INTERNATIONAL JOURNAL OF
DESIGN AND FASHION STUDIES

ISSN: 2735-5365 VOLUME 4, ISSUE 1, 2021, 22 – 38. www.egyptfuture.org/ojs/

التصميم الداخلى المستدام للحيزات التكيفية.

Sustainable Interior Design for Adaptive spaces.

أمانى طه محمود عبد اللطيف الشافعى
مدرس بقسم الديكور عمارة داخلية
الكلية الفنون الجميلة جامعة الإسكندرية
الأسكندريه - مصر
dr.amanytaha24@gmail.com

الملخص:
على مر العصور و مع التغيير للطبيعه يقف الإنسان عند نقطة تحول حضارية فيما يختص بعلاقتة بكوكب الأرض و نظمه البيئية فلقد استمدت الهندسة المعمارية من الطبيعة كمصدر للإلهام والتشكل الحيوي , فهذه الفلسفة الفكرية ترجع فى الأساس إلى فكرة أن المحاكاة البيولوجية هى : علم يلاحظ و يدرس الطبيعة - أداه تكيف تصميماتنا مع سياقها البيئى - مفهوم يغير من إدراكنا للعالم الطبيعى و أن ما تقدمه المحاكاة البيولوجية قائم على إتخاذ الطبيعة كمصدر للأفكار . من خلال الإتجاه التكيفى فى التصميم ، و الاندماج مع الطبيعة و الظروف المناخية المتغيرة ، باستخدام تكنولوجيات تتواءم و تتفاعل مع البيئة المحيطة.
تمثلت المشكله بوجود فجوة بين كل من التوجه الفكري «الصناعي» و التوجه الفكري «المحاكي للأنظمة البيولوجية» و اصبحت التصميمات الداخلية و البيئة المبنية الحالية غير متكيفة مع بيئتها بل و منفصلة عن المنظومة الحيوية.
والهدف هو السعى نحو عمارة داخلية ذو منظومة تكيفية تتميز بالتكامل و التكافؤ مع البيئة الطبيعية من خلال مفهوم "المحاكاة البيولوجية" و" العمارة التكيفية "للوصول إلى تصميمات بيئية مستدامة؛ و ذلك بالربط بين المنهج العلمى و المنهج الوصفى من خلال رؤية تحليليه لمفهوم المحاكاة البيولوجية و التصميم التكيفى على تطور الفكر التصميمى للفراغات البيئية.
اخيرا يمكن للبحث ان يتوصل الى تحويل توجهنا الفكري إلى توجه فكري محاكي لبيولوجيا الطبيعة بواسطه الإتجاه التكيفى فى تصميم الفراغات الداخلية بإسلوب يحترم الأنظمة البيئية ويتكيف مع مشكلاتها.
فمبدأ التكيف من أهم المبادئ التى يجب ان نتعلمها من الطبيبعه و نعيد إحيائها و ضرورة العمل على احترام القوانين الحيويه و البيولوجيه فى تصميم الحيزات الداخليه, والأهتمام بالدور الثقافى والتوجيه نحو حمايه الطبيعه

الكلمات المفتاحية:
(المحاكاة البيولوجية" و" العمارة التكيفية " الأستدامة).

Abstract:
Throughout the ages and with the changes of nature, humanity stands now at a turning point in its relationship with the planet and its ecosystems. Architecture has been derived from nature as a source of inspiration and biological formation. The idea that biological simulation is a science that observes and studies nature as a concept that changes the awareness of biological simulation. Through the adaptive trend in design, integration with nature and climatic changes conditions, using technologies that are compatible with the surrounding environment.
The problem is the gap between the industrial and the simulated biological systems' intellectual approach. The interior design and architecture became not adapted to their environment, but rather separate from the biological systems.
The goal is to create an interior architecture with an adaptive system characterized by integration with the natural environment through the concept of "biological simulation" and "adaptive architecture" to reach sustainable designs. That is by linking the scientific method and the descriptive approach through an analytical view of the concept of biological simulation and adaptive design development.
Finally, the research can reach the transformation of the intellectual approach into the simulation of the natural adaptive approach in interior design with attention to the cultural role and guidance towards protecting and respecting the environmental systems.

Key Words:
(Biological simulation - Adaptive architecture- Sustainable).

1- المقدمة:

INTERNATIONAL JOURNAL OF
DESIGN AND FASHION STUDIES

ISSN: 2735-5365 VOLUME 4, ISSUE 1, 2021, 22 – 38. www.egyptfuture.org/ojs/

يعد الاستلهام من الطبيعة هو علم تطبيقي يعتمد على حل المشكلات البشرية من خلال دراسة التصميمات الطبيعية والنظم والعمليات، فالطبيعة يمكن أن تعلمنا عن الأنظمة والخامات والعمليات والانشاء الهيكلي وعلم الجمال، وذلك لإيجاد حلول أكثر عمقا من خلال ملاحظة تعامل الطبيعة مع المشاكل التي تواجهها وتتضمن توظيف المماثلة الاحيائية على مستويات متعددة بهدف تحقيق الارتباط مع الطبيعة واعادة القيم المفقودة في فترة ما بعد الثورة الصناعية، والتوجه نحو الاستدامة باستخدام المماثلات الاحيائية والبيولوجية مع الطبيعية بمستويات متعددة وبتوظيف التكنولوجيا المعاصرة. والذي اتخذ توجهات عديدة بمسميات مختلفة تدور حول العلاقة مع الطبيعة في محور تركيزها والتي سيتم تناولها في التكيف مع البيئه.

ترى العمارة التكيفية أهمية إتخاذ النظم البيئية كمصدر للإلهام وكنموذج للمحاكاه فى تصميم بيئتنا المبنية لأنها تحمل كل معانى الإستدامة فى كل جوانب عملها و أدائها ، هذا المستوى من المحاكاه يتطلب من المصممين أن يكون لديهم قدر من المعرفة البيئية عن الأنظمة البيولوجية .

إن مبدأ التكيف من أهم المبادئ التى يجب أن نتعلمها من الطبيعة و نعيد إحيائها مرة أخرى و خاصة فى مجال التصميم الداخلى , فهو يقوم على تصميم البيئة المبنية وفقا لنمط تصميمى مستلهم من الطبيعة . فلابد وأن نعيد إكتشاف بيئتنا الثقافية و المناخية و إكتشاف جمال الإختلاف و التنوع الذى تذخر به مجتمعاتنا المحلية ، والتى لابد وأن تنعكس على تصميماتنا بالتنوع فى الحلول التصميمية بعيدا عن تكرار و نقل الحلول من الغرب و ضرورة العمل على احترام القوانين الحيويه و البيولوجيه فى تصميم الحيزات الداخليه, والأهتمام بالدور الثقافى والتوجيه نحو حمايه الطبيعه وخاصه المحميات الطبيعيه و مناطق التراث العالمي فى مصر ، وذلك لأن كل بيئة طبيعة لديها حلول و إستراتيجيات خاصة و متنوعة فى التكيف و البقاء.

و هذا ما تقدمة لنا المحاكاة البيولوجية؛ فالمحاكاة البيولوجية مفهوم يقوم على إيدولوجيات مختلفة و طرق فكرية و منهجية جديدة من شأنها أن تعيد تكيفنا مع كوكب الأرض, و ذلك من خلال إعتناقها فكرة التعلم من أفكار وإستراتيجيات الطبيعة التي وجدت منذ ملايين السنين و محاكاة ما نتعلمه منها للوصول إلى حلول و تصميمات بيئية مستدامة تستطيع البقاء و التكيف مع الظروف و التحديات الجديدة التى يشهدها كوكب الأرض فى القرن الحادى و العشرين, فالطبيعة و جميع كائناتها الحية ظلت لملايين السنين تواجه نفس المشكلات و التحديات التي تواجهنا اليوم و لكنها إستطاعت أن تتغلب عليها بحلول مبتكرة و مستدامة, و تعرفت قبل الإنسان على ما الذي ينجح و ما الذي يدوم و يبقى على كوكب الأرض, و إستطاعت الحفاظ على النظام البيئي لكوكب الأرض دون أن تدمر ما يُدِعم بقائها, و لذلك فالمحاكاة البيولوجية هى دعوة للتفكر في الطبيعة بعمق و دعوة للإستفادة من الحِكَم البيئية الموجوده حولنا للوصول إلى تصميمات بيئية مستدامة.

2- **مشكله البحث :**

وجود فجوة بين كل من التوجه الفكري «الصناعي» و التوجه الفكري «المحاكي للأنظمة البيولوجية» و اصبحت التصميمات الداخلية و البيئة المبنية الحالية غير متكيفة مع بيئتها بل و منفصلة عن المنظومة الحيوية لكوكب الأرض و تلك التصميمات تشارك فى تفاقم المشكلات البيئية و ذلك لأنها طرق فكرية و منهجية متوارثه من القرن العشرين والتى إتسمت بإهمالها للجانب البيئى و عدم إكتراثها بالطبيعة والنظم الحيوية.

3- **هدف البحث** :

هو السعى نحو عمارة داخلية ذو منظومة تكيفية تتميز بالتكامل و التكافؤ مع البيئة الطبيعية المحيطة من خلال مفهوم "المحاكاة البيولوجية" و العمارة التكيفية للوصول إلى تصميمات بيئية مستدامة.

وتحويل الفكر التصميمى إلى فكر محاكي لبيولوجيا الطبيعة والتكيف مع البيئة المحيطه عند القيام بحل أى مشكلة تصميمية أو عند البدء في إعداد تصميم جديد. (توجه فكرى يحترم الأنظمة البيئية ويعتبر تصميماتنا جزء من المنظومة الحيوية لكوكب الأرض)

4- **منهج البحث :**

يتبع المنهج العلمى و المنهج الوصفى من خلال رؤية تحليليه لمفهوم المحاكاة البيولوجية و التصميم التكيفى على تطور الفكر التصميمى للفراغات البيئية . دايجرام(1)

INTERNATIONAL JOURNAL OF
DESIGN AND FASHION STUDIES

ISSN: 2735-5365 VOLUME 4, ISSUE 1, 2021, 22 – 38. www.egyptfuture.org/ojs/

دايجرام(1) يوضح كيفيه تحقيق الأستدامه من خلال المحاكاة البيلوجية للعمارة التكيفيه

اولا : فكر الإستدامة و فلسفتها في التصميم التكيفي للمحاكاة البيوبوجية:

قد أشير إلى حركة البيئة من قبل مجموعة متنوعة من الأسماء على مر السنين بما في ذلك الحفاظ الخضراء والبيئية ، الإستدامة على الرغم من إستخدامه على نطاق واسع كما هو عليه يقلل من الاتفاق على ما يتضمنه على وجه التحديد و يعرف قاموس إنكارتا " Encarta " العالمي الإستدامة على النحو التالي:

- قادرة على البقاء و الإستمرارية
- إستغلال الموارد الطبيعية دون تدمير التوازن الإيكولوجي البيئي لمنطقة معينة

1- تعريف العمارة المستدامة :

العمارة المستدامة هو مصطلح عام يصف تقنيات التصميم الواعي بيئيا في مجال الهندسة المعمارية .وهي عملية تصميم المباني بأسلوب يحترم البيئة مع الاخذ في الاعتبار تقليل استهلاك الطاقة والمواد والموارد مع تقليل تاثيرات الإنشاء والاستعمال على البيئة مع تنظيم الانسجام مع الطبيعة، تسعى العمارة المستدامة إلى التقليل من الآثار البيئية السلبية في المباني من خلال تعزيز كفاءة استخدام المواد والطاقة والفضاء (عمارة مستدامة,2021)

تعبر الإستدامة عن تلبية الاحتياجات البيئية والاجتماعية والإقتصادية الحالية دون المساس بهذه العوامل للأجيال المقبلة (Glossary of sustainability terms,2021)

1-1 المحاكاة البيولوجية :

" المقصود بالمحاكاة البيولوجية هي واحده من بين الكثير من الأدوات التي ستُساعدنا في أن نتعلم كيف نعيش بطريقه مستدامة" (Carlos,2009) داينا باوميستر.

وهذا ببساطة ما تدعونا اليه [المحاكاة البيولوجية]؛ فهى تدعونا لنستفيد من الحكم البيئية الموجوده حولنا من خلال التعلم من الأفكار والإستراتيجيات القديمة للطبيعة التي قد وجدت هنا منذ ملايين السنين و محاكاة ما نتعلمة منها للوصول الى حلول و تصميمات جديده تستطيع البقاء لملايين السنين القادمة. و كيفية التعامل مع الطبيعة كمعلم لإثراء مجال العمارة الداخلية من خلال مفهوم المحاكاة البيولوجية.

BI – O – MIM – IC – RY

حرفياً, تأتى كلمة BIOMIMICRY من كلمات يونانية ؛[Bios] تعنى [حياة] و [Mimesis] تعنى [محاكاة] (Janine M.,1997)

إذاً, فكلمة Biomimicry تعنى [محاكاة الحياة] – [محاكاة الطبيعة]

محاكاة الحياة يقصد بها : محاكاة الكائنات الحية والعالم الطبيعى من حولنا, عن طريق محاكاة البيولوجي والإيكولوجى (البيئه) الخاصة بها, فهذه المحاكاة تقوم فى الأساس على دراسة عميقة للكائنات الحية – هيكلها, وظائفها, سلوكها, إنسجامِها وتفاعلها وعلاقاتها مع بعضها البعض و مع ما حولها من بيئة و مكان بهدف التعلم منها و محاكاتها للإرتقاء بالمستوى البيئى لتصميماتنا.

ولذلك فالأقرب إلى الدقة أن نطلق عليها محاكاة بيولوجية أو بيئية للحياة أو للعالم الطبيعى. لذا فكلمة Biomimicry تعنى بمعنى أدق [محاكاة بيولوجية للطبيعة] , و لكن هذة المحاكاة البيولوجية ليست تقليد أعمى أو نقل حرفى للطبيعة؛ بل هى إلهام و تعلُم, يحتاج إلى عقل متفتح وقدرة على الإنتقال من مفهوم لأخر وقدرة على إستخراج لُب الفكرة .(Vincent,2021)

INTERNATIONAL JOURNAL OF
DESIGN AND FASHION STUDIES

ISSN: 2735-5365 VOLUME 4, ISSUE 1, 2021, 22 – 38. www.egyptfuture.org/ojs/

" فإذا أردت الطيران فإنك لن تقلد الطير, ولكنك ستقلد إستخدام الأجنحة ورقائقها الهوائية " جوليان فينسنت
فهذه المحاكاة أوالإلهام كما تصفه «چانين بنياس» [مُبتكرة هذا المصطلح] فى كتابها...
" محاكاة تتسم بالإحترام للطبيعه – محاكاه واعية لعبقرية الحياة "
"A Respectful Imitation – A Conscious Emulation of life's genius"
::: Biomimicry – Biomimetics – Bionics – Bioinspiration :::

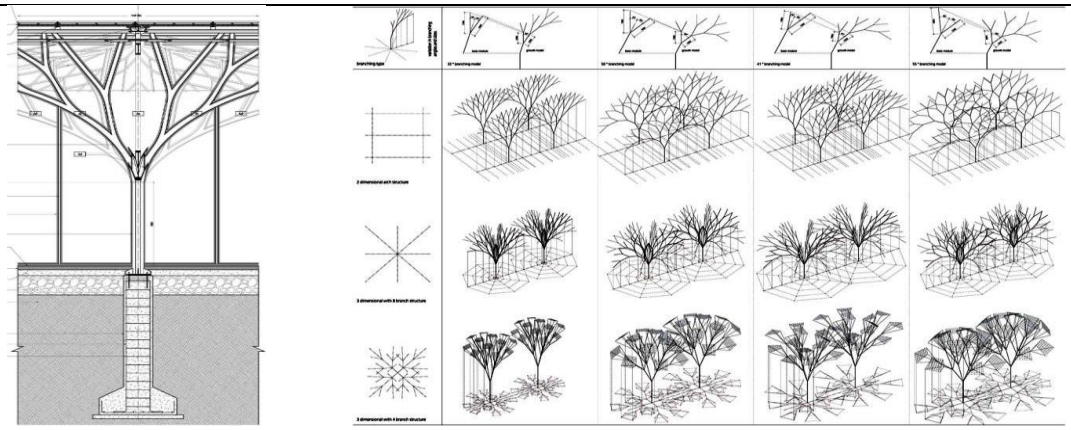
هى مصطلحات متصلة و متشابكة, ولا يمكن أن تُذكر بمعزل عن بعض, لأنها ببساطة تملك أساس مشترك وهو؛ "أخذ أفضل الأفكار والتصميمات من الطبيعة لحل المشكلات البشرية". كما أنها لديها مهمة مشتركة وهى؛ بناء جسور تربط بين علم الأحياء والمجالات التى تحسن نوعية الحياة الإنسانية.
و بسبب هذه الأوجه المشتركة فإن تلك المصطلحات أوالمجالات والتى تجعل محاكاة الطبيعة أساس لها كثيراً ما تُذكَر بالإشارة إلى بعضهم البعض.
ولكن, بالرغم من هذا إلا أن هناك بعض الإختلافات أيضا و التى يَجدُر الإشارة إليها :

- [Bionics & Biominetics] : غالباً ما تهتم بتدفق الأفكار من علم البيولوجيا للأنظمة الهندسية و التكنولوجية لحل مشكلة فنية أو لإبتكار تكنولوجيا جديده.
- [Biomimicry] : غالباً ما تهتم بتدفق الأفكار من علم البيولوجيا إلى كل المجالات تقريبا التى تهتم بتحسين نظم الإنسان (مثل العمارة, الزراعة , الصناعة , الإقتصاد , السياسة و التكنولوجيا) لحل مشكلاتهم بطريقة بيئية و مستدامة .

1-2 المحاكاة البيولوجية لنموذج الطبيعة (الكرسى المحاكى للعظام Bone Chair):

هذا التصميم لايحاكى [الأشكال العضوية] و لكنه يحاكى [نمو الهياكل والأشكال العضوية], و لكى نكون أكثر تحديداً فهو يحاكى [الطريقة الفعاله لنمو العظام و المبادىء التصميمية التى تقوم عليها تلك العملية].
الشكل (1)،(2)

الشكل (1) يوضح مبادىء التصميم التى تحكم عملية نمو العظام. فلقد توصل الى أن العظام تتبع مبادىء معينة لتوزع القوى بطريقة متساوية على الأسطح المختلفة,كما أن العظام تتبع مبدأ وضع المواد فى الأماكن التى تتعرض أكثر للمقاومة و نزعها من الأماكن التى لا تتعرض بشكل قوى لأى مقاومة.



INTERNATIONAL JOURNAL OF
DESIGN AND FASHION STUDIES

ISSN: 2735-5365 VOLUME 4, ISSUE 1, 2021, 22 – 38. www.egyptfuture.org/ojs/

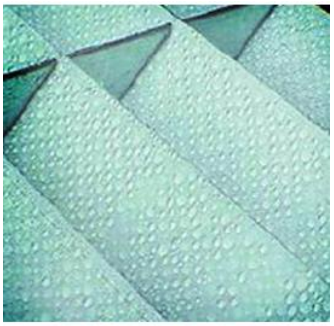
الشكل (2) يوضح مراحل بناء الشكل المتفرع، والتفاصيل الانشائية للعمود و النظام الهيكلي للتصميم والذي يتبع نظام نمو الأشجار المطيرة في موقع المشروع وتقاطع الفروع مع السقف مكونة عدد من الفتحات التي تستخدم كمصدر للإضاءة الطبيعية .

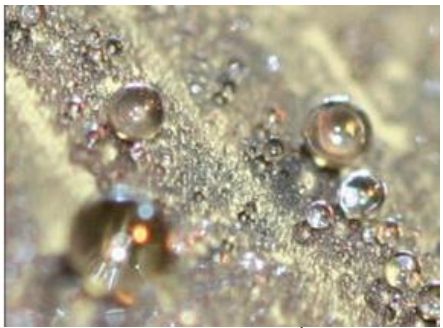
1-3 المحاكاة البيولوجية لنموذج التكيف مع الطبيعة (مواد تستقطب الماء):

تلك الخنفساء تعيش في صحراء ناميبيا و التى تعد واحدة من أكثر النظم البيئية جفافا في العالم. فبالرغم من قسوة هذه البيئة وعدم وجود مصادر للمياه, إلا أن الخنفساء تكيفت مع هذه الظروف بإستراتيجية تمكنها من الحصول على كل المياه التي تحتاجها من بخار المياه الموجود فى ضباب الصباح فى الصحراء شكل (3)

شكل (3) خنفساء صحراء ناميبيا

- مادة كوينتك QinetiQ :قامت شركة QinetiQ بتصميم سطح مادة يحاكى الهيكل المجهرى لسطح جناح الخنفساء مهمته إستقطاب الماء من الضباب , فنموذج هذه المادة يتكون من سطح (مضاد للماءhydrophobic) مطبوع عليه سلسلة من الأنماط (الجاذبة للماء hydrophilic) بتصميم معين, هذا المزيج يستقطب و يصد الماء على حد سواء. وهذا يتيح إستقطاب نسبة كبيرة من بخار الماء الذي يمر عبر ذلك السطح شكل (4) (It's a bugs life, 2005)





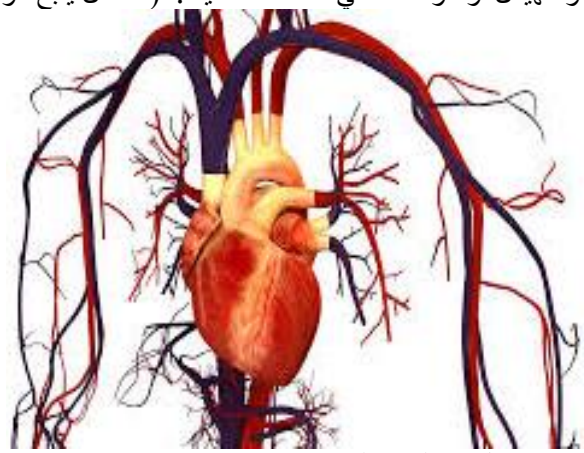
شكل (4) وذلك بإتخاذ الخنفساء وضعاً معيناً بحيث تجعل ظهرها بمواجة الرياح المشبعة ببخار الماء, حيث يلتصق على سطحها هذا البخار مشكلاً قطرات مائيه تتجمع لتصبح قطرات كبيرة لتتدفق عبر قنوات على سطحها لتصل إلى فم الخنفساء

1-4 المماثلة البيولوجية Bio-Analogy:

INTERNATIONAL JOURNAL OF
DESIGN AND FASHION STUDIES

ISSN: 2735-5365 VOLUME 4, ISSUE 1, 2021, 22 – 38. www.egyptfuture.org/ojs/

وهي اساس التصميم المستلهم من الطبيعة. وتقوم المماثلة الاحيائية على فكرة وجود حلول محتملة لحل المشكلة التصميمية في النماذج الطبيعية. وتتعدد مستويات المماثلة لتشمل المظهر او المواد او عملية الانتاج او الهيكل او الوظائف في الكائنات الحية . (الشكل يتبع الوظيفه) . شكل (5)،(6)



شكل (5) الجهاز الدوري Circulatory System

شكل (6): نموذج تصميم The Rise محاكيا التشعبات المستوحاة من الجهاز الدوري.

1-5 انماط المماثلة البيولوجية :

يمكن تعريف الانماط على انها الوسائل او النماذج التي يتم تكرار العنصر او الفكرة فيها في نظام مقيد وقابل للتنبؤ به وتلعب الانماط دورا مهما في حياتنا وفي بيئتنا المحيطة، وتتمثل الانماط المصنعة من قبل الانسان قبل الثورة الرقمية بالحياكة او الغرز او الطي، اما الانماط الطبيعية فتشمل الكسريات الطبقات التكديس التفريع ...الخ،

وتشهد العمارة المعاصرة تحول نحو الانماط الطبيعية بعد التطورات التي شهدتها التكنولوجيا الرقمية لإنتاج اشكال أكثر كفاءة ومستجيبة للمتغيرات البيئية(Rob Diaz,2012)

- الانماط الطبيعية:

تتوفر في الطبيعة الكثير من الانماط مثل الانماط المتناظرة والكسرية والحلزونية والفوضوية والمنسابة والمتعرجة وانماط الكثبان الرملية والفقاعات والرغويات والشقوق والبقع والاشرطة...الخ. وتكون الانماط في الطبيعة ضمن صنفين رئيسيين:

أ- الانماط ذاتية التنظيم Self- Organized: وهي موجودة في الكائنات الحية وغير الحية، ففي الاولى تتأثر بعمليات الانتخاب الطبيعي وبذلك فأنها تكون معرضة للتغير والتكيف، اما في الكائنات غير الحية، فأنها تتأثر بقوى الطبيعة كقوى الجاذبية والريح والمطر وقوة الاحتكاك وغيرها، كمثال انماط الكثبان الرملية.

ب - الانماط المقصودة Invoked: وهي التي تقوم الكائنات الحية بصنعها مثل بيوت النحل واعشاش الطيور .(Camazine,2001)

1-6 مستويات المماثلة البيولوجية :

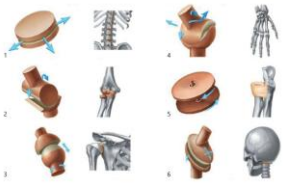
تعد المماثلة البيولوجية حقل متعدد التخصصات، حيث يتضمن فهم الوظائف والهيكل والمبادئ البيولوجية لمختلف الكائنات الموجودة في الطبيعة من قبل العلماء, يمكن أن تؤدي المحاكاة الحيوية إلى تصميم مستوحى من الناحية البيولوجية أو التكيف أو الاشتقاق من الطبيعة الحية، والذي يمكن تطبيقه على العمارة بشكل عام والعمارة الداخلية بشكل خاص. ومن هنا، حاول العلماء اشتقاق المستويات المتعددة للمماثلة الأحيائية او البيولوجية وتطبيقها على العمارة الداخلية المعاصرة الى أربعة مستويات رئيسية: المماثلة الادراكية / المماثلة البصرية / المماثلة الوظيفية / المماثلة الهيكلية. جدول (1)

جدول (1) يوضح مستويات المماثلة البيولوجية.

أولا	ثانيا	ثالثا	رابعا

INTERNATIONAL JOURNAL OF
DESIGN AND FASHION STUDIES

ISSN: 2735-5365 VOLUME 4, ISSUE 1, 2021, 22 – 38. www.egyptfuture.org/ojs/

المماثلة البيولوجية الادراكية Bio-Con ceptual	المماثلة البيولوجية البصرية Bio-Visual	المماثلة البيولوجية الوظيفية Bio-Functional	المماثلة البيولوجية الهيكلية Bio-Structural
			

2- العمارة البيولوجية Bio-Architecture:

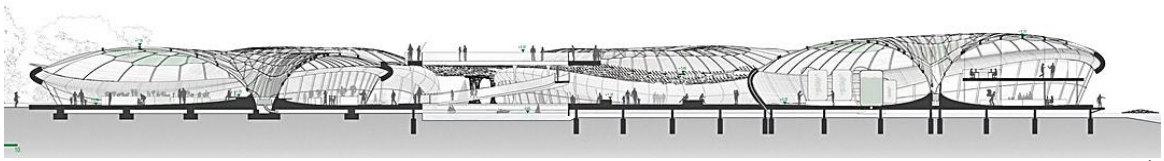
تمثل العمارة البيولوجية التوجه نحو مقارنة الهياكل المبنية بالأنماط الموجودة في الطبيعة، وتهجين العمارة بالأشكال والهياكل والوظائف البيولوجية، بهدف خلق مبنى يؤدي وظائفه بفاعلية أكبر في الانسجام مع البيئة، في مظهره والمواد المستعملة وفي اليات التشغيل والتواصل، مما يتطلب توظيف علوم المواد والتكنولوجيا المعاصرة في تحقيق ذلك, ويستخدم المصطلح للإشارة الى الارتباط مع المبادئ الصديقة للبيئة لخلق البيئة المعمارية او توزيع الفراغات الخارجية. كما ترتبط بالتعبير المعماري والشكل والمواد والتكنولوجيا والذي يعود بالنفع على البيئة الصحية والصحة الانسانية. وتهدف الى تحقيق الاقتصاد بالطاقة واستحصالها والتصميم والانشاء بما ينسجم مع تحقيق التصميم المستدام، وتتطلب الحلول الناجحة فهم عميق للمبادئ الشكلية والوظيفية والهيكلية في الطبيعة. من خلال فهم البيئة الحية والتنوع الاحيائي وتوظيف التكنولوجيا الصديقة للبيئة(Pourjafar,2011)

نستنتج من ذلك أهمية المماثلة الاحيائية في العمارة منذ بدء نشأتها، الا ان دورها كان باستخدام المواد الطبيعية بمحاكاة صور الاشكال الحية كما في العمارة التقليدية، او دمج العمارة مع محيطها وتجريد أشكالها الظاهرية كما في العمارة العضوية التي نادى بها فرانك لويد رايت، والذي لا ينسجم مع حقيقة التعقيد في الطبيعة، وذلك بسبب القصور التكنولوجي آنذاك. وهي مماثلة سطحية تتناول جانب الشكل دون الوظيفة او الخصائص الشكلية الطبيعية مقارنة بما هو متوفر للعمارة المعاصرة بسبب التقدم التكنولوجي. اذ يعد الاخير وسيلة فعالة في المماثلة البيولوجية في العمارة المعاصرة، ولكنها بالرغم من ذلك اتخذت منحيين:

2-1 المماثلة السطحية: من خلال تبني الصور الشكلية الخارجية المستلهمة من الطبيعة.

2-2 المماثلة العميقة: من خلال تبنى الانظمة الشكلية والوظيفية والهيكلية في الطبيعة بتوظيف تكنولوجيا الحاسوب في توليد الشكل، واعتماد اللوغاريتمات الحاسوبية ليكون مكونا من عناصر معتمدة على بعضها تماما مثل المعادلة الرياضية التي تتغير بتغيير اي عنصر فيها، واستخدام المواد المتقدمة والتصنيع الرقمي.

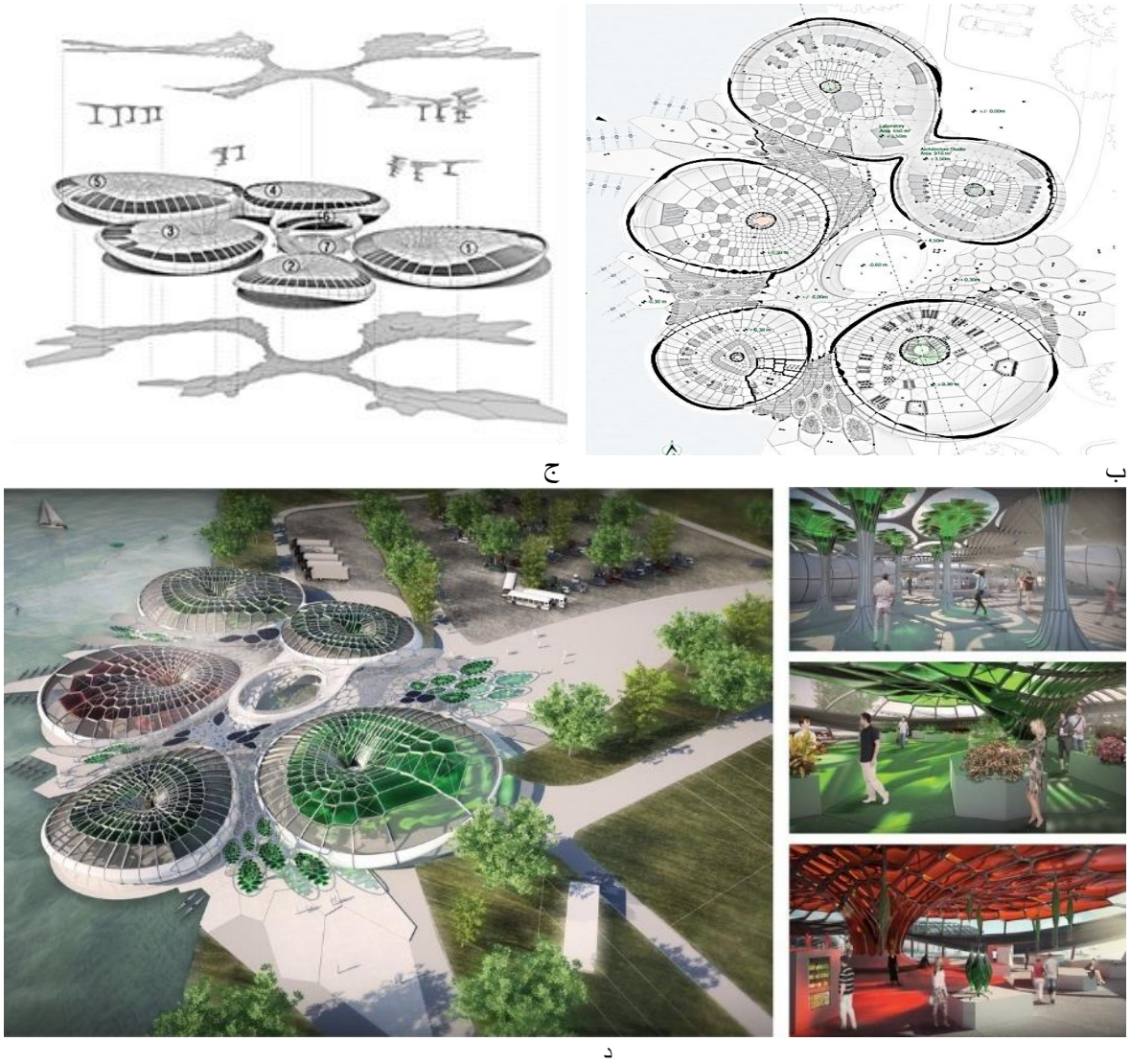
النموذج التالي يمثل تصميم مركز الهندسة البيولوجية، وتتمثل الفكرة الأساسية للمشروع في تقديم تفسير جديد للهندسة المعمارية والمتطورة والمتكاملة مع الطبيعة من خلال تقليل تأثيرها البيئي لتصبح هيئة حية وعضوية. بنية ذات قدرة على التصرف مباشرة في البيئة، والتي يتم حلها عادة بمساعدة البيولوجيا والتكنولوجيا الحيوية. تم اختيار مشكلة تلوث البحيرة الاصطناعية: تحديدًا بحيرة بورلي غريفين، في كانبيرا، إقليم العاصمة الأسترالية. شهد العقد الماضي تسمماً هائلاً سببه النمو المفرط للطحالب على سطح البحيرة, الهدف من هذا المشروع هو تنظيف مياه البحيرة من خلال زراعة الطحالب الدقيقة . شكل (7) أ،ب،ج،د



أ

INTERNATIONAL JOURNAL OF
DESIGN AND FASHION STUDIES

ISSN: 2735-5365 VOLUME 4, ISSUE 1, 2021, 22 – 38. www.egyptfuture.org/ojs/



ب ج

د

شكل (7)أ،ب،ج،د: تصميم مركز الهندسة البيولوجية الناتج من تفريعات انقسامات الخلايا المكونة لتشكيل المسقط الأفقي (Bio Architecture Center | Andrea Dal Negro)

تعمل عملية الترشيح المستمرة هذه على تقليل المستوى العام للفوسفات، وذلك بهدف إعادته إلى طبيعته في بضع سنوات. بالإضافة إلى العمل على حل المشكلة، من الممكن الحصول على العديد من المنتجات البيولوجية من الكتلة الحيوية للطحالب، بما في ذلك الأسمدة الحيوية، التي ستحل محل الأسمدة .

و لعل ما تدعوا إليه المحاكاة البيولوجية يهدف إلى هذا فى الأساس, فليس هدفها محاكاة الطبيعة لعمل تصميمات مبتكرة فحسب, و لكن هدفها أن نعيد تصميم العالم, و نعيد تكيفنا نحن البشر مع كوكب الأرض, و نعيد إكتشاف قدرتنا كمصممين فى تغيير العالم إلى الافضل بتصميماتنا الصغيرة و الكبيرة, و نعيد رؤيتنا لأنفسنا و دورنا فى هذا العالم,

و نعيد رؤيتنا أيضا للعالم من حولنا لنرى أننا جزء أصيل منه و أننا إذا افسدناه فكأننا نفسد جزء منا. فما تدعوا إليه المحاكاة البيولوجية هو شيء تحتاج إليه البشرية الأن و يحتاج إليه المصممون. فنحن و مازلنا فى بدايه القرن الحادى العشرون نحتاج إلى رؤية الصورة الكبيرة الشاملة بكل و ضوح, و أن نعرف ما علينا فعله لكى نصل إلى مستقبل آمن, إيجابى و مستدام.

3- العمارة التكيفية: Adaptive architecture:

INTERNATIONAL JOURNAL OF
DESIGN AND FASHION STUDIES

ISSN: 2735-5365 VOLUME 4, ISSUE 1, 2021, 22 – 38. www.egyptfuture.org/ojs/

مي معنى كلمة " التكيف " : هى خاصية أو تركيب بنيوى موجود فى الطبيعة يساعد الكائن الحى على التأقلم و موائمة التغيرات البيئية المحيطة ، من خلال استغلال جميع الموارد و الإمكانيات المتاحة ، والاستجابة لجميع التغيرات
و المؤثرات ، كما أنها تتصف بزيادة القدرة على البقاء .

1-3 التكيف Adaptation.: (Gruber,2011)

إن فكرة التكيف ليست مفهوما جديدا ، بل فى الواقع هى واحدة من أقدم المبادئ و الادوات التى استخدمها الانسان و الكائنات الحية على حد سواء لحل مشكلاتهم المتغيرة . فإن مبدأ التكيفية ينظر إلى الكائن الحى على انه جزء من شبكة العالم الذى يعتبر وحدة متكاملة يتوافق و يتكامل مع الفلسفة البيئية للمحاكاه التكيفية و رؤيتها للعالم الطبيعى و التوجهات البيئية للقرن الحادى و العشرين .
لا يمكن تحقيق التكيف خلال عملية التصميم فحسب، بل يمكن تحقيقه أيضًا في مستوى أعلى إذا كان العنصر المصمم قادرًا ديناميكيًا على الاستشعار والاستجابة لبيئة متغيرة. ينقسم التكيف تبعا للأنظمة في الطبيعة الى ثلاثة أقسام رئيسية:كما هو موضح بديجرام 2 ، جدول 2 .

دايجرام (2): يوضح معايير التكيف تبعا للأنظمة التكيفية في الطبيعة

جدول(2) يوضح التكيف تبعا للأنظمة في الطبيعة

وجه المقارنة	الأنظمة الهيكلية	الأنظمة السلوكية	الأنظمة الفسيولوجية الوظيفية
في الطبيعة	أجزاء خاصة للكائن الحي تساعده على البقاء على قيد الحياة في بيئته الطبيعية.	أساليب خاصة يقوم بها كائن حي معين للبقاء في بيئته الطبيعية	نظم تعمل في الكائن الحي لتسمح له بأداء تفاعلات كيميائية حيوية محددة
في التصميم الداخلي	الاعتماد المتبادل بين الشكل الهندسي والخامة والتركيب المستند على إمكانيات الاستخدام لإنتاج تنويعات عنصرية ثابتة هيكليا (مثل تكوين تنويعات شكلية من نفس العنصر من حيث الشكل والحجم)	التفاعل التجاوبي للتصميم والتواصل مع مفهومه (مثل القدرات الحركية، قدرات تبادل المعلومات، القدرات المحيطة، القدرات الحسية)	تمكن التصميم من التعامل مع مواضيع الاكتفاء الذاتي (مثل الحفاظ على الطاقة وحجز وتوزيع القدرات وتوليد الطاقة وتوزيع القدرات الحركية)

2-3 الإتجاه التكيفى فى التصميم : (Lewis,2013)

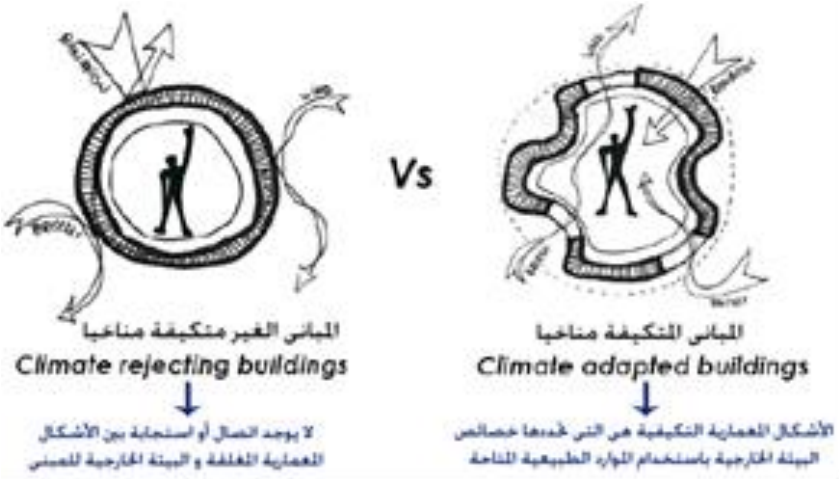
هو نظام حيوى بيولوجى متناغم ، يندمج مع الطبيعة و الظروف المناخية المتغيرة ، باستخدام تكنولوجيات تتواءم و تتفاعل و تستجيب مع البيئة المحيطة و تتصل إتصالا وثيقا بمستخدمي هذه الفراغات .

3-3 تعريف مصطلح العمارة التكيفية :

هى إتجاه من إتجاهات التصميم البيئى يعمل بإسلوب يتماشى مع أليات المنظومة التطورية الذكية عالية الكفاءة ، تعمل بأساليب تقنية حديثة تغير من سلوكها كرد فعل و استجابة للتغيرات الموسمية للمناخ Seasonal Changes سواء كانت محلية أو عالمية ، مما ينتج عنها معايير تصميمية ذو منظومة تكيفية للعمارة الداخلية ، تتميز بالتكامل و التكافؤ المستمر مع البيئة الطبيعية المحيطة . شكل (8)

INTERNATIONAL JOURNAL OF
DESIGN AND FASHION STUDIES

ISSN: 2735-5365 VOLUME 4, ISSUE 1, 2021, 22 – 38. www.egyptfuture.org/ojs/



شكل (8) يوضح مقارنة بين المبانى المتكيفة مناخيا و بيئيا و الاخرى غير المتكيفة و الفرق بينهما

- ***ماذا نعنى " بالتكيف " ؟ What is the meaning of ADAPTIVE***

هى خاصية أو تركيب بنيوى موجود فى الطبيعة يساعد الكائن الحى على التأقلم و موائمة التغيرات البيئية المحيطة ، من خلال استغلال جميع الموارد و الإمكانيات المتاحة ، والاستجابة لجميع التغيرات و المؤثرات ، مما تمنحه زيادة القدرة على البقاء . شكل (9)أ،ب،ج،د

3-4 نماذج من طرق تكيف الكائنات الحية فى الطبيعة :

أ- يستطيع الفيل تبريد درجة حرارة الدم من خلال تحريك الأذن حتى تمتلئ بالهواء .

ب-تستطيع الطيور ضبط معدلات العزل الحرارى لجسمها بمحاصرة فقاعات الهواء لدقائق باستخدام خواصها التكيفية .

ج-تستطيع الخفافيش البقاء على قيد الحياه بالرغم من تغير درجة حرارة جسمها والتى قد تصل إلى 60 درجة .

د-الدب بإمكانه تقليل عملية التمثيل الغذائى لجسمه من خلال النوم لفترات قصيرة .

شكل (9)أ،ب،ج،د نماذج من طرق تكيف الكائنات الحية فى الطبيعة.

3-5 عوامل ظهور العمارة التكيفية :

أ- تغيرات مناخية طبيعية . درايجرام(3)

ب- تغيرات مناخية سببها الإنسان .

INTERNATIONAL JOURNAL OF
DESIGN AND FASHION STUDIES

ISSN: 2735-5365 VOLUME 4, ISSUE 1, 2021, 22 – 38. www.egyptfuture.org/ojs/

درايجرام(3) يوضح التغيرات الموسمية للمناخ كأحد أهم عوامل ظهور العمارة التكيفية .

يعتبر تغير المناخ من أهم التحديات التى تواجه حياه البشرية على كوكب الأرض فى السنوات القادمة فتأتى خطورتها من خلال (سرعة حدوثها – ظاهرة واسعة المدى – قدرة الأرض على التعامل معها – إعادة تشكيل البنيان الديموغرافى للكوكب – تأثيراتها مرتبطة ببعضها البعض ارتباطا تبادليا) (Fighting Climate Change: Human Solidarity in a Divided World,2007-2008)

فسوف يؤدى تأثير التغيرات المناخية على كوكب الارض إلى : (فقدان التنوع البيولوجى Biodiversity - زيادة معدلات إنقراض الكائنات الحية - حدوث تغييرات جذرية فى التفاعلات البينية القائمة بين أجناس الكائنات الحية من الناحية الجغرافية – تفاقم ظاهرة الإحتباس الحرارى Global Warming .

3-6 "التكيف و التخفيف" ودورهم فى كيفية التغلب على مشكلة التغيرات المناخية المستمرة:

و هنا تأتى أهمية البحث من خلال رصد ظاهرة العمارة التكيفية و دورها فى حل المشكلات التصميمية والناتجة عن مشكلة التغيرات المناخية محليا، بينما يستخدم لفظ " Mitigation أى التخفيف من حدة التغيرات المناخية " و يقصد بها الإجراءات العالمية التى تتخذ للتقليل من حدوث التغيرات المناخية على كوكب الأرض .

كما ان **محاكاه النظم البيولوجية** فى الطبيعة تستطيع أن تساعد فى تطوير حلول تصميمية أكثر استدامة من حيث " التخفيف و التكيف " مع المتغيرات المناخية المحلية و العالمية درايجرام (4)(Phil ,2010)

درايجرام (4) يوضح كيفية التغلب على مشكلة التغيرات المناخية المستمرة من خلال التكيف و التخفيف من حدوثها ، وما هى استراتيجيات تطبيقهم على الفراغات الداخلية .

العمارة التكيفية و استراتيجيات تصميم الفراغات البيئية :

وبإعتبار ان المصادر الطبيعية مصادر متجددة مثلها مثل التصميم الداخلى ، فلابد أن تتلاءم و تتكيف محددات الفراغ الداخلى مع المحيط الحيوى للبيئة الخارجية المتغيرة بأقل الأضرار الممكنة . هذه الإستراتيجيات يجب أن تجرى بشكل لانهائى على مدى أجيال عديدة من خلال تتبع مسار تكيف الكائنات الحية من خلال :

أ- التعلم :

من الطبيعة كيف تتم عملية التكيف واستنباط الافكار و الطرق البيولوجية البيئية لحل التحديات التكنولوجية فى مجال التصميم الداخلى .

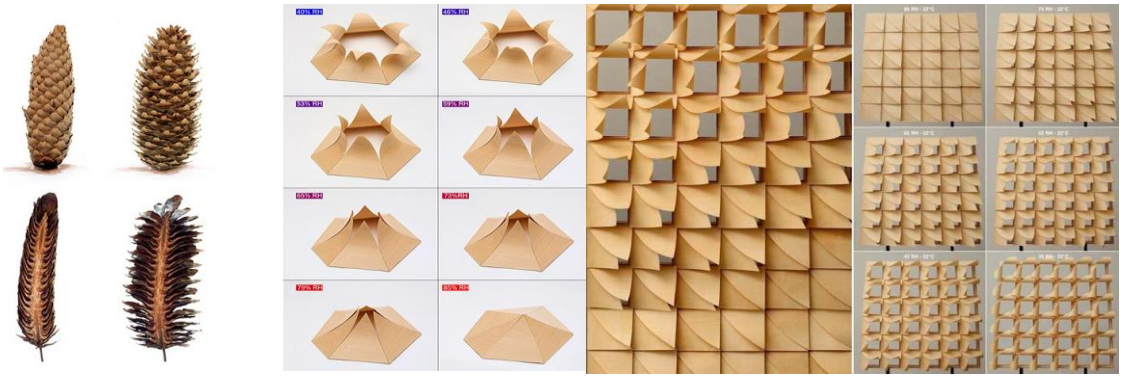
ب- التطبيق :

INTERNATIONAL JOURNAL OF
DESIGN AND FASHION STUDIES

ISSN: 2735-5365 VOLUME 4, ISSUE 1, 2021, 22 – 38. www.egyptfuture.org/ojs/

على التصميم المادى (كالهياكل المعمارية و النظم التكيفية للفراغات الداخلية) ، كما انها يمكن ان تطبق على التصميم غير المادى (كبرامج الحاسب الالى و الانظمة التكنولوجية).

ت-الدمج :
بين النظم الطبيعية و النظم البشرية باستخدام احدث الوسائل التكنولوجية لتحسين البيئة المبنية
ث-الوصول :
إلى استراتيجية تكيفية واعية من قبل المصممين لمواجهة تحديات و مشاكل التصميم على نحو اكثر تفاعلية وديناميكية و إستدامة .
ج- التحكم :
التحكم البيئى التكيفى للكتلة الفراغية . شكل(10)



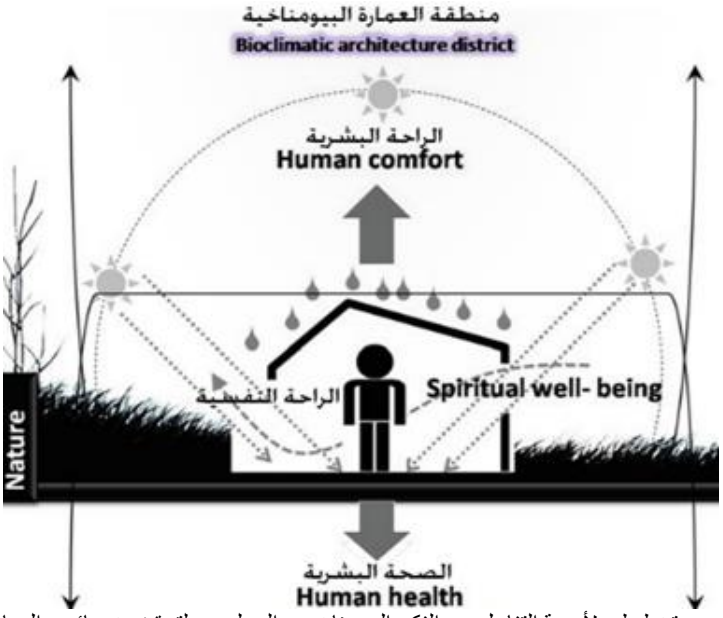
شكل(10): نقل المبدأ البيولوجي لتغيير الشكل الناجم عن تغير الأبعاد من خلال تكيف المخاريط النباتية مع بيئتها وتفاعلها مع الفصول وتسخير الظروف الجوية الخارجية مما يؤدي إلى تغيرات في أشكالها والتغيرات التكيفية الشكلية الناتجة مع تعرض القاطوع المصنع لنسب رطوبة مختلفه. (Harysakti ,2015)

7-3 خصائص فكر التصميم التكيفى :

يقوم فكر التصميم التكيفى على تصميم البيئة المبنية **وفقا لنمط تصميمى بيولوجى مستلهم من الطبيعة** . لذا فلابد أن نعيد إكتشاف بيئتنا الثقافية و المناخية و إكتشاف جمال الإختلاف و التنوع الذى تذخر به مجتمعاتنا المحلية ، والتى لابد وأن تنعكس على تصميماتنا بالتنوع فى الحلول التصميمية بعيدا عن تكرار و نقل الحلول النمطية من الغرب ، وذلك لأن كل بيئة طبيعة لديها حلول و إستراتيجيات خاصة و متنوعة فى التكيف و البقاء . شكل (11)

INTERNATIONAL JOURNAL OF
DESIGN AND FASHION STUDIES

ISSN: 2735-5365 VOLUME 4, ISSUE 1, 20*21, 22 – 38.* www.egyptfuture.org/ojs/

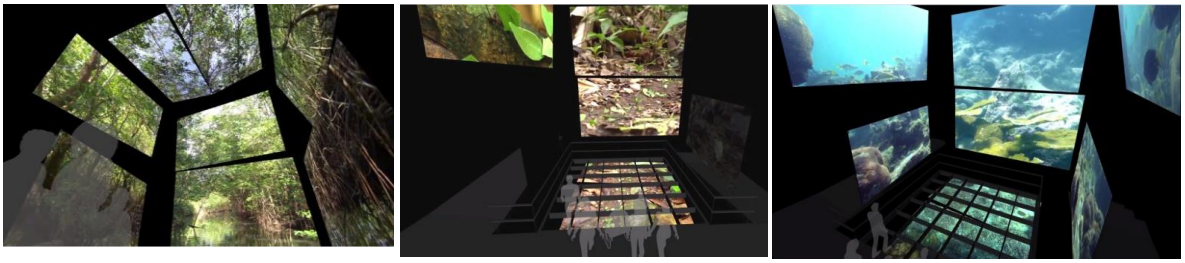


شكل (11) رسم تخطيطى لأهمية التفاعل بين الفكر البيومناخى و البيولوجى لتحقيق خصائص العمارة التكيفية .

فمن أهم خصائص الفراغات الداخلية التكيفية :هو التفاعل بين الفكر البيومناخى و البيولوجى فى تصميم الفراغات الداخلية لتحقيق كلا من الراحة النفسية و الصحة البشرية لمستخدمى الفراغ .

- **مشروع المتحف البيولوجى بمدينة " بنما " Biomuseo Panama :**

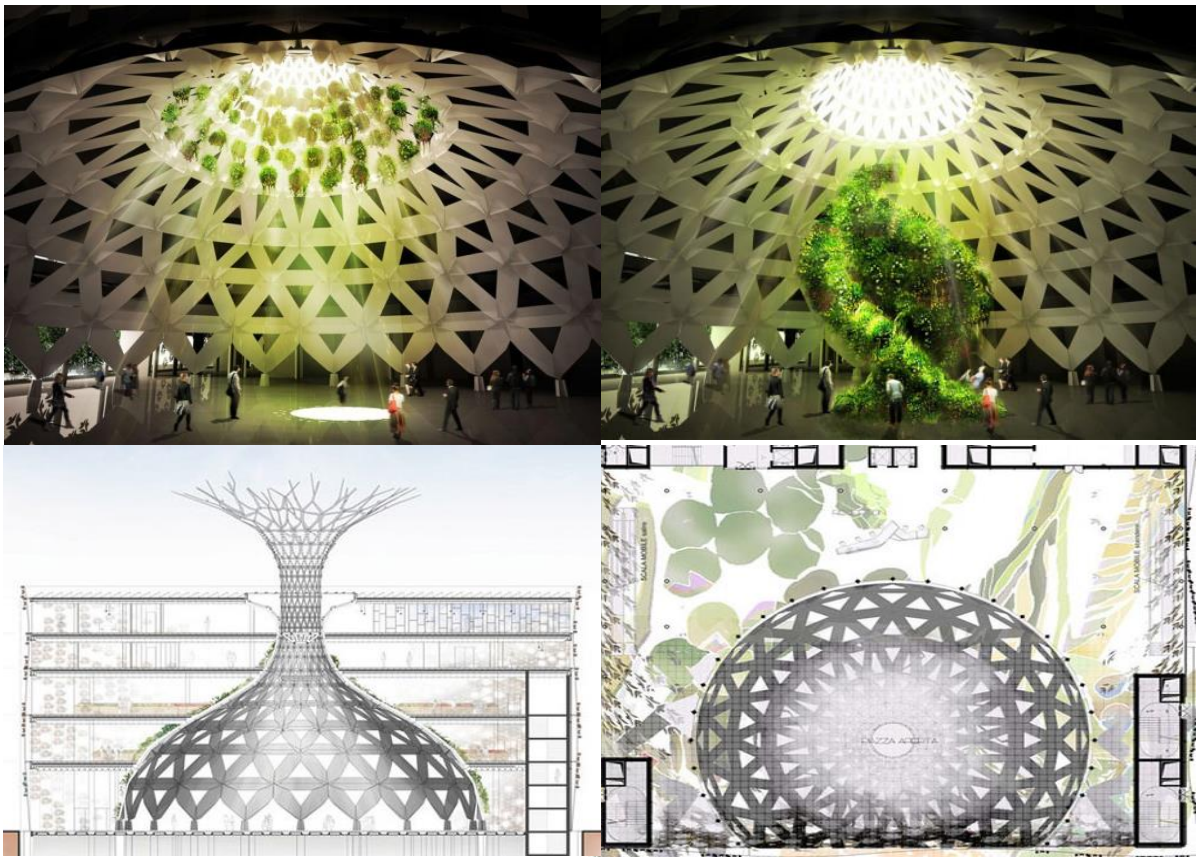
للمصمم " فرانك جيرى " 2014 ، فنرى من خلال قاعة العرض الخاصة بالتغيرات المناخية العالمية و تأثيرها على مناخ مدينة " بنما " فى الوقت الحالى و التوقعات التى سوف تحدث فى المستقبل ، أن الحوائط و الأسقف تعرض صورا ثلاثية الأبعاد على شاشات كبيرة مستخدمة نظام " اومنيماكس (Omnimax) و هو عبارة عن نظام للعرض على شاشات متعددة ، وكذلك نظام (Fanta View Magic Vision) و الذى يجمع بين نظام العرض الضوئى للصورة مع التعبيرات التشكيلية . شكل(12)،(13)(Biomuseo,2021)



شكل(12) اللقطات المنظورية البانورامية لقاعة العرض الخاصة بالتغيرات المناخية المزودة بتكنولوجيا الأسقاط الضوئى فى المتحف البيولوجى " ببنما " للمصمم " فرانك جيرى " .

INTERNATIONAL JOURNAL OF
DESIGN AND FASHION STUDIES

ISSN: 2735-5365 VOLUME 4, ISSUE 1, 2021, 22 – 38. www.egyptfuture.org/ojs/



شكل (13) المسقط الأفقى والقطاع الراسى المستوحى من البيئه وسائل العرض التكيفية لديها قدرة عالية على خلق أجواء داخلية متعددة الاستجابات ومتجددة من خلال استخدام التكنولوجيا التفاعلية ، والتى بدورها تعكس مفردات التصميم الداخلى .

4- طرق وأساليب تطبيق التكيف بفكر الإستدامة فى العمارة الداخلية:

حدد الاتحاد الدولي الحفاظ على طبيعة التنمية المستدامة من حيث صلتها بجميع جوانب الإستدامة و التى تسعى للاستجابة إلى :
ديجرام (5)

ديجرام (5) أهداف التنمية المستدامة التكيفية

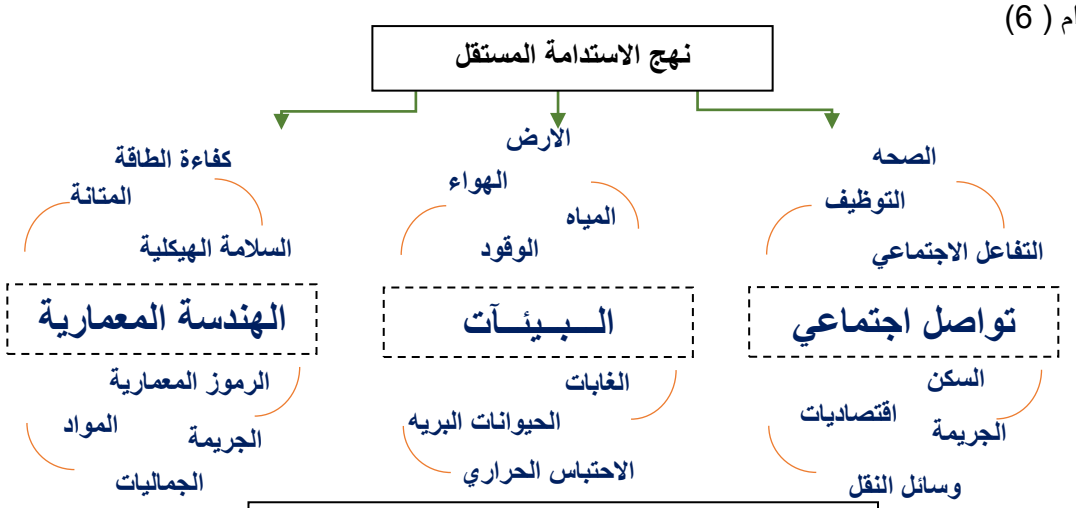
و بذلك تتضمن اعتبارات العدالة الاجتماعية والتنوع الثقافي فهو يجعل العلاقة بين الجوانب البيئية والاجتماعية والثقافية مدمجين في عالمنا ، وحيث ان الإستدامة هي القدرة على إستخدام الموارد لتلبية احتياجات الحاضر دون تدمير قدرة الأجيال المقبلة على أن تفعل الشيء نفسه ،وهو نهج شامل يراعي الاحتياجات البيئية والاجتماعية والإقتصادية والبيولوجية لكل من الخاص و العام ، ويسعى إلى عدم تدمير التوازن في منطقة ما ولكن لتعزيزه فالهندسة المعمارية المستدامة تدمج الجماليات كجزء من النهج الشامل لتحقيقها .(Bullen,2007)

INTERNATIONAL JOURNAL OF
DESIGN AND FASHION STUDIES

ISSN: 2735-5365 VOLUME 4, ISSUE 1, 2021, 22 – 38. www.egyptfuture.org/ojs/

هناك اعتبارات للاستدامة الخاصة و التى تعرف بالنهج المنفصل اي انها تخص كل جانب من جوانب الإستدامة على حدي كاستدامة الهندسية المعمارية و التواصل الاجتماعي و البيئات، و لكن تصميم التنمية المستدام يدمج الاعتبارات المتعلقة بكفاءة الموارد والطاقة والمباني والمواد الصحية ، وإستخدام الأراضي الحساسة بيئيا واجتماعيا، والحساسية الجمالية التي تلهم وتؤكد وتؤمن بالحفاظ و الإستمرارية اي ان توافق الجوانب الاجتماعيه و المعمارية و البيئية معا يحقق بذلك النهج الشمولى لعملية الإستدامة التكيفية . (البحار،1997)

ديجرام (6)



ديجرام (6) نهج جوانب الاستدامة

وفي حين أن هذا التعريف يحد من الإستدامة ، الا انه لا يزال يؤكد على نهج أكثر شمولا بكثير مما سبق ممارسته أو ما يمارس حاليا من قبل العديد من المصممين من خلال النظر في كل جزء من الهندسة المعمارية والبناء على نطاق واسع بدلا من التقسيمات الفردية ، ودورة حياة الطاقة والمياه وغيرها من المواد التى تؤخذ في الاعتبار فضلاً عن الأثر الاجتماعي والثقافي والجمالي للمشروع .

وقد حاول مجلس المباني الخضراء تحديد حجم التصميم المستدام و من أجل أن نبدأ فى إصلاح حاضرنا من أجل المستقبل عن طريق المحاكاة البيولوجية و التكيف مع العالم الطبيعى الذى نحن جزء أصيل منه, دعنا نرى ماذا ستُغير المحاكاة البيولوجية فى نموذجنا التصميمى الحالى و فى الفكر و المنهج التصميمى بصفة عامة لكى نصل إلى هذا المستقبل المستدام.

توضيح النهج الشمولى للجوانب التى تحقق الاستدامة. ديجرام (7)

ديجرام (7) النهج الشمولى لتحقيق الاستدامة

5- النتائج :

INTERNATIONAL JOURNAL OF
DESIGN AND FASHION STUDIES

ISSN: 2735-5365 VOLUME 4, ISSUE 1, 2021, 22 – 38. www.egyptfuture.org/ojs/

5-1- أن مفهوم الإستدامة لدى المحاكاة البيولوجية - هو أن تكون متكيفاً بشكل جيد مع الحياة على الأرض على المدى القصير و على المدى الطويل. و عليه فالتصميم الداخلي المستدام للمحاكاة البيولوجية ليس تصميم داخلي يقلل من التأثيرات السلبيات للمجتمع الإنسانى, و لكن هو تصميم يشارك فى بناء كوكب الأرض؛ يحافظ ويحمى و يجدد الأنظمة البيئية و المجتمعات الإنسانية و الطبيعية.

5-2- الكائنات الحية للمحاكاة البيولوجية هى النموذج المثالى لهذا النوع من التصميمات البيئية المستدامة, و هى أيضاً المرشد و المعلم الأمثل الذى يعلمنا كيف نحقق تلك التصميمات.

4-3- ويمكن اعتبار التنمية المستدامة اليوم حافزا قويا لتخطيط الحفاظ الحضري و التراثي وستتألف أساسا من عملية للتنمية تستند إلى إعادة الإستخدام المستمر للموارد القائمة ، و المقترنة بانخفاض مدخلات الطاقة للتكيف مع المتطلبات الجديدة المتصورة في المجتمع ، كما ينظر إليها على أنها عملية تأسست في الثقافة المحلية ، وفي التوزيع العادل للخدمات الحضارية ، وإستخدام المبادئ الديمقراطية للإدارة ، وتجديد القيم والممارسات الاجتماعية التقليدية

6- التوصيات:

6-1 نشر فكرة التكيف وإعادة التوظيف و الاستخدام لإمكانية المحافظه على التراث المادي لدينا الذي ينبغي المحافظه عليها ، هناك حاجة دائماً الى ضمان البقاء الإقتصادي للموارد التاريخية ، لأجل البقاء على قيد الحياه من خلال إعادة توظيفها سكنياً ، تجارياً أو سياحياً و غيرها و هي طرق مختلفة من أجل المحافظة من خلال إعادة الاستخدام التكيفية

6-2 التحقق من أهمية التكيف وإعادة الاستخدام يتيح الفرصة لإعادة تعريف مفهوم الحفاظ بصورة جديدة من خلال إعادة التوظيف و وضع الحفظ للمناطق التاريخية والحضارية بصوره شاملة كعامل حاسم لحماية الثقافة والتراث و نوعية البيئة الطبيعية و المبنية للأجيال القادمة للأستمتاع بها ، و أهمية الحفاظ على ما لديهم من ثروة حقيقية تستحق الإهتمام .

7-المـراجـــــع:

7-1 الكتب:

1. **Diaz, Rob Diaz, 2012, "Intelligent Façade Engineered through Morpho-Ecogenetic Aggregates", Ms. Thesis, Texas Tech University, P. 88.**
2. Harysakti ,Ave. Biophilic and Bioclimatic Architecture – Analytical Therapy for the Next Generation of Passive Sustainable Architecture, Amjad Almusaed,Springer ,2015

7-2 الكتب الإلكترونية:

1. Pourjafar, Mohamad Reza; Mahmoudinejad, Hadi & Ahadian, Omid, 2011, " Design with Nature in Bio-Architecture Whith emphasis on the Hidden Rules of Natural Organism", International Journal of Applied Science and Technology Vol. 1 No.4; July 2011, p.79
2. Zerebakova, Petra; Šindelář, Jiří; Kuchta, Ladislav & Repka, Matúš, 2007, "
3. Survey in the Field of Bio-Architecture", EU Community Initiative INTERREG III B **5**)-CADSES, Neighbourhood Program, p.5, 14.
4. Human Development Report – Fighting Climate Change: Human Solidarity in a Divided World , Chapter1 , 2007/2008 , p:21
5. Phil ,Young Lit , Environment & Systems Integration , OJSturdyArchitecture ,Diver , 2010.

7-3 المقالات من دوريات:

1. علاء البحار , العماره الخضراء هل تبطل مفعول قنبله التلوث – جريده الشعب ,4 مارس 1997 - مجلد البيئه و مستقبل الارض- إعداد مركز المحروسه للنشر و الخدمات الصحفيه و المعلومات- مجلد (3) 1997
2. "It's a bugs life" Building services journal. 06 Jan (2005) http://www.inventapartners.ltd.uk/images_folder/Inventa%20Jan05.pdf

ISSN: 2735-5365 VOLUME 4, ISSUE 1, 2021, 22 – 38. www.egyptfuture.org/ojs/

3. Montana, Carlos. - An Interview with Biomimicry Guild Principals Janine Benyus and Dayna Baumeister.FuturArc magazine. 1st Quarter (2009) (http://www.futurarc.com/previous_edition/table_of_contents_1Q_2009.cfm)
4. Benyus, Janine M. "Biomimicry: Innovation Inspired by Nature" Harper Perennial (1997)
5. "What is Biomimetics?" A radio interview with Julian Vincent broadcast on New Zealand Public Radio Department of Mechanical Engineering, University of Bath .(http://www.bath.ac.uk/mech-eng/biomimetics/about/interview-nz.html)
6. Alberto M. H, Carlos. "Nature Informs Design: An Interview with Biomimicry Guild Principals Janine Benyus and Dayna Baumeister" FuturArc magazine. 1st Quarter (2009))-http://www.futurarc.com/previous_edition/janine.cfm
7. Camazine, Scott, "Self-organization in Biological Systems", Princeton University Press. p.vii,2001.
8. Gruber, , Biomimetics in Architecture, Springer Vienna, Vienna,2011
9. Lewis, Ramola Helena , Re-architecture_ Adaptive Reuse of buildings - with focus on interiors , 2013
10. Bio Architecture Center | Andrea Dal Negro.(https://www.re-thinkingthefuture.com/idsa2016-mixed-use/bio-architecture-center-andrea-dal-negro)
11. Human Development Report – Fighting Climate Change: Human Solidarity in a Divided World , Chapter1 , 2007/2008 , p:21
12. International Journal of Applied Science and Technology Vol. 1 No.4; July 2011, p.79
13. Bullen, Peter A. "Adaptive reuse and sustainability of commercial buildings." Facilities 25.1/2 (2007): 20-31.

4-7 مواقع إلكترونية:

1. عمارة مستدامة. (مايو 2001 28 (.(https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B9%D9%85%D8%A7%D8%B1%D8%A9_%D9%85%D8%B3%D8%AA%D8%AF%D8%A7%D9%85%D8%A9)
2. Glossary of sustainability terms .(21 May 2021). (http://www.appropedia.org/Glossary_of_sustainability_terms)
3. http://www.bath.ac.uk/mech-eng/biomimetics/about/interview-nz.html
4. https://www.slideshare.net/sayedmarey/00-fin0al0
5. https://www.re-thinkingthefuture.com/idsa2016-mixed-use/bio-architecture-center-andrea-dal-negro
6. (Biomuseo), (http://www.biomuseopanama.org/en/meet-biomuseo)
7. Fog-catching material. (http://asknature.org/product/ce46c846e11fb2e99eff7f1143df3bd3)
8. http://www.sustainablesarasota.com/ssDocuments/6/EarthDay2004.pdf

Received: April 2021

Accepted: June 2021