# أنظمة التصميم التطورى فى العمارة الحديثة

# Evolutionary Design Systems in Modern Architecture

**أ.د/ سعيد حسن**

**أستاذ التصميم الإدارى ورئيس قسم التصميم الداخلى والأثاث بجامعة 6 أكتوبر- كلية الفنون التطبيقية**

**أ.د/ علا محمد سمير**

**أستاذ بقسم التصميم الداخلى والأثاث - جامعة حلوان- كلية الفنون التطبيقية**

**م.م/هاله محسن محمود السيد المحمودى**

**مدرس مساعد بقسم التصميم الداخلى والأثاث - جامعة 6 أكتوبر – كلية الفنون التطبيقية**

## ملخص البحث:

يتناول البحث فلسفة التطور فى العمارة من خلال عدة مفاهيم عن التطور فى الكائنات الحية كمحاكاة لتطور الأنظمة البيئية فى الطبيعة وكيفية الإستفادة منها فى مجال العمارة. سوف نستعرض فى الجزء الأول من البحث أهم الإتجاهات التى إتبعتها العمارة التطورية فى التصميم وكذلك علاقة المبنى التطورى بالبيئة المحيطة.وهذه الاتجاهات هى:

- تطور المبنى من خلال إضافة هيكل جديد لربط المبنى القديم بمبنى حديث.
- قابلية تصميم هيكل المبنى نفسه للتطور الذاتى.

العمارة التطورية تعتمد على عنصرين أساسيين وهما الشكل والتكنولوجيا المستخدمة فى التصميم وذلك ما سوف نستعرضه فى الجزء الثانى من البحث من خلال دراسة أنظمة العمارة التطورية وهى:

- نظام البناء الكبسولات.
- نظام المديولر.
- نظام الخوارزميات الجينية.

## مشكلة البحث:

أن معظم هياكل العمارة ثابتة ونحن فى حاجة لهياكل ديناميكية متطورة تتزامن مع التطور الوظيفى والبيئى. العمارة التطورية تعد محاكاة لنمو وتطور الكائن الحى والتى تتيح الفرصة لخلق هياكل معمارية ديناميكية قابلة للنمو. فهل يمكن لأنظمة التصميم التطورى أن تخلق مبنى ذاتى التطور؟؟

## هدف البحث:

التأكيد على أهمية العمارة التطورية كأسلوب بناء يتناسب مع متطلبات الإنسان المتغيرة فى العصر الحديث،حيث أمكنها إيجاد حلول تساعد على تطور البناء من خلال إتباع أنظمة تكنولوجية حديثة .

## فروض البحث:

- أن العمارة التطورية هى عمارة هياكل ديناميكية قابلة للنمو والتطور.
- أن تطبيق أنظمة التصميم التطورى فى العمارة ينتج عنه هيكل معمارى متطور ذاتيا.

**الكلمات المفتاحية:**العمارة التطورية- نظام بناء الكبسولات-عمارة المديولر-الخوارزميات الجينية.

## Research Summary:

The research displays the philosophy of evolution in architecture through organism's evolution concepts which uses as a simulation of the ecosystems evolution in the nature, and how to use it in the field of architecture. In the first part of the research we will refer to the relationship between the evolutionary building and the surrounding environment. There are two trends of evolutionary architecture:

• The building evolves through build a new structure then link the old building with the new one.

• The capability of the building design structure for self-evolution.

The form and the technology are the elements of the evolutionary architecture. The second part of the research refers to the three systems of evolutionary architecture:

• Building system capsules.

• Modulation system.

• Genetic algorithm system.

## Research problem:

That most structures of buildings are stable which is not compatible with the human future needs. Evolutionary architecture is a dynamic simulation of the evolution of the living organism. The evolution of this dynamic structures based on technological systems. So is it possible to create a self-evolutionary building?

## Search Goal:

Emphasize the importance of evolutionary architecture systems as a new construction trend that suits the changing human needs in the future.



## Keywords:

Evolutionary Architecture - Capsule Building System - Modular Architecture - Genetic Algorithm.


### مقدمة البحث:

يتناول البحث فلسفة التطور فى العمارة من خلال عدة مفاهيم عن التطور فى الكائنات الحية كمحاكاة لتطور الأنظمة البيئية فى الطبيعة وكيفية الإستفادة منها فى مجال العمارة. سوف نستعرض فى الجزء الأول من البحث أهم الإتجاهات التى إتبعتها العمارة التطورية فى 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 الذاتى.

العمارة التطورية تعتمد على عنصرين أساسيين وهما الشكل والتكنولوجيا المستخدمة فى التصميم وذلك ما سوف نستعرضه فى الجزء الثانى من البحث من خلال دراسة أنظمة العمارة التطورية وهي:

- نظام البناء الكبسولات.

- نظام المديولر.
- نظام الخواريزميات الجينية.

**أهداف البحث:**

- التأكيد على أهمية العمارة التطورية كأسلوب بناء يتناسب مع متطلبات الإنسان المتغيرة فى العصر الحديث.
- إثبات أن المبنى يمكنه أن يتطور وينمو ليستوعب عدد أكبر من الأفراد على المدى الطويل وذلك من خلال إتباع أنظمة تكنولوجية حديثة للبناء.

**مشكلة البحث:**

أن معظم هياكل العمارة ثابتة ونحن فى حاجة لهياكل ديناميكية متطورة تتزامن مع التطور الوظيفى والبيئى. العمارة التطورية تعد محاكاة لنمو وتطور الكائن الحى والتى تتيح الفرصة لخلق هياكل معمارية ديناميكية قابلة للنمو. فهل يمكن لأنظمة التصميم التطورى أن تخلق مبنى ذاتى التطور؟؟

**أهمية البحث:**

إلقاء الضوء على أهمية الأنظمة التكنولوجية الحديثة وتأثيرها على مستقبل العمارة ، حيث أصبح المبنى قادرا على التطور الذاتى وتلبية إحتياجات مستخدميه على المدى الطويل.

**فروض البحث:**

- أن العمارة التطورية هى عمارة هياكل ديناميكية قابلة للنمو والتطور.
- أن تطبيق أنظمة التصميم التطورى فى العمارة ينتج عنه هيكل معمارى متطور ذاتيا.

**تعريف بأهم المصطلحات التى سوف يتناولها البحث:**

**Evolutionary Architecture العمارة التطورية**

فلسفة تطبيقية مستندة على الدراسة العميقة لعمليات الطبيعة والكائنات الحية والتراكيب والمواد فى تعدد المستويات من الجزيئات الذرية إلى دراسة عضلات الحشرة وعلم التشريح الحيواني، وجميع العلاقات البيئية، ثم تطبق هذه المعرفة فى مجالى التصميم والعمارة.

العمارة التطورية تؤكد على تغير مفهوم تصميم الفراغات بحيث تكون متحركة وقابله للتطورمن خلال التحولات التكرارية التى تسمح بمرونة التصميم. [1]

**Capsule Architecture نظام البناء الكبسولات**

تصميم مبنى متعدد الوحدات تحكمه شبكة اتصال ديناميكية حيث يمكن للنظام تغيير أجزاء معينة من البناء بهدف زيادة المساحات تبعا لحاجة التصميم. الكبسولة هي وحدة قابلة للتكرار لوظائف مؤقتة. هذه الوحدات الجاهزة يتم تصنيعها خارج الموقع وقد صممت لتكون قابلة للاستبدال وفقا لاحتياجات الصيانة ترتبط كل كبسولة بواحد من اثنين من اعمدة رئيسية محورية فى المبنى.[2]

[1] Neal Panchuk,An Exploration into Biomimicry and its Application in Digital & Parametric (Architectural) design ,master thesis, Waterloo, Ontario, Canada, 2006.p25

[2] Nailuchen, OPEN DESIGN SYSTEM, research paper published on January 31, 2014.

## Modular Architecture عمارة المديولر

نظام البناء من خلال شبكة من الوحدات فى تصميم نمطى حيث يمكن تكرار شكل الوحدة فى تكوينات متعددة، حيث تمثل أجزاء منفصلة والتي يمكن تجميعها مع بعضها لتعطى هيكل المبنى النهائي. وحدات قابلة للتطوير وقابلة لإعادة الاستخدام كذلك يمكن إضافة أو إستبدال أى وحدة دون التأثير على النظام.[3]

## Genetic Algorithm الخوارزميات الجينية

تقنية حسابية استخدمت في الهندسة المعمارية من أجل حل المشاكل الوظيفية والشكلية المعقدة، والتي تعتبر كأداة التصميم المعماري يمكن استخدامها في النظام التطوري المعماري. وهي نظام لحث الهياكل المعمارية الحركية على التصرف بكفاءة، حيث توجد طرق عديدة لتحسين أداء المبنى وزيادة قدرته على البيئة المحيطة لتحقيق الاستفادة المثلى على المدى الطويل. [4]

## أولا: بعض المفاهيم عن التطور فى الكائنات الحية كمحاكاة لتطور الأنظمة البيئية فى الطبيعة وكيفية الإستفادة منها فى مجال العمارة

### 1- مفهوم النمو فى الكائنات الحية:

النمو ظاهرة طبيعية ترتبط بحياة النبات والحيوان والإنسان على اختلاف أشكالهم وأنواعهم، وعلى اختلاف مستويات تطورهم وتعقد بنيتهم العضوية والجسدية. للنمو قوانينه الطبيعية التي تجعله مستقلاً عن إرادة الكائنات الحية الخاضعة له، فليس في مقدور النبات أو الحيوان أو الإنسان رفض عملية النمو التي يخضع لها. [5]

أصل الإنسان فى نظرية التطور أن جميع المخلوقات توالدت من بعضها البعض مع مرور السنين بفعل التطور الطبيعى. والتى نشأ عنها علم الجينات (العلم الذى يدرس الصفات المتوارثة وما ينتج عنها من تنوع فى الكائنات الحية.[6]

### 2- مفهوم تطور النظم البيئية:

يمكن إدراك وظائف النظم البيئية وتطورها من خلال دراستها ضمن أنواعها وأحجامها المختلفة، والمهم هنا أن تكون عناصر النظام البيئي متكاملة وتعمل معا لإنجاز نوع من التوازن الطبيعي والوظيفي ولو لفترة زمنية قصيرة.

وهناك كائنات تطورت عبر عصور جيولوجية طويلة إلى أنظمة متزايدة التعقيد والتنوع التي أنجزت سيطرة على الجو وأستوطنت من أنواع متعددة الخلايا أكبر وأكثر تنظيما ضمن المجتمع.[7]

فكرة تطور النظم البيئية فى الطبيعة تعتمد على الحاجة للزيادة فى حجم المسكن لإحتواء عدد أكبر من أفراد النظام وبالتالى يتطور الشكل العام لهيكل النظام ليتكيف مع الزيادة فى العدد والإحتياجات لتلك الكائنات، وهى الفكرة التى إنطلق منها مفهوم التطور فى العمارة حيث أن المبنى هو نظام وجزء من البيئة المحيطة له والذى قد يتطلب نوع من التطور لمناسبه إحتياجات ساكنيه المستقبلية.

---

[3] Riham Nady, When Beauty and Efficiency Meet: Modular Architecture, research paper, Arch2o, http://www.arch2o.com/language-modular-architecture.8/8/2016/

[4] Siyuan Jing, Architectural evolutionary system based on Genetic Algorithms, research paper published on February 17, 2016.

[5] بهاء الدين تركية، النمو ،مقال،الموسوعة العربية، https://www.arab-ency.com/ar/%D8%A7%D9%84%D8%A8%D8%AD%D9%88%D8%AB/%D8%A7%D9%84%D9%86%D9%85%D9%88 2017/4/2

[6] غادة الحلايقة، ما هى نظرية التطور ، مقال ، موقع موضوع الإلكترونى 2016/11/28

[7] حسين وحيد عزيز الكعبي ،مقال ،وظائف النظم البيئية وتطورها ، محاضرة بنظام التعليم الإلكترونى ،كلية التربية الأساسية ،جامعة بابل ، العراق 2013/4/17

## ثانيا: تطبيق مفهوم التطور فى العمارة

المبدأ الأساسى للعمارة الحديثة هو الحركة والقدرة على التغيير تبعا للمتطلبات المتجددة من هنا جاءت تطبيق فكرة التطور في العمارة، والعمارة التطورية هى عمارة ديناميكية متحركة شجعت على الخروج من نظام البناء التقليدى إلى البناء بنظام الوحدات المتكاملة، حيث المبنى ينمو ويتطور بداية من وحدة تليها وحدات أخرى تتصل ببعضها مباشرة أو من خلال وحدات أصغر Connectors

وتتعدد أشكال الوحدات التي يمكن أن تنمو من خلال وحدات جديدة بتركيبات معينة حيث الأشكال الهندسية Geometric Shapesالدائرية أو المتعددة الأضلاع (سداسية أو ثمانية ...إلخ) والتى تساعد على إنتاج وحدات جديدة ملحقة بالوحدات الأصلية للهيكل . لذلك فإن الأشكال فى العمارة التطورية متعددة الأبعاد بحيث تتيح الفرصة لتصميم متطور يدعم فكرة التغيير المستمر للفراغات الداخلية.

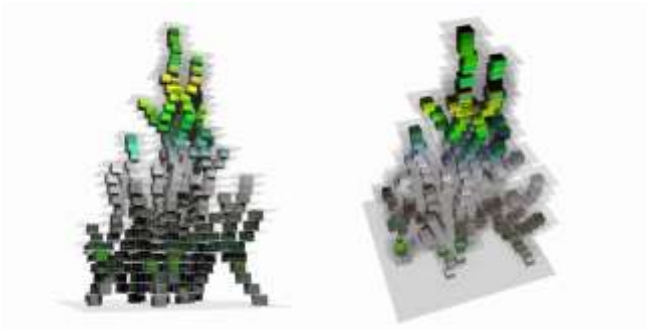
### 1- تعريف العمارة التطورية:

فلسفة تطبيقية مستندة على الدراسة العميقة لعمليات الطبيعة والكائنات الحية والتراكيب والمواد فى تعدد المستويات من الجزيئات الذرية إلى دراسة عضلات الحشرة وعلم التشريح الحيواني، وجميع العلاقات البيئية، ثم تطبق هذه المعرفة فى مجالى التصميم والعمارة. [8]

### 2- النمو الهيكلى فى العمارة التطورية:

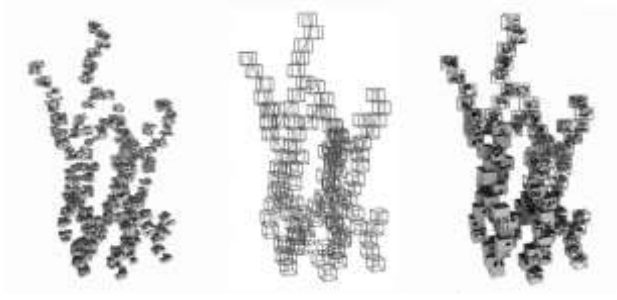
التصميم التطورى هو أيضا تصميم بارامترى يدعم النمو ثلاثى الأبعاد كما يوضح النموذج شكل (1)، حيث يمثل هيكل المبنى فى العمارة التطورية مزيج من المحاكاة لأنماط النمو الطبيعي وطرق التصميم الرقمي الحديثة.

العمارة التطورية تعتبر عمارة خلق وتوليد Generative architecture، لأنها تعمل على إنتاج جيل جديد من وحدات المبنى الأساسية ،وهذه الوحدات الجديدة تسمح بالإضافة والنمو التطوري للمبنى كله في عدة اتجاهات.



**شكل(1) نموذج توضيح تصميم الهيكل فى العمارة التطورية.**

يتبع تصميم هيكل المبنى دراسة موروفولوجية تسمح بتطور سلسلة الوحدات من أسفل إلى أعلى بناء على نظام رياضى رقمى وبواسطة برامج الكمبيوتر المتخصصة والتى تعمل على تحديد المحاور الجديدة لربط الأشكال الغير المتجانسة للوحدات النامية .ومن ثم إظهار المرحلة النهائية على البرنامج قبل تطبيقها كما فى شكل (2) .



**شكل (2) إظهار الشكل النهائى للهيكل من خلال برنامج الكمبيوتر المتخصص**

[8] Neal Panchuk,An Exploration into Biomimicry and its Application in Digital & Parametric (Architectural) design ,master thesis, Waterloo, Ontario, Canada, 2006.p25

يتم التعامل مع كل وحدة كجزء من الهيكل نفسه مكملة وليست زائدة، وهو ما نراه فى الطبيعة والكائنات الحية حيث تظهر أى سلالة متفرعة من الأصل. هنا يمثل المحور الرئيسى هيكل المبنى وهو الأصل الذى يتطور وينموليصبح قادرا على إستقبال أجزاء جديدة تنتمى له والتى يمثلها الجيل الجديد من الوحدات القابلة للسكن ، لذا لابد من تصميم قنوات اتصال بحسابات محددة لتحقيق عملية الربط .[9]

## ثالثا: أهم الإتجاهات التى إتبعتها العمارة التطورية فى التصميم

### الاتجاه الأول:

**تطور المبنى من خلال إضافة هيكل جديد من مواد قابلة للتمدد لربط المبنى القديم بمبنى حديث**

معظم المبانى فى العمارة الحديثة بنيت بنظام الهياكل الثابتة لذلك تتسم بالعقم وعدم المرونة حيث لا يمكنها التطور ولا تسمح بالإضافة، وبالتالي لا توفر وسطا مناسبا لتلبية إحتياجات الإنسان المتجددة مع مرور الوقت مما يضطر الأشخاص إلى الانتقال لفراغات أكبر.

كما ذكرنا سابقا أن فكرة تطور المبنى تعتمد على إضافة أجزاء للهيكل الرئيسى وذلك لتلبية إحتياجات طرأت مستقبليا بعد البناء بفترة قد تكون طويلة. كذلك بعض المباني القديمة قد تحتاج إلى توسيعات للفراغات الداخلية وهذا غير ممكن فى نظام البناء القديم حيث أن العمارة الثابتة لها هيكل محدد، وقد لا تسمح مواد البناء التقليدية بالإضافة أو التعديل على شكل المبنى إلا فى أضيق الحدود.

أيضا المبانى العامة مثل المتاحف والمستشفيات والمسارح تتطلب أحيانا إضافة مبانى كملحقات للمبنى الأصلى بينما تواجه مشكلة المساحة المحدودة لذا يكون من الصعب التوسع بما يناسب المتطلبات الوظيفية الجديدة.من هنا ظهر الإتجاة الأول لتطور العمارة وهو اللجوء لبعض الحلول الإبتكارية البسيطة لإضافة بعض الأجزاء للمبنى وذلك بإستخدام مواد خفيفة قابلة للتمدد كالأخشاب والالهياكل المعدنية والزجاج. مع مراعاة تصميميها بشكل يتوافق مع الشكل الأصلى للمبنى بحيث تظهر كأجزاء جديدة ولكن مكملة للشكل العام للمبنى. نوضح ذلك من خلال بعض الأمثلة كما فى الصورتين (1،2) منازل متطورة بنظام إضافة هياكل خفيفة للمبنى الأصلى.[10]

[9] http://www.new-territories.com/blog/architecturedeshumeurs/?p=94 31/7/2017
[10] https://www.realhomesmagazine.co.uk/completed-projects/case-studies-two-storey-extensions/ 21/8/2017

صورة (1) منزل متطور بإضافة هيكل من المعدن والزجاج للمبنى الأصلي والذي يسمح بمساحة إضافية لغرفة المعيشة

صورة (2) منزل متطور بإضافة هيكل من الخشب والزجاج ملحق بسلالم الحديقة والذي يسمح بإضافة مساحة داخلية للمطبخ.

## الاتجاه الثاني:

**قابلية تصميم هيكل المبنى نفسه للتطور الذاتي حيث يتكون المبنى من وحدات قابلة للتمدد**

العمارة الحديثة التي تتبع النظام الديناميكي في البناء تتميز بمرونة عالية فى التصميم وحرية فى الحركة في اتجاهات متعددة، لذلك تعد أكثر مناسبه لاحتياجات الإنسان فى العصر الحديث.

العمارة المتطورة ذاتيا تعطى الفرصة لنمو المساحات الداخلية وتوسيع الفراغات الأصلية لتحقيق أكبر قدر من الاستفادة دون التأثير على الشكل الخارجي للمبنى. وهذا ما يعطى التصميم درجة المرونة اللازمة لتوفير الوقت الذي يتطلبه بناء جزء جديد أو إضافة ملحق للمبنى من مواد أخرى.

ما يحققه هذا الاتجاه هو الوحدة في الشكل والمضمون حيث المبنى قادرا على إنتاج جيل جديد من الوحدات من نفس النوع ونفس الخامات وتحقق الزيادة المطلوبة فى المساحات دون احتياج إلى تعديل فى هيكل المبنى حيث أن هذه الإضافة محسوبة مسبقا فى التصميم الأصلي. بالتالي يتطور المبنى وينمو تبعا للاحتياجات الوظيفية الجديدة ومن خلال الوحدات المتحركة القابلة للتمدد التي تم برمجتها تبعا لنظام رقمي محافظا على الشكل العام له، وكأنه كائن حي ينمو ويتطور.

كما ذكرنا من قبل هيكل المبنى في العمارة التطورية يتكون من محور أو عدة محاور مترابطة مع بعضها بعلاقات رياضية معقدة، ويعتبر كل محور هو نقطة المركز للوحدات المرتبطة به والتي تكون حرة الحركة سواء بزوايا متعامدة أو متراكبة على بعضها البعض لتكوين الشكل النهائي لهيكل المبنى.

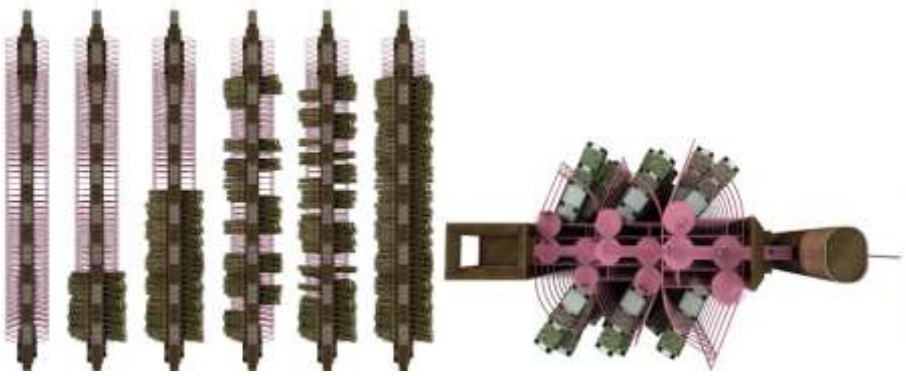
**تعتمد العمارة التطورية على عنصرين أساسين يشترك بينهم عنصر الوظيفة**

### 1. شكل الهيكل Form

يجب أن يصمم هيكل المبنى بشكل يتناسب مع فكرة التطور بالتالي يمكن استخدام العديد من الأشكال الهندسية ثنائية أو ثلاثية الأبعاد في تصميم الوحدات، والتي تسمح بالتكرار مع الإزاحة أو التراكب والتعامد على بعضها البعض.

### 2. التكنولوجيا المستخدمة فى تصميم الهيكل Techniques

يصمم المبنى بنظام رقمي وتبعا لحسابات رياضية دقيقة، والهيكل ديناميكي متحرك يعتمد على مواد من الصلب والاستيل ومجموعة من الوصلات المتصلة بالكمبيوتر والتى تسمح بالحركة الحرة للوحدات فى اتجاهات متعددة حسب التصميم. مثال على ذلك مبنى تطوري عبارة عن ناطحة سحاب مكونة من مئات الوحدات السكنية سابقة التجهيز والقابلة للتمدد. كما يوضح شكل (3) كل من المسقطين الأفقى والرأسى للمبنى، والتى توضح المحاور الستة الرئيسية للهيكل وشكل الوحدات مثبته بأماكنها.



**شكل(3) المسقطين الأفقى والرأسى لناطحة السحاب المتطورة**

أما عن الوحدات المتطورة المستخدمة على طول الهيكل فهى وحدات منفصلة مستطيلة الشكل ، سابقة التجهيز وقابلة للتمدد لتتسع مساحتها إلى الضعف كما يوضح شكل (4) كل من حالتى التمدد والإنكماش للوحدة. تصميم الوحدات مرن ومتطور حيث يمكن استخدام الوحدة كما هى فى حجمها الطبيعي، ثم عند تغير احتياجات ساكنيها يمكن زيادة مساحتها الداخلية لتناسب الوضع الجديد.[11]

**شكل (4) الوحدة المتطورة فى كل من حالتها الأصلية وحالتها بعد التمدد.**

## رابعا: أنظمة العمارة التطورية

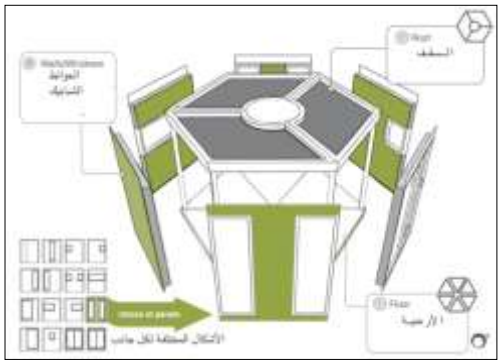
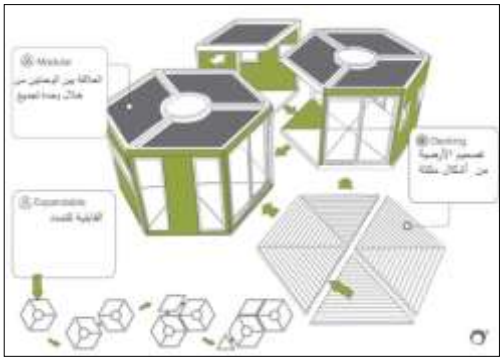
هناك عدة أنظمة للبناء فى العمارة التطورية تعتمد كل منها على تشكيلات هندسية مختلفة ولكل منها نظام خاص بها يسمح بتكوين هيكل مبنى متكامل قابل للزيادة تبعا للحاجات المستقبلية وبدون التأثير على الشكل الخارجى للمبنى، حيث أن المبنى تبعا لهذه الأنظمة يعد مصمم مسبقا للتطور الذاتى.

[11] http://www.tuvie.com/felipe-campolina-designed-a-skyscraper-with-portable-housing-a-new-way-to-inhabit/ 30/8/2017

## النظام الأول .....نظام البناء الكبسولات

يعتمد هذا النظام على فكرة التطور من خلال وحدات منفصله بعضها ثابتة والأخرى قابله للتمدد والحركة، والتى تسمى "الكبسولة" . الكبسولة المفردة تحتوى على المتطلبات اللازمة لاستخدام فرد أو فردين، بينما مع زيادة عدد الكبسولات يمكن تكوين مبنى متكامل مثل الشجرة التي لها فروع تنمو وتتطور مع الوقت تبعا للاحتياجات المتجددة للأفراد.

**الجدول (1) التالي يضم الأمثلة التى توضح تصميم الكبسولة وتطور المبنى فى نظام الكبسولات:**

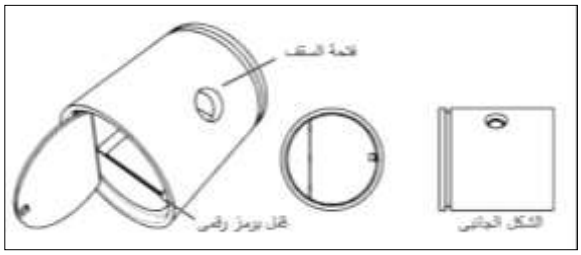
| | |
|---|---|
| كبسولة الخلية HIVEHAUS | **الكبسولة فى الحالة المفردة**<br>الكبسولة من تصميم بارى جاكسون ،عبارة عن وحدة سداسية منتظمة الشكل مكونة من سقف وأرضية وسته جوانب لها أشكال مختلفة كما هو موضح شكل(5).<br>الحوائط المتحركة تسمح بحرية تصميم المساحة الداخلية تبعا للوظيفة والتى يمكن تغييرها فى المستقبل.<br>كل خلية لديها أرجل قابلة للتعديل بحيث يمكن تثبيتها على جميع الأرضيات .<br>  <br>**شكل(5) الأجزاء المكونة لكبسولة الخلية**<br>**تطور المبنى فى نظام الكبسولات**<br>الشكل السداسى للوحدات يسمح بضمها على شكل مجموعات ، وبذلك يكون لها القابلية على التمدد وتوسيع حجمها بإضافة وحدات ربط كما فى شكل (6) والتى تجمع بين وحدتين أو ثلاثة من خلال شبكة مديول .[12]<br>  <br>**شكل (6) نظام تطور كبسولة الخلية**<br>التطور فى هذا النظام يعتمد على الإمتداد الأفقى كما هو موضح بالصورة(3)،ويمكن إضافة العدد المطلوب من الخلايا لإتمام هيكل المبنى.<br> |

[12] http://design-milk.com/hivehaus-modular-hexagonal-home-barry-jackson/

كبسولة الأنبوبة TuboHotel

**الكبسولة فى الحالة المفردة**

الكبسولة عبارة عن أنبوبة إسطوانية مصنعة من الخرسانة معاده التدوير كما يوضح شكل (7)، الوحدة مصممة كغرفة نوم فندقية لفرد أو فردين مع حساب التهوية والإضاءة اللازمة.




**شكل (7) الأجزاء المكونة لكبسولة الأنبوبة**

تستخدم هذه الكبسولات فى فندق توبوهوتل بالمكسيك. وتوضح الصورة (4) التصميم الداخلى لها، والمكون من سرير مزدوج ووحدة جانبية.

**صورة(4) التصميم الداخلى لكبسولة الأنبوبة**

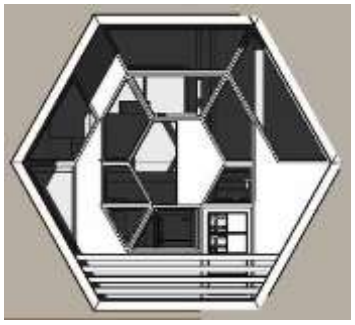
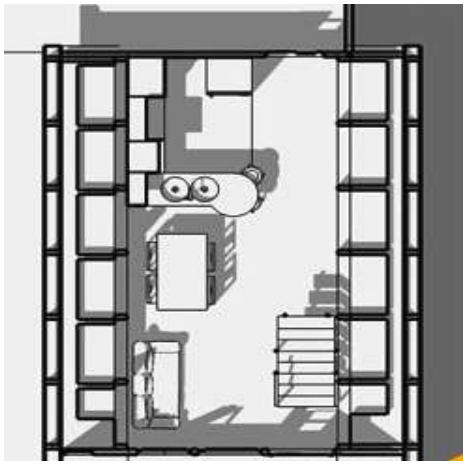
**تطور المبنى فى نظام الكبسولات**

فندق تيبوهوتيل كمثال مكون من مجموعة من كبسولات الأنبوبة والتى تظهر على شكل هرمى والناتج عن إرتكاز الوحدة العلوية على محور منتصف الوحدتين السفليتين فتصبح كل مجموعة مكونة من ثلاث كبسولات مرتبطة بسلم خارجى.

يتطور المبنى فى كل من الإتجاهين الأفقى والرأسى حيث يسمح الشكل الإسطوانى للأنابيب بإضافة كبسولة جانبية وأخرى علوية كما فى صورة(5) .جميع الكبسولات تواجه بعضها البعض فى مساحة مفتوحة خارجية مطلة على الحديقة.[13]

**صورة(5) الشكل الخارجى لمبنى فندق تيبوهوتيل**

[13] https://dornob.com/tube-hotel-stacked-sewer-pipes-take-hostel-to-new-heights/ .16/10/2017

| | |
|---|---|
| كبسولة الجرافين Graphene Loft | **الكبسولة فى الحالة المفردة**<br>الكبسولة مصممة كمحاكاة لصفائح الجرافين فى ذرات الكربون التى تصنع سلسلة متكاملة من خلال عده علاقات هيكلية ثلاثية الأبعاد. الوحدة سداسية الشكل كما يوضح المسقط الرأسى شكل (8) ، وهو ما يسمح بارتباطها بوحدات أخرى من خلال إحدى الجوانب وكذلك سهولة تثبيتها.<br>  <br>**شكل(8) المسقط الرأسى لكبسولة الجرافين**<br>الكبسولة الواحدة مستقلة بنفسها ولها نظام للإضاءة والتهوية. كل وحدة عبارة عن شقة دوبلكس مساحتها 50متر مربع ،منقسمة إلى مستويين بينهم سلم داخلى .<br>المستوى الأول يحتوي على المطبخ وغرفة الطعام، وقطع الأثاث مدمجة فى الجدران كما يوضح القطاع الأفقى شكل (9) ،أما المستوى الثاني يحتوي على غرفة نوم وحمام ومكتب.<br>  <br>**شكل(9) القطاع الأفقى لكبسولة الجرافين يوضح التصميم الداخلى للدور الأرضى**<br>**تطور المبنى فى نظام الكبسولات**<br>تطور المبنى يعتمد على إستخدام الجرافين كعنصرهيكلى يسهل تكرار وحداته فى الاتجاهين الأفقى والرأسى.كما فى صورة(6) يتكون المبنى من مجموعة وحدات مدمجة تصنع شكل سلسلة تشبه خلايا النحل.[14]<br> |

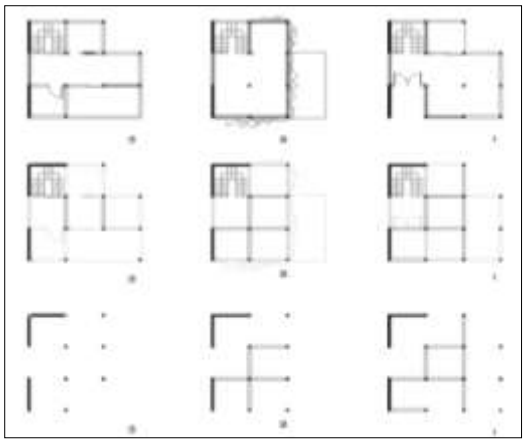
**الجدول (1) يوضح تطور المبنى في نظام الكبسولات من خلال عدة أمثلة للأنواع المختلفة للكبسولة.**

## النظام الثاني .....نظام المديولر

يعتمد هذا النظام على فكرة التطور من خلال شبكة نمطية تعتمد على تكرار وحدات ثابتة أو متحركة ذات أشكال هندسية مع إحداث إزاحة بشكل معين لتكوين نسق متعارف عليه، تلك الوحدات قابله للنمو والتغيير المستمر للتكيف مع البيئة الداخلية للمبنى.

[14] Fernanda Castro, Concept Graphene Loft, 29 June, 2012. http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-167166/concepto-grafeno-loft-arketiposchile

المديول هو وحدة تتشكل من جزء أو عدة أجزاء منفصلة عند تجميعها تكون نظام أو تكوين ، والمديول يمكن أن يكون وحدة منفردة أو متراكبة، لذلك أى بناء يحتوى مديولات يسمى بناء مديولى. المديول وحدة كمية وحجمية تستخدم كمعامل للتنسيق بين الأبعاد المختلفة ويعد وحدة قياسية مشتركة لكل العمليات الحسابية فى العمارة الهندسية. يستخدم الشكل الهندسى كمديول فى تصميم البناء لينتج عنه شبكة لها إحداثيات ، مثلا باستخدام المربع كمديول ثم مضاعفته وتقسيمه كما فى شكل(10) ينتج عن ذلك تقاطعات مربعة توزع عليها أجزاء البناء المختلفة.



**شكل(10) إستخدام المربع لتكوين شبكة مديول هندسية لإحدى فراغات المبنى[15]**

العمارة المديولية ذات تصميمات شبكية يمكن من خلالها تكوين مجموعة من الكتل سواء المصمتة أو المفرغة والتى تسمح بتشكيلات عديدة ومتنوعة لعناصر هيكل المبنى من أعمدة وحوائط . هذه الشبكات تناسب تصميمات العمارة الديناميكية بشكل كبير حيث تسمح بحركة الإحداثيات من خلال عدة مواضع بدون تقيد بأبعاد محددة وذلك تبعا للوحدات القياسية المديولية.[16]

نستعرض تطور المبنى فى نظام المديولر من خلال المثال التالي:

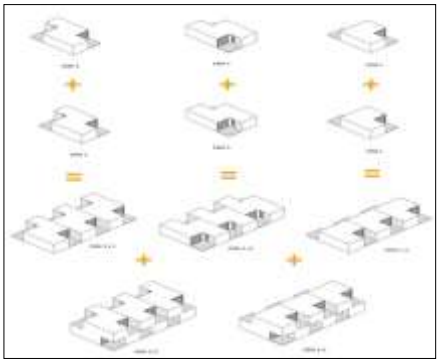
**الإسكان الاجتماعي الإيبيرو الأمريكي التاسع بيو / الأرجنتين**

مجموعة من المساكن ذات الطابع الشعبي مدينة روساريو بالأرجنتين بأمريكا الجنوبية شكل (11)،حيث تم تصميم هيكل المبنى بنظام المديولر. بنيت هذه المساكن تبعا لمبدأ مرونة التصميم من خلال مساحات الاستخدام المشترك التي تسمح بالتفاعل الإجتماعى وتتطور تبعا لشبكة مديولية.

**شكل(11) تطور المبنى تبعا لنظام المديولر، مبنى الإسكان الاجتماعي الإيبيرو الأمريكي**

[15] https://uxmag.com/articles/what-grid-system-architecture-and-the-golden-ratio-do-for-web-design

[16] أحمد نجم الدين،نحو منظومة أولية للتصميم المعمارى باستخدام الشبكات المديولية، دكتورا فى التصميم المعمارى،كلية هندسة،جامعة القاهرة ،بحث منشور بجريدة جامعة الأزهر2012



المبنى مكون من وحدات مستطيلة الشكل تنشأ الوحدة الأساسية من إزاحة قطعتين متساويتين مع التكرار بشكل نمطى على شبكة مديولية متساوية الأبعاد.يعمل التكرار مع الازاحة شكل (12) على خلق تكوين يتطور لينتج هيكل المبنى.ومع اختلاف اتجاه الازاحة يختلف الشكل النهائى للوحدات حيث بعضها يأخذ شكل حرف S والناتج عن مستطلين متوازيين بينهم ازاحة، والبعض الآخر يأخذ حرف شكل L .

**شكل(12) التكوينات المختلفة لهيكل المبنى فى نظام المديولر**

يتطور المبنى من خلال النمو فى الاتجاهين الأفقي والرأسي متبعا مبدأ المرونة التي تسمح بالتغيير الداخلي لفراغات كل وحدة سكنية كما فى شكل (13) تبعا للاحتياجات المستقبلية.[17]

**شكل(13) التصميم الداخلى للوحدات فى نظام المديولر يسمح بقدر كبير من المرونة.**

## النظام الثالث.....نظام الخوارزميات الجينية

الخوارزمية الجينية عبارة عن تقنية حسابية استخدمت في الهندسة المعمارية من أجل حل المشاكل الوظيفية والشكلية المعقدة، والتى تعتبر كأداة التصميم المعماري يمكن استخدامها في النظام التطوري المعماري. كما تمثل نظام لحث الهياكل المعمارية الحركية على التصرف بكفاءة، حيث توجد طرق عديدة لتحسين أداء المبنى لتحقيق الاستفادة المثلى على المدى الطويل. [18]

التطور بنظام الخوارزميات الجينية يعتمد على حساب البنية المعمارية الحركية للمبنى واختبار حلول عشوائية لضمان التحسين النهائي المناسب للمبنى وتأقلمه مع البيئة. هذا النظام هو نموذج كيفية تطور المبنى ذاتيا والذي يعد اتجاه معماري حديث يعتمد على التشكيل تبعا لحسابات رياضية دقيقة من خلال برامج كمبيوتر متخصصة وعلى مستوى عالي من التكنولوجيا، أى أن هيكل المبنى مبرمج ليتطور من نفسه وينمو لينتج أجزاء جديدة كمحاكاة لعمليات النمو فى الطبيعة.

التطور فى نظام الخواريزميات الجينية :

الخوارزميات الجينية هى نماذج ذاتية النمو تجمع بين العمارة الحيوية والتكنولوجية الحديثة، حيث أن مستوى التشكيل للنموذج الواحد يتم تصميمه إنشائيا ليسمح بإعادة إنتاج نماذج أخرى على طول الهيكل. يوضح شكل (14) إحدى الخوارزميات من تصميم مايكل هانزميرير.

[17] Nicolás Valencia, First place in the Ibero-American Social Housing. 19 December, 2014 https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/759050/primer-lugar-en-concurso-iberoamericano-de-vivienda-social-ix-biau-argentina

[18] Siyuan Jing, Architectural evolutionary system based on Genetic Algorithms, research paper published on February 17, 2016. http://www.interactivearchitecture.org/architectural-evolutionary-system-based-on-genetic-algorithms.html

**شكل (14) خواريزمية نظام لمايكل هانزميرير.** [19]

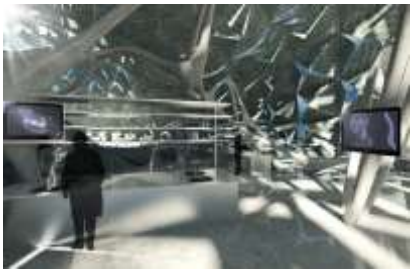
يؤكد هذا النظام على العلاقة بين عملية النمو فى الطبيعة وتشكيل الهيكل فى نظام الخوارزميات، وتختلف كل خوارزمية تبعا لأصلها كمحاكاة لنمو إحدى الأشكال فى الطبيعة فيصبح لها مدلول وتصنع لغة بينها وبين البيئة التى تنشأ بها.[20]

**أمثلة على تطور المبنى فى نظام الخوارزميات الجينية:**

**المثال الأول: تصميم معهد بحوث متعددة التخصصات Research Institute**

**صورة(7) تطور هيكل المبنى تبعا للخوارزمية**

يقع المبنى في وسط مدينة لوس أنجلوس وتصميمه يعد محاكاة لكائن حي يتفاعل مع بيئته حيث يتحكم الهيكل تلقائيا في مساميته من خلال شبكة من الخوارزميات المتقدمة صورة (7). الخوارزمية مكونة من أجزاء هيكلية أولية تتطور منها أجزاء ثانوية موزع عليها الأحمال المختلفة.



**شكل(15) تصميم وحدات الفتحات في واجهه المبنى تبعا للخوارزمية**

تصميم هيكل المبنى يعتمد على مجموعة كبيرة من البيانات والعمليات الحسابية الدقيقة التي تؤثر على كل أجزائه تبعا لنظام برمجة متخصص يمكن التحكم فى واجهة المبنى والتي تتكون من شبكة متقلبة باستمرار من الفتحات شكل (15) بنفس تسلسل الخوارزمية ليس فقط للتحكم في ظروف الإضاءة الداخلية ولكن أيضا ملحق بها نظام الفتح والإغلاق لتصفية الهواء وتقليل التلوث.

**شكل(16) الفراغات الداخلية للمبنى تبعا لتصميم الخوارزمية**

كذلك يعمل النظام على العزل الصوتى والتحكم في مستويات الصوت داخل المبنى. حيث أن التصميم الداخلي للمبنى شكل(16) تصميم مرن ومفتوح لمجموعة من الأجزاء الهيكلية تربط بينها شبكة وحدات تكرارية تمتد في الاتجاه الأفقى على طول السلسلة الخواريزمية مما يسمح بتطور الفراغات وسهولة التقسيم الداخلى لها تبعا للحاجة.[21]

[19] Kathrin M. Wiertelarz, Processes of making: Algorithmic methods in architectural practice, book, kassel university press GmbH. 2015 .p39

[20] تصرف الباحثة من المرجع السابق ص 38،39

[21] http://www.evolo.us/architecture/research-institute-is-a-study-on-emergent-porosity-through-genetic-algorithms/ 18/12/2017

**المثال الثاني: الإسكان الجديد لشنغهاي Algorithmic Housing for Shanghai**

المشروع من تصميم مارسين بيلسنياك Marcin Pilsniak
مشروع إسكان ليقام بمدينة شنغهاي بالصين، بهدف استكشاف الحلول الممكنة لمشاكل الإسكان في المدن النامية.
التصميم يضم مجموعة من المباني المرنة لتناسب البيئة الديناميكية للمدينة كما توضح صورة (8)، وذلك من خلال تطبيق قواعد النمو على الهيكل المعماري والتي تضمن له أن يتطور باستمرار وفقا لتفاعله مع البيئة.

**صورة(8) مشروع إسكاني بشنغهاي يتطور بنظام الخوارزمية**

المشروع يعد نموذج لإنشاء هياكل معمارية قادرة على التطور الذاتي والاستجابة للتغيرات المستمرة في البيئة المحيطة صورة(9).يعتمد التصميم على ستة خوارزميات مختلفة تم تعيينها على نموذج ثلاثي الأبعاد كمجموعة من الأسطح الديناميكية التي تشكل النظام البيئي الأساسي لمنطقة سكنية.

**صورة(9) نموذج الهيكل المعماري المتطور بنظام الخوارزمية**

نموذج الخوارزمية مقسم إلى أربع فئات رئيسية، بما في ذلك المنطقة السكنية الأساسية والمنطقة السكنية الحديثة والمنطقة التجارية والمنطقة الترفيهية. والخوارزميات الحضرية الستة المستخدمة في المشروع هي (النشاط التجاري، نظام العبور، نظام الحدود، الكثافة السكانية، ارتفاع المبنى، والمناطق الترفيهية). وبناء على ذلك يتم تحويل البيانات التي تم إنشاؤها بواسطة الخوارزميات إلى الهندسة المعمارية من خلال مجموعة أخرى من القواعد التي تترجم المعلومات إلى قانون البناء للتحليل المادي والهيكلي.[22]

## خامسا: نموذج تطبيقي للعمارة التطورية

**مشروع مسابقة الإسكان لعام Housing Competition 2007**

تصميم كل من جيفري إيلاندر Geoffrey Elander، سانغ دوك مو Sang Duk Mo
المبنى ليس مجرد مبنى سكنى أو تجارى ولكنه يشمل كل هذا حيث ينمو بنمو ساكنيه ويتطور لتلبية احتياجاتهم فيصبح مبنى سكنى وادارى وتجارى في نفس ذات الوقت أي أنه ذاتي التطور صورة(10).

**صورة(10) المبنى ذاتى التطور يشمل كل الأنشطة (سكنى، تجارى، ادارى)**

[22] http://www.evolo.us/architecture/algorithmic-housing/#more-2100 19/12/2017

يبدأ تصميم الهيكل من وحدة واحدة والتي تمثل نقطة انطلاق الكبسولات التي تتطور من خلال حسابات دقيقة لإنتاج مجموعة وحدات جديدة كمحاكاة للنواة المركزية التي تجذب حولها عده محاور.

يعتمد التصميم على نوعين من وحدات الكبسولات تتطور لاستيعاب عدد أكبر من الأفراد، كما يظهر في الشكلين (17،18) .

**الشكلين(17،18) تطور الوحدات في كلا من الاتجاهين الرأسى والأفقى.**

هناك مجموعة من الكبسولات تتطور في الاتجاه الرأسى والتي تقع في منتصف المبنى، أما المجموعة الأخرى من الكبسولات تتطور في الاتجاه الأفقي وتقع على الجانبين ، هذا التنوع يخلق حركة وانسيابية والتي تحاكى نمو فروع النباتات في الطبيعة صورة(11).

**صورة (11) تطور الكبسولات على امتداد هيكل المبنى يحقق الاتصال والحركة.**[23]

## النتائج:

في نهاية البحث تم التوصل الى عده نتائج:

- العمارة التطورية هي نموذج العمارة الحديثة التي تتناسب مع متطلبات الإنسان المتغيرة من خلال انتاج جيل جديد من المباني المتطورة ذاتيا.
- يمكن للمبنى أن يحاكى نمو الكائنات الحية في الطبيعة من خلال تطبيق مفاهيم التطور في العمارة.
- هناك اتجاهين للتطور في العمارة:
  - الاتجاه الأول: تطور المبنى من خلال إضافة هيكل جديد.
  - الاتجاه الثاني: قابلية المبنى للتطور الذاتي.
- تعتمد العمارة التطورية على عنصرين أساسين ( شكل الهيكل والتكنولوجيا المستخدمة في التصميم).
- المبنى يمكنه أن يتطور وينمو ليستوعب عدد أكبر من الأفراد على المدى الطويل وذلك من خلال إتباع أنظمة تكنولوجية حديثة للبناء.
- هناك عدة أنظمة للبناء في العمارة التطورية حيث أن المبنى تبعا لهذه الأنظمة يعد مصمم مسبقا للتطور الذاتى:
  - النظام الأول نظام البناء الكبسولات.
  - النظام الثاني نظام المديولر.
  - النظام الثالث نظام الخوارزميات الجينية.

[23] http://www.evolo.us/2010/0/page/50/ 19/12/2017

**التوصيات:**

**في نهاية البحث توصى الباحثة بالتالي:**

– دراسة كل من الخامات والميكانزم لهياكل المباني التطورية ومدى مناسبتها للبيئة التي تنشأ بها لما له من تأثير على قدرة المبنى على التفاعل مع محيطه في المستقبل.

– دراسة التصميم الداخلى للمبانى التطورية والذى يتطلب مواصفات خاصة بحيث يوازى التطور مع هيكل المبنى نفسه.

– تحليل نماذج تطبيقية لتكنولوجيا الواقع الافتراضي وكيفية الاستفادة منها في إنشاء فراغات تطورية من خلال برامج متخصصة.

– دراسة عناصر الفراغ الداخلى المتطور وخاصة قطع الأثاث التي لها قابلية لتغيير شكلها للتأقلم مع الزيادة في عدد الأفراد.

## المراجع:

**اولا الكتب الإنجليزية**

1-Neal Panchuk,An Exploration into Biomimicry and its Application in Digital & Parametric (Architectural) design ,master thesis, Waterloo, Ontario, Canada, 2006.p25.
2-Kathrin M. Wiertelarz, Processes of making: Algorithmic methods in architectural practice, book, kassel university press GmbH. 2015 .p39.

### ثانيا الأبحاث المنشورة

1-أحمد نجم الدين،نحو منظومة أولية للتصميم المعمارى باستخدام الشبكات المديولية، دكتوراه فى التصميم المعمارى،كلية هندسة،جامعة القاهرة ، بحث منشور بجريدة جامعة الأزهر2012

2 -Nailuchen, OPEN DESIGN SYSTEM, research paper published on January 31, 2014.
3 -Riham Nady, When Beauty and Efficiency Meet: Modular Architecture, research paper, Arch2o, http://www.arch2o.com/language-modular-architecture.8/8/2016/
4 -Siyuan Jing, Architectural evolutionary system based on Genetic Algorithms, research paper published on February 17, 2016.

### ثالثا الرسائل العلمية

1 -Neal Panchuk,An Exploration into Biomimicry and its Application in Digital & Parametric (Architectural) design ,master thesis, Waterloo, Ontario, Canada, 2006.p25

### رابعا مواقع الانترنت

1-http://www.new-territories.com/blog/architecturedeshumeurs/?p=94
2-https://www.realhomesmagazine.co.uk/completed-projects/case-studies-two-storey-extensions/
3-http://www.tuvie.com/felipe-campolina-designed-a-skyscraper-with-portable-housing-a-new-way-to-inhabit/
4-http://design-milk.com/hivehaus-modular-hexagonal-home-barry-jackson/
5-https://dornob.com/tube-hotel-stacked-sewer-pipes-take-hostel-to-new-heights/
6-http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-167166/concepto-grafeno-loft-arketiposchile
7-https://uxmag.com/articles/what-grid-system-architecture-and-the-golden-ratio-do-for-web-design
8-https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/759050/primer-lugar-en-concurso-iberoamericano-de-vivienda-social-ix-biau-argentina
9-http://www.interactivearchitecture.org/architectural-evolutionary-system-based-on-genetic-algorithms.html
10http://www.evolo.us/architecture/research-institute-is-a-study-on-emergent-porosity-through-genetic-algorithms/
11-http://www.evolo.us/architecture/algorithmic-housing/#more-2100
12 - http://www.evolo.us/2010/0/page/50/