Fayoum University Faculty of Engineering, 2023, Vol: 6(2), 13-31
https://fuje.journals.ekb.eg/
ISSN Online: 2537-0634
ISSN Print: 2537-0626

العمارة التطورية كأحد مداخل بناء الشكل المعماري المتوافق بيئياً

إيهاب عقبة [1]، ممدوح فرج[2]، ندا احمد[3]

[1] أستاذ العمارة والتصميم البيئي بقسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة الفيوم، الفيوم 63514، مصر

[2] مدرس الهندسة المعمارية بقسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة الفيوم، الفيوم63514 مصر

3 معيدة بقسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، أكاديمية طيبة بالمعادي، القاهرة

How to cite this paper: Okba, E.. Farag, M. and Ahmed, N. (2023). University Examination Timetable Scheduling Using Constructive Heuristic Compared to Genetic Algorithm. *Fayoum University Journal of Engineering, 6 (2),* 13-31
https://dx.doi.org/10.21608/FUJE.2023.192599.1041

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

ملخص البحث

التطور هو سمة تصاحب توليد الشكل في العمارة على مر العصور، فقديماً تطرقت الدراسات لمبادئ وأسس توليد الشكل المعماري قبل ظهور الثورة الرقمية، ومع التطور الحادث في العالم الرقمي وظهور الثورة الرقمية والتي أثرت بدورها بشكل كبير على أسس ومداخل توليد الشكل المعماري ثم التوجه إلى دراسة أوجه الاختلاف والتغييرات في مبادئ توليد الشكل قبل وبعد ظهور الثورة الرقمية؛ ومع تطور توليد الشكل ظهرت مداخل عديدة تؤثر في عملية توليد الشكل المعماري؛ ومنها العمارة التطورية التي هي أحد مداخل العمارة الرقمية وهي موضوع بحثنا الحالي وهي مدخل من المداخل الحديثة التي لها أسس ومبادئ كأحد مداخل توليد الشكل المعماري الحديثة.

ويهدف هذا البحث إلى دراسة المحاور الأساسية لمبادئ توليد الشكل والتي يتم استخدامها في تقييم مدى التوافق البيئي للعمارة التطورية، ويهدف أيضاً إلى التعرف على أوجه الاختلاف والتغيرات في مبادئ توليد الشكل المعماري قبل وبعد الثورة الرقمية، التعرف على أسس ومبادئ العمارة التطورية كأحد مداخل توليد الشكل المعماري في عصر الثورة الرقمية، دور العمارة التطورية كأحد مداخل توليد الشكل في دعم التوافق البيئي بين المنتج والوسط المحيط، وضع منهجية تحليلية لدراسة دور أسس ومبادئ توليد الشكل في العصور الرقمية في التأثير على مدى التوافق البيئي للمنتج المعماري مع الوسط المحيط. ومنهج البحث هو التحليلي حيث يستخدم المنهج النظري في بدايته في الحديث عن أسس ومبادئ توليد الشكل قبل وبعد ظهور العمارة الرقمية وأسس التوافق البيئي في الاستدامة والاستيحاء من الطبيعة وأيضاً العمارة التطورية وأسسها ومبادئها ومن ثم الانتقال للجزء التحليلي بتحليل أمثلة لمشاريع عالمية تنتهج النهج التطوري وتعمل على تحقيق أسس التوافق البيئي انتهاءً بنتائج البحث التي تشير إلى دور العمارة التطورية الوثيق في دعم التوافق البيئي وأيضاً في عملية توليد الشكل المعماري.

الكلمات المفتاحية

(Evolutionary architecture) العمارة التطورية–(Generative design)– التصميم التوليدي (Digital morphogenesis) – التشكل الرقمي (Environmental Adaptation)–التكيف البيئي (Evolutionary morphogenesis) التشكل التطوري

1) المقدمة

أحد أهم التحديات الملحة التي تواجهها نظريات وتطبيقات العمارة في يومنا الحاضر هو التحولُ الجذري في نسق عملية التصميم التي تشهده حالياً التصاميم التطبيقية، علاوةً على ظهور التقنيات الرقمية، وقد نشأت عملية إيجاد التكوينات المتطورة في مجال البحث، وقد طرأ عليها المزيد من التطوير وتوالت تطوراتها خلال العقد الماضي، ومع ارتباط العمارة باللوغاريتمات وعلم الجينات والرقميات البيولوجية والتكوينات الحديثة الأخرى يعتبر مجال العمارة تواتراً للأساليب المتطورة المتباينة. ولقد تبدلت اشكال المباني، ويتزايد بسرعة توالد التيارات المختلفة من التصاميم الجزئية، الا أن الكثير من تشكيلات المباني لاتزال قيد الاختبار، ولذلك هناك إشارات واضحة على أنَ التحولات التي يشهدها الانساق في عملية التصميم قد أعادت تشكيل الطريق الذي يتعامل به المهندس المعماري مع المباني وكيفية تصميمه لها.

وتعتبر أحد ويعد الوسائل الحديثة لتصميم المباني في عصرنا الرقمي اليوم هي (العمارة التطورية) Evolutionary architecture، استعمال عملية التشريح

الجيني هو المفهوم الرئيسي وراء نشوء العمارة التطورية على اعتبارها أحد فئات البحث الموازي التطبيقي المتطور المستوحى من علم الأحياء المتوافق بيئيا. وباتباع هذه المنهجية يجرى التعبير عن التشريح المعماري في صورة مباني توليدية بحيث يتسنى الإسراع في إيقاع التطورات والتحولات وإعادة إنتاجها من خلال استعمال الكمبيوتر والنماذج، ونظرا لاكتساب الأدوات الحاسوبية المزيد من القوة فقد انتشرت عملية التصميم التطوري في مجال البحث الرقمي الوليد.

2) المنهجية

الجزء النظري: يتناول أسس ومبادئ توليد الشكل قبل ظهور العمارة الرقمية وتشمل العناصر الأساسية لتوليد الشكل (النقطة، الخط، المستوي، الحجم، ...)، العناصر البصرية لتوليد الشكل (الشكل، الملمس، الإضاءة، اللون، ...) ومبادئ التصميم المعماري وهي (المحور، التماثل، التسلسل، الإيقاع، التكرار، التحول، ...)، وبذلك نكون تطرقنا إلى مناقشة أسس ومبادئ توليد الشكل قبل وبعد ظهور العمارة الرقمية، ثم مناقشة وتحليل مداخل التصميم الرقمي وأنواعه بالسرد والتحليل والتي تشمل (التصميم الطوبولوجي Topological design –التصميم المجازي الرمزي Metamorphic design – تصميم الأسطح المتجانسة والمتماثلة Isomorphic design – التصميم البارامتري Parametric design

شكل (1) منهجية البحث

التصميم المتحرك Animate design –التصميم التطوري Evolutionary design) والأخير هو محور الحديث في البحث وذلك يوضح دور العمارة التطورية في عملية التشكل الرقمي في العمارة.

ويتناول أيضا البحث دور العمارة التطورية في دعم التوافق البيئي حيث يتناول البحث المبادئ العامة المستخدمة في التصميم المعماري أثناء عملية التشكيل المعماري (الطريقة المباشرة، الطريقة غير المباشرة)، مستويات تطبيق عمارة محاكاة الطبيعة، أسس ومبادئ عمارة الاستدامة ومحاكاة الطبيعة والأسس الخاصة بعملية التوافق البيئي أي كان مسماها (التصميم الطبيعي، الاستدامة، محاكاة الطبيعة) ثم ينتقل لدراسة أسس ومبادئ العمارة التطورية والتي تناقش تعريف التصميم المتطور التوليدي وأنظمة التصميم التطورية الرقمية وهي (الخوارزميات – أنظمة التصميم التوليدية – أنظمة التصميم التطورية).

الجزء التحليلي: يتناول البحث أمثلة تحليلية عالمية توضح وتؤكد على دور العمارة التطورية في دعم التوافق البيئي بين المنتج المعماري والوسط المحيط؛ حيث تتناول الأمثلة تقييم المشاريع بناءً على أسس ومبادئ العمارة التطورية وأسس ومبادئ التوافق البيئي بمصفوفة توضح العلاقة القوية بين المحاور الأفقية والرأسية التي تستخدم في تقييم المشاريع، وتأتي هذه المصفوفة بعد استعراض أسس ومبادئ التوافق البيئي بين المنتج المعماري والوسط المحيط وأسس ومبادئ توليد الشكل في العمارة التطورية كما في شكل (6) ودراسة تأثير أسس ومبادئ التوافق البيئي على أسس ومبادئ العمارة التطورية في عملية توليد الشكل. ولقد تم الوصول إلى المصفوفة النهائية لتقييم المشاريع والتي تقوم بتحليل اثنين من المشاريع العالمية (المكتبة المورفوجينية وبرج ستراند الجيني الآلي) والتي تعرض نبذة عن المشروع وكيفية تحقيقه لأسس العمارة التطورية وأسس التوافق البيئي وتعرض تحقق كل مشروع من هذين المشروعين لكم مبدأ من مبادئ التطور ومبادئ التوافق البيئي.

وفي النهاية تقوم بعرض نتائج التحليل الخاصة بالمشروع عن طريق التوصل لطريقة التقييم حيث يعتمد هذا التقييم على قياس مدي كفاءة تحقيق المشروع وتصنيفه تحت أي من مداخل العمارة التطورية وأسس التوافق البيئي، لذلك فالتقييم يعتمد على الفاعلية القوية، المتوسطة وصولاً للضعيفة كالآتي:

–الفاعلية القوية: يحقق المشروع عناصر العمارة التطورية 4 عناصر فأكثر يحقق نسبة 40%.

2–الفاعلية المتوسطة: يحقق المشروع عناصر العمارة التطورية 3 عناصر فتكون النسبة 30%.

3– الفاعلية الضعيفة: تحقيق المشروع لعناصر العمارة التطورية بنسبة ضعيفة عنصرين فأقل من ذلك بنسبة 10 %، 20%.

3) المشكلة البحثية

إن معظم هياكل العمارة ثابتةُ ونحن في حاجة لهياكل ديناميكية متطورة تتزامن مع التطور الوظيفي والبيئي في عملية توليد الشكل في العمارة التي لم تعد فقط أحد مداخل تحقيق جماليات الشكل وإنما انتقلت بشكل أعمق إلى كونها أحد أسس تحقيق التوافق البيئي للمنتج المعماري مع الوسط المحيط؛ وزاد هذا الدور بعد ظهور العمارة الرقمية بسبب الإمكانيات التي أتاحها الحاسب الآلي ولم تكن متاحة من قبل وعليه يقوم البحث بمحاولة استكشاف دور توليد الشكل في العمارة التطورية كأحد التوجهات المعمارية الحديثة التي تعتمد على توليد الشكل كمدخل لتحقيق أهداف محددة كتحقيق الوظيفة أو تحقيق التوافق البيئي مع الوسط المحيط. فالعمارة التطورية تعد محاكاة لنمو وتطور الكائن الحي والتي تتيح الفرصة لخلق هياكل معمارية ديناميكية قابلة للنمو.

الهدف الرئيسي

التأكيد على أهمية العمارة التطورية كأسلوب بناء يتناسب مع متطلبات الإنسان المتغيرة في العصر الحديث، حيث أمكنها إيجاد حلول تساعد على تطور البناء من خلال إتباع أنظمة تكنولوجية حديثة وذلك عن طريق تفعيل دور العمارة التطورية كأحد مداخل بناء وتوليد الشكل المعماري ودوره في دعم التوافق البيئي بين المنتج المعماري والوسط المحيط.

الأهداف الفرعية

1) دراسة مبادئ توليد الشكل المعماري ما قبل الثورة الرقمية.
2) دراسة مبادئ ومداخل بناء وتوليد الشكل المعماري في عصر الثورة الرقمية.
3) التعرف على أوجه الاختلاف والتغيرات في مبادئ توليد الشكل المعماري قبل وبعد الثورة الرقمية.
4) التعرف على أسس ومبادئ العمارة التطورية كأحد مداخل توليد الشكل المعماري في عصر الثورة الرقمية.
5) دور العمارة التطورية كأحد مداخل توليد الشكل في دعم التوافق البيئي بين المنتج والوسط المحيط.
6) وضع منهجية تحليلية لدراسة دور أسس ومبادئ توليد الشكل في العصور الرقمية في التأثير على مدى التوافق البيئي للمنتج المعماري مع الوسط المحيط.

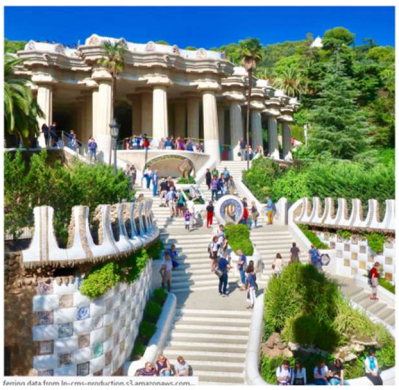
4) تاريخ العمارة التطورية

العمارة التطورية هي أحد اتجاهات Computational design والتي ظهرت مؤخراً في التسعينيات وأغلب التوجهات المعمارية الخاصة بالحاسب الألي (computational) ظهرت جذورها في أصول العمارة العضوية وتحديداً لدي المعماري الإسباني (Antoni Gaudi) الذي هو المرجع الأساسي للـ(Organic computation design)، والتي تندرج تحتها العمارة التطورية (Evolutionary Architecture)؛ وتعتمد العمارة التطورية في أساسها على (نظرية التطور) Evolutionary Theory التي لها علاقة وثيقة حالياً بجميع المجالات الهندسية، الطبية، البيئية، التعليمية والاجتماعية. ... الخ وبالتالي فهو توجه معماري حديث جدا ليس به غزارة في الإنتاج. ومن الأمثلة على العمارة العضوية لجاودي (Casa Mila , Sagrada Familia, Casa Batllo, Park Guel) كما في الأمثلة الموضحة في الشكل أدناه.

Casa Mila

Sagrada ساجرادا فاميليا Familia

Casa Batllo



Park Guell

شكل (2) صور من أعمال العمارة العضوية للمعماري جاودي

5) تعريف العمارة التطورية (Evolutionary Architecture)

التطور هو مبدأ من مبادئ التوليد والتصميم البيئي أثناء عملية التشكيل المعماري وهذه المبادئ هي (1–التكيف 2–أنظمة المواد 3–التطور 4–الظهور 5– الشكل والسلوك)، وتعريفه: يقوم مبدأ التطور على "تكيف النظم البيئية فتتكيف وتتطور على مستويات ومعدلات مختلفة " فالتكيف والتطور هو الذي يسمح للكائنات الحية والنظم البيئية بأكملها على البقاء من خلال نظام ديناميكي، فريد، محلي ومستمر في بيئة دورية ديناميكية. ويأتي من عمليتين مقترنتين بقوة، وتعمل على الحد الأقصى على فترات زمنية متباينة: فالعملية السريعة لـ التطور الجنيني من واحد من الخلية إلى الشكل البالغ، والعملية البطيئة الطويلة من تطور أنواع متنوعة من الأشكال لأكثر من أجيال متعددة.

فالعمارة التطورية هي عمارة حديثة تعد محاكاة لنمو وتطور الكائن الحي والتي تتيح الفرصة لخلق هياكل معمارية ديناميكية قابلة للنمو، ويرجع تاريخ العمارة التطورية للمعماري الإسباني) (Gaudi,1962الذي تبني الطراز العضوي المتأثر بالطبيعة حيث أنه كان يحاكي الطبيعة في تصميماته الخارجية للمباني وحتى التفاصيل الداخلية والتصميم الداخلي وظهر ذلك في إعماله مثل (Casa Mila , Sagrada Familia, Casa Battlo, Park Guel)، وتم تنفيذ هذه الأعمال في عصر (Art Noveau).

وأهم الاتجاهات التي اتبعتها العمارة التطورية في التصميم وكذلك علاقة المبنى التطوري بالبيئة المحيطة. وهذه الاتجاهات هي :

- تطور المبنى من خلال إضافة هيكل جديد لربط المبنى القديم بمبنى حديث

•قابلية تصميم هيكل المبنى نفسه للتطور الذاتي؛ فالعمارة التطورية تعتمد على عنصرين أساسيين وهما الشكل والتكنولوجيا المستخدمة في التصميم. ويظهر ذلك في الأمثلة التالية التي تحقق العمارة التطورية (البرج الافتراضي المصنوع بواسطةK–Bessured من أجل تعظيم الإشعاع الشمسي، برج ستراند الجيني الآلي Automorphic Genetic Strand Tower، الجناح المعدني التوليدي اللامع المستجيب للتغيرات البيئية Glittering metallic pavilion morphs –، مظلة الطحالب الحضرية التي تستخدم كاستوديو بيئي مصمم بالتصميم الحيوي الرقمي (Algae Canopy, forest's worth of oxygen

"كمهندس معماري، أنت تصمم للحاضر مع وعي بالماضي لمستقبل غير معروف." –(فوستر،1974)

"As an architect, you design for the present with an awareness of the past for a future which is essentially unknown.(Foster,1974)

ففي علوم الكمبيوتر، يعد الحساب التطوري حقلًا فرعيًا للذكاء الاصطناعي وهو كذلك المصطلح العام الذي يشير إلى العديد من التقنيات الحسابية التي تستند إلى بعض درجات تطور الحياة البيولوجية في العالم الطبيعي. ويستخدم الحساب التطوري التقدم التفاعلي، مثل النمو أو التنمية في عدد الكائنات .هذا العدد المحدد للكائنات في البحث العشوائي الموجه باستخدام معالجة متوازية لتحقيق النهاية المطلوبة.

يمكن اعتبار اختراعات الطبيعة كتطور في السجل الأحفوري ومثل تنظيم المادة الحية في الخلية بجدار خلوي ونواة. كما قال (فرازر، 1986) في كتابه "تعتبر العمارة كشكل من أشكال الحياة الصناعية، موادها، مثل العالم الطبيعي لمبادئ التشكل الوراثي، والترميز الجيني، والتكرار والاختيار. فالهدف من العمارة التطورية هو تحقيق السلوك التكافلي والتوازن الأيضي في البيئة التي هي سمة من سمات البيئة المبنية ويقول (Terzidis,2006) أنهم يعرضون فوائد الحوسبة (استخدام الحاسب الآلي في عملية التصميم المعماري) داخل هذه النماذج الجديدة ولكنها ليست بالفرص المميزة في وجهة نظره.

6) التشكيل في العمارة (مداخل التشكل الرقمي)

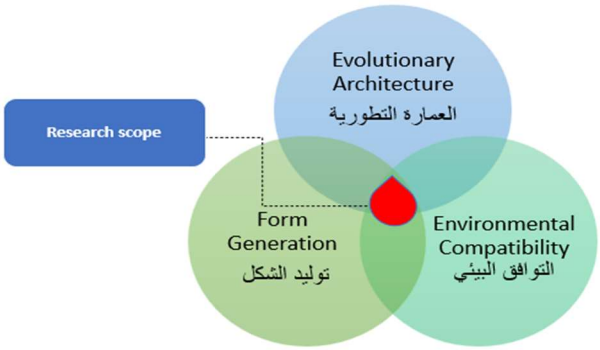
باستعمال برامج الحاسب الآلي دخلت الحركة الديناميكية بصرياً إلى الأشكال الاستاتيكية فتعامل المعماريون مع التصميم الفراغي على أنه فن بلاستيكي مرن تتكون فيه الكتل من خلال التحول والحركة والنعومة، وهو حاضر مستمر يبدأ مرة بعد الأخرى بالتتابع الزمني، هناك محددات أخري كالقوى الخارجية والقوى

وتعرف أيضا عملية التطور بأنها "العملية التي تتغير فيها الخصائص الفيزيائية لأنواع المخلوقات المختلفة عبر الزمن، فهناك أنواع جديدة من المخلوقات تتطور وأخري تختفي "،بالإضافة لذلك التعريف فهناك تعريف اخر مفصل وهو "استخدام عملية الحوسبة التطورية في حل مشكلة التصميم "لأن الحاسب الآلي يقوم بتوليد كل عمليات التصميم اثناء التصميم المتطور. وفي الطبيعة فتعريف التطور هو التغيير في الصفات الموروثة للكائنات من جيل إلى الجيل القادم بعده، وهذه العملية تسمح للكائنات الحية بالتغيير عبر الوقت، فالصفات الموروثة هي التعبير عن الجينات التي تنتقل من ذرية إلى اخري اثناء التكاثر، فالطفرات في الجينات تنتج سمات تغيير جديدة ناتجة عن ظهور الاختلافات الوراثية بين الكائنات الحية. فمثل هذه السمات تأتي من انتقال السمات بين الكائنات كما في الهجرة او بين الفصائل في انتقال الجينات بشكل أفقي. فالتطور يحدث عندما تصبح الصفات الوراثية أكثر شيوعا او ندرة في الكائنات، اما بشكل عشوائي من خلال الطبيعة او عشوائيا من خلال الانجراف الوراثي

الداخلية أو "تدفق الطاقة الطبيعية "الذي يولد الأشكال، فهذه القوي أيضاً لها تأثير على الأشكال. وقد اقترح مهندسو عمارة العصر الرقمي استعمال النماذج الرياضية للإمساك بالواقع وعكسه على الخيال كالتمسك بالحركة والوقت وهما من تلك الخصائص الجديدة التي دخلت على النموذج "Model" فإذا تم تغذية النموذج ببيانات مبنية على الزمن فإن الشكل الناتج يصبح حياً والعمارة سائلة مرنة "Liquid" والأشكال في العمارة الرقمية ليست مبنية على أشكال إقليدس، والتشكيلات الجديدة يتم تخيلها وإنشاؤها خلال برامج الحاسب ومن أمثلتها الطارة "Torus" وشكل الشريط الحلقي "Mobius Strip".وهذه الخوارزميات تقوم بمحاكاة عملية النشأة والتطور للكائنات الحية كالنبات مثلاً.

7) توجهات التشكيل الرقمي وتأثيرها على مداخل توليد الشكل

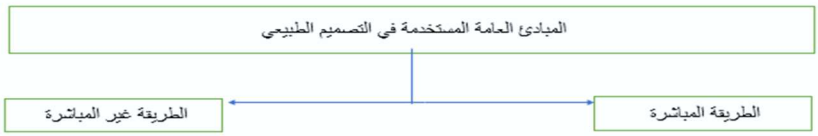
التقنيات الرقمية لها العديد من المفاهيم في الهندسة المعمارية والتي يمكن اعتبارها أداة جديدة، ونظرية جديدة، وعصر جديد وثورة وفقا لمدتها وتكامل عملية التصميم. وفي العمارة المعاصرة وفي ظل المداخل الجديدة للتصميم المعماري كالتصميم الرقمي، فإن مفهوم إنشاء تشكيل معماري يختلف اختلافا جذرياً عن الطرق السابقة أو التقليدية في التصميم، وتختلف المداخل التصميمية باختلاف المفهوم المستخدم في عملية التصميم (Kolarevic, 2000) لذلك يتم تحديد العديد من التصميمات الرقمية بناءً على النهج الحسابية الأساسية وهي عملية التصميم وتظهر تلك المداخل التصميمية كما يلي:



شكل (3) صورة توضح موقع منطقة البحث

وبعد دراسة مداخل العمارة الرقمية الخاصة بعملية توليد الشكل المعماري تم اختيار العمارة التطورية التي هي موضوع هذا البحث لما لها من دور فعال في دعم التوافق البيئي مع استخدامها الحاسب الآلي في عملية التصميم ولكن مع استيحاء خطوطها من الطبيعة وهذا يعكس تطور عملية توليد الشكل في العمارة في الوقت ذاته بوصولها لمرحلة التصميم التطوري؛ حيث أن (توليد الشكل المعماري، العمارة التطورية، التوافق البيئي) 3 عناصر التي تنحصر بداخلها هذه النقطة البحثية

فبالتالي التوافق البيئي من أهم العناصر التي تؤثر في موضوع البحث وأيضا في عملية توليد الشكل لذلك نقوم بدراسة المبادئ العامة المستخدمة في التصميم الطبيعي البيئي أثناء عملية التشكيل المعماري وهذا مخطط لتوضيح المبادئ العامة المستخدمة في الطبيعة



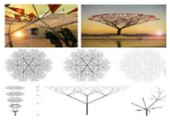
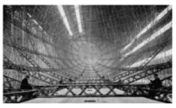
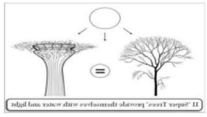
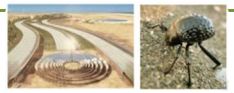
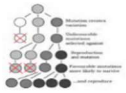
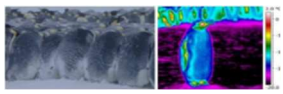
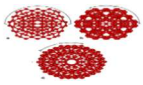
شكل (4) مخطط لتوضيح المبادئ العامة المستخدمة في الطبيعة

8) المبادئ العامة المستخدمة في التصميم البيئي المحاكي للطبيعة

الطريقة المباشرة: تسعى جاهدة لتحديد طبيعة مشكلة التصميم وسياق إنشائها واستخدامها، مع فهم واضح لمتطلبات التصميم التي من الممكن ان تستخدم عند محاكاة العالم الطبيعي للحصول على أمثلة تفي بها. فهي طريقة مفيدة للتحقيق في مجموعة من الكائنات الحية المتباينة التي تعتمد على طرق ومداخل مختلفة لحل مشاكل مماثلة لها. وسيؤدي هذا إلى مجموعة أكبر من الأفكار التي من الممكن أن تطور الحلول الهيكلية (Oxman, 2010).

الطريقة غير المباشرة: تسعى الطريقة غير المباشرة إلى إيجاد حلول ملائمة من خلال تعريف مبادئ التصميم البيئي واستخدامها كمبادئ توجيهية ومن مبادئها (الظهور Emergence، أنظمة المواد Materials as systems، التجميع والتنظيم الذاتي Self–Assembly and Self–Organization، قوة الشكل The power of shape، الطاقة الذكية للحركة والنقل Energy savvy movement and transport، .....إلخ.

جدول (1) المبادئ المستخدمة في التصميم الطبيعي أثناء عملية التشكيل المعماري

المبادئ العامة المستخدمة في التصميم الطبيعي البيئي أثناء عملية التشكيل المعماري		ملخص مختصر للتوضيح	صورة توضيحية للفكرة 1
الطريقة المباشرة		الطريقة المباشرة تسعى جاهدة لتحديد طبيعة مشكلة التصميم وسياق إنشائها واستخدامها مع فهم واضح لمتطلبات التصميم، مفيدة للتحقيق في مجموعة من الكائنات الحية المتباينة التي تعتمد على طرق ومداخل مختلفة لحل مشاكل مماثلة لها	
الطريقة غير المباشرة	1- الظهور	النظم البيئية متنوعة في المكونات والعلاقات والمعلومات، معقدة وتعمل في تسلسلات هرمية مختلفة	
	2- أنظمة المواد	تعمل النظم البيئية على تحسين النظام بدلاً من تحسين المكونات، تستخدم الطاقة والمواد بطريقة تحسن النظام بأكمله بدلاً من المكونات الفردية.	
	3- التجميع والتنظيم الذاتي	عمليات التنظيم الذاتي الكامنة وراء نمو الكائنات الحية يمكن أن تقدم دروس ذات أهمية للمهندسين المعماريين. وتعرض النظم الطبيعية مستوى اعلى من التكامل والتطور الوظيفي.	
	4- قوة الشكل	الحجم هو الأبعاد المادية للطول والعرض والعمق للشكل، فإن مقياسه يتحدد بحجمه "المقياس" هو نسبة تأتي من تطور الإنسان، وهي بحاجة إلى بناء الأشكال مع مراعاة مقاييس الإنسان الجسدية واحتياجات الإنسان.	
	5- الطاقة الذكية للحركة والنقل	تتكيف أنظمة الحركة والدورة الدموية الداخلية لتتطلب الحد الأدنى من استثمار الطاقة لأغراضهم	
	6- المرونة والشفاء	الكائنات الحية لديها القدرة على الامتصاص والارتداد من التأثيرات ويمكنهم إصلاح أنفسهم في حالة حدوث ضرر.	
	7- الانتقاء الطبيعي كمحرك مبتكر	القوى البيئية التي تعمل على الكائن الحي وتؤثر على لياقته سوف توجه لتطور للكائنات الحية في المستقبل، مثال (الخنافس الناميبية)	
	8- إعادة تدوير المواد	إنشاء هياكل باستخدام مواد غير سامة ويمكن إعادة تدويرها بالكامل في نهاية حياتها	
	9- التطور في التشكيل	مبدأ التطور هو أن "النظم البيئية تتكيف وتتطور على مستويات ومعدلات مختلفة " وتوجد فيها كل شكل حي يأتي من عمليتين مقترنتين بقوة (العملية السريعة للتطور والعملية البطيئة)	
	10- تحولات الطاقة الشمسية	تستجيب العديد من الكائنات الحية لأشعة الشمس بنشاط لتعظيم امتصاصها للطاقة.	
	11- التكيف	النظم البيئية تتكيف وتتطور في مستويات ومعدلات مختلفة "هم الاستجابة للبيئات المتغيرة على حد سواء من خلال التعديلات السلوكية للأفراد والجينات الداروينية والتغييرات في سمات السكان.	
	12- الكيمياء خاصة في الماء	تنتج الطبيعة جميع مركباتها في ظروف بيئية عادية دون ضرورة لدرجات الحرارة القصوى أو المواد الكيميائية القاسية.	
	13- الأنظمة الطبيعية	تم إنشاء الأنظمة التي لديها فائض صافي في الإنتاج دون انخفاض مقابل من الموارد البيئية	

جدول (2) يوضح مستويات محاكاة الطبيعة

مستويات تطبيق عمارة محاكاة الطبيعة	تعريف المستوي	مثال توضيحي
1-تقليد الكائنات الحية Organism level	يشير هذا المستوي إلى تقليد كائن معين كالنبات أو الحيوان من حيث (الشكل أو مواد البناء او كيفية البناء إنشائيا أو نفس العملية التي تقوم بالطبيعة)	
2-تقليد سلوك الطبيعة Behavioural level	هذا المستوي يحاكي سلوك الكائنات الحية فتعتمد على الوظائف وعلاقات الربط من حيث (الشكل –مواد البناء-الأسلوب الإنشائي-الوظيفة)	
3- تقليد النظام الأيكولوجي للطبيعة Eco system level	محاكاة النظم الايكولوجية تقوم على تفكيك مشكلة التصميم ويوضع الحلول من أداء تغيرات الطبيعة من حيث الوظائف والعمليات والحلول الماضية.	

9)أنظمة التصميم التوليدية التطورية – أنظمة توليد الأشكال المعمارية من خلال التصميم التطوري:

يصنف نهج التصميم التطوري إلى قسمين هما: مفاهيم علم الوراثة التوليدية والبارامترية .وهنا سوف نقدم أساليب إدخال التصميم إلى إنشاء وتوليد التصميم التطوري، وقبل الشروع في استكشاف التوليد والأنظمة التطورية في التصميم التطوري المعماري، سوف يجدر بنا استكشاف الخوارزميات التي تستخدم كمحرك رئيسي يوجه أعمال الكمبيوتر كقوة معالجة.

الخوارزميات: (الخوارزميات التطورية والجينية)

الخوارزميات التطورية: تتغير الطبيعة وتتطور باستمرار ويتم استخدامها كمصدر كبير لإلهام المصممين والمبرمجين على حد سواء .وتساهم الكائنات الحية الفردية في الطبيعة في التطور والتكيف لجميع الكائنات .وتتكون الكائنات الحية الفردية من كلا النمطين النمط الجيني والنمط الظاهري، فيتكون النمط الجيني من مجموعة من الجينات (الحمض النووي للكائن الحي) والنمط الظاهري هو الكائن الحي الكامل التطور.

الخوارزميات الجينية: تستخدم الخوارزميات الجينية (GA)، والتي يمكن اعتبارها شكلاً خاصًا من أشكال EA، فهي أساليب الاستدلال للبحث وتقليد التطور الطبيعي .وتعرف شرح طريقة عمل الجينات الخوارزمية على أنها: خوارزميات رياضية متوازية تعمل على تغيير مجموعات الأفراد لعناصر رياضية.

أنظمة التصميم التوليدية: (المدخل البارامتري، المدخل الاندماجي التوافقي، المدخل الاستبدالي)

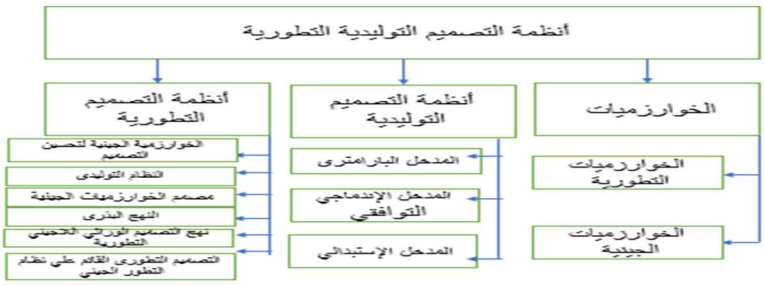
المدخل البارامتري: يسمح المدخل البارامتري لأنظمة التصميم التوليدية بتوليد مجموعة من الأشكال عن طريق تعيين وإعلان المعطيات أولا إلى نموذج أو إجراء ثم تغيير بعض من هذه المعطيات، هناك تقنيتان للنمذجة البارامترية وهما 1) تقنية التباين 2) التقنية القائمة على التاريخ

المدخل الإندماجي التوافقي: النهج التجميعي، الذي يولد النماذج عن طريق الجمع بين مجموعة محددة مسبقًا من العناصر، وهو النوع الأكثر عمومية من المداخل لتوليد الشكل .فـالمدخل الإندماجي الذي يولد النماذج عن طريق الجمع والتجميع بين العناصر (أو المكونات) من أنواع مختلفة.

المدخل الاستبدالي: يولد نهج الاستبدال أشكالًا من خلال البدء على شكل البذور التي يتم توفيرها، ويمكن إجراء التعديل والمعالجة عن طريق استبدال أجزاء أو مكونات، تلك البذرة التي تتشكل في أجزاء جديدة لتوليد شكل جديد.

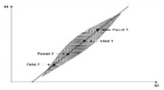
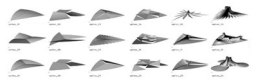
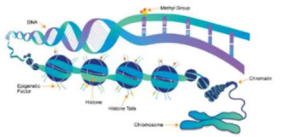
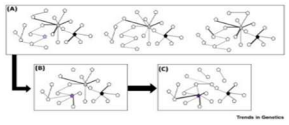
أنظمة التصميم التطورية (الخوارزمية الجينية لتحسين التصميم GADO، النظام التوليدي GS،مصمم الخوارزميات الجينية GADES،النهج البذري seeding approach، نهج التصميم الوراثي اللاجيني (Epegenetic Design Approach)، نهج التصميم التطوري القائم على نظام التطور الجيني (EDGE ويوضح جدول (3) شرح لأنظمة التصميم التطورية.

فأنظمة التصميم التوليدية التطورية هي العناصر والأسس التي سوف يتم تقييم مشاريع الجزء التحليلي للعمارة التطورية على أساسها وتحقيق المشروع لأكبر عدد ممكن من هذه الأسس يعتبر نجاح لهذا المشروع في تحقيق أسس العمارة التطورية فيه وهي تشرح كل أنواع العمارة التطورية الثلاثة بأنواعهم وذلك لضمان تحقيق المشروع لأسس العمارة التطورية. ويوضح المخطط التالي تصنيف أنظمة التصميم التوليدية التطورية وهم ثلاثة أنواع ومنها أنظمة التصميم التطورية والتي سوف يفصلها الجدول التالي.



شكل(5) مخطط أنظمة التصميم التوليدية التطورية

جدول (3) أنظمة التصميم التطورية

أنظمة التصميم التطورية	تعريفها	الاستخدام	أشكال توضيحية
1-الخوارزمية الجينية لتحسين التصميم (GADO)	هو نظام تصميم تطوري يركز على مرحلة التصميم البارامتري ويتخذ قرارات أكثر تفصيلاً حول مجالات التصميم العددي بدلاً من مرحلة التصميم الإنشائي، وهو نظام حدودي يمكن استخدامه لتحسين هندسة التصميم، بالإضافة إلى أنه يستخدم مجموعة من عدد السكان الأولي ويحافظ عليه.	تستخدم خوارزمية جينية للتحسين المستمر لمساحة التصميم والفراغ التي تستخدم عاملي ومشغلي GA الجدد والاستراتيجيات المصممة لهيكل وخصائص مجالات التصميم الهندسي.	
2- النظام التوليدي (GS)	فهو يشبه نظام (GADO) وهو أيضاً نظام تصميم تطوري بارامتري حدودي، ويركز على الأداء البيئي للمبني بدلاً من المجالات الهندسية.	يسعي إلى تطوير تصميمات يمكن محاكاتها بعد ذلك باستخدام العديد من التطبيقات مثال: تطبيق DOE-2 تم استخدامه بواسطة GS للإضاءة والحسابات الحرارية. وتتبع الأنظمة العمارة التطورية العامة المتزامنة.	
3- مصمم الخوارزميات الجينية (GADES)	هو نظام توليدي تطوري تم تطويره بواسطة بنتلي وهو نظام عام للغاية ويمكن إدارته على مستوى عالي وقابل للتطبيق على أي مجال تصميم ويتبع نظام العمارة التطورية العامة المتزامنة، ويتم تخصيص مراحل وإجراءات التقييم المستخدمة بواسطة GADES.	يمكن استخدامه لمجموعة متنوعة من أنواع التصميم وقابل للتطبيق على أي مجال تصميمي.	
4-مدخل النهج البذري (CSA)	هو النهج الخاص بـ Frazer والذي يلتقط فيه المصمم أفكار تصميمه ويقتبسها ثم تدخل في برنامج كمبيوتر يمكنه إنشاء وتوليد تصميمات جديدة لا تزال تجسد الأصل في أفكار التصميم. ويوصف بنهج المفهوم البذري. ويشمل هذا النهج أية اعتبارات تصميمية مثل الشكل الرأسي، الهيكلي، الإنشائي، الجمالي أو أي اعتبار آخر.	فهو يسمح للمصمم بالتقاط فكرة التصميم كبذرة يمكن أن يتم تطويرها والتلاعب بها لاحقاً استجابة لمشاكل محددة، ويمكن تقييمه بواسطة النظام التطوري ويتم التقاط البذرة وتحقيقها بواسطة إنشاء مجموعة من القواعد والتمثيلات التي تشمل مفهوم تصميم المصمم أو أفكاره.	
5-نهج التصميم الوراثي اللاجيني (EDA)	هو النهج الذي يوسع دور البيئة خارج التقييم في مرحلة التصميم ويسمح بتوليد وإنشاء التصاميم فعلياً استجابة لبيئة التصميم ويمكن أن يطبق المفاهيم الحيوية الرقمية في تقدم التصميمات الخاصة به، التصميم النهائي الناجح دائماً ما يكون أكثر تكيفاً مع بيئته. وينقسم إلى جزئين: 1. تصميم يستجيب لبيئة التصميم حسب المدخلات المختارة أو بيئة التصميم المختارة. 2. تصميم يطبق المفاهيم الرقمية الحيوية، البيولوجية والبيئية الجينية في نظام التصميم التطوري للحصول على تصميم مألوف ومتجانس مع البيئة.	يستخدم نهج التصميم اللاجيني المعلومات البيئية المشفرة التي تأخذ شكل قيود التصميم المشفرة أو سياق التصميم المشفر في المراحل التطويرية لعملية التصميم	
6- التصميم التطوري القائم على نظام التطور الجيني (EDGE)	نظام التصميم الجيني التطوري يعتمد على مفهوم المخططات الذي يوفر الإطار التمثيلي لمعرفة التصميم وهناك نوعان منه: 1-مخطط قاعدة التصميم: وهو يلعب دوراً هاماً في صياغة معرفة التصميم كعناصر تصميم يمكن التحكم فيها من خلال عملية التصميم 2-المخطط الجيني للتصميم: ويمكن له إنشاء العديد من جينات التصميم من خلال تعيين القيم الممكنة للمكونات وواحدة من مكوناتها هي معرفة التفسير وهذا يعكس المعلومات المحددة من قبل المستخدم.	تستخدم هذه المخططات التي يتم اقتراحها لصياغة معرفة التصميم وتفسير المعرفة إلى أكواد وراثية.	

10)علاقة العمارة التطورية بالتوافق البيئي

4-عملية التصنيع (process) كيف تعمل ؟

5-الوظيفة (Function) مثال على ذلك على التوافق البيئي للعمارة التطورية (بطاريات الطاقة الحيوية التي تستخدم في الإضاءة الطبيعية لمدة 48 ساعة باستخدام الطاقة الحيوية وجينGFP المستخرج من سمكة (Absayl fish) Stevez,2006).

العمارة التطورية لها تأثير وعلاقة قوية بالتوافق البيئي حيث أن العمارة التطورية تعتمد في عملية توليد الشكل على الرجوع إلى الطبيعة ومحاكاة الطبيعة واستخدام مبادئ المحاكاة الطبيعية وتسعي للتوافق البيئي من خلال الاستجابة لـ:

1- الشكل (Form) ماذا يكون ؟؟

2- المادة الخام (Material) مما يصنع؟

3-طريقة الإنشاء construction (كيفية صناعته)؟

شكل (6) بطاريات الطاقة الحيوية التي تستخدم في الإضاءة الطبيعية لمدة 48 ساعة كمثال على التوافق البيئي

11) طريقة منهجية

التحليل للمشاريع العالمية لقد تم اختيار العينة بما يتوافق مع المعايير المتخذة وهي كالآتي

1. برج ستراند الجيني الآلي Automorphic Genetic Strand Tower
2. مكتبة تستخدم النهج التطوري المورفوجيني (EMC) لتحسين وتعديل الشكل الهيكلي على أساس الهياكل البيولوجية الدقيقة، بفلورانس A Morphogenetic Library in Florence by Tommaso Casucci

أسباب اختيار هذه المشاريع

تم اختيار المشروعات بحيث تحقق ما يلي:.

- تنتمي للاتجاه المعماري (العمارة التطورية)Evolutionary Architecture.
- تندرج تحت أسس ومبادئ التوليد الخاصة بالعمارة التطورية وهي الخوارزميات، أنظمة التصميم التوليدية، أنظمة التصميم التطورية
- تحقق التوافق البيئي بين المنتج المعماري والوسط المحيط عن طريق تحقيقها لمبادئ محاكاة الطبيعة والاستدامة.
- المشاريع معمارية عالمية ذات قيمة معمارية.
- مشاريع معمارية تم تصميمها وتنفيذ بعضها من رواد في مجال العمارة التطورية.
- المشاريع معظمها حديثة تنتمي لمدخل العمارة التطورية والتشكل الرقمي باستخدام الحاسب الآلي ومحاكاة الطبيعة، والفترة الزمنية التي تم اختيار المشاريع فيها في بداية القرن العشرين.
- التنوع بين المشروعات من حيث البيئة والتصميم والوظيفة والنهج التطوري المستخدم.

12) منهجية تحليل المشروعات للنتائج

لقد تم اختيار عنصرين قام عليهما جدول التحليل المستخدم في تحليل الأمثلة وهما (أسس ومبادئ العمارة التطورية، أسس التوافق البيئي) وهذا الجدول يظهر العلاقات الرأسية والأفقية بينهما

شكل (7) عناصر مصفوفة العلاقات وهي أسس التوافق البيئي وأسس توليد الشكل في العمرة التطورية

جدول (4) مصفوفة تقييم المشاريع

أسس التوافق البيئي بين المنتج المعماري والوسط المحيط

مصفوفة تقييم المشروع التي توضح دور وأسس ومبادئ توليد الشكل في العمارة التطورية في تحقيق التوافق البيئي بين المنتج المعماري والوسط المحيط																					
نبذة عن المشروع		تصنيف المشروع تحت أي من مداخل العمارة التطورية									تحقيق مبادئ التوافق البيئي بين المنتج المعماري والوسط المحيط										
أسس ومبادئ توليد الشكل في العمارة التطورية											أسس التوافق البيئي بين المنتج المعماري والوسط المحيط										
الخوارزميات Algorithms		أنظمة التصميم التوليدية Generative design systems			أنظمة التصميم التطوريةEvolutionary design systems						المبادئ والمعايير الاستراتيجية للتوافق البيئي				قواعد ومنهجية محاكاة الطبيعة				مراحل محاكاة الطبيعة (levels)		
الخوارزميات التطورية Evolutionary	الخوارزميات الجينية Genetic	المدخل البارامتري	المدخل الإندماجي التوافقي	المدخل الاستبدالي	الخوارزمية الجينية لتحسين التصميم (GADO)	النظام التوليدي (Gs)	مصمم الخوارزميات الجينية (GADES)	مدخل النهج البذري Concept seeding	نهج التصميم الوراثي اللاجيني((EDA	التصميم التطوري القائم على نظام التطور الجيني (EDGE)	الحفاظ على الطاقة	التكيف البيئي	التقليل من استخدام المواد الجديدة	احترام الموقع	الوظيفة Function	الشكل - Form	مادة الإنشاء Material	عملية - المحاكاة Process	طبيعة- الكائن الحي Organism	سلوك الطبيعة behavior	النظام- الأيكولوجي للطبيعة
	.																				
نتائج تحليل المشروع																					
-1																					
-2																					
-3																					

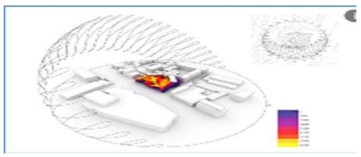
حيث يتم تقييم المشاريع العالمية اعتماداً على عنصرين هما أساس البحث (أسس ومبادئ توليد الشكل في العمارة التطورية، وأسس التوافق البيئي بين المنتج المعماري والوسط المحيط) ونسبة تحقيقهم لكم عنصر من عناصر الأسس المسئولة عن تقييم المصفوفة وفي البداية يتم الحديث عن المشروع (نبذة صغيرة، ثم تصنيف المشروع تحت أي من مبادئ العمارة التطورية ثم تحقيقه لمبادئ التوافق البيئي). وفي النهاية عرض نتائج تحليل التي توصل اليها المشروع بعد تصنيفه.

تحليل مثال 1: مكتبة تستخدم النهج التطوري المورفوجيني (EMC) لتحسين وتعديل الشكل الهيكلي على أساس الهياكل البيولوجية الدقيقة بفلورانس

A Morphogenetic Library for the school of architecture in Florence by Tommaso Casucci

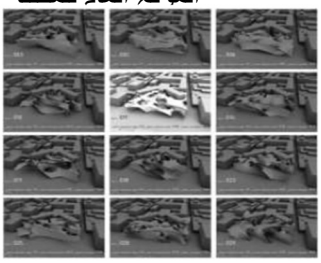
تستخدم هذه المكتبة النهج التطوري المورفوجيني (EMC) لتحسين وتعديل الشكل الهيكلي على أساس الهياكل البيولوجية الدقيقة. وهذا قائم على مفهوم "الشكل أولا الهيكل أولاً، المادة أولاً"، فهذا المبني المثقوب يسمح بانتشار أفضل للإضاءة والتهوية الطبيعية داخل المبني استجابة للقيود البيئية الحضرية ؛ بالإضافة إلى أنه يطبق مبادئ النظم الأيكولوجية لمحاكاة الطبيعة كالتكيف البيئي، التحسين، الظهور، سلوك المواد والبيئة. ***(Casucci,2011)***

الهيكل الخارجي (مورفوجينتيك التطوري الحسابي الحيوي الرقمي والبيولوجي) الذي يحقق Adaptation

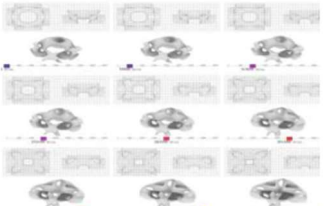


الرسم البياني الحراري للمناخ الحيوي باستخدام برنامج حسابي بيئي

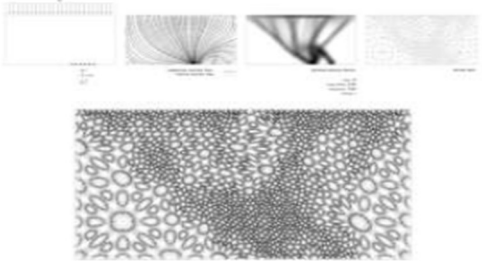
الموقع العام للمكتبة



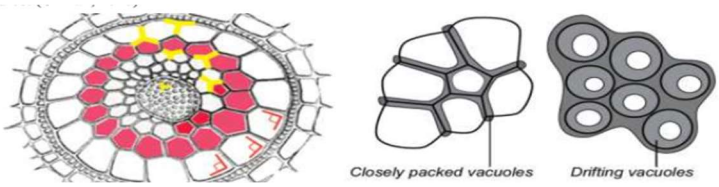
تحليل الموقع وتوليد أفضل تصميم ممكن



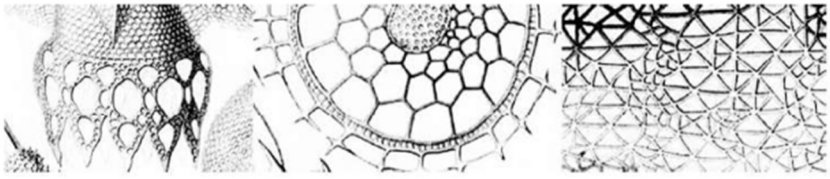
التقدم الحسابي المورفوجيني التطوري لعملية التصميم



الغلاف الخارجي للهيكل الجيني



الخصائص الهندسية للهياكل العظمية الإشعاعية، تشكيل راديولاري للهياكل العظمية

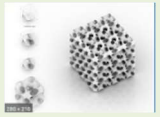
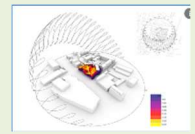


الفسيفساء المختلفة من الهياكل العظمية الإشعاعية

جدول (5) جدول التحليل الخاص بالمكتبة المورفوجينية

جدول مصفوفة تقييم المشروع الثالث: مكتبة تستخدم النهج التطوري المورفوجيني (EMC) لتحسين وتعديل الشكل الهيكلي بفلورانس

أسس التوافق البيني بين المنتج المعماري والوسط المحيط

نبذة عن المشروع	تصنيف المشروع تحت أي من مداخل العمارة التطورية	تحقيق مبادئ التوافق البيني بين المنتج المعماري والوسط المحيط
هذه المكتبة تستخدم النهج التطوري المورفوجيني (EMC) لتحسين وتعديل الشكل الهيكلي على أساس الهياكل البيولوجية الدقيقة باستخدام الحاسب الآلي. 	تعتمد العملية القائمة على الخوارزمية الجينية (GA) التي تعرض للمصمم بصرياً مجموعة من الحلول المناسبة، البرنامج المستخدم في هذا المشروع هو (Parametric Genetic Algorithm) ك Para Gen الذي يستخدم لتحليل العناصر المنتهية (FEA) لحساب الأداء الهيكلي المورفوجيني للأشكال تعتمد العملية القائمة على الخوارزمية الجينية (GA) التي تعرض للمصمم بصرياً مجموعة من الحلول المناسبة للأداء الجيد ويتم دمج تطبيق (GA)، وتعتمد مسامية السطح على هياكل الأسطح الجينية البسيطة الدورية الثلاثية لتحديد واجهة تكوينية لتنظيم المناخ الحيوي 	1-هذا المبني المثقوب يسمح بانتشار أفضل للمواد الطبيعية كالإضاءة والتهوية داخل المبني استجابة للقيود البيئية الحضرية، قضايا المناخ الحيوي؛ بالإضافة إلى انه يطبق مبادئ النظم الأيكولوجية لمحاكاة الطبيعة كالتكيف البيئي، التحسين، الظهور، تصرف المواد والبيئة 2-يظهر تكيف الهيكل الخارجي للمبنى جسديًا مع التحكم في المناخ والضغوط البيئية، وتحسين النموذج المحدد بناءً على المعايير المحددة مسبقاً. ويتم استكشاف وتقييم الفرص والقيود المفروضة على عملية التصميم بناءً على دراسة الحالة التجريبية باستخدام الطبوغرافيا القائمة على الهياكل العظمية 3-. يستخدم المشروع المعلومات البيئية في المراحل التطويرية لعملية التصميم وهذا يعني أن هذه المكتبة أكثر تكيفاً مع بيئتها. الغطاء الخارجي للمبنى يتكيف جسديا مع التحكم في المناخ والضغوط البيئية فهذا المبني ذو الشكل الحر موجود في الظهور الدائم. ويبدو أن الشكل مرتبط مباشرة بتأثيرات محيط القوي الخارجية، القيود البيئية. ولقد تم تنظيمه حسب بيانات تحليل الموقع. 

أسس ومبادئ توليد الشكل في العمارة التطورية

أسس التوافق البيئي بين المنتج المعماري والوسط المحيط

الخوارزميات Algorithms		أنظمة التصميم التوليدية Generative design systems			أنظمة التصميم التطورية Evolutionary design systems						المبادئ والمعايير الاستراتيجية للتوافق البيئي				قواعد ومنهجية محاكاة الطبيعة				مراحل محاكاة الطبيعة(levels)		
الخوارزميات التطورية Evolutionary	الخوارزميات الجينية Genetic	المدخل البارامتري	المدخل الإندماجي التوافقي	المدخل الاستبدالي	الخوارزمية الجينية لتحسين التصميم (GADO)	النظام التوليدي (Gs)	مصمم الخوارزميات الجينية GADES (	مدخل النهج البذري Concept seeding	نهج التصميم الوراثي اللاجيني(EDA	التصميم التطوري القائم على نظام التطور الجيني EDGE) (	الحفاظ على الطاقة	التكيف البيئي	التقليل من استخدام المواد الجديدة	احترام الموقع	الوظيفة Function	الشكل - Form	مادة الإنشاء Material	عملية - المحاكاة Process	طبيعة الكائن الحي Organism	سلوك الطبيعة behavior	النظام- الأيكولوجي للطبيعة
✓						✓	✓	✓				✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓

نتائج تحليل المشروع.

1- **المكتبة تستخدم النهج التطوري المورفوجيني (EMC) لتحسين وتعديل الشكل الهيكلي على أساس الهياكل البيولوجية الدقيقة، ظهر تأثير العمارة التطورية في نهج أنظمة الخوارزميات التطورية التي تدعم التوافق البيني بين المنتج المعماري والوسط المحيط واضح في استخدام مفهوم التطور في (الخوارزميات التطوريةEA،النظام التوليديGS،نهج التصميم الوراثي اللاجيني EDA،مصمم الخوارزميات الجينية GADES،النهج البذريCSA)**

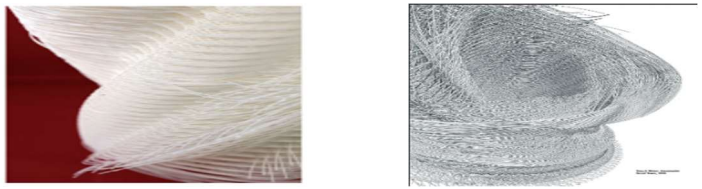
2- **البرنامج الموصوف هنا (Parametric Genetic Algorithm) Para Genالذي يستخدم لتحليل العناصر المنتهية (FEA) لحساب الأداء الهيكلي المورفوجيني للأشكال**

3- **المبني المثقوب يسمح بانتشار أفضل للعناصر الطبيعية كالإضاءة والتهوية داخل المبني إستجابة للقيود البيئية الحضرية، إلى انه يطبق مبادئ النظم الأيكولوجية لمحاكاة الطبيعة كالتكيف البيني، التحسين، الظهور، تصرف المواد والبيئة**

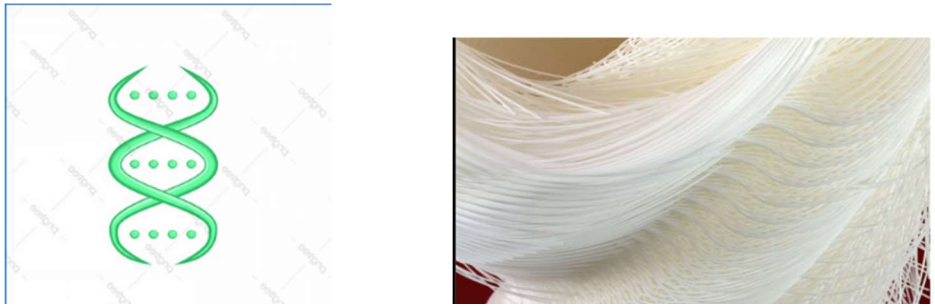
4- **- المبني ذو الشكل الحر يطبق مبدأ الظهور الدائم (Emergence).ويبدو أن الشكل مرتبط مباشرة بتأثيرات محيط القوي الخارجية، القيود البيئية. ولقد تم تنظيمه حسب بيانات تحليل الموقع**

تحليل مثال 2: برج ستراند الجيني الآلي ***Automorphic Genetic Strand Tower***

يتكون المشروع من خيوط ليفية آلية منسوجة في مكانها مثل خيوط الحلوى وهذه الألياف المتداخلة فائقة الخفة، تأتي القوة والمرونة في المشروع من خلال ويتم نسج البازلت المتكون من مجموعات من الألياف الفردية ثم تنظم هذه المجموعات بشكل متكرر لإنشاء شبكات أكثر تعقيدا من هذه الألياف البازلتية؛ حيث تشكل مجموعات الألياف طبقات هيكلية ومكانية متداخلة. وذلك باستخدام الحاسب الآلي. فهذا البرج الجيني الخيطي الناشئ تم توليد وتشكيل الشكل الخاص به باستخدام برنامج تم تطويره بواسطة برنامج (Testa et al,2009) وهو برنامج مشفر من خلال عملية تكرارية وعملية البرمجة النصية. وبهذه الطريقة يظهر البرج في الوقت الحقيقي المتزامن لتطوير خصائص المواد والأنماط المكانية وتقنيات تكنولوجيا التصميم والتصنيع



تشكل مجموعات الألياف البازلتية المغزولة آليًا طبقات هيكلية ومكانية متداخلة



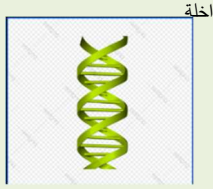
برج ستراند الجيني التشكلي Auto-morphic and Genetic strand tower

جدول (6) جدول تحليل برج ستراند الجيني الآلي

جدول مصفوفة تقييم المشروع الثاني: برج ستراند الجيني الآلي Automorphic Genetic Strand Tower

نبذة عن المشروع

يتكون المشروع من خيوط ليفية آلية منسوجة في مكانها مثل خيط الحلوى. وهذه الألياف المتداخلة فائقة الخفة، القوة والمرونة تتكون من خلال التكرار الهائل للعناصر، ويتم نسج البازلت آليا حيث يشكل مجموعات الألياف طبقات هيكلية ومكانية متداخلة



تصنيف المشروع تحت أي من مداخل العمارة التطورية

يتبع المشروع نظام (التصميم التطوري القائم على نظام التطور الجيني) بسبب اعتماده على مفهوم المخططات الذي يوفر الإطار التمثيلي لمعرفة التصميم.

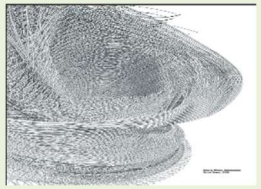
، و(نهج التصميم الوراثي اللاجيني) بسبب أنه يوسع دور البيئة في مرحلة التصميم ويسمح بتوليد التصاميم استجابة لبيئة التصميم فهو يستخدم الألياف المعزولة

يعتمد برج استراند الجيني الآلي على أكواد جينية وراثية تم توليدها بواسطة مصممي المشروع باستخدام برنامج مشفر من خلال عملية البرمجة النصية وهي عملية تكرارية

تحقيق مبادئ التوافق البيئي بين المنتج المعماري والوسط المحيط

برج ستراند الجيني الآلي يقدم أنظمة إنشاء بيئية حساسة للقرن 21 قائمة على خصائص التنظيم الذاتي لخصائص شبكات الألياف المتطرفة، ظهر تطبيق المشروع لمبادئ التوافق البيئي كالحفاظ على الطاقة بسبب استخدام البرج أنظمة إنشاء بيئية حساسة قائمة على خصائص التنظيم الذاتي

فالطبيعة لها دور في هذا المشروع المتواجدة في الألياف الطبيعية المتداخلة فائقة الخفة والقوة وأيضا مادة البازلت الطبيعية التي تشكل مجموعات الألياف



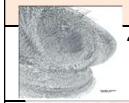
أسس ومبادئ توليد الشكل في العمارة التطورية

أسس التوافق البيئي بين المنتج المعماري والوسط المحيط

سس التوافق البيئي بين المنتج المعماري والوسط المحيط

الخوارزميات Algorithms		أنظمة التصميم التوليدية Generative design systems			أنظمة التصميم التطورية Evolutionary design systems						المبادئ والمعايير الاستراتيجية للتوافق البيئي				قواعد ومنهجية محاكاة الطبيعة				مراحل محاكاة الطبيعة(levels)		
الخوارزميات التطورية Evolutionary	الخوارزميات الجينية Genetic	المدخل البارامتري	المدخل الإندماجي التوافقي	المدخل الاستبدالي	الخوارزمية الجينية لتحسين التصميم (GADO)	النظام التوليدي (Gs)	مصمم الخوارزميات الجينية (GADES)	مدخل النهج البذري Concept seeding	نهج التصميم الوراثي اللاجيني(EDA)	التصميم التطوري القائم على نظام التطور الجيني (EDGE)	الحفاظ على الطاقة	التكيف البيئي	التقليل من استخدام المواد الجديدة	احترام الموقع	الوظيفة Function	الشكل - Form	مادة الإنشاء Material	عملية - المحاكاة Process	الكائن الحي -طبيعة Organism	سلوك الطبيعة behavior	النظام -الأيكولوجي للطبيعة
									✓	✓		✓				✓	✓			✓	✓

نتائج تحليل المشروع.



1 يعتمد برج استراند الجيني الآلي على أكواد جينية وراثية تم توليدها بواسطة مصممي المشروع باستخدام برنامج مشفر من خلال عملية تكرارية وعملية البرمجة النصية ويتكون البرج من الياف البازلت المعزولة آليا التي تتكون من الطبقات الهيكلية والمكانية في الموقع نفسه

2 الطبيعة لها دور في هذا المشروع حيث تتواجد فيه الألياف الطبيعية المتداخلة فائقة الخفة والقوة وأيضا مادة البازلت الطبيعية التي تشكل الالياف الفردية التي تتداخل وتنظم مع بعضها بشكل متكرر وتشكل مجموعات أكثر تعقيداً.

3- يقدم هذا البرج أنظمة إنشاء بيئية حساسة للقرن 21 قائمة على خصائص التنظيم الذاتي لخصائص شبكات الألياف المتطرفة، و يظهر فيه تطبيق مبدأ الظهور بسبب أن هذا البرج الجيني الخيطي الناشئ تم توليد وتشكيل الشكل الخاص به باستخدام برنامج تم تطويره بواسطة Testa ,Weiser, وهو برنامج مشفر من خلال عملية تكرارية وعملية البرمجة النصية

4- حقق هذا البرج مبدئين من أسس العمارة التطورية التي تدعم التوافق البيئي بين المنتج المعماري والوسط المحيط وهم (نهج التصميم الوراثي اللاجيني EDA، التصميم التطوري القائم على نظام التطور الجيني(EDGE)

12)نتائج تحليل المشروعات (المكتبة المورفوجينية وبرج ستراند الجيني الآلي)

توصلت الدراسة التحليلية لهذه الأمثلة التي تتبع نهج العمارة التطورية إلى تقييم المشاريع بناءً على عنصرين

1- تحقيق عدد من مبادئ العمارة التطورية داخل المشروع

2- تطبيق أسس وعناصر التوافق البيئي مع البيئة المحيطة

حيث يعتمد هذا التقييم على قياس مدي كفاءة تحقيق المشروع وتصنيفه تحت أي من مداخل العمارة التطورية وأسس التوافق البيئي، لذلك فالتقييم يعتمد على الفاعلية القوية، المتوسطة وصولا للضعيفة كالآتي:

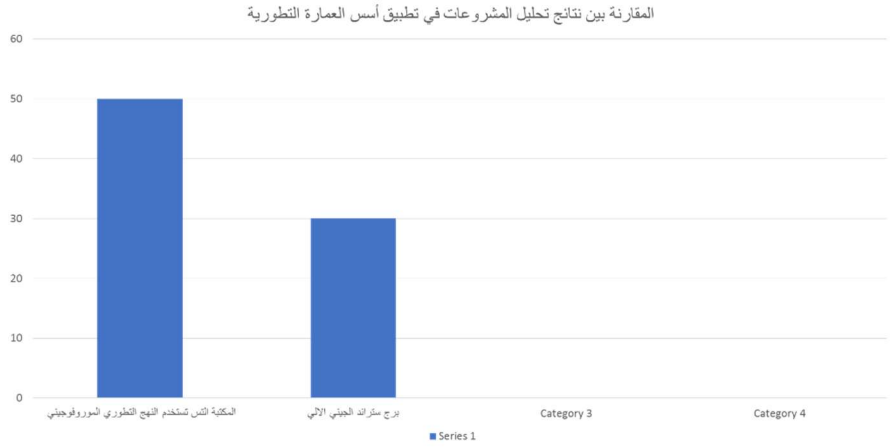
تعريف الفاعلية: تعطي دلالة على الحد الذي وصل إليه الأثر المطلوب وهي أيضا نجاح المشروع على تحقيق أهدافه وترتبط بالكفاءة وظهور مقدرته على التأثير داخل المشروع ويظهر هذا في مدي فاعلية المشروع في تحقيق أسس ومبادئ العمارة التطورية وأسس وعناصر التوافق البيئي مع البيئة المحيطة التي تعني نجاحه الكمي في تحقيق الهدف. وتؤثر الفاعلية داخل هذا البحث حيث أنها معيار للحكم في الجزء التحليلي، فبعد الوصول إلى مصفوفة أسس ومبادئ العمارة التطورية وتأثيرها على التوافق البيئي بين المنتج المعماري والوسط المحيط وظهور هذا في شكل مصفوفة العلاقات كما في جدول (4) حيث يتم على الحكم على المشاريع المختارة من حيث تحقيقها للأسس المكونة للمصفوفة بفاعلية متفاوتة من قوية لمتوسطة لضعيفة كالآتي:

الفاعلية القوية: يحقق المشروع عناصر العمارة التطورية 4 عناصر فأكثر يحقق نسبة 40%.

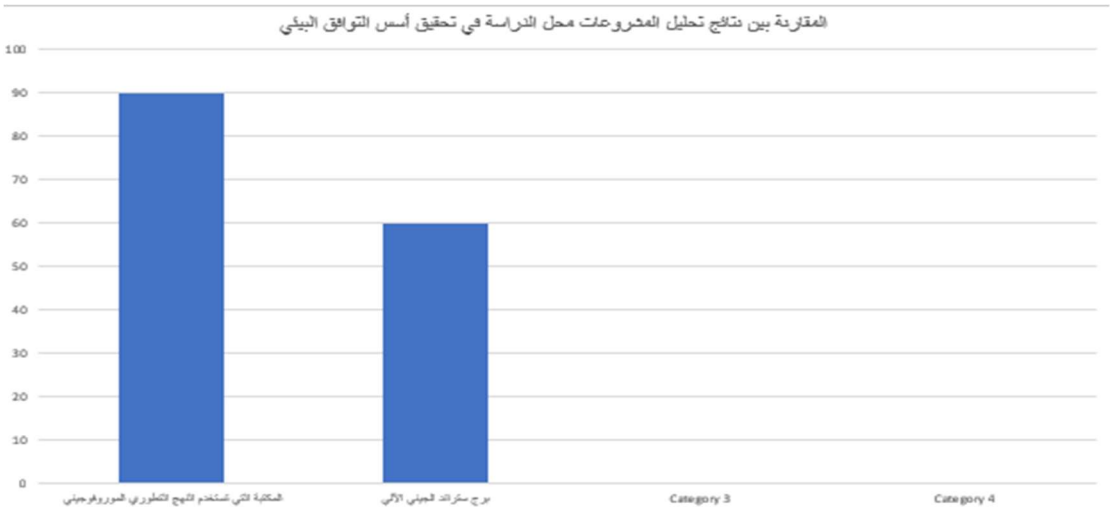
الفاعلية المتوسطة: يحقق المشروع عناصر العمارة التطورية 3 عناصر فتكون النسبة 30%.

الفاعلية الضعيفة: تحقيق المشروع لعناصر العمارة التطورية بنسبة ضعيفة عنصرين فأقل من ذلك بنسبة 10 %، 20%

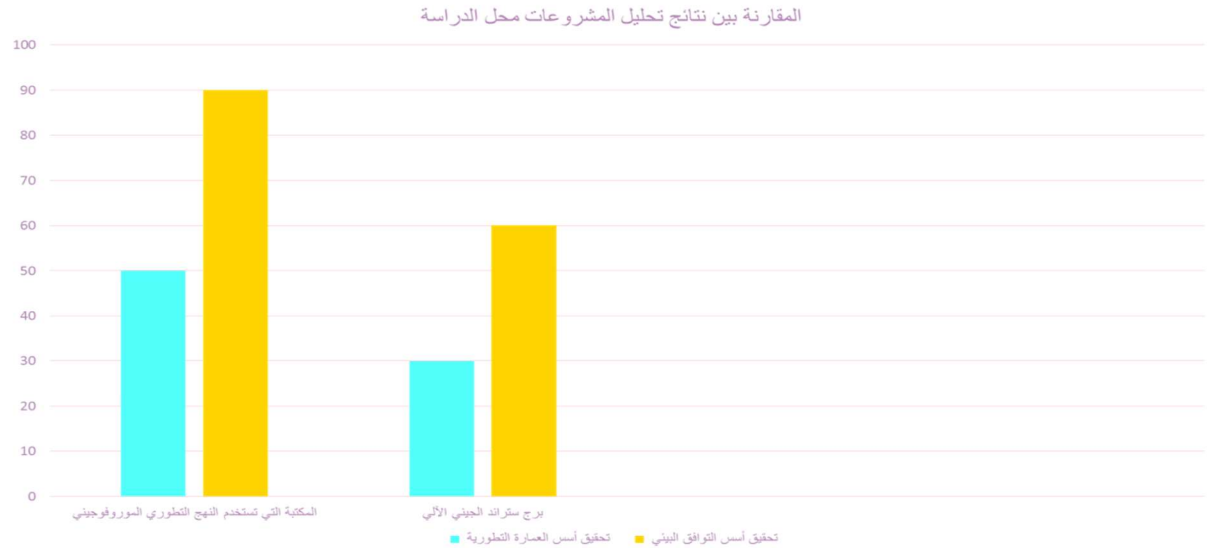
.



شكل (8) المقارنة بين نتائج تحليل المشروعات محل الدراسة في تطبيق أسس العمارة التطورية



شكل (9) المقارنة بين نتائج تحليل المشروعات محل الدراسة في تحقيق أسس التوافق البيئي



شكل (10) ***المقارنة بين نتائج تحليل المشروعات محل الدراسة***

❖ **توصلت دراسة العينة البحثية** لمشروعي (المكتبة المورفوجينية وبرج ستراند الجيني الآلي) إلى أن العلاقة بين العمارة التطورية والتوافق البيئي علاقة قوية تميل بشكل كبير إلى تحقيق العمارة التطورية أسس التوافق البيئي بين المنتج المعماري والوسط المحيط في عملية توليد الشكل المعماري ويظهر ذلك من خلال تحليل هذين المثالين؛ **عن طريق وجود التأثير القوي في المكتبة المورفوجينية** لتحقيقها 4 عناصر أساسية من أسس العمارة التطورية بفاعلية قوية وخاصة في نهج **الخوارزميات التطورية** وذلك بسبب أنه تم استخدامها بنجاح كبير في العديد من المجالات التي تستخدم من اجل توليد حلول لمشاكل التحسين، وتوليد النمط الجيني المستوحى من التقاطع والطفرة والاختيار وتقاطع التطور الطبيعي التي هي من أسس العمارة التطورية والتي يندرج تحتها (النظام التوليدي، نهج التصميم الوراثي اللاجيني، مصمم الخوارزميات الجينية، النهج البذري)

- ولقد كان النظام التوليدي واضحاً ومؤثراً وذلك *بسبب استخدام المشروع المعلومات البيئية في المراحل التطويرية لعملية التصميم وهذا يعني أن مشروع المكتبة أكثر تكيفا مع بيئته.*
- ونهج (مصمم الخوارزميات الجينية) وذلك بسبب أن المكتبة تستخدم النهج التطوري المورفوجيني (EMC) لتحسين وتعديل الشكل الهيكلي على أساس الهياكل البيولوجية الدقيقة.
- (النهج البذري) بسبب أنه في هذا المدخل يلتقط المصمم أفكار تصميمه ويقتبسها والتي تدخل في برنامج كمبيوتر يمكنه إنشاء وتوليد تصميمات جديدة لا تزال تجسد الأصل في أفكار التصميم وفي هذا المشروع هو مرتبط مباشرة بتأثيرات محيط القوي الخارجية ويتم تنظيمه حسب بيانات تحليل الموقع.

❖ وحقق مشروع المكتبة المورفوجينية ايضاً فاعلية قوية في تحقيق أسس التوافق البيئي وذلك بسبب ظهور تأثير أسس ومبادئ التوافق البيئي بين المنتج المعماري والوسط المحيط قوي وواضح في مبدأ النظم الأيكولوجية للتصميم المحاكي للطبيعة مثل التكيف البيئي والتحسين والظهور وتصرف المواد والبيئة حيث أن هذا المثال يطبق مبادئ التصميم البيولوجي المتعدد مثل التكيف البيئي بسبب ان الغطاء الخارجي للمبني يتكيف جسدياً مع التحكم في المناخ والضغوط البيئية، كما ظهر مبدأ التحسين وذلك من خلال تحسين النموذج المحدد بناءً على المعايير المحددة مسبقاً ويتم استكشاف وتقييم الفرص والقيود المفروضة على عملية التصميم بناءً على دراسة الحالة التجريبية.

المبني المثقوب يسمح بانتشار أفضل للعناصر الطبيعية كالإضاءة والتهوية داخل المبني استجابة للقيود البيئية الحضرية، إلى انه يطبق مبادئ النظم الأيكولوجية لمحاكاة الطبيعة كالتكيف البيئي، التحسين، الظهور، تصرف المواد والبيئة.

– المبني ذو الشكل الحر يطبق مبدأ الظهور الدائم (Emergence).ويبدو أن الشكل مرتبط مباشرة بتأثيرات محيط القوي الخارجية، القيود البيئية. ولقد تم تنظيمه حسب بيانات تحليل الموقع.

أما مشروع برج ستراند الجيني الآلي فكانت الفاعلية متوسطة في تحقيق أسس العمارة التطورية وذلك لأنه

يتبع المشروع نظام (الخوارزميات التطورية)، (التصميم التطوري القائم على نظام التطور الجيني) بسبب اعتماده على مفهوم المخططات الذي يوفر الإطار التمثيلي لمعرفة التصميم ويندرج تحت النوع الثاني من المخططات الجينية للتصميم التي تستخدم الأكواد الوراثية، (نهج التصميم الوراثي اللاجيني) بسبب أنه يوسع دور البيئة في مرحلة التصميم ويسمح بتوليد التصاميم استجابة لبيئة التصميم فهو يستخدم الألياف المعزولة فيتكون البرج من مجموعة من الياف البازلت المعزولة آليا المتداخلة من الطبقات الهيكلية والمكانية، يعتمد برج استراند

الجيني الآلي على أكواد جينية وراثية تم توليدها بواسطة مصممي المشروع باستخدام برنامج مشفر من خلال عملية تكرارية وعملية البرمجة النصية

- حقق برج ستراند الجيني الآلي فاعلية قوية في تحقيق أسس التوافق البيئي وهذا بسبب أن برج ستراند الجيني الآلي يقدم أنظمة إنشاء بيئية حساسة للقرن 21 قائمة على خصائص التنظيم الذاتي لخصائص شبكات الألياف المتطرفة، فهي تعتمد على العديد من المصادر التي تتراوح من الهندسة وتكنولوجيا المنسوجات إلى القوالب العضوية، ويستخدم المشروع المعلومات البيئية في المراحل التطويرية لعملية التصميم وهذا يعني أن هذا البرج أكثر تكيفاً مع بيئته.

❖ ويقدم أيضا أنظمة إنشاء بيئية حساسة قائمة على خصائص التنظيم الذاتي وهي من المبادئ الأيكولوجية للتصميم المحاكي للطبيعة؛ فالطبيعة تقدم كفاءة البحث في هذا المشروع المتواجدة في الألياف الطبيعية المتداخلة فائقة الخفة والقوة وأيضا مادة البازلت الطبيعية التي تشكل مجموعات الألياف، ظهر تطبيق المشروع لمبادئ التوافق البيئي كالحفاظ على الطاقة بسبب استخدام البرج أنظمة إنشاء بيئية حساسة قائمة على خصائص التنظيم الذاتي، وظهر مبدأ التقليل من استخدام المواد الجديدة وهو من مبادئ التوافق البيئي حيث كان واضحا في برج ستراند الجيني وذلك لاستخدامه الياف البازلت المعزولة آليا، وأيضاً حقق مبدأ التطور وذلك لتطوير خصائص المواد والأنماط المكانية وتقنيات تكنولوجيا التصميم والتصنيع والتنظيم الذاتي وذلك لأنه يقدم أنظمة إنشاء بيئية حساسة للقرن 21 قائمة على خصائص التنظيم الذاتي لخصائص شبكات الألياف الفردية التي تحقق مبدأ الظهور بسبب أن هذا البرج الجيني الخيطي الناشئ تم توليد وتشكيل الشكل الخاص به باستخدام برنامج تم تطويره بواسطة برنامج Weiser, ,Testa وهو برنامج مشفر من خلال عملية تكرارية وعملية البرمجة النصية.

❖ وبتحليل هذين المثالين (المكتبة المورفوجينية –برج ستراند الجيني الآلي) تم التوصل إلى أن العمارة التطورية تدعم التوافق البيئي بين المنتج المعماري والوسط المحيط في عملية توليد الشكل المعماري.

14) النتائج العامة للبحث فلقد تم التوصل إلى:

1. العمارة التطورية يمكن الاستفادة منها الدراسة لعلم العمارة التطورية أثرت بالإيجاب في حل التحديات التي غالبًا ما تم حلها بالفعل من الناحية البيولوجية والطبيعة باستخدام الخوارزميات الجينية Genetic (Algorithms) الحسابية من خلال دمج المفاهيم والتقنيات، مثل النمو أو التكيف التي لها أوجه تشابه في الطبيعة.
2. اعتماد مهمة التحقيق في المنهجيات التطورية في عملية التصميم المعمارية والتي تلقي الضوء على عمليات توليد النماذج الأساسية في الهندسة المعمارية.
3. بيان امكانية الربط والتطبيق البيولوجي والطبيعي والخوارزمي والمبادئ الجينية في التصميم الحسابي المورفوجيني التطوري، تطوير الهندسة الطبيعية التوليدية وتطبيق التصميم الحسابي التطوري الجديد كأداة مهمة في التصميم المعماري.
4. اقتراح التمثيل الجيني (Genetic Representation) في شكل كود نصي يشبه الحمض النووي. ثم يمكن أن يكون خاضع للتطوير والعمليات التطورية استجابةً للمستخدم ومن خلال Galapagos والبرامج والمكونات الإضافية الأخرى.
5. تحقيق السلوك التكافلي والتوازن الأيضي في البيئة المبنية الموجودة في البيئة الطبيعية. وبالتالي، فإنها تعمل مثل الكائن الحي في التشابه المباشر للتصميم الحسابي التكويني والتطوري مع العملية الأساسية للطبيعة.
6. العمارة التطورية هي الأفضل لحل مشاكل تصميمية وبحثية كثيرة وذلك:
   أ. التطور هو أداة ووسيلة جيدة لحل المشكلات ذات الأغراض العامة.
   ب. تم استخدام الخوارزميات التطورية بنجاح في كل نوع من أنواع حل مشاكل التصميم التطوري وتوليد العديد من التصميمات المعمارية الناجحة.
   ج. تشترك عملية التطور والتصميم البشري في العديد من الخصائص المتشابهة.
   د. تم إنشاء أنجح التصاميم المعروفة للبشرية بواسطة الطبيعة التطورية، مصدر إلهام الخوارزميات التطورية والتصميم الجيني الحيوي الرقمي.

نتائج التحليل التي يمكن الاستفادة منها في المشروعات المستقبلية

1. تمكننا الهندسة التطورية من إجراء تغييرات سريعة على الأنظمة والبرامج التي تدعم المشروعات الهندسية، وهذا يتضح أكثر عند تغيير الأدوات المستخدمة في تنفيذ المشروع بالإضافة لتغيير الأولويات والاستراتيجيات وهذا يساعد بشكل كبير في تسريع تقديم الخدمات الجديدة للمشروع وتقليل تكاليف التطوير في الامتداد المستقبلي.
2. يمكننا الاستفادة من العمارة التطورية في إجراء تعديلات بيئية ومورفوجينية باستخدام برامج ال , Rhino (Grasshopper ,Galapagos) على المشاريع الهندسية في وقت سريع جدا وفي نفس الوقت تدعم هذه التغييرات البيئة والحفاظ عليها.
3. تفيدنا نظرية التطور بشكل عام في التفاصيل الدقيقة للمشاريع الهندسية وعالم البناء الحديث وخصوصا التي لها علاقة بالبيئة وأيضا بشكل عام يمكن تطبيق هذه النظرية على عوالمنا الاجتماعية والثقافية وعلي البشر المعاصرين.
4. تمكننا أيضاً من معرفة أن هناك فرع من فروع النظرية التطورية يعرف باسم الانتقاء متعدد المستويات وهو يقوم على توفير إطار يعمل فيه الانتقاء الطبيعي (Selection) والقوي التطورية الأخرى على جميع المستويات في وقت واحد وهذا يكون على مستوي (الجينات والخلايا والأفراد ومجموعات الأفراد).
5. أفادتنا نظرية التطور بشكل عام في مجال صناعة البناء والإنشاءات عن طريق
   أ. إجراء تقييمات ما بعد الإشغال بشكل أكثر منهجية،
   ب. توفير تركيز أكبر على رغبات واحتياجات شاغلي المباني والإنتاجية والصحة،

ج. دمج منهجيات العلوم الاجتماعية كجزء من البرمجة من خلال عملية ما بعد الإشغال،

د. الاعتراف بكل هذه التأثيرات الثلاثة على الدمج الناجح للمنشأة للتصميم المستدام أو المتجدد الاستراتيجيات ومثال على ذلك كمية انبعاثات غازات الدفيئة (GHG) التي تساهم بها في غلافنا الجوي.

13) خلاصة البحث

هذا البحث هو تحقيق في نهج التصميم الجيني التطوري والرقمي الحيوي والذي يقدم تطوير طريقة التصميم على أساس المبادئ البيولوجية التي يتم تطبيقها، ولقد تناول البحث الحديث عن نوع جديد في العمارة وهو العمارة التطورية وهي العمارة التي تستخدم الحاسب الآلي في عملية التصميم مع الاستيحاء من الطبيعة وتحقيق مبدأ محاكاة الطبيعة وهنا يأتي الهدف الأساسي من البحث وهو تحقيق التوافق البيئي بين المنتج المعماري والوسط المحيط، ولقد بدأ النهج المعماري التطوري من خلال استكشاف تطبيقات الطبيعة في عملية التصميم المعماري مما أدي إلى مجموعة من مناهج التصميم والمستويات والمبادئ حيث يحتوي على تقديم تعريفات عامة للنهج الرقمي المقرر "العمارة التطورية "مع معرفة عامة بالاستراتيجيات التطورية والاستخدامات والأنظمة الحسابية التطبيقية، ثم يتم بعد ذلك تقديم عرض تقديمي عميق للنهج التطوري الوراثي والرقمي التوليدي مع عملية التصميم التوليدي وإستراتيجياته ثم تم تسليط الضوء على نهاية مبادئ التصميم التطوري البيولوجي والتصميم الحسابي وإدخال التشكل في العمارة التطورية. وفي النهاية الوصول لإطار منهجي لهذا النهج التطوري في العمارة مع تحديد خصائصه الرئيسية.

وتم التوصل إلى ان العمارة التطورية لها دور كبير في دعم التوافق البيئي لأن من أسس ومبادئ العمارة التطورية هو الرجوع إلى الطبيعة في عملية التصميم المعماري مع استخدام الحاسب الآلي في عملية التصميم، وأيضاً تم إنشاء الكثير من التصاميم البشرية بواسطة الطبيعة التطورية التي لها علاقة وثيقة بالتصميم الجيني الحيوي الرقمي؛ فالتطور هو اداة ووسيلة جيدة لحل جميع المشكلات في العمارة وهو أيضاً يعمل على تحقيق السلوك التكافلي والتوازن الأيضي في البيئة المبنية الموجودة في البيئة الطبيعية

المراجع

المراجع باللغة العربية

- أبو سن، لبنى مصطفي محمد، (2014)، "العمارة التطورية للتصميم الحيوي الرقمي والجيني". رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة الإسكندرية.
- أحمد، محمود محمد جمعة، (2015). "التشكل الحيوي الرقمي في العمارة" رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة الإسكندرية.
- الأحمر، سلمى أشرف، يناير(2011).رسالة ماجستير محاكاة الطبيعة كأداة للتنمية المستدامة في التصميم المعماري: جامعة الإسكندرية.
- جلال، منى، (2016)."البيوميميكري من أجل تحقيق عمارة مستدامة "،رسالة ماجستير منشورة: جامعة الفيوم، كلية الهندسة، الفيوم.
- رأفت، على، 2007، ثلاثية الإبداع المعماري، دورات الإبداع الفكري "عمارة المستقبل الدورة البيئية"، الطبعة الأولي، مركز أبحاث انتركونسلت الجيزة.
- العراقي، احمد مدحت، (2008).رسالة ماجستير منشورة توليد الشكل في العمارة باستخدام الأدوات القائمة على التطور والدوال الرياضية، جامعة عين شمس، كلية الهندسة، الجيزة.
- فرج، ممدوح أحمد، (2008) "النسب في العمارة: ملامح التحول من تأثيرات الفكر الإنساني الحاكم إلى تطبيقات الحاسب الآلي" رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة القاهرة.
- كساب، جهاد غنيمي ، (2016). "العمارة المستوحاة من الطبيعة كمدخل لتحقيق الاستدامة"، رسالة ماجستير، جامعة القاهرة، كلية الهندسة، الجيزة.
- يانسن، (2006)، "طريقة تصميم والهندسة الحسابية لتوليد وتطوير تصاميم المباني"، رسالة دكتوراه هونج كونج، تم الاسترجاع من قاعدة من قاعدة بيانات Pro Quest Information and Learning Company

المراجع باللغة الإنجليزية

- Baumeister, D. (2007) "Biomimicry Presentation at the University of Washington Collegeof Architecture", Seattle, USA.
- Casucci, T. (2011), Application of Life information in Architecture: Biodigital Architecture and Genetics, LIFE in: formation / On Responsive Information and Variations in Architecture. New York (USA): ACADIA'2010.
- Estévez, A., (2010), Application of Life information in Architecture: Biodigital Architecture and Genetics, LIFE in: formation / On Responsive Information and Variations in Architecture. New York (USA): ACADIA'2010.
- Foster, N. J. (2006), Norman Foster: Works Hardcover.
- Gaudi, A., 1883, Gaudi Unseen: Completing the Sagrada Familia
- Kolarevic, (2000), Agent-Based Geometry Optimization with Genetic Algorithm (GA) for Daylighting, In Proceedings of the 1st Asia conference of International Building Performance Simulation Association, (pp. 25-27). Shanghai, China
- Oxman, 2010, Architecture as Nature: A Bio digital Hypothesis (Vol. 42). ISAST.
- Terzidis, 2006, "Fractal geometry as a structural pattern For design in Architecture Journal of urban research, vol.34 , October 2019, Faculty of Urban& Regional Planning, Cairo University.

الملخص باللغة الإنجليزية

ABSTRACT:

Evolution is a feature that accompanies the generation of form in architecture throughout the ages, as studies have touched on the principles and foundations of the generation of the architectural form before the emergence of the digital revolution, and with the development in the digital world and the emergence of the digital revolution, which in turn greatly affected the foundations and entrances to the generation of the architectural form and then the orientation to study the differences and changes in the principles of generating the form before and after the emergence of the digital revolution; Which is one of the entrances to digital architecture and is the subject of our current research, and it is one of the modern entrances that have foundations and principles as one of the entrances to generating modern architectural form.

This research aims to study the basic axes of the principles of form generation, which are used to assess the extent of environmental compatibility of evolutionary architecture, and also aims to identify the differences and changes in the principles of generating architectural form before and after the digital revolution, to identify the foundations and principles of evolutionary architecture as one of the entrances to the generation of architectural form in the era of the digital revolution ,The role of evolutionary architecture as one of the entrances to form generation in supporting environmental compatibility between the product and the surrounding environment, developing an analytical methodology to study the role of foundations and principles The generation of form in digital ages in influencing the environmental compatibility of the architectural product with the surrounding Environment.

KEYWORDS: Biodigital Architecture ,Bio Materials, Digital Morphogensis, Generative Design, Environmental Adaptation , Evolutionary Architecture.