محاكاة البيئة الطبيعة لتحقيق الراحة الحرارية في البيئة الصحراوية

م/ صابرين عيد خلف
مهندسة معمارية، الشركة الهندسية للإنشاء والتعمير
طالبة ماجستير، كلية الهندسة المعمارية-جامعة عين شمس

أ.د/ مراد عبد القادر
أستاذ العمارة والتحكم البيئي
جامعة عين شمس

د/ أمل كمال شمس الدين
مدرس بقسم الهندسة المعمارية الهندسة
جامعة عين شمس

ملخص البحث

قام الإنسان بتدمير البيئة الطبيعية بطرق مختلفة، وظهر ذلك من خلال الاستغلال الزائد لمواردها ما دون قدرتها على التجدد، وكذلك من خلال ما أضافه إليها من الملوثات والنفايات التي تسببت في تدميرها وإحداث خلل في خصائصها. ظهر الاهتمام بالبيئة والحفاظ عليها في شتى المجالات كمحاولة لاصلاح الخلل البيئي وتجنب المزيد من الخلل، وظهر لذلك عدة اتجاهات وأساليب بيئية، وفي المجال المعماري يعتبر التعامل مع البيئة باستلهام خصائصها الأصلية ومحاكاة عناصرها المختلفة أحد الأساليب الجاذبة للاهتمام لتحقيق علاقة تقوم على مبادئ سليمة في علاقة المباني مع البيئة، وهو ما يجعل من البيئة الطبيعية منبعاً للالهام بدلاً من التعدي عليها. وقد ساعدت استراتيجيات محاكاة البيئة الطبيعية في التطبيقات المعمارية المختلفة على توليد أشكال مستدامة لها خصائصها التي تؤثر على كفاءة المبنى وتوفير الراحة لمستخدميها.

أدى الاعتماد على نظم ميكانيكية للوصول إلى بيئة داخلية مريحة حرارياً للإنسان إلى استنزاف الطاقة بصورة عامة، وبصفة خاصة فإن البيئة الصحراوية هي الأكثر وضوحاً في ذلك، ومع الإتجاه العالمي لترشيد استهلاك الطاقة والحفاظ على البيئة كان لابد من ايجاد حلول سريعة وفعالة لمشكلة ذلك الاستهلاك مع الحصول في نفس الوقت على متطلبات الراحة الحرارية للمستخدمين.

ويهدف البحث إلى دراسة وتحليل هندسة الكائنات الحية بالبيئة الصحراوية وسلوكها بهدف تطبيق نفس مبادئها كأداة هامة لتحقيق الراحة الحرارية، بحيث يتم التعرف على الأنظمة الطبيعة المختلفة في تلك البيئة والمواد والعمليات المختلفة بها، ومن ثم دراسة إمكانية تطبيقها معمارياً. وتتميز البيئة الصحراوية بوجود العديد من الكائنات الحية التي لديها القدرة على التكيف مع البيئة والتعامل معها داخليا وخارجياً، وللعديد منها استراتيجيات فريدة في التكيف والاستجابة مع متغيرات المناخ الحار، خاصة فيما يخص تجنب الاكتساب الحراري من الخارج، وقدرتها على فقد الحرارة، ورفع درجة حرارتها الداخلية، وحماية أجسامهما بالعزل الجيد.

الكلمات المفتاحية

محاكاة الطبيعة – الاستلهام من الطبيعة – الراحة الحرارية – بيوميميكري

1- المقدمة

محاكاة الطبيعة هي العلوم التطبيقية التي تستمد الإلهام من الطبيعة لإيجاد حلول للمشاكل البيئية والمناخية التى تؤثر على راحة الإنسان من خلال دراسة التصاميم والنظم الطبيعية والتوصل إلى حلول للتصاميم ميكانيكياً وهيكلياً، ويتم ذلك عن طريق الاقتداء بالنباتات والحيوانات والكائنات الحية بشكل عام أو بالنظم الايكولوجية بأكملها كأساس للتصميم. ونستطيع من خلال محاكاة الطبيعة خلق المنتجات والعمليات التي تكون مستدامة وصحية للنظم الإيكولوجية المحلية والعالمية. هذه الإلهامات الطبيعية تؤدي إلى استراتيجيات جديدة لتحقيق أهداف بيئية محددة. فالطبيعة مصدر غني بالأفكار نستلهم منه الحلول لمشاكل التصميم، وكثيرا من الأشكال المعمارية اعتمدت فى تكوينها على التعلم والأستفادة من التكوينات الطبيعية.[13] ولكي نكون قادرين على معرفة التأثير الإيجابى أو السلبى المحتمل لمحاكاة الطبيعة كوسيلة لتحقيق قدر أكبر من الاستدامة في البيئة المبنية، وكاستراتيجية مفيدة في السياق المعماري أو الحضاري، من الضروري أولاً فهم وتعريف ما هي محاكاة البيئة الطبيعية وما هي الأنواع المختلفة من محاكاة الطبيعة الموجودة. وهذا أمر مهم لأن قدرًا كبيرًا من الدراسات حول محاكاة البيئة الطبيعية تهتم بشكل كبير بإمكانيات محاكاة الطبيعة كوسيلة لزيادة نتائج الاستدامة.[11] توجد ثلاث دوافع رئيسية للباحثين والمصممين للاهتمام بالمحاكاة البيولوجية. أولاً، يمكن النظر إلى محاكاة الطبيعة كمصدر للابتكار في إنشاء مواد وتقنيات جديدة. معظم بحوث وبراءات الاختراع للمحاكاة البيولوجية تتعلق بهذا العامل ولا تتعلق بالضرورة بتحسين الأداء البيئي للتكنولوجيا البشرية، فهي تدور حول طرق جديدة للمشاكل البشرية أو زيادة قدرات الأداء أو

القدرة على زيادة الربح. وثانيا، هناك زيادة في الاهتمام بإمكانيات محاكاة الطبيعة كطريقة لأكتشاف مواد ومنتجات أكثر استدامة، وحلول هندسية أكثر مرونة من حيث تلبية احتياجات الأنسان. في حين أن فكرة أن المحاكاة الحيوية يمكن أن تحسن بشكل جذري من الأداء البيئي والبيئة المبنية. وأخيرا، فإن الدافع الثالث لاستكشاف تقليد الطبيعة يأتي من مجموعة من الباحثين الذين يدرسوا التصميم على أساس أن فهم العالم الحي يمكن أن يسهم في زيادة الصحة النفسية البشرية.[12]

2- نبذة تاريخية

ترجع فكرة محاكاة الطبيعة أو الإلهام من الطبيعة إلى بداية الخلق، حيث أول كائن حي عرفه الإنسان كان الغراب فتعلم طقوس الدفن من تقليد الغراب،[12] في حين أن مصطلحات محاكاة البيئة الطبيعية هي جديدة نسبيا، فإن الممارسة الفعلية لمحاكاة الطبيعة Biomimicry مستمرة منذ العصور القديمة. لقد تعلمت البشرية الكثير من الدروس من خلال مراقبة المخلوقات الأخرى وتكييف سلوكياتها لاحتياجات الإنسان الخاصة، فقد نظر الفنانين والفلاسفة إلى الكائنات الطبيعية باعتبارها نموذج مثالى من التوازن المتناسق والمتناسب، وأيضا كنموذج كلاسيكي للجمال. [13] تعلم الإنسان فى جميع الثقافات المختلفة كيفية البقاء على قيد الحياة من الكائنات الحية المحيطة به، على سبيل المثال: كانت الثقافات البدائية مثل الإسكيمو شكل(1) والهنود الحمر والبدو تدل تصميماتهم البسيطة على أنهم مدركون تماماً لقيمة البيئة الطبيعية المحيطة بهم، وكانوا متوافقين ومتكيفين مع بيئتهم. فكانت العديد من الأشكال والهياكل فى العناصر المعمارية مستوحاة من الطبيعة، وكانت الحضارات القديمة مثل الفراعنة المصريين والإغريق والرومان والحضارة الإسلامية تستفيد من العلوم مثل الرياضيات والفيزياء وعلم الفلك عن طريق محاولة تطبيقها في تصميماتهم، على سبيل المثال تظهر محاكاة الطبيعة في الأعمدة الفرعونية المستوحاة من زهرة اللوتس في الحضارة المصرية القديمة شكل(2). [1]

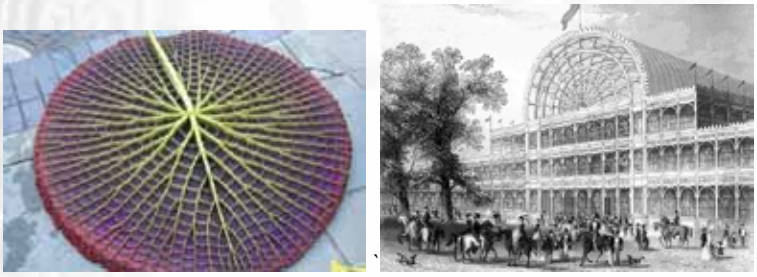
شكل(1) منزل الاسكيمو المستوحى من منزل الدب القطبي

شكل(2)الأعمدة الفرعونية المستوحاة من زهرة اللوتس

وضع الفيلسوف والعالم اليوناني أرسطو (384–322 قبل الميلاد) الطبيعة في مركز دراساته العلمية. في كتابه Historia Animalium يصف العديد من الظواهر الحيوانية. كانت الطبيعة شيئًا يجب مراعاتها وتمثيلها واحترامها. وكان ليوناردو دا فينشي أول مصمم بيوميمتيك. [9] حيث قام دا فنشي وهو أول باحث في الهندسة الميكانيكية البيولوجية بمحاولة محاكاة الطبيعة عام ١٤٨٢م عن طريق محاكاة قدرة الطائر على الطيران، حيث قام بعمل ملاحظات عن الطيران الشراعي من دراسة الطيور والطريقة التي يوازنون بها أنفسهم بأجنحتهم وذيلهم شكل(3)، قدمت رسومات ليوناردو رابطًا أساسيًا للملاحظات المبكرة في إثبات أن كل شيء في الطبيعة مترابط، وأن القواعد الواضحة والمترابطة من الطبيعة يمكن تطبيقها من خلال الهندسة. [9] ثم اتبعه الكثير من المفكرون فى القرن التاسع عشر عندما حققوا قفزة فى محاكة الطبيعة، فتحولت من كونها مجرد فكرة "المراقبة" إلى التطبيق. وقام أخوان رايت Wright's brothers بتطوير أول نموذج طائرة لهم عام ١٩٤٨م وكانت تعتبر أول محاولة ناجحة. [6]

شكل (3) رسومات ليوناردو دا فينشي لجهاز الطيران. واحدة من أقدم التصاميم البيولوجية في القرن الثالث

قام مصمم المناظر الطبيعية جوزيف باكستون Joseph Paxton في لندن عام 1851م ببناء "قصر الكريستال" للمعرض الكبير الذي تبلغ مساحته 990 ألف قدم. استخدم في تصميمه عوارض حديدية متقاطعة لدعم ما يقرب من 300.000 قطعة من الزجاج على مساحة واسعة مفتوحة، مستوحاة من ورقة زنبق الماء ذات الأضلاع المترابطة التي تساعد النبات على دعم الوزن الكبير في الماء شكل(4). [20]

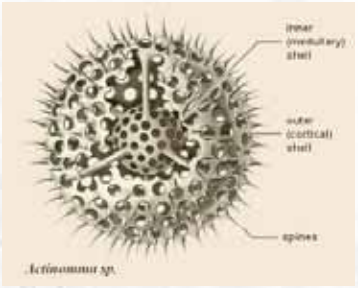


شكل (4) قصر الكريستال المستوحى من نبات زنبق الماء

استوحى ماثيو بيكر Mathew Baker في عام 1950 فكرة فكرة تصميم هيكل السفينة من رأس وذيل أسماك الماكريل لتحسين المناورة وتقليل الاحتكاك شكل (5). [19]

شكل(5) هيكل السفينة مستوحى من رأس وذيل أسماك الماكريل

استخدم عالم الفيزياء الحيوية الألماني أوتو شميت Otto Schmitt عام 1969 مصطلح بيوميميتك "Biomimetics" لأول مرة، في ورقة بحثية قدمها في المؤتمر الدولي للفيزياء الحيوية في بوسطن. للتعبير عن الدراسة المستوحاة من الكائنات الحية، فقد اخترع شميت دائرة كهربائية تم تصميمها على غرار أنظمة الدفع العصبية للحيوان البحري الحبارSquids في عام 1934م عندما كان طالب دكتوراه. تم اقتباس كلمة "Biomimetics" التي أطلقها شميت وبعد خمس سنوات تم تبنيها في قاموس ويبستر " Webster's dictionary".[20] وتم تعريفها على أنها: "دراسة تكوين أو هيكل أو وظيفة المواد المنتجة بيولوجيًا، المواد (كالإنزيمات أو الحرير) والآليات البيولوجية والعمليات (مثل تركيب البروتين أو التمثيل الضوئي) خاصة لأغراض تصنيع منتجات مماثلة بواسطة آليات اصطناعية تحاكي الآليات الطبيعية ".[3] أصبح التقليد الإحيائي والميكانيكا الجزيئية الإضافية والعلوم الرياضة والدراسات الهندسية معروفة في الهندسة المعمارية في أواخر الستينيات من القرن العشرين. ويمكن رؤية دراسات معمارية مماثلة في أعمال بكمنستر فولرز Buckminster Fullers. واستلهم من الشعوعيات (Radiolaria) "وهي من الكائنات الأولية التي تنتج الهياكل العظمية المعدنية المعقدة " العلاقة التكافلية بين الكفاءات الهيكلية والمادية وقام فولرز بتصميم مبنى القبة الجيوديسية (geodesic dome) وهي ذات كفاءة هيكلية عالية شكل (6). [15]



الشعوعيات (Radiolaria)

شكل (6) القبة الجيوديسية (geodesic dome)

تطورت المحاكاة البيولوجية مع استمرار دمجها في مجال الهندسة المعمارية إلى تعريفين إضافيين. أولا، الاستخدام الإحيائي (Bio-utilization) والثاني التشكل الإحيائي (Biomorphism)، يشير مصطلح الاستخدام الإحيائي إلى الاستخدام المناسب للطبيعة كمواد في التصميم، ويشير مصطلح التشكل الإحيائي إلى محاكاة الصفات الشكلية للطبيعة. مزج الطبيعة مع المبنى هي من الأمثلة على الاستخدام الإحيائي، مثل وجود الأشجار والشجيرات والزهور... إلخ حول المبنى لتعزيز استراتيجيات التهوية السلبية شكل(7). يمكن أن يجعل ذلك درجات الحرارة في الهواء الطلق أكثر برودة من خلال زراعة الأشجار والنباتات والشجيرات وحتى دمج الماء على مقربة من محيط المبنى. يمكن بعد ذلك امتصاص هذا الهواء البارد داخل المبنى من خلال فتح النوافذ مما يقلل من الحاجة إلى أنظمة التبريد الميكانيكية. يمكن العثورعلى التشكل الإحيائي في الآونة الأخيرة في متحف ميلووكي للفنون شكل (8). صمم هذا المبنى المعماري سانتياغو كالاترافا (Santiago Calatravas) والذي استوحى فكرته من حركة الطيران للطائر. ويعبر كالاترافا في جسوره الرشيقة الأخرى في جميع أنحاء العالم بصفات الأبنية الهيكلية بالهياكل في الكائنات الحية. [15]

شكل(7) استخدام الأشجار والنباتات للتبريد السلبي

شكل (8) متحف ميلووكي للفنون

هناك تداخلات تحدث بين محاكاة الطبيعة و الاستخدام الإحيائي والتشكل الإحيائي. ولكن يمكن التمييز بينهما باعتبار أن الاستخدام الإحيائي و التشكل الإحيائي، كلاهما مجرد محاكاة للصفات الجمالية للطبيعة، حيث أن المحاكاة البيولوجية هي محاكاة للصفات الوظيفية للأشكال والعمليات والأنظمة البيولوجية. و تعمل محاكاة الطبيعة بشكل أكثر تحديدًا على إشراك الجوانب الوظيفية للطبيعة التي يوفرها تكيف طبيعي معين، بدلاً من جمالياتها. إذا كان التصميم يتفاعل مع الوظيفة التي يوفرها تكيف طبيعي معين. أما إذا لم يحدث ذلك، فلا يسمى محاكاة. [15]

ظهر مصطلح بيوميميكري (Biomimicry) في عام 1982م، وكان شائعا بواسطة عالمة الأحياء والمؤلفة جانين بنيوس Janine Benyus التي عرفت محاكاة الطبيعة في كتابها على أنها" علم جديد يدرس نماذج الطبيعة ومن ثم يقلد أو يأخذ الإلهام من هذه التصاميم والعمليات ليحل مشاكل الإنسان". واقترحت التطلع إلى الطبيعة على أنها "نموذج و مقياس ومعلم" وتؤكد أن الاستدامة تعتبر هدفاً من محاكاة الطبيعة. [16] يتم التشجيع حاليا على مجال تقليد الطبيعة من خلال مؤسستين؛ نقابة المحاكاة البيولوجية (Biomimicry Guild) ومعهد المحاكاة البيولوجية (Biomimicry Institute). تعد النقابة هي شركة الابتكار الوحيدة في العالم التي تستخدم المعرفة العميقة للتكيفات البيولوجية لمساعدة المصممين والمهندسين والمعماريين وقادة الأعمال على حل تحديات التصميم والهندسة على نحو مستدام. يشجع المعهد على التعلم من الأشكال الطبيعية والعمليات والنظم البيئية ومن ثم محاكاتها لانشاء تقنيات وتصميمات بشرية أكثر استدامة. [2] تتزايد الأوراق البحثية في مجال المحاكاة البيولوجية وعلاقتها بالهندسة الحيوية والهندسة الكيميائية والهندسة الفيزيائية والهندسة المعمارية، مما يساعد على فهم ومحاكاة الطبيعة بطرق أكثر وضوحا. يتم تعريف المحاكاة البيولوجية في الوقت الحاضر بأنها "تقليد الأساس الوظيفي للأشكال والعمليات والأنظمة البيولوجية لإنتاج حلول مستدامة". لذا فإن تقليد الطبيعة هو المبدأ التوجيهي المقترح ليكون نقلة نوعية للتعلم الإبداعي القائم على حل المشكلات الضرورية للتوجه نحو الاستدامة. [3]

3- دور محاكاة البيئة الطبيعية في الهندسة المعمارية

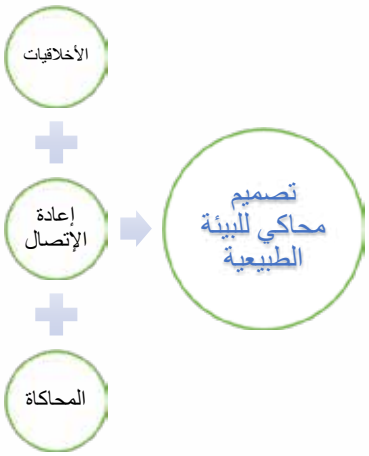
تقليد الطبيعة هو تقليد الكائن الحي أو سلوك الكائن الحي أو النظام البيئي بأكمله، من حيث أشكاله ومواده وأساليب البناء والعمليات أو الوظائف. وهو مصدر للابتكار، لا سيما في إنشاء بنية أكثر استدامة. إن النظر إلى النباتات أو الحيوانات القابلة للتكيف بشكل كبير أو تلك التي تبقى على قيد الحياة في المناخات القاسية أو من خلال التغيرات المناخية قد تعطي أفكاراً حول كيفية عمل المباني أو كيف ينبغي لها أن تعمل. [16] تنطوي محاكاة

الكائنات الحية أو النظم البيئية على عملية ترجمة إلى حلول مناسبة للسياق الإنساني. غالبًا ما تؤدي عملية الترجمة هذه إلى تصميمات لا تتشابه على الفور مع الكائن الحي أو النظام الإيكولوجي الذي ألهمه، بل تستخدم نفس المفاهيم الوظيفية.

تزيد جاذبية المحاكاة الطبيعية في العمارة من الربط بين الوظيفة والشكل. لكن تقليد الطبيعة لا ينسخ الأشكال من الطبيعة؛ إنها تنطوي على أفكار أو حلول أو إلهام من الطبيعة في التحديات المعمارية. فلذلك يحتاج المهندس المعماري إلى عالم بيولوجي يقوده للحصول على معلومات بيولوجية، لأن الكائنات الحية تقوم بحل المشاكل مع تحديات البيئة. فإن الطبيعة ستقود الإنسان إلى توسيع قدراته وفرصه في حل وتحسين قدرته على تصميم المباني المستدامة والمواد القابلة لإعادة التدوير وبناء بيئات أفضل إذا استمر في التعلم من الطبيعة. تستخدم محاكاة الطبيعة كأداة لاستراتيجية التصميم في الهندسة المعمارية في فئتين، واحدة تبحث عن علم الأحياء الذي يستهدف وصف احتياجات الإنسان والآخر هو تصميم التأثير البيولوجي الذي يسعى للطبيعة إلى إيجاد وظيفة في كائن حي. يجب أن يستمد مصممو البيئة المبنية الإلهام من الطبيعة ليس فقط من أجل الابتكارات في المواد وأساليب البناء ولكن أيضا في تصميم الفراغ ووظائف المباني للبيئات المستقبلية المستدامة. [7]

4- العناصر الأساسية لمحاكاة البيئة الطبيعة

تعتمد المحاكاة البيولوجية على ثلاثة عناصر مترابطة، كل عنصر من العناصر الثلاثة هو أصول أو قيم من المحاكاة البيولوجية التي تسعى إلى فهم نظرية وطريقة وتطبيق عبقرية الطبيعة.، والعناصر هي (الأخلاقيات – إعادة الإتصال – المحاكاة) شكل(9)، وعند دمج العناصر الثلاثة معا يصبح التصميم المستلهم تصميماً محاكياً للبيئة الطبيعية. ما يميز المحاكاة البيولوجية هو محاكاة الأخلاقيات ومحاكاة إعادة الاتصال ومحاكاة القيم الأساسية بهدف تهيئة الظروف المؤدية إلى الحياة. [15]



شكل(9)العناصر الأساسية لمحاكاة البيئة الطبيعة

4-1 الأخلاقيات (Ethos)

تمثل الممارسة الأخلاقية عنصراً مهماً يجب الالتزام به عند دراسة علم الأحياء والاستفادة منه في تهيئة حياة أفضل للإنسان. [21]

4-2 إعادة الإتصال ((Re) Connect)

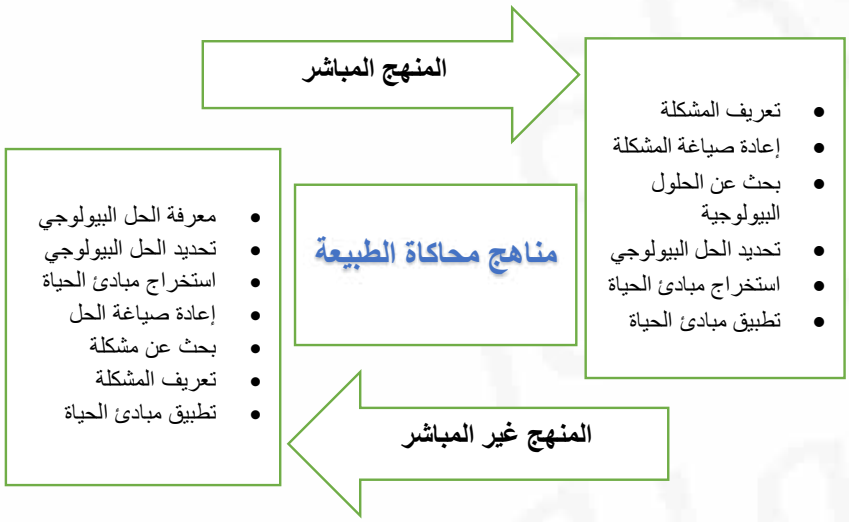
يزداد الترابط بين الإنسان والطبيعة من خلال اكتشاف عبقرية الحياة والأنماط والمبادئ واستخدام الذكاء البشري بالبدء في الاستماع إلى الطبيعة. [21]

4-3 المحاكاة (Emulate)

المحاكاة هي تحقيق رؤية البشر المناسبة للاستدامة على الأرض. محاكاة الطبيعة كنموذج ومعلم ومقياس، ليس بالنسخ ولكن بالتعلم والتطبيق. وهي تجميع المبادئ والأنماط والاستراتيجيات والوظيفة التي وجدت في الطبيعة لمعرفة التصميم. الابتكارات مستوحاة من الطبيعة. الطبيعة ليس مجرد تصميم؛ فإنها تتصل وتحسب وتربط وتبرمج.. تحدث المحاكاة عندما نحل المشاكل البشرية من خلال الإلهام الحيوي، وفي نهاية المطاف تقليل آثارنا السلبية على الأرض. [21]

5- مناهج محاكاة الطبيعة

يعتمد التصميم المحاكي للبيئة الطبيعية على المعرفة البيولوجية بشكل كبير، حيث يعتبر علماء الأحياء هم الأساس في عملية التصميم المحاكي للبيئة، ومع ذلك فإن دور المصمم لا يزال مركزيا عندما يتعلق الأمر باستخلاص الاستراتيجيات البيولوجية في مبادئ التصميم الأكثر قابلية للتطبيق من أجل حل المشاكل البشرية، والذي لا يهدف إلى إنشاء نسخة طبق الأصل من الشكل الطبيعي أو العملية البيولوجية أو النظام الايكولوجي فقط بل هو استخلاص مبادئ التصميم من علم الأحياء واستخدام تلك المبادئ كحافز للتفكير. [11] كما أنه يقدم حلولاً جديدة وملهمة. وقد استنتج الباحثون منهجين رئيسيين في عملية التصميم المحاكي للبيئة الطبيعية بمصطلحات مختلفة. أشارت Maibritt Zari بأن المنهج الأول هو "التصميم بالرجوع إلى علم الأحياء" والذي يعني تحديد حاجة بشرية أو مشكلة تصميمية والبحث عن الطرق التي تحل بها الكائنات الحية أو النظم الإيكولوجية الأخرى. وعرفه كل من Gamage و Hyde باسم "المنهج المباشر" حيث أن التصميم يحاكي استراتيجيات كائن حي أو نمط سلوكي أو نظام بطبيعته بمساعدة نظام ترجمة متشابه. ويسمى أيضا "بالتصميم الذي يتطلع إلى علم الأحياء" و"المنهج القائم على حل" وهو الذي يحدد سمة معينة أو سلوك أو وظيفة في الكائن الحي أو النظام الإيكولوجي وترجمة ذلك إلى تصاميم الإنسان، ويشار إليه "بعلم الأحياء المؤثر على التصميم" و "المنهج من أعلى إلى أسفل".[16] كما أن المنهج الثاني أشارت له Maibritt Zari بأنه "تأثير علم الأحياء في التصميم"؛ وهذا يعني محاكاة الطبيعة حيث يتم تحديد خاصية معينة أو سلوك أو وظيفة في كائن حي أو نظام بيئي، ثم يتم ترجمتها إلى سياق التصميم البشري. [12] ويشار إليه أيضا باسم "علم الأحياء المؤثر في تصميم المحاكاة البيولوجية" و "المنهج من أسفل إلى أعلى" و"المنهج غير المباشر".[4] وفيما يلي عرض لكلا المنهجين شكل (10).



شكل(10) مناهج محاكاة الطبيعة

5-1 المنهج المباشر (التصميم بالرجوع إلى علم الأحياء)

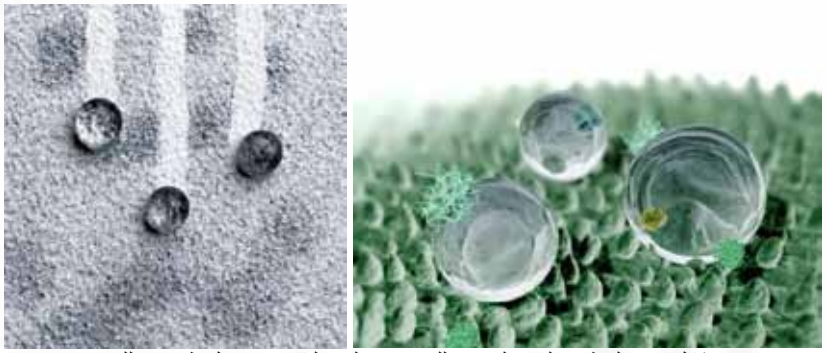
يتم تحديد حاجة الإنسان أو مشكلة تصميمية، ثم محاولة إيجاد حلول لهذه المشكلة من خلال البحث والإطلاع إلى حلول الكائنات الحية الأخرى أو النظم الإيكولوجية لمشكلة مماثلة. وذلك بمراقبة الكائنات الحية والنظم الإيكولوجية أو الوصول إلى الأبحاث البيولوجية السابقة والمعلومات. المصمم في هذه الحالة سوف يكون قادر على الوصول إلى حلول بيولوجية محتملة دون فهم علمي متعمق أو التعاون مع عالم الأحياء أو عالم البيئة. ولكن في هذه الحالة سيكون التصميم على مستوى فهم علمي محدود، فمن السهل أن يحاكي المصمم الأشكال وبعض الجوانب الميكانيكية البسيطة للكائنات الحية أو النظام الإيكولوجي، ولكن من الصعب محاكاة العمليات المعقدة والعمليات الكيميائية دون التعاون العلمي الإحيائي. [8]

وعلى سبيل المثال مبنى (Mick Pearce's Eastgate) هو أكثر مثال معماري استخداما لمحاكاة الطبيعة شكل(11)، تم تصميم Eastgate ليكون ذا بيئة داخلية مريحة حرارياً بشكل نسبي مع الحد الأدنى من التبريد الميكانيكي، وبالتالي خفض انبعاثات الغازات الدفيئة. استند بيرس في تصميمه جزئياً إلى استخدام القدرة الحرارية على تنظيم درجة الحرارة الملحوظة في النمل الأبيض في جنوب أفريقيا. [12]

شكل(11) مبنى Mick Pearce's Eastgate المحاكي لتل النمل الأبيض

2-5 المنهج غير المباشر (تأثير علم الأحياء في التصميم)

تحديد خصائص أو سلوكيات معينة في كائن حي أو نظام إيكولوجي ومن ثم استخدامها كمبادئ توجيهية لتطوير التصاميم الصناعية أو المعمارية، فعندما تؤثر المعرفة البيولوجية على التصميم البشري، تعتمد عملية التصميم التعاوني في البداية على الأشخاص الذين لديهم معرفة بالبحوث البيولوجية أو الإيكولوجية ذات الصلة وليس على مشاكل التصميم البشري المحددة. [8] مثال على علم الأحياء الذي يؤثر على منهج التصميم في محاكاة الطبيعة هو التحليل العلمي لزهرة اللوتس Nelumbo nucifera التي تظهر نظيفة من مياه المستنقعات. وقد أدى ذلك إلى تطوير طلاء لوتسان تصنعه Sto AG، مما يمكن المباني من التنظيف الذاتي شكل (12). في حين يمكن القول إن تقليل الحاجة لتنظيف المباني قد يقلل من استهلاك المياه، ويقلل من الحاجة إلى استخدام مواد كيميائية سامة للتنظيف، ويمكن أن يحمي واجهات المباني من الأضرار الناجمة عن تراكم الملوثات السطحية، واستخدام طلاء اللوتسان ممكن أن يؤدي إلى نتائج أكثر استدامة في البيئة المبنية. يوضح هذا المثال الحاجة إلى التركيز على الاستدامة وراء محاكاة الطبيعة لزيادة فرص تحقيق النتائج بشكل أكثر استدامة. [12]

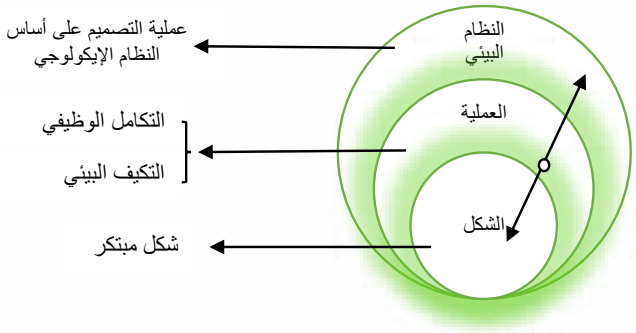


شكل(12) التنظيف الذاتي لزهرة اللوتس واستلهام الفكرة في عمل طلاءات للمباني

6- مستويات محاكاة الطبيعة

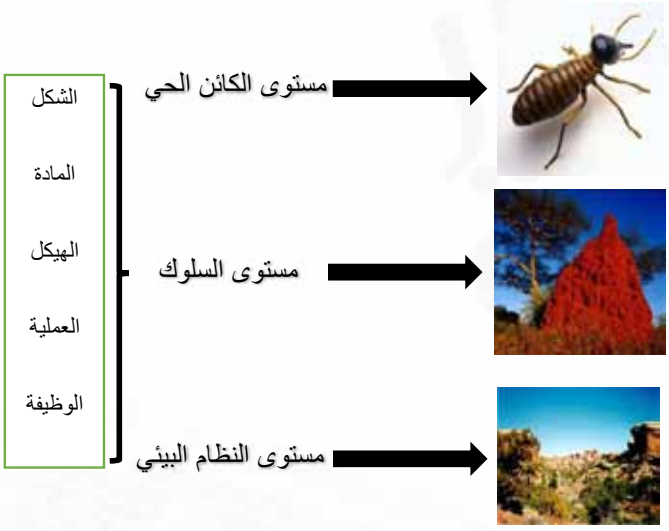
توضح الدراسات أن محاكاة أي كائن حي على سبيل المثال هي محاكاة جانب معين في هذا الكائن. هذا الجانب قد يكون شكل الكائن الحي أو الطريقة التي ينجز بها الكائن الحي وظيفة. ويشار إلى الجانب الذي تتم محاكاته بـ "مستوى المحاكاة البيولوجية". ولقد صنفت جانين بنيوس Ganine Benyus مستويات محاكاة الطبيعة إلى ثلاثة مستويات يمكن تطبيقها عند تناول مشكلة تصميم (شكل، عملية، نظام بيئي).

من خلال تحليل الكائن الحي أو النظام البيئي والشكل والعملية، حل يمكن أن يتحقق من خلال الطبيعة. من أجل هذا التطبيق، فإنه من المهم تحديد أي جانب في علم الأحياء يمكن أن يحاكى شكل (13). [18]



شكل (13) مستويات محاكاة الطبيعة لجانين بنيوس

قامت Pedersen Zari (2012) بنقد تصنيف جانين بنيوس؛ حيث أن "الشكل" و "العملية" هي جوانب كائن حي أو نظام إيكولوجي يمكن تحاكيه. ومع ذلك، فإن "النظام البيئي" هو المجموعة الكاملة من الكائنات الحية وعلاقاتها، لذلك تبدو هذه المصطلحات الثلاثة طريقة غير منطقية لوصف المحاكاة البيولوجية. وقامت بتصنيف المستويات من خلال دراسة تقنيات المحاكاة البيولوجية الموجودة إلى ثلاثة مستويات من المحاكاة، وهي (الكائن الحي والسلوك والنظام البيئي) شكل(14). يشير المستوى الأول (مستوى الكائن الحي) إلى كائن حي معين مثل النبات أو الحيوان يمكن أن تشمل محاكاة جزء من الكائن أو الكائن الحي كله. ويشير المستوى الثاني (لمحاكاة السلوك)، ويمكن أن تشمل ترجمة كيفية عمل الكائن الحي. المستوى الثالث هو محاكاة النظم الإيكولوجية بأكملها والمبادئ التي تسمح لهم العمل بنجاح. داخل كل مستوى من هذه المستويات خمسة أبعاد ممكنة للتقليد. قد يكون التصميم المحاكي للطبيعة على سبيل المثال من حيث (الشكل)، من ماذا يصنع (المادة)، كيف يتم ذلك (الهيكل)، وكيف يعمل (العملية)، أو ما يستطيع القيام به (الوظيفة). وفيما يلي يتم عرض مستويات محاكاة الطبيعة كما أوضحتها Pedersen Zari (2012)

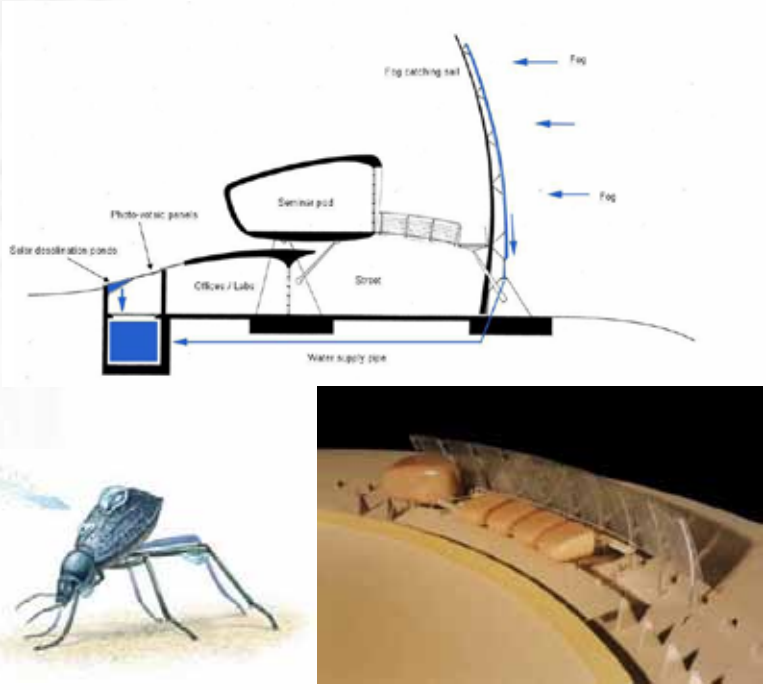


شكل(14) مستويات محاكاة الطبيعة

2-6-1 مستوى الكائن الحي

لقد تطورت أنواع مختلفة من الكائنات الحية على الأرض عبر ملايين السنين. هذه الكائنات قد ابتكرت طرقاً جديدة للبقاء على الأرض. لقد خلقوا لأنفسهم آليات مختلفة للبقاء على قيد الحياة وتكيفوا مع التغيرات المستمرة مع مرور الوقت. وبالتالي لدى البشر مجموعة كبيرة من الأمثلة التي يمكن الاعتماد عليها لحل المشاكل التي يواجهها

المجتمع والتي ربما تكون الكائنات الحية قد تناولتها بالفعل. [12] ويعني هذا المستوى محاكاة كائن حي بذاته ولكن دون محاكاة قدرته على المشاركة والمساهمة في السياق الأوسع للنظام الإيكولوجي، فلديه القدرة على إنتاج تصاميم لا تزال تقليدية أو حتى أقل من المتوسط من حيث الأثر البيئي. لأن محاكاة الكائنات تميل إلى أن تكون من ميزة معينة بدلا من نظام بأكمله. تختلف محاكاة الكائنات الحية عن محاكاة النظام البيئي. من خلال محاكاة مستوى الكائن الحي يمكننا أن نتعلم كيف سيتصرف هذا في النظام البيئي. [5] مثال خنفساء الصحراء الناميبية التي تعيش في صحراء نادرة الأمطار. فتقوم بالتقاط الرطوبة من خلال الضباب المتحرك السريع الذي يتحرك فوق الصحراء عن طريق إمالة جسمها إلى الريح. تتشكل قطرات المياه على سطح الخنفساء الخشن وتتدحرج إلى فمها. وقام ماثيو باركس Matthew Parkes بمحاكاة الخنفساء على مستوى الكائن الحي وذلك في تصميمه المقترح للمركز الهيدرولوجي لجامعة ناميبيا لتجميع مياه البحر شكل (15). ويشير شكل المبنى بوضوح إلى محاكاة شكل الخنفساء، التي تأتي من شكلها فكرة جمع المياه في الصحراء. اقترح باركس أن يتم استخدام شراع شبكي من النايلون لاعتراض الضباب. هذه الشبكة ستحتفظ بالرطوبة إلى أن تبدأ بالهبوط تحت تأثير الجاذبية إلى خزان المياه تحت الأرض. تتم إضافة عملية تحلية مياه البحر والمدعومة بألواح كهروضوئية موضوعة على سطح المبنى، إلى المخطط الذي يشير إلى أن الماء الذي يجمعه الضباب سيحتاج إلى استكماله. [12]



شكل (15) المركز الهيدرولوجي لجامعة ناميبيا المستوحة من خنفساء الصحراء الناميبية

2-6-2 مستوى السلوك

وهناك عدد كبير من الكائنات تواجه نفس الظروف البيئية التي يواجها البشر، وتحتاج إلى حل القضايا المماثلة التي تواجه البشر. هذه الكائنات تميل إلى العمل في حدود القدرة البيئية للمكان المحدد وضمن حدود الطاقة وتوافر المواد. تتطور الكائنات الحية التي تتعلم كيفية البقاء على قيد الحياة في هذه البيئة. هذا كله يعتمد على نوع السلوك الذي يظهره الكائن الحي في البيئة. لا تتطور الكائنات الحية المتكيفة بشكل جيد فحسب، بل تتطور أيضًا إلى الكائنات الحية التي تتعلم كيف تتطور من خلال مشاهدة السلوك من الكائنات الحية الأخرى. ويتم محاكاة سلوك الكائن الحي في مستوى السلوك وليس محاكاة الكائن الحي نفسه، وكيفية قدرة هذه الكائنات على تغيير بيئاتها مع خلق قدرة أكبر للحياة في هذا النظام. [5]

يوضح ذلك مبنى Mick Pearce's Eastgate في هراري بزمبابوي شكل (16). يعتمد المبنى جزئيًا على تقنيات التهوية السلبية وتنظيم درجة الحرارة الملحوظ في تلال النمل الأبيض، من أجل خلق بيئة داخلية مستقرة حرارياً. يوضح مبنى بيرج إيستجيت في هراري بزمبابوي مثالاً معماريًا لعملية محاكاة الوظيفة الحيوية المحورية على مستوى السلوك. وقد أدى ذلك إلى انخفاض في استخدام الطاقة مقارنة بالمباني المماثلة في هراري، وبالتالي خفضت أيضًا انبعاثات الغازات الدفيئة. يتم تحقيق تنظيم درجة الحرارة في التلال من خلال التوجيه الدقيق والتنظيم المكاني وتقنيات التهوية السلبية. المحاكاة لم تكن للنمل الأبيض، ولكن لنتائج سلوك بناء التل. [12]

شكل (16) مبنى إيستجيت في هراري المحاكي لتلال النمل الأبيض بأفريقيا

3-6-2 مستوى النظام البيئي

يشير إلى محاكاة نظام إيكولوجي معين وكيفية عمله بنجاح وكذلك العناصر والمبادئ المطلوبة لتشغيله بنجاح. [4] كما تم استخدام مصطلح Ecomimicry لوصف محاكاة النظم البيئية في التصميم. من مزايا التصميم على هذا المستوى من المحاكاة الحيوية أنه يمكننا أيضًا فهم المستويات الأخرى من المحاكاة البيولوجية (الكائن الحي والسلوك). قد تكون أهم ميزة لمثل هذا النهج لتصميم المحاكاة الحيوية التأثيرات الإيجابية المحتملة على الأداء البيئي العام. من المرجح أن تحظى المباني المستوحاة من البيولوجيا بنتائج أفضل للاستدامة إذا كانت تحاكي استراتيجيات العمليات (كيف تعمل) و / أو الوظائف (ما تقوم به) من النظم الإيكولوجية، بدلاً من مجرد شكل أو خصائص المواد للكائنات الحية. قد تعني وظيفة المحاكاة البيولوجية على مستوى النظام البيئي أن الفهم المتعمق للإيكولوجيا يقود إلى تصميم بيئة مبنية بحيث تكون قادرة على المشاركة في دورات المواد الكيميابيولوجية (biogeochemical) الرئيسية للكوكب (الهيدرولوجين والكربون والنيتروجين). إذا كان العالم الحي سيعطي المصممين رؤى حول التصميم المعماري الذي يحسن استدامة البيئة المبنية، فيجب اعتبار المباني جزءًا من نظام حي ويمكن استخدام فهم الأنظمة البيئية لوضع أهداف لمشروع وقيادة حلول التصميم، و تقييم النجاحات أو الفشل في التصميم. [12]

ومثال على ذلك؛ برج (Treescraper Tower of Tomorrow) تصميم ويليام مكدوناو شكل (17) الذي يقلد شجرة في نظامها البيئي، تنتج الطاقة وتتغير مع الفصول. شكل المبنى ديناميكي هوائي يقلل من تأثير الرياح، ويقلل من كمية المواد اللازمة للبناء، مما يزيد من الاستقرار الهيكلي. يحتوي على سقف أخضر وحدائق وأتريوم من ثلاثة طوابق. سيتم إعادة تدوير مياه الصرف الناتجة عن المصارف وأحواض الاستحمام واستخدامها في ري حدائق المباني. يمكن إعادة استخدام مياه الصرف الصحي من الحدائق في المراحيض باستخدام الكائنات الدقيقة والنباتات لتنقية المياه. وستتكون الواجهة الجنوبية من حوالي 100 ألف قدم مربع من الألواح الكهروضوئية التي تحول ضوء الشمس إلى كهرباء. يمكن للنظام القوي توفير ما يصل إلى 40 % من احتياجات المبنى. كما سيتم تركيب محطة طاقة وكهرباء مشتركة يتم تغذيتها بالغاز الطبيعي، والتي يمكن أن تزود الطاقة التي لا تستطيع الألواح الشمسية استخدامها. يمكن إعادة تدويرجميع المنتجات من مواد البناء إلى المفروشات. [8]

شكل (17) برج William McDonough's Treescraper Tower of Tomorrow

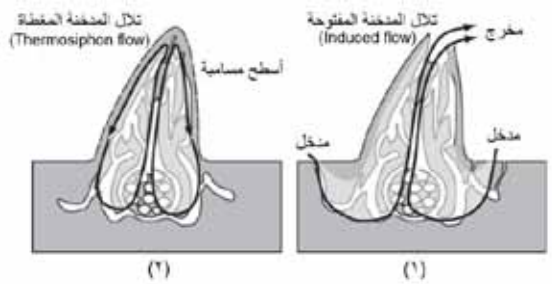
7- الدراسة التحليلية: أمثلة تحليلية لمحاكاة المباني للبيئة الطبيعة

تقوم الدراسة التحليلية على عرض بعض نماذج من الطبيعة وكيفية تكيفها مع بيئتها الصحراوية. وعرض المباني التي تم تطبيق محاكاة الطبيعة بها واستخدام بعض الاستراتيجيات المستوحاة من هذه النماذج وسلوكها مع بيئتها.

7-1 أمثلة من البيئة الصحراوية للتنظيم الحراري

التنظيم الحراري هو عملية الحفاظ على درجات الحرارة الداخلية للكائن الحي، حيث يحقق الاتزان بين فقد وكسب الحرارة على الرغم من تغير درجات الحرارة في البيئة المحيطة. كل كائن حي يتطلب درجات حرارة خاصة بوظائفه البيولوجية. ونتيجة لذلك لكل كائن حي طرق فسيولوجية أو سلوكية للتنظيم الحراري. كما أن الطبيعة لديها استراتيجيات مختلفة للبيئات الباردة والساخنة. الحفاظ على درجة حرارة الجسم المناسبة أمر بالغ الأهمية لجميع جوانب الوظيفة البيوكيميائية والفسيولوجية، والكائنات الحية تنفق قدرا كبيرا من الطاقة للسيطرة على درجة حرارة الجسم. تستخدم الكائنات الحية نوعان من الاستراتيجيات الرئيسية لتنظيم درجات حرارة الجسم. أولا استراتيجية الاعتماد على الحرارة الخارجية وتسمى (Ectotherms) والتي تشمل اللافقاريات والأسماك والزواحف. وتحصل الكائنات في هذه الاستراتيجية على معظم حرارة الجسم مباشرة من البيئة، ومعدلات الأيض تتقلب مع درجة الحرارة المحيطة. وثانيا استراتيجية الاعتماد على درجة الحرارة الداخلية (Endotherms)، مثل الثدييات والطيور، والتي تنتج الحرارة الخاصة بها من خلال عمليات التمثيل الغذائي وتكون قادرة على الحفاظ على درجات حرارة الجسم ثابتة. العديد من الكائنات الحية التي تعيش في المناطق الحارة تبذل جهدًا كبيرًا لتجنب اكتساب الحرارة. بعض منهم تتجنب الإشعاع الشمسي من خلال البقاء بعيداً عن الشمس تماما أو تتخطى عبر الرمال بسرعة لتقليل امتصاص الحرارة من خلال التوصيل. [10] وتعرض بعض من الأمثلة موضحة كالتالي:

الكائن الحي	الشكل
1- **السحالي sideblotched lizards** السحالي من جنس أوتا المعروفة باسم السحالي الجانبية sideblotched lizards، وهي من سكان المناطق القاحلة. تستخدم هذه السحالي استراتيجية Ectotherms، حيث تستخدم بيئتها لتنظيم درجة حرارة الجسم. يتم تنظيم درجة الحرارة في السحالي من خلال مزيج من خصائص للجلد والسلوك. يغطي جسم السحلية قشور ويتكون جلدها من طبقتين هما Epidermis وهي الطبقة الخارجية و Dermis وهي الطبقة الداخلية، قشور السحالي هي بشرة غليظة مصنوعة من مادة قرنية تسمى الكيراتين تشبه إلى حد كبير أظافر الأصابع. متصلة هذه القشور بواسطة مفصلات كيراتين رفيعة غالبا ما تتداخل مع بعضها البعض، تمنع هذه الطبقات الجفاف وحماية الجسم من الحرارة الشديدة، وتتميز هذه السحالي بنمط تلوين الجلد الذي عادة ما يكون لوناً داكناً على ظهرها لامتصاص أشعة الشمس ولون فاتح على البطن لتعكس الحرارة من الأرض. السحالي تكتسب الحرارة أو تقوم بتبديدها من البيئة من خلال سلوكياتها. تقوم السحلية بضبط وضع الجسم على حسب الحاجة فتكون عمودية على أشعة الشمس لامتصاص الحرارة أو موازية لأشعة الشمس لتجنب زيادة الحرارة، وأيضا تقوم بشد أصابع قدميها المجعدة لأعلى لتجنب زيادة الحرارة عن طريق التقليل من مساحة الجسم المتصل بالأرض. وتقضي الساعات الحارة من اليوم في الظل لمنع ارتفاع درجة الحرارة. [9]	اللون الداكن على الظهر اللون فاتح على البطن موازية لأشعة الشمس لتجنب زيادة الحرارة عمودية على أشعة الشمس لامتصاص الحرارة شد أصابع قدميها المجعدة إلى الأعلى لتقليل الاتصال الأرضي الاختباء في الظل لتجنب الكسب الحراري طبقة قرنية Horny Layer قشرة Scale EPIDERMIS بشرة (طبقة الجلد الخارجية) DERMIS باطن الجلد Osteoderm MELANOPHORE خلايا الميلانين
2- **نبات صبار السجوار** ينمو صبار السجوار في مناخ قاسي جاف، ويتكيف مع ذلك المناخ ليبقى على قيد الحياة، فيتميز الصبار بوجود أشواك على الطبقة الخارجية حيث يغطي النبات بأكمله وأسطحه مطوية، يتميز بالحماية من المناخ القاسي. تساعد الأشواك في التقاط الماء من المطر والندى الصباحي، كما أنها تعمل على توجيه مياه الأمطار إلى قاعدة النبات حيث يتم جمعها وتخزينها. وبما أنه يعيش في مناطق قليلة الأمطار فمن المهم أن يستفيد من تخزين المياه. وأيضاً عدم وجود أوراق أو فروع يقلل من المساحة السطحية التي تقلل من فقدان الماء من خلال النتح ولكن الوظيفة الأكثر أهمية التي تقوم بها الأشواك هو تظليل النبات من أشعة الشمس الشديدة، ويحافظ على درجة الحرارة الداخلية منخفضة. [22]	حركة الهواء البارد والساخن السطح المطوي والأشواك للحماية من المناخ القاسي، و التقاط الأشواك الماء من المطر

الكائن الحي	الشكل
3- **تل النمل الأبيض** يبني النمل الأبيض في زيمبابوي أكواماً ضخمة من التلال. هذه التلال لها أشكال وأنواع مختلفة، هذا التصنيف يعتمد على المناطق التي تقع فيها التلال. تزرع داخلها فطريات وهي المصدر الغذائي الأساسي للنمل. تتطلب الفطريات أن تبقى في درجة حرارة 87 درجة فهرنهايت في حين أن تتراوح درجات الحرارة 35 درجة فهرنهايت ليلاً إلى 104 درجة فهرنهايت نهاراً. يحقق النمل ذلك عن طريق وجود فتحات للتدفئة والتبريد تغلق وتفتح باستمرار في جميع أنحاء التلة على مدار اليوم مع نظام تيارات الحمل الحراري المعدل بعناية. وهناك طريقتين لسلوك النمل داخل التل وهما: أول نموذج معروف لعلماء الأحياء Induced flow، ولكن معروف للمهندسين والمعماريين على أنه Stack effect. هذه الآلية من المعتقد أن تحدث في التلال ذات المدخنة المفتوحة. لأن التل يمتد إلى أعلى من خلال الطبقة الخارجية للسطح، تتعرض فتحة المدخنة الكبيرة إلى زيادة سرعة الرياح من الفتحات التي تكون أقرب للأرض. ثم توجه Venturi flow الهواء النقي في التل من خلال الفتحات على مستوى الأرض، ثم من خلال العش وأخيرا من خلال المدخنة. على عكس thermos-siphon flow ، لأن induced flow يكون أحادي الاتجاه. النموذج الثاني لوظيفة تل النمل الأبيض يكون آلية thermos-siphon flow، التي يكون فيها التل مكان لتوزيع حركة عملية الأيض للهواء. هنا إنتاج المستعمرة من الحرارة حوالي 100 وات يمنح الطفو الكاف لهواء العش إلى الدور العلوي ليصل إلى التل ويتحرك في نهاية الأمر إلى السطح المسامي للتل. هناك يتم تجديد الهواء المستخدم، كالحرارة وبخار الماء وغازات التنفس يتم تبادلهم مع الغلاف الجوي عبر الجدران المسامية للتل. الجاذبية تعمل على زيادة كثافة الهواء المتجدد ثم يرغمه على نزوله إلى المساحات المفتوحة تحت العش وفي نهاية الأمر من خلال العش مرة أخرى هذه الآلية تعمل في التلال ذات المداخن المغطاة تلك التي ليس لها فتحات واضحة. [7]	  (1) نموذج لتهوية التل، Thermo-siphon flow (تدفق التبادل الحراري السلبي) يحدث في تلال المدخنة المغطاة. (2) نموذج لتهوية التل Induced flow (تدفق الرياح النسبية الدوارة) يعتقد أن تحدث في تلال المدخنة المفتوحة.

2-7 أمثلة تحليلية لبعض النماذج المعمارية

1- مبنى S.C.A.L.E.S.

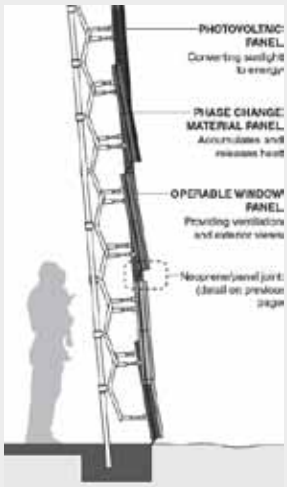
نوع المبنى	ستوديو، سكني
موقع المبنى	الحوض العظيم، غرب الولايات المتحدة
المناخ الإقليمي	مناخ صحراوي شديد الحرارة صيفاً وشديد البرودة شتاءً
منهج المحاكاة المتبع	المنهج المباشر

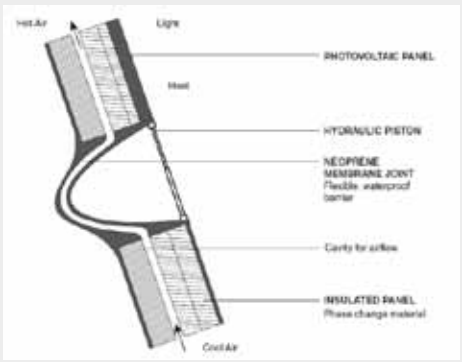
شكل(18) مبنى S.C.A.L.E.

المشكلة التصميمية	يقع المبنى في منطقة تتميز بمناخ حار جاف صحراوي شديد الإشعاع الشمسي. [9]
الحل البيولوجي	استلهم المصمم الاستراتيجيات الفسيولوجية لجلد السحلية والاستراتيجيات السلوكية للسحلية للتنظيم الحراري وتجنب أشعة الشمس.

طريقة المحاكاة في المبنى

يركز التصميم على إنشاء نظام مغلق، يحافظ على الراحة البشرية أثناء الأيام شديدة الحرارة والليالي قارصة البرودة. فتم الجمع بين خصائص جلد السحلية وسلوكياتها واستخراج مبادئها ودمجها في غلاف المبنى. يستخدم المبنى ألواح مقسمة إلى وحدات موزعة في جميع أنحاء الغلاف. تحتوي الواجهة الجنوبية على ثلاثة أنواع مختلفة من الألواح شكل(19)؛ ألواح عازلة غير شفافة وألواح كهروضوئية وألواح متحركة. الألواح العازلة ألواح مفرغة مملوءة بمادة متغيرة الطور لتنظيم درجة الحرارة وجعلها مستقرة طوال اليوم. والألواح الكهروضوئية تلتقط أشعة الشمس وتحولها إلى كهرباء. والألواح المتحركة تسمح بالرؤية والتهوية. يوجد بين الألواح غشاء مرن رغوي يسمح للألواح بالحركة وللسماح للهواء بالتدفق بين الكتلة الحرارية وامتصاص الحرارة أو تبريدها تبعا للوقت، يحافظ على برودة المنزل ويطلق الحرارة ببطء لتدفئة الاستوديو في الليل. التي تسيطر عليها أجهزة الاستشعار. يختلف تكوين الألواح اعتماداً على مكانها وتعرضها للشمس والألواح مستجيبة للظروف المناخية. تحاكي استرتيجيات جلد السحلية. [9]



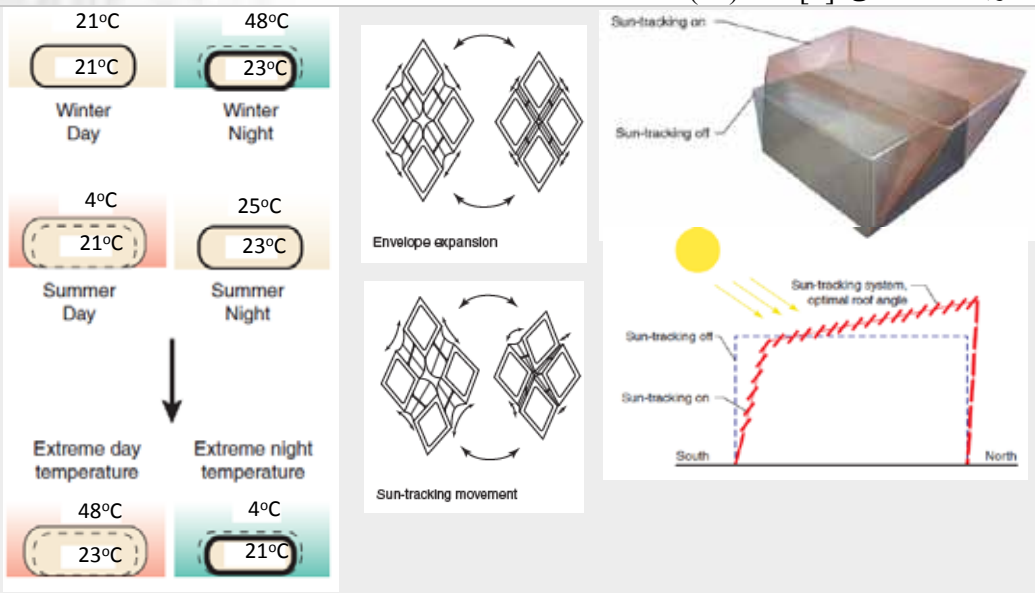


شكل(19) تفاصيل طبقات الألواح

تم محاكاة جلد السحلية في استرتيجية لون الجلد، حيث أن الألواح ملونة وفقاً لمسار الشمس، حيث تكون الألوان فاتحة على الجانبين الشرقي والغربي لمنع الحرارة الزائدة عن طريق عكس الضوء، والألوان داكنة لامتصاص كمية وفيرة من الحرارة والضوء. [1] شكل(20)

شكل(20) اللون الفاتح لانعكاس أشعة الشمس اللون الداكن لكسب الحرارة

عند قياس كفاءة النظام لوحظ أن في الشتاء ليلاً عندما تكون درجة الحرارة في الخارج 4 درجة مئوية يزيد حجم المبنى وتزيد درجة الحرارة 17 درجة لتصل إلى 21 درجة مئوية. في الصيف نهاراً عندما تكون درجة الحرارة في الخارج 48 درجة مئوية يتقلص حجم المبنى وتقل درجة الحرارة 25 درجة لتصل إلى 23 درجة مئوية داخل المبنى. [1] شكل (21)



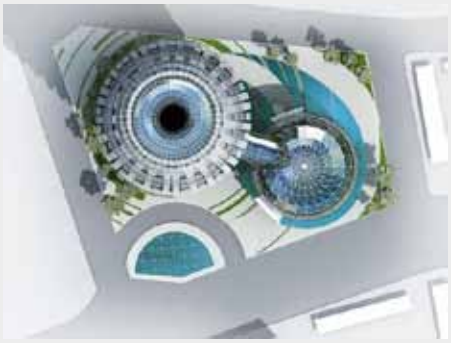
شكل(21) تشغيل النظام في الشتاء والصيف والنهار والليل على التوالي

مستوى المحاكاة يحاكي مستوى الكائن الحي ومستوى السلوك

2- وزارة الشؤون البلدية والزراعة (Minister of Municipal Affairs and Agriculture office)

نوع المبنى	**مبنى إداري**
موقع المبنى	الدوحة، قطر
المناخ الإقليمي	مناخ حار جاف صحراوي (BWH)
المصمم المعماري	Aesthetics Architects Go Group
منهج المحاكاة المتبع	المنهج المباشر

شكل(22) مبنى وزارة الشؤون البلدية والزراعة



شكل(23) موقع عام لمبنى وزارة الشؤون البلدية والزراعة

المشكلة التصميمية	يقع المبنى في منطقة تتميز بمناخ حار جاف صحراوي شديد الإشعاع الشمسي.
الحل البيولوجي	يشبه المبنى المحاكى بيولوجيا نبات الصبار، حيث حاكى الشكل لنبات الصبار وأنظمة التظليل بوظيفة الأشواك في التظليل للنبات والمسام التي تغطي نبات الصبار تفتح في الليل للسماح بدخول الهواء البارد.

طريقة المحاكاة في المبنى

يشبه هيكل المبنى نبات الصبار ويحاكي المبنى نبات الصبار في الذكاء التكنولوجي. يتكون من جزئين جزء مبنى البرج وهو الذي يضم المكاتب الإدارية ويشبه صبار ضخم، والجزء الثاني عبارة عن قبة لحديقة نباتات وهي تعتبر قاعدة البرج. يغطى المبنى من أعلى إلى أسفل بظلال تحاكي أشواك الصبار وتؤدي نفس وظيفة الأشواك لتظليل واجهات المبنى كما هو موضح في الشكل (24). تفتح أجهزة التظليل وتغلق خلال وقت النهار وفقا لشدة الشمس، ويحاكي مسام الصبار التي تقوم بعملية النتح، حيث تقوم هذه المسام بتلبية احتياجات متعددة وهي (الحماية – تنظيم الحرارة – تبادل التهوية – تنظيم دخول ضوء النهار). هذا يلغي الحاجة إلى نظام تكييف للهواء وعدم الإسراف عن طريق تكيف المبنى مع محيطه. ميزة أخرى في هذا المبنى تستخدم أنظمة إيكولوجية مختلفة لتنظيف المياه الغير نظيفة. كل نظام إيكولوجي يكسر الملوثات في الماء حسب العناصر الغذائية التي يتغذى عليها وما يحتاجه لينمو في الماء. تعتمد هذه النظم البيئية على استخدام البكتيريا المفيدة والفطريات والنباتات والقواقع والمحار والأسماك التي تنمو عن طريق تكسير وهضم الملوثات. [23]

شكل(24) استخدام نظام التظليل في مبنى وزارة الشؤون البلدية والزراعة

مستوى المحاكاة	يحاكي مستوى االكائن الحي

3- مبنى مركز إيستجيت The Eastgate Center

نوع المبنى	مركز تسويق، مكاتب إدارية
موقع المبنى	هراري، زمبابوي
المناخ الإقليمي	مناخ شبه استوائي رطب (Cwb)
المصمم المعماري	Mick Pearce & Arup engineers
منهج المحاكاة المتبع	المنهج المباشر

شكل(25) مبنى مركز إيستجيت

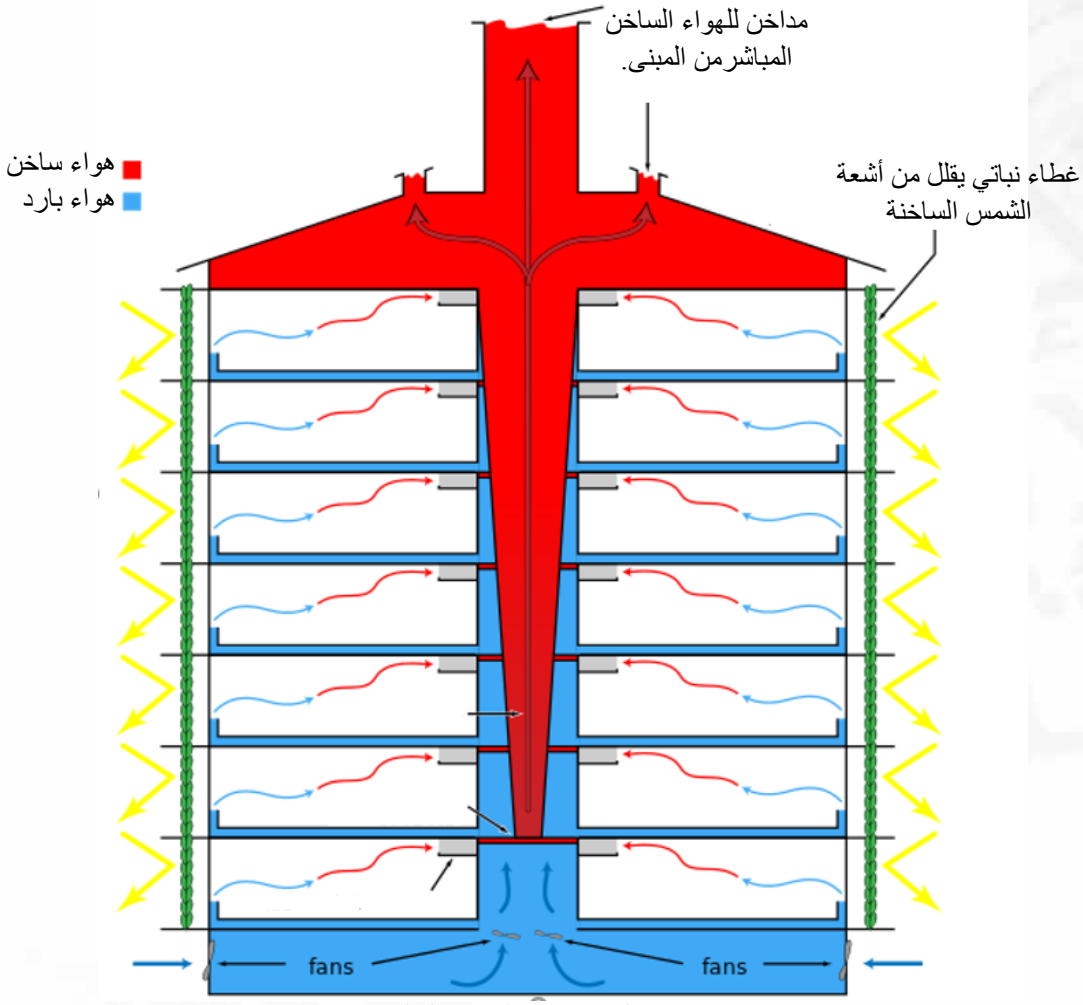
المشكلة التصميمية	يتطلب مناخ هراري الشبه استوائي الرطب إلى الشراء والتركيب والصيانة لنظام تكييف تقليدي له تكاليف باهظة طويلة الأجل فكان الهدف هو إنشاء نظام تهوية ذاتي التنظيم يحقق الراحة الحرارية داخل المبنى.
الحل البيولوجي	هذا المبنى المعماري الذي يدعى أكبر مكاتب البلد ومركز تسوق كبير، يمكنه تنظيم درجة حرارته الداخلية مشابهة بتل النمل الأبيض. وذلك عن طريق محاكاة استراتيجيات سلوك النمل للتل وذلك بعمل فتحات للتدفئة والتبريد تغلق وتفتح باستمرار في جميع أنحاء التلة على مدار اليوم مع نظام تيارات الحمل الحراري المعدل بعناية. [1]

طريقة المحاكاة في المبنى

يعتبر مركز إيستجيت من أفضل المباني المعمارية تحقيقاً لمبادئ محاكاة الطبيعة. للوصول إلى عمارة خضراء مستدامة. المبنى متوسط الارتفاع لا يحتوي على أنظمة تكييف ميكانيكية، ولكنه يسجل أقل استهلاك للطاقة بتحقيق راحة حرارية للمبنى. وذلك باستخدام طرق مستوحاة من طرق التبريد الذاتي لتلال النمل الأبيض. حيث تتميز مواد البناء المستخدمة من الخرسانة في المبنى بسعة حرارية عالية، تمكنه من تخزين أو إطلاق الحرارة خلال اليوم. هناك أجهزة تظليل على الواجهات، والتي تسمح بالحد الأدنى من الكسب الحراري شكل(26). [1]

شكل(26) نظام التظليل على المبنى

وجه التشابه بين مركز Eastgate وتلال النمل الأبيض يتضح بتطبيق طريقة النموذج (2) الموضح سابقاً The induced flow في عمل صف من المداخن الشاهقة التي تفتح في الفراغات الهوائية الضخمة التي تتخلل من خلال المبنى، وفي الوقت نفسه الحرارة الناتجة من شاغلي المبنى والمعدات، جنبا إلى جنب مع الحرارة المختزنة في الكتلة الحرارية للمبنى وذلك عن طريق تدفق الهواء داخل المساحات المفتوحة الداخلية الكبيرة للمبنى، ويساعد على thermosiphon flow من المكاتب والمحالات التجارية في اتجاه تصاعدي نحو مداخن السطح. في مناخ هراري الإدماج يوفر ثبات هائل في درجة الحرارة الداخلية. يتحقق دون اللجوء إلى مكيف هواء مكلف والذي يستهلك كميات كبيرة من الطاقة. هذا هو أكبر تحقيق للمبنى من حيث الكفاءة. شكل(27). كما تتيح الفتحات المختلفة في جميع أنحاء المبنى تدفق الهواء الداخلي السلبي المدفوع بالرياح الخارجية. تعمل ميزات التصميم هذه معًا لتقليل التغيرات في درجة الحرارة داخل المبنى مع تذبذب درجات الحرارة الخارجية. وفر المبنى الذي تكلف 35 مليون دولار 10٪ من التكاليف مقدمًا بعدم شراء نظام تكييف الهواء. الإيجارات أقل تكلفة في هذا المبنى مقارنة بالمباني المجاورة بسبب الوفورات في تكاليف الطاقة. [7]



شكل(27) حركة الهواء داخل المبنى

مستوى المحاكاة	يحاكي مبنى إيستجيت سلوك النمل الأبيض داخل التلال التي يسكنها فيندرج المبنى تحت مستوى السلوك

8- النتائج

نقل المفاهيم الطبيعية إلى الهندسة يمكن أن يتم عن طريق "المنهج المباشر" التي تقوم أساسا على الدراسات السابقة لإيجاد النماذج الطبيعية الممكنة (على سبيل المثال البيولوجية) أو المفاهيم، والتي يتم استخدامها بعد ذلك لوضع حل تقني محدد، أو "المنهج غير المباشر" يبدأ بمشكلة فنية محددة، ويتم إجراء دراسات بحثية لإيجاد حلول ممكنة في الطبيعة لمشكلة مماثلة. يمكن تطبيق ثلاثة مستويات من المحاكاة الحيوية، والتي يمكن تعريفها بأنها "كائن حي" و"سلوك" و "نظام بيئي"، على مشكلة التصميم، وداخل كل من هذه المستويات قد يكون التصميم محاكي للطبيعة من حيث الشكل والمواد والبناء وعملية والوظيفة. ويتضح ذلك من خلال دراسة الأمثلة التحليلة جدول (1).

المشروع	منهج المحاكاة	النموذج من الطبيعة	الهدف	مستوى المحاكاة	نتيجة المحاكاة
1- مبنى S.C.A.L.E.S. 	المنهج المباشر	السحلية	-تنظيم درجة الحرارة داخل الفراغ	مستوى الكائن الحي ومستوى السلوك	نظمت درجات الحرارة في الفراغ حيث أن في الشتاء زادت درجة الحرارة داخل الفراغ 17 درجة لتصل إلى 21 درجة مئوية وفي الصيف قلت درجة الحرارة 25 درجة لتصل إلى 23 درجة مئوية
2- وزارة الشؤون البلدية والزراعة 	المنهج المباشر	نبات الصبار	-تحقيق الظل -تحقيق الراحة الحرارية في المبنى	مستوى الكائن الحي	- انخفاض حجم أقل كمية من التبريد الاصطناعي اللازمة للمبنى. تنظيم كمية أشعة الشمس والحرارة التي يتم توزيعها في الفراغات الداخلية.
3- مبنى مركز إيستجيت 	المنهج المباشر	تل النمل الأبيض	-التهوية الطبيعية -تنظيم درجة الحرارة داخل الفراغ -التقليل من استخدام النظم الميكانيكية	مستوى السلوك	-استهلاك الطاقة أقل 10% من المباني المجاورة نفس الحجم - وفر المبنى 3.5 مليون دولار في التكاليف الأولية

9- التوصيات

يوصي البحث بالآتي:

- الاستمرار في الدراسة والاستشكشاف لمجال المحاكاة البيولوجية والتعلم من استراتيجيات البيئة الطبيعية حيث أن هناك مجموعة كبيرة متنوعة من النباتات والحيوانات الصحراوية المحلية في المناخات الحارة التي تقدم مصادر للإلهام لحل مشاكل تصميمية عديدة.
- يجب أن يتعامل المهندسين والمعماريين مع المباني على أنها جزءاً من نظام حي واستخدام البيئة لوضع أهداف لحلول تصميمية من خلال التجربة والخطأ. وأن تكون المباني مساهمة مع البيئة ومستجيبة للنظم الإيكولوجية والنظم الاجتماعية، بدلاً من أن تكون مباني جامدة لا تستجيب للبيئة وتعمل ضد النظام البيئي.
- وضع منهج تعليمي في المجال المعماري والتصميم يربط بين علم الأحياء والتصميم، للتوعية بإمكانيات محاكاة الطبيعة ونقل المعرفة بين المصممين وعلماء الأحياء. والتي من الممكن أن تؤدي إلى تخصصات جديدة للعلوم البيولوجية والهندسة.
- يجب أن يكون المهندس المعماري قادراً على دمج مفاهيم من الطبيعة في التصميم بدلاً من مجرد نسخ الكائنات الحية وتقليدها. ويكون الهدف التحسن من النظام البيئي والاقتصاد وعلم الجمال والراحة النفسية وكل مايتطلبه العصر من استخدام هياكل أخف ومواد بيئية نظيفة غير مكلفة والحفاظ على الطاقة. كأنه يخلق لغة معمارية جديدة اعتماداً على مفاهيم البيئة الطبيعية.

10-المراجع الأجنبية

(1) Ahmed.N, (2016), Biomimetic Principles role towards adaptive Building Envelope in Egypet, Master Thesis, Faculty of Fine Arts, Helwan University.

(2) Albertson, T. L. (2010). The Integration of biomimicry into a built environment design process model: An alternative approach towards hydro-infrastructure.

(3) Elmeligy, D. A. (2016). Biomimicry for ecologically sustainable design in architecture: a proposed methodological study. Eco-Architecture VI: Harmonisation between Architecture and Nature.

(4) Hosny. I, (2015), "Biomimicry"Innovative Approach in Interior Design for Increased Sustainability, American International Journal of Research in Formal, Applied & Natural Sciences, 10(1).

(5) Hussein.A., (2015), Biomimicry-Architecture Learnt from The Nature, available online at https://issuu.com/ateebhussein/docs/biomimicry-_ateeb_hussein_-_090106 last accessed (5/12/2017).

(6) Jakab.P., (2013), Leonardo da Vinci and Flight, available online at https://airandspace.si.edu/stories/editorial/leonardo-da-vinci-and-flight last accessed (17/3/2018 at 5pm).

(7) Karabetça, A. R. (2015, March). Nature Inspired Architectural Designs: Using Biomimicry as a Design Strategy. In All in One Conferences.

(8) Mansour, H., (2010), A 21st Century Design Strategy Integrating with Nature in A Sustainable Way, Master Thesis, BUE – FISC-12.

(9) Mazzoleni, I. (2013). Architecture Follows Nature-Biomimetic Principles for Innovative Design (Vol. 2). Crc Press.

(10) NESSIM, M. A. (2016). Biomimetic Architecture as a New Approach for Energy Efficient Buildings. CU Theses.

(11) Normantovich. S,. (2016), Biomimicry in Architecture - Mitigation and Adaptation to Climate Change, May 24, , Master of Architecture thesis University: Politecnico di Milano Co-author, https://issuu.com/ioanaleordean/docs/thesis_book_online-compressed, Nov 3, 2017

(12) Pedersen Zari, M. (2012). Ecosystem services analysis for the design of regenerative built environments. Victoria University of Wellington

(13) Ramzy, N. (2015). Sustainable spaces with psychological values: Historical architecture as reference book for biomimetic models with biophilic qualities. International Journal of Architectural Research: ArchNet-IJAR, 9(2), 248-267

(14) Vierra, S. (2011). Biomimicry: designing to model nature. Whole Building Design Guide. available online at https://www.wbdg.org/resources/biomimicry-designing-model-nature last accessed (17/3/2018 at 9 am)

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

(16) Zari, M. P., (2007), Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability. Auckland, New Zealand.

(17) ZARI, M. P. (2008). Bio-inspired architectural design to adapt to climate change. In Proceedings of the 2008 World Sustainable Building Conference, in by Foliente, G. et al (Eds).

(18) Sheta, A., (2010). Biomimicry in environmental architecture: Exploring the Concept and Methods Of The Bio-Inspired Environmental Architectural Design, Faculty of Engineering, Cairo University, MS.C.

المراجع الإلكترونية

(19) BIOKON - The History of Bionics, available online at http://www.biokon.de/en/bionics/history/ last accessed (17/3/2018 at 6pm)

(20) Biomimetics: A Short History, available online at http://foreignpolicy.com/2014/12/01/biomimetics-a-short-history/ last accessed (17/3/2018 at 7pm)

(21) DesignLens: Essential Elements, available online at https://biomimicry.net/the-buzz/resources/designlens-essential-elements/ last accessed (2/12/2017)

(22) https://nocloudinthesky.files.wordpress.com/2013/02/untitled-4.jpg last accessed (2/4/2018)

(23) http://biomimicrykth.blogspot.com.eg/ last accessed (5/4/2018)