أثر الثورة الرقمية المعاصرة على أشكال منتجات الأثاث والإنشاءات المعدنية

The Effect of the Contemporary Digital Revolution on the Forms of Metal Furniture and Construction Products

أ.م. د/ ياسر محمد الصادق عبدالعزيز

أستاذ مساعد بقسم تصميم الأثاث والإنشاءات المعدنية، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، مصر

YASSER_ELSADEK@a-arts.helwan.edu.eg

ملخص البحث: Abstract

في السنوات الأخيرة شهد العالم تطور هائل في علوم وتطبيقات الحاسب الآلي، فنحن نعيش فيما يعرف بعصر الثورة الرقمية، ولقد أثرت الثورة الرقمية بشكل كبير في تصميم المنتجات فاستخدم المصممون برامج الحاسب المتطورة في ابداع تصميمات لمنتجات ذات اشكال مستحدثة تتسم بالتعقيد والاستلهام من الطبيعة، فيما يمكن ان يطلق عليه "الأشكال الرقميه" أو "الأشكال البارامترية"، وهي لغة تصميميه جديدة للمنتجات ذات صياغات شكلية مغايرة تماما للأشكال المعتاد عليها لتصميم المنتجات وساعد على انتشارها التطور الهائل في تقنيات الإنتاج المعاصرة والخامات المستحدثة، كل ذلك ساهم في ظهور اتجاهات تصميمه جديده ذات منطلقات وفلسفات ومرجعيات مختلفة عن سابقتها، ومن هنا تنبع **مشكله البحث** في الحاجة إلى معرفة مرجعيات وسمات أشكال المنتجات المعاصرة في ظل الثورة الرقمية والتطور الهائل في تقنيات الإنتاج والخامات، وما صاحبها من تطور في الفكر التصميمي، حيث **يهدف البحث** إلى دراسة أثر الثورة الرقمية المعاصرة على أشكال المنتجات، ولتحقيق هدف البحث اتبع الباحث المنهج الوصفي التحليلي. وفي البحث تم دراسه ثلاث محاور أساسية: الأول يتعلق بالأشكال البارامتريه (التصميم البارامتري)، والثاني يتعلق بالاشكال الكسرية (هندسة الفراكتال)، والثالث يتعلق باشكال فورونوي، وقد أُختتم البحث باستخلاص **للنتائج** ذات الصله من اهمها: 1) المنتجات المعاصرة ذات صياغات شكلية معقدة وغير مألوفة منها ما هو مستلهم من الطبيعة، ساعد على انتشارها التطور الهائل في برامج النمذجة الرقمية للتصميم البارامتري وتقنيات الإنتاج والخامات المستحدثة. 2) في إطار جدلية تبعية الشكل في تصميم المنتجات، ساد في العصر الحالي شعار "الشكل يتبع التقنية"، فلقد أحدثت التكنولوجيا الرقمية طفرة في اشكال المنتجات، حيث وجد المصمم الأدوات التي تمكنه من تمثيل أفكاره التصميمية مهما بلغت درجه تعقيد الشكل. 3) تدعم برامج النمذجة الرقمية للتصميم البارامتري الجانب الإبداعي للمصمم من خلال محاكاته لأشكال الطبيعة ذات البنية المعقدة بخطوات بسيطه من خلال استخدام بعض الخوراميات التصميمية لبعض نظريات محاكاة الأشكال الطبيعية كنظرية هندسة الفراكتال ونظريه فورونوي.

كلمات دالة: Keywords

الأشكال البارامتريه (التصميم البارامتري) Parametric Shapes (Parametric Design)، الأشكال الكسرية (هندسة الفراكتال) Fractal Shapes (Fractal Geometry)، أشكال فورونوي Voronoi Shapes

Paper received January 16, 2024, Accepted April 02, 2024, Published on line May 01, 2024

المقدمة: Introduction

في نهاية فترة ستينات القرن العشرين وبداية السبعينات ظهرت برمجيات الحاسب التي كانت تُستخدم في عمليات تصميم وصناعه السفن والطائرات حيث تتطلب هذه الصناعة أدوات رسم متطورة للمساعده في رسم وتنفيذ الأسطح المعدنية المنحنية بدقة عالية، وقد استفاد المعماريون من التطور في صناعة الطائرات والسفن فى اقتباس بعض الأفكار في التصميم المعماري مما ادي لتطور النتاج المعماري على مستوي التصميم والطرق الإنشائية ومواد البناء والتكسيات، و"كان المعماري فرانك جيري اول من نجح في تطبيق ذلك في تصميمه لمتحف جوجنجهايم باسبانيا حيث استخدم طرق إنشائية معقده لعمل اسطح منحنية وغير منتظمة الشكل من الواح التيتانيوم" . (مرجع 11، ص12بتصرف)

وفي منتصف تسعينات القرن العشرين تم استخدام برامج الحاسب التي تطبق المحددات اللوغاريتمية (برامج التصميم البارامتري) بشكل متزايد في التصميم المعماري وتصميم المنتجات حيث يُعتمد على تلك البرامج في توليد الأشكال والتكوينات، بمعنى مشاركه برامج الحاسب في عمليه التصميم، مما يؤدى للحصول على تشكيلات جديدة لم يكن في الإمكان التوصل اليها بدون مساعدة تلك البرامج، وهو ما كان له بالغ الأثر على التوجهات الفكرية للمعماريين والمصممين منذ ذلك الحين حيث فتحت تلك البرمجيات أوسع الآفاق امام تمثيل اكثر الأفكار التصميمية تعقيدا بشكل سهل والتي كان من الصعب بل من المستحيل مجرد تخيل رسم مثل تلك الاشكال بطرق التصميم المعتادة.

"فالعصر الرقمي الذي نحياه هو عصر الحرية في التعبير التصميمي والتحرر من القيود والخروج عن الاشكال النمطية المألوفة، وذلك بمساعده برامج التصميم البارامتري في عملية التخيل وتحقيق الأفكار التصميمية، وهو ما أدى الي طفره في اشكال المنتجات، فأصبح لأشكال المنتجات صفات تشكيلية غير تقليدية ذات ديناميكية في الإنحناء والانبساط والطي فهي تشكيلات نحتية مرنة." (مرجع 2، ص 270).

مشكلة البحث: Statement of the Problem

في إطار سعي المصمم الدائم للبحث عن اشكال جديدة للمنتجات، وكذلك للارتباط الوثيق بين التطور التكنولوجي واتجاهات التصميم، تبلورت مشكله البحث في الحاجه الي معرفة مرجعيات وسمات بناء اشكال المنتجات المعاصرة في ظل الثورة الرقمية في برمجيات الحاسب المرتبطة بالتصميم وكذلك التطور الهائل في تقنيات الإنتاج والخامات، وما صاحب كل ذلك من تطور في الفكر التصميمي المعاصر ليتوافق مع التوجهات الفكرية الرقمية، التي فتحت افاقا جديده لتصميم المنتجات وأضافت لقدرات المصمم الإبداعية والابتكارية.

أهداف البحث: Research Objectives

يهدف البحث إلى دراسة أثر الثورة الرقمية المعاصرة على اشكال منتجات الأثاث والانشاءات المعدنية.

منهج البحث: Research Methodology

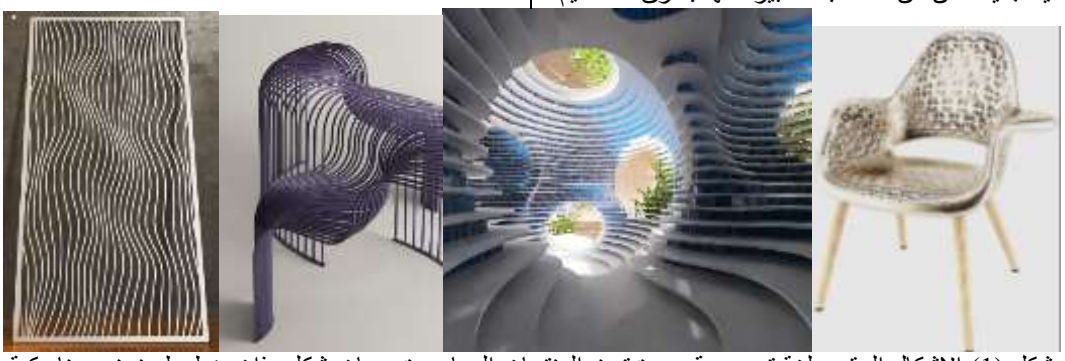
ولتحقيق هدف البحث اتبع الباحث المنهج الوصفي التحليلي.

الإطار النظري: Theoretical Framework

1) الأشكال البارامتريه (التصميم البارامتري):

لقد أحدثت التكنولوجيا الرقمية ثورة في عالم التصميم حيث وجد المصمم في هذا العصر الرقمي الأداة التي يستطيع بها التعبيرعن أفكاره التصميمية مهما بلغت من تعقيد في الشكل مع وجود إمكانيات هائلة للتعديل، ليس هذا فحسب وانما اختبار تلك الأفكار التصميمية

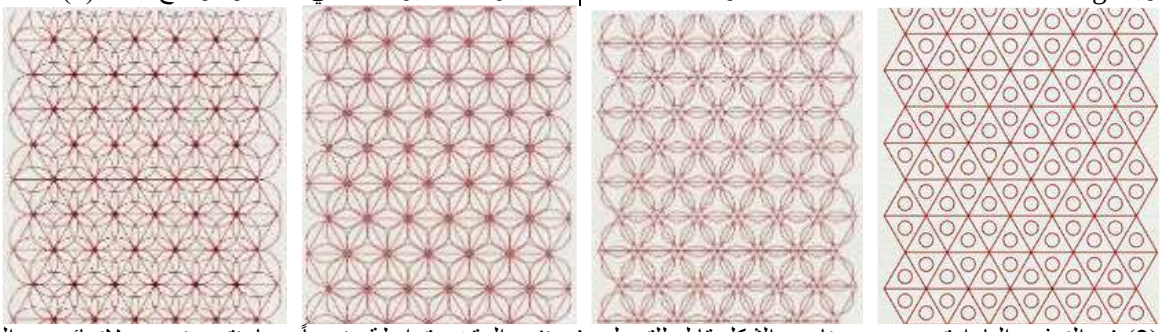
واكتشاف نقاط الضعف بها أثناء التصميم وليس بعد التنفيذ، فساد في هذا العصر اتجاه تصميمي معاصر وهو ما يطلق عليه التصميم البارامتري، ويمثل الشكل أحد أهم السمات أو الجوانب المعبرة عن هذا الاتجاه التصميمي المعاصر، فقد تمكن المصممون من إيجاد صياغات شكليه جديده كان من الصعب التعبير عنها بطرق التصميم المعتادة، فكانت "الأشكال البارامتريه" تلك اللغة التصميمية الجديدة التي تميز المنتجات المعاصرة بسمات شكليه ذات خطوط منحنيه ديناميكيه لها قدر من التشابك والتعقيد والذي ينتج من التكرار المستمر والمتصل لعناصر الشكل، كما هو موضح بشكل (1)



شكل (1) الاشكال الرقميه لغة تصميمية جديدة تميز المنتجات المعاصرة بسمات شكليه ذات خطوط منحنيه ديناميكية

1-1) مفهوم البارامتريه في التصميم :

إن البارامتر Parameter هو "أي عامل من العوامل التي تحدد نظام وتحدد حدود أدائه" كما ورد في (Hyper dictionary)، أو هو "الكميه أو العدد الذي يعتمد على كميه او عدد أخر" كما ورد بقاموس العلوم (Science Dictionary)، وتعرف النمذجة البارامتريه Parametric Modeling بأنها "قدره المحددات البعدية والمحددات الهندسية على قيادة عمليه تعديل وتطوير الشكل على عكس النمذجه المباشرة التي يتحكم فيها الشكل في عملية التعديل والتطوير" (مرجع10، ص110)، ففي النمذجه البارامتريه جميع عناصر الشكل قابله للتعديل وفي نفس الوقت مترابطة هندسياً بحيث اذا تغيرت احداها يؤثر ذلك التعديل على باقي العناصر وهو ما يعرف بالتأثير المطاطي، كما هو موضح بشكل (2)



شكل (2) في النمذجه البارامتريه جميع عناصر الشكل قابله للتعديل وفي نفس الوقت مترابطة هندسياً، مما ينتج عنه عدد لانهائي من الحلول التصميمية

ففي اقصى اليمين: تم رسم دائرة في منتصف الشبكة المثلثية وبتغير قطر الدائرة (المتغير الأساسي) وتثبيت باقي المتغيرات، تولد عن ذلك عدد لا نهائي من التصميمات نتيجة تقاطع قطر الدائرة مع اضلاع المثلث ومع اقطار الدوائر المجاورة كما هو موضح في المنتصف وعلى اليسار

المصدر: النواوي، أبو بكر صالح، عباس، شيماء سمير عبد المنعم، منجي، ياسر إبراهيم محمد، وإبراهيم، نسرين يوسف. (2021). إستحداث تراكيب للزخرفة الهندسية الإسلامية باستخدام التصميم البارامتري، مجلة التراث والتصميم، مجلد 1، عدد 3، ص 7

وتصنف المتغيرات البارامترية إلى نوعين هما: (مرجع 2، ص 273)

أ) المتغيرات المستقلة: وهي مدخلات رقميه يتم تحديد قيمتها مثل ارتفاع مثلث، قطر دائره.

ب) المتغيرات المعتمدة: تُمثل قيمتها محصلة ونتيجة لقيم المتغيرات المستقلة، مثل مساحه مثلث، مساحه دائرة.

وهناك نوعين للقيود او المحددات التي تتحكم في المتغيرات البارامتريه، هما : (مرجع 2، ص 274)

أ) القيود البعدية: وهي مدخلات رقمية تلعب دورا أساسيا في تحديد حجم الاشكال الهندسية للأفكار التصميمية

ب) والقيود الهندسية: وهي مدخلات تحدد أنواع علاقات التجاور لعناصر الشكل مع بعضها البعض، مثل ان تكون العناصر أفقية، عمودية، متماسة، متراكبة ...، وتستخدم كل من المحددات او القيود البعديه والهندسيه في صياغه الأشكال البارامتريه بحيث تكون قابله للتعديل والتغيير، بما يعنى ديناميكية الاشكال دون الحاجه لإعادة رسمها من البداية

2-1) مفهوم التصميم البارامتري:

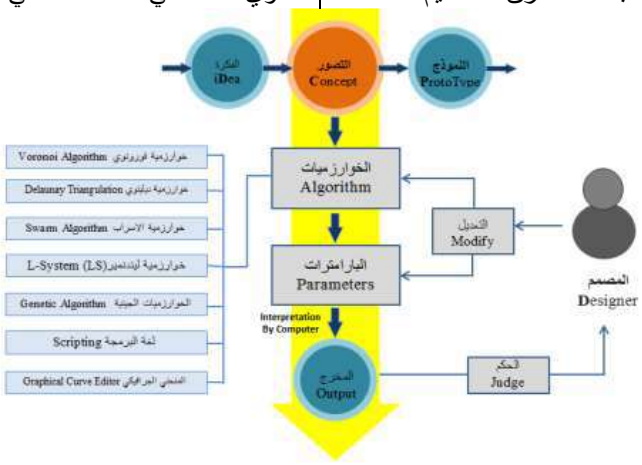
- أن لمصطلح التصميم البارامتري معانٍ عديدة فهناك من عرفه على انه التصميم الحدودي او نمذجة التصميم او التصميم المعياري او القياسي، لكن **اصح معنى للتصميم البارامتري هو التصميم المتغير**، فالبارامترات هي مساحات برمجية تحتوي على خوارزميات[1] وعمليات رياضية تستخدم من قِبل المصمم لضبط العلاقات بين عناصر التصميم من أجل تحديد مجموعة من البدائل التصميميه، فالتصميم البارامتري نهج جديد للتصميم يقُوم على مفهوم المعلومات الحسابية (مرجع 9، ص2)

حيث يتم دمج معظم متطلبات التصميم في شكل بارامترات(متغيرات محدده) منذ بداية مراحل التصميم (مرحلة صياغة أفكار التصميم) وبالتحكم في قيم تلك البارامترات من قِبل المصمم وبمساعدة الخوارزميات الملحقة ببرامج النمذجه الرقمية وما تتضمنه من عمليات حسابية يحصل المصمم على العديد من البدائل التصميميه بأشكال أكثر إبداعية وتعقيدا وقابلية للتنفيذ، وتعرف هذه الحلول

[1] الخوارزمية بشكل عام هي إجراء ذو عدد محدد من الخطوات مكتوبة بلغة ترميزية ثابتة متعارف عليها محكومة بتعليمات دقيقة تتحرك وفق خطوات منفصلة (1- 2- 3) ولا يتطلب تنفيذها رؤية أو حدس أو صفاء ذهن وهي عاجلاً أم أجلاً سوف تصل إلى مرحلة تتوقف فيها عن العمل . (مرجع 2 ، ص 3)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

التصميمية بعائلة التصميم (Generations)، كما هو موضح بشكل (3) ومن ثم يختار المصمم الحل النهائي بناءاً علي اكثرها تحقيقا لمتطلبات التصميم المحددة مسبقا وبذلك يكون المصمم بمثابة الحاكم والمتحكم بالمخرج النهائي للتصميم البارامتري.(مرجع 5، ص5)
ففي التصميم البارامتري يعتمد بناء الشكل للأفكار التصميمية على التجربة والاكتشاف من خلال برامج النمذجة الرقمية (يتم ايجاد الشكل في بيئة الحاسب الآلي) وذلك بخلاف طرق التصميم المعتادة التي تُستخدم فيها برامج الحاسب الآلي فقط في رسم وإظهار الأفكار التصميمية، اما بناء اشكال تلك الأفكار فيعتمد على خيال ومهارة المصمم، وبذلك يدعم التصميمي البارامتري الجانب الإبداعي لدي المصمم من خلال انتاج نسخ معدله لا نهائية من الشكل الأساسي بتغيير المعلومات (قيم المتغيرات البارامتريه) التي يتم ادخلها لبرنامج النمذجه البارامتريه، حيث يظهر التصميم البارامتري في أقوي حالاته في المشكلات التي تتعلق بالشكل.



شكل (3) منهجية التصميم البارامتري

المصدر: (الصعيدي، اسلام مجدي طاهر، محمد، أسامة يوسف محمد، راشد، احمد يحيى عبدالرحمن(2019) التصميم البارامتري كمدخل لإستلهام الطبيعة في تصميم المنتجات، https://www.researchgate.net/publication/333704412 pdf، ص5،6

3-1) اهميه دور التصميم البارامتري في تصميم المنتجات:

يمكن رصد الأهمية او الادوار التي اضافها التصميم البارامتري خلال المراحل المختلفة لعمليه تصميم المنتجات، وإيجازها فيما يلي:

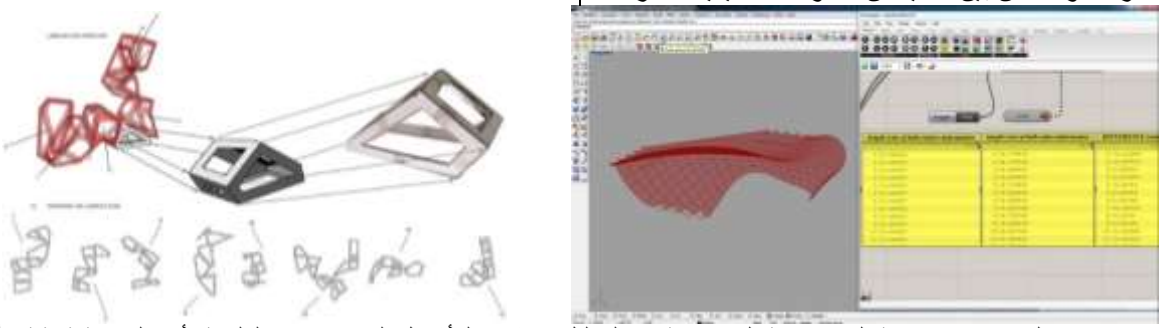
أ) مرحله وضع وتعديل الأفكار التصميمية (التصميم):

في تلك المرحلة يعتبر التصميم البارامتري بوسائله وادواته طريقه فعاله جدا فيما يلي:

- دعم الجانب الإبداعي لدي المصمم من خلال توليد العشرات بل المئات من الأشكال أو الحلول التصميمية المقترحة، من خلال التحكم في المحددات البعدية والهندسية التي تؤثر في المتغيرات البارامتريه التي تحكم عناصر الشكل.
- القدرة على تصميم منتجات ذات اشكال معقده، حيث تمكن المصمم من التعامل مع المجسمات ذات البنية المعقدة التي كان من المستحيل إدراك نظامها البنائي.
- محاكاة الطبيعة وفهم الأنظمة البنائية للاشكال في الطبيعة، ومن ثم توظيف تلك المفاهيم في تصميمات إبداعية، غاية في التعقيد تمثل لغة تصميميه جديده مواكبة للعصر الحالي.
- القدرة على تعديل عناصر الشكل او التصميم وفقا للتغيرات في المدخلات التصميمية، ويتم ذلك بكل سهولة ودون الحاجة لإعادة رسم التصميم أو الشكل من البداية.
- إمكانية اختيار أو تحديد الحل الأمثل للمشكلة التصميميه محل الدراسه وذلك من بين العديد من الحلول التصميمية المقترحه الناتجه عن استخدام منهجيه التصميم البارامتري، حيث توفر برامج التصميم البارامتري وسائل مساعدة تمكن المصمم من الاختيار كاختبارات الأداء.

ب) مرحلة التنفيذ والإنتاج:

إن الأشكال المعقدة الناتجة عن التصميم البارامتري مثلت تحديا لإيجاد حلول انشائية وانتاجيه مناسبه لها، ومع ذلك كانت برامج التصميم البارامتري وسيله فعاله في عمليه تمثيل التحليل الانشائي والتنفيذ والتصنيع للتصميم المقترح، وذلك من خلال بعض المكونات الإضافية البارا مترية parametric plugins الملحقة بتلك البرامج، مثل Kangaroo Physics, Karamba, BullAnt, Hummingbird, Mantis، وهي المكونات الإضافية البارا مترية المستخدمه في التحليل الانشائي للأشكال البارا مترية والملحقه بأداة النمذجة ثلاثية الأبعاد مفتوحه المصدر التي تسمى راينو/ جراسهوبر Rhinoceros 3D /Grasshopper ،والتي سهلت اجراء عمليات التحليل والحساب الانشائي للأشكال حتى في المراحل المبكرة لعمليه التصميم، كما هو موضح بشكل (4)، ويستدعى ذلك ان يعمل كل من المصمم والمهندس الانشائي ومهندس الانتاج معاً ضمن عمليات تصميمية انشائية موحدة بمساعدة برامج التكنولوجيا الرقمية، لمعالجة مشاكل التصنيع والتنفيذ.



شكل (4) يوضح المكونات الإضافية البارا مترية المستخدمة في التحليل الانشائي للأشكال البارا مترية والملحقة بأداة النمذجة ثلاثية الأبعاد مفتوحه المصدر راينو/جراسهوبر Rhinoceros 3D /Grasshopper ، على اليمين: المكون الإضافي Kangaroo Physics(Structural Analysis)، وعلى اليسار: المكون الإضافي Karamba(Structural Analysis)
المصدر:http://www.arch2o.com/10-parametric-plugins-every-architect-should-know

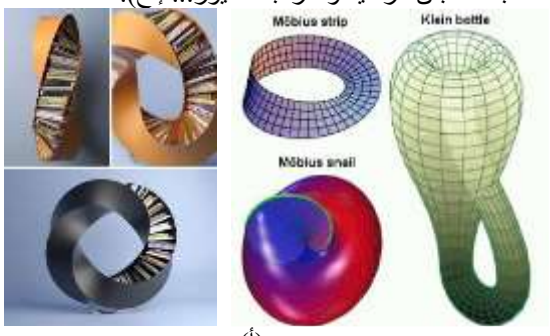
5-1) سمات الاشكال البارامتريه:

تتميز التصميمات الناتجه عن استخدام منهجيه التصميم البارامتري بصياغات شكليه جديده نتيجة للإمكانيات التى توفرها برامج النمذجة البارامتريه، حيث تتميز التصميمات البارامتريه بمجموعه من السمات الشكليه يمكن إيجاز أهم تلك السمات فيما يلي :

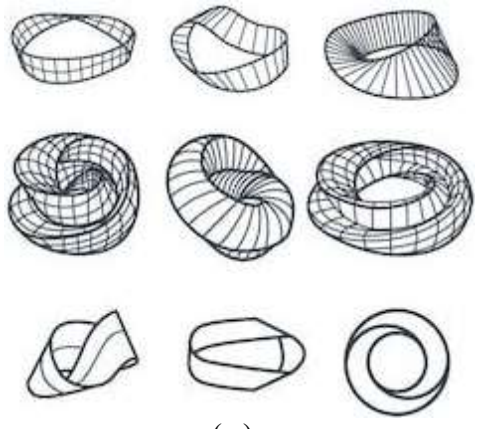
1-5-1) أشكال طوبولوجية (هندسية حرة):

فبفضل برامج النمذجه الرقمية البارامتريه تمكن المصممون من الخروج عن الأشكال الإقليدسية[1]

والتي يمكن توصيفها بناء على خصائصها الهندسية (كالأسطوانة، الهرم، المكعب، المنشور، والكرة) وهي الأشكال التي اعتمد عليها التصميم الكلاسيكي وعصر الحداثة وهي اشكال متعارف عليها، ذات إحكام هندسي ولها زاويا ثابته، واستخدم المصممون الأشكال الطوبولوجية "Topology Shapes"[2] وهى أشكال حسابية معقدة يصعب توصيفها هندسياً بالأسلوب التقليدي حيث أنها ذات أشكال جديده غير تقليديه وليس لها زوايا ثابتة، فهى تكوينات غير منتظمة وغير مرتبطة بخصائص واضحة تعتمد بشكل أساسي علي المنحنيات الديناميكية (مثل Spline, Nurbs)، [3] كما هو موضح بشكل (5)، مثل التكوينات الموجودة فى الطبيعة (كتكوينات الجبال، السحب، الكثبان الرملية واسراب الطيور... إلخ).



(أ)



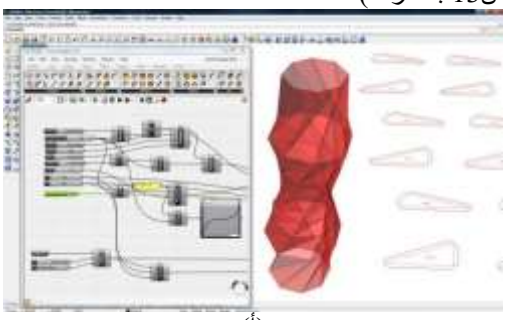
(ب)

(د)

شكل (5) (5- أ) يوضح بعض الأشكال الطوبولوجية وهى : شريحة موبيوس"Mobius strip" وزجاجة كلاين"Kline bottle" وقوقعة أو حلزون "Mobius snail"، (5- ب) يوضح بعض الأشكال المستلهمة من شريحة موبيوس"Mobius strip"، (5-ج، د) تصميم لمكتبه ووحده جلوس خارجية مستلهمين من شريحة موبيوس"Mobius strip"

المصدر: pintrest

أو مثل المجسمات التي تتعرض إلى حالة من التشوية كعمل شد أو دوران حلزونى لشكل مكعب أو أسطوانة، فيكون الناتج بعيد عن الأشكال الإقليدسية التقليدية، كما هو موضح بشكل (6)، أو إذا تم حذف أحد أضلع المكعب وعمل تأثير إنحناء عليه، فتكون هذه الأشكال ناتجة عن عمل عدة تأثيرات وتركيبات وبالتالي قد تصل إلى عدد لا نهائي من الأشكال والتكوينات وفقاً للمؤثرات التى تتعرض لها. وتنتج هذه الأشكال الطبولوجية باستخدام المعادلات الجبرية (الخوارزميات او التصميم الحسابي) ببرمجيات النمذجة الرقميه البارامتريه، مما سهل عملية التحكم في هذه التكوينات غير المنتظمة وأدى إلى توظيفها فى ابتكار أفكار تصميمية جديدة (مرجع 11، ص13 بتصرف)



(أ)

(ب)

شكل (6) (6- أ) يوضح اسطوانه تعرضت لدوران حلزوني، باستخدام برنامج رايْنو Grasshopper/ Rhino ،فيكون الناتج بعيد عن الأشكال الإقليدسية التقليدية .

المصدر: http://www.arch2o.com/10-parametric-plugins-every-architect-should-know

(6-ب) يوضح مجموعه The Heller للمعماري فرانك جيري وهي ذات تصميم يعتمد عمل عمليه دوران حلزوني twist للمكعب.

المصدر: Heller Gehry Left Twist Cube - 2Modern

---

[1] الهندسة الإقليديسية: هي الأفكار الهندسية التي أرسى إقليدس قواعدها عام 300 ق.م.

[2] الطوبولوجي هو علم دراسة المكان أو الفراغ ، ودراسة خصائص الأشكال الهندسية ، وتعنى الهندسة الطوبولوجية بدراسة الأسطح الهندسية المنحنية المستمرة المرنة كالأسطح المطاطية او التي يسهل التحكم بها وتعديلها من خلال التحكم فى توزيع وكثافة النقاط على السطح مما يزيد إنحنائه، فينتج عنها أشكال متغيرة ويتم ذلك باستخدام التكنولوجيا الرقمية (مرجع 8، ص 3)

[3] السطوح عالية الإنحناء " Non-Uniform Rational B-Splines "NURBS هي النموذج الرياضي شائع الاستخدام في رسومات الحاسب لتوليد وتمثيل المنحنيات والأسطح المنحنية. هذه المنحنيات والسطوح يمكن تغيير شكلها عن طريق التحكم بنقاط التحكم الخاصة بها"Control Points ، "تعتمد هذه السطوح على خطوط B-Splines ويوفر هذا النموذج درجة عالية من الدقة والمرونة في التعامل مع الأشكال الحرة وهي مهمة من أجل دمج الأشكال الهندسية المعقدة ضمن التصميمات المعمارية" (مرجع 2 ، ص 4)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

1-5-2) أشكال ديناميكية توحي بالحركة :

إن الاشكال البارامتريه تتميز بالديناميكية والحركة حيث انها تعتمد بشكل أساسي في تكوينها علي المنحنيات الديناميكية Nurbs، والتي مكنت المصمم من ابتكار صياغات شكليه ديناميكية ومضطربة توحي بالحركة سواء كانت تلك الحركة موجيه أو حركة دورانيه حلزونية أو حركة انتقاليه، كما هو موضح بشكل فهي أشكال وتكوينات تعبر عن تدفق أو انسياب السوائل لذا تسمى بالأشكال السائلة، كما هو موضح بشكل (7) .

شكل (7) وحدات جلوس في سبويلين في لاهاي، للمصمم البلجيكي سيباستيان فيرينك، مصنوعة من الأنابيب المنحنية ذات اشكال حره من الصلب المقاوم للصدأ. يتم إنشاء النماذج بواسطة الكمبيوتر من تنوع الملفات الشخصية على طول محور معين (شكل حلقة أو "S" أو "X")، وهي تعبر عن الحركة سواء كانت الحركة موجيه أو دورانيه حلزونيه او انتقالية.

المصدر: http://www.swws.net/wp4/project/benchmark-model-c-at-spuiplein-the-hague-nl/7

1-5-3) أشكال مرنه قابله للتعديل:

تقوم فلسفة التصميم البارامتري على إمكانية تعديل أي عنصر من عناصر الشكل بحيث يظهر أثر ذلك التعديل آلياً في باقي العناصر مهما بلغت درجه تعقيد التصميم، مما يوفر الكثير من الوقت والجهد الذي يتطلّبهما محاوله تنفيذ مثل هذه التعديلات يدوياً، كما يتمكن المصمم من معاينة الأشكال بعد عمل أي تعديل.

1-5-4) أشكال فوضويه لا تخضع لشبكات تصميمية ولا لتوحيد قياسي:

إن الأشكال البارامتريه تتميز بعدم الانتظام والعشوائية، كما هو وضح بشكل (8) فلم يعتمد المصمم في صياغتها على أيٍ من الشبكات التصميمية المنتظمة، "كما كان معتاداً عندما ساد استخدام أدوات الرسم اليدوي كالمساطر والمثلثات المستوية سادت التصميمات ذات الخطوط المستوية على شبكات تصميمية منتظمة في التشكيل المعماري وتصميم المنتجات، أما فى عصر الثورة الرقمية أصبحت الكثير من البدائل التشكيليه في متناول يد المصمم ويستطيع بدون جهدٍ كبير تغيير الشكل وتأمله والتعديل فيه حتى يصل الى التكوين التشكيلي المطلوب" (مرجع 7، ص5).

كذلك لم يعد هناك تقيد بقيود التوحيد القياسي كما كان معتاداً من قبل، فرغم النجاح الاقتصادي لتطبيق فكره التوحيد القياسي في تصميم المنتجات إلا أنه أدى إلى منتجات شبه موحدة أو متشابهة شكليا لحد كبير، أما في عصر الثورة الرقمية فليس هناك ما يمنع التعدد والتنوع في أشكال المنتجات (تحرر الفكر التصميمي) مع مراعاة الجدوى الاقتصادية لإنتاجها كمياً Mass Production، فلذلك من آثار الثورة الرقمية أيضاً على تصميم المنتجات تقلص أهمية التوحيد القياسي وذلك لصالح التعدد والتنوع في التشكيل وتحرر الفكر.

شكل (8) يوضح فوضوية الاشكال البارا مترية في التصميم

المصدر : https://www.pinterest.com/pin/494481234100458544

1-5-5) التعقيد:

يتسم التصميم الرقمى بالتعقيد، وبكثرة التفاصيل التي يحتويها، مما يؤدى إلى إحداث جاذبية بصرية للمتلقي.

2) الأشكال الكسريه Fractal forms (Fractal Geometry) الهندسة الجزيئية):

إن الأشكال الكسرية هي أحد الأنماط الشكلية للمنتجات والتي نمت وازدهرت في ظل الثورة الرقمية المعاصرة، فهندسة الفراكتال[1] (الهندسة الكسيرية/ الجزيئية) تتصف بأنها هندسة الطبيعة لارتباطها بوصف خصائص الأشكال الطبيعية كالنباتات وسواحل البحار وبعض الظواهر الطبيعية وكذلك خلايا جسم الانسان...، وهندسة الفراكتال هي أحد الخوارزميات التي تعتمد عليها منهجية التصميم البارامتري وذلك لتقنين أشكال المنتجات المستلهمة من الطبيعية.

2-1) مفهوم الأشكال في الهندسة الكسرية:

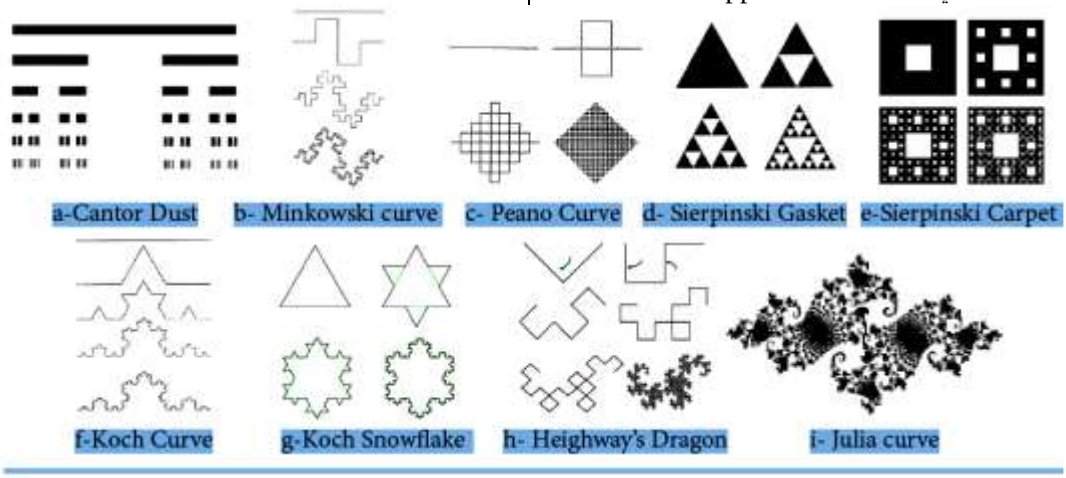
تتمحور الفكرة الأساسية للهندسة الكسرية حول بناء الأشكال في تركيبات هندسية غير منتظمة تنتج عن تقسيم الشكل الأساسي إلى أجزاء صغيرة، كل جزء منها هو صورة مصغرة للشكل الكلي (الأساسي)، وبالتكرار اللانهائي لتلك العملية حول محاور مختلفة وفقا لقواعد رياضية تبدو الأشكال الكلية الناتجه غاية في التعقيد رغم بساطه فكرة تكوينها.

وبذلك ترتبط الهندسة الكسرية في البحث في الأجزاء الصغيرة بل المتناهية في الصغر التي تتكون منها للأشياء الطبيعية، والتي تبدو غير منتظمة (فوضوية) ومعقدة في شكلها العام الكبير، ولكن بالبحث في مكونات هذا الشكل على مستوى أجزائها الصغيرة أو المتناهية الصغر فهي في غايه الانتظام وفقاً لمعادلات رياضية لاخطية تحكم تكرار وتشابك تلك الأجزاء الصغيرة.

[1] إن أول من صاغ مصطلح الفراكتال (Fractal) لوصف الهندسة الكسرية هو العالم الفرنسي "بينوا ماندل بروت Benoit Mandelbrot عام 1975م، وهي هندسه لها مبادئ جديدة تختلف عن الهندسه الإقليدية، وهذا المصطلح مشتق من الأصل اللاتيني franger الذي يعني كسر أو "شرخ، ومن الصفة fractious التي تحمل معنى اللاانتظام والتكسر والتجزئ، وأراد ماندل بورت جمع هذان المعنيان في كلمة "Fractal فراكتال" وهذا ما يؤكد أن مفهوم الهندسة الكسرية يرتبط بمفهوم اللاانتظام وبالتجزئة معا.

2-3) أنواع الأشكال الكسرية:

لقد استفاد "بينوا ماندلبروت Benoit Mandelbrot" مؤسس هندسة الفراكتال المعاصرة من أعمال علماء سابقين اكتشفوا أشكالاً لا تتبع قواعد الرياضيات الإقليدية ويمكن تكرارها إلى ما لانهاية، أمثال جورج كانتور George Cantor، مينكوفسكي Minkowski، جوزيبي بيانو Giuseppe Peano، واكلاف سيربينسكي Waclaw Sierpinski، هيلج فون كوخ Helge Von Koch، هاي وايي Heighway، جاستون جوليا Gaston Julia، حيث كان عملهم يسمى "وحوش الرياضات Mathematic Monsters"، وشكل (8) يوضح الأشكال التي توصل لها هؤلاء العلماء، وهي تمثل المصادر لأنواع الأشكال الكسرية.



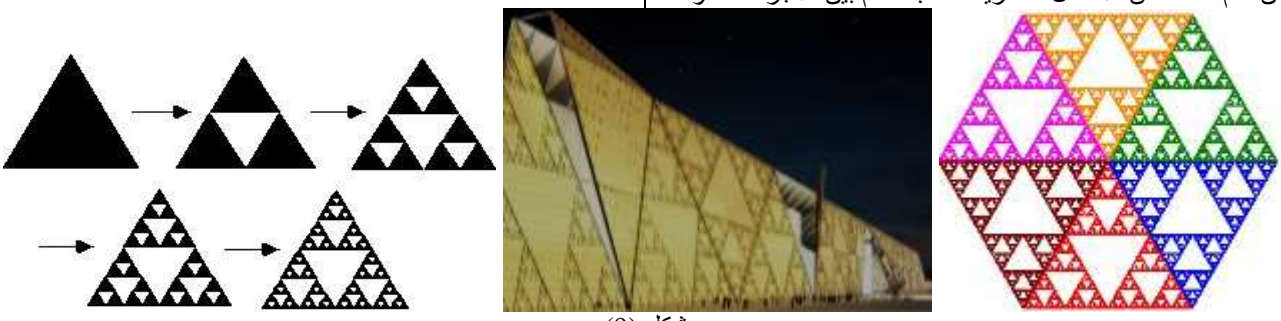
شكل (8) مصادر الأشكال الكسرية

المصدر: إبراهيم، أمنية بهاء (يونيو 2021) هندسه الفراكتال كمصدر للابداع الشكلي في التصميم الداخلي، مجلة علوم التصميم والفنون التطبيقية، المجلد 2، العدد 2، ص 69

2-4) خصائص الأشكال الكسرية:

أ) التشابه الذاتي self-similarity:

من أهم خصائص الأشكال الكسرية التشابه التام بين الأجزاء المكونة للشكل والشكل الكلي مهما اختلف مقياس رسم الأجزاء، فالجزء هو صورة مصغرة من الشكل الكلي، كما موضح بشكل (9).



شكل (9)

على اليمين: يوضح التشابه الذاتي في مثلث سيربينسكي Sierpinski باختلاف المقياس، حيث يُقسم المثلث الكبير الي مثلثات اصغر منه حجما بحيث يكون كل منهم نسخة مصغرة من المثلث الكبير، وتكون نقاط المثلث الصغير في منتصف أضلاع المثلث الأكبر منه حجماً، وبتكرار تلك العملية يزداد الشكل تعقيداً،

في أقصى اليسار: أحد الأفكار التصميمة لواجهه المتحف المصري الكبير والتي تم فيها استخدام مثلث سيربينسكي Sierpinski.

تُصنف الأشكال الكسرية الى ثلاث انماط وفقا لمدى التشابه الذاتي إلى : (مرجع 3، ص 6)

أ) أشكال ذات تشابه ذاتي متطابق identical self-similarity

وهو أقوى أنماط التشابه الذاتي حيث تظهر نفس الأشكال تماماً على أي مقياس تكبير، مثل معظم الأشكال الكسرية (شكل 8) حيث تتولد الأشكال باتباع ما يسمى بأنظمة الدوال المتكررة iterated (IFS) function system، حيث يتم تطبيق قاعدة هندسية لكل دالة فتكون الاشكال الناتجه متطابقة تماما.

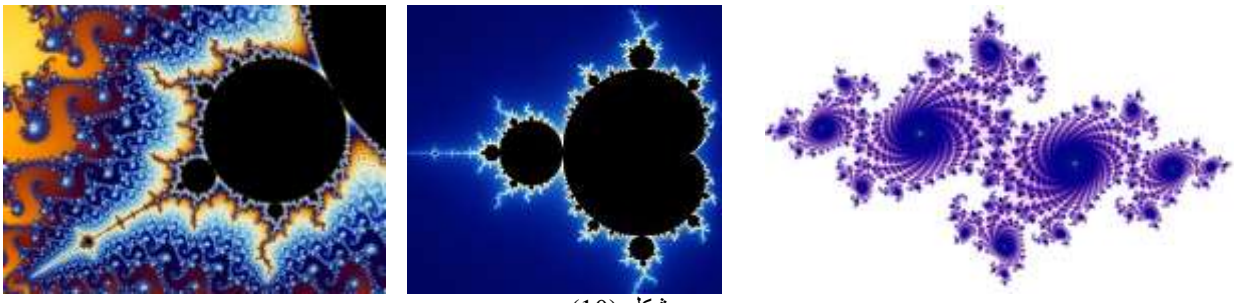
ب) أشكال ذات تشابه ذاتي ظاهري Quasi self-similarity

حيث تبدو الكسريات متطابقة إلى حد ما وليس تماماً على مقاييس التكبير المختلفة، أى تبدو الأشكال المُصغرة مُحرفة إلى حد ما، وهنا تماثل الأشكال الكسرية الهندسية الكسريات الطبيعية، كما في مجموعه "جوليا" ومجموعة "ماندل بورت" حيث يتم بناء الشكل من خلال علاقه تكرارية بمعادلة رياضية وهو ما يعرف بالانفلات الوقتي أو الهروب من الزمن إلى ما لانهاية Escape Time Fractal، كما هو موضح بشكل (10).

ج) أشكال ذات تشابه ذاتي إحصائي Statistical self-similarity:

أضعف أنماط التشابه الذاتي، فتبدو الكسريات غير متطابقة، حيث يتم بناء الأشكال الكسرية بإجراءات مختارة بشكل عشوائي بدلاً من المعادلات الرياضية، فتحمل أجزاء الأشكال الكسرية العشوائية فقط نفس الخصائص الإحصائية للشكل الكلي (تشابه عددي أو إحصائي فقط) مثل كسريات المناظر الطبيعية في السواحل والتضاريس حيث الحجر يشبه الجبل ككل ولا يماثله تماماً.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



شكل (10)

على اليمين:مجموعة جوليا Julia، وهي نتاج معادلة رياضية بسيطه Z=Z2+C حيث C مركب متغير نحصل من خلاله على تنوعيات متعددة تماثل الشكل الأساسي، وتتميز المجموعة بالشكل الحلزوني سواء على المستوى العام للشكل المركب اوعند التكبير على مستوى العنصر الأساسي للشكل، ويرجع الفضل لماندل بورت في التمثيل البصري لمجموعه جوليا لاستحاله ذلك قبل توافر برمجيات الحاسب الآلي المناسبة.

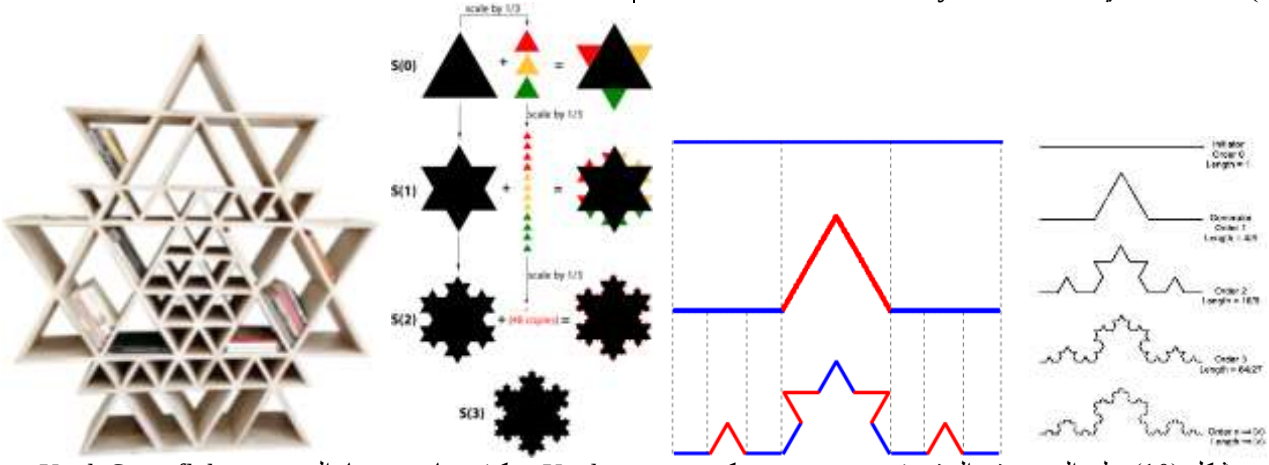
على اليسار: مجموعة ماندل بورت وهي من اعقد الأشكال الرياضية والتي نتجت من قيام ماندل بورت بإجراء تعديلات على معادلة جوليا ليكتشف مجموعته وذلك باستخدام الحاسب الآلي فيظهر الشكل الحلزوني المميز لجموعه جوليا في مجموعه ماندلبورت، تحمل مجموعه ماندل بورت سمة التشابة الذاتي الظاهري فالتفاصيل الصغيرة للشكل لا تتشابه تشابة متطابقا لان المجموعة تتعامل مع الأعداد المركبة.

المصدر : https://ar.wikipedia.org/مجموعة_ماندلبرو

ب) البعد الفراكتالي Fracty Dimension:

إن البعد الفراكتالي من الخصائص الأساسية التي يمكن من خلالها تعريف الأشكال الكسريه وقياس أبعادها، حيث انه من المستحيل استخدام أساليب القياس المعتادة الخاصة بالهندسة الاقليديه في تحديد ابعاد الأشكال الكسرية لأنها ليست نقاط ترسم في البعد الصفري (ليس لها بعد) او خطوط لها بعد واحد فقط أو مسطحات هندسيه منتظمه لها بعدان فقط أومجسمات هندسية منتظمه لها ثلاثة ابعاد، بل هي اشكال هندسية مركبه فلا يتناسب أي من الأبعاد السابقه مع تركيبها الشكلي "فمن وجهه نظر الهندسة الفراكتالية المعاصرة فان للأشكال الكسرية المسطحه بعد كسري (فراكتالي) يقع بين الواحد الصحيح والاثنين، فمثلا شكل منحنى كوخ Koch curves له بعد كسري يساوي 1.2618" (مرجع 4، ص 7)، كما هو موضح بشكل (10)، وقيمه هذا البعد الكسري تدل على مدى تعرجات وتعقد الشكل، فهناك تناسب طردي بين تعقد الشكل وبعده الفراكتالي.

ولقد أسهم البعد الفراكتالي في تحليل العمليات الفوضوية للنظم الطبيعية والتي تمثل معيناً لا ينضب يستلهم منه المصمم العديد من الصياغات الشكليه.



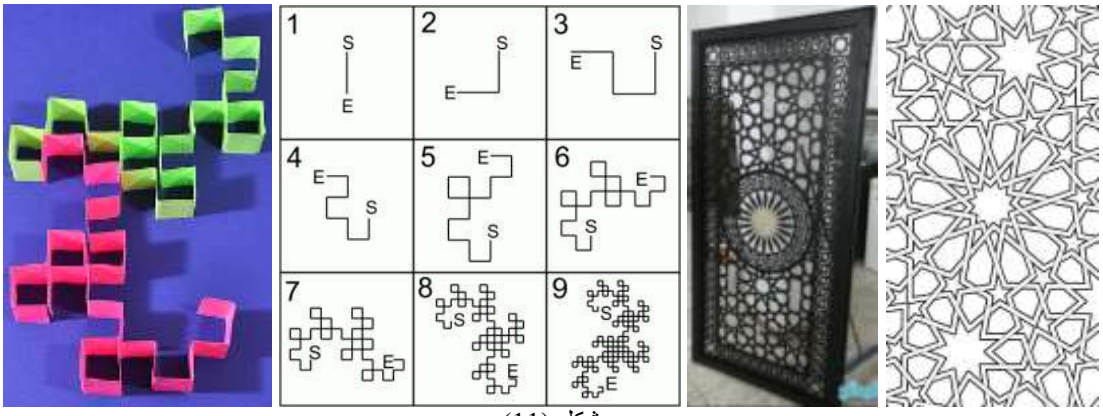
شكل (10) على اليمين وفي المنتصف: يوضح منحنى كوخ Koch curves ووكيفيه بناؤه هندسيا، المصدر: Koch Snowflake (agnesscott.org) على اليسار:مكتبه تم استلهام تصميمها من منحني كوخ ، المصدر:
https://www.1stdibs.com/furniture/storage-case-pieces/bookcases/geometric-fractal-bookshelf-made-solid-/teakwood/id-f_14664882

ج) التوسع اللانهائي بالتكرار infinite scalability:

ترتبط هندسة الفراكتال بعملية التكرار، فتتكون الأشكال الكسرية وفقاً لعمليات تكرار متتالية لشكل هندسي ما طبقا لقاعدة رياضية محددة، بحيث يكُون الشكل المكرر هو صورة من الشكل الأصلي، وفي اطار عمليات التكرار تلك تكون مخرجات عمليه التكرار الأولي بمثابه مدخلات لعمليه التكرار التالية وهكذا... وبذلك يمكن ان تمتد عمليات التكرار الي ما لانهاية ومعها يتوسع الشكل توسعاً لانهائياً، فبعد كل مرحله يصبح الشكل أكثر تركيبا (تعقيدا) وامتدادا، مثال على ذلك منحنى التنين Heighway dragon ، كما هو موضح بشكل (11)، وهنا تقارب كبير بين فكر الهندسة الكسريو والفلسفة التي تبنى عليها الزخارف الهندسية الإسلامية، كما في الأطباق النجمية مثلا حيث يمتد الشكل ويتوسع من خلال عمليه التكرار لعناصر الزخرفة مع الدوران بزاويا معينة.

ج) التوسع اللانهائي بالتكرار infinite scalability:

ترتبط هندسة الفراكتال بعملية التكرار، فتتكون الأشكال الكسرية وفقاً لعمليات تكرار متتالية لشكل هندسي ما طبقا لقاعدة رياضية محددة، بحيث يكُون الشكل المكرر هو صورة من الشكل الأصلي، وفي اطار عمليات التكرار تلك تكون مخرجات عمليه التكرار الأولي بمثابه مدخلات لعمليه التكرار التالية وهكذا.... وبذلك يمكن ان تمتد عمليات التكرار الي ما لانهاية ومعها يتوسع الشكل توسعاً لانهائياً، فبعد كل مرحله يصبح الشكل أكثر تركيبا (تعقيدا) وامتدادا، مثال على ذلك منحنى التنين Heighway dragon، كما هو موضح بشكل (11)، وهنا تقارب كبير بين فكر الهندسة الكسريه والفلسفة التي تبنى عليها الزخارف الهندسية الاسلاميه، كما في الأطباق النجمية مثلا حيث يمتد الشكل ويتوسع من خلال عمليه التكرار لعناصر الزخرفه مع الدوران بزاويا معينة.



شكل (11)

على اليمين: يوضح منحنى التنين Heighway dragon ووكيفيه بناؤه هندسيا، فنبدأ بخط مستقيم له نقطه بدايهstart point ونقطه نهاية End point،ثم يتضاعف الخط ليصبح خطين بينهما زاويه قائمة وذلك بالدوران عكس عقارب الساعة، مع إضافة بدايه ناتج التضاعف عند نهايه الشكل في المرحلة السابقة ثم يتضاعف خطي الزاويه القائمة لتصبح زاويتن قائمتين بأربع خطوط، وهكذا.... حتى يتكون منحنى التنين، مع ملاحظه أن مخرجات عمليه التكرار الأولي تكون بمثابه مدخلات لعمليه التكرار التالية، وأيضا بدايه من عمليه التكرار الخامسة لا يتقاطع جزئي أو أجزاء المنحنى مع بعضهم البعض ولكن يتلامسوا في أكثر من نقطة.

المصدر:

https://bentrubewriter.com/2012/04/25/fractals-you-/can-draw-the-dragon-curve-or-the-jurassic-fractal

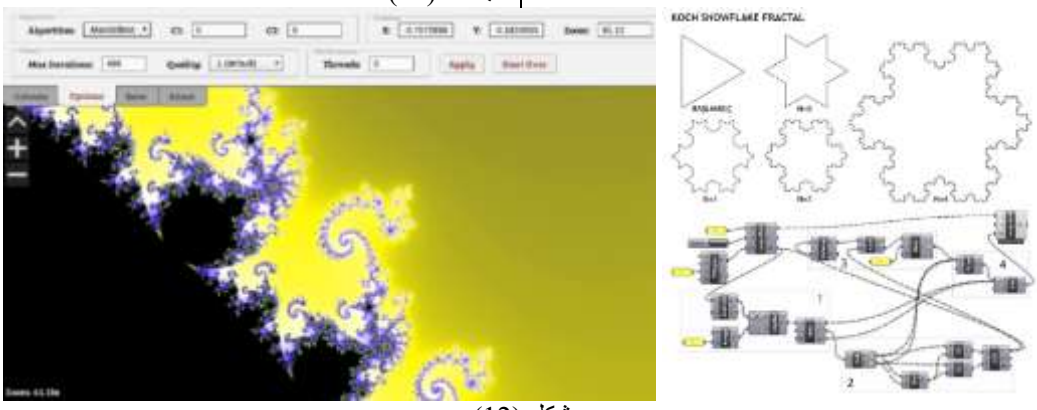
على اليسار: الأطباق النجمية مثلا حيث يمتد الشكل ويتوسع من خلال عمليه التكرار لعناصر الزخرفه مع الدوران بزاويا معينة.

المصدر:

https://www.amazon.com/gp/product/B08TRLB9W3

2-5) البرمجيات والهندسة الكسرية:

اتضح مما سبق مدى تعقيد أشكال الهندسة الكسرية، وقد نتج هذا التعقيد من التكرار لأحد عناصر الشكل وذلك بتطبيق معادلة رياضية عدة مرات، وفي ظل عصر الثورة الرقمية المعاصر يوجد العديد من برمجيات الحاسب التي تساعد كثيرا في توليد أشكال الهندسة الكسرية بشكل سهل ومقنن بخطوات محددة، سواء كانت تلك الأشكال مستوية أو في اكثر من مستوى، فتلك البرمجيات هي نوع من برامج الرسومية التي تولد صور الأشكال الكسرية (الفراكتال) وهي ستغرق ثوانٍ أو دقائق لإكمال صورة فركتالية واحدة عالية الدقة باستخدام أجهزة الكمبيوتر الحديثة، حيث يمكن معاينه الشكل الناتج والتعديل فيه بكل سهولة ومن برامج توليد الفراكتال المتاحة ما هو مجاني (مفتوح المصدر)، ومنها ما هو برخصة (مغلق المصدر) التجارية، وكذلك هناك العديد من تطبيقات الهاتف المحمول، وبعض امثلة تلك البرمجيات كماهو موضح بشكل (12).



شكل (12)

على اليمين: توليد منحنى كوخ وشكل كريستاله الثلج باستخدام برنامج النمذجة مفتوح المصدر راينو/جراسهوبر Rhinoceros /Grasshopper

المصدر:-https://www.cadnav.com/software/view-46041.html

على اليسار: توليد بعض الأشكال الكسريه مثل منحنى جوليا Julia curve، ومجموعه مناديلبورتMandelbrot set ببرنامج Web App: Fractal Explorer

المصدر: https://jsdw.me/posts/fractal-explorer/

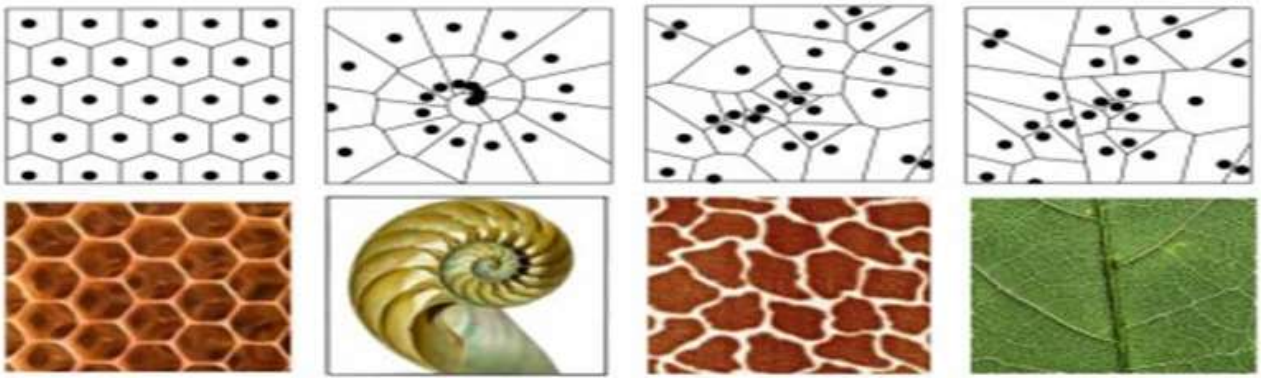
3) أشكال فورونوي Voronoi forms:

هي اشكال تنتج عن تطبيق نظرية أو مخطط فورونوي 1، "وهي نظرية رياضية تختص بتقسيم المساحات أو الفراغات إلى مجموعة من المساحات أو الخلايا المتقاربة أو المتجاورة التي تمس بعضها بعضاً " (مرجع 11، ص 271)

وذلك بمحاكاة الأشكال التي تنقسم بها المساحات والفراغات في الطبيعة (بأشكال ثنائية وثلاثية الأبعاد بمقاييس وخامات مختلفة) مثل خلايا النحل، فقاعات الصابون، وشقوق الأرض الطينية الجافة، اجنحه بعض الحشرات، أوراق الأشجار، والمساحات اللونية التي تغطي جلد الزرافة... وما إلى ذلك، كما هو موضح بشكل (13).

(1) جورجي فورونوي Georgy Feodosevich Voronoi (1886- 1908م) هو عالم رياضيات اوكراني ، ابتكر نظريه أو مخطط رياضي لتقسيم المساحة او الفراغ الي عدد من المناطق او المساحات، مستلهما تلك النظريه من طرق تقسيم المساحات الموجودة بالطبيعة.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



شكل (13)

في الأسفل نماذج من أشكال فورونوي في الطبيعة وفي الأعلى مخططات فورونوي لتلك الأشكال.

المصدر : Voronoi diagrams , Al-Baath University Journal , Volume 39,Issue 7. Sarah Merhej,(2017),

3-1) آلية بناء مخططات فورونوي:

لبناء مخططات أو أشكال فورونوي يتم إتباع آلية معينة تتكون من مجموعه من الخطوات المتتابعة، كما يلي: (مرجع15 ، ص 187)

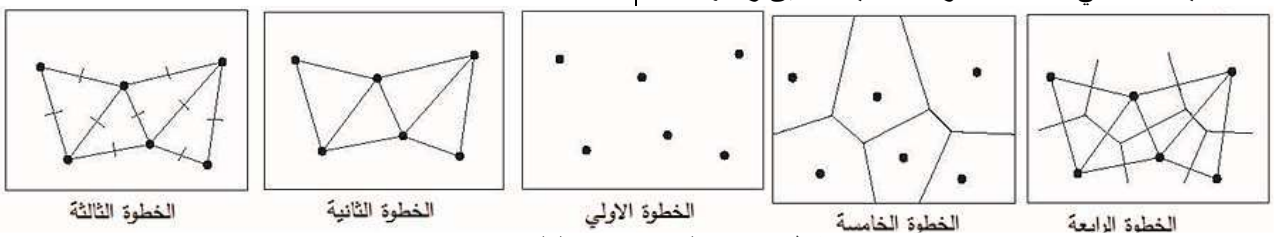
أولا: تحديد مجموعة من النقاط (نقاط مُولدة generated points) علي المسطح المراد تقسيمه.

ثانيا: توصيل النقاط السابقة بخطوط مستقيمة بشرط ألا تتقاطع تلك الخطوط (عمل مثلثات متجاورة باستخدام تلك النقاط).

ثالثاً: تحديد النقاط التي تُنصف الخطوط المستقيمة السابق رسمها.

رابعاً: رسم خطوط جديدة متعامدة على الخطوط الأصلية من منتصفها (رسم المتوسطات)، فتتقاطع تلك المتوسطات بعد مدها في نقاط، تسمي تلك النقاط بنقاط فورونوي.

خامساً: تشكل المتوسطات المتقاطعة مع بعضها البعض شبكة جديدة تعرف باسم "مخطط فورونوي" أو "شبكية فرورنوي" وذلك بعد حذف الخطوط الأصلية المرسومة في الخطوة الثانية.



شكل (14) خطوات بناء مخطط فورونوي

المصدر:الصعيدي، اسلام مجدي طاهر ، محمد، أسامة يوسف محمد، راشد، احمد يحيى عبد الرحمن(2019) التصميم البارامتري كمدخل لاستلهام الطبيعة في تصميم المنتجات، https://www.researchgate.net/publication/333704412،pdf، ص 14

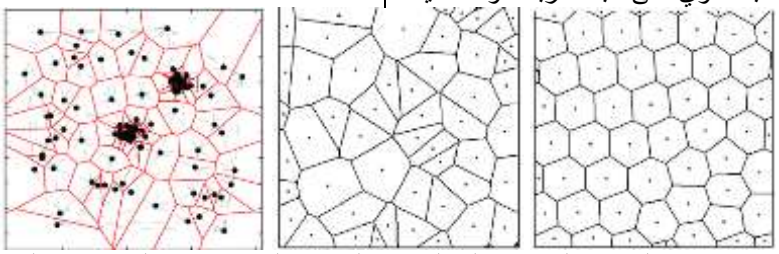
3-2) أنواع مخططات فورونوي:

تختلف أنواع مخططات فورونوي حسب شبكة النقاط المولدة (نقاط العمل المبدأيه) وكيفية توزيعها على السطح المراد تقسيمه، وتنقسم مخططات فورونوي إلى ثلاثة أنواع: (مرجع13 ، ص 16)

1- مخطط فورونوي منتظم Regular Voronoi diagram: وفيه يتم توزيع النقاط بالتساوي على شبكة مربعة أو سداسية أو حلزونية.

2- مخطط فورونوي العشوائي Random Voronoi diagram: يتم توزيع النقاط بشكل عشوائي.

3- مخطط فورونوي العنقودي The Clustered Voronoi diagram: حيث يتم تجميع النقاط في مجموعات.



شكل (15) أنواع مخططات فورونوي، المخطط المنتظم (على اليمين)، المخطط العشوائي (في المنتصف)، المخطط العنقودي (على اليسار)

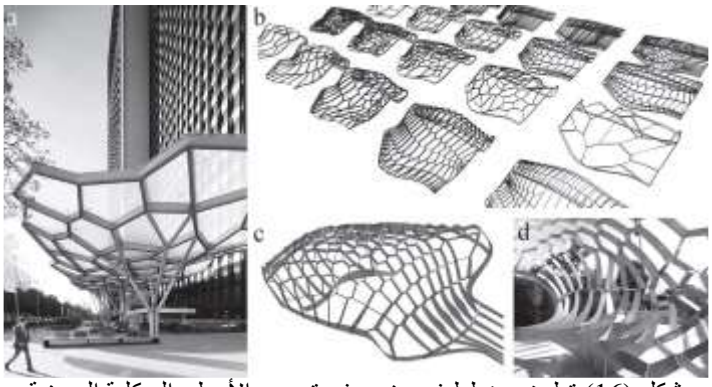
المصدر:

https://www.researchgate.net/publication/267249603_Overall_elastic_properties_of_polysilicon_films_A_statistical_investigation_of_the_effects_of_polycrystal_morphology

3-3) تطبيقات اشكال فورونوي:

تُستخدم مخططات فورونوي بشكل شائع في العديد من المجالات مثل الأنثروبولوجيا، علم الفلك، علم الأحياء، رسم الخرائط، الهندسة الحسابية، التخطيط الحضري، الهندسة المعمارية، الفنون، وتصميم المنتجات...

ففي مجال التصميم المعماري وتصميم المنتجات استخدم المصممون مخططات فورنوي في توليد اشكال مبتكرة للمنتجات استلهاما من الاشكال الطبيعية، وساعدهم على ذلك توافر البرامج الحديثة للتصميم البارامتري لتوليد تلك الأشكال ومعيانتها لاختيار افضل البدائل الشكلية والحلول الانشائية وذلك بتطبيق خوارزمية فورونوي التي تستخدم الهندسة الحسابية لتوليد تلك الأشكال، واشكال (16)، (17) توضح بعض من نماذج استخدام اشكال فورونوي في تصميمي منتجات الأثاث المعدني والمنشاءات المعدنية.



شكل (16) تطبيق مخطط فورونوي في تصميم الأسطح الهيكلية المعدنية

المصدر: Wiesław Rokicki, Ewelina Gawell ,(2016) Voronoi diagrams rod structure research models in architectural and structural optimization, MAZOWSZE Studia Regionalne nr 19/2016, P 15

شكل (17)

على اليمن في الأعلى: استخدام برنامج النمذجة مفتوح المصدر راينو/جراسهوبرGrasshopper/ Rhinoceros في توليد اشكال من مخططات فورونوي

المصدر: https://www.researchgate.net/figure/Grasshopper-construction-of-2d-Voronoi-Diagrams-process-diagram_fig10_353948399

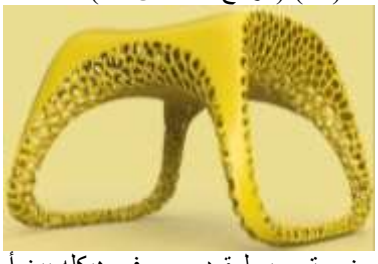
على اليسار في الأعلى: استخدام اشكال فورنوي في تصميم سور السلالم المعدنية

المصدر: https://www.homecrux.com/eestairs-cells-balustrades-mimic-patterns-voronoi-diagrams/62849 /

في الأسفل: استخدام اشكال فورنوي في تصميم بعض قطع الأثاث المعدني

المصدر: https://i.pinimg.com/564x/69/b6/78/69b678ee2d91a889212e37e44c65621e.jpg

بالإضافة إلى الشكل المميز لأشكال فورنوي، فإنها تقدم أشكالاً أقوى وأخف وزناً من مثيلاتها من الأشكال الصلبة وذلك بتحويل الأشكال الصلبه إلى شبكات عن طريق إزالة مساحات من السطح لا تؤثر على متانتها وباستخدام تقنية التصنيع بالإضافة (الطباعة ثلاثية الأبعاد) يمكن أن يقلل ذلك في الخامة المستخدمة بشكل كبير، كما هو موضح بشكل(18) (مرجع 12، ص 51)



شكل (18) يوضح تصميم لمقعد جمع في هيكله بين أسطح مصمته و أخرى مفرغة بأشكال فورنوي، حيث تم توزيع الأجزاء المفرغه من السطح في الأجزاء السفلية من الكرسي بشكل لا يؤثر على متانه المنتج ليؤدي وظيفته بشكل مناسب، أضاف ذلك شكلاً مميزاً للتصميم دون المساس بالأداء أو قوة واستقرار المنتج في ظل توفير أكثر في خامته (حوالي 54%)، ومن خلال تقنية الطباعه الثلاثية الأبعاد تبين أن الوقت المستغرق لطباعة المقعد في حالته المصمته: 497 دقيقه / وزنه 78.2 جرا م ، في حالته الفورونويه: 575 دقيقه / وزنه 43 جرام.

المصدر: Lobos, Alex (2019) Applying Generative Systems to Product Design. Generative Art Conference,p51

النتائج: Results

1- المنتجات المعاصرة ذات صياغات شكلية معقدة وغير مألوفة منها ما هو مستلهم من الطبيعة ، ساعد على انتشارها التطور الهائل في برامج النمذجة الرقمية للتصميم البارامتري

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

وتقنيات الإنتاج والخامات المستحدثة.

2- في إطار جدلية تبعية الشكل في تصميم المنتجات، ساد في العصر الحالي شعار "الشكل يتبع التقنية"، فلقد أحدثت التكنولوجيا الرقمية طفرة في أشكال المنتجات، حيث وجد المصمم الأدوات التي تمكنه من تمثيل أفكاره التصميمية مهما بلغت درجه تعقيد الشكل.

3- تبين أهمية التصميم البارامتري خلال المراحل المختلفة لعمليه تصميم المنتجات بداية من مرحلة وضع الأفكار التصميمية من خلال توليد العشرات من الحلول التصميمية ذات الأشكال المعقدة مع إمكانية معاينتها والتعديل فيها بخطوات بسيطة من خلال التحكم في قيم متغيرات المدخلات التصميمة وانتهاءاً بمرحله التنفيذ والإنتاج من خلال بعض المكونات الإضافية لبرامج النمذجة الرقمية ثلاثية الأبعاد.

4- تدعم برامج النمذجة الرقمية للتصميم البرامتري الجانب الإبداعي للمصمم من خلال محاكاته لأشكال الطبيعة ذات البنية المعقدة بخطوات بسيطه من خلال استخدام بعض الخوراميات التصميمية لبعض نظريات محاكاة الأشكال الطبيعية كنظرية هندسة الفراكتال ونظريه فورونوي.....

5- تتميز الأشكال البارامترية بسمات شكلية جديدة مغايرة تماما لسمات الاشكال الهندسية التقليدية، مثل كونها أشكال معقدة، أشكال طبوبولوجية، أشكال ديناميكية توحي بالحركة، أشكال فوضويه لا تخضع لشبكات تصميمية ولا لتوحيد قياسي.

6- إن أشكال الهندسة الكسرية (هندسة الطبيعة) هي أحد الأنماط الشكلية للمنتجات التي ازدهرت في ظل الثورة الرقمية المعاصرة، فهندسة الفراكتال هي أحد الخوارزميات التي تعتمد عليها برامج التصميم البارامتري وذلك لتقنين أشكال المنتجات المستلهمة من الطبيعة بشكل سهل ومقنن بخطوات محددة.

7- تُستخدم مخططات فورونوي بشكل شائع في تصميم المنتجات استلهاماً من التقسيم الموجود في الأشكال الطبيعية، وذلك بفضل توافر البرامج الحديثة للتصميم البارامتري لتوليد تلك الأشكال واختيار افضل البدائل الشكلية والحلول الإنشائية وذلك بتطبيق خوارزمية فورونوي التي تستخدم الهندسة الحسابية لتوليد تلك الاشكال.

8- تُقدم أشكال فورنوي بالإضافة إلى شكلها المميز، أشكالاً أقوى وأخف وزناً من مثيلاتها من الأشكال الغير مفرغة، وذلك بإزالة مساحات من السطح (على شكل مخططات فرونوي) بحيث لا يؤثر ذلك على متانتها وباستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد يمكن أن يقلل ذلك في الخامة المستخدمة بشكل كبير قد يصل لـ50%.

9- أصبحت برامج النمذجه الرقمية ثلاثية الأبعاد للتصميم البارامتري أحد أدوات الإبداع الحديثة التي يعتمد عليها المصمم في عمليه تصميم المنتجات، فلقد تغيرت بشكل جذري طرق وأساليب التصميم فأصبحت تلك البرامج عامل أساسي يشارك في العملية التصميمية.

التوصيات: Recommendation

1- ضرورة إلمام المصمم بكل ما جديد فيما يخص الطرق والأساليب والأدوات المستخدمة في عمليات تصميم وإنتاج المنتجات والاستفادة من ذلك في تطوير منتجات التخصص.

2- ضرورة تدريب الطلاب على استخدام برامج النمذجة الرقمية في تصميم المنتجات، وكذلك على استخدام أساليب الإنتاج الحديثة للمنتجات التخصص كالطباعة ثلاثية الأبعاد والقطع بالليزر وذلك بتزويد معامل الحاسب الخاصة بالقسم والكلية بتلك البرامج والماكينات وذلك لإعدادهم بشكل تنافسي يناسب سوق العمل المعاصر.

3- أهمية دراسة الاشكال الرقمية المعاصرة في تصميم المنتجات من حيث مفرداتها وسماتها والفكر التصميمي الكامن ورائها وآلية بنائها باستخدام برامج النمذجة الرقمية، سواء على مستوى تعليم التصميم أو على مستوى مهنة التصميم.

المراجع: References

1- إبراهيم، أمنية بهاء (2021) هندسه الفراكتال كمصدر للابداع الشكلي في التصميم الداخلي، مجلة علوم التصميم والفنون التطبيقية، المجلد 2، العدد 2، يونيو 2021.

2- ابراهيم، أمنية محمد، هاشم، علا على، ابراهيم، أشرف حسين (2022) دور التوجهات الفكرية الرقمية في تطوير التصميم الداخلي المعاصر، مجله علوم التصميم والفنون التطبيقية، مجلد4،عدد1، يناير 2023.

3- الدجوى، جيهان إبراهيم (2018)، ابتكار اثاث معاصر مستوحى من المحاكاة البنيوية لانماط الهندسة الكسرية، المؤتمر العلمي الخامس لكلية الفنون التطبيقية- جامعه حلوان (من البحث العلمي إلى التطبيق العملي)

4- الشيزاويه، ليلي (2021) هندسة الفراكتال، بحث منشور البرنامج التدريبي لرفع كفاءة العلمية في الهندسة لمعلمي الرياضيات، سلطنه عمان، إكتوبر 2021

5- الصعيدي، اسلام مجدي طاهر، محمد، أسامة يوسف محمد، راشد، أحمد يحيى عبدالرحمن (2019) التصميم البارامتري كمدخل لإستلهام الطبيعة في تصميم المنتجات، pdf https://www.researchgate.net/publication/333704412

6- النواوي، أبو بكر صالح، عباس، شيماء سمير عبدالمنعم، منجي، ياسر إبراهيم محمد، وإبراهيم، نسرين يوسف (2021) إستحداث تراكيب للزخرفة الهندسية الإسلامية باستخدام التصميم البارامتري. مجلة التراث والتصميم، مجلد 1, عدد 3

7- بهلول، وائل صلاح الدين (2014) تأثير الثورة الرقمية على مجال الوظيفة والتشكيل المعماري، مجلة البحوث الحضرية (كليه التخطيط العمراني- جامعة القاهرة) العدد 12، إبريل2014.

8- رمضان، مها السيد محمد (2018) الطوبولوجي كاتجاه للإبداع والابتكار في العملية التصميمية، مجلد3، العدد 9، يناير 2018.

9- صبح، هشام احمد محمد، سنطباي، وليد محمد إبراهيم (2018) برامجيات وتقنيات التصميمي الرقمي كعامل مشارك في العملية التصميمية، مجلة جامعه الأزهر، كلية الهندسة، المجلد13، العدد 47، ابريل 2018 .

10- على، محمد زكريا محمد (2014) التحليل الرقمي للنظم الحيوية كمدخل لتصميم الأسقف المعدنية المرنة للمنشآت المستدامة، رساله دكتوراه، كلية الفنون التطبيقية- جامعه حلوان.

11- هلال، نرمين احمد صبري (2018) انعكاس تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد على الاتجاه الرقمى فى التصميم الداخلى والأثاث، المؤتمر الدولي الخامس كليه الفنون التطبيقية – جامعه حلوان (من البحث العلمي الي التطبيق العملي)

12- Hg. J& Burry. M, (2016),The New Mathematics Of Architecture. Thames & Hudson, London, p271.

13- Lobos, Alex (2019) Applying Generative Systems to Product Design. Generative Art Conference, p51.

McLean. A ,(2006),Voronoi diagrams of music. 1-16 p . retrieved December 14,2020 from

http://doc.gold.ac.uk/~ma503am/essays/voronoi/voronoi-diagrams-of-music.pdf.
14- Sarah Merhej,(2017),Voronoi diagrams , Al-Baath University Journal , Volume 39,Issue 7.
15- Taha ,Randa Ismail (2021),The Concept of " Voronoi Diagram"and its impact on the formation of Scenic Design, International Design Journal, Volume 11, Issue 2
16- Wiesław Rokicki, Ewelina Gawell ,(2016) Voronoi diagrams rod structure research models in architectural and structural optimization, MAZOWSZE Studia Regionalne nr 19/2016, P 15
17- http://www.arch2o.com/10-parametric-plugins-every-architect-should-know (Access20 /1 2024)
18- http://www.swws.net/wp4/project/benchmark-model-c-at-spuiplein-the-hague-nl/7(Access20 /1 2024)
19- https://www.pinterest.com/pin/494481234100458544(Access25 /1 2024)
https://ar.wikipedia.org/مجموعة_ماندلبرو (Access25 /1 2024)
20- https://www.1stdibs.com/furniture/storage-case-pieces/bookcases/geometric-fractal-bookshelf-made-solid-teakwood/id-f_14664882 (Access28 /1 2024)
21- https://bentrubewriter.com/2012/04/25/fractals-you-can-draw-the-dragon-curve-or-the-jurassic-fractal (Access29 /1 2024)
22- https://www.amazon.com/gp/product/B08TRLB9W3 (Access29 /1 2024)
23- https://www.cadnav.com/software/view-46041.html (Access30 /1 2024)
24- https://www.researchgate.net/publication/267249603_Overall_elastic_properties_of_polysilicon_films_A_statistical_investigation_of_the_effects_of_polycrystal_morphology (Access30 /1 2024)
25- https://www.researchgate.net/figure/Grasshopper-construction-of-2d-Voronoi-Diagrams-process-diagram_fig10_353948399 (Access31 /1 2024)
26- https://www.homecrux.com/eestairs-cells-balustrades-mimic-patterns-voronoi-diagrams/6 (Access31 /1 2024)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License