط، الصين المصدر: Jin Kim, Kanggeun Park, "The Design Characteristics of Nature-inspired" "

شكل (١٩) مباني مستوحاة من دوامة البحر المصدر: Jin Kim, Kanggeun Park, "The Design Characteristics of Nature-inspired

١-٧ دور المحاكاة

وان التصميم الايكولوجي هو محاولة لوضع هذه الانظمة ضمن الموازنات الخطية الوظيفية المستعملة والمطلوبة في التصميم، ان الطريقة التي تترابط بها دورة الحياة، تسمح للأبنية بأن تأخذ خاصية الانظمة الطبيعية، فان التعلم من الطبيعة يعمل على تشجيع التفاعل بين المصادر مثل الطاقة والماء والمواد الداخلة في الهيكل والنفايات مثل التلوث، والناتج الذي يطرحه المبنى الى الخارج،(١٦).

ومن دور التصميم المحاكي للطبيعة التالي:

أ- التكيف (التحكم في البيئة الحرارية):
- مغلفات أجسام الأحياء
- التكيف مع المتغيرات الخارجية
- عدم فصل البنية عن الوظيفة

ب- إدارة المياه:
- تقليل استخدام المياه
- تخزين المياه
- تجميع المياه

ج- توفير الطاقة:
- الاستفادة من المصادر الحيوية
- التكيف مع البيئة المحيطة

د- المتانة:

ان جميع الهياكل المستعملة في المباني والمأخوذة من الطبيعة قد خضعت للتجربة، فالأشكال والتراكيب والتكوينات والمواد المستعملة في الطبيعة مستمرة وغير منتهية.

ه- المباني الأيقونية "Iconic Building":

محاكاة المبني بما يميز البيئة المحيطة به قد تجعله علامة مميزة للمكان وتجعله ايضاً مبني مميز "Icon"[١٨]

ونظراً لدور النظام الأيكولوجي وأهميته في مجال العمارة وتأثيره الإيجابي على البيئة والاقتصاد والمجتمع، فيستوجب هذا ان تنفذ هذه المباني الأيكولوجية بأعلى كفاءة وبأفضل التقنيات، لذلك كان الجدير بالدراسة تقنية نمذجة معلومات البناء الـ BIM التي تساعد على تفعيل النظام الايكولوجي وتنفيذه بأعلى كفاءة.

٢- نمذجة معلومات البناء (BIM)

٢-١- مفهوم تقنية الـ BIM:

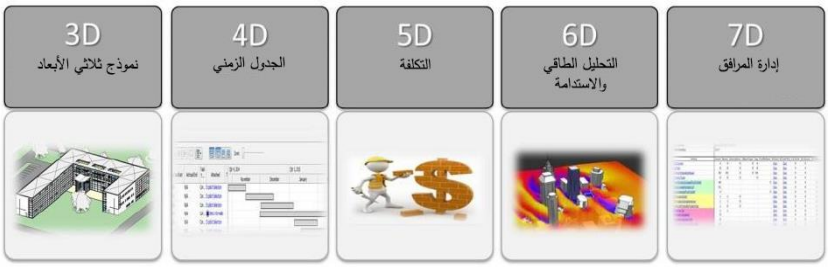
هي تمثيل للخصائص الفيزيائية والوظيفية للمنشأة في شكل نموذج محاكاة يتم بناءه باستخدام الكمبيوتر يكون هو مصدر المعلومات المشتركة خلال دورة حياة تلك المنشأة حيث تشكل أساساً يمكن الاعتماد عليه لاتخاذ القرارات. [١٩]

شكل (٢١) مكونات منظومة معلومات البنا عند الـ BIM، المصدر: https://www.slstructures.fr/le-bim-et-nous/nos-vid%C3%A9os/

٢-٢- ابعاد تقنية الـ BIM

هناك عدة أبعاد مختلفة لاستخدام تقنية BIM فى مرحلة التصميم والتنفيذ تعمل هذه الأبعاد على تحسين القدرة على ربط معلومات التصميم بمتطلبات المشروع وظروفه.

ومعنى نموذج هنا يتعدى حدود مفهوم بناء مجرد شكل ثلاثي الأبعاد، فيشمل بناؤه كشكل ثلاثي الأبعاد(3D) له خصائصه التي يمكننا إدخالها وهو وسيلة لإدراك المعلومات، وذلك مهد الطريق لظهور برامج تضيف الي ذلك إدراكه بعامل الوقت أو الزمن(4D) التي يتم من خلالها محاكاة مراحل بناء المبني، وكذلك إدخال عامل التكلفة (5D) وهي حساب كميات المواد وتكلفتها، العامل السادس هو الاستدامة(6D) وهي برامج دراسة المبني بيئيا وتحقيق الاستدامة عبر تحليلات متعددة ، ثم ظهور جيل إدارة المرافق والعامل السابع (7D) وهو ادارة المشروع بعد الانتهاء من تنفيذه والاهتمام بصيانته وغيرها من الأمور التي تطرق على المبنى بالمستقبل. [٢٠]



شكل (٢٢) ابعاد الـ BIM ، المصدر: Marzia Bolpagni,The implementation of BIM within the public procurement

٢-٣- مراحل استخدام تقنية الـ BIM خلال مراحل المشروع

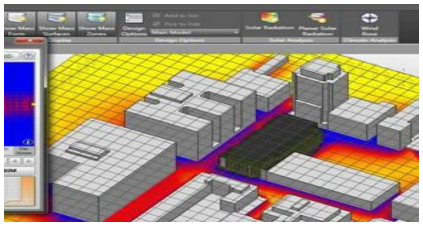
يتم استخدام نموذج البيم في كل مرحلة من مراحل المشروع، والتي يكون فيها جميع تسليمات النموذج في كل مرحلة من مراحل البناء.ومراحل النمذجة هي كالتالي:

P=PLAN D=design C=construction O=operation

أولاً: البرمجة ووضع الأفكار المبدئية:P

وهي نماذج لا تحتاج تفاصيل، وهي طبيعة التصميم الابتدائي، حيث تعتمد على وضع أفكار كثيرة، وإختيار الأفضل بينها، ويتم برمجة هذه الأفكار ومناقشتها بين فريق العمل.

- **البرمجة(Programming):**هي مهام للحفاظ على مرونة المشروع إنشاء مهام البناء مثل: تحديد ارتفاعات الادوار، مسارات الحركة في المبنى، أنواع المواد المستخدمة في المبنى، مساحات الفراغات، عناصر المبنى وظيفته والتخطيط الكلي له.



شكل (٢٣) تحليل الموقع ،المصدر:
https://www.researchgate.net/publication/333093373

- **تحليل الموقع-SITE ANALYSIS-P**:

تحليل ودراسة الموقع العام، دراسة المناطق المحيطة ومتطلبات تقسيم المناطق والبيانات المساحية لارتفاعات الأرض وتصوير الموقع ودراسة الخرائط مناسيب والدراسة المحيطة بالمكان. [٢١]

ثانياً: التصميم D-Design:

وهي تعتمد على مستوي متوسط من التفاصيل. ويتم التعامل مع المشروع من خلال اقتراح العديد من البدائل التصميمية المختلفة والتي تكون في صورة نماذج ثلاثية الأبعاد تعبر عن اجمالي كتلة المشروع.

- **إنشاء/توليد التصميم- Design Authoring:**

يتم فيها استخدام نموذج ثلاثي الابعاد لوضع المعلومات التي يستند عليها والمعايير المطلوبة لتطوير المبنى في عملية التصميم وكيفية ربط نماذج النماذج ثلاثية الابعاد مع قاعدة، وتسليم نموذج يحتوي على تضاريس مساحة البناء وتحليل البيئة المحيطة والمناسيب.

شكل (٢٤) نموذج ثلاثي الابعاد به قاعدة بيانات كاملة المصدر: https://www.cpas-egypt.com/pdf/Omar_Slem/Book/Green_BIM.pdf

- **مراجعة التصميم- Design Reviews:**

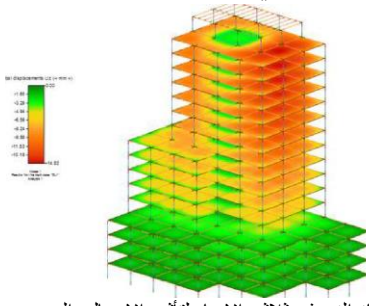
تكون من ناحية المصمم او استشاري المالك لأنه يضع قوانين ومعايير الإضاءة وحل مشاكل التصميم والرد على RFI (Requests For Information) ، ومقارنة البدائل المتاحة في التصميم وحل النزاعات بين الأطراف.

ثالثاً: نماذج التحليل Analysis -C:

يتم إعداد البرمجيات التي تساعد على إعداد التحليلات على النموذج ثلاثي الأبعاد، وهي:

- **التحليل الإنشائي- Structural Analysis:**

استخدام برامج الهندسة المدنية لتحليل المنشأ وتطبيق الأكواد على حسب احمال المبني من استخدام وخصائص المبنى وارتفاعات وعمل محاكاة مع احمال الرياح ودراسة تأثير الزلازل ويتم امرار هذه العملية من نمذجة المبنى الى دراسة الاحمال والمحاكاة ويتم ربطها بالهندسة المعمارية في تنسيق شكل الكتل والدراسة المبدئية للمبنى. [٢٢]



شكل (٢٥) محاكاة النموذج ثلاثي الابعاد لتأثير الاحمال، المصدر:
https://www.researchgate.net/publication/333093373

- **التحقق من كود البناء- Code Validation:**

عملية التحقق من النموذج من حيث مطابقته للمواصفات القياسية والدولية وتوفير الوقت، وهي من مسؤوليه المجلس المحلي و هيئات التصميم العمراني.

- **تحليل الإضاءة- LIGHTING ANALYSIS:**

استخدام برامج المحاكاة والتقارير الصادرة عن استخدام وحدات الاضاءة والتوزيع وكمية كفاءة الطاقة المستهلكة في المبنى. (٢٣)

شكل (٢٦) توزيع الكهربه وكفائتها، المصدر: https://www.cpas-egypt.com/pdf/Omar_Slem/Book/Green_BIM.pdf

- **تحليل الطاقة- ENERGY ANALYSIS:**

هو محاكاة المبني من حيث كفاءة الطاقة من اجهزة الكترونية ومعرفه متطلبات المشروع من الطاقة المستخدمة، بداية من التصميم لحساب الاحمال الحرارية والتصميم المستدام. عن طريق محاكاة الوقت مع النمذجة، وهي أداة اتصال قوية لتقييم الجدول الزمني مع4D ، وتحسين الخدمات اللوجستية في عمليات التشوين وتقليل الهالك من الخامات.

شكل (٢٧) حساب الاحمال الحرارية،المصدر: https://www.cpas-egypt.com/pdf/Omar_Slem/Book/Green_BIM.pdf

رابعاً: النماذج الخاصة بمرحلة التفاصيل C- DETAILING :

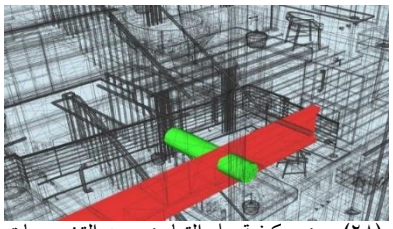
وتغطي هذه المرحلة جميع أجزاء المشروع، وتعتمد علي التحليل البصري فقط. مثل تركيب عناصر الحوائط الزجاجية وعلاقتها بالأسقف الداخلية للأدوار، حيث يمكن أن يري التفاصيل ثلاثية الأبعاد، ليتيح فرصة اتخاذ قرارات صائبة في التركيبات والتجهيزات وطرق التنفيذ.

خامساً: التنفيذ C- Construction:

وتتضمن هذه المرحلة مستوي أعلي من التفاصيل، وتقوم كل التخصصات باستخدام النموذج التصميمي ودراسته. وفي هذه المرحلة تظهر المشاكل الخاصة بالتعارض أو التداخل بين التخصصات المختلفة، ليتم التعامل معها وحلها عبر هذا النموذج.

- **التنسيق بين التخصصات عبر النموذج ثلاثي الابعاد- 3D Coordination:**

مهام تحتوي على تحويل من ثنائي الابعاد و بإضافة المعلومات إلى العناصر ثلاثية الابعاد المكونة للمشروع وتحويلها من مجرد رسم إلى عناصر مشبعة بالمعلومات وتنسيق بين تخصصات في حل تعارض بينهم في عناصر البناء(Hard clash and soft clash).

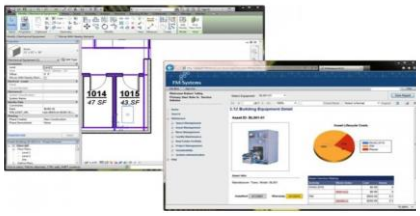


شكل (٢٨) يوضح كيفية حل التعارض بين التخصصات،المصدر: https://www.cpas-

سادساً: نماذج التشغيل والصيانة O- Operations And Maintenance:

- **جدولة صيانة المباني -Building Maintenance Scheduling:**

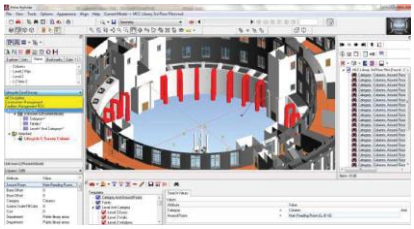
بناء جداول الصيانة لكل وظيفة واستخدام موجود داخل المبنى وعلى مدى العمر التشغيلي وعمليات الصيانة الدورية لكل معدة او عنصر مستخدم وهدف ذلك تحسين اداء المبنى والحد من اصلاحات المنشأ وتقليل المخاطر.



شكل (٢٩) جدولة الصيانة الدورية للمبني،المصدر: https://www.researchgate.net/publication

- **الإدارة المساعدة-Asset Management- O:**

العملية التي يكون اتجاه الادارة ذو اتجاهين ونموذجا قياسيا لزيادة الكفاءة في الصيانة وتشغيل المرافق، ويتألف من المعدات والنظم البيئية المتاحة وأجهزة كمبيوتر والاعمال الفنية للشركة، حيث تساعد في اتخاذ القرارات المالية والتخطيط طويل المدي، لكيفيه الحفاظ



شكل (٣٠) إدارة المشروع من خلال قاعدة بيانات كاملة، المصدر: https://www.researchgate.net/publication

على قاعدة بيانات يمكن ربطها بالـ BIM ومراقبة تحركات المشروع .

- تقدير التكاليف-P,D,C,O- Cost Estimation(5D):

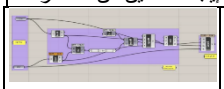
عملية التطوير من 4D الى 5D الي تحدد دورة حياة المشروع بتحديد تكلفة الخامات ، والتي تساعد من الحد من التجاوزات في الميزانية وتحديد الاسعار والحد من الخروج من ميزانية المشروع والحد من التغيرات والتعديلات في الانشاء. [٢٤]

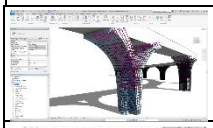
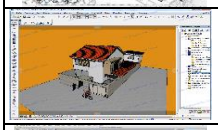
شكل (٣١) تقدير التكلفة ،المصدر:

https://www.researchgate.net/publication

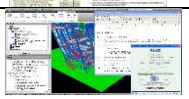
ومن هنا يمكن القول ان لتصميم وتفعيل بناء ايكولوجي مصمم بأعلى كفاءة فيمر المبني بعدة مراحل بداية من الفكرة حتي التنفيذ باستخدام عدة برامج لتقنية نمذجة معلومات البناء الـBIM

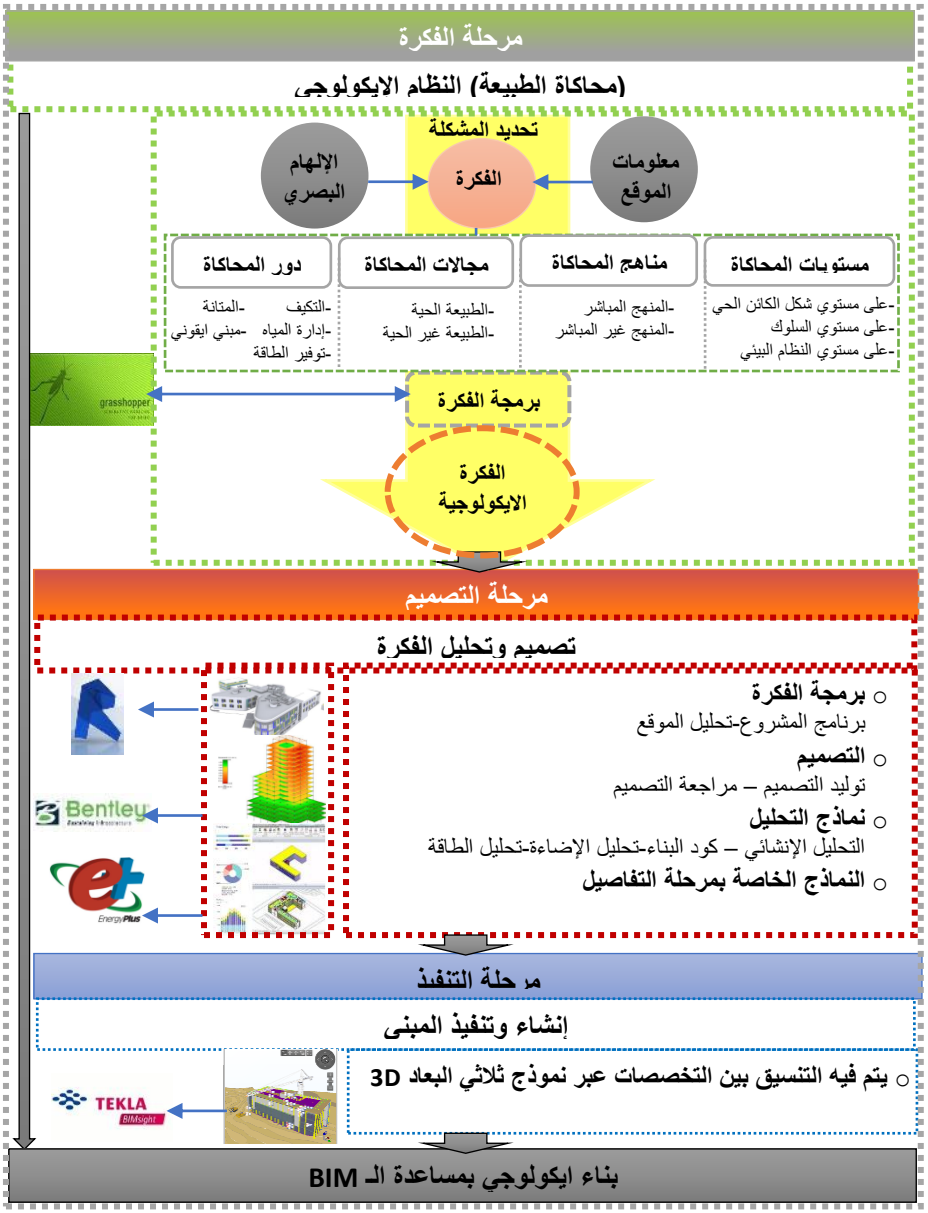
٢-٤-بعض برامج نمذجة معلومات البناء BIM لمراحل دورة حياة المبني، جدول(١)

المرحلة	الفكرة التصميمية		
التعريف بالمرحلة	ان مرحلة الفكرة هي بداية عملية التصميم التي يتم فيها جمع عدة معلومات منها عن الموقع وأيضا عن مكونات المشروع ومتطلباته، وبعد ذلك يأتي دور تقنية الـ BIM فيوجد أكثر من برنامج متخصص يساعد علي إيجاد الملاين من الأفكار		
البرامج المستخدمة	Grasshopper	هو لغة برمجة مرئية Visual Programming طورها ديفيد روتن David Rutten في شركةRobert McNeel &Associates والتي أطلقت في سبتمبر ٢٠٠٧ Grasshopper يعمل ببرنامج الراينو Rhino، يتم انشاء النماذج بسحب مكونات components الي اللوحة (فراغ تكوين المخطط البياني المعبر عن النموذج)، يتم وصل مخرجات تلك المكونات بمدخلات المكونات اللاحقة. ويستخدم Grasshopper بشكل أساسي لبناء الخوارزميات مولدة ومنتجة للأشكال الهندسية المختلفة.	

المرحلة	العملية التصميمية(BIM)		
التعريف بالمرحلة	تمثل هذه المرحلة توظيف نموذج معلومات المبنى في طور التصميم ووضع الأفكار وتحليلها، ويشترك عادة في هذا الطور المهندسون، المعماري – والإنشائي –الكهربائي–الميكانيكي		
البرامج المستخدمة	Revit Revit Architecture Revit structurel Revit Mep	أنتجته شركة Autodesk عام ٢٠٠٢م، وهو مجموعة متكاملة من البرامج، فمن خلال استخدام هذا البرنامج يمكن تصميم نموذج ثلاثي الأبعاد3D للمبني واستخراج ملفات التصميم كاملة في مراحل التصميم 2D المختلفة بداية من الفكرة التصميمة الي اللوحات والجداول التنفيذية الأكثر دقة وتفصيل	
	Archicad	أنتجته شركة Graphisoft وهو أول برنامج يعمل بتقنية نمذجة معلومات البناء BIM، ومتخصص للمعماريين، ويحتوي علي مكتبة عناصر معمارية ضخمة، وله إمكانية في عمل في عمل النماذج البارامترية وفي التعامل مع تحليلات الطاقة والاستدامة	
	Bentley Bentley Architecture Bentley Structural Bentley Mep	أنتجته شركة Bentely عام ٢٠٠٤م، وهو مجموعة متكاملة من البرامج لتطبيق نمذجة بيانات ومعلومات المبني، ويعتمد على استخدام النموذج كمحور للمعالجة التعاونية للتصميم والتخطيط والإنشاء وأنظمة المبني (ميكانيكا،كهربة، صحي)، ويتميز بمجموعة كبيرة من الأدوات المساعدة لدعم النماذج البارامترية وقدرة في التعامل مع المشاريع الكبيرة	
	Victorworks designer	أنتجته شركة Nametschek يقوم البرنامج بالتصميم في مراحل التصميم المختلفة بداية من الفكرة المبدئية الي الملفات الإنشائية، حيث يقوم بالدمج بين الملفات ثنائية الأبعاد 2D، والنماذج ثلاثية الأبعاد 3D	
	Design Builder	انتجته شركة DesigBuilder Software (DBS) يتم دراسة الاحمال الحرارية للمبني من حيث التهوية ونسبه انبعاث ثاني أكسيد الكربون وحركه الهواء الداخلية ودراسة الخامات الموجودة داخل المبني من تكوينها وعزلها للحرارة ونسب فقد الكهرباء.	
	Autodesk Ecotect	انتجته شركة Autodesk عام ٢٠٠٨م، وهو أداة تحليل بيئي متكاملة تغطي جميع وظائف المحاكاة والتحليل المطلوبة لفهم تصميم المبني وأداءه، وله كفاءة في عمل التعبير المرئي للظروف المناخية مثل درجات الحرارة، واتجاهات الرياح السائدة، واتجاه الشمس.	

المرحلة	الإنشاء والتنفيذ
التعريف	وتمثل هذه المرحلة انتقال النموذج المجسم للمنشأ من طور التصميم إلى طور التنفيذ، فيتم تجميع المبني من قبل شركات التنفيذ والمقاولات في موقع العمل. وتعتبر نمذجة معلومات البناء في هذا الطور أداة رابطة لنقل البيانات والتفاصيل لتقليص خطر فجوات التواصل وتفسيرات العمل الهندسي الذي قام المعماري بتصميمه

البرامج المستخدمة	Tekla BIMSight	انتجته شركة Tekla عام ٢٠٠٠م وهو له إمكانيات متعددة لإدارة النموذج، ويقوم بتجميع النماذج ومراجعة المشروع واكتشاف الصدام، والتنفيذ والبنية التحتية. ويدعم عمليات التصنيع الرقمي لتفاصيل الإنشاءات من الخرسانة سابقة التجهيز والواجهات وعمل التحليلات الانشائية ودمج جميع المواد المستخدمة في النموذج الإنشائي.	
	BSD speclink.e	أنتجته شركة BSD عام ١٩٩٧م ويستخدم SpecLink-Eلإنتاج وثائق لجميع أنواع المشاريع ولجميع مراحل المشروع -بدءًا من البرمجة وصولاً الي دارة الإنشاءات، ويوفر مخطط تفصيلي ونموذج قصير ومواصفات البناء الكاملة، دون الحاجة إلى البدء من جديد في كل مرحلة	
	e-SPECS	انتجته شركة Inter Spec في عام ١٩٩٨م، وطورته عام ٢٠٠٤م ليرتبط مع أدوات كل من CAD-BIM، ويستخلص متطلبات المواد مباشرة من النموذج مما يضمن التناسق بين النموذج ومواصفات المشروع مع تقدم مراحل التصميم	



شكل (٣٢) المنهجية المقترحة لتفعيل التصميم الايكولوجي بمساعدة الBIM، المصدر : الباحثة

ثانياً: دراسة تحليلية لتأثير تفعيل الفكر الايكولوجي بمساعدة نمذجة معلومات البناء على المباني والبيئة

من خلال الدراسة النظرية التي تم التعرف على المفهوم الايكولوجي ومستوياته ومناهج تطبيقه وكيفية تنفيذه وتفعيله بأعلى كفاءة وذلك باستخدام نمذجة معلومات البناء، فقد تم اختيار أمثلة لمشاريع تبنت الفكر الايكولوجي وحققته بنجاح من خلال اتباع تقنية نمذجة معلومات البناء الـBIM لتحليلها ودراستها واثبات هدف البحث وذلك من خلال الآتي:

- معلومات الموقع ودراسة الإمكانيات المتاحة.
- تحليل الفكر الايكولوجي وكيفية استنباطه من الطبيعة.
- البرامج المستخدمة من تقنية الـBIM التي ساعدت علي انتاج المبني بأعلى كفاءة.

أبراج البحر بأبوظبي

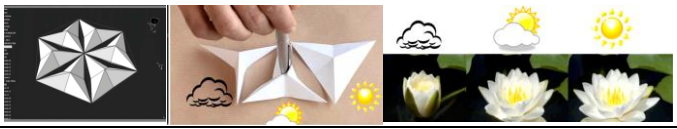
التعريف بالمحطة:

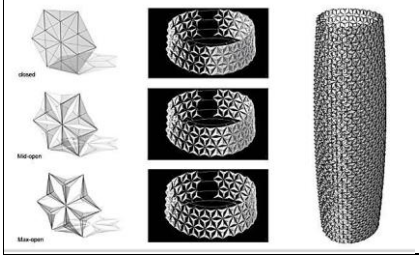
تقع أبراج البحر علس الساحل الشمالي لجزيرة أبو ظبي.

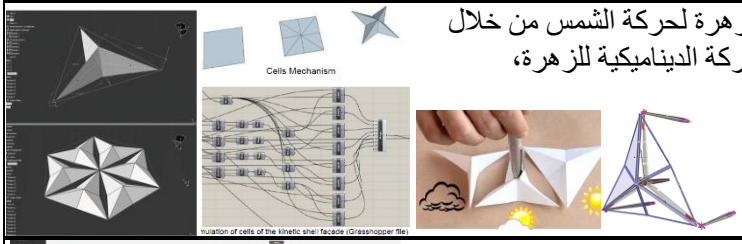
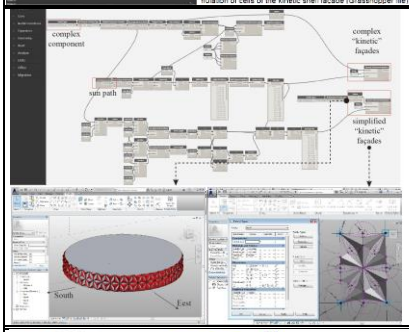
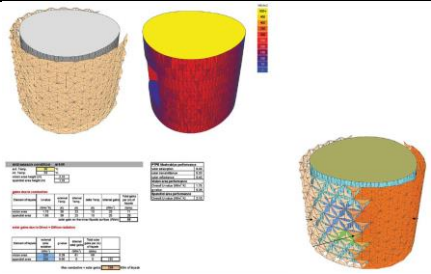
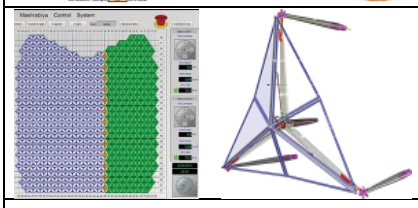
البلد	مدينة أبوظبي
المشروع	أبراج البحر، ٢٠١٣
تصميم	شركة معماريين إيداس Aedas Architects

يتكون المبني من برجين مؤلفين من ٢٥ طابقاً بطول ١٥٠متر على مساحة ٧٠٠٠٠ متر مربع ويشتركان في قبو وطابقين، السمة المميزة للأبراج هو الابداع في التصميم بحماية الجلد بالتفاعل مع الطاقة الشمسية عبر ٢٠٠٠ من المظلات التي تفتح تلقائيا اعتمادا على شدة أشعة الشمس، تعرف المنطقة بأشعة الشمس العمودية ودرجات الحرارة العالية. [٢٥]

شكل (٣٣) أبراج البحر، بأبوظبي المصدر: https://www.albayan.ae/editors-choice/asfar

جدول (٢)			مرحلة الفكر الايكولوجي
دراسة منفعة بمساعدة العلوم الأخرى		√	الفكرة التصميمية للمبني تدمج بين الإلهام الحيوي والعمارة الإسلامية، فاستوحي المصممين الفكرة التصميمية لنظام التظليل من الزهور التي تفتح وتغلق استجابة للتغيرات الجوية. 
مجال المحاكاة	مستوي المحاكاة	مستوي شكل الكائن الحي	√	- اخذت الواجهة للأبراج حائط ستائري يحاكي الشكل الذي تأخذه الزهرة الذي يفتح ويغلق استجابة لحركة الشمس. - في الليل ستفتح المظلات جميعها، لتكون الرؤية أوسع للواجهة وكلما تشرق الشمس في الصباح ستبدأ كلها في الاغلاق.
		مستوي السلوك		
		مستوي النظام البيني		
	منهج المحاكاة	المنهج المباشر	√	اتبع في هذا المشروع النهج المباشر، حيث تم تحديد المشكلة وهو ان معظم جهات المبني معرضة للأشعة الشمسية وبدأ البحث عن حلول، ومن ثم تمت محاكاة للعملية التي تقوم بها الزهرة في اغلاقها وفتحها استجابة لحركة الشمس
		المنهج غير المباشر		
	طبيعة المحاكاة	الشكل		تمت المحاكاة للعملية التي تقوم بها الزهرة لواجهة المبني والتي تمت برمجتها لتستجيب لحركة الشمس، وذلك كوسيلة للحد من الاشعة الشمسية والوهج.
		الهيكل		
		المادة		
		العملية	√	

		الوظيفة			
	محاكاة الطبيعة غير المتأثرة	البلورات الثلجية			
		الجبال والرمال			
		الاندماج بين المبني والطبيعة			
		طبوغرافية الموقع			
	دور المحاكاة	التكيف	√	**التكيف**: صممت الواجهة التي تستجيب لحركة الشمس ليتكيف المبني وذلك لمنع دخول الاشعة المباشرة للشمس، **توفير الطاقة:** يعتبر هذا النظام موفر بنسبة ٥٠٪ من المكاسب الحرارية الشمسية ويقلل استهلاك الطاقة في المبني **مبني أيقوني:** يعتبر المبني رمزاً هاما في شكله وعمل وفي كيفية ترشيد الطاقة ومقاومة العوامل البيئية.	
		إدارة المياه			
		المتانة			
		توفير طاقة	√		
		مباني ايقونية	√		

جدول (٣)	مرحلة التصميم والتحليل والتنفيذ بمساعدة الـ BIM	
برمجة الفكرة وعمل نموذج المشروع	تمت برمجة الفكرة الأساسية لاستجابة الزهرة لحركة الشمس من خلال تحوير الوحدة المثلة التي تعمل بنفس الحركة الديناميكية للزهرة، وتكوينها كوحدة واحدة تشبه وظيفة المشربية بمساعدة برناج جراسهوبر Grasshopper	
التصميم	تم التحويل من البرمجة النصية الي النمذجة البارمترية للكتلة والوحدة المثلثة علي برنامج الريفتAutodesk Revit وبمساعدة نظام الدينمو Dynamo فمن خلال هذه البرامج تم التحكم في الواجهات الحركية المعقدة الجديدة وتطويرها	
نماذج التحليل	– **تحليل الطاقة** عمل نمذجة وتحليل حراري شامل للمبني لدراسة تأثيرات أشعة الشمس عل الواجهات ، وأثر نظام التظليل الديناميكي لتقليل تأثير أشعة الشمس وتحديد آلية برمجة النظام خلال الأوقات المختلفة وأتاحت للمصممين استبعاد الواجهة الشمالية للمبني حيث لم يكن مطلوباً.	
نماذج التفاصيل	تصميم الواحدة علي برنامج خصيصا لاختبار الوحدة في تكوينات قابلة للطي	
تجميع النماذج وكشف	لا تتوفر بيانات لهذه النقطة	

جويل شانغي Jewel Changi

البلد	سنغافورة
المشروع	جويل شانغي Jewel Changi
تصميم	Safdie Architects موشيه صفدي

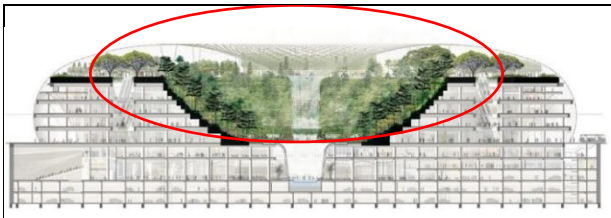
تتيح مدينة شانغي للزوار تجربة الاندماج مع الطبيعة بالإضافة لوجود العديد من المرافق الثقافية والترفيهية.
جويل شانغي هو مركز جديد متعدد الاستخدامات بمساحة ١,٤ مليون قدم مربع ووجهة عصرية في مطار شانغي في سنغافورة، وهو أحد أكثر المرافق ازدحامًا في العالم . وقد نال استحسانًا لتصميمه الفريد، الذي أبرزه أطول شلال داخلي في العالم وسقف شبكي بيضاوي الشكل نصف شفاف يمتد على مسافة (٦٥٠ قدمًا ٢٠٠ متر)، يجمع المبنى بين متاجر التجزئة والمطاعم والفندق والحديقة الداخلية الواسعة والمرافق الترفيهية، وكلها متاحة للجمهور ومرتبطة بمحطات المطار والمواصلات العامة في سنغافورة.[٢٦]

شكل (٣٤) جويل شانغي المصدر: - https://www.enr.com/articles/47117-singapores-jewel

شكل (٣٥) المسقط الافقي لمركز جوهرة،المصدر: https://www.structuremag.org/?p=15054

تمتد جوهرة شانغي Jewel Changi على مساحة ١٣٥,٧٠٠م٢ بجانب بوابات مطار سنغافورة ومرافقه الخدمية، بالإضافة للحدائق الداخلية الخلابة، والأماكن الترفيهية، والمطاعم، والمقاهي، والفنادق.

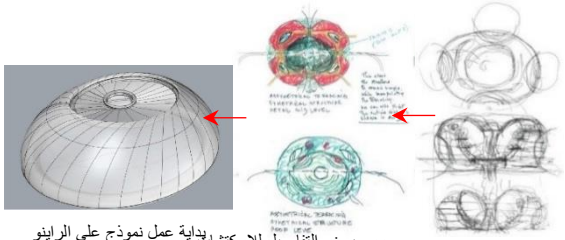
جدول (٣)			الفكر الايكولوجي
الالهام البصري		√	تتميز سنغافورة بأن هناك وفرة من المساحات الخضراء، بما في ذلك جزء من الغابات المطيرة، في وسط سنغافورة، إضافة إلى الأنهار والبرك . فجأت فكرة التصميم لهذا المركز وكأنه يبدو كجوهرة تجمع في تصميمها بين بيئتين: البيئة الحديثة المتطورة والطبيعة الخلابة التي تبدو كجنة من جنان الأرض. الالهام من الطبيعة الخلابة للمدينة
دراسة متعمقة بمساعدة العلوم الاخرى			
مستوي المحاكاة	مستوي الكائن الحي		تمت محاكاة النظام البيئ للطبيعة المحيطة ككل من غابات ونباتات وشلالات وأنهار فالنظام كله يعمل وكأنه الطبيعة، وتعمل هذه الطبيعة الساحرة على خلق مناخ داخلي رطب.
	مستوي السلوك		
	مستوي النظام البيئي	√	
منهج المحاكاة	المنهج المباشر	√	قام المصمم باتباع المنهج المباشر للعملية التصميمية؛ أي انه قام بتحديد المشكلة وهي تحقيق جاذبية خالدة لمكان يرغب الناس في العودة اليه مراراً وتكراراً، وبدأ بالبحث عن الحلول البيولوجية المحاكية لطبيعة الموقع، تبني المصمم فكرة "الحديقة التي لا مثيل لها" حيث تكون مركز المبني، وتأصيل لفكرة موقع سنغافورة كمدينة تشبه الحديقة
	المنهج غير المباشر		
مجال المحاكاة	الشكل		
	الهيكل		
	المادة		
	العملية		
	الوظيفة		

دور المحاكاة	محاكاة الطبيعة غير	البلورات الثلجية		جمع موشيه سافدي في تصميمه بين الطبيعة الخلابة والتكنولوجيا الفائقة في حديقة داخلية وأطول شلال داخلي في العالم مع تغطية قشرية شبكية هائلة تغطي الحديقة. 
		الجبال والرمال		
		الاندماج بين المبني والطبيعة	√	
		طبوغرافية الموقع		
		التكيف	√	**التكيف:** تم تحقيق التوازن بين الراحة الحرارية للزوار، وتعد النباتات والشلال أو "دوامة المطر" من العناصر التي ساعدت علي تبريد المركز وتوفير قدر من الراحة الحرارية
		إدارة المياه	√	**إدارة المياه:** تم إدارة المياه بشكل مبهر فعندما يسقط الماء الحر إلى حوض تجميع في قاعدة الدوامة يحتوي على خزان ٤٣٥٠٠٠ لتر. يتم جمع مياه الأمطار الفائضة لإعادة استخدامها في جميع أنحاء المبنى، وللميزة المائية نفسها. عندما لا تمطر، يتم ضخ المياه المعاد تدويرها مرة أخرى للحفاظ على تشغيل Rain Vortex .
		المتانة		
		توفير طاقة		
		مباني ايقونية	√	**مبني أيقوني:** يعد المبني فريد من نوعه، فيحتوي علي أكبر حديقة داخلية وأكبر شلال داخلي في العالم، وأيضاً علي أكبر شبكة قشرية شبكية، فالمبني يعتبر أيقونة وواجهة سياحية لمدينة سنغافورة.

جدول (٤) مرحلة التصميم والتحليل والتنفيذ بمساعدة الـ BIM

برمجة الفكرة وعمل نموذج المشروع

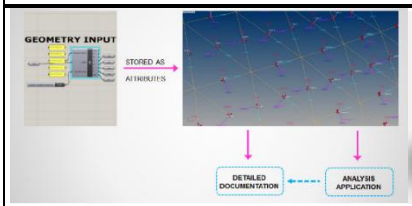
- أستلهمت فكرة المشروع من طبيعة البلد التي يطلق عليها مدينة في حديقة وقام المعماري موشيه صفدي Safdie Architects تبني فكرة "الحديقة التي لا مثيل لها" تعتبر بداية الفكرة انها حلقة تحوي حديقة، ولكن كان مسار القطار المعلق في مطار شانغي موجودًا بالفعل، لذلك كان على الشلال أن يتحرك بعيدًا عن المركز.
- ساعدت تقنية البيم BIM في انجاز هذا المشروع بالكامل ففي هذا المشروع أثبت برنامج النمذجة الراينو Rhinoceros الخاص بشركة McNeel's أنه سيكون بمثابة البرنامج الرئيسى الذي يعمل كمركز لجميع التطبيقات المستخدمة في التصميم والتحليل والتوثيق.



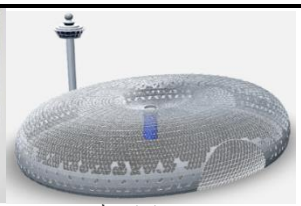
بداية عمل نموذج على الراينو — رسم بعض التفاصيل للاسكتشات وتحديد المساحات ومسارات — اسكتشات لبداية الفكرة

التصميم

تم إنشاء برتوكولات التشغيل البيني بين عدة برامج، بين SAP(التحليل الهيكلي) و SMARTformو Grasshopper plugins لـ Rhino(التحسين الهندسي والترشيد) Rhino(بيئة التصميم الرئيسية) و Autodesk Revit (التوثيق والتنسيق وتنسيق ملف العطاء ثلاثي الأبعاد اللاحق).



معالجة البيانات ببرنامج Grasshopper



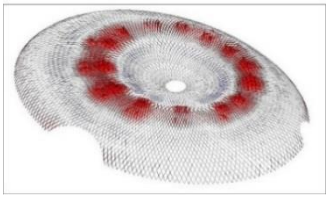
نموذج ثلاثي الأبعاد

نماذج التحليل

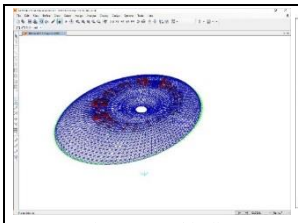
تم استخدام بعض البرامج التي تساعد علي اعداد التحليلات للمبني في جميع الظروف المحيطة به.

– **التحليل الإنشائي Structural Analysis**

باتباع تقنية الـBIM استخدم الفريق الهندسي عدداً من تطبيقات البرامج المتقدمة ، تم استخدام برنامج التحليلات SAP2000 لتحليل الشبكة المعقدة للجوهرة وتم ربطه ببرنامج Rhino لإجراء تحليلات مستقلة لهذه الحسابات.



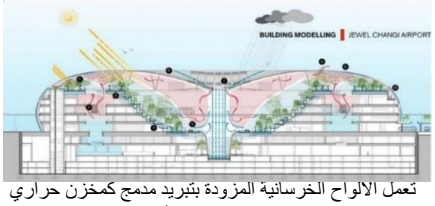
نموذج تحليل قوة الإنحناء



نموذج للتحليل الانشائي على برنامج SAP2000

– **نمذجة وتحليل ضوء النهار**

تم تطبيق تقنية الـ BIM باستخدام مجموعة من برامج تتبع الأشعة المخصصة والتنبوء بالإضاءة المرتبط بنموذج الضوء القادم من كل خلية زجاجية مثلثة من السقف، وصممت لكل ساعة من اليوم على مدي ساعة.

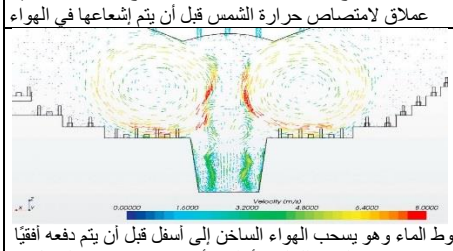


تعمل الالواح الخرسانية المزودة بتبريد مدمج كمخزن حراري عملاق لامتصاص حرارة الشمس قبل أن يتم إشعاعها في الهواء

– **تحليل الطاقة والراحة الحرارية**

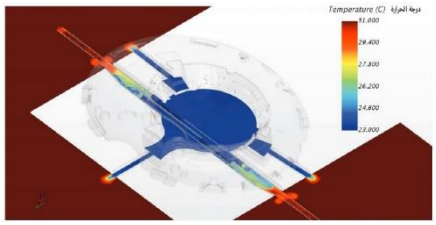
تمت نمذجة، تأثير الشلال على الفضاء، فالمياه المتدفقة ستبرد الهواء بشكل طبيعي من خلال التبخر الحراري.

فتم عمل للنقطة التي يمر فيها الشلال عبر قاع الوادي درابزين زجاجي لمنع الزوار من السير بالقرب من الفتحة، فذلك ساعد على ان التدفق الجاني للهواء يتم دفعة لأعلي.



سقوط الماء وهو يسحب الهواء الساخن إلى أسفل قبل أن يتم دفعه أفقيًا عن طريق دفع الهواء للخلف لأعلى الأسطوانة عند قاعدة الشلال

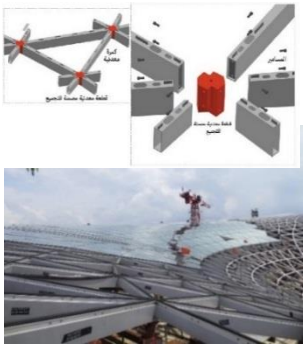
يوجد باب دوار بالقرب من مكان دخول القطار وخروجه من كل نفق، فكانت مشكلة ترتيب الدهليز أن آلية الباب الدوار لا تعمل بالسرعة الكافية للتعامل مع سرعة القطار، لذلك كان على فريق التصميم تقييم حجم الهواء المتسرب، لإثبات أنه غير مهم نسبيًا، طورت Atelier Tenوسيلة لنمذجة حركة الهواء، ولكن كان عليها العمل مع برامج CFD،Siemens CD-adapco،لاستخدام أجهزة الكمبيوتر العملاقة ، لأن نموذج CFD كان معقدًا للغاية لدرجة أن أجهزة الكمبيوتر الداخلية الخاصة بهم لم يكن لديها القدرة الحصانية الكافية .



نموذج يوضح ارتفاع درجات الحرارة في الأنفاق مع دخول القطارات للجوهرة.

نماذج التفاصيل

- بعد حل الشكل العام، تم تحديد الشكل باستخدام ألواح مثلثة مصنوعة من الفولاذ والزجاج، يتم تراكب سلسلة من عناصر الحلقة الأفقية على طول السطح .
- ساعدت عمليات التصنيع المتاحة لهذا النوع من العمل في تبسيط تعقيد هيكل سقف الجوهرة، للعناصر الفولاذية.
- بفضل جزء كبير من الاستخدام المبتكر لفريق المشروع لبرمجيات وتقنيةAEC ، تمكن المصممون من العمل بشكل مثمر مع المقاول، Mero، لتحقيق رؤية الجوهرة المعمارية الفريدة باستخدام تقنية الطحن ثلاثية الأبعاد التي يتم التحكم فيها بواسطة الكمبيوتر(CNC) .
- يتكون كل لوح زجاج في الواجهة من ثلاث طبقات من الزجاج -طبقة خارجية وفجوة هوائية ١٦ مم وطبقة مزدوجة التصفيح، وهذا في حد ذاته يقلل من كمية الحرارة المشعة التي تدخل في القبة



تجميع النماذج وكشف التعارضات

لا تتوافر بيانات لهذه النقطة

الملخص:

تتلخص دراسة الورقة البحثية في الآتي:
مقارنةً بأنظمة التصميم المختلفة التي تغفل الجانب البيئي والاستفادة من البيئة المحيطة، فإن النظام الأيكولوجي وتطبيق منهجياته، يوفر الكثير من التصميمات الملاءمة ومندمجة مع البيئة والتي تتكيف مع المتغيرات المختلفة، وذلك بالتطلع للبيئة المحيطة للمبني وذلك باستخدام أدوات النمذجة التي توفر بدائل عديدة واختيار النموذج الأمثل وتوضيح مدي تكيفه بالمتغيرات المختلفة.

النتائج والتوصيات

من خلال الإطار النظري والإطار التحليلي يمكن استخلاص النتائج والتوصيات لهذا البحث وايجازها كما يلي:

أولاً النتائج:

- استغلال الطبيعة المحيطة المليئة بالأفكار التي منحها الخالق عز وجل للطبيعة تجعل المباني أكثر تفاعل مع البيئة المحيطة لخدمة الانسان وحول المشاكل البيئة التي تواجهه.
- البحث المستمر واكتشاف اسرار الطبيعة من خلال علم الاحياء والعلوم البيولوجية تضيف للمصمم المزيد من الأفكار الايكولوجية.
- اعتماد النظام الايكولوجي على خلق الظروف المثالية بين الانسان والبيئة المحيطة.
- للتكنولوجيا دور أساسي ومهم في عملية التصميم الايكولوجي ومنها تقنية الـ BIM التي ساعدت في رفع كفاءة النتاج المعماري.
- استخدام تقنية نمذجة معلومات البناء الـBIM اصبح له دور كبير في حل المشكلات المعمارية وتوليد الفكر الايكولوجي.
- من خلال الدراسة التحليلية وجد أن مساعدة نمذجة معلومات البناء الـ BIMعلي تفعيل النظام الأيكولوجي واستخدامه علي نطاق أوسع واقتراح بدائل عديدة للتصميم وهو أكثر تأثيراً في مجال الطبيعة الحية .
- أوضحت الدراسة أنه من خلال استخدام تقنية نمذجة معلومات البناء الـBIM يمكن الحصول علي نتاج معمارية بأعلى كفاءة ودقة في التنفيذ.
- هناك قلة في النماذج الايكولوجية علي المستوي الإقليمي والمحلي .

ثانيا التوصيات:

- يجب علي المصمم قبل البدء في التصميم النظر الي الطبيعة المحيطة حيث انها مليئة بالأفكار المبنية علي أسس صحيحة متوازنة ومتكاملة مع البيئة التي منحها الخالق عز وجل للطبيعة.
- ضرورة التوجه الي النظام الأيكولوجي في جميع عمليات التصميم، فاستخدام هذا النظام يؤثر ايجابياً على البيئة والاقتصاد والمجتمع بشكل عام.
- الاستمرار في الدراسات والاستكشافات للمجال الايكولوجي والتعلم من استراتيجيات البيئة الطبيعية حيث انها مليئة بمصادر الالهام لحل مشاكل عديدة للتصميم.
- الحاجة الى تبني النظام الايكولوجي من خلال الهيئات والمؤسسات الرسمية لتقديم أوجه الدعم والتطوير المناسب.
- تطوير برامج تقنية نمذجة معلومات البناء الـBIM التي تساعد في توليد العديد من الأفكار الايكولوجية على نطاق أوسع

مراجع البحث

(١) .هدى عبدالصاحب العلوان، ياسمين حقي حسن، **"تناغم العمارة مع الطبيعة التصميم المستدام نحو صحة ورفاه الإنسان"** مقالة نظامية ، مجلة الإمارات للبحوث الهندسية ، ٢٠١٧، ص٤

(٢) علاء محمد جابر ال نصارى،**"محاكاة النظم الإيكولوجية كأساس للتصميم الداخلي المعاصر"**، ورقة بحثية، مجلة العمارة والفنون، العدد السادس،٢٠١٧، ص٣

(٣) دنيا حميد علي،**"محاكاة النظم الطبيعية الحية في قرارات الاستدامة العمرانية"**، ورقة بحثية، جامعة بغداد، الهندسة المعمارية، ٢٠١٢، ص٥

(٤) مراد عبد القادر، أمل كمال شمس الدين، صابرين عيد خلف، **"محاكاة البيئة الطبيعية لتحقيق الراحة الحرارية في البيئة الصحراوية "**، ورقة بحثية، المؤتمر الدولي الثالث: الإبداع والابتكار والتنمية في العمارة والتراث والفنون والأداب ، الإسكندرية ، أبريل ٢٠١٨، ص٤٣٠

(5) Walter, T. L. 2015 .Biomimicry: architecture imitating life's principles Doctoral dissertation, University of Cincinnati

(6) Reem Elsamadisy, Alaa Eldin Sarhan, Yasser Farghaly and Amal Mamdouh**, "BIOMIMICRYAS A DESIGN APPROACH FOR ADAPTATION"**Journal of Al-Azhar University Engineering Sector, Vol. 14, No. 53, October, 2019,p.1527

(٧) مراد عبد القادر، أمل كمال شمس الدين، صابرين عيد خلف،**"محاكاة البيئة الطبيعية لتحقيق الراحة الحرارية في البيئة الصحراوية "**، ورقة بحثية، المؤتمر الدولي الثالث: الإبداع والابتكار والتنمية في العمارة والتراث والفنون والأداب ، الإسكندرية ، أبريل ٢٠١٨، ص٤٣٨

(8) https://www.fay3.com/i0039c98 (Accessed: 20/12/2020 at 2:45 PM)

(٩) ولاء حاج علي ،**"كفاءة التشكيل والبنية المعمارية وفق المحاكاة الحيوية ،استعمال التكوينات النباتية كنموذج"** رسالة ماجيستير ،جامعة دمشق، كلية الهندسة المعمارية ،٢٠١٧،ص١١-١٤

(١٠) تماره عادل محمود، أ.د. علي محسن الخفاجي،**"الهياكل البايولوجية في العمارة المعاصرة"**المجلد٢٥، العدد٢، المجلة الهندسية، جامعة بغداد، فبراير ٢٠١٩، ص٣

(١١) وفاء يوسف حمد الحميدان،**"تقنيات محاكاة الطبيعة لإنتاج مباني سكنية مستدامة في المنطقة الشرقية بالمملكة العربية السعودية"**، ورقة بحثية، المجلة الدولية لنشر الدراسات العلمية، المجلد السابع، العدد الثاني، نوفمبر ٢٠٢٠، ص١٩

(١٢) محمد عبد الفتاح العيسوي،**"أسس البيوميمكري في العمارة – نحو دليل استرشادي لمعايير التصميم البيئي البيولوجي المعاصر للمباني"**، مؤتمر هندسة القاهرة، بناء مستقبل الآن-الحق في حياة – وعمارة وعمران أفضل، جامعة القاهرة، اكتوبر ٢٠١٩، ص٣٠١

(13)https://www.aljazeera.net/news/science/2021 (Accessed: 27/1/2021 at 1:25 PM)

(١٤) عُلا خيطو **"مفهوم العمارة التكيُّفية وتطبيقاتها على أغلفة الأبنية"** ورقة بحثية، مجلة جامعة البعث، المجلد ٣٩، العدد ٢٤، ٢٠١٧، ص١٢٥

(15)Maibritt Pedersen Zari,**"BIOMIMETIC APPROACHES TO ARCHITECTURAL DESIGN FOR INCREASED SUSTAINABILITY",** Paper number: 033

(١٦) سناء ساطع، رنا ممتاز ،**"استراتيجية محاكاة الطبيعة والشكل المعماري المستدام – دراسة تحليلية للاشكال العضوية من خلال اعمال المعماري"**، ورقة بحثية ، مجلد٤،العدد ١٢-١٣،المجلة العراقية للهندسةالمعمارية،الجامعة التكنولوجية قسم الهندسة المعمارية،يونيو ٢٠٠٨، ص٦

(17) Jin Kim, Kanggeun Park,Mijin Park **"The Design Characteristics of Nature-inspired Eco-Friendly Buildings"** International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology, Vol.(9)Issue(4), 2018,p172

(١٨) ولاء حاج علي،**"كفاءة التشكيل والبنية المعمارية وفق المحاكاة الحيوية، استعمال التكوينات النباتية كنموذج"** رسالة ماجيستير، جامعة دمشق، كلية الهندسة المعمارية ،٢٠١٧، ص١٨

(19) Kymmell,Willem (2008) :" Building Ontology To Implement the BIM",pp 350-354

(20) Ashraf Ibrahim Nasr Elhendawi,"Methodology for BIM implementation in KSA in AEC industry", Edinburgh Napier University, UK School of Engineering and the Built Environment,MSc in Construction Project Management,2018,P.27-28

(21) 1- Wan Nur Syazwani Mohammad, Mohd Rofdzi Bin Abdullah, Sallehan Ismail,"Understanding the Concept of Building InformationModeling: A Literature Review", International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences Vol. 8 , No.1, January 2018, P.958

(22) https://www.researchgate.net/publication/333093373 (Accessed: 20/12/2020 at 2:00 PM)

(23) https://www.cpas-egypt.com/pdf/Omar_Slem/Book/Green_BIM.pdf(Accessed: 1/2/2021 at 2:40 PM)

(24) https://www.lodplanner.com/top-5-bim-uses/ (Accessed: 2/2/2021 at 2:45 PM)

(25) https://www.albayan.ae/editors-choice/asfar/2015-11-23-1.2512401(Accessed: 2/12/2020 at 2:45 PM)

(26) https://www.enr.com/articles/47117-singapores-jewel-mall-project-was-no-walk-in-the-park(Accessed: 20/2/2020 at 12:45 AM)