Fayoum University Faculty of Engineering, 2023, Vol: 6(1), 95-113
https://fuje.journals.ekb.eg/
ISSN Online: 2537-0634
ISSN Print: 2537-0626

منهجية للتصميم البيوميميكري لتحسين الأداء الحراري للمباني

أ.د. شريف محمد صبري العطار[1]، إ.م.د. محمد عبد الفتاح العيسوي[2]، م.م. منى جلال أحمد [3]
[1]عميد كلية الهندسة، وأستاذ تكنولوجيا علوم البناء، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة الفيوم، الفيوم 63514، مصر
[2]أستاذ مساعد قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة الفيوم، الفيوم 63514، مصر
[3]مدرس مساعد قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة الفيوم، الفيوم 63514، مصر

How to cite this paper: El Attar, S.A.S., Essawy, M.A.A., & Ahmed, M.G. (2023). Biomimicry design methodology for improving building thermal performance. *Fayoum University Journal of Engineering*, 6(1), 95-113. https://dx.doi.org/10.21608/FUJE.2022.178055.1033

Copyright © 2023 by author(s)
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

الملخص

تتفاعل الكائنات الطبيعية مع بيئتها المحيطة بطرق ناجحة ومستدامة دون الإضرار بمواردها أو تلويثها أو استنفادها. تمتلك هذه الكائنات مجموعة من الخصائص والآليات التي تمكنها من التكيف مع ظروف محيطها والتغلب على التحديات المختلفة للتعايش والبقاء. ومن هنا، ظهرت العديد من التوجهات المعمارية والعمرانية الداعية لحل مشكلات البيئة المبنية من خلال محاكاة الطبيعة وكائناتها "البيوميميكري" بهدف تحقيق الاستدامة؛ وتعزيز العلاقة بين البيئة الطبيعية والبيئة المبنية؛ واستعادة ودعم الأنظمة الطبيعية.

يبحث هذا البحث في دراسة إمكانات التصميم المحاكي للطبيعة "البيوميميكري" لمعالجة مشكلات البيئة المبنية، مع التركيز بشكل خاص على قضايا الأداء الحراري للمباني، عبر اقتراح وصياغة منهجية عملية لتطبيق البيوميميكري في مجال التصميم المعماري البيئي، تهدف لابتكار مباني لديها القدرة على التكيف مع العوامل البيئية المختلفة وتنظيمها من خلال محاكاة آليات التكيف الحراري لنماذج الطبيعة. تُترجم المنهجية في شكل مصفوفة لرصد وتوثيق جميع خطوات ومراحل عملية التصميم (محاكاة الطبيعة) وعرض النتائج الخاصة بكل خطوة.

الكلمات المفتاحية

البيوميميكريBiomimicry ، التصميم البيوميميكري Biomimicry Design، الاستدامة، الأداء الحراري، التشابه الوظيفي، منهجية للتصميم البيوميميكري، مصفوفة التصميم.

1. المقدمة

قَالَ رَبُّنَا الَّذِي أَعْطَىٰ كُلَّ شَيْءٍ خَلْقَهُ ثُمَّ هَدَىٰ "طه 50"

في الآونة الأخيرة، على الرغم من اهتمام المهندسين المعماريين بالبيوميمكري كنهج للتصميم يدرس تكيفات الكائنات والنظم الطبيعية مع التغيرات البيئية المحيطة لتحقيق الاستدامة، إلا أن هناك مجموعة من التحديات التي حالت دون ذلك ويظهر ذلك من خلال وجود العديد من التصاميم التي اعتمدت على المحاكاة السطحية للأشكال دون الاهتمام بمحاكاة الوظائف المتعلقة بها، وبالتالي فهي بالكاد تمثل تصميماً ناجحاً للمحاكاة الحيوية.

ترتكز إشكالية البحث على أحد أهم التحديات التي تواجه تطبيق البيوميميكري في مجال العمارة، وهو عدم وجود منهجية متخصصة فعلى الرغم من وجود العديد من منهجيات التصميم البيوميميكري، إلا أنها منهجيات عامة مختزلة لم توفر آلية تساعد المعماري في الربط بين المجالين المعماري والبيولوجي، وتحديد نقاط

الاتصال بينهما، والبحث عن النماذج البيولوجية ذات الصلة بالتحديات المعمارية، واستخراج وتلخيص آليات تكيفها ومبادئ عملها، خاصة مع تشعب المراجع البيولوجية وضعف المعرفة البيولوجية لدى المصممين. لذلك، **يسعى البحث** لاقتراح وصياغة منهجية للتصميم البيوميميكري متخصصة في مجال العمارة. تهدف المنهجية إلى تمكين المعماريين من البحث عن التكيفات البيئية (مع التركيز على التكيفات الحرارية) للنماذج الطبيعية من خلال الاعتماد على التشابه الوظيفي بين الأنظمة الطبيعية والمعمارية كنقطة اتصال بين المجالين. تُترجم المنهجية في شكل مصفوفة لرصد وتوثيق جميع خطوات ومراحل عملية التصميم (محاكاة الطبيعة) وعرض النتائج الخاصة بكل خطوة.

تحقيقاً لهذه الغاية، تم اعتماد المناهج النظرية والتحليلية والاستنباطية من خلال أربعة أجزاء رئيسية. الجزء الأول يتبع المنهج النظري لاستقراء مفاهيم ومستويات التصميم البيوميميكري، يليه الجزء الثاني متبعاً للمنهج التحليلي للتحليل المقارن لبعض منهجيات التصميم البيوميميكري وتحديد الإطار العام لها، ثم الجزء الثالث متبعاً للمنهج التحليلي لتحليل بعض أمثلة لمشاريع متبنية لفكر البيوميميكري بناء على الإطار السابق تحديده. وأخيراً، الجزء الرابع متبعاً المنهج الاستنباطي لاقتراح وصياغة المنهجية لتحقيق هدف البحث، واستخلاص النتائج.

2. البيوميميكري Biomimicry:

1.2. تعريف البيوميميكري Biomimicry:

البيوميميكري "Biomimicry" مصطلح مشتق من أصل إغريقي Biomimesis حيث (الحياة/ الطبيعة life=Bios)+ (تقليد Mimesis= imitate)، وبالتالي فهو يعني تقليد أو محاكاة الطبيعة. ظهر المصطلح لأول مرة في الأدبيات العلمية عام 1962 وبدأ ينتشر، خاصة عند علماء المواد، عام 1980. حدثت طفرة في استخدام المصطلح عندما أشارت له جانين بينز Janine Benyus وبدأت في استخدامه (Pawlyn, 2011)، وذكرت بعض المراجع أن "Benyus" هي أول من صاغ مصطلح البيوميميكري عندما وضعت كتابها : Biomimicry Innovation Inspired by Nature عام 1997 (Gruber, 2011).

تم تعريف المصطلح من قبل العديد من المتخصصين في المجال، والجدول التالي يوضح تلك التعريفات "جدول 1".

جدول 1. تعريفات مصطلح البيوميميكري. (المصدر: الباحثون).

م	التعريـــــف
أ.	Janine Benyus: استخدام عبقرية الطبيعة لتطوير طرق للابتكار وهو نهج متكامل يشمل التصميم البيئي والابتكار التكنولوجي، أو التعلم من الطبيعة ثم محاكاة أشكالها وعملياتها وأنظمتها لخلق تصاميم أكثر استدامة (Janine, 1997).
ب.	Julian Vincent: تجريد لتصاميم الطبيعة الجيدة (Pawlyn, 2011)
ج.	Michael Pawlyn: محاكاة الأساس الوظيفي للأشكال والعمليات والنظم البيولوجية لإيجاد حلول مستدامة (Pawlyn, 2011).
د.	Biomimicry Europa: عملية ابتكار تُشجع نقل الأفكار والمفاهيم والإستراتيجيات المستوحاة من العالم الطبيعي بهدف تصميم التطبيقات البشرية التي تهدف إلى تحقيق التنمية المستدامة (Biomimicry Europa, 2022).
هـ.	لجنة المحاكاة الحيوية ISO / TC 266 : هي فلسفة ونهج للتصميم متعدد التخصصات يتخذ الطبيعة كنموذج لمواجهة تحديات التنمية المستدامة (الاجتماعية والبيئية والاقتصادية) (ISO/TC266, 2015).

من التعريفات السابقة يمكن تعريف البيوميميكري على أنه نهج شامل للابتكار يستخدم الطبيعة كمعلم، من خلال محاكاة العمليات والأشكال والأنظمة البيولوجية للوصول إلى حلول مستدامة متوافقة مع البيئة. (المصدر الباحثون).

2.2. فئات التصميم البيوميميكري (مستويات محاكاة البيوميميكري Levels of Biomimicry Adaptation):

عندما يقلد المصمم نموذجاً طبيعياً، سواء كان حيواناً أو نباتاً أو نظاماً بيئياً، فإنه يقلد بعض جوانب هذا النموذج، مثل شكله أو سلوكه أو وظيفته الفسيولوجية وما إلى ذلك. يتم تصنيف جانب المحاكاة هذا تم تحت مسمى "فئات أو مستويات محاكاة البيوميميكري". من خلال مراجعة الأدبيات السابقة، تم رصد عدة تصنيفات مختلفة موضحه في الجدول التالي "جدول2" من خلال مراجعة التصنيفات السابقة تقترح الورقة تصنيف مستويات البيوميميكري إلى خمسة مستويات "الشكل 1"، وهي:

جدول 2. تجميع أدبيات تقسيم مستويات التصميم البيوميميكري. (المصدر: الباحثون).

م	المرجع	المستويات، تعريف المستوى.		
أ.	(Pawlyn, 2011), (Janine, 1997), (Biomimicry Institute, 2018)	1. الشكل **form**: مورفولوجية وتشكيل وتركيب جسم وهيكل النموذج البيولوجي.		
		2. العملية **process**: الوظائف والعمليات الفسيولوجية داخل النموذج البيولوجي.		
		3. النظام البيئي **Ecosystem**: النظام البيئي بأكمله وعلاقة عناصره ببعضها. مجموعة العمليات المعقدة والمتبادلة بين النموذج البيولوجي وبيئته.		
ب	(Gruber, 2008)	1. الهيكل **Structure**: إنشاءات ومواد جسم الكائن الحي.		
		2.إجراءات**Procedure**: عمليات فسيولوجية		
		3.المعلومات **Information**: تقليد مبادئ تطور الكائن، طرق نقل المعلومات		
ج	(Zari, 2012)	1.الكائن الحي**Organism** : كائن ما (كله أو جزء منه).	الشكل – المواد – البناء العملية– الوظيفة	
		2. السلوك**Behavior** : الأفعال الإرادية والحركة.		
		3. النظام البيئي**Ecosystem** : النظام البيئي بأكمله وعلاقة عناصره ببعضها.		
د	(Mazzoleni, 2013)	1. الكائن الحي **Organism**: كائن ما (كله أو جزء منه).		
		2. السلوك **Behavior**: الأفعال الإرادية والحركة.		
		3. النظام البيئي **Ecosystem**: النظام البيئي بأكمله وعلاقة عناصره ببعضها.		

➢ **المستوى الأول: المستوى المورفولوجي "Morphological Level"**: يتم هنا محاكاة التكيفات المورفولوجية للكائنات الحية من خلال محاكاة الميزة التكوينية – للكائن كله أو جزء منه – والتي تعزز تكيف الكائن الحي مع بيئته الخاصة وتمكنه من تحسين وظائفه للبقاء. ويمكن أن يشمل هذا المستوى على "الشكل Shape، التكوين Form، الهيكل Structure، الحجم Size ، اللون Color ، النمط Pattern ، المادة Material، الملمس Texture".

➢ **المستوى الثاني: مستوى السلوك "Behavioral level"**: يتم هنا محاكاة الإجراءات التكيفية التي تتخذها الكائنات بإرادتها للتأقلم والبقاء، حيث يشير السلوك للتفاعل الطوعي بين الكائن الحي وبيئته وغالبا ما تكون على شكل حركة.

➢ **المستوى الثالث: مستوى العملية/ الوظيفة " Process/ Functional level"**: يتم هنا محاكاة الاستجابة العضوية الداخلية للكائنات الحية للمحفزات الخارجية من أجل الحفاظ على توازنها، حيث تشير العملية للوظائف الداخلية الطبيعية والتلقائية التي تحدث داخل الكائن الحي وكيفية تنظيمها وارتباطها ودمجها لكي تعيش تلك الكائنات بسلاسة، ويمكن تقسيم هذا المستوى لتكيفات فسيولوجية Physiological وكيميائية Chemical

➢ **المستوى الرابع: مستوى بيت الكائن الحي Organism Nest Level**: ويتم هنا محاكاة بيت الكائن الحي (عش، جحر، كهف، ...إلخ) من حيث كيفية البناء أو الخصائص التشكيلية المميزة (الشكل Shape، التكوين Form، الهيكل Structure، الحجم Size ، اللون Color ، النمط Pattern ، المادة Material ، الملمس Texture).

➢ **المستوى الخامس: مستوى النظام البيئي " Ecosystem/ Ecological Level"**: يتم هنا محاكاة النظام البيئي ككل وعلاقة عناصره ببعضها البعض وكيفية مشاركة كل عنصر من هذه العناصر لإنجاح النظام.

الشكل 1. مستويات البيوميميكري المقترحة.(المصدر: الباحثون).

3. منهجيات التصميم البيوميميكري Biomimicry design methodologies:

هناك عدة مصطلحات تصف عملية نقل وترجمة مبادئ المعرفة البيولوجية إلى المجالات المختلفة مثل (أطر عمل Frameworks، منهجيات Methodologies، استراتيجيات Strategies، طرق Methods) البيوميميكري للتصميم، تشير كل هذه المصطلحات إلى توافر مجموعة من الخطوات المتسلسلة أو إطار نظري منظم لنقل المبادئ والأفكار البيولوجية للمساعدة في عمليات التخطيط والتصميم (Cambridge University, 2022).

1.3. نهج البيوميميكري Biomimicry Approaches:

يمكن تصنيف منهجيات التصميم البيوميميكري وفقاً لمراحل تطبيقها إلى نهجين رئيسين تم رصدهم تحت عدة مصطلحات موضحة في الجدول التالي "جدول**3**" (Helms et al,. 2009).

جدول 3. مصطلحات نهج البيوميميكري. (المصدر: الباحثون).

م	المصطلـــح العلمـــي المعبر عن النهج		المرجـــع
	النهـــج الأول	النهـــج الثاني	
ا	من البيولوجي للتصميم biology : design	التحدي/التصميم:البيولوجي Challenge: biology	(Vattam & Goel, 2011)
ب	من اسفل لاعلى bottom up	من اعلى لاسفل top down	(Zari, 2012)
ج	محاكاة حيوية عن طريق الحث biomimetics by induction	المحاكاة الحيوية عن طريق التناظر biomimetics by analogy	(Drack, 2013)
د	دفع علوم البيولوجي biology push	سحب التكنولوجيا technology pull	(Speck & Rowe, 2016)
هـ	الحل يقود solution–driven	المشكلة تقود problem–driven	(Helms et al., 2009)
و	قائم على الحل solution–based	قائم على المشكلة problem–based	(Baumeister, 2012)
ز	تأثير البيولوجي على التصميم Biology influencing Design	التصميم يتطلع للبيولوجي Design looking to Biology	(ISO/TC266, 2015)

المصطلح المستخدم في الدراسة

القائم على الحل / من البيولوجي للتصميم | **القائم على المشكلة / من التصميم للبيولوجي**

يبدأ النهج القائم على المشكلات (التصميم :البيولوجي) بمشكلة تصميمية محددة يسعى المصمم لحلها من خلال البحث في الطبيعة ونماذجها بهدف دراسة كيفية تغلبهم على نفس المشكلة (العثور على الحلول من الطبيعة وكائناتها ذات المشكلات المماثلة). بينما يعتمد النهج القائم على الحل (البيولوجي :التصميم) على وجود معرفة بيولوجية حول (ظاهرة، سلوك، صفة، وظيفة) لكائن حي أو نظام بيئي تجذب المصمم وتدفعه للبحث عن التطبيقات المحتملة لها في التصميم، وهنا يجب فهم المعلومات جيداً من أجل تحويلها لمبادئ توجيهية لتطوير التصاميم والمنتجات (تطويع الخصائص البيولوجية للتطبيق).

2.3. تحليل منهجيات التصميم البيوميميكري:

يمكن طورت العديد من المجموعات منهجيات للتصميم البيوميميكري، يصنف "جدول 4" هذه المنهجيات وفقاً لما يلي:

- تقسيم المنهجيات إلى مجموعات وفقاً للمنظمة المطورة.
- تحديد مجال نشأة وتطبيق الاستراتيجية.
- تصنيفها وفقاً للنهج (قائم على الحل "النهج الأول" / قائم على المشكلة "النهج الثاني"

جدول4: أهم منهجيات التصميم البيوميميكري (المصدر: الباحثون).

م	اسم الاستراتيجية	المرجـــــع	ممثلـــــو وأعضـــــاء المجموعـــة	مجال التطبيق	الأول	الثاني
أ	جمعيـــة البيونيك	(Changquing et al., 2005)	Fei.M, Changqing.G, & Kezheng.H قسم الميكانيكا جامعة ساندونج.	الميكانيكا.	✓	
ب	Bio–triz	(Vincent et al., 2006)	متخصصين في مجال البيوميميكري والهندسة الصناعية (Bogatyrev.N,Vincent.J, Altshuller.G.. وآخرون).	الصناعة.		✓
ج	التصمـيم اللولبـي	(Biomimicry Institute, 2007)	عدد من المنظمات ورواد البيوميميكري (Benyus, Biomimicry Guild, ASKNature, Hastrich).	عامة.	✓	✓
د	التحليـل الطبوغرافي	(Zari, 2012)	(Maibritt Pedersen Zari)	العمارة.	✓	✓
هـ	التصميم من وحـــي البيولوجي	(Helms et al., 2009)	متخصصين بعدة مجالات (أحيائيين، بيولوجيين، مهندسين ميكانيكا وصناعية وتخصصات أخري) بقيادة Helms.M	الميكانيكا.	✓	✓
و	[PBG]	(Masselter et al., 2010)	قسم الميكانيكا الحيوية النباتية University of Freiburg ألمانيا بقيادة Speck.T.	الميكانيكا الحيوية.		✓
ز	BIOGIEN	(Badarnah, 2012).	(Dr. Lidia Badarnah Kadri)	العمارة.		✓
ح	BIOSKIN	(Gruber et al., 2013)	فريق خبراء عالمي متعدد التخصص (معماري، متخصصين بيوميميكري، تكنولوجيا الواجهات، علماء المواد، كيميائيين، بيولوجيين) مثل المعهد النمساوي للتكنولوجيا، جامعه ريديج، gurber، وآخرين.	عامة ومتخصصة في العمارة.		✓

م	اسم الاستراتيجية	المرجـــــــع	ممثلـــــو وأعضـــــاء المجموعـــــة	مجال التطبيق	الأول	الثاني
ط	VDI	(Drack, 2017)	جمعية المهندسين الألمانDeutscher Ingenieure [VDI] Verein تضم 139000 مهندس وعالم طبيعة.	عامة.	✓	✓

اهتمت الدراسة بإجراء تحليل مقارن بين هذه المنهجيات للتوصل لإطار عام في شكل خطوات توجيهية حول الوسائل التي يتم من خلالها تنفيذ عملية التصميم البيوميميكري، "جدول5"، من خلال هذا التحليل تم التوصل للنتائج التالية:

أ. على الرغم من وجود العديد من المنهجيات التصميمية للبيوميميكري إلا أن معظمها منهجيات عامة أو تم تطويرها في مجالات غير الهندسة المعمارية.

ب. معظم هذه المنهجيات افتقدت لوجود آليات (إجراء محدد) لتحديد كيفية انتقال المعرفة بين المجالات المختلفة والربط بين التكيفات البيولوجية وقضايا التصميم.

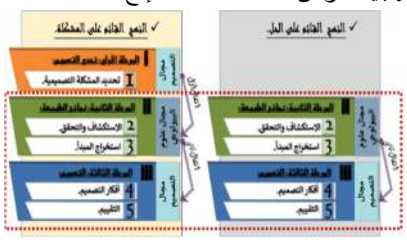
ج. على الرغم من الاختلاف في المراحل الأولية لكلاً من نهجي البيوميميكري (القائم على المشكلة، القائم على الحل) إلا أن المنهجيات تظهر تشابهاً في المراحل المتقدمة.

د. يمكن تقسيم الإطار العام لمراحل منهجيات البيوميميكري إلى ثلاث مراحل أساسية مقسمة إلى خمس خطوات تشترك فيها معظم المنهجيات ولكن تختلف في كيفية الانتقال بينهم، موضحة في "شكل 2". (لا تطبق المرحلة الأولى على منهجيات النهج القائم على الحل).

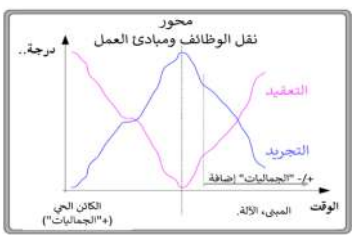
هـ. يمكن تمييز انتقالين رئيسيين: الانتقال من التصميم إلى مجال علوم البيولوجي (التحدي)، العودة مرة أخرى من المجال البيولوجي إلى مجال التصميم (الوظيفة). إلا أن منهجيات النهج القائم على الحل لا تشمل الانتقال الأول. "شكل3".

و. في كلا النهجين يتم فحص النظام البيولوجي بمزيد من التفصيل مما يزيد من درجة التعقيد ومع استمرار التحليل يزداد الاهتمام بتفاصيل معينة وإهمال أخرى مما يقلل من درجة التعقيد ويزيد من درجة التجريد وعند الوصول لأقصى درجة من التجريد نصل لأقل درجة من التعقيد وهنا تبدأ مرحلة التطبيق الهندسي، وخلال مرحلة التطبيق يزداد النموذج الهندسي في التعقيد حيث يدمج المعرفة البيولوجية (قوانين الطبيعة، مبادئ المحاكاة) والشروط التصميمية والاعتبارات الجمالية و ...إلخ، "شكل4".

الشكل 2. المراحل والخطوات الأساسية لمنهجيات التصميم البيوميميكري محل الدراسة (المصدر: الباحثون).



الشكل 3. الفرق بين الإطار العام لمنهجيات القائمة على الحل والمنهجيات القائمة على المشكلة (المصدر: الباحثون).



الشكل 4. تطور عملية المحاكاة بمرور الوقت، ينتقل التصميم من البيولوجي الأكثر تعقيد وأقل تجريد إلى التطبيق.

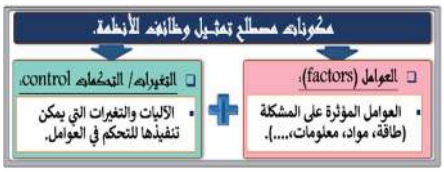
جدول5: تجميع لأهم منهجيات البيوميميكري والمقارنة بينها (المصدر: الباحثون).

النهج	مجال التصميم	مجال علوم البيولوجي	مجال التصميم
	انتقال أول	انتقال ثاني	
	المرحلة الأولى	المرحلة الثانية	المرحلة الثالثة
	تعريف المشكلة	الاستكشاف والتحقق	استخراج المبدأ	أفكار التصميم	التقييم
بصيرة	الأولى	مراقبة الكائنات الحية.	استخراج المبادئ.	الوصول للحل التكنولوجي.	
Rich-Fit	التشخيص الثاني	– تحديد المشكلة. – تحليل وفهم المشكلة.	– البحث عن التشابه البيولوجي من خلال استخدام مصفوفة TRIZ، BIOTRIZ. – مقارنة الحلول المستخرجة من المصفوفتين	–عمل قائمة المبادئ الموصى بها من الجانب الهندسي والبيولوجي.	– تطوير الفكرة وإيجاد الحل للمشكلة التصميمية.	
التصميم الأولي	الأولى		– مراجعة الطبيعة واكتشاف نماذجها ذات الخصائص والوظائف المميزة.	استخراج وتلخيص مبادئ واستراتيجيات عملها.	– إيجاد أفكار لتطبيقات المحتملة. – محاكاة الإستراتيجيات.	– تقييم التصميم ومدى توافقه مع مبادئ الطبيعة.
	الثاني	– تحديد وتعريف الوظيفة– تحديد السياق	– اكتشاف نماذج الطبيعة.– اختبار النموذج.	– استخرج الإستراتيجيات والمبادئ.	– محاكاة وطرح الأفكار الملهمة.	– القياس باستخدام مبادئ الطبيعة.
التشخيص	بطيء			استخراج المبادئ وتحديد مستوى المحاكاة وأبعاد التطبيق.		
التصميم من أجل	الأولى		– تحديد الحل البيولوجي. – تعريف الحل البيولوجي.	– استخرج مبادئ عملها.	– إعادة صياغة المبدأ. – البحث عن التطبيقات المحتملة. – تطبيق المبدأ.	
	الثاني	– تحديد المشكلة المراد حلها. – صياغة المشكلة من الناحية البيولوجية.	– البحث عن حلول الطبيعة ونماذجها. – تحديد أفضل الحلول.	– استخرج مبادئ عملها.	– تطبيق المبادئ المستخرجة.	
TRIZ	الثاني	صياغة المشكلة التقنية.	السعي وراء النظائر البيولوجية.	استخلاص مبادئ النماذج.	التطبيق التكنولوجي	عمل نماذج أولية واختبارها.
BIOMIMICRY	الثاني	– تحديد المتحدي والوظائف والعمليات.	– استكشاف التحديات البيولوجية المشابهة. والوصول للفهم ذات الصلات.	– اختيار وتحليل القيم.استخراج مبادئ عمل– تحديد السمات المساندة.	– الجمع بين الإستراتيجيات المختارة في تصميم أولي.	– التحقق من خلال عمل نماذج مصغرة واختبارها.
	الثاني	تطوير الأسئلة.	– تحديد مصفوفة البحث البيولوجي. – البحث عن النظائر والتشابه في الطبيعة.	فهم وتلخيص قواعد النماذج المحددة.	نقل المبادئ وتطوير مفاهيم الأفكار.	التحقق من المفاهيم ومقارنتهم بالحلول التكنيدية.
VDI	بطيء			تجريد المعرفة وآليات النماذج البيولوجية.	– نقل المعرفة من البيولوجي لتهندسة. – التطبيق التقني (المنتج).	

3.3. المتطلبات الوظيفية (التشابه الوظيفي) كنقطة اتصال بين المجالات البيولوجية والمعمارية:

يتضح من تحليل المنهجيات السابقة أن هناك حاجة إلى عنصر مشترك بين المجالات البيولوجية والمعمارية (التصميمية) يعمل كنقطة اتصال لنقل المعرفة بين المجالين. يحدد البحث وظائف الأنظمة (المتطلبات الوظيفية) لأداء هذا الدور، حيث يتم تحديد المشكلة التصميمية، ثم تحديد متطلبات التصميم الوظيفية اللازمة لحل هذه المشكلة، ومن ثم يتم البحث عن النظائر التي تؤدي وظائف مماثلة. وقد أكد كلاً من [Helms 2009, vattam 2011] على فاعلية الاعتماد على الوظائف لنقل المعرفة في مجال التصميم البيوميميكري. (Helms et al., 2009).

اقترح [Stone & Wood 2000] طريقة لتمثيل وظائف الأنظمة، من خلال



الشكل5. تمثيل وظائف الأنظمة المعمارية والبيولوجية (الباحثون).

4. الدراسة التحليلية:

تهدف الدراسة إلى تحليل بعض نماذج دراسة الحالة لمشاريع متبنيه للفكر البيوميميكري، بناءً على الإطار العام لمنهجيات البيوميميكري المشتق في الجزء السابق (تحدي التصميم، نماذج الطبيعة، التصميم)، وذلك لاستنباط منهجية للتصميم البيوميميكري المعماري لتحسين الأداء الحراري للمباني، ومن ثم تحويلها إلى مصفوفة لرصد وتوثيق جميع الخطوات والمراحل المتبعة خلال عملية التصميم.

1.4. معايير اختيار عينة الدراسة:

تم اختيار المشاريع التي تحقق أهداف البحث، وبما يتوافق مع المعايير التالية:

- تنوع المشاريع بين عالمية ومحلية، واختيار مشاريع رائدة في المجال.

تجريدها في شكل مصطلحات وظيفية. يتم التعبير عن هذه المصطلحات بواسطة كلمات دلالية Keywords تتكون من شقين "شكل5":

- الشق الأول [عوامل factor]: وهي تمثل العوامل المؤثرة على المشكلة (طاقة، مواد، معلومات، ...إلخ).
- الشق الثاني [تحكمات control]: تمثل الآليات والتغيرات التي يمكن تنفيذها للتحكم في تلك العوامل (Stone & Wood, 2000) .

نظرا لسعي البحث إلى تحسين الأداء الحراري للمباني من خلال المنهجية التي سيتم تقديمها، فإن استخدام العوامل البيئية (حرارة، ضوء، هواء، مياه) لتمثيل الشق الأول للمصطلحات الوظيفية سيشكل اطاراً منظماً لتسهيل الربط بين العلوم البيولوجية والمعمارية، وبالتالي تمثل آليات التحكم في هذه العوامل الشق الثاني من المصطلح. يوضح "شكل 6" بعض هذه الآليات

العامل	آلية التحكم (التحكمات).
حرارة	كسب، فقد، حفظ، عزل، تحويل، اتزان.
ضوء	امتصاص، تشتيت، عكس، انكسار، فلترة، حماية، تحويل
هواء	تحريك، تبادل، فلترة، تحويل.
مياه	امتصاص، تجميع، تبخير، تكثيف، ترشيح.

الشكل 6. العوامل الطبيعية المؤثرة على وظائف الأداء الحراري للمباني بعض آليات التحكم بها (المصدر: الباحثون).

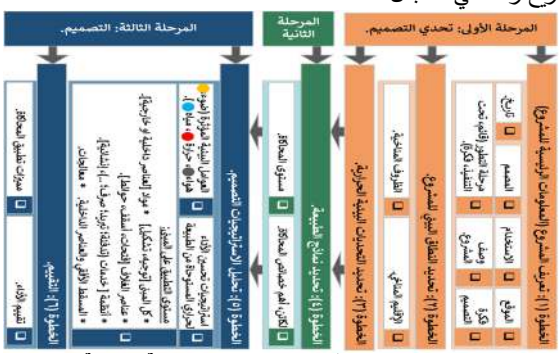
- حداثة المشروعات المعمارية المختارة.
- اختيار المشروعات لتكون مباني محاكية للطبيعة تهدف تحسين الأداء الحراري.

من هنا اشتملت الدراسة على المشاريع التالية:

أ. مجلس مدينة ملبورن Melbourne City Council (مشروع عالمي).
ب. مسرح المنتزه سنغافورة Esplanade Theater (مشروع عالمي).
ت. بوابة هليوبوليس THE GATE HELIOPOLIS (مشروع محلي).

2.4. المنهج المتبع بالدراسة التحليلية:

سيتم تحليل المشاريع محل الدراسة بالتوافق مع الإطار العام لمنهجيات البيوميميكري المشتق في الجزء السابق، وذلك من خلال الخطوات الموضحة في "الشكل 7".



الشكل 8. مراحل وخطوات المنهج المتبع بالدراسة التحليلية.

3.4. تحليل المشاريع:

4-3-1 مجلس مدينة ملبورن Melbourne City Council (City of Melbourne,2022):

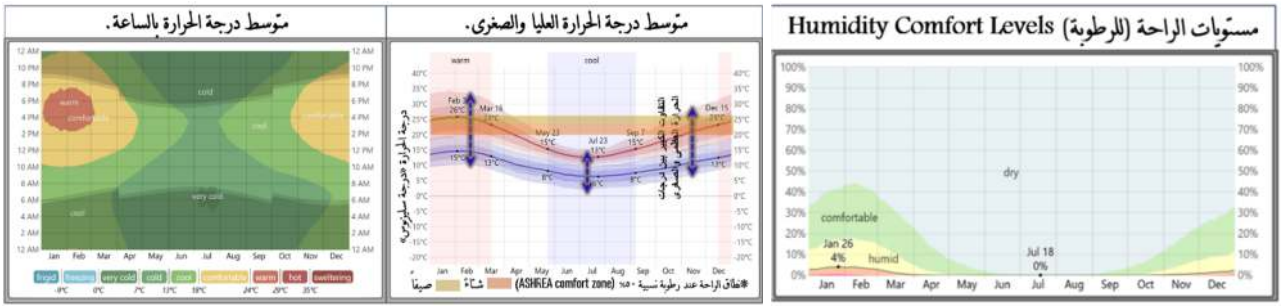
المرحلة الأولي: تحدي التصميم:			
• **الخطوة (1): التعريف بالمشروع:**			
الموقع:	ملبورن، استراليا.	الاستخدام:	مبنى اداري.
المعماري	City Melbourne, Mick Pearce & Design Inc		
التاريخ:	2004: 2006	مرحلة تطور	مشروع قائم.
فكرة تصميمية	تصميم مبنى يحقق الاتزان الحراري بالاعتماد فقط على أنظمة التصميم سالبة للطاقة المستوحاة من الطبيعة (تصميم مداخل ومخارج ومسارات الهواء، الكتل الحرارية، مداخن التهوية، تبريد تبخير، ..).		
وصف المشروع:	يحتوي المبنى على مساحات مختلفة لمباني إدارية على مساحة 12.536 م2 بارتفاع عشرة أدوار.		
• **الخطوة الثانية: تحديد النطاق البيئي للمشروع "شكل 8".**			
إقليم المناخ	تقع ملبورن في الإقليم المناخي المعتدل.		
الظروف المناخية للموقع:	يتميز مناخ ملبورن: – حار صيفاً، بارد عاصف شتاءً. – التباين الكبير بين درجة الحرارة على مدار اليوم. – سنوياً، تتراوح درجة الحرارة (6: 26°) ونادراً ما تقل عن 2° شتاءً أو تزيد عن 35° صيفاً.		
• **الخطوة الثالثة: تحديد التحديات البيئية الحرارية:**			
التفاوت الكبير بين درجة حرارة الليل والنهار.			
المرحلة الثانية: الخطوة (4): نماذج الطبيعة "شكل9".			
الكائن	مستوى المحاكاة		
تل النمل الأبيض Termite Mound: يحاكي المبنى آليات النمل الأبيض في تصميم تلاله (مسكنه) للحفاظ درجة حرارة	بيت الكائن الحي.		

المرحلة الثالثة: التصميم "شكل 10".

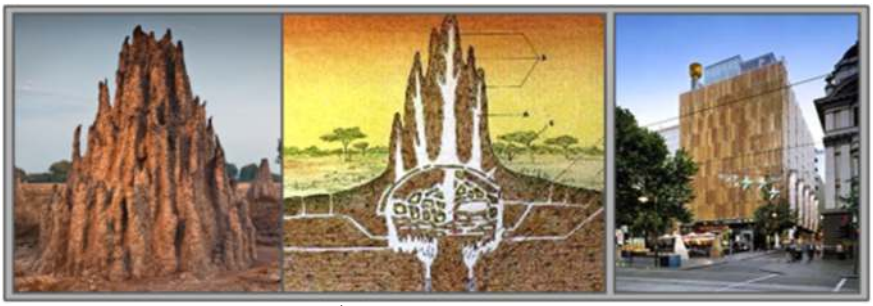
الخطوة (4): تحليل لأهم استراتيجيات تحسين الأداء الحراري للمبنى المستخرجة من النماذج الطبيعية:

استراتيجيات التصميم تحقيق الاتزان الحراري:	عوامل بيئية	مستوى التطبيق
← التبريد: التطهير الليلي night pure (تبادل الهواء مع الخارج): في الليل، عندما تكون درجة الحرارة خارج المبنى أقل من درجة الحرارة داخل المبنى، يتم فتح النوافذ تلقائياً "بواسطة أجهزة الاستشعار" للسماح بدخول الهواء البارد ويصعد الهواء الساخن ويخرج بمساعدة التوربينات عبر exhaust – air shafts، تُسمى هذه العملية باسم التطهير الليلي night pure. عندما تساوي درجة حرارة الداخلية درجة الحرارة الخارجية، يتم إغلاق النوافذ تلقائياً.		فتحات، أنظمة
← التبريد: التبخير الغير مباشر(للسقف):يتم تبريد السقف بواسطة ألية التبخير الغير مباشر، حيث يتم تخزين مياه التبريد لألواح السقف في ثلاث خزانات موجودة بالبدروم، يحتوي كل خزان على حوالي 10000 كرة صغيرة من الفولاذ المقاوم للصدأ مملوءة بمادة متغيرة الحالة phase change material (PCM) "ملح يتجمد عن درجة حرارة 16 °م". من خلال تمرير الماء على هذه الكرات، يتم تبريده إلى درجة حرارة 16 5م ، ثم يضخ لتبريد وحدات السقف، ثم يعود الماء مرة أخرى وقد ازدادت حرارته بمقدار (2: 3) °، ثم يبرد مره أخرى....وهكذا، حتى يذوب الملح. يعاد تجميد الملح عن طريق مبردات موجودة على السطح أو من خلال عملية التطهير الليلي.		أنظمة.
← التبريد: التبخير المباشر: تحتوي الواجهة الجنوبية للمبنى على أبراج تسمى (shower tower)، والتي تحتوي على خمسة أنابيب مصنوعة من نسيج متين خفيف الوزن، يبلغ طول الأنبوب 13م وعرضه 1.4م. يوجد داخل هذه الأنابيب أدشاش مياه تعمل على تبرد الهواء المخصص للمساحات المكتبة.		مسقط أفقي، عناصر داخلية.
← تجنب الحرارة: تنظيم حركة الهواء: تصميم المساحة الداخلية لزيادة ارتفاع الفراغ من خلال تصميم السقف الداخلي في شكل منحني لتوفير مساحة لتجميع الهواء الساخن، وبالتالي ابعاد الهواء الساخن المستخدمين.		توجيه المبنى، معالجات
← تجنب الحرارة: تجنب الضوء: يهدف المبنى لزيادة تغلغل الضوء الطبيعي إلى الفراغات الداخلية مع تقليل التعرض لأشعة الشمس المباشرة من خلال عدة إستراتيجيات: – النوافذ عند أعلى نقطة من السقف المنحني – معالجة نوافذ الواجهة الشمالية بواسطة (light shelf) للحماية من أشعة الشمس المباشرة وأيضاً لعكس الضوء إلى أعماق الفراغات الداخلية. – معالجة نوافذ الواجهة الغربية بواسطة مصاريع خشبية (timber shutter) والتي تُغلق وتُفتح تلقائياً عن طريق أجهزة الاستشعار حسب زاوية الشمس. – معالجة الواجهة الشمالية بنباتات تعمل على فلترة الإضاءة الطبيعية.		
← التدفئة: زيادة الحرارة: تتم التدفئة شتاءً – عند الحاجة– بواسطة شبكة من أنابيب المياه الساخنة "under floor hydronic system" الموجودة تحت البلاطات على طول الحوائط الشمالية والجنوبية حول النوافذ لأنها الأماكن التي يتركز عندها الفقد الحراري		أنظمة.
← التدفئة: زيادة الحرارة (كسب الضوء): زيادة التعرض لأشعة الشمس شتاءً.		كل المبنى معالجات

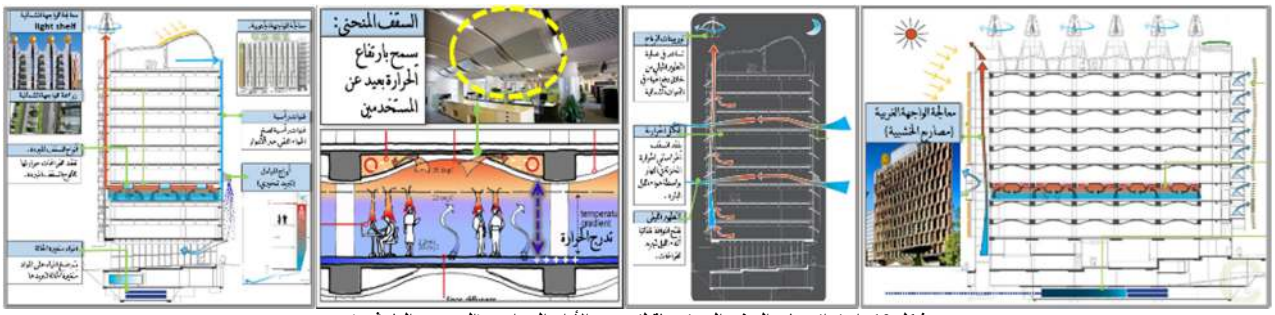
الخطوة (5): تقييم التصميم:	
قياس الأداء:	– المحاكاة الرقمية: تمت محاكاة المبنى رقمياً قبل التنفيذ لدراسة تأثير الاستراتيجيات المتبعة على تحسين الأداء الحراري للمبنى، توفير الطاقة. – القياسات الفعلية: نظراً لأن المبنى قائم، تم قياس أداء المبنى فعلياً باستخدام أجهزة القياس التقليدية.
نتيجة المحاكاة البيولوجية.	– المبنى حائز على ستة نجوم في نظام تقييم ABGR. – يوفر المبنى 100% من التهوية الطبيعية اللازمة للمبنى، تجديد الهواء كل نصف ساعة. – استخدام المبنى لطاقة أقل بنسبة 80% من الطاقة المستخدمة في المباني المماثلة للتدفئة والتبريد والإضاءة. – نسبة انبعاث الغازات المسببة للاحتباس الحراري 0% – اتصال المبنى مع عناصر البيئة المحيطة ومستخدميه.



شكل 8. البيانات المناخية الأساسية مدينة ملبورن أستراليا (Weather Spark).



شكل 9. محاكاة المبنى لتل النمل الأبيض.



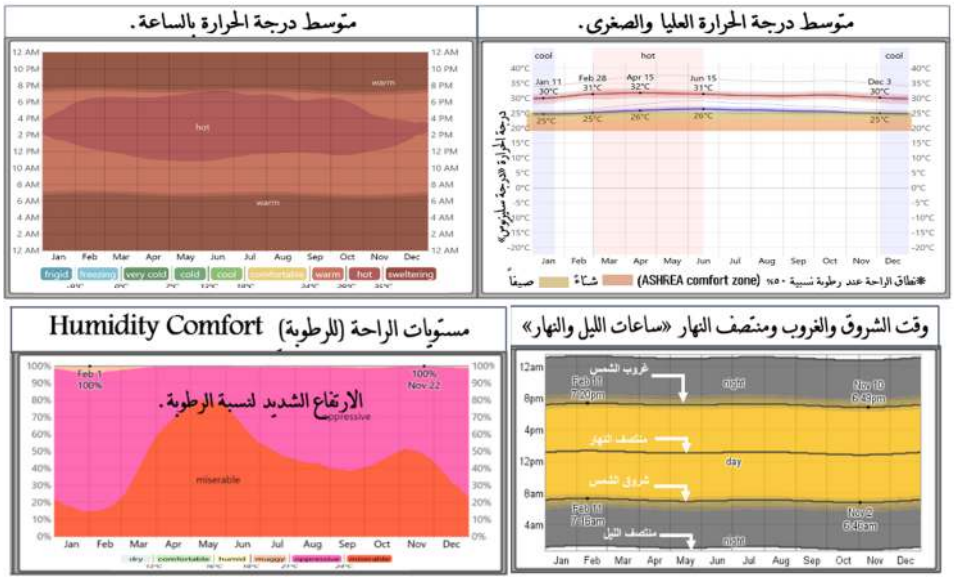
شكل 10. استراتيجيات المبنى المستوحاة لتحسين الأداء الحراري (المصدر: الباحثون)

4-3-2 مسرح المنتزه -سنغافورة Esplanade Theater (DPA Architecture& Urban planning, 2022).

المرحلة (1): تحدي التصميم:			
• **الخطوة الأولي: التعريف بالمشروع:**			
الموقع:	مارينا باي، سنغافورة	الاستخدام	مركز فنون، ترفيهي متعدد الاستخدامات.
المعماري	"Ap Architects, Michael & partners MWP"		
التاريخ:	1993: 2002 م.		
مرحلة تطور	مشروع قائم.		
الفكرة	ابتكر المصمم نظام لتغطية المبنى، والذي يتكون من العديد من الكاسرات مثلثة الشكل مصنوعة من الألومنيوم، تحاكي هذه الكاسرات القشرة الخارجية لفاكهة الدوريان Durian .		
وصف مشروع	مجمع فني متعدد الوظائف. يحتوي على 5 صالات عرض ذات تصميمات وسعات مختلفة، بالإضافة إلى مساحات خارجية للعروض الفنية، ومساحات اجتماعية للتنزه		
• **الخطوة (2): تحديد النطاق البيئي للمشروع "شكل11":**			
إقليم المناخ	الاستوائي المطير.		
الظروف المناخية للموقع:	يتميز مناخ سنغافورة: – الثبات النسبي لدرجة الحرارة على مدار العام، يتراوح متوسط درجة الحرارة السنوي (24 :23°). – ارتفاع معدلات الرطوبة النسبية، تتراوح معدلات الرطوبة السنوية من 62% "متوسط الرطوبة" إلى 98% "شديد الرطوبة" – تساقط الأمطار طوال العام بمعدل 180مم/ شهر وتزداد في شهر نوفمبر وديسمبر. – طول ساعات النهار.		
• **الخطوة (3): تحديد التحديات البيئية الحرارية:**			
– ارتفاع درجة الحرارة. – ارتفاع نسبة الرطوبة. – طول ساعات النهار (التعرض لأشعة الشمس المباشرة).			
المرحلة الثانية: الخطوة (4): نماذج الطبيعة "شكل12"			
الكائن		مستوى المحاكاة	
فاكهة الدوريان الاستوائية Durian: استوحت الفكرة الرئيسية لتشكيل الغلاف من فاكهة الدوريان، وهى فاكهة محلية تنمو فى المناخ الحار، وتتميز بقشرة خارجية متعددة الطبقات تساعد على حماية بذورها الداخلية من حرارة الشمس والعوامل البيئية الأخرى.		الشكل	

المرحلة الثالثة: التصميم "كل 13":		
• الخطوة (4): تحليل لأهم استراتيجيات تحسين الأداء الحراري للمبنى المستخرجة من النماذج الطبيعية:		
استراتيجيات التصميم تحقيق الاتزان الحراري:	عوامل بيئية	مستوى التطبيق
التشكيل الخراجي لغلاف المبنى: تجنب أشعة الشمس لتجنب اكتساب الحرارة: محاكاة القشرة الخارجية لفاكهة الدوريات لتصميم الغلاف الخارجي، حيث تمت تغطية المبنى بكاسرات مثلثة قابلة للحركة. يتم التحكم في فتح وغلق الكاسرات بواسطة أجهزة الاستشعار وفقاً لزاوية سقوط الشمس على المبنى، وبالتالي تجنب ضوء الشمس المباشر وتجنب ارتفاع درجة الحرارة الرطوبة.		شكل وتوجيه المبنى، الفتحات، المعالجات

• الخطوة (5): تقييم التصميم:	
قياس الأداء:	– المحاكاة الرقمية: تمت محاكاة المبنى رقمياً قبل التنفيذ لدراسة ومعرفة تأثير الكاسرات الملحقة بالغلاف على تظليل المبنى مع الاستفادة من أشعة الشمس في الإضاءة الطبيعية. – القياسات الفعلية: نظراً لأن المبنى قائم، تم قياس أداء المبنى فعلياً باستخدام أجهزة القياس التقليدية.
نتيجة المحاكاة البيولوجية:	– استخدام أفكار الطبيعة لابتكار تصميم معماري جديد للحد من حرارة الشمس. – توفير الطاقة المستخدمة للتبريد والإضاءة بنسبة 30%، إضاءة الطبيعية (55% من إضاءة المبنى). – استخدام فاكهة محلية وبالتالي التفاعل مع الطبيعة المحيطة.



شكل 11. البيانات المناخية الأساسية سنغافورة (Weather Spark).

شكل 12 محاكاة المبنى لفاكهة الدوريان.

شكل 13 الغلاف الخارجي المستوحى من فاكهة الدوريان (المصدر: الباحثون).

4-3-3 بوابة هليوبوليسTHEGATE HELIOPOLIS (Vincent Callebaut Architectures, 2022)

المرحلة (1): تحدي التصميم:

- **الخطوة الأولي: التعريف بالمشروع:**

الموقع:	القاهرة، مصر	الاستخدام	متعدد الاستعمالات (سكني، اداري، تجاري)
المعماري	Vincent Callebaut Architectures, Paris.		
التاريخ:	2014: جاري التنفيذ ليتم التسليم في الفترة من 2022: 2024م.		
مرحلة تطور	مشروع تحت التنفيذ.		
الفكـــرة التصميمية	تم تنظيم المشروع على شارع مركزي سماه المصمم (Boulevard) والذي يمثل العمود الفقري للمشروع، حيث يستخدم كمحور رئيسي لتوزيع الكتل. تتوزع المباني على عدة كتل على شكل حرف (U)، في منتصف كل كتلة يوجد فناء على شكل شجرة عملاقة MEGATREE تمتد من البدروم إلى مظلة (مثبت عليها خلايا ضوئية) مثبته أعلى الكتل. تغطي هذه المظلة أسطح الكتل التي تم زراعتها لتكون بمثابة واحة خضراء Green Top Roof تضم العديد من الأنشطة مثل صالة للألعاب الرياضية ومناطق مخصصة للأطفال ومناطق زراعة الأغذية الطازجة المختلفة بهدف تقليل العزلة البيئية والاجتماعية.		
وصف المشروع:	يتكون المشروع من ثمانية أبراج تحتوي على: أربعة أدوار بدروم تحت الأرض (مواقف للسيارات، محلات تجارية وهايبر ماركت كبير)، ثلاث أدوار مكاتب إدارية، ستة أدوار شقق السكنية، السطح (أماكن للترفيه: منتزه، وصالة للألعاب الرياضية، مركز تجميل، ...إلخ).		

- **الخطوة (2): تحديد النطاق البيئي للمشروع:**

إقليم المناخ	الإقليم الحار الجاف.
الظروف المناخية للموقع:	يتميز مناخ القاهرة: – حار رطب صيفاً، بارد جاف شتاءً. – التباين الشديد في نسبة الرطوبة الموسمية. – سنوياً، تتراوح درجة الحرارة (10: 35°) ونادراً ما تقل عن 8° شتاءً أو تزيد عن 39° صيفاً.

- **الخطوة (3): تحديد التحديات البيئية الحرارية:**

– ارتفاع درجة الحرارة صيفاً.
–الاعتماد على الوسائل الصناعية للتبريد والتدفئة.

المرحلة الثانية: الخطوة (4): نماذج الطبيعة

الكائن	مستوى المحاكاة
1. الأشجار العملاقة ، وثغور النباتات Stoma: يحتوي المشروع على تسعة أفنية تتوسط الكتل (حرف U) مصممة لمحاكاة تشكيل الأشجار وطريقة تبادل الأشجار للغازات مع البيئة المحيطة من خلال الثغور الموجودة بأوراقها.	الشكل والعملية
2. خياشيم الأسماك: يحاكي تشكيل الواجهات الخارجية للكتل تشكيل ووظائف خياشيم الأسماك، وساعد ذلك في تظليل الواجهة وتنقية الهواء.	الشكل والعملية
3. الشعاب المرجانية: يحاكي تشكيل واجهات الكتل داخل الفناء الهيكل والتشكيل المعقد للشعاب.	الشكل.
4. النظام البيئي: حاول المعماري تصميم كتلة المشروع كغابة خضراء لتكون بمثابة نواه حضرية بيئية، بهدف تحويل المدينة إلى مكان بيولوجي يعيش ويتنفس. وقد سعى لذلك من خلال تصميم المشروع وفقًا لقواعد المناخ الحيوي (الدورة الشمسية، اتجاهات الرياح السائدة، أنواع النباتات المستوطنة ، إلخ) من ناحية ، ومن خلال دمج مصادر الطاقة المتجددة (توربينات الرياح، الطاقة الشمسية الحرارية، الطاقة الحرارية الأرضية، الكتلة الحيوية، وما إلى ذلك) من ناحية أخرى، بالإضافة إلى تطبيق مبادئ تصميم المنازل السلبية.	النظام البيئي.

المرحلة الثالثة: التصميم:

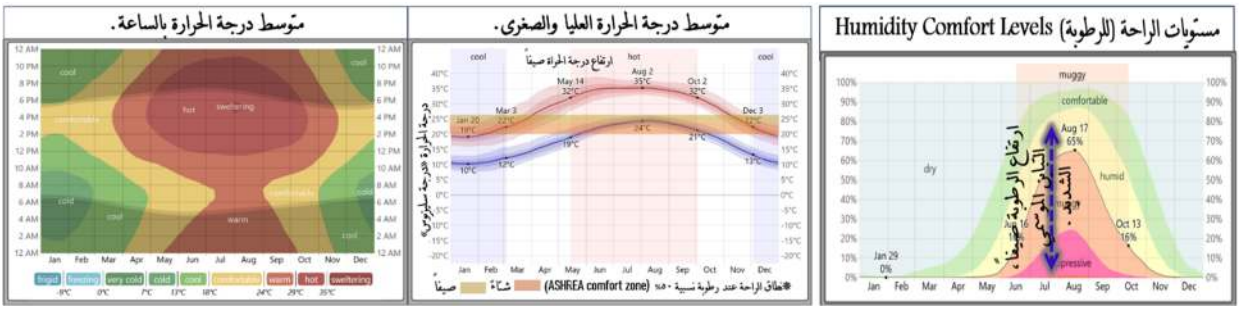
- **الخطوة (4): تحليل لأهم استراتيجيات تحسين الأداء الحراري للمبنى المستخرجة من النماذج الطبيعية:**

استراتيجيات التصميم تحقيق الاتزان الحراري:	عوامل بيئية	مستوى التطبيق
←**الأشجار الضخمة Megatrees (مصائد/ ملقف الرياح Windcatchers):** صمم المعماري الأشجار العملاقة التي تتوسط الأفنية بحيث تعمل مثل ملقف الهواء، وهي تساعد على: تحسين التبريد السلبي خلال الأيام الحارة من خلال التهوية الطبيعية نهاراً والتطهير الليلي وتعزيز أداء الكتلة الحرارية "تخزين البرودة"، تحسين الراحة الحرارية من خلال تحسين التحكم في تدفقات حركة الهواء.		تشكيل المبنى، أنظمة.
← **نظام التبريد والتدفئة السالب المعتمد على حرارة باطن الأرض:** استخدم المصمم نظام (Canadian Wall) وهو نظام بيئي يعتمد على الطاقة الحرارية الأرضية ويستخدمها بشكل سلبي في عمليات التبريد صيفاً أو التدفئة شتاءً. يعمل النظام من خلال تمرير الهواء عبر أنابيب مدفونة على عمق (2: 3م) أسفل المبنى قبل إدخاله إلى فراغات المبنى، وتساعد هذه العملية على: تبريد الفراغات صيفاً من (8:5°) حيث تكون حرارة باطن الأرض أقل من الحرارة الخارجية، تدفئة الفراغات شتاءً حيث تكون حرارة باطن الأرض أعلى من الحرارة الخارجية.		أنظمة.
← **التظليل: تجنب الحرارة (تجنب الضوء):** اتبع المصمم عدد من الاستراتيجيات لتظليل الكتل وتجنب التعرض لأشعة الشمس المباشرة:		
أ. زراعة الأسطح Roof Top Garden: زراعة الأسطح لتوفير المنتجات الغذائية للسكان، وكسر العزلة الاجتماعية والبيئية للمستخدمين، ولتوفير العزل الحراري للأسقف.		معالجات (سقف)
ب. الجدران الخضراء Green/ living Wall: تم تغطية الجدران الخارجية للأشجار العملاقة داخل حرف U بنباتات متسلقة وبالتالي يتم التخلص من حرارة الشمس عن طريق النباتات وفراغات الهواء بينها.		معالجات (واجهة)
ج. استخدام أحواض الزرع: بالشرفات المطلة على الواجهات الخارجية للكتل.		معالجات (واجهة)
د. المظلة أعلى السطح: حيث تم تظليل Megatrees بمظلة كبيرة متصلة تمتد لتغطية الأسطح الخضراء والواجهات الشرقية والغربية فهي تعمل بمثابة حائط وسقف مزدوج لكتلة المبنى. تحتوي المظلة على خلايا لتوليد الطاقة الشمسية تستخدم لغرض التظليل وتوظيف أشعة الشمس للإنتاج جزء من الطاقة الكهربائية اللازمة للمبنى.		معالجات (واجهة، سقف)
هـ. تظليل الحوائط الخارجية: تشكيل الحوائط الخارجية من خلال محاكاة خياشيم الأشكال بطريقة تساعد على عملها كمظلات للشمس.		معالجات (واجهة)

- **الخطوة (5): تقييم التصميم:**

قياس الأداء:	المحاكاة الرقمية: تمت محاكاة المبنى رقمياً قبل التنفيذ لدراسة ومعرفة تأثير الاستراتيجيات المتبعة لتحقيق الأهداف المنشودة (يشمل ذلك قياسات الأداء الحراري للمبنى

نتيجة المحاكاة البيولوجية.	– حصول المبنى على شهادة الليد البلاتينية LEED Platinum. – استخدام الاستراتيجيات السالبة للتبريد والتدفئة السالبة، وبالتالي تقليل الطلب على وسائل التبريد والتدفئة الميكانيكية. – تقليل البصمة الكربونية للمبنى. – توفير 50% من احتياجات المشروع من الطاقة. – يمثل المبنى علامة متميزة عمرانياً.



شكل 14. البيانات المناخية الأساسية القاهرة (Weather Spark).

شكل 15 الكائنات المستوحى منها التصميم (المصدر: الباحثون)

شكل 16 استراتيجيات المبنى المستوحاة لتحسين الأداء الحراري.

4-4 التحليل المقارن بين المشاريع:

بعد مراجعة تحليل الأمثلة السابقة، تم رصد مجموعة من المراحل والخطوات التي يمكن استخدامها في التحليل المقارن بين هذه المشاريع لقياس مدى اتباعهم للفكر البيوميميكري لتحسين الأداء الحراري. تم صياغة هذه المراحل والخطوات في "الجدول 6"، حيث يتم قياس مدى تطبيق كل خطوة بقيمة رقمية ويشار لها بالجدول بالرموز وهي { [(0) غير مطبقة (✗)] ، [(1) مطبقة إلى حد ما (■)]، [(2) مطبقة (✓)]}

الجدول6: التحليل المقارن بين المشاريع (المصدر: الباحثون).

م	المراحـــل والخطـــوات	مجلس ملبورن	مسرح سنغافورة	بوابة هليوبوليس
	المرحلة الأولى: تحديد المشكلة البيئية:			
.1	دراسة وتحليل الخصائص البشرية: عادات والتقاليد، الفئات المستهدفة.	✓	✓	✓
.2	دراسة وتحديد النطاق البيئي للموقع: موقع الجغرافي، المنطقة الاحيائية، الإقليم المناخي.	✓	✓	✓
.3	تحليل النطاق البيئي وتحديد التحديات البيئية الأساسية.	✓	✓	✓
.4	تحديد الوظائف الأساسية للمبنى (تحديد وظائف تحسين الأداء الحراري بمساعدة برامج التحليل المناخي والمخططات السيكو مترية)	■	■	✓
.5	تحديد العوامل البيئية المؤثرة لتحقيق الوظيفة والتحكم بها (تجريد الوظيفة)	✓	✓	✓
	المرحلة الثانية: البحث عن الحلول البيولوجية			
.6	الاعتماد على العوامل الطبيعية لتحديد نماذج المحاكاة والتأكد من توافق النموذج مع متطلبات التصميم.	✓	✓	✓
	التحليل المنهجي للنماذج المختارة للتأكد من عدم اقتصار المحاكاة على التقليد السطحي للأشكال.			
.7	تحديد مستويات المحاكاة.	✓	✓	✓
.8	تحديد أهم السمات والخصائص المميزة في النموذج.	✓	✓	■
.9	استخراج مبادئ العمل.	✓	✓	■
	المرحلة الثالثة: المحاكاة			
10	تحديد مستويات التطبيق للمبنى.	✓	✓	✓
	المرحلة الرابعة: تقييم التصميم			
11	قياس الأداء (التجارب المعملية أو ببرامج المحاكاة).	✓	✓	✓
12	تحقيق التصميم لمعايير الأداء البيئي (تحسين الأداء الحراري: معدل تهوية، ودرجة الحرارة المناسبة، ومستوى الرطوبة المناسب، وتقليل الطاقة اللازمة للتدفئة والتبريد).	✓	■	✓
13	تحقيق التصميم للوظائف المطلوبة (حل التحديات البيئية، تحقيق الأهداف)	✓	✓	✓
14	الانسجام مع الطبيعة من خلال: استفادة التصميم من العوامل الطبيعية المناخية المحيطة (تدفق الضوء والهواء والمياه وحرارة).	✓	✓	✓
15	الانسجام مع الطبيعة من خلال: استخدام المواد (محلية، طبيعية، المعاد تدويرها، يسهل إعادة تدويرها)	✓	■	■
16	الانسجام مع الطبيعة من خلال: توافق مبادئ التصميم مع المبادئ المستخرجة من النماذج الطبيعية.	✓	✓	✓
17	توافق الاستراتيجيات مع الاستراتيجيات ذات الأولوية المقترحة من قبل برامج التحليل المناخي والمخططات السيكو مترية.	■	✓	✓
18	ملائمة الشكل مع الوظيفة.	✓	✓	✓
19	تحقيق التصميم لعدة وظائف (تعددية الوظائف).	✓	✓	✓
20	مدى الابتكار في التصميم وطرق حل المشكلات البيئية.	✓	✓	✓
	نسبة التطبيق	%95	%92.5	%92.5

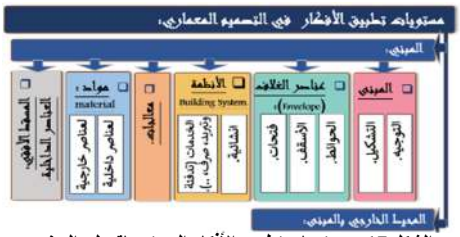
5. منهجية البيوميميكري لتحسين الأداء الحراري للبيئة المبنية:

بناءً على ما تقدم من نتائج الدراسة النظرية والتحليلية، يمكن استنباط منهجية لتطبيق البيوميميكري في مجال الهندسة المعمارية، تمثل المنهجية إطار عام للتصميم المعماري لتحسين الأداء البيئي للمبنى (مع التركيز على الأداء الحراري) من خلال التعلم من الطبيعة. تُترجم المنهجية في شكل مصفوفة لرصد وتوثيق جميع خطوات ومراحل عملية التصميم (محاكاة وتقليد الطبيعة) وتعرض النتائج الخاصة بكل خطوة.

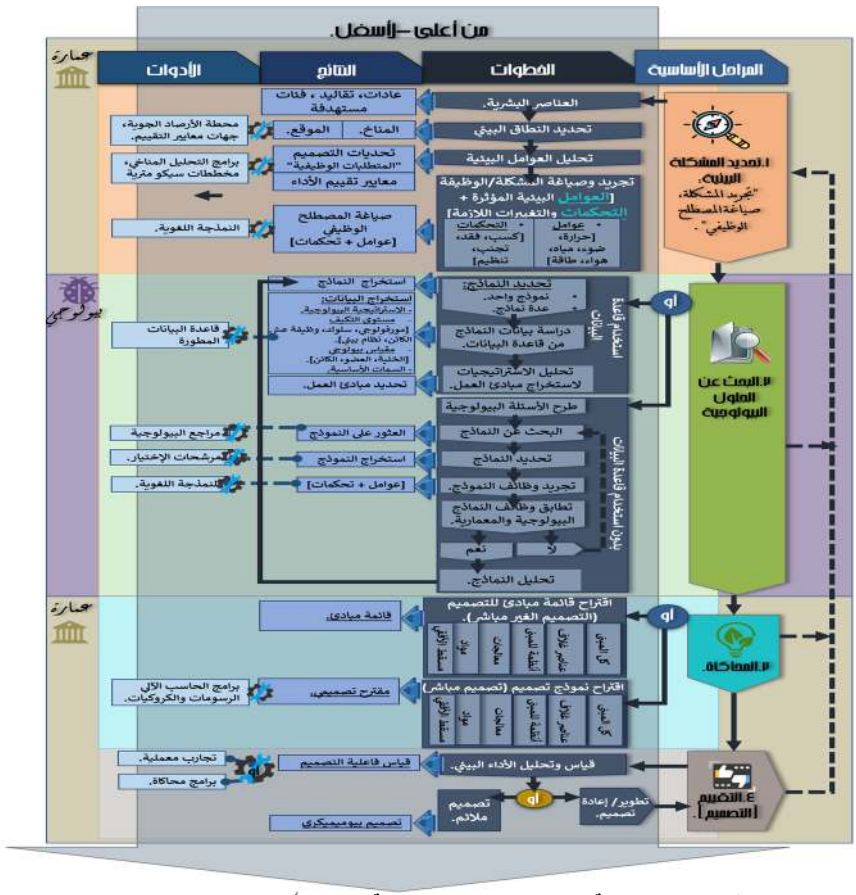
تعتمد المنهجية على تطبيق نهج البيوميميكري من أعلى لأسفل، وتتكون من أربع مراحل أساسية يتم توضيحها في جدول (7).

تتكون كل مرحلة أساسية من عدة مراحل أو خطوات فرعية والتي يتم تسهيلها من خلال عرض وتحديد الأدوات اللازمة لكل مرحلة. تجتمع المراحل معاً بطريقة متسلسلة، بحيث تؤدي كل مرحلة للمرحلة التي تليها بسهولة وتلقائية، كما أنه من الممكن العودة مرة أخرى لأي مرحلة سابقة لتطوير عملية التصميم من خلال (تحديد متطلبات وظيفة جديدة/ إضافية، البحث عن حلول جديدة، أو تطوير الحلول،... إلخ).

الجدول7. خطوات ومراحل منهجية التصميم البيوميميكري المقترحة لتحسين الأداء الحراري للمبنى.

مجال الهندسة المعمارية:	
المرحلة الأولى: تحديد المشكلة البيئية (تجريد المشكلة، صياغة المصطلح الوظيفي).	
المقصود	تحديد القضايا البيئية (التركيز على قضايا تحسين الأداء الحراري للمبنى)
الخطوات:	**1. دراسة وتحديد النطاق البيئي المحيط (الموقع):** – تحديد الإقليم المناخي للمبنى (استوائي، جاف، معتدل، قاري، قطبي) لتحديد العوامل المناخية المميزة المؤثرة. – تحديد المنطقة الإحيائية الواقع بها المبنى (مائي، غابات، عشبي، تندرا، صحراء) لدراسة وتحديد التنوع النباتي والحيواني – دراسة خصائص الموقع (جيولوجيا التربة، المعادن والمناجم، العناصر المائية المحيطة، ...) وذلك لتحديد الموارد والمواد المحيطة التي يمكن الاستفادة منها. – تحديد البيانات المناخية الرئيسية اللازمة للتصميم (درجة حرارة، رطوبة، مطر، إشعاع شمسي، هواء). **2. تحليل النطاق البيئي، تحديد التحديات ومتطلبات الوظيفة** – التحديات البيئية التي يواجهها المبنى (ارتفاع الحرارة، جفاف، رطوبة، ...إلخ). – المتطلبات الوظيفية: تحديد محاور التحسين التي يمكن تطبيقها لتحسين الأداء الحراري (تدفئة، تبريد، تظليل، التهوية، تنظيم رطوبة، .... إلخ). **3.تجريد الوظائف:** صياغة مصطلح الوظيفة [عوامل+ تحكمات]
الأدوات	– الأبحاث والكتب ومراجع الإنترنت. – أبحاث ودراسات ميدانية (عند الحاجة). –محطات الأرصاد وكتيبات جهات معايير التقييم مثل ASHRAE (للحصول على البيانات المناخية). – تحليل البيانات المناخية باستخدام الطريقة الرقمية/ البرامج مثل (climate Consultant, weather tool)، استخدام الطريقة اليدوية/ المخططات السيكو مترية.
مجال علوم البيولوجي:	
المرحلة الثانية: البحث عن الحلول البيولوجية:	
المقصود	استخراج النماذج البيولوجية الواعدة لمعالجة القضايا البيئية المحددة مسبقاً (المتطلبات الوظيفية)
الخطوات:	**1. وضع الأسئلة البيولوجية:** كيف تستطيع الطبيعة مواجهة التحدي X في الظروف Y؟ **2. البحث عن النماذج البيولوجية:** الاستكشاف والبحث عن النماذج البيولوجية (البطل المجيب عن الأسئلة) **3. تحديد النماذج البيولوجية:** اختيار النماذج البيولوجية ذات الإمكانات والفرص العليا. **4. تجريد وظائف النماذج البيولوجية:** استخلاص وظائف النماذج وصياغة مصطلح الوظيفة (عوامل + تحكمات)، التأكد من تطابق المصطلح الوظيفي بين النماذج البيولوجية والمشكلة التصميمية، في حالة عدم التطابق تتم إعادة البحث. **5. تحليل النماذج واستخراج مبادئ العمل:** تحليل نماذج الطبيعة واكتشاف كيفية معالجتهم للمشكلة المطروحة، تحديد واستخراج (مستوى التكيف، السمات المميزة، مبادئ العمل).
الأدوات	مصادر المعلومات المباشرة وغير المباشرة: – المباشرة: التعاون مع الخبراء والباحثين في مجال التصميم البيوميميكري والعلوم الطبيعية والبيولوجية. – غير المباشرة: الكتب، الدوريات العلمية، شبكات الإنترنت ، قواعد البيانات الإلكترونية
مجال الهندسة المعمارية:	
المرحلة الثالثة: المحاكاة "تطوير مفاهيم وأفكار التصميم	
المقصود	ابتكار مسودة التصميم من خلال المحاكاة وتقليد النماذج البيولوجية وتطبيق مبادئ عملها.
الخطوات:	وتتم عملية المحاكاة إما: **1. لاقتراح نموذج للتصميم (التصميم المباشر):** حيث يتم تطوير الحلول والأفكار ومفاهيم التصميم البيوميميكري وعمل كروكيات ورسومات توضيحية لها. ويمكن تطوير هذه الأفكار على عدة مستويات للمبنى موضحة "الشكل 17".  **الشكل 17. مستويات تطبيق الأفكار المستوحاة على المبنى.** **2. أو اقتراح قائمة مبادئ تصميم (التصميم الغير مباشر):** حيث يتم تطوير قائمة مبادئ للتصميم مدعمة من قبل الطبيعة.

الأدوات	أدوات نقل المعلومات، وأدوات التصميم: رسومات، كروكيات، إلخ سواء كانت يدوية أو عن طريق برامج الكمبيوتر
المرحلة الرابعة: التقييم.	
المقصود	تقييم الفكرة التصميمية المبتكرة وفق معايير تقييم الأداء للمتطلبات الوظيفية المحددة مسبقاً في المرحلة الأولى.
الأدوات	التقييم بواسطة إحدى الطريقتين التاليتين أو الجمع بينهما: برامج المحاكاة الحاسوبية، أو عمل نماذج مصغرة واختبارها معملياً باستخدام الأجهزة وأدوات القياس.



الشكل 18. خطوات ومراحل منهجية التصميم البيوميميكري المقترحة لتحسين الأداء الحراري للمبنى (المصدر: الباحثون).

الجدول9. مصفوفة منهجية التصميم البيوميميكري المقترحة لتحسين الأداء الحراري للمبنى.

مجال التصميم المعماري:						
المرحلة الأولى	تحديد المشكلة البيئية (تجريد المشكلة، صياغة المصطلح الوظيفي).					
1.	دراسة وتحليل الخصائص البشرية					
	أ.	عادات والتقاليد، الفئات المستهدفة.				
2.	تحديد النطاق البيئي المحيط.					
	أ.	تحديد الموقع:				
		[بالنسبة لخطوط الطول، ودوائر العرض]				
	ب.	تحديد الإقليم المناخي:				
		استوائي ☐	جاف ☐	معتدل ☐	قاري ☐	قطبي ☐
	ج.	تحديد المنطقة الأحيائية:				
		مائية ☐	غابات ☐	عشبية ☐	تندرا ☐	صحراوية ☐

د.	تحديد الخصائص الجيولوجية المميزة للوقع: [معادن ومناجم، مواد خام، ....].
هـ.	تحديد البيانات المناخية الأساسية: درجة الحرارة ☐ معدل تساقط المطر ☐ نسبة الرطوبة ☐ سرعة واتجاه الرياح. ☐ شدة اشعاع شمسي ☐

3.	تحليل النطاق البيئي وتحديد التحديات البيئية والمتطلبات الوظيفية.		
*	تحديد الهدف البيئي للتصميم:		
	جودة البيئة الداخلية:	الأداء الحراري والراحة الحرارية	☐
		جودة الهواء	☐
		راحة بصرية	☐
	الطاقة	كفاءة استخدام الطاقة.	☐
		توليد واستخدام المصادر المتجددة	☐
	المواد والموارد	كفاءة استخدام المواد	☐
		جودة الإنشاء (الدعم الانشائي)	☐
		تعزيز إدارة النفايات	☐
	المياه	الاستفادة من المصادر الطبيعية المحيطة	☐
		تقليل استهلاك المياه	☐
		إعادة تدوير المياه	☐
	الاتصال بالموقع	الاتصال بالبيئة الطبيعية	☐
		الاتصال بالبيئة البشرية	☐
أ.	تحليل النطاق البيئي. استخدام برامج التحليل المناخي، الخرائط السيكو مترية لتحليل المناخ وتحديد:		
	التحديات المناخية للمبنى: تحديد التحديات المناخية للمبنى [ارتفاع حرارة، جفاف، رطوبة، .... إلخ].		
	– المتطلبات الوظيفية: تحديد المتطلبات الوظيفية الأساسية، وتحديد محاور التحسين التي يمكن تطبيقها لتحسين الأداء الحراري (تدفئة، تبريد، تظليل، التهوية، تنظيم رطوبة، .... إلخ).		

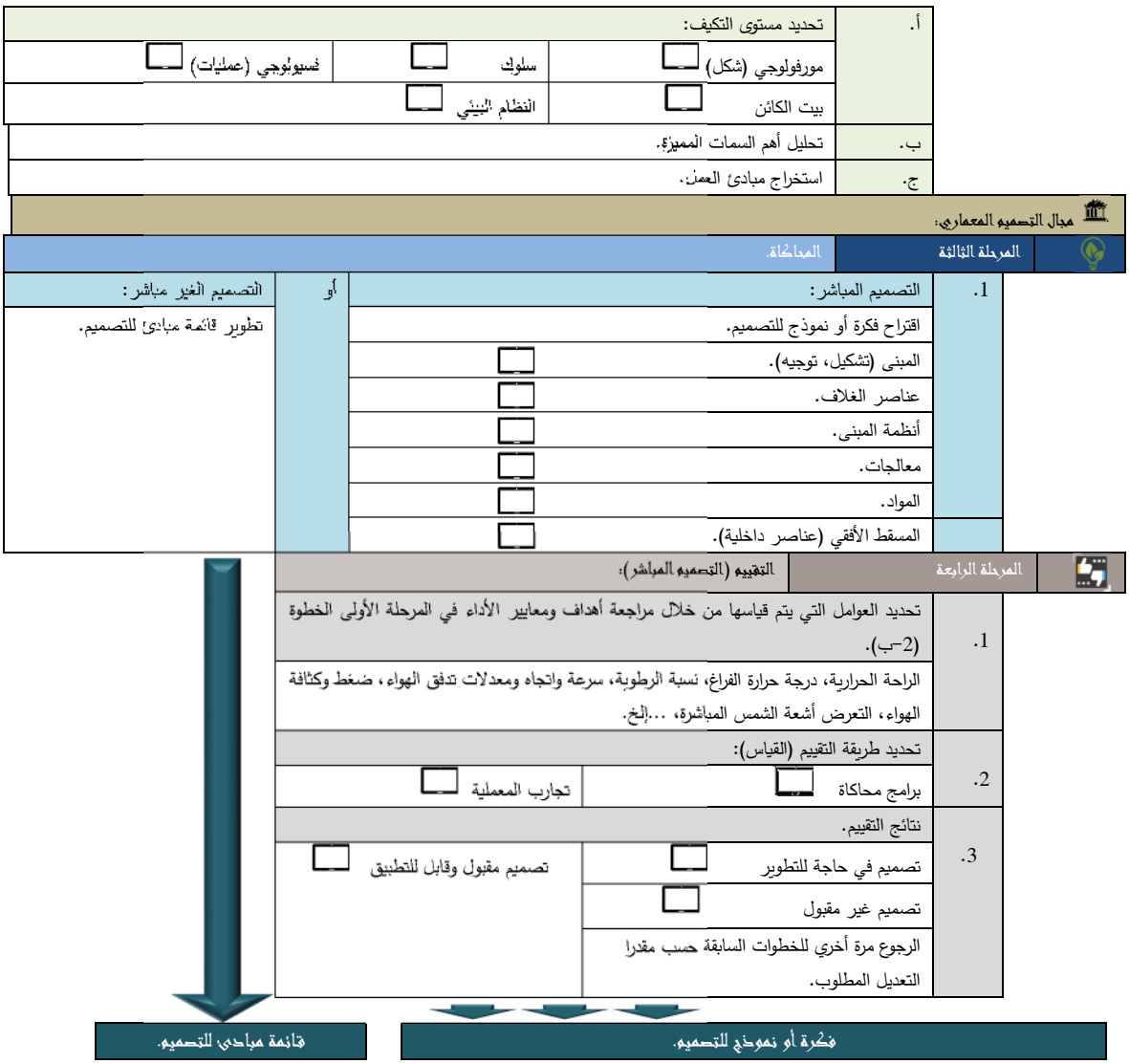
4.	تجريد المتطلبات الوظيفية لصياغة المصطلح الوظيفي [العوامل+ التحكمات]:			
أ.	العوامل: (حرارة، مياه، ضوء، هواء)	ب.	التحكمات:	

مجال العلوم البيولوجية:

المرحلة الثانية	البحث عن الحلول (النماذج البيولوجية).

1.	طرح الأسئلة البيولوجية: [كيف تستطيع الطبيعة حل المشكلة X في الظروف Y؟]			
2.	البحث عن النماذج البيولوجية: [باستخدام مصادر البحث التقليدية]			
3.	اختيار النماذج البيولوجية			
أ.	كائن واحد ☐.	أو	عدة كائنات ☐.	

4.	التمثيل الوظيفي للنماذج البيولوجية.			
أ.	العوامل: (حرارة، ماء، ضوء، هواء).	ب.	التحكمات:	
ب.	التأكد من التطابق الوظيفي للنماذج والتحديات.			
	متطابق ☐		غير متطابق ☐.	
			إعادة الخطوة(2) في هذه المرحلة	
5.	تحليل النماذج.			



6. النتائج:

يمكن للمعماريين حل العديد من التحديات البيئية التي يواجهونها في عملية التصميم بطريقة مستدامة عن طريق محاكاة الطبيعة وكائناتها "البيوميميكري".

- توصل البحث إلى خمسة تصنيفات أساسية لمستويات تطبيق البيوميميكري في التصميم: (المورفولوجي، السلوك، العمليات، بيت الكائن الحي، النظام البيئي).

- يتطلب تطبيق البيوميميكري في مجال التصميم المعماري إطاراً نظرياً منظماً في شكل سلسلة من الخطوات المتتابعة لتسهيل نقل المبادئ والأفكار البيولوجية في عمليات التخطيط والتصميم (منهجية للتصميم).

- طور العديد من الخبراء منهجيات لابتكار تصاميم مستوحاه من الطبيعة، من خلال هذه المنهجيات نجد أن:
  - يمكن تصنيف هذه المنهجيات وفقاً لمراحل تطبيقها إلى نهجين رئيسين: القائم على الحل والقائم على المشكلة. يعتبر النهج القائم على المشكلة هو الأكثر ملاءمة للتطبيق في العمارة.
  - يمكن تحديد الإطار العام لهذه المنهجيات في ثلاث مراحل أساسية: تحدي التصميم، نماذج الطبيعة، التصميم والتقييم.
  - يساعد استخدام التشابه الوظيفي بين الأنظمة في المجالات البيولوجية والمعمارية (المتطلبات الوظيفية) كنقطة اتصال بين المجالين على تسهيل نقل المعرفة.
  - يمكن تلخيص وظائف النظم البيولوجية والمعمارية والتعبير عنهم في مصطلح من جزئين: يمثل الجزء الأول العوامل المؤثرة على وظائف الأنظمة، ويمثل الجزء الثاني الآليات التي تحكم في هذه العوامل لتحقيق الوظائف.

▪ توصل البحث إلى منهجية لتطبيق البيوميمكري في مجال الهندسة المعمارية، تمثل المنهجية إطار عام للتصميم المعماري لتحسين الأداء البيئي للمبنى من خلال التعلم من الطبيعة مع التركيز على الأداء الحراري.

▪ تعتمد المنهجية المقترحة على تطبيق نهج البيوميميكري الثاني (القائم على المشكلة)، وتتكون من أربع مراحل أساسية، تم وصف كل مرحلة، واستنتاج خطواتها الفرعية، وتحديد الأدوات الخاصة بكل مرحلة.

▪ من خلال اتباع هذه المهنجية يستطيع المصمم اقتراح (قائمة مبادئ أو فكرة) لتصميم مبنى متزن حرارياً.

▪ لاستكمال ودعم للمنهجية، ومن خلال الإعداد المحكم لمراحلها، تم تكوين مصفوفة لرصد وتوثيق جميع مراحل وخطوات كل مرحلة، بما يسمح بسهولة استخدام المنهجية من قبل المصممين والمتخصصين في نفس مجال البحث.

▪ من خلال التحليل المقارن بين نماذج مشاريع متبنيه للفكر البيوميميكري، تبين:

- يمكن للمعماري تحسين وظائف الأداء الحراري للمباني وتعزيز الراحة الحرارة للمستخدمين من خلال المحاكاة الواعية للطبيعة.
- سمح ربط أهداف التصميم (الوظائف البيئية التي يتعين تحقيقها) بالعوامل الطبيعية المحيطة بفهم أفضل للعمليات التي يجب أن يحققها المبنى والتكيفات المعمارية التي يجب إجراؤها، مما يؤدي إلى نهج مستدام نسبيًا للتصميم.

7. التوصيات:

▪ ضرورة إنشاء هيئة أو مؤسسة بحثية تجمع بين المهندسين وعلماء الأحياء والبيولوجيين، وتوفير الدعم "المالي، والتكنولوجي والتقني، والمعامل والأدوات، وما إلى ذلك" اللازم لإجراء البحوث.

▪ التعاون بين المعماريين والمتخصصين في مجال العلوم البيولوجية لانشاء قاعدة بيانات لتوثيق النماذج البيولوجية وتحليلها وتصنيفها وفقاً لوظيفتها البيئية، لمساعدة المعماريين على فهم واسترجاع المعلومات حول هذه النماذج.

▪ ضرورة تشجيع نشر الاتجاه البيوميميكري من من خلال عقد المؤتمرات والندوات وما إلى ذلك، وتشجيع المعماريين على تبني الفكر البيوميميكري في التصميم لابتكار تصاميم مستدامة متوافقة بيئاً من خلال تنظيم المسابقات وتقديم الحوافز المادية والمعنوية.

▪ دعم نشر وتفعيل المنهجية المقترحة من خلال مخاطبة الأطراف المعنية (المصممين، جهات التدريب والتعليم، .. وإلخ).

▪ توسيع وتطوير نطاق الوظائف البيئية للمنهجية المقترحة لتشمل الإضاءة الطبيعية وتوليد الطاقة وما إلى ذلك، حيث اهتمت المنهجية بتحسين الوظائف الحرارية فقط.

▪ تحويل المصفوفة المقترحة لمصفوفة إلكترونية لتسهيل عملية التصميم.

▪ اجراء دراسات متعلقة باستخدام تكنولوجيا الحاسب الآلي "الخوارزميات الجينية والتصميم البارامتري" كأداة لتطبيق البيوميميكري.

▪ اجراء دراسات متعلقة باقتصاديات التصميم البيوميميكري.

8. المراجع:

Badarnah Kadri, L. (2012). Towards the LIVING Envelope: Biomimetics for Building Envelope Adaptation. PhD Thesis, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.

Baumeister, D. (2012). Biomimicry Resource Handbook: A Seed Bank of Knowledge and Best Practices. Missoula: Biomimicry 3.8. Retrieved October, 2022, from :https://biomimicry. net/thebuzz/resources/biomimicry-resource-handbook.

Biomimicry Europa. (n.d). promoting biomimicry. Retrieved November, 2022, from: http://www.biomimicryeuropa.org/.

Biomimicry Institute. (2007). Biomimicry: A tool for innovation. Retrieved November, 2022, from: http://biomimicry.net/

Biomimicry Institute. (2018). Biomimicry.net: Biomimicry 3.8.Available at: http://biomimicry.net/, November 2021.

Cambridge University Press Dictionary. (2020). The definition of framework. Retrieved October, 2022, from:https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/.

Changquing, G., Zezheng, H., & Fei, M. (2005). Comparison of innovation methodologies and,TRIZ. TRIZ Journal(September 2005).

City of Melbourne. (n.d). Council House2. Retrieved October, 2022, from: http://www.melbourne.vic.gov.au/Sustainability/CH2/aboutch2/Pages/AboutCH2.aspx.

DPA Architecture& Urban planning. (n.d) “Projects: Esplanade – Theatres on the Bay”. Retrieved October, 2022, from: http://www.dpa.com.sg/projects/esplanade/.

Drack, M., Limpinsel, M., G Bruyn,G., Nebelsick,J.H. & Betz,O. (2017). Towards a theoretical clarification of biomimetics using conceptual tools from engineering design. IOP Publishing, Bionspir.Biomim. 13(2018)016007. From: https://doi.org/10.1088/1748-3190/aa967c, November 2022.

Gruber, P. (2008). Transfer of nature to architecture - analysis of case studies. Proceedings BAEC Biological approaches to engineering, Inst. Sound Vibr. Res., Southampton, UK, pp. 58-61

Gruber, P. (2011). BIOMIMETICS IN ARCHITECTURE: Architecture of life and buildings. SpingerWien, NewYork.

Gruber, P., et al. (2013). BioSkin-Forschungspotenziale für bionisch inspirierte energieeffiziente Fassadentechnologien. Final Report, Basic Research Study (2009-2012), nachhaltig wirtschaften46/2013, BMVIT, Austria (Ed.).

Helms, M., Vattam,S. S., & Goel, A. K. (2009). Biologically Inspired Design: Process and Products. Design Studies 30 (5): 606–622.

ISO/TC266. (2015). Biomimetics-Terminology, Concepts and Methodology. Berlin, Beuth. ISO 18458:2015.

Janine, M.B.(1997). Biomimicry : Innovation Inspired by Nature. New York: Harper Collins Publishers.

Masselter, T., et al. (2010). Biomimetic fibrereinforced compistes inspired by branched plant stems. In Proc. of the fifth Design & Nature Conf.: Comparing Design and Nature with Science and Engineering, Carpi A & Brebbia CA eds., pp. 411-420, Southampton: WITpress.

Mazzoleni, I. (2013). Architecture follows nature, CRC Press Series in Biomimetics, California.

Pawlyn,M. (2011). Biomimicry in architecture. RIBA publishing, London.

Speck, T. and Rowe, N. (2006). How to become a successful climber - mechanical, anatomical, ultra-structrural and biochemical variations during ontogeny in plants with different climbing strategies', in Salmen, L. (ed.) Proceedings of 5th International PLant Biomechanics Conference vol 1. Stockholm, 103–108.

Stone, R. B., & Wood, K. L. (2000). Development of a functional basis for design. Mechanical Design Journal, 122(4), 359-370.

Vattam, S., & Goel, A. (2011). Foraging for inspiration: understanding and supporting the online information seeking practices of biologically inspired designers. ASME Conf Proc 2011(54860):177–186. doi:10.1115/DETC2011-48238

Vincent Callebaut Architectures. (n.d). THE GATE HELIOPOLIS. Retrieved November, 2022, from: https://vincent.callebaut.org/object/141029_thegate/thegate/project.

Vincent, J., Bogatyreva, O., Bogatyrev, N., Bowyer, A., & Pahl, A.-K. (2006). Biomimetics: its practice and theory. Interface: Journal of The Royal Society, 3(9), 471-482.

Weather Spark. (n.d). Climate and Average Weather Year-Round in Cairo. Retrieved November, 2022, from: https://weatherspark.com/y/96939/Average-Weather-in-Cairo-Egypt-Year Round.

Weather Spark. (n.d). Climate and Average Weather Year-Round in Melbourne. Retrieved October, 2022, from:https://weatherspark.com/y/144227/Average-Weather-in-Melbourne-Australia-Year-Round.

Weather Spark. (n.d). Climate and Average Weather Year-Round in Singapore. Retrieved November, 2022, from: https://weatherspark.com/y/114655/Average-Weather-in-Singapore-Year-Round.

Zari, M.P. (2012). Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability. SB07 NZ Sustainable Building Conference, Wellington, New Zealand, Paper n: 033

Biomimicry design methodology for improving building thermal performance

Abstract:

Organisms interact successfully and sustainably with their natural environment without destroying, polluting or depleting its resources. These organisms have a set of characteristics and mechanisms that allow them to adapt to environmental conditions and overcome various challenges in order to coexist and survive. As a result, many architects and urban planners have called for addressing the built environment by simulating nature and its organism's (biomimicry) for sustainability; enhancing the relationship between the natural and built environment; and restoring and supporting natural systems.

This paper formulates a specialized and practical biomimicry methodology aimed at creating buildings that can adapt to different environmental factors by imitating natural models "Thermal adaptation mechanism". The methodology is transformed into a matrix to monitor and document all steps and phases of the design process (natural simulation) and present the results of each step.

Keywords:

Biomimicry, Biomimicry Design, Sustainability, Thermal performance, Functional analog, Methodology for Biomimicry Design, Design Matrix.