international DESIGN JOURNAL
Print ISSN 2090-9632
Online ISSN 2090-9640

مفهوم التنظيم الذاتي وتطبيقاته في مجال العمارة

The concept of self-organization and its applications in the field of architecture

أسماء رمضان حسنين
مصممة خزف، asmaaramadan.arts@gmail.com
خالد سراج
مدرس، قسم الخزف، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، khaledsirag@yahoo.com
منى محمود
أستاذ مساعد، قسم الخزف، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، mahmoudmona1978@gmail.com

ملخص البحث

ساعدت التكنولوجيا الرقمية المصمم على تفسير الظواهر الطبيعية الشكلية من خلال تحليلها والتعلم منها، مثل مناهج التنظيم الذاتي كمدخل للتصميم، وكذلك من خلال فهم أنظمة التكوين المختلفة وتطبيقاتها في التصميم الرقمي، والتي من خلالها يمكننا الحصول على أشكال لا نهائية في التصميم.

في السنوات الأخيرة، بدأ العديد من العلماء في اكتساب مزايا الأنظمة ذاتية التنظيم في الطبيعة من خلال نماذجهم الحاسوبية في مجالات مثل شبكات الاتصالات والروبوتات. تتمثل المزايا الرئيسية لمثل هذه الأنظمة في المتانة والمرونة والقدرة على التكيف والتزامن والتوزيع. التنظيم الذاتي هو مجموعة كبيرة من عمليات التكوين الحرة القائمة على تكرار نمط في الأنظمة الفيزيائية والبيولوجية والكيميائية، إلخ، مثل حبيبات الرمل التي تتجمع في موجات الكثبان الرملية، والمواد الكيميائية المتفاعلة التي تشكل دوامات حلزونية، والخلايا في الكائن الحي التي تشكل أنسجة عالية التنظيم. كل هذه الأمثلة تشترك في نفس المدرسة، حيث أن السمة المشتركة بين هذه الأنظمة المختلفة هي الطريقة التي يتشكل بها نظامها وبنيتها، حيث يتشكل النمط من خلال التفاعلات الداخلية للنظام، دون تدخل المؤثرات الخارجية (البشر).

لقد فسرت جميع الأنظمة الطبيعية التنظيم الذاتي كعملية ذاتية آلية تحدث بمرور الوقت بناءً على التفاعل والترابط بين مجموعة من المكونات والعناصر التي تؤدي إلى العديد من التغييرات في تكوين وبنية وتنسيق الشكل الناتج عن التفاعل والترابط.

الأنماط في الطبيعة هي انتظامات مرئية للشكل موجودة في العالم الطبيعي. تتكرر هذه الأنماط في سياقات مختلفة ويمكن أحيانًا نمذجتها رياضيًا. تشمل الأنماط الطبيعية التناظرات والأشجار واللولب والتعرجات والأمواج والرغوة والفسيفساء والشقوق والخطوط.

كلمات دالة

التنظيم الذاتي، التجميع الذاتي، الأنماط، العمارة.
self-organization, self- assembly, patterns, Architecture

Paper received August 22, 2024, Accepted October 2, 2024, Published on line January 1, 2025

المقدمة: Introduction

ساعدت التكنولوجية الرقمية المصمم في تفسير بعض ظواهر التشكل الموجودة بالطبيعة عن طريق تحليلها والتعلم منها مثل ظاهرة التنظيم الذاتي (self-organization) كمدخل في التصميم وكذلك عن طريق فهم نظم التشكل الجيني (Morphogenesis) المختلفة وتطبيقاتها في التصميم الرقمي والتي من خلالها نستطيع الحصول على اشكال لا نهائية في التصميم .

استفاد العلماء مؤخرا من مزايا انظمة التنظيم الذاتي في النماذج الحسابية بمجالات مختلفة مثل شبكات الاتصالات والروبوتات... الخ. وذلك لانها تتميز بالمتانة والمرونة والقدرة على التكيف. والتنظيم الذاتي عبارة عن مجموعة كبيرة من عمليات التشكل الحر المعتمدة على تكرار نَسَق (نمط) أو نموذج (pattern) في كل من الانظمة الفيزيائية والبيولوجية والكيميائية ....الخ مثل حبيبات الرمال التي تتجمع في الكثبان الرملية المتموجة والمواد الكيميائية المتفاعلة التي تشكل دوامات حلزونية والخلايا في الكائن الحي التي تشكل الانسجة عالية التنظيم وكل هذة الامثلة تشترك في نفس المدرسة حيث أن السمة المشتركة بين هذة الانظمة المختلفة هي الطريقة التي يتكون بها نظامها وهيكلها، حيث يتشكل نمط من خلال التفاعلات الداخلية للنظام، دون تدخل التأثيرات الخارجية (الانسان).

ووضحت العديد من النظم الطبيعية التنظيم الذاتي بأنة عملية ذاتية تلقائية تقع عبر الزمن قائمة على التفاعل والترابط بين مجموعة من المكونات والعناصر التي ينتج عنها تغيرات كثيرة في تركيب وبنية وتنسيق الشكل الناتج عن التفاعل والترابط .

فالطبيعة مليئة بالمعانى والانفعلات والغنى الشكلى فى التركيب والبناء من خلال التفكر في العلاقات والتكوينات والنسب الجمالية في الكائنات، كما انها تعرض مجموعة من الأنماط المعقدة التي تشمل العديد من القيم الجمالية والتي تتمثل في كافة الاسس الشكلية التي تبني وتحدد النظام المكون للانظمة الحية والغير حية فيها .

إن الانماط (pattern) في الطبيعة هي انتظام، وتناسق مرئي، من حيث الشكل، وهذه الأنماط تتكرر في سياقات مختلفة، ويمكن في بعض الأحيان أن يتم نمذجتها رياضيا.
(Stevens, Peter S, 1974, p.3)

وتشمل الأنماط الطبيعية تشابة وتكرار وتناظر، أشجار، لوالب، تعرجات، موجات، فقاعات، مصفوفات، شقوق. يمكن أن تفسر هذة الانماط في الطبيعة بالرياضيات، والفيزياء والكيمياء أنماط في الطبيعة على مختلف المستويات.

CITATION Asmaa Hassanien, et al (2025), The concept of self-organization and its applications in the field of architecture, International Design Journal, Vol. 15 No. 1, (January 2025) pp 251-267

مشكلة البحث: Statement of the Problem

1- إلى أي مدي يساعد مدخل التنظيم الذاتي في النظم الطبيعية الحية (living system) والغير حية (Non living system) مع تأثير العوامل الخارجية والداخلية على بنيتها في إيجاد حلول تصميمية معمارية

2- ندرة الدراسات البحثية التي تتناول دراسة مفهوم التنظيم الذاتي كمدخل للتصميم المعماري رغم أهميته .

أهداف البحث: Research Objectives

1- دراسة مبسطة حول مفهوم التنظيم الذاتي وتاريخه وعلاقته بالتصميم الرقمي والاتجاهات الحديثة بالتصميم مع عرض بعض النماذج المعمارية التي توضح استخدامه كمدخل للتصميم .

2- إيجاد العلاقة بين التنظيم الذاتي في التصميم من خلال النظم الطبيعية الحية (living system) والغير حية (Non living system) ومجال العمارة.

أهمية البحث: Research Significance

1- تحليل مدخل التنظيم الذاتي في النظم الطبيعية الحية (living system) والغير حية (Non living system) والاستفادة منها في الوصول الى تصميمات معمارية.

2- توضح الاستفادة من التنظيم الذاتي كمدخل تصميمي في انتاج وحدات معمارية (نماذج) .

منهج البحث: Research Methodology

يستخدم البحث المنهج التحليلي الوصفي لاستطلاع عناصر المشكلة وتحليلها .

الإطار النظري: Theoretical Framework

1- مفهوم التنظيم الذاتي: (self-organization)

يشير التنظيم الذاتي إلى ظهور نظام عام ينشأ عنة أنماط تنتج من التفاعلات الكلية لمكونات النظام الفردية في الزمان والمكان، وهذا المفهوم معترف به على نطاق واسع كمبدأ اساسي في تشكل الأنماط للأنظمة متعددة المكونات سواء كانت فيزيائية، كيميائية، وبيولوجية، فهو عبارة عن مجموعة كبيرة من عمليات التشكل الحر التي تحدث نتيجة لآلية تكيف داخلية تعمل على تعديل وتخفيف الأستجابة للمؤثرات الخارجية.

(Camazine, Deneubourg, Franks, Sneyd, Theraulaz, Bonabeau, 2002, p.8)

كما وضحت العديد من النظم الطبيعية التنظيم الذاتي بأنة عملية ذاتية تلقائية تقع عبر الزمن قائمة على التفاعل والترابط بين مجموعة من المكونات والعناصر التي ينتج عنها تغيرات كثيرة في تركيب وبنية وتنسيق الشكل الناتج عن التفاعل والترابط .

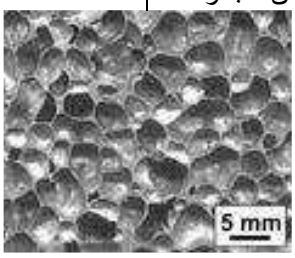
يعتبر التنظيم الذاتي هو نظام تتفاعل فيه العناصر من أجل تحقيق وظيفة أوسلوك عام ديناميكيا.

(Gershenson, C., Kauffman, S. A., and Shmulevich, I. 2006)

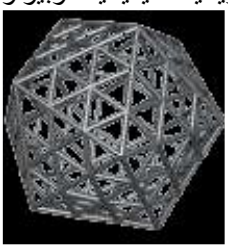
فلا يتم فرض هذه الوظيفة أو السلوك من خلال عنصر واحد أو عدة عناصر، ولايتم تحديدها بشكل هرمي .ولكن يتم تحقيقها بشكل مستقل بتفاعل العناصر المكونة مع بعضها البعض بحيث تنتج هذه التفاعلات ردود فعل لتنظيم النظام.

مثل: الوحدات والعناصر المكونة للنظام قد تكون كائنات خاملة أو ثابتة أو متحركة أو ذاتية الحركة، حبيبات الرمل في الصحراء هي أجسام خاملة، وبسبب نتائج الديناميكا الهوائية والقوى الفيزيائية المختلفة حول الجسيمات (مثل الاحتكاك)، فإنها تشكل كثبانًا متموجة. ويمكن أن تكون هذة الوحدات عضوية أو غير عضوية كما في المواد الكيميائية المتفاعلة التي تشكل دوامات حلزونية وبلورات الثلج والخلايا في الكائن الحي التي تشكل الانسجة عالية التنظيم، أسراب الطيور، وسلوكيات البناء الجماعية للكثير من الحيوانات والحشرات، وتصبغ الخلايا في أنماط جلد الحيوان، وكل هذة الامثلة تشترك في نفس المدرسة حيث أن السمة المشتركة بين هذه الانظمة المختلفة هي الطريقة التي يتكون بها نظامها وهيكلها، حيث يتشكل نمط من خلال التفاعلات الداخلية للنظام، دون تدخل التأثيرات الخارجية (الانسان)، وتسمى هذه السلوكيات بالسلوكيات الناشئة الطارئة (emergent behaviors) .

A



B



C

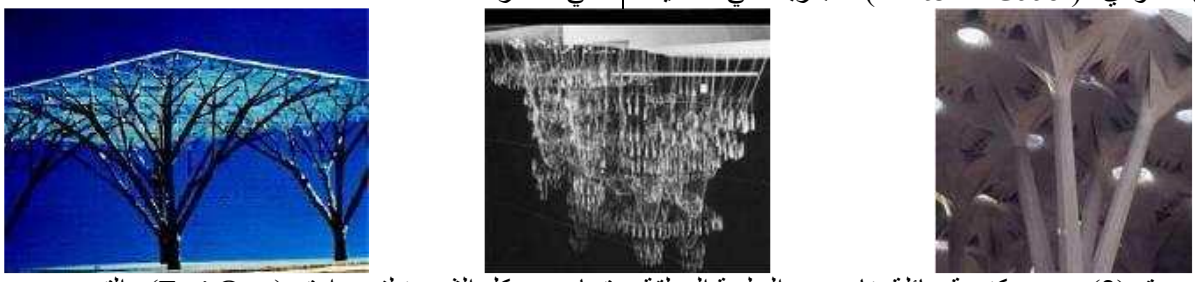
صور (1) يوضح A تنظيم ذاتي لخلية حية .B خلية للمعادن . c الرغوة كمثال غير حي وكيفية الترتيب الهندسي لها

يأتي تطور وتكوين التنظيم الذاتي في النظم البيولوجية من مكونات بسيطة يتم تجميعها معا لشتكيل الهيكل الاكبر الاساسي التي له خصائص معينة وسلوك معين يميزه. حيث أن هذة المكونات البسيطة تتجمع ذاتيا في شكل أكثر تعقيدا. والكائنات البيولوجية يحدث لها تطورات متعددة فتنتج أشكالًا لا تكون منفصلة عن هيكلها و خامتها، في ضوء التسلسلات الهرمية المعقدة داخل الهياكل الطبيعية وتجمعاتها والظواهر والخصائص المفاجئة المتمثلة في الشكل والبنية والمادة التي كلا منهما تعمل على بعضها البعض، وهذا السلوك لا يمكن توقعة بالنسبة للخصائص الثلاثة من خلال تحليل كل منهما على حدة. فالتنظيم الذاتي لأنظمة المواد البيولوجية هو عملية تحدث بمرور الوقت، وهي ديناميكية تمتلك القدرة على إحداث تغييرات في ترتيب وهيكل النظام، والتغييرات التي لها القدرة على تعديل سلوك هذا النظام. وتشمل خصائص التنظيم الذاتي بنية فراغية ثلاثية الأبعاد، والتكرار والاختلاف، والتسلسل الهرمي والنمطية.

This is an Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium,provided the original work is properly cited.

1-1 تاريخ التنظيم الذاتي:

يكمن مفهوم نظام التنظيم الذاتي في التلاقي بين علم الأحياء والرياضيات في عام 1920. حيث البحث عن النماذج في الهندسة المعمارية من خلال النظم الطبيعية فبدأ المعماري أنطوني غاودي (Antoni Gaudi) تجاربة في تحديد الخامات وايجاد الشكل لنماذج السلسلة المعلقة . لكن أول التجارب لهيكل منظم كانت في عمل فراي اوتو (Frai Otto) الذي تم إجراؤه على ثلاثة عقود. والتي قدم نتائج كبيرة في التنظيم الذاتي للأشكال والنظم الطبيعية كمثال للشكل البنائي في العمارة.



صور رقم (2) يوضح كنيسة عائلة غاودي – السلسة المعلقة – تجارب هيكل الشجرة لفري اوتو (Frai Otto) والتي يوضح نشأت التجارب التي تأتي من الاهتمام بالأشكال التي تنتجها النظم الطبيعية، من خلال تعاونه مع عالم الأحياء جيرهارد هيلمكي (Gerhard Helmke)

صورة رقم (3) المظهر الخارجي للسلسلة المعلقة وبعض التفاصيل الداخلية لها .

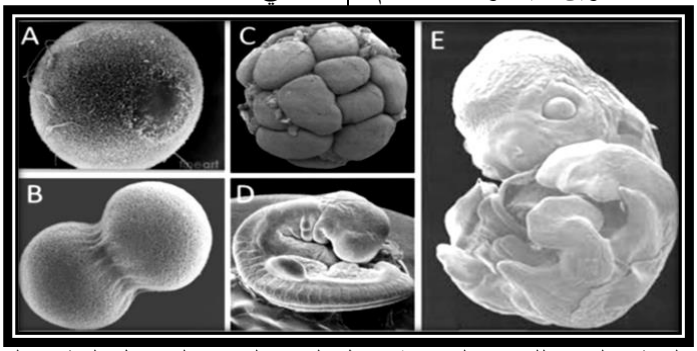
استطاع اوتو ان يقوم بتحليل الانظمة أولاً على النقاط والخطوط والأسطح لتتطور لاحقًا إلى شبكات ثابتة ومرنة والتي من خلالها يتم تزويد المهندسين المعماريين والمصممين المعاصرين بألانظمة الذاتية .

2-1 التنظيم الذاتي في الأنظمة البيولوجية:

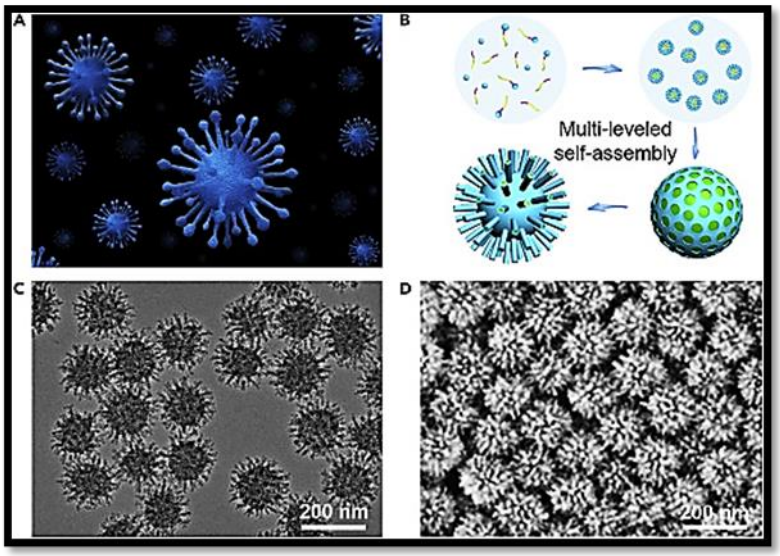
التنظيم الذاتي في الانظمة البيولوجية يعني أن النظام لديه القدرة على تجميع وتنظيم وحداته الفرعية من خلال مستويات ومعايير كثيرة التعقيد. مثل التطور الجنيني عباره عن مثال نموذجي لعمليات التنظيم الذاتي في النظم البيولوجية حيث أن خلال المراحل الأولى من التطور الجنيني، تكون الخلايا الجذعية قادرة على التجميع وإنشاء هياكل محددة تنمو من حيث الحجم والتعقيد بمرور الوقت .

وعلى الرغم من أن كلا من عمليات التجميع الذاتي (self-assembly) والتجميع الذاتي: هو عملية يقوم فيها نظام غير منظم من المكونات الموجودة مسبقًا بتكوين بنية أو نمط منظم نتيجة لتفاعلات محلية محددة بين المكونات نفسها، دون توجيه خارجي.

والتنظيم الذاتي تشير إلى التكوين التلقائي للهيكل المنظم، ولكن يوجد اختلاف بينهما هو أن التجميع الذاتي يسعي الى الوصول لنظام وتكوين متوازن، بينما التنظيم الذاتي قد يأخذ النظام بعيدا عن الاتزان ما يجعله يحتاج الى قدره للحفاظ عليه. ويختلافان ايضا في التفاعل حيث أن التفاعل في التجميع الذاتي بسيط جدا بسبب القوة الكهرومغناطيسية، بينما التفاعل في التنظيم الذاتي أكثر تعقيداً . ويكون حجم الهيكل الناتج عن التجميع الذاتي مجهري، ولكنه يكون أكبر بكثير في التنظيم الذاتي.



صورة (4) مستنسخة تمثل التنظيم الذاتي للخلايا الجذعية خلال الفترة المبكرة لمراحل التطور الجنيني. حيث انها قادرة على التجمع وصنع هياكل تنمو في الحجم والتعقيد مع مرور الوقت. الشكلين (A-E) مسح الصور المجهرية للجنين في مراحل مختلفة من التطور (مراحل كارنيجي) وهي عبارة عن نظام موحد مكون من 23 مرحلة تستخدم في إعطاء تسلسل زمني لنمو الجنين



صورة (5) توضح التجميع الذاتي الكيميائي لسيليكا متوسطة المسام مشابهه للفيروسات، حيث أن (A) يوضح مخطط للفيروسات، و (B) توضح رسم تخطيطي توضيحي للتجميع الذاتي متعدد المستويات لجسيمات نانوية من السيليكا متوسطة المسام شبيهة بالفيروسات، و(C و D) حيث (C) صورة تحت المجهر الكتروني النافذ و(D) صورة تحت المجهر الالكتروني الماسح لجسيمات نانوية من السيليكا متوسطة المسام شبيهة بالفيروسات

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590238520304525

3-1 التنظيم الذاتي: اساسيات في الخلية البيولوجية (Self-organization: the fundament of cell biology)

(Roland Wedlich, 2018, 373)

يشير مفهوم التنظيم الذاتي إلى ظهور نظام كامل ناتج عن مجموعة تفاعلات للمكونات والعناصر المكونة للنظام عبر الزمان والمكان . استخدم هذا المفهوم بعد ذلك على نطاق واسع كمبدأ أساسي في تكوين وتشكيل النسق و الأنماط (pattern) المكونة للأنظمة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية. يتم التمييز بينة وبين التجميع الذاتي (self-assembly) من خلال الإدخال المستمر للطاقة المطلوبة للحفاظ على النظام وبالتالي يحدث التنظيم الذاتي عادةً في الأنظمة الغير متوازنة والمشتتة. تمثل الخلايا الجانب المثالي للتنظيم الذاتي باستهلاكها المستمر للطاقة من خلال العديد من التفاعلات بين مختلف البروتينات والدهون والكربوهيدرات والأحماض النووية.

لذلك ليس من الغريب أن نجد العديد من الخصائص والمميزات لأنظمة التنظيم الذاتي وذلك في جميع جوانب بيولوجيا الخلية، مثل التكون التلقائي للنسق و الأنماط (pattern)، والاقتران غير الخطي للتفاعلات، تنتقل بشكل ثابت ومستقر، والموجات والتذبذبات.يكمن التنظيم الذاتي في القوة والقدرة على التكيف في النظام الخلوي والكائن الحي، وبالتالي فهو له أهمية كبيرة في التطور.

في الألفية الجديدة، تأثر الخلية البيولوجية بشكل كبير بالظهور المتجدد للأنظمة البيولوجية في مظاهرها المختلفة. كانت الاتجاهات البحثية الجديدة توصلت الى نوعين من النظم الممنهجة حيث، أدت اساليب وعلوم الأوميكس (omics)، المتعددة إلى تجميع مخزون كبير للجينات والبروتينات وتحويراتها، بالاضافة اليً تفاعلاتهم.

ويشير مصطلح أوميكس باللغة الإنجليزية إلى دراسة الكلمات البيولوجية المنتهية –أوميكس، مثل جيونوميكس أو علم الجينات، وبروتيوميكس أو علم البروتينات.

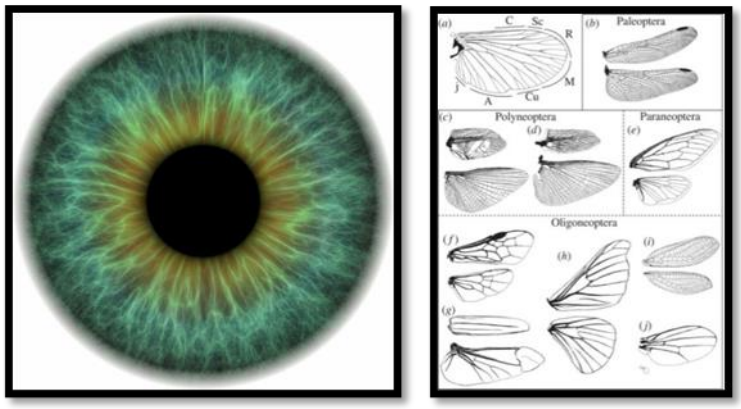
ومع ذلك فقد أصبح من الواضح أن السلاسل المستقيمة والمخزون البسيط للمكونات ليس كافي لتوضيح الأنماط الديناميكية المكانية والزمانية الطبيعية للتفاعلات المعقدة التي تتحكم في الخلايا الفردية، فضلا عن جميع الكائنات الحية. من ناحية أخرى، فإن بيولوجيا الأنظمة، كما وصفها مارك كيرشنر(Kirschner Marc) منذ أكثر من عقد من الزمان، تعتمد على مجموعة من الاضطراب الخلوي وتخيل الاساليب وتطبيق المفاهيم النظرية المستمدة من الفيزياء والرياضيات والمعلومات النظرية للانظمة البيولوجية.

الانماط في الطبيعة (Nature's Patterns) والتنظيم الذاتي (Self-Organization)

الطبيعة مليئة بالأنماط والتي منها الأشكال المتكررة والمتجاورة كالتي تشبة بلاط السيراميك بعد تركيبة لوجود تقسيمات ومسافات بينية بين البلاطة والأخرى، وتشبة ايضا تقسيمات جلد الزرافة بدرجاتة اللونية . أُجريت دراسة في جامعة أريزونا (UNIVERSITY OF ARIZONA) توضح سبب تشكل هذه الأنماط ومعرفة كيفية تكوينها ومن النتائج التي توصلت إليها الدراسة كان لها آثر على فهم كيف تطورت الكائنات الحية متعددة الخلايا المعقدة وكيف يمكن تصنيع مواد حيوية جديدة من مصادر بيولوجية.

. في العديد من الأجهزة البيولوجية، تعد الأنماط من الأمور المهمة وظيفيًا. على سبيل المثال، تحتوي أجنحة الذبابة (a fly's wings) على أنماط بينها تقسيمات، وهذة الانماط توفر الاستقرار والثبات وتحتوي على أعصاب بينية تقسم الجناح إلى أشكال متكررة ومتجاورة صغيرة. وفي البشر، تحتوي شبكية العين في الجزء الخلفي من العين الداخلية على خلايا مرتبة كفسيفساء من الأشكال المتكررة والمتجاورة حتى نستطيع أن نرى الأشياء ضمن مجال رؤيتنا.

This is an Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium,provided the original work is properly cited.



صور (6) توضح أنماط شبكية العين (the inner eye) وتقسيمات أجنحة الذبابة (a fly's wings)

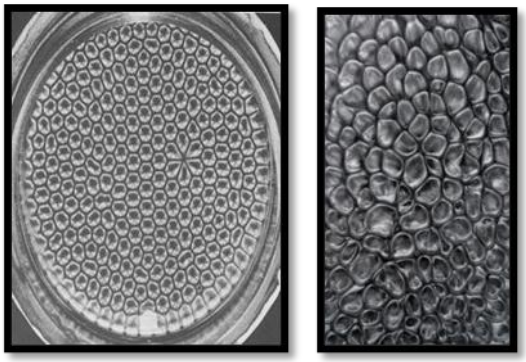
(1-2) تعريف النمط أو النسق pattern في التنظيم الذاتي:
هو ترتيب محدد ومنظم للمكونات حسب الزمان والمكان، فهو ينتج من التفاعلات الداخلية للنظام مكونة هذه الأنماط سواء كانت من خلايا وكائنات حية او كائنات غير حية وذلك دون تدخلات أو تأثيرات خارجية (مثل ذرات التراب والأسمنت التي تشكل نماذج بنائية من خلال النمل الأبيض (Termite). لذلك يمكن القول أن للتنظيم الذاتي خصائص تتضمن بنية ثلاثية الابعاد ونمط وتدريج حسب التأثيرات الواقعة على المادة (داخلياً). بينما التنظيم التكنولوجي يتم من خلال عمليات واوامر خارجية .هناك اختلاف بين الأنماط الموجودة في الأنظمة الفيزيائية التي تنتج من تفاعلات تعتمد على القوانين الفيزيائية، أما الأنظمة البيولوجية تتأثر بالتفاعلات الفسيولوجية والسلوكية بين المكونات الحية.

صورة (7) تأثير الرياح على الرمال بفعل القوانين الفيزيائية

(2-2) أنواع الأنماط في الطبيعة:
1- المتفرعة (فركتلات) ((Branching (Fractal)
2- تكرار الخطوط والنقاط (Repeating (Spots & Stripes)
3- الاشعاعية ((Radiating (Explosion)
4- المركزية (Concentric)
5- الانماط الحلزونية (Spiral)
6- الانماط المتماثلة (Symmetrical)
7- بلاطات الفسيفساء ((Tessellations (Tiles)
8- الانماط المتموجة (Waves)
9- الانماط المنتظمة (Regular)
10- الانماط الرغوية (foam)، الفقاعات (Bubbles)
11- الشقوق(cracks)

النمط قد يكون خط (line) أو لون (color) أوشكل (shape) أو نموذج (form) يتكرر .

(2-2) امثلة التنظيم الذاتي بالانظمة الغير حية:
عندما تهب الرياح على امتداد موحد من الرمال، يتشكل نمط من التلال المتباعدة بشكل منتظم من خلال مجموعة من القوى، التي تتمثل في الجاذبية والرياح التي تؤثرعلى جزيئات الرمال وتشكلها .حيث يتم إنشاء النمط من خلال التفاعلات التي تعتمد فقط على القوانين الفيزيائية.
أيضا الحرارة المطبقة بالتساوي على قاع صينية مملوءة بالزيت وبها ورقة رقيقة فيتحول السطح الأملس للزيت إلى مجموعة من الخلايا للسائل المتحرك تسمى خلايا حرارية . حيث تخضع جزيئات الزيت للقوانين الفيزيائية المتعلقة بالتوتر السطحي واللزوجة والقوى الأخرى التي تحكم حركة الجزيئات في سائل ساخن .



صورة (8) توضح تأثير الحرارة على صنية مملوءة بالزيت بفعل القوانين الفيزيائية

(1-3-2) المتفرعة (فركتلات) ((Branching (Fractal)
يطلق عليها الأنماط الكسورية وهي عبارة عن مجموعة رياضية تعتمد على التشابه الذاتي يقوم على تكرار نمط معين عدة مرات مما يجعلها متماثله تماما، ومعادلة الكسورية هي دائمًا معادلة تفاضلية. (Dori Lal , 2015)، كما أنها تتفرع فيها الخطوط من محور مركزي، بحيث تصبح خطوط رفيعه ورقيقة كلما ابتعدت عن المركز. يمكن رؤيتها على شكل عروق في اوراق الشجر والسيقان (stems) والبتلات (petals). ويمكن رؤيتها أيضًا في أجنحة اليعسوب (dragonflies) والنحل (bees)
https://static1.squarespace.com/static/61820f5f7730b944bde9eb16/t/61bf6857cefe252c2a43961e/1639934040234/Patterns+In+Nature+Handout.pdf

ويمكن العثور على هذه الأنماط في مساحات صغيرة الطبيعة، بدءاً من أنماط الأشجار المتفرعة وحتى التصاميم المعقدة بالأصداف البحرية، فيعتمد هذا النمط على التكرار على، مما يكون ذا تأثير جميل، الأنماط التكرارية الكسورية في الطبيعة يمكن أن تزودنا برؤى قيمة وتطبيقات عملية. مثل الهام المهندسون المعماريون والمصممون تصميماتهم من الأنماط المتشابهة الموجودة في الطبيعة لإنشاء مباني بها الجانب الجمالي كبير وفعالة ايضا من الناحية الهيكلية، وبالتالي تحقيق التوازن والتناغم بين الشكل والوظيفة.

أظهرت إحدى الدراسات أن استخدام مباديء الكسورية في تخطيط المدن يمكن أن يؤدي إلى مدن أكثر استدامة ومرونة، من خلال محاكاة أنماط الأشجار المتفرعة في شبكات الطرق أو التوزيع المماثل للمساحات الخضراء، يستطيع المخططون الحضريون إنشاء مدن ليست جذابة بصرياً فحسب، بل تعمل أيضاً على تعزيز الاستخدام الأمثل للموارد والاتصال.

https://fastercapital.com/content/RFRP-in-Nature--Unveiling-the-Hidden-Geometric-Patterns.html

ومن أشهر الأمثلة على الفراكتلات في الطبيعة هو الهندسة الكسورية لرقاقات الثلج، فتكون لكل ندفة ثلج Snowflakes شكل مميز، إلا أنها تشترك جميعها في بنية مشتركة. تحت المجهر تكون الأنماط المتفرعة المعقدة لندفة الثلج عبارة عن تصميم مشابه ذاتياً يكرر نفسه عند مستويات مختلفة من التكبير. يخلق هذا التكرار الجمال المتناسق لرقاقات الثلج، حيث تتشكل رقاقات الثلج عندما ينتقل بخار الماء الى الهواء ويتكثف على جزيء ما. بحيث يبدأ هذا في تكوين بلورة ثلجية تنمو ببطء هناك طريقتان أساسيتان يمكن أن يتكثف منهما البخار، وكل طريقة تلعب دورًا كبيرًا في الشكل الذي ستتخذه ندفة الثلج. ولا توجد رقاقات ثلج متماثلة ولكن تشترك في بعض اوجه التشابه فيما بينهما.

صور (9) توضح شكل بلورات ورقاقات المختلفة (https://scijinks.gov/snowflakes/).

توجد الفراكتلات ايضا في الأنماط المعقدة للقرنبيط. عندما نتفحص سطح القرنبيط عن كثب، نلاحظ نمطاً متكرراً من الزهيرات الصغيرة، كل منها يشبه نسخة مصغرة من الكل. هذا النمط المتكرر ليس جذاباً بصرياً فحسب، بل يخدم أيضاً غرضاً وظيفياً، مما يسمح للقرنبيط بتعبئة زهراته بكفاءة وبطريقة مدمجة.

صورة (10) توضح قرنبيط رومانسكو(Romanesco broccoli) والتي تظهر فية كل البراعم الصغيرة تتكون من براعم أصغر منها (https://www.treehugger.com/amazing-fractals-found-in-nature-4868776)

(1-1-3-2) نمط متفرع(Dendritic pattern) يوجد في شجرة متفرعة. لا يوجد شكل تفرع ثابت للأشجار ولكن يختلف بناء على انواعها . فيمكن ابتكار خوارزمية شجر السرو (cypress algorithm) أو خوارزمية البلوط (oak algorithm)

يعتمد المنهج الخوارزمي (algorithmic approach) للشكل على استخدام الفركتلات الرياضية بحيث توضح الخوارزمية كيفية تكوين النموذج (الشكل) من خلال مجموعة خطوات، والنماذج الخوارزمية قادرة على محاكاة الأشكال الأساسية للأشجار دون إعطاء اهتمام للبيولوجيا أو الميكانيكا التي تقوم عليها، حيث أنها ليست وصفًا لعملية النمو الحقيقية، بل هي وصف يساعد على توليد شكل يشبه الشجرة (أو النبات).

This is an Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium,provided the original work is properly cited.

مجموعة من الصور رقم (11) توضح أنماط تفرع الأشجار والتي تعد علامة مميزة لأنواعها

(2-3-2) تكرار الخطوط والنقاط (Repeating (Spots & Stripes))

يعطي هذا النمط مظهر منقط ومقلم، وفيها تتكرر الخطوط والأشكال والألوان في الطبيعة. والتي يمكنها أن تجذب الملقحات (pollinators) وهي حشرة أو عامل آخر ينقل حبوب اللقاح إلى النبات وبالتالي يسمح بالتخصيب.

أو تبعد الحيوانات المفترسة. يمكن رؤية هذه الألوان والعلامات المتكررة على الكثير من الملقحات ومنها الفراشات والنحل والأزهار.

https://static1.squarespace.com/static/61820f5f7730b944bde9eb16/t/61bf6857cefe252c2a43961e/1639934040234/Patterns+In+Nature+Handout.pdf

صورة (12) توضح نمط تكرار النقاط والخطوط في الحمار والوحشي والفهد كأنماط حية

(3-3-2) الانماط الاشعاعية (Radiating (Explosion))

تنشأ الأشكال والأنماط والنماذج من نقطة واحدة، وهي تكون دائرية أو كروية. تظهر هذه الأنماط في العديد من الأزهار والبذور مثل نبات الهندباء (A dandelion) وزهرة الثوم والبصل (allium (onion flower).

صورة (13) توضح الانماط الاشعاعية (Radiating (Explosion لزهرة الثوم allium flower

(4-3-2) الأنماط المركزية (Concentric)

تدور الخطوط أو الأشكال حول نقطة مركزية. ويزداد حجمها بشكل متزايد من المركز مثل الحلقات، نراها بحلقات الأشجار وعقدها حيث أنها أشكال رائعة متحدة المركز لها علاقة بنمط النمو السنوي للشجرة.

صور (14) توضح الانماط المركزية في الطبيعة https://www.cdm.org/blog/finding-geometry-in-natur

(5-3-2) الانماط الحلزونية (Spiral)

الأنماط الحلزونية موجودة في النباتات والحيوانات وتتميز بأنها تتكون حول نقطة مركزية وتزداد حجمها كلما ابتعدت عن المركز (ليسمى منحنى النمو). ومن امثلتها العديد من النباتات كالصبار لها أشكال وأنماط حلزونية، والقواقع الحلزون، وبتلات الورد. وهي تمثل تسلسل فيبوناتشي في الطبيعة لظهور اللوالب. ترتيب البذور في عباد الشمس، وأنماط نمو الصنوبر، وتشكل الأصداف البحرية كلها تظهر حلزونات فيبوناتشي.

مجموعة صور رقم (15) توضح الانماط الحلزونية في الطبيعة Spirals in Nature | Original Beauty (wordpress.com)

(6-3-2) الانماط المتماثلة، المتناظرة (Symmetrical)

الأنماط المتماثله موجود في كل مكان في الطبيعة سواء في الكائنات الحية أو غير الحية ففيها تكون الأشكال متشابهة على جانبي خط الوسط أو المحور، من أمثلتها نباتات الأوركيد (orchids) والأوراق (leaves) والزهور (flowers) المتماثلة والملقحات (pollinators) والآفات (pests).

(1-6-3-2) وتوجد أنواع مختلفة من التماثل مثل

(1-1-6-3-2) التماثل الانعكاسي (Reflectional symmetry): يكون فيه خط التماثل يقسم الشكل إلى جانبين متطابقتين لبعضهما البعض كما في الفراشات .

(2-1-6-3-2) التماثل دوراني، مركزي (Rotational symmetry): يطلق على دوران جسم حول نقطة ثابتة دون تغيير الشكل العام كما في نجم البحر .

(3-1-6-3-2) التماثل انتقالي حركي (Translational symmetry): حيث يتم فية حركة الكائن دون تغييرشكله العام مثل آثار أقدام الإنسان .

(4-1-6-3-2) التماثل حلزوني (Helical symmetry): يحدث إذا تمت حركة الجسم وتدويره في الثلاث أبعاد على طول خط يعرف بالمحور اللولبي (a screw axis). مثل التماثل بداخل الكيوي.

(5-1-6-3-2) تماثل القياس (scale symmetry): يطلق تماثل القياس على الجسم في حاله عدم تغيير شكلة عند تكبير الجسم (تمدده) أو تصغيره (إنكماشه)، كما تكون الكسوريات (Fractals) شكلًا من أشكال تماثل القياس، عندما تكون أجزاء صغيرة من الكسورية متشابهة في الشكل مع جزء كبير منها. (Dori Lal, 2015.)

تماثل إنعكاسي تماثل دوراني(مركزي) تماثل حلزوني تماثل القياس تماثل انتقالي

مجموعة صور رقم (16) توضح أشكال التماثل في الطبيعة (Dori Lal, 2015)

(2-6-3-2) التشابه (Similarity)

يمكن للوحدات أن تتشابة دون أن تكون هي نفسها (تكرارية) وبذلك لكون هناك وحدات متشابهه وليست تكرارية التشابه في الطبيعة المحيطة بنا مثل أوراق الشجر وحبات الرمال حيث نجدها متشابهه وليست متطابقة تماما . لذلك يجب أن نفرق بين التطابق والتشابه، حيث في التطابق تكون الوحدة نفسها هي التي تتكرر دون أي تغيير أما التشابه يعني وجود إختلاف بسيط بين الوحدات في الشكل ولكن تظل الوحدات محتفظة بالأصل أو الأساس. (فتحية معتوق، 1994، 16)

بعض الامثلة المتشابهه بالطبيعة: أوراق الشجرة، ظل الشئ له نفس شكل الشئ نفسه، جميع الزهور من نفس النوع، جميع خلايا الشمع في خلية النحل لها شكل متشابه أي مسدس، الكسوريات في الطبيعة من أفضل أمثلة التشابه.

(Dori Lal, 2015)

(7-3-2) بلاطات الفسيفساء Tessellations (Tiles)

الفسيفساء هي أشكال متشابهة تتكرر لتكوين تناسق بصري، وفي الطبيعة تتلاءم مع بعضها البعض على سطح مستوٍ مثل البلاط، ومن امثلتها سطح ثمرة مغطى بأنماط فسيفسائية أو تشبه البلاط، والتقسيمات التي تظهر على أجنحة الفراشات

https://static1.squarespace.com/static/61820f5f7730b944bde9eb16/t/61bf6857cefe252c2a43961e/1639934040234/Patterns+In+Nature+Handout.pdf

خلايا الشمع ذات الشكل السداسي في قرص العسل، حيث تتوزع الخلايا السداسية على شكل قرص العسل بشكل دقيق، ولا تهدر أي مساحة وتزيد من سعة التخزين، فلا يُظهر هذا التناسق الطبيعي قدرة النحل الفطرية على إنشاء هياكل معقدة فقط، بل تشمل جمال التناظر الرياضي في الطبيعة.

This is an Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium,provided the original work is properly cited.

صورة (17) توضح خلايا شمع العسل

(8-3-2) الانماط المتموجة (Waves)

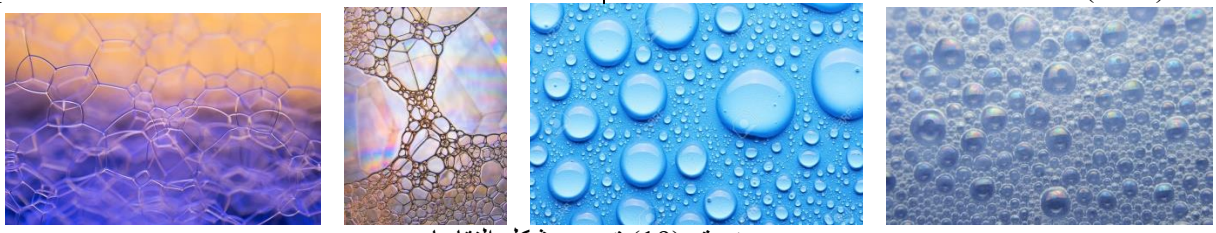
أنماط الموجة هي خطوط منحنية على الأسطح، فالأمواج هي الأضطرابات التي تحمل الطاقة أثناء تحركها. وتنتشر الموجات الميكانيكية في الموائع كالهواء أو الماء فعند مرور الامواج على الماء والرياح على الرمال تتعدد الأنماط المتكونة على شكل موجات، فعندما تهب الرياح على مساحات كبيرة من الرمال، فتتشكل الكثبان الرملية مثل الشكل الهلالى، والخطوط المستقيمة الطويلة جِدا، والنجوم، والقباب، والقطوع المكافئة، والأشكال الطولية أو السيفية.

مجموعة صور رقم (18) توضح نمط التموج في الطبيعة (https://www.pinterest.com/)

(9-3-2) الانماط الرغوية (foam)، الفقاعات (Bubbles)

تحتوي أنماط الفقاعات دوائر و أشكال مستديرة متراصة بجانب بعضها البعض. من امثلتها أنماط الفقاعات في مراكز الزهور (البذور) كبذور عباد الشمس وحبات الذرة.

https://static1.squarespace.com/static/61820f5f7730b944bde9eb16/t/61bf6857cefe252c2a43961e/1639934040234/Patterns+In+Nature+Handout.pdf



صورة رقم (19) توضح شكل الفقاعات

3- نماذج للتنظيم الذاتي في الانظمة الغير حية

(1-3) تكوين الأنماط بالحمل الحراري

إذا قمت بتسخين الزيت ببطيء في مقلاة، فإنه يبدأ في الدوران في خلايا سداسية ويمكن الكشف عن الخلايا السداسية عن طريق إضافة مسحوق معدني إلى الوعاء بحيث تتلألىء الرقائق أثناء ارتفاعها وانخفاضها مع تدفق الزيت. حيثعند تسخين الزيت بشكل موحد من الأسفل،تتطور طبقة من السائل وبالحمل الحراري يرتفع السائل الدافئ الأقل كثافة ويهبط السائل البارد الأكثر كثافة . ويكون السائل في حاله عدم استقرار،لأن أقل زيادة عرضية في الحرارة ستكون كافية لبدء الحركة، ويجب أن نتوقع أن يكون النظام بنسبة كبيرة غير مستقر وغير متماثل . فعند التسخين سواء بدئنا بسائل متحرك أو في حالة سكون يتحقق التناظر والتجانس في النهاية. حيث تخضع جزيئات الزيت للقوانين الفيزيائية المتعلقة بالتوتر السطحي واللزوجة والقوى الأخرى التي تحكم حركة الجزيئات في سائل ساخن .

صورة (20) توضح تجربة الخلايا المتكونة بالحمل الحراري عند تسخين الزيت .

(2-3) الكثبان الرملية: (Sand dunes)

هى ظاهرة صحراوية تنشأ عن تحرك الحبيبات الرملية الجافة أو الترابية غير المتماسكة، وتجمعها في شكل تلال منفردة، أو سلاسل من التلال الرملية، تعُرف بالكثبان الرملية.

(عبير على فرغلي، 2007م، ص23)

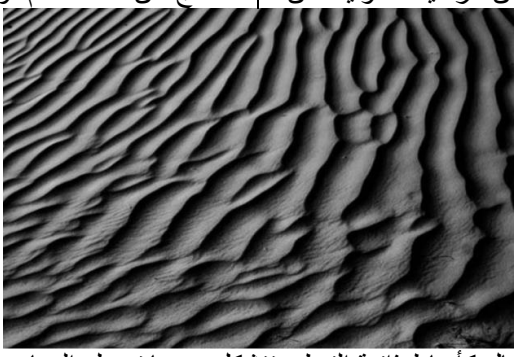
والتلال متباينة في احجامها وامتداداتها و اشكالها، وتختلف كثيراً في احجامها من أمتار قليلة في الارتفاع وعدة امتار في الامتداد الى ان يزيد ارتفاع البعض منها اكثر من (200) متر ويزيد اتساع قواعدها عن (900متر)

يقصد بحركة الكثبان الرملية إنتقالها من مكان إلى آخر فى إتجاه منصرف الرياح السائدة، نتيجة تحرك الرمال من الجانب المواجه للرياح وإرسابها على جانب ظل الرياح، وهذه صفة مميزة للكثبان الرملية الهلالية. أما الكثبان الرملية الطولية فمن مميزاتها زيادة طولها فى اتجاه منصرف الرياح حيث يمكن أن نميز بين نوعين من هذا التحرك،

https://almerja.com/azaat/indexv.php?id=4663

أولهما: الانسياق (الزحف) الرملى Sand Drift، وتنتقل فيه حبيبات الرمال بالزحف Creeping أو القفز Saltation أو التعلق Suspesion بصورة حرة، من مصدر تتوافر فيه حبيبات الرمال إلى موضع آخر تتوافر فيه عوامل الإرساب .

تعتبر الكثبان الرملية (Sand dunes) منظمة ذاتياً حيث أن الرياح وحدها لا تملك القدرة الذاتية على تكوين هذه الخطوط والتعرجات وتشكيلاتها وتحديد مقياسها. إن تموجات الرمال والكثبان الرملية عبارة عن مجموعة من الحبيبات مكونة نمط ينشأ من التفاعل بين الحركة التي تحملها الرياح، والتراكم الناتج عن الاصطدام، والانهيارات الجليدية على المنحدرات.



صورة (21) توضح التموجات في الرمال كأنماط ذاتية التنظيم تتشكل عندما تحرك الرياح حبيبات الرمال وتنقلها من مكان لأخر .

(1-2-3) تشكل الكثبان الرملية:

الرمل (السليكا) مادة صلبة بلورية تكون في صورة حبيبات ومساحيق ويتكون في الطبيعة على هيئة صخر كورتزي حبيبي (quartzite) أي على شكل بلورات كوارتز (Quartz) سداسية التركيب البلوري، وبالرغم من أن الرمل له وزن عالي لكن يتحرك بسهولة وله قدرة على التدفق . فعندما حدوث اي اهتزاز بالأرض او زلازل فتتحول التربة الرملية الرطبة إلى مادة طينية متدفقة يشبة المعلق وهذة الخاصية التي تتصف بها المادة الحبيبية، تسمى بالتميع (liquefaction) توجد اشكال متنوعة للكثبان الرملية، حاول باجنولد (Bagnold) تفسير وتوضيح سبب ترسب الرمال وتكوين النمط المتجعد بسبب الحركة والترسب . فأن تفسيرة يدل على عدم استقرار النمو الناتج كرد فعل لهذة الاسباب . فمن المنطقي عند هبوب الرياح أن تلتقط الرياح حبيبات الرمال وتلقيها بمكان بنفس اتجاه حركتها مما يجعل السطح املسا ولكن .. ما يحدث في عدم الاستقرار التي فسره باجنولد هو وجود تعرجات وتجاعيد بالسطح، كما أن قوة الرياح تؤثر بشكل كبير على شكل وحجم الكثبان الرملية المتنوعة، و يشار إلى أنّ معظم الكثبان الرملية تكون أطول في الجانب المواجه للرياح (هو الجانب الذي تهب فيه الرياح فتتحرك فيه حبيبات الرمل) الذي تتحرك الرمال فيه إلى الأعلى، بينما يكون الوجه المنزلق (هو الجانب الذي لا تهب فيه الرياح، وهو أكثر سلاسة من الجانب المواجه للرياح) أقصر في وجه هبوب الرياح. ومن ذلك نستطيع أن نستخلص أن تكوين الكثبان الرملية يرجع إلى عدة عوامل منها الرياح، النبات الطبيعى، مصدر الرمال، التضاريس المحلية، محتوى الرمال من الرطوبة... الخ

نستخلص من ذلك أن يعتمد شكل الكثبان الرملية على كمية الرمال، وشكلها، وحجمها، وتكوين حبيبات الرمل، والتضاريس السطحية، وسرعة الرياح، واتجا هها ومدتها، والرطوبة، وطبيعة الغطاء النباتي السطحي، يحدث ترسب الرمال وتكوين وتراكم الكثبان الرملية نتيجة انقطاع كتل الرياح المحملة بالرمال بسبب وجود عوائق أو اختلافا ت في التضاريس الأرضية.

(Bagnold, R. A., 1951, pp. 78-86)

(1-2-3) أنواع الكثبان:

يختلف حجم الكثبان كثيراً بين كثيب وآخر؛ إذ يمكن أن يكون لبعضها امتدادات جغرافية كبيرة جداً، أو أن يكون بعضها الآخر مجرد نتوءات صغيرة تصنّف الكثبان الرملية بالاعتماد على شكلها، وأماكن انتشارها، وارتفاعاتها وغيرها من العوامل التي تعتمد عليها، ومن أبرز أنواع هذه الكثبان هي الهلالية، والخطية، والنجمية، والقبة، القوسية، والهرمية.

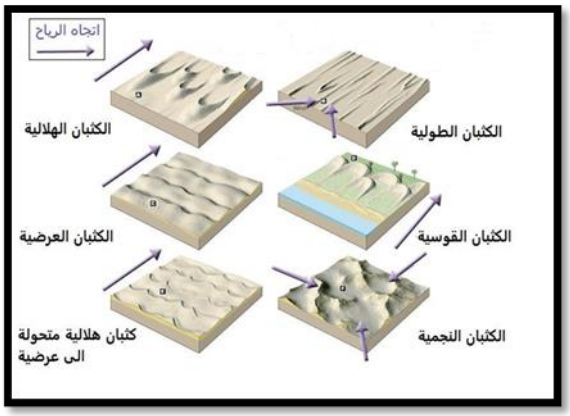
أ - الكثبان الهلالية هي أكثر الكثبان شيوعاً، وتتكوَّن نتيجة تعرُّضها للرياح من جانب واحد، فتتخذ شكل هلال. وهي ذات جانب عريض هو الجانب المعرَّض للريح، أما الجانب المقابل فهو شبه دائري صغير نسبياً. وتُعدُّ الكثبان الهلالية أسرع أنواع الكثبان في تحرّكها.

ب - الكثبان الخطية، تتكوَّن نتيجة تعرُّض الرياح بشكلٍ متساوٍ لجانبي الكثيب، فتجعله خطاً مستقيماً أو شبه مستقيم، وتكون أحياناً على شكل ثعبان متعرّج، مع منحنيات منتظمة.

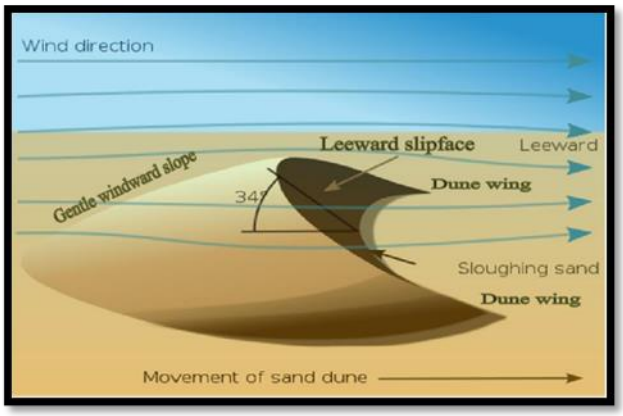
ج - الكثبان النجمية هي تلك التي لها حواف مدبّبة وواجهات زلقة على ثلاثة جوانب أو اكثر وتشبه النجم. وهي تتطوَّر عندما تأتي الرياح من عدَّة اتجاهات مختلفة.

د- كثبان القبة التي هي أندر أنواع الكثبان الرملية، وهي دائرية وسطحها يشبه القبة غير الزلقة. وتتشكَّل عندما تتعرَّض للرياح من أي جانب. (حرَكِيَّة كثبان الرمل.. تنمو وتتحول وتنتقل (alarabiya.net)

This is an Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium,provided the original work is properly cited.



صورة (22) توضح أنواع الكثبان الرملية
https://almerja.com/azaat/indexv.php?id=4663 -



صورة (23) توضح كيفية تشكل الكثبان الرملية

4- العمارة والتنظيم الذاتي:

(4-1) علاقة العمارة بالطبيعة تاريخياً

بدأ المعماري في القرن العشرين يحاول فهم مبادئ الشكل الحيوي وليس نقله، مثل فري أوتو (Frai Otto) وبكمنستر فولر(Richard Buckminster Fuller) هما من أوائل المعماريين الذين حاولوا البحث عن الشكل الأمثل في الطبيعة، ومحاكاة مبادئ واستراتيجية تشكل النظم الحيوية، حيث عمل فولر على تصميم القبة الجيوديسية معتمدا على ما يكافئها في الأشكال العضوية من الكائنات الحية أو غير الحية من تكوينات هيكلية ديناميكية وخفيفة، بينما وصف فراي أوتو 1995 تعامله مع مبادئ توليد الشكل في الطبيعة، كما لم يستخدم الحاسب الألي وإنما كان يقوم بعمل تجارب على نماذج مصغرة للخيام. (مها الفواعير، 2022، ص172)

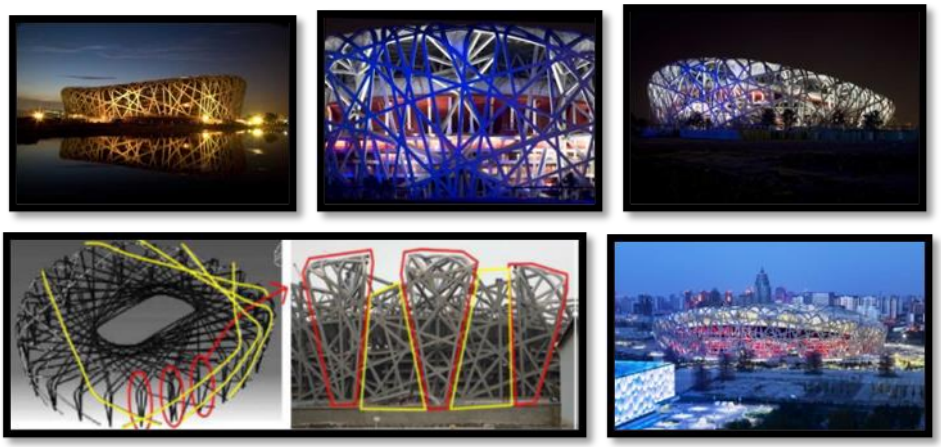
ألهمت زنابق الماء العملاقة لباكستون بتصميم هيكل سقف الزجاجي لمبني الكريستال حيث معظم التجارب كانت بمثابة نسخ لأشكال الطبيعة.

صورة (24) توضح زنابق الماء كمثال لكائن حي على التنظيم الذاتي

صورة (25) توضح أحد أعمال المهندس المعماري الألماني فراي أوتو (Frai Otto)

(4-2) منهجيات جديدة في التصميم المعماري مستوحاة من التنظيم الذاتي:

لن تكون جوانب التصميم وحدها كافية لتحقيق هياكل وانشاءات قادرة على التكيف وتحقيق الوظيفة الكاملة منها، حيث يكون التكيف المبني على المفاهيم والقواعد مبدأ أساسي لتطور الهياكل القوية والمرنة ؛ والتي يمكن استبدالها عن طريق النمو التلقائي للهياكل المشابهه لها كنمط وراثي بدلاً من عمل مجموعات كاملة من المخططات الثابتة.



مجموعة صور (26) مبنى استاد صيني (Beijing China Stadium) في بكين (عش الطائر) يوضح إيجاد الشكل الهيكلي (التصميم الأنشائي) بالتنظيم الذاتي بأسلوب الرقمنة
https://www.e-architect.com/beijing/birds-nest-beijing

حيث يعتبر هذا المبني من المباني المصممة وفق مدخل التنظيم الذاتي والاستدامة البيئية، حيث أشتقت فكرتة من (عش الطائر) وبالتالي تحقيق القوة الهيكيلة وجماليات الطبيعة في التصميم . مع مراعاة كل المتغيرات التي تؤثر على الأداء (مقاومة الزلازل وتقليل الطاقة) كمحددات تؤثر في اختيار الشكل والتصميم . وتوظيف برامج النمذجة لتوزيع الأطر الحاملة المكونة للشكل بنمط كسري يظهر للمشاهد بمظهر عشوائي. وتفعيل اسلوب التنظيم الذاتي في توزيع نقاط التقاطع

والأحمال للأطر الأنشائية للتكوين (إذ يتجاوب البناء الداخلي المعقد من المادة العضوية بالكثافة مع زيادة الأحمال والضغط حيث تتمثل بتجاويف وفراغات هوائية كما في نسيج العظام وفقاعات الصابون ..الخ). (راج المردش، 2007)

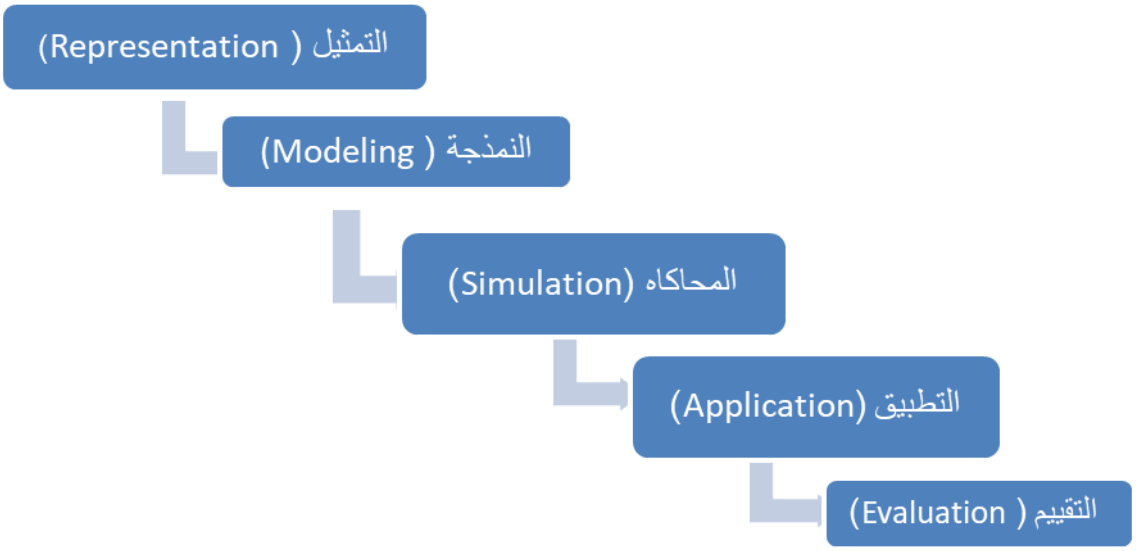
(3-4) منهجية عامة لتصميم ومراقبة الأنظمة المطورة كنظام التنيظم الذاتي (The Methodology)

نستطيع من خلال هذة المنهجية تقديم إطاًرا مفاهيمًيا للحديث عن أنظمة التنظيم الذاتي. والتي من خلالها يتم حصر التفاعل بين بين مكونات النظام وبالتالي الوصول الى نتائج متوقعة والتحكم فيها والوصول الى افضل نتيجة أيضا.

ففي الآونة الأخيرة، تم اقتراح العديد من المنهجيات التي تستخدم مفاهيم التنظيم الذاتي في مجالات مختلفة مثل هندسة البرمجيات والهندسة الكهربائية ..الخ . مع ذلك، لايوجد حتى الآن إطار عام لبناء أنظمة ذاتية التنظيم، يتم استخدام عناصر مختلفة في مجالا ت مختلفة، ولأهداف مختلفة. والهدف من المنهجية العامة هو تصميم الأنظمة المعقدة والتحكم فيها فهي لا تقدم حلول جاهزة ولكن يتم توفير إطار مفاهيمي وهي مجموعة من المفاهيم المفيدة لوصف أنظمة التنظيم الذاتي. وأساليب لحل المشكلات المعقدة.

(Carlos Gershenson, 2007, p.52)

في التنظيم الذاتي تتفاعل عناصر النظام مع بعضها البعض. وبالتالي فإن أي تصرف لأحد العناصر تؤثر على العناصر الأخرى بشكل مباشر أو غير مباشر .



شكل (1) يوضح رسم تخطيطي للمراحل المختلفة للمنهجية. (ibid , p. 57)

تتضمن المنهجية الخطوات التالية: التمثيل (Representation) والنمذجة (Modeling) والمحاكاة (Simulation) والتطبيق (Application) والتقييم (Evaluation)

1- النماذج المعمارية التي توضح التنظيم الذاتي كمدخل في التصميم

نموذج (1) توضح المركز الوطني للألعالب المائية (المكعب المائي)، بكين المركز الوطني للألعالب المائية (المكعب المائي)، بكين (National Aquatics Center (The (Watercube), Beijing

تصميم يحاكي فقاعات الماء استوحي تصميمه من مفهوم الفقاعات. يمثل الشكل المربع للمركز التمثيل الصيني للأرض.

يحيط الجزء الخارجي من الفقاعة الزرقاء بخمسة حمامات سباحة وآلات أمواج وألعاب ومطعم ومرافق جلوس. تتكون الواجهة الخارجية من إيثيل رباعي فلورو إيثيلين وهو عبارة عن كسوة فقاعية شفافة متينة وخفيفة الوزن ومستدامة. يحاكي الهيكل صوبة زجاجية مما يسمح بدخول ضوء الشمس إلى المركز ويسخن بشكل المناطق الداخلية والمسبح بشكل غير مباشر.

https://yeswebim.wordpress.com/2015/04/13/bim-and-scripting-beijing-national-aquatics-center/

صورة (27) توضح المركز الوطني للألعالب المائية (المكعب المائي)، بكين (National Aquatics Center (The (Watercube), Beijing

This is an Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium,provided the original work is properly cited.

نموذج (2): بيت زجاجي يحاكي شكلة فقاعات الصابون

يركز التصميم على جوانب الاستدامة في شكلة واستخدام خامات فعاله بيئياً، يحاكي هيكل القبة فقاعات الصابون. صنعت الأشكال السداسية والمضلعه من مادة ايثيل رباعي فلورو إيثيلين ووحدات فولاذية. تم الحصول على الوحدات الفعالة والمتينة من دراسة جزيئات الكربون وحبوب اللقاح والراديولاريا. الأنبوب الفولاذي ذو الوصلات المكونة من أشكال هندسية هو وحدات فعالة وخفيفة الوزن ومستدامة وسهلة التعامل.

صورة رقم (28) توضح بيت زجاجي يحاكي شكلة فقاعات الصابون

نموذج (3) توضح مركز تسوق تصميمة يحاكي تلة النمل الأبيض – نظام تبريد طبيعي

صورة (29) توضح مركز تسوق تصميمة يحاكي تلة النمل الأبيض – نظام تبريد طبيعي

يستخدم هذا المجمع التجاري-المكاتب تصميم تبريد طبيعي متطور للهيكل بأكمله. فالمفهوم مستوحى من نظام التبريد الطبيعي لتل النمل الأبيض. نظام التبريد الطبيعي الذي يدخل فيه الهواء إلى المبنى على مستوى أدنى ويخرج من خلال الفتحات (المداخن) (chimneys). يمزج التصميم بين استخدام التصميم القديم والحديث؛ هيكل حجري تقليدي مع مادة الطوب والزجاج الحديثة.

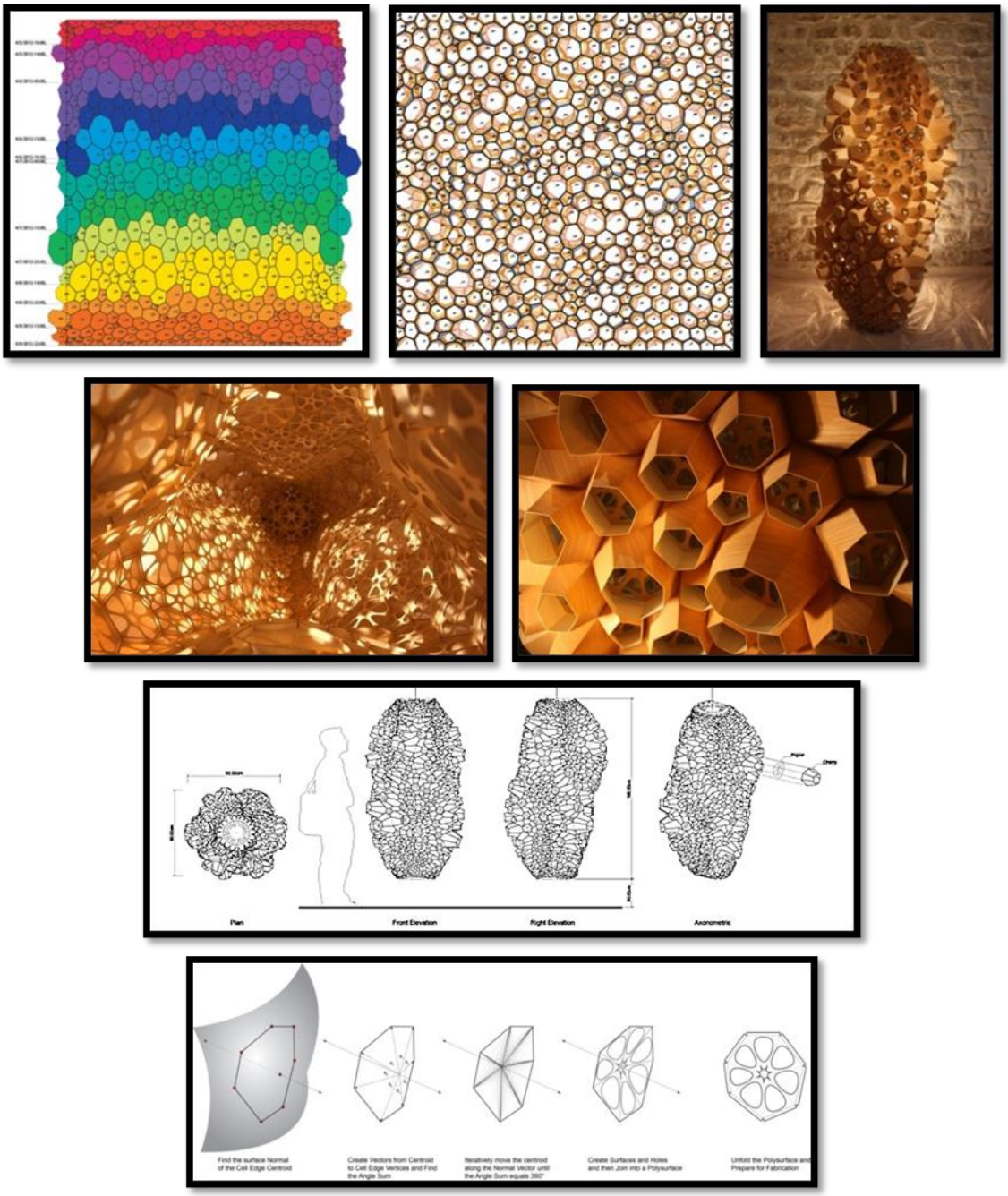
https://parametric-architecture.com/nature-inspired-design-biomimicry-in-architecture/

نموذج (4) عمل نحتي مصمم طبقا لمدخل التنظيم الذاتي:

https://www.evolo.us/chrystalis-iii-is-a-self-organizing-sculpture-matsys-

مستوحي من الشكل البنائي لمحار البرنقيل البحري (a barnacle) من خلال توضيح التكامل بين الشكل والنمو السلوك، حيث الاستدلال بالكائنات الحية في البناء المعماري والهندسة المعمارية واستغلال العلاقات الناشئة بينهم بالبرامج الرقمية في بناء هيكل منظما ذاتيا مع الحفاظ على قواعد التصميم، يتم تنظيم الخلايا والوحدات على شبكة اساسية كدعامة، بحيث تتحرك على السطح للوصول الي حالة اكثر توازنا مع باقي الوحدات . كل وحدة تتكون من جزئين الخرجي مخروطي وجزء داخلي مضلع يضغط على الجزء الخارجي لتخذ شكلة، ويتم تشكيل كل جزء من مكونات العمل رقميا (البالغ عددها 1000 قطعه) ثم يتم تجميعها بعد ذلك يدويا.

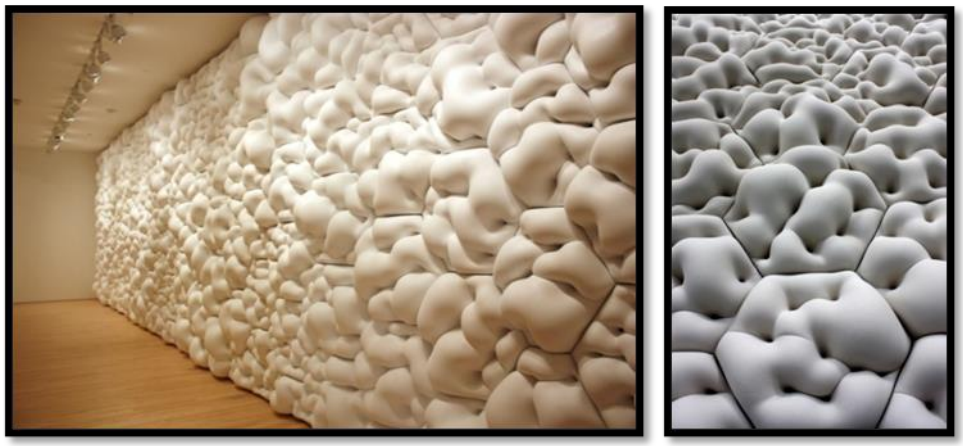
(https://www.matsys.design/chrysalis-iii)
(https://www.evolo.us/chrystalis-iii-is-a-self-organizing-sculpture-matsys-designs/)



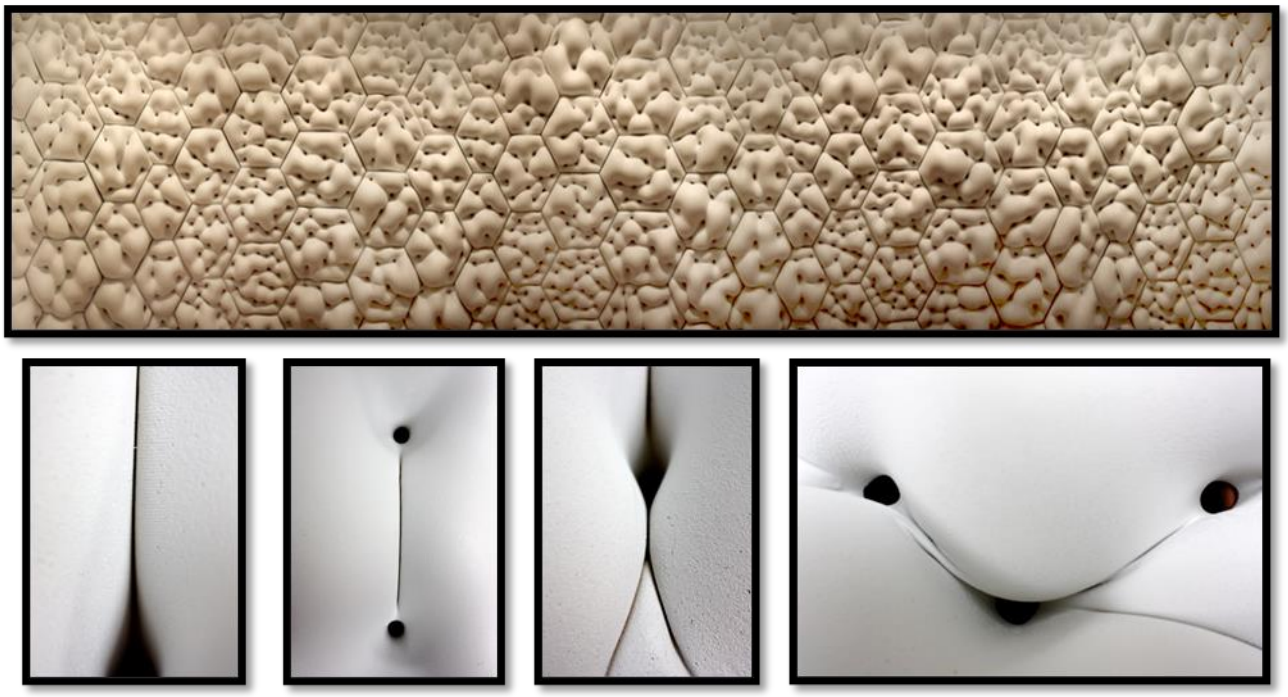
مجموعة صور (30) توضح عمل نحتي مصمم طبقا لمدخل التنظيم الذاتي

نموذج رقم (5) يوضح جدار P_Wall (2009) (https://www.matsys.design/p_wall-2009)

جدارية مكونة من بلاطات خرسانية مسبقة الصنع مقواة بالألياف ذات قشرة رقيقة مثبتة على إطار فولاذي

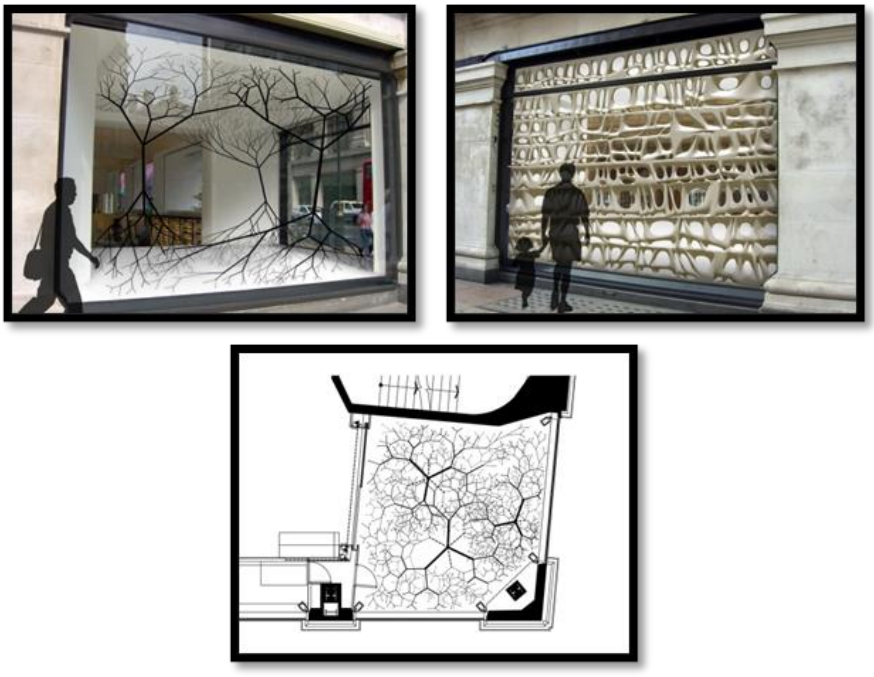


This is an Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium,provided the original work is properly cited.



مجموعة صور رقم (31) جدارية مكونة من بلاطات خرسانية

نموذج (6) يوضح شكل لنافذة (S_Window) في أحد المتاجر الكبرى في لندن مستوحاه في أنشاء هيكلها على المتفرعات ذاتية التنظيم (self-organizing branching structures) حيث يتم تحديد شكل الهيكل من خلال الضغط العلوي والسفلي والتنظيم الذاتي لكل جزء على حدى. (https://www.matsys.design/s_window)

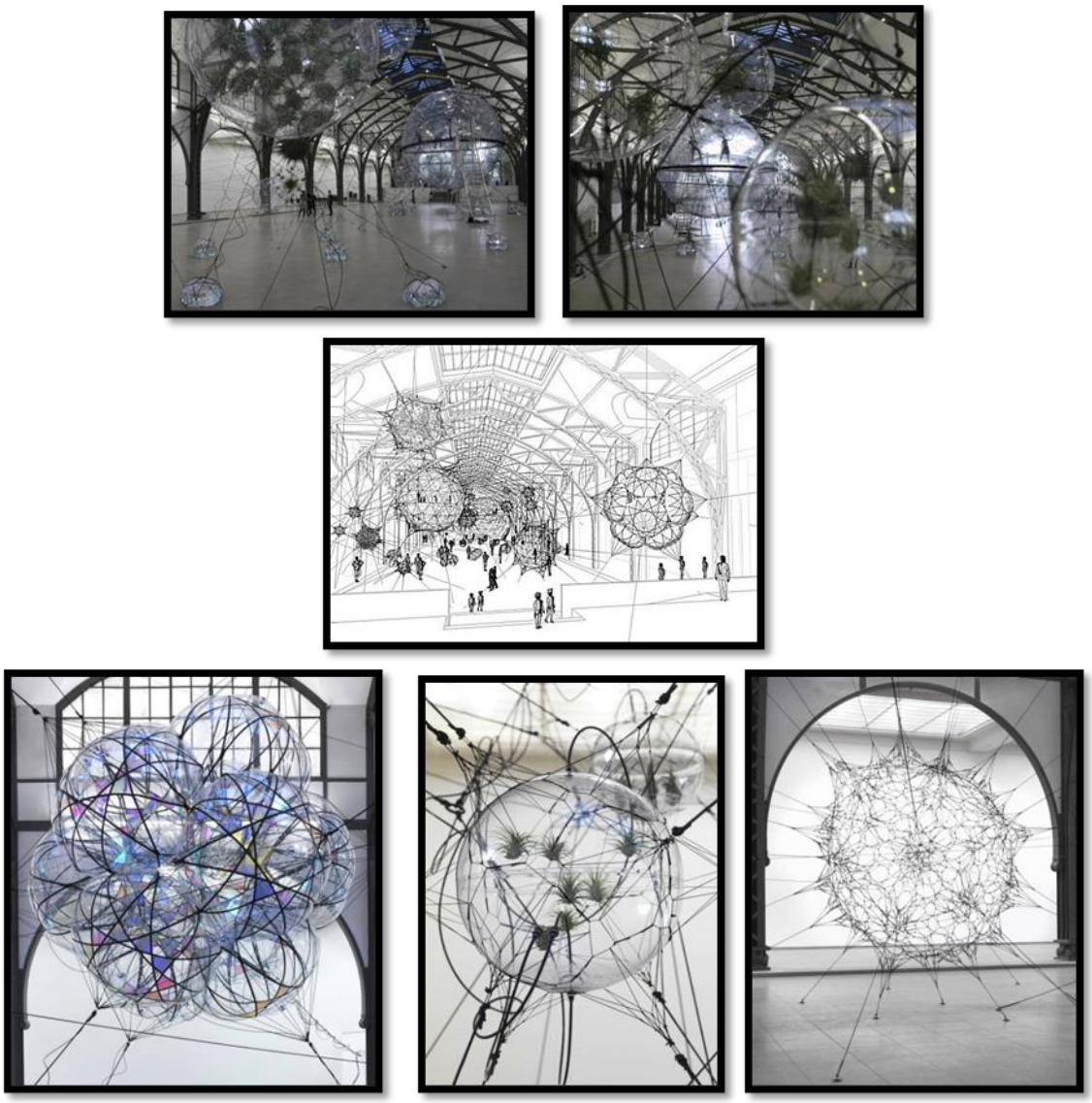


مجموعة صور رقم (32) نافذة في أحد المتاجر الكبرى في لندن

نموذج رقم (10) مدن سحابية مستوحاة من فقاعات الصابون وشبكات العنكبوت (Cloud Cities Inspired by Soap Bubbles and Spider Webs)

من أعمال الفنان تومز ساراسينو (Toms Saraceno) والذي استوحاه من فاعات الصابون وشبكات العنكبوت، حيث قام بعمل تركيب ضخم يتكون من 20 بالونا كبيرة الحجم بعضها يحتمل الدخول بها، وهي مدعمة بشبكة كبيرة من الكبلات لتحملها وترفعها عن الارض وتحافظ عليها معلقة بالفراغ. تكوين ساراسينو يخرج عن التقيد بالاساليب المعمارية في مراعاه عامل المكان والزمان والجاذبية من خلال تشكيل الفراغ، وعمل حدائق معلقة في الهواء تسمح للزوار بالدخول فيها .

https://mymodernmet.com/cloud-cities-inspired-by-soap-bubbles-and-spider-webs



صور رقم (33) توضح مدن سحابية مستوحاة من فقاعات الصابون وشبكات العنكبوت (Cloud Cities Inspired by Soap Bubbles and Spider Webs

النتائج: Results

1- أن مدخل التنظيم الذاتي في التصميم المعماري يستخدم من أجل تحقيق وظيفة معينة والحصول على أشكال لا نهائية من التصميمات والتي لها قدرة كبيرة على التكيف مع المتغيرات البيئية المختلفة .

2- الاستراتيجيات الحسابية المستوحاة من مدخل التنظيم الذاتي (self-organization) هي اتجاه واعد لإنشاء مثل هذه الأنظمة، فالتنظيم الذاتي هو نظام تتفاعل فيه العناصر من أجل تحقيق وظيفة أوسلوك عام ديناميكيا بحيث تنتج هذه التفاعلات ردود فعل لتنظيم النظام.

3- هناك فرق بين التنظيم الذاتي والتنظيم التكنولوجي، حيث أن التنظيم الذاتي له خصائص تتضمن بنية ثلاثية الابعاد ونمط وتدريج حسب التأثيرات الواقعة على المادة (داخلياً). بينما التنظيم التكنولوجي يتم من خلال عمليات واوامر خارجية .

4- هناك اختلاف بين الأنماط الموجودة في الأنظمة الفيزيائية التي تنتج من تفاعلات تعتمد على القوانين الفيزيائية، أما الأنظمة البيولوجية تتأثر بالتفاعلات الفسيولوجية والسلوكية بين المكونات الحية..

التوصيات: Recommendation

1- ضرورة الاهتمام بتعلم البرامج الرقمية واستخدامها لتعزيز وسهولة عمل حلول متنوعة من التصميمات ودعم مداخل التصميم المختلفة .

2- ضرورة الاهتمام بتطبيق التنظيم الذاتي كمدخل تصميم نستطيع من خلاله الوصول إلا عدد لا نهائي من التصميمات بكافة التخصصات التي تتصف بالاستدامة والتكيف مع كافة التغيرات البيئية.

المراجع: References

1- عبير على فرغلي،"جيومورفولوجية الكثبان الرملية فيما بين الجزء الجنوبى من الإسماعيلية والحافة الغربية لهضبة التيه – سيناء"، ماجستير، كلية الأداب، قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، 2007م .

2- فتحية معتوق، أفكار السيد،"مذكرة في مادة التصميم، كلية إعداد المعلمات البنات، جدة، 1994.

This is an Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium,provided the original work is properly cited.

3- سراج جبار كاظم المرشدي "أثر مناهج إيجاد الشكل الرقمية في خصائص النتاج المعماري المعاصر"، بحث منشور، مجلة جامعة بابل، العلوم الهندسية، العدد 6 مجلد (25)، 2007م.
4- مها محمود علي الفواعير، "التجريد الهندسي في الأستلهام المعماري من الطبيعة"، بحث منشور، المجلة العربية للنشر العلمي، الاصدار الخامس، العدد الخمسون، 2022م .
5- Stevens, Peter S," Patterns in nature", Publisher Boston, Little, Brown, 1974.
6- Bagnold, R. A." Sand formations in southern Arabia " . Geog. Jour. v.117 (1), 1951.
7- Camazine, Deneubourg, Franks, Sneyd, Theraulaz, Bonabeau, (2002). Self-organization in Biological Systems, Princeton University Press. Princeton, New Jersey
8- Carlos Gershenson," Design and Control of Self-organizing Systems", Mexico City Boston Vic¸osa Madrid Cuernavaca Beijing, Published by CopIt ArXives , 2007
9- Dori Lal ,"Geometry and Geometrical Patterns in Nature", The Signage, Vol. 3 No. 1 Jan. - June 2015.
10- Shamma/https://static1.squarespace.com/static/61820f5f7730b944bde9eb16/t/61bf6857cefe252c2a43961e/1639934040234/Patterns+In+Nature+Handout.pdf
11- GERSHENSON, C., KAUFFMAN, S. A., AND SHMULEVICH, I. (2006). The role of redundancy in the robustness of random boolean networks. In Artificial Life X, Proceedings of the Tenth International Conference on the Simulation and Synthesis 156 BIBLIOGRAPHY of Living Systems., L. M. Rocha, L. S. Yaeger, M. A. Bedau, D. Floreano, R. L. Goldstone, and A. Vespignani, (Eds.). MIT Press, .
12- Roland Wedlich-So¨ldner and Timo Betz, Self-organization: the fundament of cell biology, 2018 Self-organization: the fundament of cell biology. Phil. Trans. R. Soc. B 373
13- https://static1.squarespace.com/static/61820f5f7730b944bde9eb16/t/61bf6857cefe252c2a43961e/1639934040234/Patterns+In+Nature+Handout.pdf
14- https://parametric-architecture.com/nature-inspired-design-biomimicry-in-architecture/
15- https://fastercapital.com/content/RFRP-in-Nature--Unveiling-the-Hidden-Geometric-Patterns.html
16- https://almerja.com/azaat/indexv.php?id=4663
17- https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590238520304525
18- http://www.cityvisionweb.com/mag/self-organized-system-irene-
19- https://www.e-architect.com/beijing/birds-nest-beijing
20- https://almerja.com/azaat/indexv.php?id=4663
21- https://mymodernmet.com/cloud-cities-inspired-by-soap-bubbles-and-spider-webs
22- https://www.cdm.org/blog/finding-geometry-in-nature/
23- https://www.treehugger.com/amazing-fractals-found-in-nature-4868776
24- https://www.matsys.design/p_wall-2009
25- https://www.matsys.design/chrysalis-iii
26- https://www.matsys.design/s_window
27- https://www.evolo.us/chrystalis-iii-is-a-self-organizing-sculpture-matsys-designs/
28- https://www.evolo.us/chrystalis-iii-is-a-self-organizing-sculpture-matsys-
29- https://yeswebim.wordpress.com/2015/04/13/bim-and-scripting-beijing-national-aquatics-center/
30- http://uk.arxiv.org/abs/nlin.AO/0511018. 21
31- https://www.pinterest.com/
32- https://albenaamag.com/
33- https://scijinks.gov/snowflakes/
34- alarabiya.net
35- wordpress.com