Journal of
Design Sciences and Applied Arts

تأثير علم البيولوجي فى التصميم الداخلى والأثاث لتصميم فراغ مستدام بيولوجياً

أميرة السيد عبد العظيم

مدرس بكلية الفنون التطبيقية – جامعة ٦ أكتوبر

Submit Date:2023-02-10 22:34:55 | **Revise Date: 2023-05-30 17:46:20** | **Accept Date:2023-05-30 18:12:10**

DOI:10.21608/jdsaa.2023.193142.1255

ملخص البحث:-

يتناول البحث دراسة التكامل بين علم البايولوجي والتصميم، ومدى تأثير التكنولوجيا الحيوية على تحول مفهوم العمارة والتصميم الداخلى والأثاث. علاوة على ذلك، كيفية الاستفادة من دور الخامات الحيوية التي تقدمها لنا التكنولوجيا الحيوية لمعالجة التصميم الحيوي، وذلك لتحقيق فراغ داخلى وأثاث مستدام، يمكنه التطور والتكيف مع البيئة المحيطة تلقائيًا. وذلك لايجاد حل للمشكلات البيئية وتحقيق فراغات داخلية مستدامة بيولوجياً. فنتيجة التطور المتسارع للتكنولوجيا والتي انعكست على تنامي القدرات التعبيرية لدى المصممين والمعماريين في نتائجاتهم، مما ادى الى بروز توجهات معمارية وتصميمية معاصرة ومن ابرزها الاتجاه البيولوجي فى التصميم. حيث تركت العلوم الحيوية بصمتها في مجال العمارة والتصميم الداخلى والأثاث من خلال العديد من الإنجازات. ومن هنا تكمن مشكلة البحث فى قلة الاهتمام بتأثير علم البيولوجي فى تطوير العملية التصميمية. كذلك ندرة تطبيق اتجاهات التصميم البيولوجي الحديثة كأداة لتصميم الفراغ الداخلي والأثاث المستدامين. هدف البحث فى تسليط الضوء على أهمية علم البيولوجي (العلوم الحيوية) وتأثيرها على عملية التصميم لتحقيق فراغ داخلى وتصميم أثاث متطور ومتكييف مع البيئة ومستدام. كما يفترض البحث ان: الاستفادة من علم البيولوجي يؤثر إيجابيا على تصميم الفراغ الداخلي والأثاث المستدام والمتوافق مع البيئة

الكلمات المفتاحية:-

الاتجاهات التصميمية البيولوجية الحديثة- البايوديجيتال- البايوفيلك- البيوميميكرى- البايومناخي- الخامات البيولوجية.

المقدمة :

كان دمج علم البيولوجي في مجال العمارة والتصميم الداخلى هو الطريق نحو الاستدامة وحلاً للمشاكل التي تتحدى البيئة، والوصول إلى التوازن المثالي، كما تلعب التكنولوجيا الحيوية دورًا في تحقيق مبادئ الاستدامة وتقديم تصميمات وخامات ومعالجات بيولوجية مستدامة ومتطورة، متوافقاً مع منظور كلا من الكيميائى "Micheal Braungart"*والمعماري "William McDonough"* فى كتابهم (من المهد إلى المهد Cradle to Cradle). وتستمد التكنولوجيا الحيوية تطورها من الطبيعة المحيطة والمخلوقات الحية لإنتاج وإعادة تدوير جميع أنواع المواد، مما يجعل الحياة مستدامة بيولوجياً. كما يمكن أن تحل العمليات البيولوجية محل الطرق الكيميائية الملوثة، وزيادة الكفاءة وتحسين جودة الخامات الحديثة بأقل تلوث، واستخدام الموارد الطبيعية مثل المياه والأراضي والطاقة.

فأن أبسط تعريف للاستدامة هي صفة القدرة على الوجود باستمرار. واستخدام الموارد الطبيعية لاستحداث خامات بيولوجية مستدامة. وضمان الاستمرار والتجديد على أساس المعايير في النقاط التالية: •إقامة علاقة متبادلة مع محيط البيئة. • إنشاء منتج للطاقة بدلاً من مستهلك للطاقة. •القدرة على الاندماج في النظام البيئي المحيط. • عدم انتاج مواد كيميائية سامة. • الاستجابة للتغيرات المناخية مثل الرطوبة والتغيرات الحرارية. • القدرة على التجدد والتحمل والاكتفاء الذاتي . فقد استطاعت التكنولوجيا الحيوية، بالتعاون مع تكنولوجيا النانو، من إنتاج خامات بديلة للخامات التقليدية. قد تكون هذه البدائل أرخص وأكثر كفاءة في استخدام الطاقة مع وفرة في طبيعة والاستفادة منها فى مجال العمارة والتصميم.

١ـ نشأة علم التصميم البيولوجي

البايولوجي لغويا: اسم منسوب الى بيولوجيا وهي صفة لكل ماصنع او ركب من خلال مواد كيميائية او عضوية. البايولوجي اصطلاحيا: تعني كلمة بايو bio (الحياة) وهو مصطلح اشتق من اليونانية bios (وتعني حياة وlogia وتعني علم او دراسة).

والمفهوم العام للبايولوجي: هو علم الطبيعة الذي يعنى بدراسة كافة اشكال الحياة والكائنات الحية بمافي ذلك هياكلها ووظائفها ونموها وتطورها وتوزيعها وتصنيفها وجميع فروعها.

يقوم علم البايولوجي بدراسة الكائنات الحية والطبيعة منذ القدم حيث تم اكتشاف هذا العلم على يد(ارسطو) ولكن قبله كان هناك العديد من الفلاسفة اليونانيين الذين تكهنوا عن اصل الارض والحياة وبظهور المجهر فتحت عوالم جديدة للعلماء في هذا المجال، اما في العصر الحديث فقد اصبحت العلوم الطبيعية على مدى القرن التاسع عشر نوعا من انواع الهوس، وفي بداية القرن العشرين كانت الابحاث البيولوجية هي المسعى، اما في القرن الواحد والعشرين فقد تقارب علم البايولوجي مع الفروع والتخصصات الاخرى لتؤلف فروعا جديدة، لقد اتاحت التكنولوجيا فرصا هائلة للعديد من البحوث النظرية والتطبيقية بالاضافة الى استخدام قدرات الحاسوب في جمع البيانات وتحليلها وخزنها وعرض النتائج التي ساهمت بظهورمفاهيم جديدة في علم البايولوجي.

من ناحية أخرى، فإن الإلهام الحيوي هو استخدام الحياة والطبيعة كمصدر للإلهام، خاصة في حل المشكلات. ضمن الفئة الواسعة جدًا من الإلهام الحيوي، Bio-Inspired تم اقتراح التصميم (BID) كمصطلح عام يشمل كل الاختلاف مناهج التصميم المستوحاة من الحياة والطبيعة والكائنات الحية. فالاستلهام في الطبيعة ليس مفهومًا جديدًا فقد تم التعبير عنه من وقت مبكر للتاريخ البشري. فقد ألهمت الطبيعة الفنانين والمهندسين المعماريين والصممين منذ زمن بعيد.

فهناك عدد لا يحصى من الرسوم التوضيحية للاستلهام من الطبيعة في أعمال الفنانين وفي العلوم أو الفنون أو التصميم. ومن الدراسات المبكرة "ليوناردو دافنشي"، إلى مناقشات سلسلة "فيبوناتشي"، والنسبة الذهبية في الطبيعة والفنون وتخصصات التصميم التى كان لها تاريخ طويل للإلهام من الطبيعة(صورة١). فحركات التصميم الكاملة مثل الفنون والحرف اليدوية، الحداثة وحركات الفن الحديث في أوائل القرن العشرين، وكذلك العضوية في١٩٥٠م، هي أمثلة على ذلك(صورة٢). ومنذ منتصف القرن العشرين العديد من الدورات في الهندسة، استخدمت الهندسة المعمارية والتصميم الطبيعة والبيولوجيا كمصدر للأفكار.

صورة١: محاكاة الطبيعة وعناصرها والاستلهام منها النسبة الذهبية

صورة٢: منزل "الشلال" (المعماري فرانك لويد رايت) توضح تناغم العمارة مع البيئة المحيطة.

كانت اغلب المحاضرات ذات الصلة في تعليم التصميم تهدف الي دمج الإلكترونيات الحيوية والميكانيكا الحيوية في العديد من التصميمات، ذلك في السبعينيات والثمانينيات، كما يتضح فى كتاب "التصميم للعالم الحقيقي (١٩٧١)"، بقلم "فيكتور

*براونغارت كيميائي ألماني كان عضوًا مؤسسًا في حزب الخضر الألماني.

*ماكدونو مهندس معماري أمريكي وُلد في طوكيو ونشأ في هونغ كونغ بكندا والولايات المتحدة الأمريكية،اجتمعوا ليشكلوا شركة McDonough Braungart Design Chemistry، وهي شركة تعمل مع الشركات والحكومات لإيجاد حلول "من المهد إلى المهد" لمشاكلهم. بمساعدتهم، قامت شركات مثل Ford و Gap ببناء مقرات أكثر مراعاة للبيئة. الآن يجلب الثنائي خبراتهما المستقبلية إلى الصين، حيث يقومان بتصميم خطط تطوير لسبع مدن.

بابانيك"*، حيث يصف فيه "النماذج الأولية البيولوجية في التصميم".

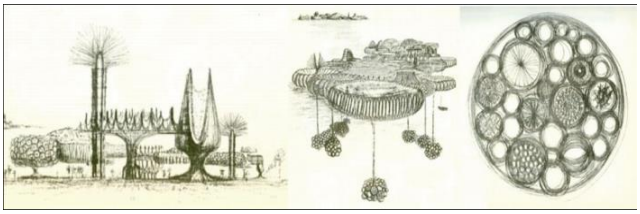
كما ان الكترونيات المحاكاة الحيوية والمحاكاة الحيوية هي ثلاثة تخصصات مستوحاة من علم الأحياء تم تطويرها على نطاق واسع وهي عادة لا تكون متباينة يتفق عليها معظم المؤلفين بشكل أساسي على أوجه التشابه بينهما، وخاصة التعلم من الطبيعة بتركيز مبتكر وتكنولوجي. ومع ذلك، ربما يكون الاختلاف الرئيسي فى تقليد المحاكاة الحيوية مع معاملات BID الأخرى هو أن أحد أهدافها الرئيسية هو الحفاظ على الحياة والطبيعة، وبالتالي تتعلق بالاستدامة البيئية. كما تقترح محاكاة الطبيعة ابتكارًا مستوحى من الطبيعة بدلاً استخدامها، لتصبح الطبيعة مصدرًا للأفكار والحلول المبتكرة لمشاكل الإنسان. وتطور تعريف التصميم الحيوي وتم تنقيحه خلال الثمانينيات، في مطلع هذا القرن، تم تحديده من قبل Meyer's Grosse Taschenbuchlexikon على النحو التالي: "المجال المتعدد التخصصات للتصميم الحيوي يشمل النظام- دراسات الوظائف والعلاقات والهياكل والعمليات في علم الأحياء وأنظمة وتحويل هذه البيانات إلى حلول تقنية وتكنولوجية ... " وتم تعريف المحاكاة الحيوية من قبل الرائده الأمريكية لدراسات التصميم الحيوي "جانين بينيوس"* عالمة الأحياء والكاتبة الأمريكية التي نشرت كتابها "المحاكاة الأحيائية. الابتكار المستوحى من الطبيعة Biomimicry..Innovation Inspired by Nature" عام ١٩٩٧. وفي مقدمة كتابها هذا تضع جانين تعريفا للمحاكاة الأحيائية يرتكز على ثلاثة أنماط:

الأول: هو ذلك العلم الذي يدرس النماذج في الطبيعة ثم يقلد أو يستلهم من تصميماتها وعملياتها ما يحل به المشكلات البشرية، وتضرب مثلا لذلك بالخلية الشمسية التي تحاكي أوراق الشجر. **الثاني:** هو ذلك الذي يتخذ من الطبيعة والبيئة مقياسا ومعيارا يقيس به مدى صحة ابتكاراتنا، فبعد ثلاثة ملايين عام ونصف من عمر الأرض، نستطيع أن نتعلم من الطبيعة، ما يصلح، وما يلائم، وما يدوم. **الثالث:** هو ذلك الذي يتخذ من الطبيعة مرشدا، ومن علم المحاكاة الأحيائية طريقة جديدة لرؤية وتقييم الطبيعة، تدخلنا في حقبة لا ننظر فيها للعالم الطبيعي كمنجم للاستخراج، ولكن كمعلم وملهم.

٢- تأثير علم البيولوجي على مجال العمارة والتصميم الداخلى المستدام

المحاكاة الحيوية Biomimetic هي نهج علمي متعدد التخصصات للتصميم المستدام يتجاوز استخدام الطبيعة كمصدر إلهام لعلم الجمال، بل يدرس بعمق ويطبق مبادئ البناء الموجودة في البيئات الطبيعية. فتعتبر "ثورة المحاكاة الحيوية" بمثابة دليل رئيسي نحو بيئات مبنية أكثر استدامة، مما يعني التركز على التعلم من الطبيعة بدلاً من استخراج العناصر منها فقط. كما ان دمج علم البيولوجي بمجال العمارة والتصميم الداخلى والأثاث لا يتعلق بالاعتماد على استعارات الشكلية أو محاكاة الطبيعة فقط ولكن عن فهم الداخل والنظر فيه، والتعلم من التنظيم الذاتي (التطور البيولوجي) للكائنات الحية. فالتصميم كشكل من أشكال الحياة وجزء لا يتجزأ من البيئة يجب ان يتطور وتكييف مع بيئته.

فالطبيعة نظام معقد وملهم، فالتغييرات في هياكل الكائنات الطبيعية مثل خلاياها وأنسجتها، ومن خلال تحليل سلسلة من العمليات المعقدة بواسطة هندسة المحاكاه الحيوية الجديدة لأنظمة البناء والمعالجات الحيوية، كانت الطبيعة نموذجًا يحتذى به للمصممين والمهندسين المعماريين لفترة طويلة. ظهورت حركة تقليد الطبيعة التي تعتبر الطبيعة هي التطور النهائي للتعلم منه، وتسلط الضوء على المفهوم الكامن وراء المحاكاة البيولوجية، ومعرفة طرق الربط بين علم الأحياء بالتكنولوجيا. إلى أنه كان حلمًا للمهندسين المعماريين والمصممين منذ الخمسينيات، كتجربة التصميم بقيادة "وليام كاتافولوس" عام ١٩٦١ يتخيل أصل العمارة المبنية والفضاء الداخلي كبذور. تطور مفهوم Katovolos والعديد من المصممين تبعها مثل محاولات المعمارى "nat chard" عام ١٩٩٢ إلى التعبير عن الفضاء من خلال الرسومات التشريحية للأعضاء البشرية. وظهرت خلال السنوات والعقود الماضية بعض المساحات المزروعة بمكوناتها، مثل "البيت الجزيئي"، "الشقة متعددة الطوابق" والمحمولة، والمأوى المكاني مثل سلسلة نماذج "Spatium Gelatin" من ٢٠٠٤ إلى ٢٠٠٧.



صورة٣: تجربة المعمارى" وليام كاتافولوسWilliam Katavolos " لتصميم العمارة والتصميم الداخلى بمبدأ نمو البذور والنباتات.

صورة٤:منزل "Molecular House"، والذى يحاكي أنظمة النمو الطبيعي كما في أشكال النباتات.كل شيء مدمج في وحدة واحدة ؛ تظهر العمارة الداخلية وغطائها كيانًا مستمرًا.

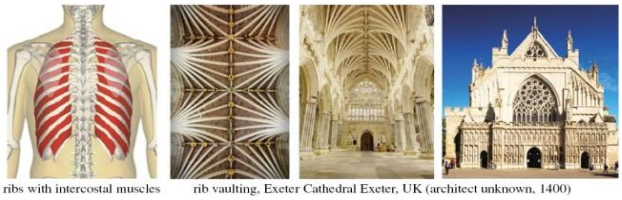
فمن استراتيجيات ترجمة الطبيعة فى العمارة والتصميم الى ثلاثة عناصر اساسية: "Emulate المحاكاه"- "Ethos الروح"- " Re Connect إعادة الاتصال"، هذه المكونات الثلاثة في كل جانب من جوانب محاكاة الطبيعة وتمثل هذه القيم الأساسية في جوهرها.

*فيكتور جوزيف بابانيك (٢٢ نوفمبر ١٩٢٣ – ١٠ يناير ١٩٩٨) كان مصممًا ومعلمًا نمساويًا أمريكيًا، وأصبح مدافعًا قويًا عن التصميم المسؤول اجتماعيًا وبيئيًا للمنتجات والأدوات والبنى التحتية المجتمعية.

المحاكاة : تعني الممارسة العلمية القائمة على البحث للتعلم من ثم تكرار أشكال الطبيعة والعمليات والنظم البيئية لإنشاء المزيد من التصاميم المتجددة.

الروح : تعني فلسفة فهم كيفية عمل الحياة وإنشاء التصاميم التي تدعم باستمرار وتخلق الظروف المواتية للحياة.

إعادة الاتصال : التأكيد على قيمة الاتصال بمكاننا على الأرض كجزء من أنظمة الحياة المترابطة. إعادة الاتصال كممارسة تشجعنا على المراقبة وقضاء الوقت في الطبيعة لفهم كيفية عمل الحياة حتى يكون لدينا روح أفضل لمحاكاة الاستراتيجيات البيولوجية في تصميماتنا.



صورة٥: الاستلهام من الرسومات التشريحية للأعضاء البشرية مثل الاستلهام من عظام القفص الصدرى وكذلك الاستلهام من الخصائص البشرية لقزحية العين.

صورة٦: الاستلهام من حركة تحليق وطيران الطيور والخصائص الشكلية والوظيفية لجناح الطائراثناء تحليقه.

فهندسة المحاكاة الحيوية هي نهج علمي متعدد التخصصات للتصميم المستدام يتجاوز استخدام الطبيعة كمصدر إلهام لعلم الجمال، بل يدرس بعمق ويطبق مبادئ البناء الموجودة في البيئات والأنواع الطبيعية. فإن أحد افتراضاته الرئيسية هو التعلم من الطبيعة ، مع الأخذ في الاعتبار ثلاث ركائز أساسية يمكن تلخيصها على النحو التالي: الطبيعة كنموذج ، الطبيعة التدبير ، الطبيعة كمرشد.

الطبيعة كنموذج: يعتمد الانسان على سلوك الطبيعة فى التشكيل الحديث للتصميم، تقليد الطبيعة علم يدرس نما ذج الطبيعة ثم يحاكي هذه الأشكال والعمليات والأنظمة والاستراتيجيات لحل المشكلات البشرية - على نحو مستدام.

الطبيعية كمقياس: استخدام معيار الايكولوجيا للحكم على "صواب" الابتكارات وفقاً لمبادئ الحياة. تستخدم تقليد الطبيعة معيارًا بيئيًا للحكم على استدامة ابتكاراتنا. بعد ٣,٨ مليار سنة من التطور، تعلمت الطبيعة ما الذي ينجح وما الذي يستمر.

الطبيعة كمرشد: فإن العلاقة مع الطبيعة تتغير من رؤية الطبيعة كمصدر للمواد الخام، إلى مصدر للأفكار لحل المشاكل، وهو معلمه الذى لديه الحكمة والمعرفة من أجل البقاء والعيش بشكل مستدام.

تعددت مصادر الاستلهام من الطبيعة منها "نباتات-حيوان-طيور- بكتيريا....."، تم الاستعانة بها من خلال البحث والتطوير للاستفادة منها كاستراتيجات بيولوجية يتم دمجها فى عمليات التصميم.

شكل ١ : الاستلهام من الخصائص الشكلية والوظيفية للكائنات الحية

٢-١- الاتجاهات المعاصرة للتصميم البيولوجي "الحيوي" فى العمارة والتصميم الداخلى:

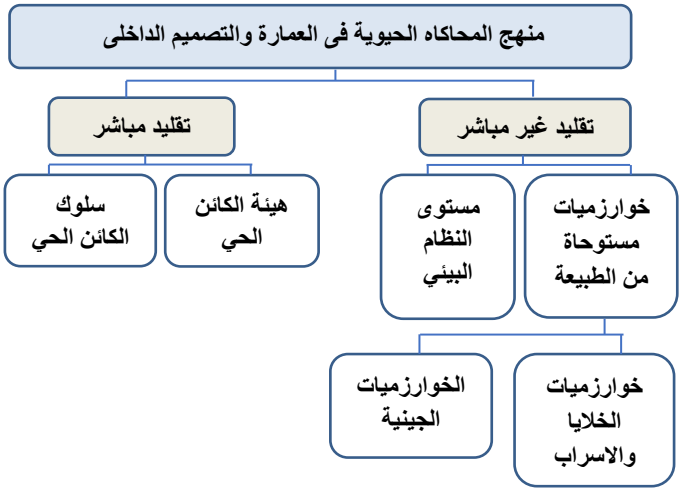
المحاكاة الحيوية: هي مزيج من كلمتين، "الحيوية" و "التقليد". التقليد هو كلمة خاصة في علم الأحياء لدراسة السلوك. هذا يعني أن يمكننا تقليد كائن حي معين، في من حيث المظهر أو

اللون أو السلوك، بما يعود بالنفع على معيشتهم. ويركز التقليد الحيوي على التفاعل بين الكائن الحي وبيئته.

حيث يشمل مصطلح "هندسة المحاكاة الحيوية" مجموعة واسعة من المفاهيم. من حيث الأشكال والمواد وطرق البناء والعمليات، والوظائف، فمحاكاة الطبيعة هى الاستلهام من الكائن حي أو سلوك كائن أو النظام البيئي بأكمله. فالمحاكاة الحيوية تعزز البراعة المعمارية والتصميم، من خلال ابتكار طريقة جديدة في التفكير والتصرف فيما يتعلق بالبيئة. و يهدف استخدام هذا النهج كأداة واستراتيجية للاستدامة يتم تطبيقاتها في العمارة والتصميم الداخلى. لتقديم إجابات جديدة لمشاكل الإنسان وتعزيز علاقته بالبيئة.

فالمحاكاة الحيوية هي عملية تصميم متعددة المستويات تتضمن مبادئ ومفاهيم مستوحاة من الطبيعة، حيث تضم مبادئ التصميم البيولوجي فى الطبيعة خمسة عناصر تتمثل فى **الانتظام الذاتي:** وتعني القدرة على التحكم وتطوير النظام الخاص بها،**ووجود قواعد بيانات بيولوجية**: الاعتماد على المعلومات الخاصة بكل المستويات فى النظام البيولوجي. **والكفاءة فى استهلاك الطاقة**: استهلاك الطاقة اللازمة للعيش دون الافراط واهدارها. **والتكامل والفاعلية**:تعني التكامل والفاعلية فى المستويات الدقيقة على مستوي "النانو"،**والتفاعل مع البيئة:** بالتعلم الذاتي والذكاء البيولوجي.

ويتبع منهج المحاكاه البيولوجية (الحيوية) فى العمارة والتصميم الداخلى : منهج التقليد المباشر – منهج التقليد الغير مباشر.



شكل ٢ : يوضح منهج المحاكاة فى العمارة والتصميم الداخلى

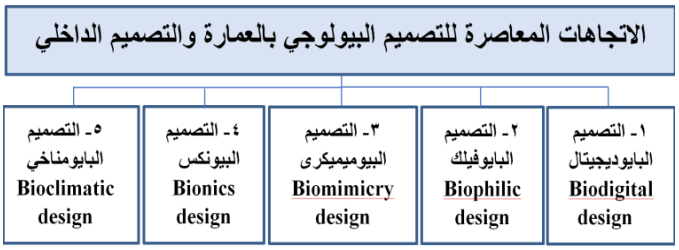
ومن أهم المصطلحات المرتبطة بعملية الاستلهام من الطبيعة او التقليد الحيوي:

التقليد الاحيائي: Biomimetic يمثل دراسة وتقليد اساليب واليات وعمليات الطبيعة، او تكرار وظيفية بايولوجية عن طريق استنساخ صفة اساسية من صفات متطورة وتمثيلها في العمارة.

التصميم المستوحى من البايولوجي: Bio_inspried Design تصميم قائم على البحث عن تصاميم وحلول في الطبيعة غالبا ماتكون مستوحاة من خصائص وصفات الكائنات الحية.

المقارنات البايولوجية : Biological Analogies اسلوب يعتمد على اخذ افكار ووظائف الطبيعة من اشكال وهياكل وتطور بايولوجي وتطبيقها في التصميم ليسمى تطبيق المقارنات البايولوجية.

ظهرت العديد من الاتجاهات المعاصرة التي أهتمت بالدمج بين العمارة والتصميم وعلم البيولوجيا ما عن طريق المحاكاه أو عن طريق تحقيق التوافق من حيث الشكل والوظيفة بين المبني وبيئته أو الاستفادة من الطبيعة وتصاميمها فى المجالات التقنية.



شكل ٣: يوضح الاتجاهات التصميمية المعاصرة القائمة على علم البايولوجي

٢-١-١ التصميم البايوديجيتال Biodigital design:

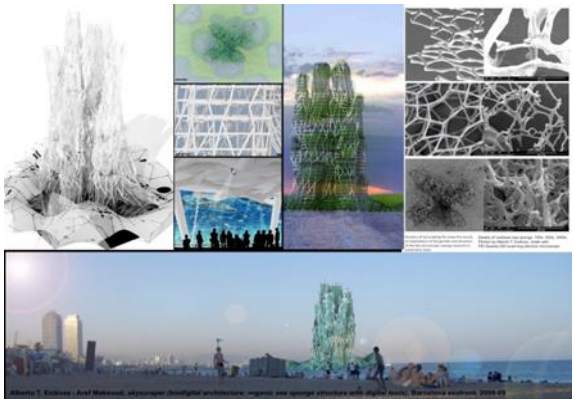
تأسست الهندسة المعمارية الرقمية الحيوية والجينية في عام ٢٠٠٠ في مدينة برشلونة من خلال الجمع بين التقنيات البيولوجية ودراسة الحمض النووي والخوارزميات والشكل العضوي مع الذكاء الاصطناعي والأدوات والتقنيات الرقمية. كما يحتوي تطوير أي نوع من التكنولوجيا التي تعمل على مفهوم التنسيق الحيوي والرقمي ودراسة التغييرات العمرية الكاملة منذ العمارة القديمة وأيضًا مساهمة التكنولوجيا في هذه التغييرات، الطبيعة هي عملية ذاتية النمو تم استخدامها في الهندسة الحيوية، ولكن إذا تم دمج الطبيعة ذاتية النمو مع التقنيات والعالم الرقمي، فسيؤدي ذلك إلى ظهور العمارة والتصميم الرقمي البيولوجي التي تمثل مستقبل العمارة والانسان.تعرف العمارة والتصميم الرقمي البيولوجي (الحيوي) على انه " أطروحة معمارية تجسد المبنى ككيان حيوي يمكنه القدرة على التفاعل مع البيئة بديناميكية وسلوكية ذكية تمثل تفاعل الكائن الحي مع بيئته المحيطة". والتي تستمد مبادئها وآلياتها من الطبيعة وتعتمد على التقنيات الرقمية

المتطورة مما يجعلها أكثر قدرة على التفاعل مع المتغيرات البيئية والتكنولوجيا الرقمية. وتعتبر العمارة الرقمية الحيوية من أبرز ما أفرزته التقنيات والأنظمة الرقمية الحديثة ومن المظلة الكبيرة التى ضمت العديد من الإتجاهات المعمارية التى راعت الجانب البيئي وتحقيق مبادئ الاستدامة ومزجتها في قالب واحد.

فالمشاريع القائمة على التصميم البايوديجيتال، لا يمكن تنفيذها إلا باستخدام الأدوات والتقنيات الرقمية والتصنيع الرقمي؛ من خلال مراعاة قيم الأشكال العضوية، والاستمرارية، والوحدة، التماسك والتعقيد، ولكن أيضًا الانسجام في جميع الاجزاء فيما يتعلق بالكل، وذلك من خلال تطبيق علم الأحياء والاستفادة من الأدوات الرقمية، حيث التعلم البيولوجي والعضوية الرقمية هي الكلمات الأساسية. والتى تشمل التخصصات متعددة: مثل علم المواد، وعلم الأحياء، وعلم الوراثة، والفن، والعمارة، والهندسة المدنية، والتصميم، ورسومات الكمبيوتر، وتفاعل الإنسان والحاسوب.

هذه العمارة الرقمية البيولوجية، المصنوعة من المواد التي تظهر، والتي "تنمو" وحدها بفضل التنظيم الذاتي أنظمة بيولوجية أو رقمية، وتهدف العمارة البيوديجيتال الى تحقيق عمارة وتصميم داخلى يمكن وصفها انها ايكولوجية بنسبة مئة بالمئة كذلك بنفس النسبه انها قابلة للتدوير وإعادة الاستخدام ايضاً عمارة مستدامة لاقصى قدر من الحفاظ على الطاقة على جميع المستويات حتي فى مرحلة البناء والتنفيذ. صورة (٧-٨)

صورة٧: "جناح The Scales Biodigital System" برشلونة،تم استلهم الهيكل التصميمي للجناح من تحليل كلا من: قشور الأسماك ، الصنوبر ، جذوع النخيل.



صورة٨: ناطحة السحاب "بيودجيتال" ، برشلونة البرمجة ثلاثية الأبعاد نتائج الآثار المترتبة على القواعد الجينية والهيكلية لبحوث الإسفنج الميكروسكوبية في الأدوات البارامترية.

٢-١-٢ التصميم البايوفيلك Biophilic design:

مصطلح Biophilia، نابع من الجذور اليونانية تعني حب الطبيعة، صاغه عالم النفس الاجتماعي "إريك فروم". جاء استخدامه في ١٩٨٠م من قبل "إدوارد أو. ويلسون"،عالم الأحياء رائد مدرسة فكرية جديدة تركز على الحاجة لإعادة الاتصال البشر بالطبيعة. استخدم إدوارد ويلسون كلمة "biophilia" لأول مرة في كتابه "Biophilia" عام ١٩٨٤م. عرّف المصطلح بإنه هو: "الروابط التي يسعى البشر لا شعوريًا إلى تحقيقها مع بقية العالم ".

كما يركز تصميم Biophilic على إنشاء روابط قوية بين الطبيعة والبيئات التى يصممها الانسان والتي يكون لها فوائد للصحة او للرفاهية. ايضاً يشير مصطلح "تصميم بيوفيليك" إلى تصميم المبنى المتكييف مع البيئة المحيطة، ويراعى تصميم Biophilic ايضا الحفاظ على كفاءة الأداء وقوة الطبيعية واستخدام التقنيات وتكييفها مع الطبيعية. فقد نشأت فكرة البيوفيليا من تطور فهم الإنسان، فلقد تطوير الانسان بيولوجيًا ليتكيف مع الطبيعية المحيطه به. ومن هنا ظهر تصميم البيوفيليك كمحاولة لتقليل الفجوة بين الإنسان والطبيعة. فهو نهج يؤكد على أهمية تعزيز استخدام الطبيعة في داخل البيئات المبنية، ورفع المعرفة البيئية التى تؤدي إلى تعديل السلوك البيئي والأخضر لتغيير نمط الحياة وبالتالي تحقيق الاستدامة البيئية. فنتيجه الفقدان الكلي لاتصال الإنسان بالطبيعة والهواء الطلق ظهرت العديد من الامراض المرتبطة بالإجهاد . لذلك ظهرت الحاجة إلى إنشاء اتصال بين الإنسان والطبيعة من خلال تنفيذ "تصميم البيوفيليك" في المباني لمستقبل افضل وأقل عرضه للامراض. صورة (٩-١٠)

صورة٩: برج park nova' tower مصدر الاستلهام الاساسى هو البيئة المحيطة،وتم بتشكيل المبنى بثلاثة أجنحة متميزة. مرتفعة فوق مظلة على أعمدة رفيعة، ونجد الخطوط العريضة المتموجة مستلهمة من أجنحة الفراشة. ويعمل هذا التكوين على زيادة إمكانية التظليل الطبيعي والتهوية . كما يسعى التصميم البيوفيلي الذي يطمس الخط الفاصل بين مناطق المعيشة الداخلية والمساحات الخارجية لتعزيز الصحة والرفاهية.

صورة١٠: يوضح تصميم للبايوفيلك فى مطار" Jewel Changi Airport"،تجربة الطبيعة والسوق ، لتؤكد بشكل كبير فكرة المطار كمركز حضري نشيط وحيوي ، وإشراك المسافرين والزوار والمقيمين ، وتردد صدى سمعة سنغافورة باعتبارها" المدينة في الحديقةتوفير التبريد وتدفق الهواء في بيئة المناظر الطبيعية ، وجمع كميات كبيرة من مياه الأمطار

٢-١-٣ التصميم البيوميميكرى Biomimicry design

يعتبر البيوميميكري Biomimicry احدى استراتيجيات التصميم المستدام. ومصطلح البيوميميكري (Biomimicry من bios ، بمعنى الحياة، mimesis، بمعنى التقليد) وهو فرع جديد من المعرفة يدرس أفضل أفكار الطبيعة ثم محاكاة هذه التصميمات والعمليات لحل المشكلات الانسانية.
فالبيوميميكري وسيلة نسعى من خلالها إلى ايجاد حلول مستدامة عن طريق تقليد أنماط واستراتيجيات الطبيعة والهدف هو تحقيق تصميمات يمكنها التكيف على الأرض مع مر الزمن، والبيوميميكري (التقليد الاحيائي) يمكنه أن يساعد المصمم لإنتاج تصميمات وعمليات تتميز بما يلي :

ا- **الاستدامة:** لأن البيوميميكري يتبع مبادئ الحياة فإن مبادئ الحياة تحثنا على البناء من أسفل إلى أعلى، ذاتية التجمع، الاستغلال الأمثل بدلاً من الزيادة إلى الحد الأقصى، إستخدام الطاقة النظيفة، التكيف والتطور، واستخدام مواد وعمليات صديقة للبيئة.
ب- **الأداء الكفء:** فالبيوميميكري يساعدنا في دراسة الاستراتيجيات الناجحة .
ج- **توفير الطاقة:** الطاقة في العالم الطبيعي أكثر تكلفة من الطاقة في العالم البشري فبمحاكاة استراتيجيات كفاءة استخدام الطاقة الموجودة في الطبيعة يمكننا تقليص كم الطاقة المستخدمة في المنتج .
د- **تقليل تكلفة الخامات:** وبدراسة أشكال استراتيجيات الطبيعة وكيفية بنائها، فإن البيوميميكري يمكنه تقليل الكم الذي ينفقه المصمم على الخامات بينما يزيد فاعلية أنماط المنتجات وأشكالها للوصول إلى الوظائف المطلوبة .
ه- **القضاء على النفايات**: محاكاة طريقة الطبيعة في تقليل الخامات والمخلفات داخل البيئة فالمصمم يمكنه أن ينشأ وحدة للاستفادة من الموارد بشكل مثالي، والتخلص من الزوائد الغير ضرورية .
و- **رفع كفاءة المنتجات الحالية:** يساعد البيوميميكري على رفع فئات المنتجات القديمة في ضوء راديكالي مختلف وتخلق الرؤية الجديدة فرصة للابداع.

يمثل التقليد الحيوي Biomimcry استراتيجيات التصميم القائمة على محاكاة الطبيعة والتي تستند على نظرية التعلم من الطبيعة (Learning From Nature)، وتطبيق قوانين ومبادىء الطبيعة بطريقة علمية تساعد في تطوير العمارة والتصميم الداخلى فان اساليب التفكير ومحاكاة الطبيعة هي . الطبيعة كنموذج : Nature as model محاكاة الطبيعة والالهام من تصاميمها وعملياتها لحل مشاكل الانسان على نحو مستدام. صورة (١١)

صورة١١: ناطحة سحاب نورمان فوستر الشهيرة ، St Mary Axe ، والمعروفة باسم Gherkin تحاكي الشكل والبنية الشبكية لإسفنج Venus Flower Basket Sponge. يوفر الهيكل الخارجي الشبكي وشكل الإسفنج القوة والثبات. السلة المجوفة المكونة من الهيكل العظمي تقوم بتصفية المياه من أجل العناصر الغذائية أيضًا. ترتبط العناصر الهيكلية للمبنى بزوايا مختلفة في كل طابق بسبب شكله. يسمح هذا النظام بخطة أرضية مفتوحة، ودعم رأسي بدون أعمدة داخلية ، ومقاومة الرياح ، وتهوية في جميع الطوابق.

٢-١-٤ التصميم البيونكس (البايونيك) Bionics design :

شهد مطلع القرن الحادي والعشرون تغييرا طال معظم مناحي الحياة، حيث رسم هذا التغيير صيغة جديدة لطبيعة العلاقة مابين العمارة والطبيعة تجلى ذلك بظهور(عمارة البايونيك) التي تعد حركة تصميمية لانشاء المباني التي تحاكي الطبيعة والانظمة البايولوجية فيها بمساعدة التكنولوجيا، فاستمرار الانسان في التعلم والتحري والكشف من عظيم صنع الله (عزوجل) واعتمادا على التطورات التكنولوجية الحديثة التي وسعت من حريته في محاكاة الطبيعة بما تمتلكه من نماذج واليات بيولوجية فعالة قد تساهم في تنظيم البيئة المشيدة المنعكسة على العمارة لجعلها في حالة تناغم ووئام مع الطبيعة. وقد تم اقتراح مصطلح **البيونكس** لأول مرة بواسطة Steele.E.J في مؤتمر بمدينة دايتون ١٩٩٠م، بولاية اوهايو الأمريكية وهو يتكون من مقطعين الاول Bio من Biology بمعني علم البيولوجي، والثاني Nic من Technic بمعني التقنية، وقد تم تعريفة على انه التعلم من الطبيعة من أجل التكنولوجيا، وهناك العديد من التعريفات لمصطلح البيونكس التي ظهرت بعد ذلك والتي قد تختلف في محتواها الا انها تشير الى معنى واحد منها هو دراسة للنظم الحية، ومحاولة تطبيق مبادئها فى تصميم النظم الهندسية كما أنه يحاول نقل

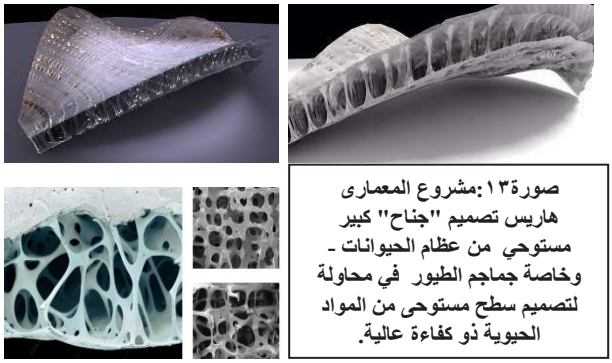
الافكار من الطبيعة الى التكنولوجيا حيث يمثل أداه مساعدة لخلق أفكار التقنية عن طريق وضع المبادئ البيولوجية التي يمكن أن تلقى بحلول مؤثرة. فهو دراسة الطبيعة من حيث النظم والتكوين والتشكيل الحيوي ويدخل الى هياكل الكائنات الحية البيولوجية ويبتكر خامات وتكنولوجيا جديدة لإيجاد حلول للمشاكل الهندسية.

ويعني لغويا (البايوتكنولوجي) البايونيك: تتكون كلمة (بايونيك) من حاصل جمع كلمتين هما؛(البايولوجيا والتكنولوجيا ويرجع اصل الكلمة الى اليونانية والتي تعني (عنصر من عناصر الحياة).

البايونيك اصطلاحيا :تعني البايولوجيا الالكترونية Bionic استخدام الافكار والمبادىء والهياكل الموجودة في النظم البايولوجية من خلال محاكاة الطبيعة الحية والتعلم منها الطرق البايولوجية والنظم القائمة في الطبيعة والمستخدمة في الهندسة.

ساعدت التكنولوجيا على ترجمة ومعالجة المعلومات من الانظمة الحية الى عمليات التصميم فضلا عن انها عملية تقليد المعلومات المستخرجة من وظيفة او هيكل او حركة او مبدا في الكائنات الحية وتطبيقها باسلوب منهجيا . ووصلت العلاقة بين الطبيعة وعلم البايولوجي والعمارة والتصميم وبالاعتماد على التطورات التكنولوجية الوصول الى ذروتها لتعبر عن اوجه القصور في حياة الانسان وتؤامته مع الطبيعة في العقدين الاخيرين من القرن الماضي ومع استخدام القوة المتزايدة التي توفرها التطورات التكنولوجية تم تاشير محصلة العلاقة ما بين علم البايولوجي والتطور التكنولوجي الذي انعكس على النتاج المعماري والتصميمي. فمفهوم عمارة البايونكس تكمن في جعل المبنى ينبض بالحياة من خلال خلق عمارة قوية قائمة على الانظمة الحية الموجودة في الطبيعة وفي الفترة المعاصرة ومع استخدام القوة المتزايدة التي وفرتها التكنولوجيا واجهزة الحاسوب من انظمة وبرامج اعطت بعدا جديدا للعمارة والمعماريين فاصبحت برامج الحاسوب اداة جديدة للمعماريين وسيلة للتعبير والتطبيق جعلت امكانية محاكاة النماذج المعقدة والاشكال وتحفيز الحسابات المشتقة من نماذج الكائنات الحية وجعلها ممكنة في العمارة. ويتحقق التصميم المستدام من التطور للأنظمة الحية، من خصائص موادها أو من استجابتها التكيفية للتغيرات في البيئة. كما تستمد التكنولوجيا الحيوية التطور من الطبيعة المحيطة والمخلوقات الحية لإنتاج وإعادة تدوير جميع أنواع المواد، مما يجعل الحياة مستدامة. صورة (١٢-١٣)

صورة ١٢: كنيسة "Sagrada Familia " تصميم المعمارى Gaudi استلهم المعمارى تصميم الكنيسة من قوة وارتفاع الاشجار.



صورة١٣:مشروع المعمارى هاريس تصميم "جناح" كبير مستوحي من عظام الحيوانات - وخاصة جماجم الطيور في محاولة لتصميم سطح مستوحى من المواد الحيوية ذو كفاءة عالية.

٢-١-٥ التصميم البايوميناخي Bioclimatic design

في السنوات الأخيرة، أصبحت العناصر البيئية والعمارة المستدامة اتجاهاً متزايداً. وتعد العمارة والتصميم البايوميناخي من بين أكثر الطرق تميزًا للجمع بين الاثنين، والسعي إلى التماسك بين البناء وكفاءة الطاقة، مع الأخذ في الاعتبار دائمًا المساحات الخارجية والراحة القصوى للانسان.

التصميم البايوميناخي يجمع بين "علم الأحياء" و"المناخ" - هو نهج لتصميم المباني والتصميم الداخلي معتمد على المناخ المحلي. وتشمل تقنيات التصميم المناخي الحيوي التدفئة الشمسية والتظليل الشمسي والتهوية الطبيعية واستخدام مواد البناء للتأخر الزمني والتخزين الحراري. مضيفًا تدابير وقائية إليه لتوفير الصحة والسلامة لتجهيز المباني والمجتمعات والمناطق الطبيعية لمواجهة الكوارث وتغير المناخ.

استخدم المعماريان أولجاي وأولجاي "Olgyay and Olgyay" مصطلح "تصميم المناخ الحيوي" لتحديد منهجية لتحقيق راحة الإنسان، تنطبق على الهندسة المعمارية والتصميم الداخلي، وتم الترويج في أواخر الأربعينيات والخمسينيات.

- **مبادئ تصميم البايوميناخي**

تم تحديد ستة متغيرات رئيسية في الدراسات البحثية للفسيولوجية البشرية الراحة، عن مستوى الراحة وعدم الراحة: درجة حرارة الهواء، ودرجة الحرارة المحيطة المشعة، والرطوبة، وسرعة الهواء، والملبس، ومعدل الأيض كدالة على مستوى النشاط. والاستجابات المشتركة عبر كل هذه المتغيرات قد أرست شروطًا أساسية مطلوبة لراحة الإنسان. وتشير الدراسات إلى أن "منطقة الراحة" للبشر تحدد بغض النظر عن الجنس والعمر ومكان الإقامة ولون البشرة وشكل الجسم والوزن. بعبارة أخرى، منطقة "الراحة" البشرية عالمية نسبيًا.

القاعدة الأولى في العمارة المناخية هي أن تأخذ الاستفادة من الظروف المناخية الحيوية المحلية مع الاستفادة من البيئة الطبيعية والمبنية. ويمكننا القول أن هناك عناصر رئيسية تقوم عليها العمارة المناخية الحيوية لتوفير الراحة للكائنات الحية

مع احترام البيئة وحمايتها ، مع مراعاة ظروف منطقة البناء دائمًا.

"استخدام موارد البيئة المحيطة" في وحول مبنى - "المناخ المحلي" الناتج عن الشمس والرياح والأمطار والغطاء النباتي، درجة الحرارة والرطوبة في الهواء والأرض.

- استخدام المواد العازلة الحرارية والصوتية المستدامة واحترم البيئة. على عكس المباني التقليدية، ويستخدم هذا النوع من العمارة العزل الحراري الخارجي والمواد ذات القصور الذاتي الحراري العالي. يتم استخدام عناصر مثل الحجر أو الطوب،وغيرها من الخامات العازلة.

- التهوية الجيدة مهمة أيضًا في التصميم البيوميناخي لأنها تساعد على توفير الراحة الحرارية الكافية. يتم استخدام التهوية الميكانيكية، بحيث يمكن تجديد الهواء والحصول على هواء عالي الجودة مع الحفاظ على درجة الحرارة المثلى.

- تطبيق استخدام الطاقة المتجددة، أحد العناصر الرئيسية للمناخ الحيوي السليم

- استخدام ضوء النهار لضمان الإضاءة المناسبة للداخلية. يجب التحكم بعناية في الإضاءة الطبيعية وتصميمها بشكل صحيح ، هو عامل مهم لراحة المستخدم. لضوء النهار المناسب تأثير إيجابي على التصور البشري للبيئة المبنية، التي لا ينبغي الاستهانة بها. صورة (١٤)

صورة ١٤: برج "Solaris" تصميم TR Hamzah & Yeang
المبنى حاصل على أعلى شهادة تمنحها معايير البناء المستدام في سنغافورة، يمثل استهلاك الطاقة الإجمالي للمبنى انخفاضًا بنسبة تزيد عن ٣٦٪ مقارنة بالسوابق المحلية والواجهة عالية الأداء فى التحويل الحراري خارجي، يتميز Solaris بالغطاء النباتي الذي يتجاوز مساحة الموقع الأصلي للمبنى. فهو دليل علي الإمكانيات الكامنة في النهج البيئي لتصميم المباني. ليسصبح المبنى نقطة محورية نابضة بالحياة.

٣- الخامات البيولوجية (Biomaterials) وتطبيقاتها في العمارة والتصميم الداخلي والأثاث

يستخدم مصطلح الخامات الحيوية (Biomaterials) لوصف الخامات المشتقة من الكائنات الحية بما في ذلك النباتات والحيوانات والفطريات. حيث أصبحت الخامات الحيوية شائعة بشكل متزايد بين المصممين والمهندسين المعماريين بسبب أدائها البيئي. ولأنها توفر إنتاجًا خاليًا من المواد السامة، وعادة ما تكون قابلة للتحلل البيولوجي وتخزن ثاني أكسيد الكربون خلال حياتها ، مما يقلل من البصمة الكربونية للمباني والمنتجات.

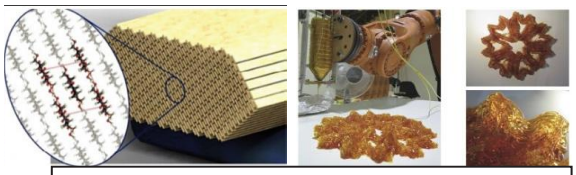
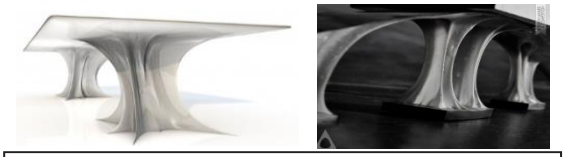
كما برز استخدام الخامات الحيوية نتيجة الحاجة لمواد قابلة للتحلل بعد انتهاء عمرها الافتراضي لتكون صديقة للبيئة.وقد تمكنت الابحاث المتطورة من تصنيع خامات مصنعة بيولوجياً ومستدامة، وتتسم بالفاعلية والكفاءة العالية وصاحبة تأثير ايجابي على البيئة فى نهاية دورة حياتها حيث انها تتحلل وتتحول إلى سماد فهي خامات يتم تخليقها بيولوجياً بلاعتماد على عناصر طبيعية حية غير ضارة مثل (البكتريا- الخمائر- الطحالب- النباتات،.....) وذلك فى ظل ظروف بيئية معينه (رطوبة- حرارة،....)لانتاج الخامة المطلوبة بموصفات محددة كيفا وكماً، دون الحاجة للمرور بمراحل المعالجة والانتاج والتصنيع التقليدية للخامات.

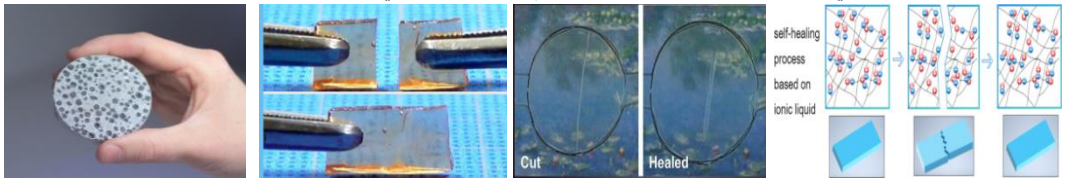
يمكن استخدام بعض الخامات، مثل الخشب والقنب، في حالتها الخام بينما يتم خلط البعض الآخر مثل الطحالب والفطريات ومخلفات الطعام بشكل عام مع مواد أخرى لتحويلها إلى مركبات مفيدة. والتي يمكن أن تحل محل المواد غير المتجددة مثل الصلب وألواح الجبس والأسمنت.

ويُعد عزل الكربون هى طريقة مهمة للتصدي لتغير المناخ. من خلال استخدام المواد النباتية بما في ذلك الطحالب والأخشاب والقنب التى تلتقط الكربون من الغلاف الجوي وتحوله إلى كتلة حيوية عن طريق التمثيل الضوئي.

تعد الخامات البيولوجية التي تنمو وتولد الطاقة والشفاء الذاتي هي الحدود التالية في علم الأحياء وعلوم المواد وقد تمهد الطريق لنوع جديد من العمارة والتصميم. وتحقيق مبادئ الاستدامة فهي لديها القدرة على خفض آثار الكربون، وتحسين استخدام الموارد، وتطوير الخصائص المبتكرة، وتحسين عزل الكربون.

ويوضح الجدول التالي أهم الخامات البيولوجية المتعددة وتطبيقاتها في العمارة والتصميم الداخلي والأثاث مثل (بلورات السليلوز – الطوب الحيوي – البلاستيك الحيوي - .....الخ"

اسم الخامة	الخامات البيولوجية وتطبيقاتها
١- بلورات السليلوز cellulose nanocrystals	نتيجة لسلسلة من البحوث التجريبية في جامعة جامعة بوردو في إنديانا ، تم التوصل الي بللورات تتخللها مادة السليلوز النباتية ، والتي تسبب شكل النباتات المعالجة بتقنية النانو لإنتاجها. يمكن استخدمها في تصميم الهيكل والفضاء الداخلي للبناء. هذه المادة لها العديد من الفوائد نظراً لتوافرها بشكل كبير في النباتات والطحالب وبعض الكائنات البحرية والبكتيريا. يتميز بالصلابة عالية. أيضا يمكن أن يكون بديل محتمل للأنابيب النانوية الكربونية المعالجة بالبوليمرات وملموسة. يحاكي السلوك والأداء الهيكلي للنباتات.  صورة ١٥: توضح بلورات السليلوز النانوية. صورة ١٦: استخدام بلورات السليلوز فى التشكيل المعمارى
٢- الطوب الحيوي The Bio-bricks	كان من الضروري الانتباه إلى التفاصيل الصغيرة من الخام المواد المستخدمة في التصميم المعماري والتصميم الداخلي التي تتعلق بتفاصيل الحياة اليومية لشاغليها. هذا ما ألهم المصممين للتعاون مع العلماء خلق نوع جديد من الطوب أنشأت شركة BioMASON مجموعة للبحث على مدى عدة سنوات لتطوير نوع من طوب خالي من الكربون ، باستخدام بكتيريا تشكل الرمل في بيئة بلورية لتشكيل كتل هيكلية من طوب ركزت Bio-mason على العمارة المستدامة واستخدام التكنولوجيا الحيوية. بدلاً من أخذ الطبيعة كدليل أو مصدر إلهام للأفكار، استخدمه فريق البحث باعتباره المصدر الأساسي للمواد الخام لعمليات التصنيع. تتمتع قوالب الطوب الحيوي الجديدة بنفس القوة و الصلابة مثل التقليدية. صورة ١٧: قوالب الطوب الحيوي. صورة ١٨: استخدام قوالب الطوب الحيوي فى العمارة والتصميم الداخلى.
٣- البلاستيك الحيوي The Bioplastic	البلاستيك الحيوي عبارة عن مواد بلاستيكية (سلاسل طويلة من البوليمرات يتم إنتاجها من مصادر الكتلة الحيوية المتجددة، مثل الدهون والزيوت النباتية ونشا الذرة والقش ورقائق الخشب ونشارة الخشب ومخلفات الطعام) المعاد تدويرها. ويتم الحصول على بعض البلاستيك الحيوي عن طريق المعالجة مباشرة من البوليمرات الحيوية الطبيعية بما في ذلك السكريات مثل النشا والسليلوز، الشيتوزان والألجينات (والبروتينات) مثل بروتين الصويا والغلوتين والجيلاتين (بينما يتم تصنيع البعض الآخر كيميائيًا من مشتقات السكر (مثل حمض اللاكتيك والزيوت والدهون) من النباتات أو الحيوانات ، أو يتم إنتاجه بيولوجيًا عن طريق تخمير السكريات أو الدهون .البلاستيك الحيوي، والمصنوع من المواد الخام المتجددة ، والقابل للتحلل البيولوجي. بحيث لا تستمر في الطبيعة كنفايات لعقود.  صورة ١٩:نموذج البلاستيك الحيوي للمصمم Marilu Valente تصميم وحدات الأثاث نموذج (Morphologies Table). صورة ٢٠: نموذج البلاستيك الحيوي لتصميم مقعد Bioplastic Chairs
٤- الشيتوزان Chitosan	الشيتوزان مركب كيميائي عضوي ينتج من مادة الكيتين الموجودة في المحار والقشريات. هي واحدة من أهم الإنجازات التي يستخدمها علماء الطب الحيوي والتكنولوجيا الحيوية. لكونها واحده من أكثر السكريات وفرة بعد السليلوز، مما يعني أنها توفر التوافق مع الحياة والتحلل البيولوجي. وتستخدم فى عدد كبير من التطبيقات بسبب طبيعتها الفيزيائية والكيميائية وخصائصها التي تسمح بالتعديل، أصبحت التطبيقات الطبية الحيوية حلم المعماري والمصمم الداخلي لخلق فراغات داخلية من الخامات الحيوية والتى تتميز بقدرتها على الإصلاح الذاتي، مثل الخلايا الحية. صورة٢١: مشروع مختبر "MIT" الذي صمم جناحًا نحتيًا مصنوعًا من ألواح قابلة للذوبان، الهيكل مصنوع من جلود المركبات الحيوية المشتقة من السليلوز والشيتوزان والبكتين ، وهي من أكثر البوليمرات الحيوية وفرة على وجه الأرض .

اسم الخامة	الخامات البيولوجية وتطبيقاتها
٥- الخامات الذاتية الشفاء The Self-healing materials	هي الخامات المستوحاة من الشفاء الذاتي للكائنات الحية ، معظم مواد الشفاء الذاتي عبارة عن مواد قائمة على البوليمر، تتميز الخامات ذاتية الشفاء بتنوعها في المجموعات الوظيفية ووجود العديد من التفاعلات القوية منها: ١- **الزجاج ذاتي الشفاء**، الذي أجرته وكالة ناسا في عام ، ٢٠٠٩م، يُظهر أن السطح يمكنه أن يشفي نفسه ويعود إلى طبيعته الأصلية في حالة تلفها أو كسرها أو حتى إطلاقها بواسطة رصاصة. يعمل البوليمر، كمادة مدمجة، على تحسين الخصائص باستخدام الحرارة. يمكنه إعادة ترتيب خصائص أجزاء من المادة حتى لو ظل الكسر واضحا.٢- **الخرسانة ذاتية الشفاء**، فهى البديل المستدام عن متطلب الصيانه المستمر للمباني والجسور والطرق فالخرسانة ذاتية الشفاء، يتم تحضيرها باستخدام عامل شفاء أو بكتيريا تساعد علي الشفاء في الخرسانة. جودة الشفاء الذاتي تتنبأ بمستقبل آمن من خلال استخدام مواد الشفاء الذاتي النشطة بيولوجيا.  صورة٢٢: تطبيقات الخامات الذاتية الشفاء: الزجاج ذاتي الشفاء صورة٢٣: الخرسانة ذاتية الشفاء
٦- البلاستيك المقوى بألياف الكربون والزجاج fiber-composite materials	هناك أيضًا مستوي اخر من المحاكاة الحيوية في استخدام مركب الألياف كمواد بناء، فإن معظم الهياكل الحاملة في علم الأحياء عبارة عن مركبات من ألياف مثل السليلوز أو الكيتين أو الكولاجين. وتيم استخدام (CFRP): البلاستيك المقوى بألياف الكربون، و(GFRP):البلاستيك المقوى بالالياف الزجاجية، كخامات للبناء. وتعتبر ألياف الكربون أقل مرونة بشكل ملحوظ من الألياف الزجاجية وهي المادة المفضلة للتطبيقات التي تكون فيها الصلابة ضرورية. صورة٢٤: نموذج البناء البيولوجي لجناح أبحاث ICD / ITKE لبناء المأوى، قام الفريق بنفخ غشاء ETFE في هيكل يشبه الخيمة ووضع روبوتًا صناعيًا كان الاستلهام من العنكبوت المائي (Agyroneda aquatica) تم ترسب المزيد من الألياف ذاتية الدعم، ليصبح الغشاء الرخو اكثر صلابة. صورة٢٥: جناح "Pavilion" المانيا، ٢٠١٩م: تم استخدم البلاستيك المقوى بالزجاج والألياف الكربونية التي تشترك فى الخصائص الرئيسية مع المركبات الطبيعية. صورة٢٦: أقيم جناح "robotically" من ألياف الكربون المنسوجة آليًا بواسطة فريق من جامعة شتوتغارت في ساحة متحف فيكتوريا وألبرت في لندن كجزء من موسم الأحداث الهندسية.

الجدول رقم (١): يوضح أهم الخامات البيولوجية المستخدمة في العمارة والتصميم الداخلى والأثاث

٤- نماذج تطبيقية للاستفادة من علم البيولوجي لخلق فراغ داخلي واثاث مستدام بيولوجيا.

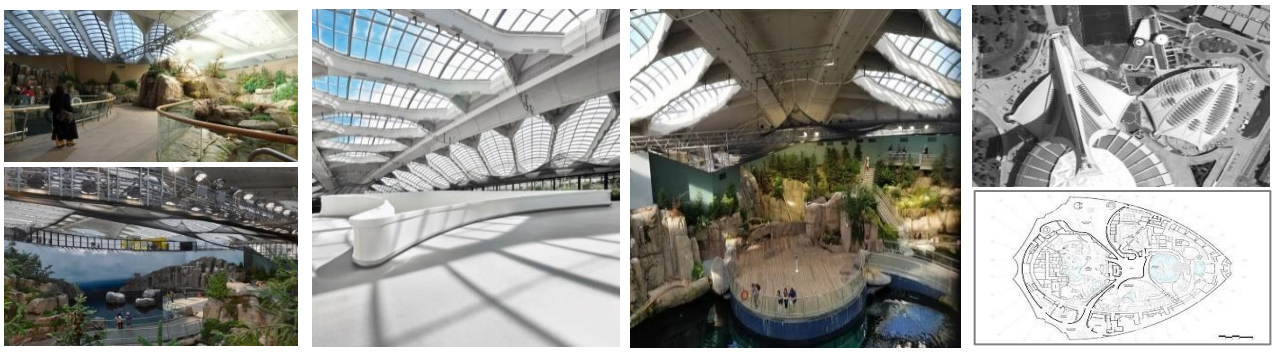
بحثنا عن الراحة والحماية ورغبتنا في تراكم الثروة المادية، أدى إلى انهيار النظم الطبيعية التي تدعمنا. ومنذ التسعينيات، أصبحت كلمة الاستدامة واحدة من الكلمات الأكثر استخدامًا في مفرداتنا، مع العديد من التعريفات. كأيديولوجية، تحفزنا لتحقيق الاستدامة والتواصل مع الطبيعة والاستفادة من التكنولوجيا والعلوم البيولوجية (الحيوية).

للمحاكاة الحيوية للتصميم الداخلي والأثاث فلسفة معاصرة تبحث عن حلول لتحقيق مبادئ الاستدامة. استلهاماً من الطبيعة، وليس عن طريق التكرار الأشكال الطبيعية فقط، ولكن عن طريق الفهم للقواعد التي تحكم تلك الأشكال.

وفحص الطبيعة من خلال النماذج والأنظمة والعمليات الطبيعية والإلهام من أجل حل المشاكل التي من صنع الإنسان. في الوقت الحاضر، تعد حلول المحاكاة الحيوية لمشاكل التصميم الداخلي التزامًا بدلاً من الرغبة في تلبية احتياجات الإنسان ونوعية الحياة البشرية.

استخدام نهج التقليد الحيوي، من خلال الاستلهام من الظواهر الطبيعية المختلفة: التبخر- التبريد والتظليل وتحويل الضوء إلى حرارة، استلهاماً من الكائنات الطبيعية التى تنمو وتتطور وتتكيف وتتفاعل مع بيئتها المحيطة بطريقة ناجحة ومستدامة، بدون استنزاف الموارد الطبيعية أو تلويث بيئة.

اسم المشروع	توصيف النموذج التطبيقى لعلم البيولوجي لتصميم فراغ داخلى مستدام.
متحف العلوم Biodôme	المشروع المقدم من المهندسين المعماريين"KANVA ". ضمن مسابقة الهندسة المعمارية الدولية التي أقامتها مؤسسة Space for Life في مونتريال، وكان الهدف هو تعزيز التجربة بين الزوار والأنظمة البيولوجية البيئية المتميزة لمتحف العلوم. تبنى الفريق الدور الذي يلعبه Biodome في توعية البشر بتعقيدات البيئات الطبيعية، وأزمة تغير المناخ وأهمية فهم آثارها. صممت KANVA جلدًا حيًا يمكن أن يشكل النظم البيئية الطبيعية لتحقيق محاكاة بيولوجية للكائنات الحية (حيوانات وطيور وأسماك..). تم تصميم غطاء(جلد) منحنيًا وممتدًا حول هيكل من الألومنيوم للمبني، لتحويل المبنى, والحيزات الداخلية لأول مرة في عام ١٩٩٢ تحاكي النظم البيئية الطبيعية الأربعة في بيودوم. أصبح Biodôme أحد أكثر المتاحف زيارة في البلاد. في عام ٢٠١٤. يقدم المشروع للزوار تجربة متجددة، حيث يقدم لهم العديد من المسارات التي تسلط الضوء على اكتشاف أكثر سهولة للمجموعات الحية وتشجيع التجول الحر، كما يمكن القيام به في البيئة الطبيعية، تم تصميم السقف الأصلي ليكون نقطة محورية في التجديد، حيث تم ازالة السقف المنخفض وكشف عن الأقبية الخرسانية والزجاج الهندسي للسقف. كذلك تم طلاء قاعة الاستقبال باللون الأبيض ليعكس الضوء من السقف ويخلق مساحة محايدة بين مناطق النظام البيئي التي تشغل غالبية المبنى. يؤكد المشروع على إعادة التفكير في العلاقة بين البشر والطبيعة وإعادة النظر في الإمكانات التعليمية والثقافية لمؤسسة عامة.

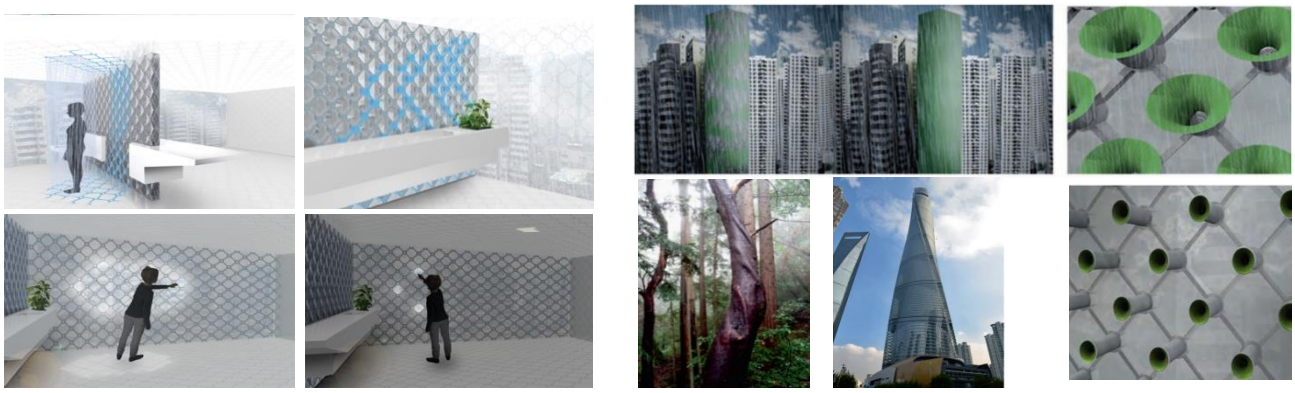


صورة ٢٧: التصميم الداخلى لمتحف العلوم "Biodôme " والذي صمم ليحاكي البيئات الطبيعية ويحقق تجربة واقعية لزوار المتحف لتعزيز العلاقة بين الانسان والبيئة.

اسم المشروع	توصيف النموذج التطبيقى لعلم البيولوجي لتصميم فراغ داخلى مستدام.
المكتب الادارى الرئيسي لشركة Orange Telecoms	المقر الرئيسي الجديد لشركة Orange Telecoms في باريس ويعد التصميم الداخلى للمكتب الادارى نموذج لتأثير التكنولوجيا الرقمية ودمها بالمحاكاه البيولوجية، فجاء التصميم الداخلى للمكتب مستوحاة من الألياف الطبيعية للصبار حيث يوفر الجلد الخشبي المثني بالبخار لهذه الشرانق الحيوية تحقيق الخصوصية أثناء العمل. حيث يتم ثني الأضلاع المنحنية من قطع مستقيمة من الخشب، مما يساعد على تقليل النفايات. وبالتعاون بين "Mamou-Mani Architects and Format Engineers"، و "Xylotek" الذى كان مسؤولاً عن تفصيل الأخشاب وتصنيعها وتركيبها، التي شكلت جزءًا من عمل Mamou-Mani . تم تشكيل الاضلاع المتعرجة بارتفاع ٢,٥ متر. وتم تحديد الأشكال الهندسية للأضلاع من خلال التصميم الرقمي التكراري والنماذج الأولية المادية - لإنشاء نماذج محسّنة يمكن إنشاؤها من الألواح المستقيمة في البداية إلى أشكال ملتوية ومنحنية. تمت العديد من الاختبارات لتحديد مقدار الانحناء الزائد اللازم لمراعاة الارتداد.

صورة ٢٨: التصميم الداخلى المكتب الادارى الرئيسي لشركة Orange Telecoms، تصميم منطقة العمل "Work Station" المستوحي من الألياف الطبيعية للصبار.

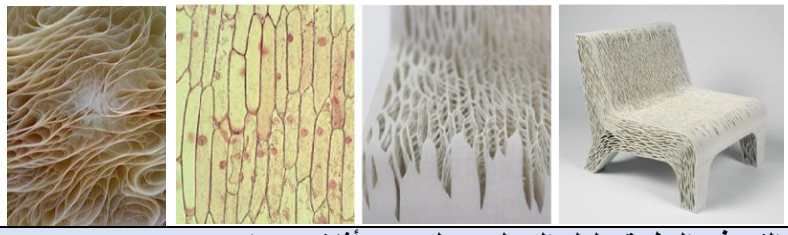
اسم المشروع	توصيف النموذج التطبيقى لعلم البيولوجي لتصميم فراغ داخلى مستدام.
HABITAT 2020	أزمة الطاقة ونقص المياه النظيفة والاحتباس الحراري والتلوث البيئي هي مشاكل عالمية. يمكن أن يساعدنا تصميم المدن كنظم بيئية ديناميكية ومتطورة باستمرار في صياغة استراتيجيات لمستقبل حضري مستدام. يعتمد المشروع بأكمله على تطوير الإسكان المستدام للمباني الحضرية الكبرى في الصين في عام ٢٠٢٠. يستكشف هذا دمج بين الإلكترونيات والوظائف الكيميائية الحيوية في المواد الخاملة للبيئة المبنية. ينتقل هذا الموطن المستقبلي من الحالة الحالية حيث تكون أسطح المبنى عبارة عن مواد خاملة تستخدم فقط لأغراض البناء والحماية إلى جلود وظيفية حساسة "حية" تعمل كأغشية لتسخير الطاقة. يخلق الغشاء رابطًا قويًا بين الجزء التصميم الخارجي والتصميم الداخلي للمبني، ويستخدم كناقل يجمع ويوجه عناصر الهواء والماء والضوء - من الخارج ليغذى الفراغ الداخلي. سيؤدي ذلك إلى تزويد الموطن بجميع مصادر الطاقة اللازمة للعيش. يتفاعل الجلد النشط للمبنى مع: ١- **ضوء الشمس** ويتحرك تلقائيًا إلى الوضع الأكثر كفاءة لتوجيه الضوء وتوليد الطاقة. من خلال جمع وتوجيه الضوء الطبيعي لن تكون هناك حاجة للكهرباء خلال النهار للإضاءة. إن جلب الضوء الطبيعي إلى منازلنا لن يوفر الطاقة فحسب، بل سيوفر أيضًا جميع مزايا الصحة والرفاهية.**٢- الريح** عن طريق توجيه الهواء والرياح عبر جلد المبنى، سيتم توليد الطاقة وسيتم ترشيح الهواء لتوفير هواء نظيف داخل المبنى. كما سيتم تبريد الهواء من أجل تكييف الهواء الطبيعي. يتم تنظيف الهواء الخارجي وتجريده من ثاني أكسيد الكربون قبل استنفاده من المبنى. **٣- المطر** يتم جمع مياه الأمطار ويوجهها إلى الداخل. من خلال التقاط الرطوبة من الهواء، تجمع الواجهة الماء حتى في فترات الجفاف. من خلال التنقية والترشيح وإعادة الاستخدام، سيتم استخدام المياه في حلقة مغلقة وسيتم تحسين استهلاك المياه العذبة. سيتم تحويل النفايات البشرية والنفايات العضوية الأخرى إلى طاقة غاز حيوي. يمكن استخدام الغاز الحيوي للتدفئة والطهي بالإضافة إلى توفير الماء الساخن للغسيل.



صورة ٢٩: التصميم الداخلى للمشروع السكني HABITAT 2020، والاستفادة من جميع مصادر الطاقة المتجددة والاستفادة منها فى توفير وتوليد الطاقة اللازمه للمبني ولجميع الانشطة اليومية لشاغلى الفراغ.

الجدول رقم (٢): يوضح النماذج التطبيقية للاستفادة من علم البيولوجي لخلق فراغ داخلي مستدام بيولوجيا.

اسم المشروع	توصيف النموذج التطبيقى لعلم البيولوجي لتصميم أثاث مستدام.
كرسي 3D printed soft seat	كرسي "3D printed soft seat" تصميم "Lilian " نموذج للمحاكاة الحيوية (٢٠١٤م). تصميم المقعد المرن المطبوع ثلاثي الأبعاد هو المرحلة الأولى من بحث Lilian الشامل للهياكل العضوية من أجل تحسين صناعة المقاعد الناعمة. ابتكرت ليليان مقاعد ناعمة يمكن إنتاجها محليًا مستوحاة من هياكل الخلايا النباتية. قابلة للتكيف مع الاحتياجات الشخصية وتحتوي على جميع الوظائف المصنوعة من مادة واحدة. يحاكي تصميم الكرسي الهيكلى هيكل خلايا النباتات حيث ان التصميم الهيكلي للخلايا النباتية يتكون من مادة واحدة تؤدى وظائف مختلفة بدرجات متفاوتة من الثبات والصلابة والنعومة، تم إنشاء المقعد من خلال عملية الانتاج الثلاثية الابعاد المستدامة للحد من المواد المستخدمة.



صورة ٣٠: توضح كرسي "3D printed soft seat" تصميم "Lilian " والذى يحاكي الخلايا النباتية وتكوينها.

اسم المشروع	توصيف النموذج التطبيقى لعلم البيولوجي لتصميم أثاث مستدام.
كرسي Bone Chair منضدة Leaf Table	قام مركز التطوير الدولي في Adam Opel GmbH، الشركة الألمانية التابعة لشركة جنرال موتورز، بتطوير برنامج تحسين ثلاثي الأبعاد يحاكي النمو البيولوجي. وقد قام المصمم "JORIS LAARMAN " بتطبيق البرنامج على تصميم الأثاث. في نقل التصميم من العالم الطبيعي إلى كائن من صنع الإنسان، يحاكي كرسي Bone Chair العملية التوليدية للعظام،نموها، وتتطور المناطق المعرضة لضغط شديد إلى الكتلة الأكبر، من أجل تحقيق قوة التحمل. كذلك منضدة Leaf Table (2010) من تصميم ايضاً "JORIS LAARMAN "، والتى تجمع بين براعة الحدادة وعمليات التصنيع الرقمية عالية التقنية. نجد الأرجل الفولاذية القوية والمتشكلة بأناقة، مثل جذع شجرة ينمو في عروق صغيرة من. يتم إنشاء الإطار المعدني بواسطة خوارزميات في عدة خطوات. تم إنشاء الأرجل عن طريق إدخال قوة دورانية في الهيكل، مما أدى إلى تحسين الاستقرار. ثم يتفرع الهيكل إلى السطح مقسمة وفقًا لمخطط فورونوي؛ ذلك النمط الموجود في كل مكان في الطبيعة. بعد إنشاء الإطار بمساعدة أدوات الحفر والقطع بالليزر التي يتحكم فيها الكمبيوتر، تم وضعه مقلوبًا في قالب لصب سطح الطاولة. يتم صب الراتنج المقاوم للأشعة فوق البنفسجية بين الإطار المعدني المكرر الذي يربط الهيكل. يستفيد كل من الراتينج والمعدن من بعضهما البعض من أجل القوة.

صورة ٣١: منضدة Leaf Table (2010) للمصمم " JORIS LAARMAN"، تحاكى المنضدة جزع الشجرة وحركة نموها الى اعلى وتفرع الفروع.

صورة ٣٢: كرسي Bone Chair للمصمم " JORIS LAARMAN"الذى يحاكي نمو وتطور العظام.

اسم المشروع	توصيف النموذج التطبيقى لعلم البيولوجي لتصميم أثاث مستدام.
مقعد The Plum Stool منضدة Mantis Table	The Plum Stool هو مفهوم يجمع الشكل العضوي بين الهيكل والشكل والمادة في واحد. يحاكي الشكل الديناميكي الهوائي للمقعد الطريقة التي تنمو بها الأشكال الطبيعية وتتطور، وتهدف دائمًا إلى تحقيق الكفاءة. اسم بلوم مشتق من كلمة "بلوما" في الإسبانية والتي تترجم إلى "ريشة". ومن ثم ، فإن فكرة أنه من خلال الجمع بين المواد الجديدة وإنشاء النموذج والمنطق الهيكلي، تمكن من تحقيق خفة مذهلة والكفاءة عالية باستخدام أقل كمية من المواد. صمم المقعد من ألياف الكربون ذو مظهر مستقبلي،وذلك عن طريق ثني المادة عند نقاط الضغط الرئيسية وإنشاء أضلاع هيكلية. منضدة Mantis Table، مستوحاة من أجزاء جسم الحشرات وإضافتها لمسة خفيفة وأنيقة ، قاعدة الطاولة مصممة لتقليد الأرجل الصغيرة والحساسة لحشرة فرس النبي ذات زاوية فريدة لدعم للفترة طويلة . يستخدم التصميم مفاهيم مستوحاة من المحاكاه الحيوية تضيف إلى خفة الهيكل بينما لا يزال يشتمل على خصائص عالية القوة لدعم سطح الزجاج الثقيل ذات شكل ديناميكي وطبيعي. تم استخدم أقل كمية من الألومنيوم ولاكنها تزال قادرة على حمل ستة أضعاف وزنها.

صورة٣٣: مقعد The Plum Stool الذى يحاكي الطريقة التي تنمو بها الأشكال الطبيعية وتتطور.

صورة ٣٤: منضدة Mantis Table، المستوحاة من أجزاء جسم الحشرات

الجدول رقم (٣): يوضح النماذج التطبيقية للاستفادة من علم البيولوجي لتصميم اثاث مستدام بيولوجيا.

نتائج البحث:

١- تعتبر الطبيعة مصدر خصب لا ينضب للمحاكاة من خلال عناصرها المتعددة. والمحاكاه البيولوحية (الحيوية) ليست قاصرة على الاستعارات الشكلية وانما تدرس وبعمق (استراتيجيات- نمو- تطور- خصائص- سوك تكييف) الكائنات الحية مع بيئتها، والتعلم منها. فكانت نتيجة الدمج بين علم البيولوجي والتكنولوجيا ظهور اتجاهات تصميمة معاصرة تحقق الاستدامة،أهمها: (١-**التصميم البايوديجيتال، ٢-التصميم البايوفيلك، ٣-التصميم البيوميميكرى، ٤-التصميم البيونكس ٥-التصميم البايوموناخي)**، والتى تهدف الى تعزيز التواصل مع الطبيعة لتحقيق مبادئ الاستدامة.

٢- يظهر بوضوح دور علم البيولوجي وعلم المواد في التحكم بخواص المواد لاكتشاف خامات جديدة مستدامة، "الخامات البيولوجية **Biomaterials"**، والتى تتميز بإنها خالية من المواد السامة وقابلة للتحلل البيولوجي مما يساهم فى استعادة التوازن البيئي.

وبناء على ما سبق وما توصل اليه البحث يؤكد على ضرورة التعاون لاجراء المزيد من الدراسات البينية والبحوث بين علماء البيولوجي والمتخصصين فى مجال العمارة والتصميم الداخلى والأثاث لتحقيق تصميمات ذات كفاءة وتكييفاً مع البيئة. ايضا علي الكليات والمعاهد المتخصصة في دراسه التصميم والفنون مواكبة الاتجاهات التصميمية البيولوجية الحديثة وكيفية تحقيق المحاكاة الحيوية ليس فقط شكلاً ولكن التعلم من قدرة "الخالق عز وجل"،على جعل جميع الكائنات ان تتطور وتتكيف مع بيئتها المحيطة، وضرورة الربط بين الخامات البيولوجية وما تقدمة من حلول مستدامة وطرق التصميم المختلفة.

كما يجب على المصمم والباحث التعامل مع الخامات البيولوجية وكيفية دمجها فى العملية التصميمية وتطويرها لتحقيق تصميمات مستدامة.

مراجع البحث :

أولا : المراجع العربيه

١- امنية ابراهيم، علا على هاشم، أشرف حسين ابراهيم: دور التوجهات الفكرية الرقمية فى تطوير التصميم الداخلى المعاصر، مجلة علوم التصميم وفنون التطبيقية، مجلد٤ ، عدد ١ ، يناير ٢٠٢٣ جامعة حلوان، القاهرة.

٢- سارة محمد جمال، نبيل محمود عبد العظيم، علا محمد سمير، أمل رمضان عمر، "التوازن الحيوي وأليات تحققه فى التصميم الداخلى من منظور التكيف التشريحي"، مجلة علوم التصميم وفنون التطبيقية، مجلد ٣،عدد١، جامعة حلوان، القاهرة، ٢٠٢٢م.

٣- شيماء عبد الستار شحاته، "التقنيات الحيوية وتطبيقتها فى التصميم الداخلى والأثاث"، مجلة علوم التصميم وفنون التطبيقية، مجلد ٢،عدد١، جامعة حلوان، القاهرة، ٢٠٢١م.

٤- علي محسن جعفر، تمارة عادل:" عمارة البايونيك"،مجلة الأطروحة للعلوم الإنسانية،دار الأطروحة للنشر العلمي،٢٠١٦م.

ثانيا: المراجع الأجنبيه :

Books

[6]PETRA GRUBER: BIOMIMETICS IN ARCHITECTURE ARCHITECTURE OF LIFE AND BUILDINGS, 2011 Springer-Verlag/Wien Printed in Germany

[5] Zhou, Jiwei, Elvin Karana, E.Karana, Mentor Jun Wu: Designing BioDigital Objects with Interwoven Exploring Root Structure and Experience, 16 Aug 2019.

Scientific research

[6] Alberto T. Estévez, et al., "Biomanufacturing the Future: Biodigital Architecture & Genetics", Procedia Manufacturing, vol. 12 (2017), pp. 7-16, Elsevier Science Publishing Company Inc., 2017. ISSN: 2351-9789.

[7]Alberto T. Estéveza, Diego Navarroa: International Conference on Sustainable and Intelligent Manufacturing, RESIM 2016, 14-17 December 2016, Leiria, Portugal www.sciencedirect.com https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.08.002.

[8]Alessandro Pellis, Georg M. Guebitz and Gibson Stephen Nyanhongo,(2022): Chitosan: Sources, Processing and Modification Techniques, https://www.mdpi.com/journal/gels,https://doi.org/10.3390/gels8070393

[9]BHARAT BHUSHAN: Biomimetics: lessons from nature – an overview, Published online, Journals | Royal Society

[10]Barbara Widera: Bioclimatic Architecture, Journal of Civil Engineering and Architecture Research, Vol. 2, No. 4, 2015, pp. 567-578

[10] Eman Ahmed El Sayed Mahmoud Al Akaby , Mahmoud Hassan Ibrahim Almallah, and Marwa Khaled Ibrahim Mahfouz: Futuristic Interior Design Concept Through the Evolution of Biotechnology: Towards a New Model of Bio-sustainable Space, Advances in Science, Technology & Innovation IEREK Interdisciplinary Series for Sustainable Development, ISBN 978-3-030-86912-0 ISBN 978-3-030-86913-7 (eBook) https://doi.org/10.1007/978-3-030-86913-7

[11] Elmira Jamei , and Zora Vrcelj: Biomimicry and the Built Environment, Learning from Nature's Solutions, Applied Sciences | Free Full-Text | Biomimicry and the Built Environment, Learning from Nature's Solutions (mdpi.com)

[12] Ola M. Mohammed Ahmed: Augmented Design to Create a Sustainable Environment in Interior Architecture, MSA university engineering journal.

[13]Natasha Chayaamor-Heil, Louis Vitalis (2020): Biology and architecture: An ongoing hybridization of scientific knowledge and design practice by six architectural offices in France, UMR MAP-MAACC CNRS, National Architecture School of Paris La Villette, Paris, France,

[14]Pranita Pranjale1, Deepali K.Hejiib (2019): Biophilic Design -A Sustainable Approach, (PDF) Biophilic Design -A Sustainable Approach (researchgate.net).

[15] Renee L. Ripley and Bharat Bhushan (2016) : Bioarchitecture: bioinspired art and architecture aperspective, http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2016.0192

[16]Reda Bahy-ELDin Moustafa Youssef: BIOMIMETIC APPROACHES TO SUSTAINABILITY AND ITS APPLICATION IN INTERIOR DESIGN OF THE TOURIST BUILDINGS,international Design Journal, Volume 4, Issue 2

[17]Mohsen Aboulnaga , Samaa E. Helmy (2022): Biomimetic Architecture and Its Role in Developing Sustainable, Regenerative, and Livable Cities, https://doi.org/10.1007/978-3-031-08292-4

Viktória Sugár1, Péter Leczovics2, András Horkai1: Bionics in architecture, YBL JOURNAL OF BUILT ENVIRONMENT Vol. 5 Issue 1 (2017).

[18]Indre Grazuleviciute-Vileniske, Aurelija Daugelaite and Gediminas Viliunas (2022): Classification of Biophilic Buildings as Sustainable Environments,https://doi.org/10.3390/buildings12101542, https://www.mdpi.com/journal/buildings.

[19]Rania Raouf Awadalla,(2023): Biomimicry as an Innovation Behavior in Architecture and Interior Design, journal of design sciences and applied arts,Volume 4 , Issue 1, January 2023

[20]Saniye Karaman Öztaş (2015): Fiber Reinforced Composite Materials in Architecture, Fiber Reinforced Composite Materials in Architecture | Scientific.Net

[21]Filiz Tavsana , Elif Sonmez: Biomimicry in Furniture Design, 7th World Conference on Educational Sciences, (WCES-2015), 05-07 February 2015, Novotel Athens Convention Center, Athens, Greece.

[22]Denisa Lizoňová – Zuzana Tončíková: Exploring the application of nature-inspired geometric principles when designing furniture and interior equipment, ACTA FACULTATIS XYLOLOGIAE ZVOLEN, 61(1): 131−145, 2019

[23]Yomna K. Abdallah, and Alberto T. Estévez (2021): 3D-Printed Biodigital Clay Bricks: https://doi.org/10.3390/ biomimetics6040059

Web sites:

[24]https://www.dezeen.com/2019/05/08/university-stuttgart-biomimetic-pavilion-bundesgartenschau-horticultural-show/(3-11-2022)

[25]https://www.architectmagazine.com/technology/this-week-in-tech-a-bio-inspired-pavilion-for-the-victoria-and-albert-museum_o(13-10-2022)

[26]https://www.architectmagazine.com/technology/arachnid-architecture-as-human-shelter_o
[27]https://mamou-mani.com/project/orange-hq-cabanas/(25-1-2023)
[28]https://www.jorislaarman.com/work/bone-chair/(6-1-2023)
[29]https://www.archdaily.com/960966/biodome-science-museum-kanva (20-12-2022)
[30]https://www.alvarouribedesign.com/limited-edition(18-1-2023)
[31]http://article.sapub.org/10.5923.s.arch.201402.02.html(1-2-2023)
[32]https://plparchitecture.com/park-nova-singapore/(9-12-2022)
[33]http://albertotestevez.blogspot.com/2014/01/bio-digital-architecture-genetics.html(3-1-2023)
[34]https://foxlin.com/andres-harris-bone-inspired-structure/(22-1-2023)
[35]https://www.xylotek.co.uk/projects/orange-cabanas(8-11-2022)