بناء المعرفة لمنهجيات التصميم الصناعي في ضوء هندسة الفراكتال

Industrial Design Strategies Knowledge Engineering in View of Fractal Geometry

أ. د/ رجـب هــلال عبـد الجـواد

أستاذ بقسم التصميم الصناعي- كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان

Prof. Ragab Helal Abdul Gawad

Professor of Industrial Design Dep. Faculty of applied arts - Helwan University

aboraby_2007@hotmail.com

أ. م. د/ هيثـــم محمـــد جـــلال

أستاذ مساعد في قسم التصميم الصناعي. كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان

Assist. Prof. Dr. Hitham Mohamed Galal

Assistant Professor of Industrial Design Dep. Faculty of applied arts - Helwan University

wedesignlife@yahoo.com

الباحث/ أحمد مصطفى محمد لطفي

باحث بقسم التصميم الصناعي- كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان

Researcher. Ahmed Mostafa Mohamed Lotfy

Researcher at industrial design department -Faculty of applied arts – Helwan University

id.ahmedlotfy@gmail.com

الملخص:

هناك قوانين أساسية في الكون لا تتغير، تلك التي تحكم الأحياء وغير الأحياء على حد سواء، حقيقة الأمر أن هذه القوانين التي تحكم الكون والمخلوقات التي تعيش فيه ليست إلا برهانًا على تمام خلق الله، وكمال النظام الإلهي الذي أبدعه جل وعلا، وهي تُعرَض علينا في يومنا هذا على شكل نظريات علمية في شتى العلوم والمجالات البحثية. وقد كان للطبيعة نصيبًا عظيمًا كمحور اهتمام رئيسي للمستكشفين والباحثين، فما لبثوا يدرسون تصميم الطبيعة حتى رسخوا لقواعد علوم جديدة ونظريات علمية فكرتها الأساسية تتبلور حول الجمع بين الأحياء، سواء كان ذلك بالعلوم أم الهندسة بنظرياتها. تقوم فكرة البحث على دراسة وبحث مناهج التصميم في الطبيعة وفلسفتها ونظرياتها، من خلال إطار بحثي يتناول دراسة هندسة الفراكتال وخصائصها، ومن ثم دراسة انعكاسها على تطور منهجيات تصميم المنتجات الصناعية شكلاً ومضمونًا وظيفيًا، ومدى تكيُّفها مع البيئة بهدف خلق منتج صناعي مستدام.

يعد البحث إضافة لتزويد الدارسين والمهتمين بالعمل في مجال التصميم الصناعي لتيسير استخدام العلوم الحديثة في تطوير أدائهم الأكاديمي والتقني والمهني.

(يدعي البحث) أن الإعداد المعرفي للعلاقة بين هندسة الفراكتال ومنهجيات التصميم الصناعي تَمَكَّنَ المصمم الصناعي من إيجاد حلول قادرة على مواكبة التطور العلمي والتكنولوجي الأكثر انسجامًا مع الطبيعة، **(يهدف البحث)** إلى بناء المعرفة المرتبطة بعلاقة التصميم الصناعي بهندسة الفراكتال في ضوء تطور استرتيجيات ومنهجيات التصميم الصناعي، **وكانت أهم (النتائج)** إثبات فعالية محاكاة النظم الطبيعية مع إمكانية الدمج بين الطبيعة والتكنولوجيا واستكشاف إمكاناتها ، وأن استخدام منهجيات خوارزمية لها نفس الخصائص الفراكتلية، وتوليد التصاميم الحيوية مستندًا على استراتيجيات الطبيعة ومنهجية التصميم التوليدي يدعم إيجاد حلول تصميمية ، **وكانت أهم (توصيات**

البحث) ضرورة اهتمام المصمم الصناعي بمحاكاة الطبيعة وعلم هندسة الفراكتال ومراحله ومدخلاته ومخرجاته لِما له من أهمية كبيرة في عملية التصميم.

الكلمات المرشدة:
"هندسة الفراكتال" ، "التصميم التوليدي" ، "الطباعة ثلاثية الأبعاد"

Abstract

- **Phenomenon of Research:**

Nature has had a great share as a major focus of attention for explorers and researchers, and they are still studying the design of nature so that they establish new science bases and scientific theories (Fractal geometry.).

This research is connecting Nature Inspiration with industrial design and architecture by building the suitable knowledge about Fractals (The study of Generative Systems).

- **Claim of Research:**

Claims that the relation of fractal engineering and industrial design strategies and methods, can support industrial designers to be able to find solutions of product designs.

- **Objective of Research:**

Build-up knowledge related to the relationship of industrial design and fractal geometry, in view of the development of industrial design strategies.

- **Problematic of Research:**

There is a relationship between nature and new technology and and between the environment and industrial products this opaque relation need to clarify and prove with evidence, the research raises the question "How the nature can contribute a new addition to industrial design strategies through fractal geometry, based on new technologies in 21th century."

- **Methodology of Research:**

Exploratory curriculum.

- **Plan of Research:**

To prove the prosecution must follow a plan to reach the goal:

human thinking when faced with problematic, if some information concerning problematic the seeker based on this information, and more may be required to reach the unknown elements in problematic, and pass on this in the language of logic by saying: the thinker Moving from the introductions to the results, this is inferred. So, the conclusion in General is a mental process which is done by her transition from the unknown to the known, Firstly the research identifies the term "Fractal geometry" then clarify its relation to "industrial design".

- **Key-words:**

Fractal Geometry - Generative Systems - Three-dimensional printing.

مقدمة البحث:

هناك قوانين أساسية في الكون لا تتغير، تلك التي تحكم الأحياء وغير الأحياء على حد سواء، حقيقة الأمر أن هذه القوانين التي تحكم الكون والمخلوقات التي تعيش فيه ليست إلا برهانًا على تمام خلق الله، وكمال النظام الإلهي الذي أبدعه جل وعلا، وقد كان للطبيعة نصيبًا عظيمًا كمحور اهتمام رئيسي للمستكشفين والباحثين.

تقوم فكرة البحث على دراسة وبحث مناهج التصميم في الطبيعة وفلسفتها ونظرياتها، من خلال إطار بحثي يتناول دراسة هندسة الفراكتال وخصائصها، ومن ثم دراسة انعكاسها على تطور منهجيات تصميم المنتجات الصناعية شكلاً ومضمونًا وظيفيًا، ومدى تكيُّفها مع البيئة .

أهمية البحث:

يعد البحث إضافة لتزويد الدارسين والمهتمين بالعمل في مجال التصميم الصناعي لتيسير استخدام العلوم الحديثة في تطوير أدائهم الأكاديمي والتقني والمهني.

مشكلة البحث:

تتبلور إشكالية البحث حول دراسة مدى إمكانية تحقيق الترابط بين الطبيعة والتكنولوجيا الحديثة، وبين البيئة والمنتجات الصناعية، وتفرض التساؤل عن مدى نجاح الطبيعة من خلال هندسة الفراكتال في المساهمة في إضافة جديدة لمنهجيات التصميم بناءً على التقنيات الجديدة في العصر الحديث.

هدف البحث:

بناء المعرفة المرتبطة بعلاقة التصميم الصناعي بهندسة الفراكتال في ضوء تطور استرتيجيات التصميم الصناعي.

فرض البحث:

إن أمكن الإعداد المعرفي لهندسة الفراكتال في ضوء تطوير منهجيات التصميم الصناعي، تَمَكَنَ المشتغلين بالتصميم الصناعي من إيجاد حلول قادرة على مواكبة التطور العلمي والتكنولوجي الأكثر انسجامًا مع الطبيعة، خاصة في ظل الطفرات الهائلة التي حدثت في القرن الواحد والعشرين.

منهج البحث:

المنهج الأستكشافي.

خطة البحث:

لإثبات الإدعاء يجب إتباع خطة للوصول إلى الهدف:

يفكر الإنسان عندما يواجه إشكالية ما، فإذا توفرت بعض معلومات تتعلق بالإشكالية فإن الباحث يستند إلى هذه المعلومات، وقد يطلب المزيد منها ليصل إلى العناصر غير المعروفة فى الإشكالية، ونعبرعن هذا فى لغة المنطق بقولنا: إن المفكر ينتقل من المقدمات إلى النتائج، وهذا هو الإستدلال. فالإستدلال بمفهومه العام هو العملية العقلية التى تتم بواسطتها الإنتقال من المجهول إلى المعلوم، فيجب فى البداية التعرف على تاريخ ظهور مصطلح "هندسة الفراكتال". ثم توضيح علاقته بمنهجيات التصميم الصناعي كما يلي:

1- "هندسة الفراكتال"

1-1- بداية هندسة الفراكتلز Fractal Geometry

1-2- تعريف الهندسة الكسريةٌ "الفراكتال"

1-3- خصائص هندسة الفراكتال

4-1- طرق توليد نظم الفراكتلات Generating fractals :

أ- فراكتلات أنظمة الوظائف التكرارية Iterated function systems.

ب- فراكتلات الانفلات الوقتي Escape-time fractals.

ج- الفراكتلات العشوائية Random fractals.

2- تقنيات الحاسب الآلي و عملية التصميم:

2-1- النظم الخوارزمية.

2-2- أنواع قواعد الشكل.

2-3-الأسلوب الخوارزمي (اللوغاريتمي)

2-4- برامج التصميم المستقبلية وتطور استراتيجياتها.

2-5-التصميم التوليدي Generative Design

3- الطابعة ثلاثية الأبعاد:

3-1- تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد كتطبيق من تطبيقات هندسة الفراكتال في مجال التصميم الصناعي.

3-2- تطبيقات الطباعة ثلاثية الأبعاد في مجال التصميم الصناعي.

3-3- أمثلة على تطبيقات هندسة الفراكتلز في مجال التصميم الصناعي.

أ- تصميم وحدة الأضاءة"PHArtichoke"

ب- طاولة فراكتال تي

ج- مصباح الإضاءة الفراكتلي

د- سيارة بيجو فراكتال PEUGEOT FRACTAL

1- هندسة الفراكتلز Fractals Geometry:

1-1 بداية هندسة الفراكتلز Fractal Geometry:

مع نهاية القرن العشرين تطور تعليم الرياضيات تطورًا مذهلاً، فانتقل الرياضيون من تطبيق وحفظ الحقائق الرياضية إلى اكتشاف قوة الرياضيات ودورها في تنمية التفكير من خلال التطبيقات الحياتية والمجتمعية للرياضيات، هذا التطور أدى إلى توجيه اهتمام أكبر في بنية الرياضيات المعرفية، وعلاقة الرياضيات بمكونات العلوم الطبيعية الأخرى، حيث العناصر الطبيعية لها ما يميزها من خصائص طبيعية بالإضافة إلى البُعد الرياضي المُكوِّن لهذه الأشياء.

وقد بدأ ماندلبروت Mandelbrot في التفكير في ماهية العناصر الطبيعية واكتشاف التركيب الهندسي الرائع الذي أسماه هندسة الفراكتال في عام ١٩٧٥، ومصطلح فراكتال مشتق من اللغة اللاتينية (Fractus) التي تعني غير نظامي أو مجزأ أو مكسر. وفي عام ١٩٨٢ عندما نشر ماندلبروت الهندسة الفراكتالية في الطبيعة "The Fractal Geometry of Nature" توحدت النظرية الفراكتلية، فبحث في المكونات الجزئية للأشكال في الطبيعة أو الأشكال الرياضية وفقًا لمجموعة من الخصائص الطبيعية - كما هو موضح شكل (1) - حيث ركزت النظرية على الأشكال النمطية للطبيعة (كالسواحل، والأشجار، والجبال،..)

شكل (1) يوضح أمثلة الأشكال النمطية للطبيعة ومكوناتها الكسيرية

2-1-تعريف الهندسة الكسريةٌ "الفراكتال":

قام الباحث الفرنسي الأمريكي ((Benoit Mandelbrot، عام 1975 بوضع هندسة جديدة تختلف اختلافًا جذريًا عن الهندسة التقليدية ودعاها بهندسة الفراكتلز.Fractal Geometry

وهذا المصطلح مشتق من الأصل اللاتيني franger الذي يعني كسر أو شرخ،

ومن الصفة fractious التي تحمل معنى اللاانتظام والتكسر والتجزئ، وأراد ماندلبور جمع هذين الشقين في كلمة "فراكتال".

الشق الأول وهو الفراكتلات الطبيعية، وهذه الأشكال والأشياء المرتبطة بالطبيعة والمرتبطة بالعلوم التي يمكن استلهامها وتفعيل قيمها الشكلية والجمالية في صياغة التصميم.

الشق الثاني في الرياضيات والذي اهتم بدراسة مجموعة الجزيئيات التي غالبًا يكون لها جذور في نظرية الفوضى. Chaos) Theory)

حيث يُعرف الفراكتال بأنه "تلك التركيبات الهندسية المنتظمة، التي تتكامل أبعادها نتيجة تقسيم الشكل الأساسي إلى أجزاء صغيرة، وكل جزء هو صور مُصغرة للجزء أو الشكل الأساسي.

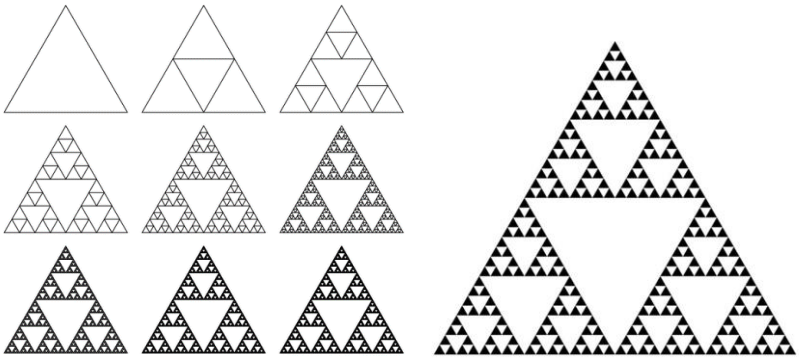
ويُعرفه "كلافام" بأنه مجموعة من النقاط لا تتكامل أبعادها المتجزئة أو أي مجموعة ذات تركيب مماثل؛ فتعتبر الهندسة الجزيئية مجموعة ذات تراكيب غير منتهية التعقيد، وعادة ما تحتوي على بعض القياسات ذات التشابه، فأي جزء يوجد داخلها يعبر عن صورة مُصغرة للمجموعة كلها. **Clapham,1996,p.103**

1-3- خصائص هندسة الفراكتال:

تتميز الهندسة الجزيئية بخصائص أساسية تعطي لها ذلك الدور الهام في تعليم التصميم، ومنها:

1. خاصية التشابه الذاتي Similarity-Self (كما هو موضح شكل 2).
2. الأبعاد الكسرية الدقيقة Dimensions Fractal .
3. قاعدة الإحلال. Replacement Rule

حيث تقدم الهندسة الجزيئية على أنها أشكال هندسية تنتُج من تطبيق نمط هندسي معين على أحد الأشكال الهندسية عدة مرات.



شكل (2) يوضح خاصية التشابه الذاتي في مثلث سربنسكي

وتحتوي الفركتلات في طياتها معنى اللانهاية، ويبدى بعضها بنية تتصف بالتشابه الذاتي على كل المقاييس، ومختلف مستويات التكبير. وفي معظم الحالات، يمكن توليد الفراكتال من خلال تكرار معين، ويتم ذلك عبر إجراء تعاودي (recursive) أو تكراري (iterative).

1-4-طرق توليد نظم الفراكتلات:Generating fractals

يتم توليد الفراكتلات من خلال عدة نُظم يتم إعدادها من خلال البرامج المتخصصة بالكمبيوتر، وتلك النُظم هي:

أ- فراكتلات أنظمة الوظائف التكرارية. Iterated function systems

ب- فراكتلات الانفلات الوقتي. Escape-time fractals

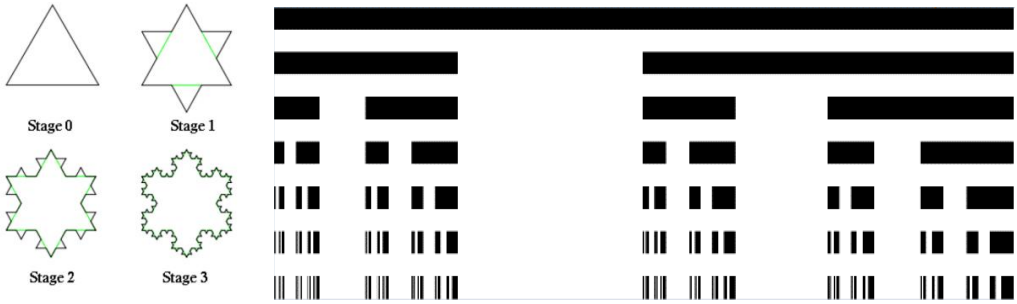
ج- الفراكتلات العشوائية. Random fractals

أ- فراكتلات أنظمة الوظائف التكرارية Iterated function systems:

تحتوي هذه المجموعة على function systems قاعدة استبدال هندسي واضحة لكل فركتل

ومن أمثلتها :مجموعة كانتور Cantor، منحنى كوخ لرقائق الثلج.

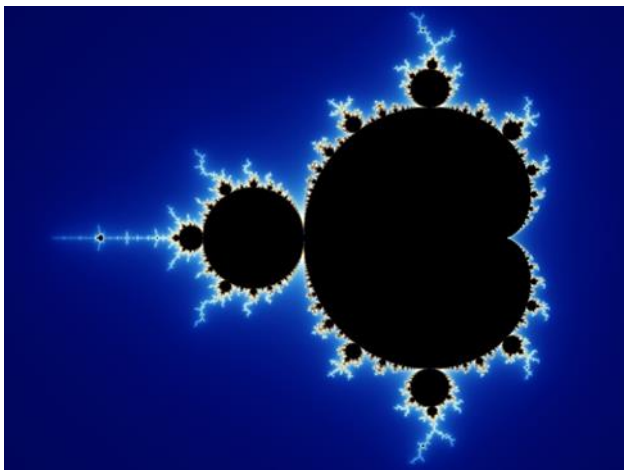
كما هو موضح شكل (3).



شكل (3) يوضح مجموعة كانتور ومنحنى كوخ لرقائق الثلج كمثال على الفراكتلات تولد من خلال قاعدة الاستبدال الهندسي

ب- فراكتلات الانفلات الوقتي Escape-time fractals:

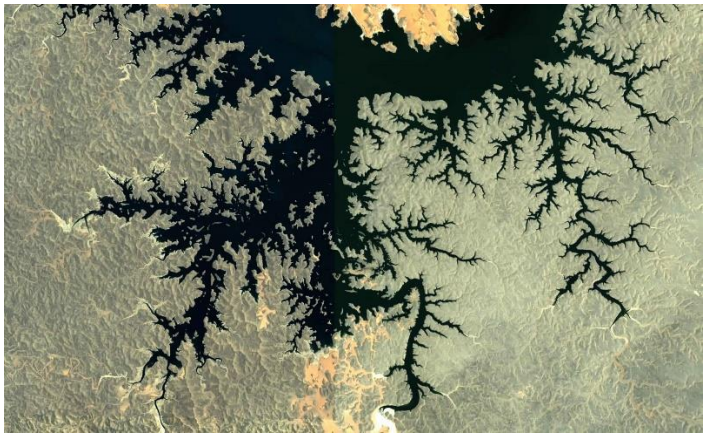
تُعرف الفركتلات في هذه المجموعة عبر علاقة تكرارية من أجل كل نقطة في الفراغ (كما في المستويات المُعقدة كمجموعة ماندلبروت Mandelbrot set) كما في الشكل (4).



شكل (4) يوضح مجموعة ماندلبروت Mandelbrot set

ج- الفراكتلات العشوائية Random fractals:

تولد من خلال إجراءات مختارة بشكل عشوائي بدلًا من أن تكون محددة، أمثلة على ذلك المناظر الفركتلية الموجودة في الطبيعة (fractal landscapes) كالجبال وتعاريج السواحل وغيرها. كما في الشكل رقم (5).



شكل (5) يوضح تعاريج إحدى الشواطئ

2-تقنيات الحاسب الآلي وعملية التصميم:

اقتصر استخدام الحاسب الآلي في البداية على القيام بإعداد الرسومات الهندسية وتخزين المعلومات ثم استرجاعها مرة أخرى عند الحاجة إليها، ثم تطور هذا الدور إلى المساعدة في عملية التصميم ذاتها، واستخدام إمكانيات الحاسب في البرمجة التقليدية التي تعتمد على أسلوب حل المشكلة من خلال الخوارزميات Algorithm، وهي مجموعة من الخطوات الرياضية والمنطقية المتسلسلة اللازمة لحل مشكلة ما.

2-1-النظم الخوارزمية:

هي أساس جميع النُظم الإنتاجية أو التوليدية Generative Systems حيث عرّف Stiny and Gips 1978 الخوارزمية بأنها بيان صريح لـتسلسل العمليات اللازمة لأداء بعض المهام.

والحوسبة Computations هي فعل أداء تلك العمليات والتي لا تقتصر بالضرورة على أن يؤديها الكمبيوتر.

في الواقع، فإن استخدام الحاسب الآلي في مجال التصميم الصناعي ليس جديدًا أو حديثًا، ومع ذلك، فإن استخدام أجهزة الكمبيوتر الحديثة تسمح للمصمم الصناعي بالتغلب على القيود الزمنية وكذلك الطرح السريع لحلول التصميم المختلفة. ومن خلال الجمع بين سرعة أجهزة الكمبيوتر الحديثة مع الإبداع والحدس من المُصممين الصناعيين نستطيع خلق تآزر قوي يتيح لنا تحقيق تصاميم أفضل.

2-2-أنواع قواعد الشكل:

يوجد نوعان من قواعد الشكل هما:

أ- قواعد الشكل القياسية Standard Shape Grammar

ب- قواعد الشكل متغيرة القيمة Parametric Shape Grammar وهي تنتج أشكالًا أكثر تنوعًا من القياسية.

وعند استخدام برامج الحاسب الآلي يجب التفرقة بين أسلوب تمثيل أوعمل الشكل Form making حيث يعبر عن تمثيل ورسم فكرة موجودة مسبقًا لدى المصمم، وأسلوب إيجاد الشكل Form finding؛

حيث إنه يعني باستخدام أدوات الحاسب الآلي في استلهام الفكرة نتيجة الاستفادة من معلومات كثير جدًا تم تخزينها عليه مسبقًا.

2-3-الأسلوب الخوارزمي (اللوغاريتمي):

يسمح هذا الأسلوب للمصممين باستكشاف هيئات Forms ذات معنى ضمن نظم هندسية Geometrical patterns أكثر تعقيدًا.

وتتميز البيئات التي يعمل بها هذا الأسلوب بكونها مبنية رياضيًاMathematically based ، حيث يتم تحديد الأساليب التي يمكن أن يسلكها التصميم من عند نمذجته ومن ثم عمل محاكاة رقمية Digital simulation لعمليات طبيعية من خلال هذا الأسلوب.

إن من أمثلة الأساليب الخوارزمية المعروفة علاقة القطع الذهبي Golden section ومولد الحلزون اللوغاريتمي generator of logarithmic spiral، حيث يمكن رؤية الأشكال والتنظيمات في الطبيعة كنتاجات نهائية لقوانين نمو داخلية – مثل الحلزونات والفراكتلات Fractals – ممزوجة بقوى خارجية تعمل عليها من الطاقة مثل الشمس والرياح والماء.

ويتم في هذا الأسلوب محاكاة مثل هذه النماذج رقميًا من خلال كتابة خوارزمياتها كمقابلات لقوانين انتظام الأشكال الطبيعية، ليصبح من الممكن بعد ذلك تطبيق تصورات النمو والشكل العضوي البيولوجي أي النموذج على التصميم الصناعي والمعماري والداخلي.

2-4-برامج التصميم المستقبلية وتطور استراتيجياتها:

يحلل البشر الواقع ويسجلونه، وعادةً ما يفكرون فيه بتحويله إلى لغة مكتوبة ومقروءة تعكس لغة أو ثقافة قيمها وبيئتها المادية، فيستخدم المتحدثون الماهرون تراكيب لغوية معقدة ومفردات هائلة ونابضة بالحياة؛ بينما يربط متحدثون آخرون كلمات بسيطة معًا على نحو غير محكم مما ينتج عنه خليط فظ وهزيل وغير نحوي من الكلمات.

فبدلًا من استخدام اللغة، تحلل برامج التصميم الواقع الخارجي وتسجله بالتقاط وتتتبع البيانات التي تصف جسمًا ماديًا، هناك كلمة أكثر اختصاصًا لوصف الطريقة التي تلتقط بها برامج التصميم رقميًا تفاصيل جسم ما وهي (التصوير الهندسي) ومثل طفل يتعلم اللغة، فإن برامج التصميم المستقبلية ستصبح تدريجيًا أكثر إتقانًا في تصوير الأشكال.

تعتمد التربية الصحيحة للطفل على تعلُّمه التحدث بطريقة سلسة تناسب الموقف الذي يواجهه، بالمثل، فإن التطور الناجح لأدوات التصميم سيَعتمد على ما إذا كان يمكننا صنع برامج يمكن أن تطوِّر بسرعة ودقة عمليات تمثيل هندسي جديدة استجابةً لمشكلة التصميم التي تواجهها.

بعض اللغات البشرية تمتلك كلمات تصف الحالات العاطفية أو مواقف معينة لا تملكها لغات أخرى، ويؤثِّر تعقيد وتوافر الكلمات لأي لغة بشرية على ما يمكن أن يُقال.

بالمثل، فإن الطريقة التي تتعامل بها برامج التصميم مع التصوير الهندسي الداخلي تحدد إلى أي مدى يمكنها معالجة أي تصميم، معظم برامج التصميم اليوم تتحدث نوعًا بسيطًا من اللغة، وتفكر مثل مخطط عمل تقليدي من الورق، تتحدث البرامج لهجة بسيطة أولية مكونة من كلمات غير معقدة، فإن برامج التصميم تعرض ببساطة وصراحة التفاصيل الموجودة لشكل ومواد التصميم.

فهناك طرق بسيطة يفكر بها الكمبيوتر في الأشكال وهناك طرق أكثر تعقيدًا.

وإذا تحتم علينا وضع ترتيبًا لأساليب التصميم من الأبسط إلى الأكثر تكيُّفًا وسلاسة، فممكن أن يكون ترتيبها كما يلي:

أبسط عمليات التصوير الهندسي ستكون المخططات الأولية الورقية أو نماذج السطح الشبكي أو النماذج الصلبة.

هذه الأفكار التصميمية تصف شكلًا ثابتًا وبسيطًا، وهي تساوي التحدث ببضع كلمات وصفية بسيطة.

بعد ذلك، تأتي **برامج التصميم التي يمكنها التعامل مع التصميمات البارامترية**، وهي تُعد أكثر تكيُّفًا بعض الشيء. هذه البرامج تتيح للمستخدم تحديد الأشكال الهندسية القابلة للتعميم التي يمكن أن تتغير طبقًا لبضعة معاملات.

بعد هذه المرحلة ننتقل إلى عالم المستقبل، الأنواع التالية من لغات التصميم تُعتبر تجريبية بنحو كبير، وتوجد غالبًا في معامل الأبحاث والتجارب التصميمية الحديثة الأخرى.

في أحد الأساليب الذي يُسمَّى (التصميم كالبرمجة) يصف الكمبيوتر شكلًا ما كتتابع من الخطوات بترتيب محدد، تقريبًا مثل وصف كعكة من خلال سرد وصفتها وليس بشكلها النهائي.

يلي ذلك أسلوب أكثر تعقيدًا يتيحه ما نسميه **(الأنظمة التوليدية)** مثل هذه الأنظمة تنمي حرفيًا شكلًا من حبة، طبقًا لمجموعة محددة من القواعد.

وأخيرًا، فإن أكثر عمليات تصوير التصميم المستقبلية تعقيدًا وطلاقةً ستكون **(المخططات التفاعلية)** وهي تصميمات تعدِّل من نفسها لتتلاءم مع الظروف التي ستستخدم فيها.

حيث يتميز برنامج المخططات التفاعلية الإلكترونية بالديناميكية،

يُمثِّل نظام المخططات التفاعلية كيفية عمل الطبيعة، حيث لا يحدد الحمض النووي الشكل النهائي للنبْتة بوضوح. إنما يضع مجموعة من القواعد التي ستحكم كيفية نمو النبتة استجابةً لأي ظرف خاصة بما تقع فيه.

تتطلب البرمجة الهندسية نوعًا مختلفًا من التفكير ونوعًا مختلفًا من الخيال ونوعًا مختلفًا من المصممين، فالأجسام الناتجة تكون أكثر تعقيدًا بكثير مما يمكن تصميمه بأدوات التصميم التقليدية التي تعتمد على الإشارة والنقر.

في البرمجة الهندسية، من السهل وصف أشكال مكررة وتركيبات شبه دورية تختلف قليلًا فيما بينها لكنها متشابهة في الغالب، والتركيبات الهرمية التي تتكون من تركيبات فرعية أصغر يمكن وصفها أيضًا، لهذا السبب تتيح البرمجة الهندسية كفاءة وفعالية كبيرة للمصمم البشري عند تصميم أنماط معقدة أو مصنوعة من أجزاء كثيرة صغيرة.

2-5-التصميم التوليدي Generative Design:

هو تصميم عام يمكن وصفه بأنه عملية من خلالها يمكن تحديد حلول التصميم المتعددة والمحتملة عن طريق الخوارزميات.

كما أوضح (لارس هيسيلجرن Lars Hesselgren) مدير أبحاث KPF

(cit. in Stocking, 2009)

يأخذ التصميم التوليدي فكرة الوصفة خطوة أخرى للأمام، فبدلًا من سيناريو مكثف، يستخدم التصميم التوليدي شكلًا كنواة ومجموعة من القواعد تحدد كيف يجب أن يتطور هذا الشكل أو يتكشف بمرور الوقت. على سبيل المثال، لتنمية شكل معقد يشبه الشجرة، ستبدأ بنواة بسيطة، وهي شكل أسطواني رأسي بسيط مربوط بقاعدة مسطحة. بعد ذلك، يمكنك تحديد قاعدة واحدة، وهي ربط شكلين أسطوانيين آخرين أصغر في الحجم من الشكل الأصلي بنسبة ١٠ بالمائة على شكل حرف Y.

في كل نهاية حرة من كل أسطوانة، سيؤدي تطبيق هاتين القاعدتين بنحو تَكراري إلى إنماء الأسطوانة النواة لشكل كبير يشبه الشجرة.

بدأت أنظمة التصميم التوليدي الآن في الازدهار تِجاريًا، لكن معظم هذا العمل يقوم به مصممون محترفون من أجل مشروعات خاصة.

3- الطابعة ثلاثية الأبعاد:

3-1- تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد كتطبيق من تطبيقات هندسة الفراكتال في مجال التصميم الصناعي:

قبل ظهور الطابعات الثلاثية الأبعاد، كانت الأفكار المعقدة بشأن تصوير أي شكل وقودًا للخيال والرياضيات النظرية ورسوم الكمبيوتر، كانت الطبيعة هي فقط من يمتلك القدرة التصنيعية على إنتاج الأشكال المعقدة التي تصفها المخططات التوليدية بنحوٍ مادي، وبتطور الطباعة الثلاثية الأبعاد، فإن هذه المفاهيم الجديدة للتصميم ستكون في النهاية قادرة على الخروج من العالم الافتراضي إلى العالم المادي.

ما تغيَّر هو أن الطباعة الثلاثية الأبعاد جعلت من الممكن نقل النماذج المجرَّدة المعقَّدة من عالم الكمبيوتر إلى أرض الواقع، وقبل ظهور الطباعة الثلاثية الأبعاد، كانت الغرف الداخلية للفراغ الحلزوني الداخلي لصَدف المحار مستحيلة الصنع بأي وسيلة أخرى سوى الطبيعة.

إن برامج التصميم والطابعات الثلاثية الأبعاد ليست غاية في حد ذاتها لكنها مجرد أداة لدعم المنهج الذي ينوون تدريسه بالفعل.

لقد بدأنا الآن في الحصول على التقنية التي نحتاج إليها لالتقاط التعقيد الحقيقي للأجسام - البيانات - ثم يمكننا البدء في استخدام هذا وتحويله إلى خوارزمية ثم إلى جسم مصمم.

ويظل جعل المصممين وأجهزة الكمبيوتر يعملان معًا على نحو مبتكر وسلس أحد أكبر التحديات في التصميم للطباعة الثلاثية الأبعاد.

3-2-تطبيقات الطباعة ثلاثية الأبعاد في مجال التصميم الصناعي:

يستخدم المصممون برامج التصميم التقليدية منذ فترة طويلة، ويُعتبر التصميم الحيوي نموذجًا جديدًا آخذًا في الازدهار حاليًا؛ حيث وُجدت أخيرًا أجهزة إخراج يمكنها إطلاق هذه المفاهيم والتصميمات للعالم المادي، وتتفتح عوالم جديدة من احتمالات التصميم بسبب تحرير الطابعات الثلاثية الأبعاد للنماذج الرياضية وقوانين الطبيعة من قيودها المجردة.

تُنتِج الخوارزميات، أو المعادلات، أنماطًا بتنوعات عديدة بتنوع البشر، وباستخدام مزيج من البيانات والخوارزميات، يمكن للمصمم صنع تنوع كبير من الأشكال والأنماط ثنائية وثلاثية الأبعاد. وبعض الخوارزميات يُنتج تركيبات متشعبة، وبعضها

يُنتج أشكالًا منحنية مثل مجموعة من فقاقيع الصابون، والبعض الآخر يُنتج أشكالًا ذات نتوءات عشوائية ذات زوايا مثل بِلَّورات الكوارتز.

كما هو مبين في الشكل رقم (6)

شكل (6) يوضح طباعة ثلاثية الأبعاد لبِلَّورات الكوارتز.

تُعتبر عملية التصنيع الطبيعية عملية تَكرارية؛ فكل كائن حي، من النبتة البسيطة التطور التي تُطبق بنحو «قواعد» حتى الجنين البشري، يتبع مجموعة صغيرة نسبيًا من متكرر، بدءًا ببذرة أو خلية جرثومية بسيطة.

ومثل صيغة رياضية مكررة تُطبق على البيانات، فإن البذرة تتطور في عدة أشكال وهيئات وأنماط، مدفوعة بإشارات من بيئتها أو مواردها المحدودة المتاحة، وعلى مستوى أصغر، فإن أي لوح من بِلَّورات الثلج على الزجاج الأمامي للسيارة ينمو ويمتد، طبقًا لنمط متكرر منتظم، يبدأ بنواة تتبلور.

3-3- أمثلة على تطبيقات هندسة الفراكتلز في مجال التصميم الصناعي:

يمكننا القول إن ظهور مكونات التعقيدية في التصميم الصناعي قد نبع من الملاحظة والتأمل في الطبيعة والحيوان والنبات ومحاكاتهم واستلهام التصميمات من خلال الطبيعة.

أ- تصميم وحدة الأضاءة"PHArtichoke"

يعتبر المصمم"Paul Henningsen" بالتعاون مع"Danish Arch" رواد تصميم وحدات الإضاءة في القرن العشرين، ويعتبر تصميم الوحدة "PHArtichoke" من أهم وأبرز أعمالهم، فقد اعتمدت فكرتها على تكرار طبقات من السواتر تسمح للمستخدم بتوجيه الضوء دون التعرض للمبة ذاتها، بينما يحاكي التصميم الشكل الحقيقي لثمرة الخرشوف حيث الاستلهام من النبات في الطبيعة. كما في الشكل رقم (7)

شكل (7) يوضح تصميم وحدة إضاءة تحاكي الشكل الحقيقي لثمرة الخرشوف

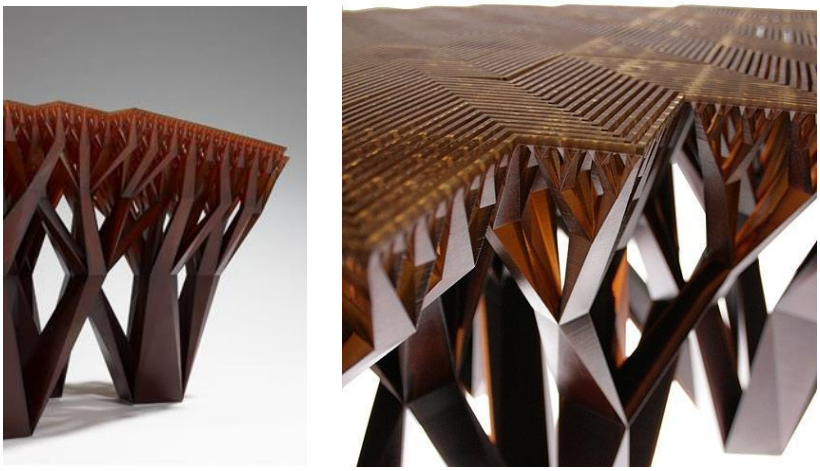
ب- طاولة فراكتال تي:

تُعتبر طاولة قهوة «فراكتال تي» طاولة مطبوعة بنحو ثلاثي الأبعاد، وهي من إنتاج المصممين جيرنوت أوبرفيل وجان فيرتل وماتياس بار. ويصف المصممون ابتكارهم الثلاثي الأبعاد الرائع كأحد الابتكارات التي يعزز مظهرها (الرابطة المتزايدة بين الطبيعة والصيغ الرياضية). شكل (8)

شكل (8) يوضح تصميم طاولة فراكتال تي

فقد استُلهِم شكل هذه الطاولة من أنماط النمو والتركيب المنتظمة لفروع الأشجار، وصُنِعت الطاولة كقطعة واحدة مطبوعة بنحو ثلاثي الأبعاد - من دون مُفصَّلات أو وصلات - باستخدام الطباعة الفراغية وراتينج البلاستيك نصف الشفاف، ويوضح مصمموها أن إنتاجها كان مستحيلًا باستخدام وسائل التصنيع الأخرى.

تُعتبر طاولة (فراكتال تي) رائعة هندسية؛ فالسيقان المتداخلة كسيقان الأشجار تسير في جسم الطاولة بالكامل، وتتفرع لأفرع أصغر فأصغر حتى تزداد كثافتها كلما اتجهت لأعلى، كما هو مبين في الشكل رقم (9) ويذكِّرنا جسم الطاولة نصف الشفافة بعُصارة الأشجار المتجمدة. وقد عُرضت الطاولة في عدة متاحف راقية؛ مثل متحف فيكتوريا وألبرت في لندن، ومتحف المتروبوليتان للفنون في نيويورك، ومتحف ديزاين هاب في برشلونة.



شكل (9) يوضح محاكاة تفرعات سيقان الأشجار في تصميم طاولة فراكتال تي

ج- مصباح الإضاءة الفراكتلي:

يتم تصميم غلاف المصباح الخزفي ثلاثي الأبعاد المصنوع من السيراميك باستخدام نمط متكرر يتناقص باستمرار، وتحافظ هذه الأبعاد الكسورية على التشابه الذاتي عبر النطاق، حيث يوجد في أي تكبير جزء أصغر من الكائن مقيد فقط من خلال شكله بالكامل عندما

يمر الهواء فوقه، يدور المصباح بحرية في التقاط السرعة نتيجة لوزنه، التكرار ونمط التكرار.

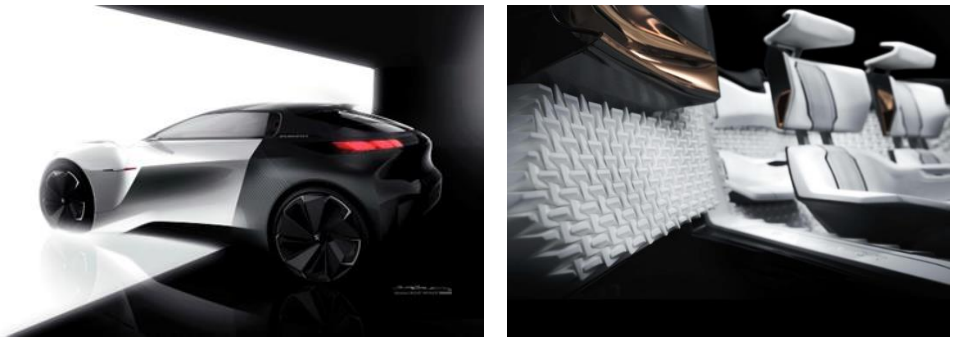
يستخدم الضوء طاقة الرياح فقط لتوليد هذه الكهرباء، حيث يسمح المكثف للضوء بتخزين الطاقة عندما لا توجد طاقة للرياح لتشغيلها. لا توجد بطاريات في الدائرة إلا دائرة الإلكترونيات الموضحة أدناه.

تم تصميم الغلاف الخزفي باستخدام برنامج محاكاة لاختبار الديناميكا الهوائية وديناميات السوائل في الشكل والمواد والكثافات. شكل (10)

شكل (10) يوضح تصميم مصباح الإضاءة الفراكتلي

د- سيارة بيجو فراكتال PEUGEOT FRACTAL:

هي سيارة كوبيه حضرية كهربائية تكشف عن تصميم محتمل لـ PEUGEOT i-Cockpit® التي تستكشف حواسًا أخرى: تتبع من منظور بصري؛ تتجسد في عرض headup، واللمس، مع عجلة القيادة المدمجة والشاشة التي تعمل باللمس، تعرض PEUGEOT FRACTAL اهتمامًا غير مسبوق بالصوتيات في تصميم السيارات. والنتيجة هي مستوى الإدراك السمعي الذي يزيد من إثراء تجربة القيادة. شكل (11)



شكل (11) يوضح تصميم سيارة بيجو فراكتال PEUGEOT FRACTAL

PEUGEOT FRACTAL هي حاضنة للأفكار تستكشف استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد لإنشاء أشكال لا يمكن الحصول عليها من خلال أي عملية أخرى. تمثل الأجزاء والمكونات الناتجة أكثر من 80٪ من الأسطح الداخلية وتقدم مزيجًا من التصميم الجديد والوظائف الحقيقية، تعمل أسلاك لوحة اللمس من خلال مكبر صوت عجلة القيادة المدمجة.

تغطي الأسطح اللاصقية أكثر من 15 مترًا مربعًا من مقصورة المقصورة الداخلية وقد تم إنتاجها حسب التصميم العام، تتيح القدرة الحاسوبية لآلات اليوم استكشاف جميع الأشكال والهياكل الخاصة بجزء معين.

التصميم التوليدي يخلق أشكالًا فعالة ويطور الجزء المثالي في كل حالة من خلال استخدام الخوارزميات، يستخدم PEUGEOT FRACTAL الكمية المناسبة من المواد لضمان الكفاءة الصوتية. كما في الشكل (12)

شكل (12) يوضح تصميم الأسطح الداخلية في سيارة بيجو فراكتال

نتائج البحث:

1. يمكن استخدام إمكانيّات الحاسب في البرمجة التي تعتمد على أسلوب حل المشكلة من خلال الخوارزميات Algorithm ، من خلال مجموعة من الخطوات الرياضية والمنطقية المتسلسلة لها نفس الخصائص الفراكتلية اللازمة لحل مشكلة ما، وتوليد التصاميم الحيوية مستندًا على استراتيجيات الطبيعة والعمليات الطبيعية للتنظيم الذاتي ومنهجية التصميم التوليدي Generative Design.
2. إن تطور المواد والخامات والتكنولوجيات كالطباعة ثلاثية الأبعاد، وكذلك دراسات التصميم الحديثة التي تُطبق خصائص هندسة الفراكتال (Fractal Geometry) والتعقيد (Complexity)، قد سمحت بالتغلب على القيود وتخطي الحدود التي تفرضها الهندسة الإقليدية (Euclidean Geometry)، بالإضافة لصياغة استراتيجيات ومناهج جديدة في عالم الصناعة والتصميم وخلق منتجات جديدة لها أشكال مستقبلية

3. يؤكد البحث على فعالية محاكاة النظم الطبيعية مع إمكانية الدمج بين الطبيعة والتكنولوجيا واستكشاف إمكانياتها باستخدام المنهج التحليلي لدراسة الطبيعة كأداة ومنهجية للتصميم وأنعكاس ذلك على تطور عملية الأنتاج للتصميمات المعقدة من خلال الطابعة ثلاثية الأبعاد.

توصيات البحث:

1. ضرورة اهتمام المصمم الصناعي بمحاكاة الطبيعة وعلم هندسة الفراكتال ومراحله ومدخلاته ومخرجاته لِما له من أهمية كبيرة على عملية التصميم.
2. استكمال دراسة "هندسة الفراكتال" والاستفادة منها في عملية التصميم، واستكمال دراسة المنهجيات المرتبطة بالفراكتال خاصة وبالتصميم عامة ومنهجياته... مثل "النظم الخوارزمية"، "التصميم التوليدي"... إلخ.

المراجع:

أولاً: المراجع العربية:

1- إيمان محمد السيد موسى البنا: الزخرفة الإسلامية والهندسة الجزيئية - رسالة دكتوراه، كلية الفنون التطبيقية، قسم الزخرفة، جامعة حلوان، 2008م.

1- El banna, Eman (Doctor) - Al Za5rafa al islamya w al handasa al gozay2ya, Resalet doctorah, Kolyet el fnon el tatbeqia, gamaet Helwan, qism el za5rafah, 2008.

2- أيمن رئيس محمد محمود: تقييم بعض برامج الحاسب الآلي المساعدة لعملية التصميم المعماري - رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة بنها، 2012م.

2- Mahmoud, Ayman Raes (Doctor) – taqeem ba3d barameg al 7aseb al 2aly al mosa3eda l3amalyet el tasmem el me3mary, Resalet Majester, Kolyet el handasa, gamaet banha, , 2012.

3- علي يوسف علي: الهيولية تصنع علمًا جديدًا - ترجمة عن "جيمس جلايك"، القاهرة، المجلس الأعلى للثقافة، المشروع القومي للترجمة، 2000م.

3- Ali, Yusuf Ali – Alhaylulya tasna3 3ilman Jadedan, targamah 3an James Glaik, al qahira, Al majles al a3la lelsaqafa, al mashro3 el qaumy lel targama, 2000.

4- سلوى يوسف عبد الباري: استلهام شبكات تصميمية مستوحاة من اتجاه الهندسة الكسرية لتصميم الأثاث.
بحث منشور- مؤتمر كلية الفنون التطبيقية الرابع – 2016.

4- Abdul bary, Salwa Yusuf – Estelham Shabakat Tasmemya mosto7ah min etijah al handasah al kosayrya le tasmem el asas, ba7s manshour, mo2tamar kolyet el fenon el tatbeqia el rabe3, 2016.

5- محمد عزت سعد (دكتور): فلسفة تصميم المنتجات ذات الطبيعة الهندسية - الطبعة الثانية، الناشر المؤلف، القاهرة، 2010م.

5- Saad, Mohamed Ezzat (Doctor), Falsafet tasmem el montajat zat el tabe3a el handasya, el tab3a el sanya, al nasher al mo2alef, al qahira, 2010.

6- هيثم محمد جلال (دكتور) التصميم الذكي وتدعيمه لفلسفة التصميم. - بحث منشور – مجلة العمارة والفنون – العدد السابع.

6- Galal, Haitham Mohammed (Doctor), Al Tasmem Al Zaki w Tadeemoh Lfalsafet Al Tasmem, Bahth Manshour, Megalet al emara w el fenon, Al 3dad al sabe3.

ثانيًا: المراجع الأجنبية:

- Rita Fernandes, Generative Design a new stage in the design process, Master of Science, Portugal, 2013.
- Angus W. Stocking,Generative Design is Changing the Face of Architecture, Fourth Edition, North Carolina, USA, 2009.
- Nigel Cross, Engineering Design Methods Strategies for Product Design, Fourth Edition, The Open University, Milton Keynes, UK
- https://www.ted.com/talks/ Fractals and the art of roughness