ابتكار اثاث معاصر مستوحى من المحاكاة البنيوية لأنماط الهندسة الكسرية

Innovation of contemporary furniture inspired by
Structural simulation of Fractal Geometry patterns

م.د/ جيهان ابراهيم الدجوى

مدرس بقسم التصميم الداخلى والاثاث - كلية الفنون التطبيقية–جامعة ٦ اكتوبر–جمهورية مصر العربية

gihan.eldegwi@yahoo.com - gihan_eldgwy.art@o6u.edu.eg

الملخص ABSTRACT:

رغم التطور التكنولوجى المبهر تظل الطبيعة بما تحويه من قيم تشكيلية وابعاد بنائية هى مصدر الالهام الاول والمنبع لكل العلوم والنظريات الرياضية الحديثة، حيث جعلها الله تميل نحو التنظيم، لتظل تمدنا بإلهام غير منتهى والهندسة الكسرية هى علم حديث، يُقدِّم إطاراً نظرياً لتمثيل الظواهر الطبيعية، ويَدرس البُنى الهندسية للاشياء فى الطبيعة والمؤلّفة من جزئيات صغيرة جدا تُعرف بالاشكال الكسرية Fractals، وبما انها علم يدرس التراكيب الهندسية الطبيعية فبالتالى يُمكن ان تُقدّم لنا تكوينات لها شكل مختلف، لان الاشكال الكسرية هى اشكال تُظهر ملامح متشابهة على مقاييس مختلفة، فالسمة الاساسية لها هى خاصية (التشابه الذاتى) على كافة مستويات الرؤية، بحيث يُصبح كل جزء صغير فى الشكل هو تكرار لبناء الشكل الكلى، ويتم ذلك من خلال تطبيق معادلة رياضية عدة مرات، وبذلك يُمكن الحصول على احد الاشكال الكسرية، حيث التعقيد يكمن فى التكرار، هذا يتم اعداده من خلال عدة نظم لبرمجيات الحاسب الآلى.

لم يَعد هناك انغلاق للعلوم على نفسها، حتى أمكن تطبيق علم الفيزياء وعلم الرياضيات فى مجال التصميم ليُعطى مدخلا ورؤية جديدة مستوحاه من تفسير نظم واشكال الطبيعة، والتى تُعدّ لغة جديدة تَصف أشكال الطبيعة المعقدة في حين اصبحت عناصر الهندسة: الخطوط، الدوائر، المثلثات لغة قديمة، تلك اللغة الجديدة بحاجة لخوارزميات ومعادلات بسيطة متكررة لاظهار الصورة الكسرية وذلك باستخدام الكمبيوتر.

وتكمن **مشكلة** البحث فى قلة الدراسات التحليلية المتعلقة بمفهوم الهندسة الكسرية (هندسة الفراكتال) فى مجال تصميم الاثاث، مع الافتقار الى تقديم اثاث يحمل سمات المحاكاة البنيوية لأنماط الاشكال الكسرية، بناء عليه **يهدف** البحث الى استنباط اسس التصميم الكسرى، وكذلك استنباط خطوات عملية البناء الكسرى، ثم تطبيق ذلك على تصميم اثاث معاصر، عن طريق ابتكار علاقات جديدة بين الكل والجزء بعيدة كل البعد عن اسس التكوين الكلاسيكية، و ينتهج البحث فى ذلك المنهج الوصفى التحليلى والمنهج التطبيقى، ثم استخلاص النتائج ومناقشتها حيث أمكن تصميم اثاث ذو علاقات تكوينية مبتكرة تعتمد على انماط التكرار الكسرية المختلفة.

الكلمات المفتاحية Keywords:

الهندسة الكسرية Fractal Geometry – هندسة البعد الرابع (الزمن)Geometry of the fourth dimension – الهندسة الحقيقية للطبيعة The True Geometry of Nature – هندسة الكيوس Chaos Geometry – التشابه الذاتى Self- Similarity - الاشكال الكسرية Fractals – اثاث.

Abstract:

Despite the remarkable technological development, nature, with its structural values and structural dimensions, is the first source of the inspiration, and the source of all modern mathematical sciences and theories. Allah made them tend to organize, to provide infinite inspiration, and fractal geometry is a modern science that provides a theoretical framework for the representation of natural phenomena, Studying the geometric structures of nature, consisting of very small particles known as (Fractals), and since it is a science that studies the natural structures, So it can give us configurations have a different form, Because the fractals are forms that show similar features on different scales, the basic theme is the property (self-symmetry) at all levels of vision, so that each small part of the form is a repetition of the building of the kidney shape, and this through the application of mathematical equation several times, It can be obtained in one of the fractional forms, where the complexity lies in the repetition, this is prepared through several computer software systems.

There is no longer a closure of science, so that physics and mathematics can be applied in the field of design to provide a new approach and vision inspired by the interpretation of the systems and forms of nature, which is a new language describing complex forms of nature, While the elements of geometry: Lines, circles, triangles have become an old language, that new language needs simple algorithms and simple frequent equations to show the fractal image using the computer.

The research **problem** is the lack of analytical studies related to the concept of fractal geometry in the field of furniture design, with the lack of furniture has the features of the structural simulation of the patterns of fractal shapes. Based on this
the research **aims to** develop the foundations of fractional design, as well as to develop the steps of the construction of the fracture, and then apply this to the design of contemporary furniture, by creating new relationships between all and the part is far from the foundations of classical composition, The research is based on the analytical descriptive approach and applied approach, and then the conclusions were drawn and discussed where it was possible to design furniture with innovative training relationships based on different fractional repetition patterns.

Keywords:

Fractal Geometry, Geometry of the fourth dimension, Furniture.
The True Geometry of Nature, Chaos Geometry, Self-Similarity, Fractals.

مقدمة:

نبهنا القرآن الكريم الى ما تَحويه الطبيعة من قيم تشكيلية وابعاد بنائية لكونها المنبع لكل العلوم والنظريات الرياضية الحديثة، ذلك بقوله: **وَفِي الْأَرْضِ قِطَعٌ مُّتَجَاوِرَاتٌ وَجَنَّاتٌ مِّنْ أَعْنَابٍ وَزَرْعٌ وَنَخِيلٌ صِنْوَانٌ وَغَيْرُ صِنْوَانٍ يُسْقَىٰ بِمَاءٍ وَاحِدٍ وَنُفَضِّلُ بَعْضَهَا عَلَىٰ بَعْضٍ فِي الْأُكُلِ ۚ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ***، وقد قام الانسان بمحاولات لتفسير الطبيعة ووضع المعادلات الرياضية والنسبية لنَسَقِها، فالعلوم والرياضيات التقليدية والهندسة الاقليدسية Euclidian Geometry والتى اعتمدت على النظم المغلقة Closed Systems داخل البعد (الاول–الثانى–الثالث) قد حلت محلها الهندسة الكسرية ذات البعد الرابع (الزمن) على يد العالم الكبير ماندلبروت، فلقرون مضت كان هناك تقوقع تام وانغلاق لعلم الرياضيات على نفسه

* القرآن الكريم – سورة الرعد – اية رقم ٤.

وانفصاله عن علم الفيزياء اخوه العلمى، واستمرت تلك الانعزالية حتى اتى ماندربروت ليتغير علم الرياضيات للابد، فتَولّدَت افكاره الثورية لتُعطى مدخلا جديدا لرؤية وتفسير نظم واشكال الطبيعة، وذلك من خلال وضعه لاسس وقواعد علم الهندسة الكسرية، والتى أمكن الاستفادة منها فى مجال التصميم، حيث ابتكار نسب وعلاقات جديدة بين الكل والجزء بعيدة كل البعد عن الاسس التكوين الكلاسيكية المعروفة كالتماثل والإنتظام والايقاع والتآلف والترابط وغيرها. ويستنبط البحث اسس التصميم الكسرى وخطواته بهدف تطبيقها على تصميم اثاث معاصر، متبعاً المنهج الوصفى التحليلى والمنهج التطبيقى.

مشكلة البحث THE RESEARCH PROBLEM:

– قلة الدراسات التحليلية المتعلقة بمفهوم الهندسة الكسرية فى مجال التصميم.

– افتقار تقديم اثاث يحمل سمات المحاكاة البنيوية لانماط الهندسة الكسرية.

هدف البحث RESEARCH OBJECTIVE:

– استنباط اسس التصميم الكسرى.

– استنباط خطوات عملية البناء الكسرى (الفراكتلى).

– تطبيق تلك الاسس على تصميم اثاث معاصر، عن طريق ابتكار علاقات جديدة بين الكل والجزء.

منهجية البحث RESEARCH METHODOLOGIES:

– المنهج الوصفى التحليلى: وصف وتحليل أنماط الهندسة الكسرية.

– المنهج التطبيقى: تطبيق اسس وخطوات البناء الكسرى على تصميم الاثاث.

فروض البحث RESEARCH Hypothesis:

انه يمكن استنباط اسس وخطوات عملية التصمي الكسرى من الهندسة الكسرية وتطبيق ذلك على تصميم الاثاث.

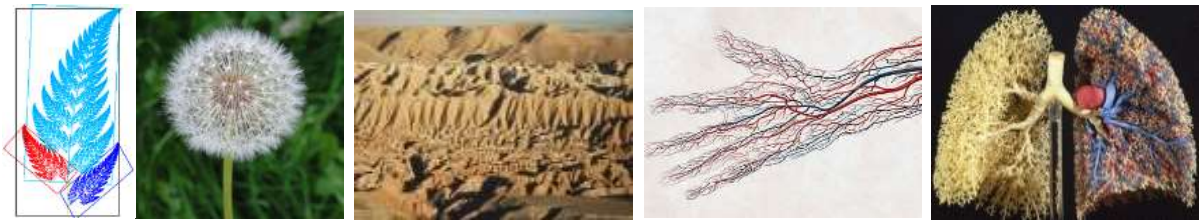
محاور البحث CONSTRUCTION OF RESEARCH:

١. ماهية الهندسة الكسرية.
٢. خصائص الاشكال الكسرية (الفراكتالز).
٣. انماط توليد الاشكال الكسرية.
٤. ابتكار اثاث معاصر مستوحى من المحاكاة البنيوية لأنماط الهندسة الكسرية.

١ – ماهية الهندسة الكسرية Fractal Geometry

هى علم حديث يَدرس البُنى الهندسية المؤلفة من جزئيات ذات تشابه ذاتى، تلك الجزئيات تُعرف بالـ Fractals، وهى جزئيات هندسية صغيرة جدا غير منتظمة ولا تمتلك بعداً محدداً، وهى ذات ابعاد لا منتهية الصغر. ويَدرس التراكيب الهندسية في الأشياء الطبيعية والتى لها خصائص، وترتبط ببحث الكسوريات الصغيرة بل المتناهية الصغر المكوِّنة لتلك الأشياء في الطبيعية، وقد أصبحت الاشكال الكسرية جزءاً من الرياضيات فبالإضافة إلى تقديمها إمكانية تكوين الأشكال بشكل مختلف، تُقدِّم لنا إطاراً نظرياً لتمثيل الظواهر الطبيعية كنمو الخلايا البكتيرية او نمذجة الأشياء مثل النباتات.

كيف بدأت هندسة الكسور؟ وضع اساسها عالم الرياضيات بينويت ماندلبروت Benoit B. Mandelbrot * سنة ١٩٧٥، وحلّت محل الهندسة الاقليديسية التى سيطرت على التفكير الرياضى لآلاف السنين، والتى اعتمدت فقط على البعد (الاول – الثانى – الثالث) وهى ابعاد تخيلية، اما البعد الرابع (وهو البعد الكسرى) فهو فقط البعد الحقيقى، وذلك عندما تردد فى ذهن ماندلبروت سؤال: ماهو طول الساحل الانجليزى؟ بتعرجاته وتضاريسه الصخرية واشكاله المتشابهة، وبذلك بدأت الهندسة الجزيئية، حيث اصبح اليوم من الممكن قياس طول الساحل الانجليزى.



صورة (١) نماذج من الاشكال الكسرية فى الطبيعة: رئة الانسان، الاوردة والشرايين والشعيرات الدموية، الأشجار ، الجبال، السواحل.. وغيرها

١-١- مفهوم مصطلح كسرى Fractal:

كسرى اى جزيئى، وهو مصطلح صاغه ماندلبروت للدلالة على البنيات ذات خاصية التشابه الذاتى، والتى لا تمتلك بعداً محدداً، اختار كلمة Fractal من الفعل الاتينى fringes اى (يكسر) (يجزئ الى قطع صغيرة). ومن مسميات الهندسة الكسرية ايضا: هندسة الكسور – هندسة الطبيعة – هندسة البعد الرابع (الزمن)Geometry of the fourth dimension – الهندسة الجزيئية – الهندسة الحقيقية للطبيعة The True Geometry of Nature– هندسة الكيوس Chaos Geometry – هندسة المنحنى المتكرر.

١-٢- تعريف الاشكال الكسرية Fractals:

- هى اشكال تُظهر ملامح متشابهة على مقاييس مختلفة، فالسمة الاساسية لها هى خاصية التماثل الذاتى على كافة مستويات الرؤية، بحيث يصبح كل جزء صغير فى الشكل هو تكرار لبناء الشكل الكلى.
- أشكال هندسية غير منتظمة تتكون من أجزاء غير منتهية متداخلة بمختلف القياسات، تنتج من تكرار تطبيق المعادلات اللاخطية، هذه المعادلات الرياضية تأخذ الشكل الأساسي وتنقله من خطوة إلى خطوة إما بالإضافة إليه أو بتطويره، وهذه العمليات يمكن أن تكرر بعدد غير منتهى من المرات.
- وفى تعريف ماندلبروت: هى الاشكال التى تُظهر تماثلا ذاتيا، تدرجا من النسب القياسية الاكبر الى النسب القياسية الاصغر وتحمل مفهوم اللانهائية [٦].

* عالم فرنسي – أمريكي عمل بالعديد من الحقول الرياضياتية مثل الفيزياء الرياضية و الرياضيات المالية، ولكن أكثر ما يعرف به هو انه مؤسس علم الهندسة الكسرية حيث ابتكر مجموعة ماندلبروت في مقدمة كتابة ,(The Fractal Geometry of Nature) قال: "كثيرا ما توصف الهندسة بأنها باردة وجافة؟ السبب يمكن أن يكون عدم القدرة على وصف شكل سحابة، والجبل، والخط الساحلي أو الشجرة. الغيوم ليست كرات ، الجبال ليست مخاريط، والسواحل ليست دوائر والبرق لا يسري على خط مستقيم. ماندلبروت فتح طريق الهندسة الكسرية كلغة جديدة لوصف أشكال الطبيعة المعقدة .في حين أن عناصر الهندسة: الخطوط ، الدوائر ، المثلثات هى لغة قديمة اما اللغة الجديدة فهي بحاجة لخوارزميات ، ومعادلات بسيطة متكررة ,لعدة مرات لاظهار الصورة الكسرية حيث يستبدل القلم الرصاص بالكمبيوتر وليس بعقل المهندس . (لهذا في الثمانينات كان هناك محاولات لايجاد الفراكتل في كل مجال من المجالات: من الطبيعة إلى الطب والموسيقى . وقد تطور فرع من فروع الهندسة الفراكتالية الذي يدرس ما يسمى الفراكتالية البيومورفية . (biomorphs fractal) في هذا تستعمل تقنية التكثيف (condensing) باستخدام تحولات هندسية مستوية ، وأساليب IFS ونظام لام (L-System) – سيتم ذكرها لاحقا.

١-٣- بينويت ماندلبروت والبعد الرابع:

تقوم الهندسة الكسرية على (البعد الرابع) و(الاعداد المعقدة) الناتجة من الظواهر العشوائية لعديد من مركبات الطبيعية والتى بإمكانها ان تقدّم بصورة رياضية توصيفاً كاملاً لمعظم تلك التكوينات التى تبدوا فوضوية عديمة الملامح فى ظاهرها. وضع ماندلبروت الهندسة الكسرية ليتعرف على البعد الرابع الشامل، والذى يحتوى على الابعاد (الاول-الثانى-الثالث) بالاضافة الى الفترات الزمنية (البعد الرابع) والفجوات المكانية (البعد الخامس) التى تتخلل تلك الابعاد، وهى التى تسمى بالابعاد الجزيئية the fractal dimensions، فالبعد الرابع هو العالم الحقيقى الذى نعيشه، انه المتوالية المكانية للزمن (الزمكان Space-Time) الخاصة بالانسان والطبيعة، حيث التغيير المتواصل، انه نظام مفتوح open system حيث يتعلق كل شيئ بالاخر.

١-٤- الاشكال الكسرية ونظرية الفوضى Fractal and Chaos:

يُعرّف النظام System بأنه مجموعة من العناصر بينها وبين بعضها البعض علاقات ترابط، مثل نظام الجبال ونظام السكك الحديدية ونظام الحكومة ونظام التعليم، وهناك عدة انواع من الأنظمة الطبيعية والصناعية، ومنه ما هو بسيط simple system ومنه ما هو معقد complex system، ومن اهم خصائص الانظمة المعقدة خاصية التفاعل بين العناصر المكوِّنه له، والعناصر المحيطة فى البيئة الخارجية. والأنظمة المعقدة نوعان: نظام خطى ذاتى التنظيم Cybernetics System، ونظام غير خطى ذاتى الابداع Chaos System. ارتبط مفهوم كسرى بنظرية الفوضى*، وشُبّهت النظم الفوضوية chaotic system بفراشة تهز جناحيها فيُحدِث خللاً طفيفاً جدا فى المجال الجوى فى مكان ما، مما يُؤدى الى حدوث إعصار مدمّر فى الجانب الاخر من الكرة الارضية the butterfly-effect، وعليه فان نظرية الفوضى مَعنية بدراسة النظم غير الخطية non-linear systems ذاتية الابداع، التى يكون فيها مقدار التغيير غير ثابت، ولا يمكن التنبؤ به، حيث تعتمد كل حالة فى النظام على الحالة التى قبلها، واى تغيير فى الحالة المبدئية ولو طفيف يُحدث مقداراً كبيراً من التغيير فى الحالة اللاحقة، وهو ما يُعرف باسم الحساسية المفرطة للحالة المبدئية sensitivity to its initial conditions [٤]، اى ان مفهوم الفوضى هو ما يجعل من نظام خطى مستقر نظاماً معقداً ديناميكياً غير خطى يعيد ابداع نفسه self-re-inventing، وينفى فرص التأكد ولا يترك اى مجال للتنبؤ، فاذا كان لدينا نظام ما وحدث اختلافاً دقيقاً tiny difference فى طريقة تَصرف احد عناصره وبالنظر الى النتائج المستقبلية وُجد انها هائلة جدا بمقدار لا يُمكن تصوره بالمقارنة بدقة الحدث المبدئى، بالإضافة الى ان النظم الفوضوية تخضع للتكرار، وهو ما يعرف باسم نظم التغذية الاسترجاعية feedback system، ولان التكرار من الخصائص المميزة للاشكال الكسرية لذلك ارتبطت الهندسة الكسرية بنظرية الفوضى، ويُطلق على الاشكال الكسرية انها اشكال الفوضى، او يطلق على الفوضى انها من اشكال كسرية، والتى تكونت من خلال نظم فوضوية، فهى نتيجة لعملية لا يمكن التبؤ بنتائجها بشكل مطلق، وهى بذلك تكون من اوجه الفوضى وليست الفوضى ذاتها، او هى انتظام بداخل الفوضى [٥].

١-٥- كسريات الطبيعة والكسريات الهندسية:

الاختلاف بينهما يتلخص فى ثلاث عناصر هى: ان التشابه الذاتى للاشكال الكسرية الموجودة فى الطبيعة يعتبر تقريبى فالتطابق التام غير موجود، وان التكرار يكون لعدد معين من التكبيرات وليس الى ما لا نهاية لطبيعة الكون الغير أبدية وان القوى الطبيعية هى التى تتدخل لبناء كسريات الطبيعة بينما تقوم عملية واحدة رياضية بانشاء الكسريات الهندسية.

* هى نظرية قدمها عالم الارصاد الجوية الامريكى ادوارد لورينز عام ١٩٣٦، وعرفها علماء الفيزياء بانها: نزوغ اى جسم او نظام من الطبيعة للتأثر بشدة بحالته المبدئية وحدوث اى تغير و لو طفيف جدا فى تلك الحالة المبدئية يؤدى الى حدوث تغيرات كبيرة جدا فى حالته التالية مع مرور الزمن.

٢- خصائص الاشكال الكسرية

حيث ان الاشكال الكسرية هى أشكال هندسية تنتج من تطبيق نمط هندسي معين على أحد الأشكال الهندسية عدة مرات وبذلك فان لها خصائص اساسية هى التى تعطيها ذلك التركيب الفريد، وتعتبر معايير هندسة الطبيعة وهى:-

٢-١- خاصية التشابه الذاتي Self- Similarity:

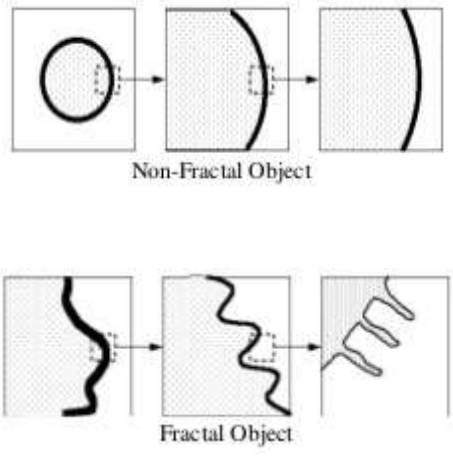
التشابه بين الأجزاء المُكَوِّنة للشكل، أي أن الجزء من الكل يشبه تماماً ذلك الكل، فإذا أضفنا جزءاً متكاملاً من الأجزاء المكونة للشكل الكسرى، ثم قمنا بتكبيره عدة مرات فإننا سنحصل على الشكل الأصلي، اى انه جمع او اتحاد نفس النسخة بمقاسات مختلفة، فالنمط الكلى pattern للشكل الكسرى يتكرر بالتشابه، اى انها ليست اشكال هندسية عشوائية ممثلة فى منحنيات غير منتظمة فى الطبيعة بل إنها تحمل نظام خفى متربص بالفوضى.

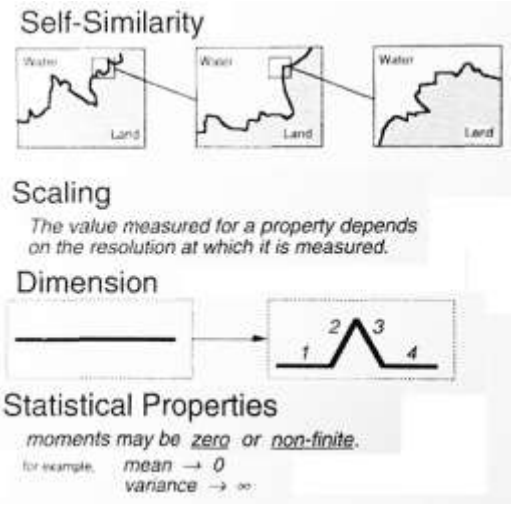
٢-٢- التكوين عبر التكرار Formation by Iterations:

تتكون الاشكال الكسرية عادة بالبدء بشكل هندسى بسيط، ثم يُخضَع لمعادلة رياضية تُغيّر من شكله، ثم نعود فنطبق نفس المعادلة (القاعدة) على الشكل الناتج، ثم نكررها مرة اخرى على كل شكل ناتج من كل مرحلة الى ما لا نهاية، مع ملاحظة ان الشكل يزداد تعقيدا بزيادة مرات التكرار iterations، ولذلك يُطلق عليه (التكوين عبر التكرار)، لانه لا يكون عبر عملية تكرار بسيطة لمجرد التكرار، لكنه تكرار لـ(العملية – الاجراء – القاعدة)، فالتعقيد هو احد مميزات الاشكال الكسرية الناتجة عن الحساب المتكرر repeated calculations لمعادلة كسرية fractal formula رياضية تكرارية الى ما لا نهاية من التكرار.

٢-٣- خاصية البعد الكسرى Fractional Dimensions:

الاشكال الاقليدسية تختلف عن الاشكال الكسرية، فالهندسة الاقليدسية معنية بالاشكال المنتظمة، لكنها غير معنية بدراسة الاشكال غير المنتظمة، وفيها نجد النقطة ترسم في البعد الصفري وليس لها بعد، والخط المستقيم له بعد واحد، والأشكال الهندسية المستوية لها بعدين، والمكعب والاسطوانة لها ثلاث أبعاد، اذاً ما هو البعد الكسرى؟ انه ليس عدد ولا قيمة عددية، لكنه يدل على (مدى تعقيد Complexity) الشكل الكسرى. الخط المستقيم له بعد واحد فقط هو الطول، اما خط الساحل فله بعد اكثر من واحد وبعد اقل من بعدين، فهو خط لكنه كثير التعرجات وبذلك يقترب اكثر من البعد الثانى، لان تعرجاته تمتد يمينا ويسارا وللخلف وللامام فيُمثّل ما يُشبه المسطح، اى انه يمثل شكلا معقدا، لذلك فان خط الساحل ليس له بعد واحد لانه ليس مستقيما وليس له بعدين لانه ليس مسطحا، فبعده فى الواقع ما بين البعد الواحد والبعدين، لذلك يُمثّله ما يسمى بـ(البعد الكسرى) [٥].





شكل (١) خصائص الاشكال الكسرية توضح – الفرق بين ما هو كسرى وما هو غير كسرى

٣- انماط توليد الاشكال الكسرية

٣-١- تصنيف الاشكال الكسرية Classification of Fractal:

تم تصنيفها الى ثلاث انماط وفقا لثلاث عناصر: طرق تولدها – طبيعتها – درجة التمتع بخاصية التشابه الذاتى وهى:-

- تشابه ذاتى متطابق identical self-similarity: اقوى انماط التشابه الذاتى حيث تظهر نفس الاشكال تماما على اى مقياس تكبير، كما فى انظمة الدوال المتكررة IFS(سيأتى شرحها).
- تشابه ذاتى ظاهرى Quasi self-similarity: نمط غير مُحكَم من التشابه الذاتى، حيث تبدو الكسريات متطابقة الى حد ما وليس تماما على مقاييس التكبير المختلفة، اى تبدو الاشكال المُصغّرة مُحرّفة الى حد ما.
- تشابه ذاتى احصائى Statistical self-similarity: اضعف انماط التشابه الذاتى، حيث تبدو الكسريات غير متطابقة.

٣-٢- أنماط توليد الاشكال الكسرية

تنتج من تطبيق معادلة رياضية عدة مرات، فنحصل على احد الاشكال الكسرية، حيث التعقيد يكمن فى التكرار، هذا يتم إعداده من خلال عدة نظم للبرمجيات المخصصة بالحاسب الآلى، وتصنف الى ثلاث مجموعات رئيسية هى:-

٣-٢-١- نظم الدوال التكرارية IFS:

تتولّد التشكيلات البنائية نتيجة تطبيق قاعدة هندسية لكل دالة، وتتميز التشكيلات الناتجة بخاصية التشابه الذاتى المتطابق، مثل الاتى:-

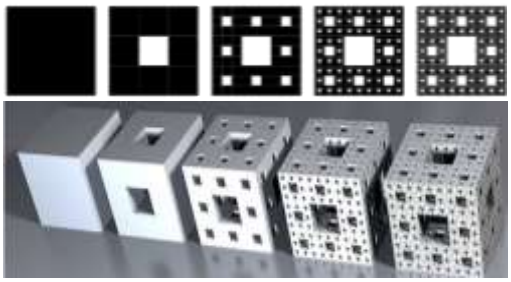
٣-٢-١-١- مثلث سيربنسكى Sierpinski's Triangle: هو شكل كسرى ابتكره عالم الرياضيات الهولندى واكلوسيربنسكى Waclaw Sierpinski ١٩١٥، وهو عبارة عن مثلث متساوى الاضلاع، يُقسّم بواسطة مثلث وسطى الى ثلاثة مثلثات فى الاركان، وعند تكرار نفس العملية مع المثلثات الثلاثة الناتجة نصل الى شكل معقد للغاية، ومنه ايضا بساط سربنسكى Sierpinski Carpet، وينتج من تطبيق نفس العملية على مسطح مربع، وهناك ايضا اسفنجة مينجر Menger Square وينتج من تطبيق نفس العملية على مكعب (شكل ٢) [٧].

٣-٢-١-٢- منحنى رقائق ثلج كوش Koch Snowflake: قدمه هيلجى فان كوش Helge Koch، وهو دالة رياضية ذات مضمون هندسى، عبارة عن اجتماع عدد لا نهائى من الاشكال وحدودها مثلثية، يبدأ تكوين شكل المنحنى بقطعة مستقيمة، ثم يتحول الى اول تكرار عن طريق تثليث القطعة المستقيمة واستبدال الثلث الاوسط بساقين متساويين، مُكوِّناً شكل من اربع مرات للشكل الاساسى ويسمى بالمنحنى المُولِّد generator، وفى التكرار الذى يليه نقوم بتحويل كل قطعة مستقيمة للشكل الناتج من التكرار الاول، وبعدد لا نهائى نصل الى المنحنى، فيتضخم محيط الشكل حتى يصل الى ما لا نهاية رغم كون الحيز الذى يشغله نهائى (شكل ٣).

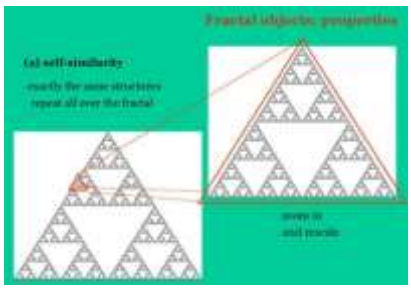
٣-٢-١-٣- مجموعة كانتور Cantor Set: ابتكرها العالم الالمانى جورج كانتور George Cantor ١٩٤٥، بتطبيق قاعدة هندسية بسيطة لخط مستقيم قُسّم الى ثلاث اجزاء، مع مسح الجزء الاوسط ليكون الشكل الناتج خطين بينهما فراغ، يحمل الشكل سمة التعقيد عند تكرار نفس العملية البسيطة على كل خط ناتج (شكل ٤).

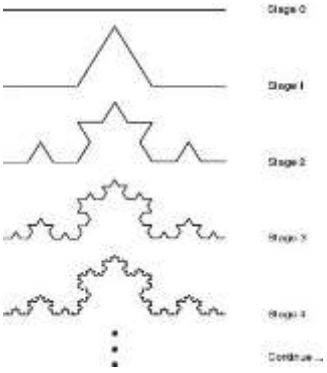
٣-٢-١-٤- منحنى التنين Dragon Curve: ابتكره عالم فيزياء من وكالة الفضاء الامريكية ناسا (شكل ٥).

٣-٢-١-٥- مربع تى T-Square و مربع تورن Torn Square: من الاشكال الكسرية لأنماط الدوال المتكررة (شكل ٦-٧).

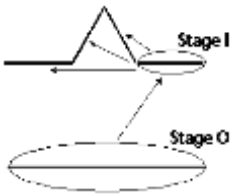


شكل (٢) مثلث سيربنسكى Sierpinski Triangle وبساط سربنسكى Sierpinski Carpet واسفنجة منجر Menger Square وهى اشكال كسرية لاحد انماط نظم الدوال التكرارية IFS

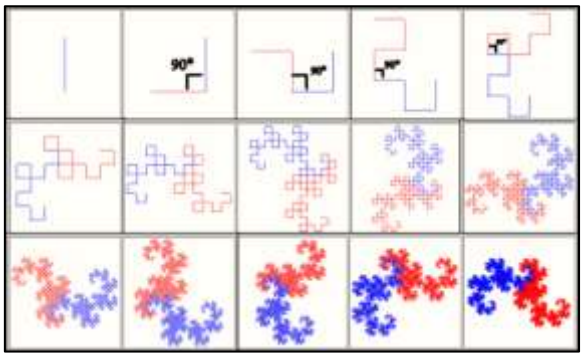




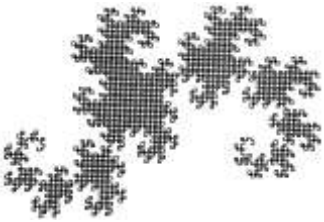
شكل (٣) عملية تكوين العنصر البادئ فى منحنى رقائق ثلج كوش Koch Snowflake (اسفل ويسار)



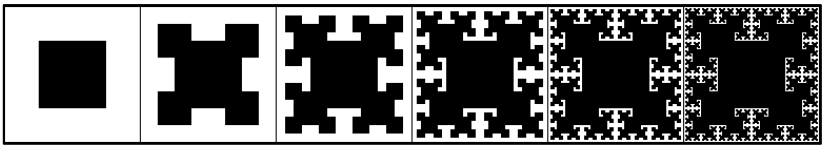
شكل (٤) مجموعة كانتور Cantor



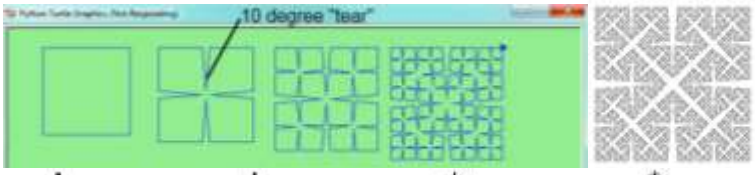
شكل (٥) اسلوب تكوّن منحنى التنين Dragon Curve استخدم الدوران حول مركز بزاوية ٩٠ درجة كأول عملية تكرارية انتجت الشكل البادئ



شكل (٦) عملية تولّد مربع تى T- Square باستخدام المربع والمكعب



شكل (٧) عملية تولّد مربع تورن Torn Square سواء بتطبيقه على خط مستقيم (اسفل) او على مربع (يمين)

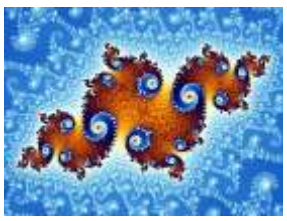
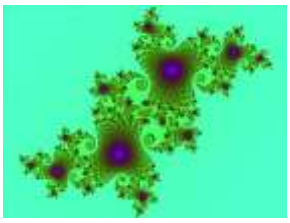


٣-٢-٢- نظام الانفلات الوقتى Escape-time fractals:

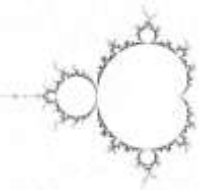
يتم بناء الشكل من خلال علاقة تكرارية (معادلة رياضية)، وتمثلها كل من: (مجموعة جوليا Julia) و(مجموعة ماندلبروت Mandelbrot Set)،الناتجة عن تزايد ارقام او حدث لها ما يعرف بالانفلات الوقتى او الهروب فى الزمن الى ما لا نهاية Escape Time Fractal.

٣-٢-٢-١- مجموعة جوليا Julia: تعتبر احد الاشكال الكسرية الاساسية وهى نتاج معادلة بسيطة هى: $Z=Z^2+C$ حيث C مركّب متغير نحصل من خلال التغيير فيه على تنويعات متعددة تماثل الشكل الاساسى، وكانت قبل ماندرلبروت ١٩٧٠ مجرد معادلات على ورق لا يمكن تمثيلها بيانياً لعدم توافر الكمبيوتر، وتتميز المجموعة بشكل حلزونى، وعند التكبير نجد العنصر الاساسى للشكل الجديد هو الشكل الحلزونى ايضا (صورة ٢).

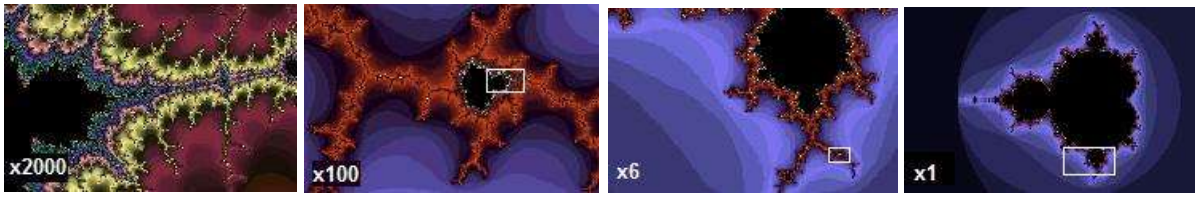
٣-٢-٢-٢- مجموعة ماندلبروت Mandelbrot Set: هى اشهر الاشكال الكسرية التى تتميز بالبنية المعقدة رغم بساطة تعريفها، نتجت من قيام ماندلبروت باستخدام الكمبيوتر للوصول الى نتيجة باستخدام معادلة جوليا، بادخال تعديلات على معادلته ليكتشف مجموعته، ووُصِفَت مجموعة ماندلبروت بانها اعقد الاشكال الرياضية فى الكون، حيث الشكل الحلزونى المميز لمجموعة جوليا يظهر بالكامل فى مجموعة ماندلبروت، تحمل مجموعة ماندلبروت خاصية التشابه الذاتى على المقاييس المتنوعة، الا ان التفاصيل الصغيرة لا تتشابه تشابهاً متطابقاً لان المجموعة تتعامل مع الاعداد المركّبة*. الشكل البدائى للمجموعة ما هو الا (انتفاخين اسودان) اطلق عليهما اسم (ذرتا الانتفاخ الاسود) (شكل ٨)، الانتفاخ الاكبر يطلق عليه اسم cardioid والاصغر يسمى disk. ويحتويان على عدد لا نهائى من الجزئيات السوداء الاصغر black disk المشابهة للشكل الكلّى، وكل منها لديه عدد لانهائى من الجزئيات السوداء، وتمثل black disk الاعداد المعقدة (المركّبة) من خلال معادلة رياضية لا نهائية التكرار (صورة ٣) [٨].

صورة (٢) التمثيل البصرى لمجموعة جوليا Julia هى نتاج معادلة بسيطة $Z=Z^2+C$ حيث C مركّب متغير (يمين)

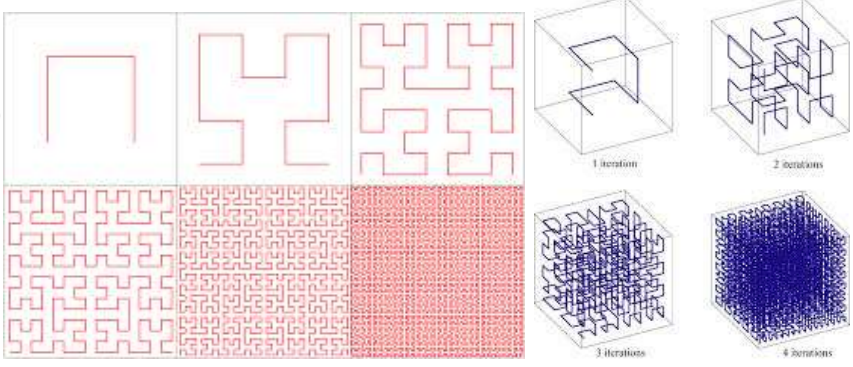


شكل (٨) الشكل البادئ لمجموعة ماندلبروت



صورة (٣) التمثيل البصرى لمجموعة ماندلبروت Mandelbrot Set تظهر بها خاصية التشابه الذاتى الغير متطابق كليا على المقاييس المتنوعة

٣-٢-٢-٣ منحنى البيانو Peano Curve:

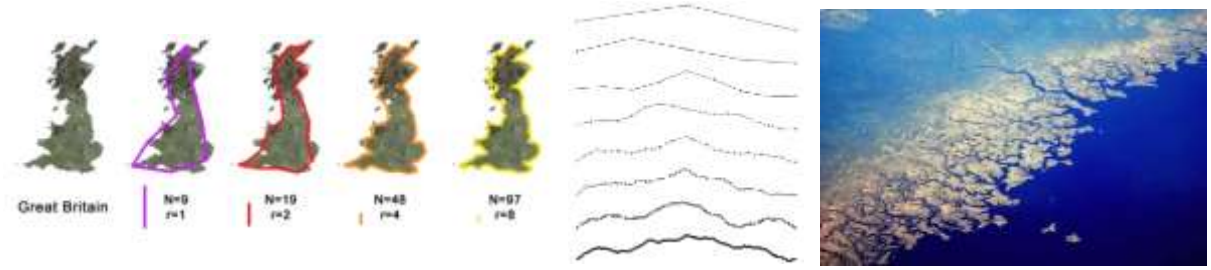


شكل (٩) تولّد منحنى البيانو Peano Curve فى البعدين (يمين) وفى الثلاث ابعاد (اقصى اليمين) من عنصر بادئ يتكون من تكراره اربع مرات هى (مرتين فى الاعلى) و (مرتين فى الاسفل) لكن بعد استدارتهم ٩٠ درجة فى اتجاه عكس بعضهما البعض فى الاسفل – وهذا التكرار هو الدالة التى تطبق بعدد لا نهائى فينتج الشكل المعقد

* الاعداد المركبة تختلف عن الاعداد الحقيقية بكونها تحتوى على جزء حقيقى صحيح لعدد حقيقى وجزؤ اخر هو عدد تخيلى مضاعف برقم خاص.

٣-٣- النظم العشوائية Random Fractal:

يتم بناء الاشكال الكسرية العشوائية عن طريق اجراءات مختارة بشكل عشوائى بدلا من المعادلات الرياضية، وهى اشكال تخضع للتشابه الذاتى الاحصائى، فيصبح كل جزء من اجزاء الكسور العشوائية يحمل نفس الخصائص الاحصائية للشكل الكلى، واشهرها كسريات المناظر الطبيعية فى السواحل والتضاريس، حيث الجبل يشبه الحجر ككل ولا يماثله تماما [٦].



شكل (١٠) النظم العشوائية Random Fractal

٤- ابتكار اثاث معاصر مستوحى من المحاكاة البنيوية لأنماط الهندسة الكسورية

يمكن الحصول على تكوينات بنائية لا نهائية لتصميم قطع الاثاث، ذات علاقات غير تقليدية بين اجزائها، من خلال الاستعانة بثلاث مخططات هى: (اسس التصميم الكسرى – خطوات البناء الكسرى – انماط التكرار).

٤-١- استنباط اسس التصميم الكسرى:

التصميم الكسرى هو تصميم لاشكال تظهر نفس التفاصيل في كل جزء منها، وتتمتع بخاصية التشابه الذاتى حول المقاييس المختلفة، والتكوين عبر التكرار واللانهائية وفى نفس المساحة، ويتميز بالتعقيد والديناميكية والتجريدية والفوضوية وعدم النظامية، كما هو موضح بـ (جدول ١).

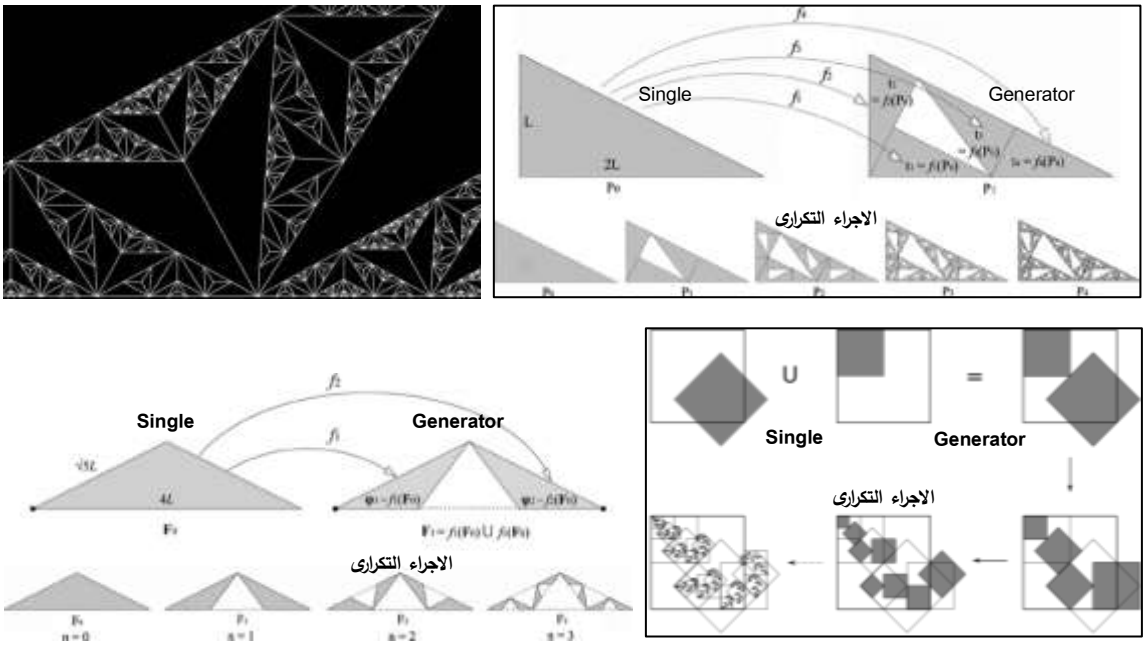
التشابه الذاتى Self- Similarity		
التكوين عبر التكرار Formation by Iterations	**المقاييس المختلفة** Different Scales	**التعقيد** Complexity
مركز اهتمام واحد او اكثر من مركز اهتمام One or more Centers of Interest	**البنية اللانهائية** Endless Structure	**الفوضوية** Chaotic
التجريدية والتجريدية اللونية Abstract And Colors Abstract	**الديناميكية والديناميكية اللونية** Dynamic And Colors Dynamics	**نظام غير خطى ذاتى الابداع** Non-linear systems Self-re-inventing

جدول (١) اسس التصميم الكسرى (عمل الباحث)

٤-٢- استنباط خطوات عملية البناء الكسرى

بناءاً عليه يمكن استنباط خطوات عملية البناء الكسرى كما هو موضح بـ (جدول ٢):-

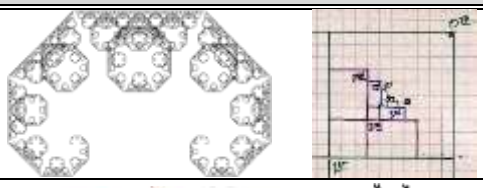
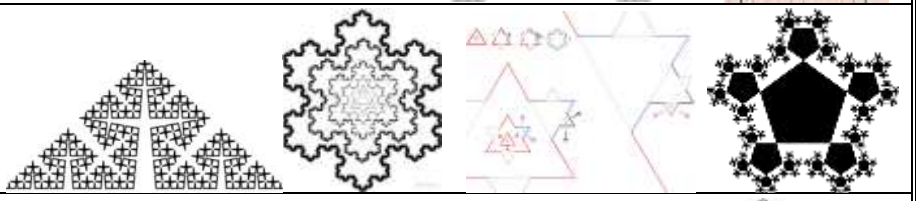
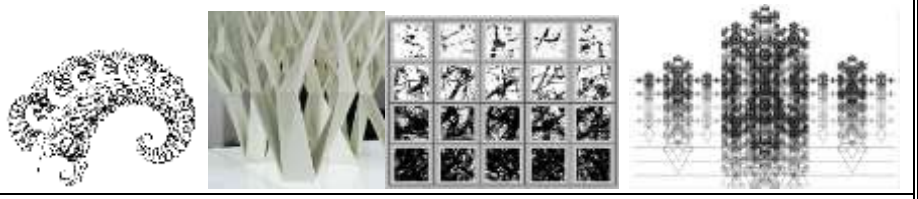
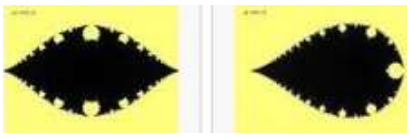
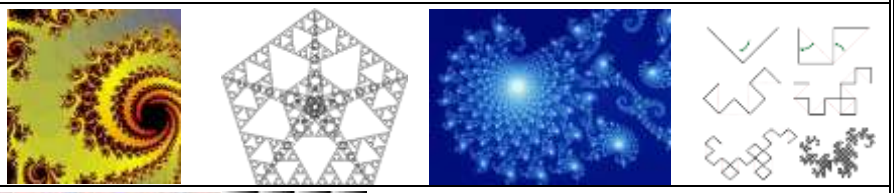
م	العملية	توصيفها
١	**اختيار الشكل الهندسى** **(single)**	البدء بشكل هندسى بسيط – سواء كان شكل ذو بعد واحد او بعدين او ثلاثة ابعاد
٢	**عملية التحويل الهندسى** (الحصول على عنصر تكرارى) **(Generator)** or **(super panel)**	هى تكوين (الشكل الابتدائى)، عن طريق اختيار عملية معينة، وتجرى باسلوب معين على الشكل الابتدائى، وتعتبر اول عملية تكرارية، هى القاعدة التكرارية او دالة التكرار او المعادلة الرياضية.ويسمى الشكل الناتج عنها بالشكل البادئ بـ Generator ، تلك العملية دائما ما تكون عملية ديناميكية حركية عن طريق: الحذف – الاضافة – الميل – الدوران بزاوية ما..الخ
٣	**الاجراء التكرارى** (الحصول على نمط) **(Pattern)**	وهى القاعدة التكرارية التى سيتم تكرارها على هذا العنصر الجزئى، وتسمى (تكرار القاعدة)، وتتم بتكرار نفس العملية على الشكل الاولى الناتج، وذلك بتكرار تطبيق (المعادلة الرياضية) لايجاد (علاقة تكرارية).



شكل (١١) تجارب تصميمية توضح خطوات عملية البناء الكسرى

جدول (٢) استنباط خطوات عملية البناء الكسرى (عمل الباحث)

٤-٣- انماط التكرار:

م	نمط التكرار	تطبيق النمط على الاشكال الكسرية
١	**خطى اتجاهى** (عدل – مائل)	
٢	**شعاعى**	
٣	**ايقاعى متدرج** (تصاعدى او تنازلى)	
٤	**انعكاسى**	
٥	**انتشارى**	
٦	**دوران** كامل او بزاوية محددة	
٧	**لونى**	
٨	عشوائى	

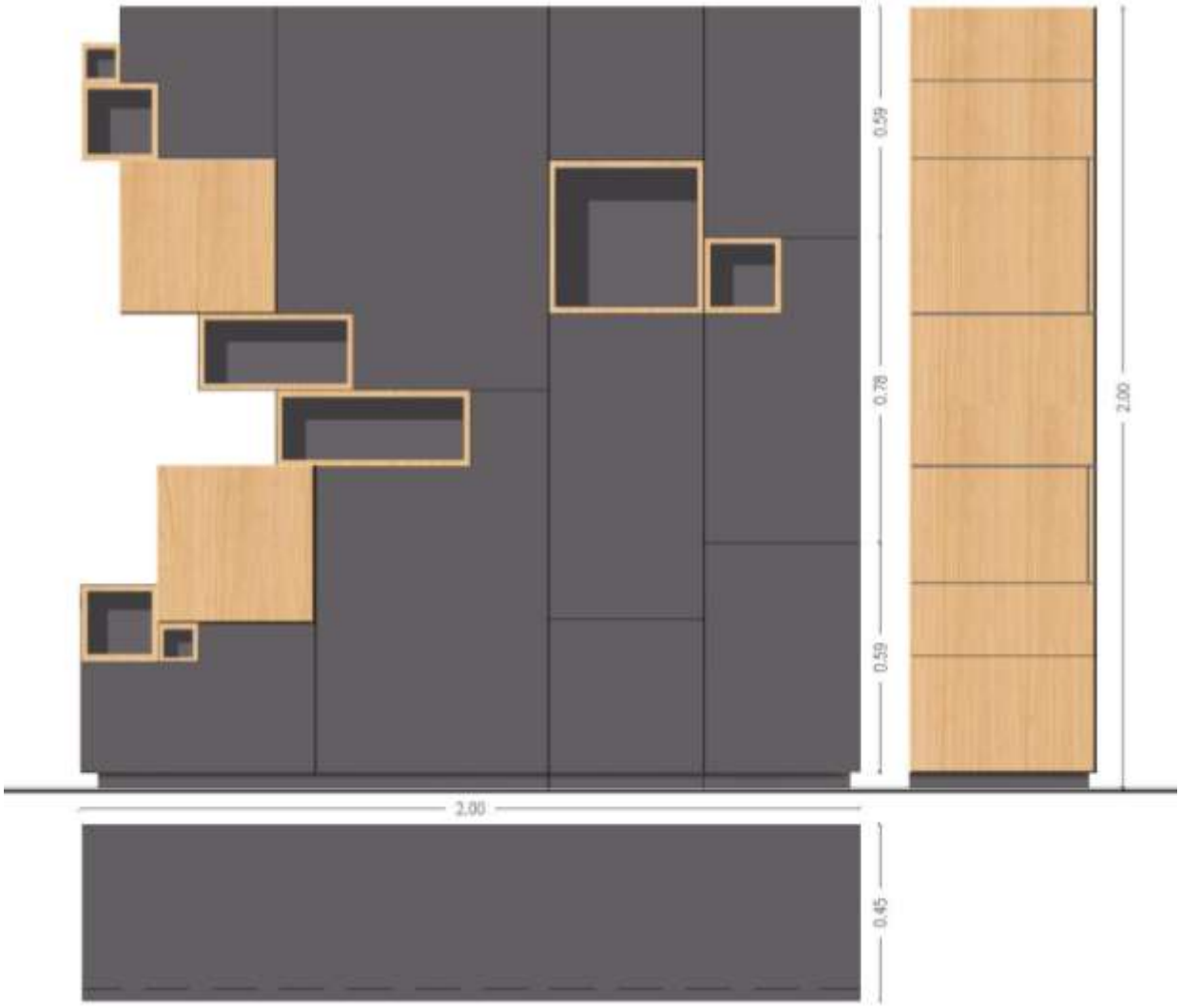
جدول (٣) صور مختلفة لانماط التكرار (عمل الباحث)

مصمم الفراكتال يخلق: التكوين – اللون – الخط – الفراغ – الملمس – القيمة – التوازن – التأكيد – التناسب – التكرار – الايقاع، مستخدما فى ذلك الاشكال العضوية او الهندسية (المنتظمة – شبه المنتظمة – غير المنتظمة).

٤-٤- تطبيق انماط البناء الكسرى على تصميم الاثاث:

بالاستعادة بجداول الاستنباط السابقة امكننا تصميم اثاث قائم على محاكاة انماط البناء الكسرى كما يلى:-

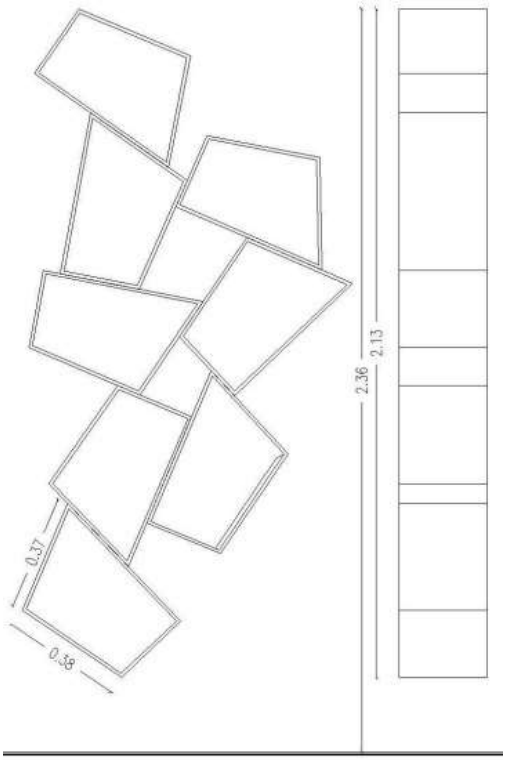
٤-٤-١- مكتبة بغرفة معيشة

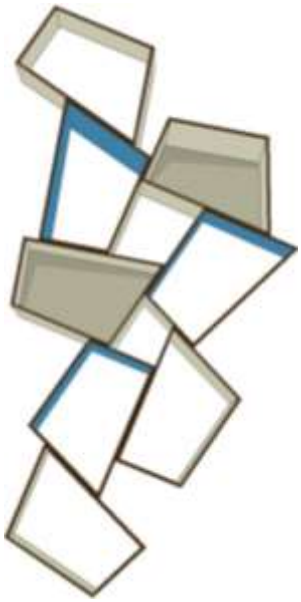


شكل (١٢) مكتبة لتخزين الكتب تميزت بخاصية التشابه الذاتى Self- Similarity الظاهرى وهى اهم سمات الاشكال الكسرية حيث اجزاء المكتبة (الكسريات) متطابقة الى حد ما، وتميزت ايضا بخاصية التكوين عبر التكرار Formation by Iterations حيث تصميم الضلف المتكررة بمقاسات مختلفة وقشرتين مختلفتين، الى جانب الايقاع الناشئ بين الاجزاء المصمتة والاجزاء المفتوحة عبر التكرار المتدرج المتصاعد يسار المكتبة.

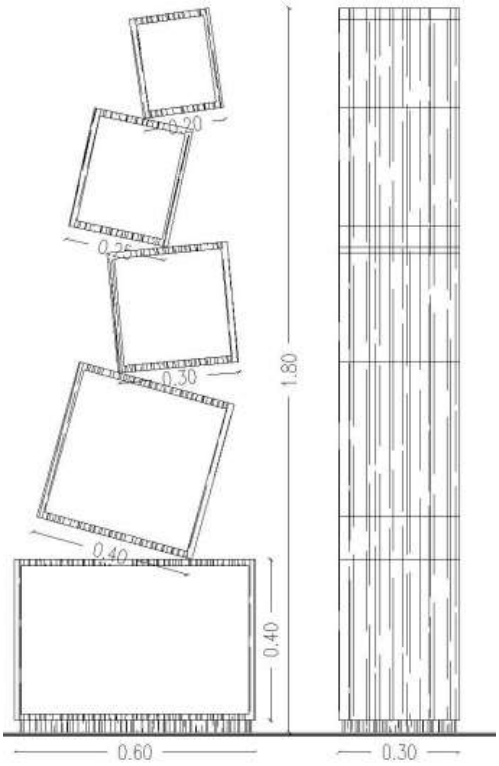
خطوات عملية البناء الكسرى تمت باختيار الشكل الهندسى المربع والمستطيل ثم اجراء عملية تفريغ عن طريق ازالة بعض الضلف مع استخدام نمط التكرار الانتشارى فى اتجاه واحد علوا و هبوطا مما ادى الى توجيه النظر الى مركز اهتمام واحد وهو يسار المكتبة.

٤-٤-٢- وحدات حمل الكتب



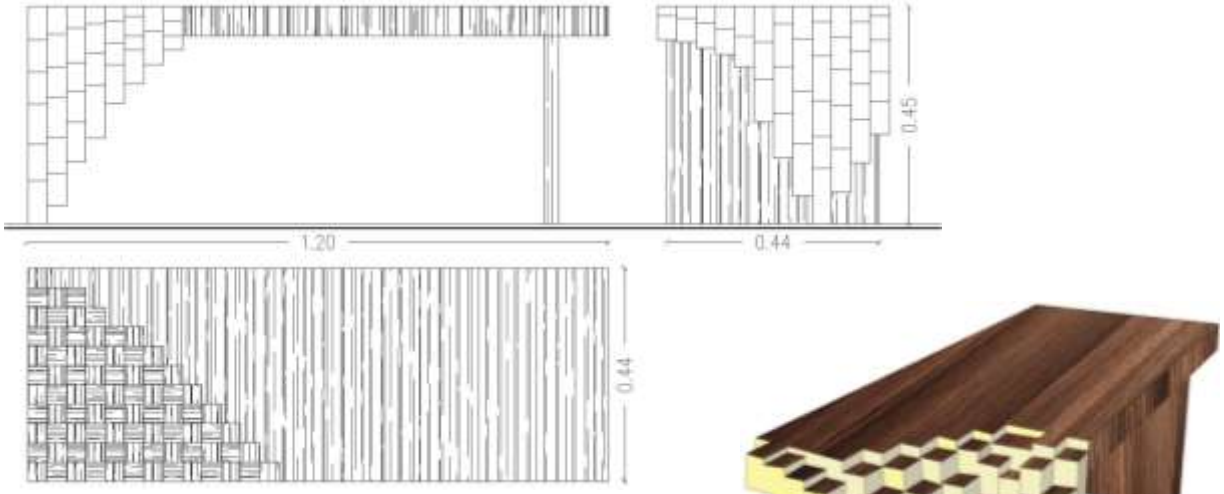


شكل (١٣) مساقط ومنظور لوحدة كتب حائطية ذات علاقات مبتكرة بين اجزائها تتبع التشكيل الكسرى من حيث التشابه الذاتى بين اجزائها واستخدام التكرار العشوائى المتصاعد عن طريق اختيار الشكل البادئ (شكل شبه المنحرف) واجراء عملية دوران بزاوية ٤٥ درجة ثم تكرار هذا الشكل بزوايا دوران مختلفة فى تشكيل متصاعد الى اعلى.

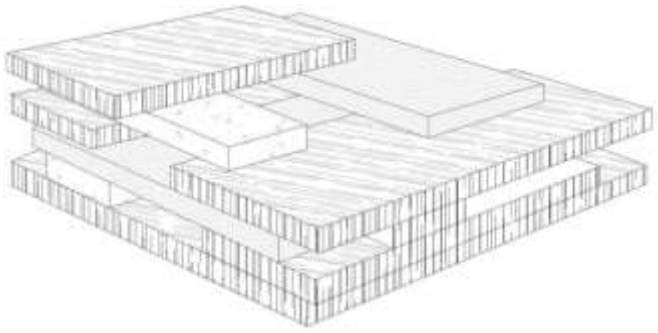


شكل (١٤) مساقط ومنظور لقائم حمل كتب – مكوّن من وحدات مكعبة مختلفة الاحجام ومتصلة باوضاع مائلة غير تقليدية تكونت عبر التكرار التنازلى.
نرى التشابه الذاتى المتطابق رغم اختلاف مقاس المكعبات حيث الوحدات تُظهِر نفس الشكل على مقاييس مختلفة.

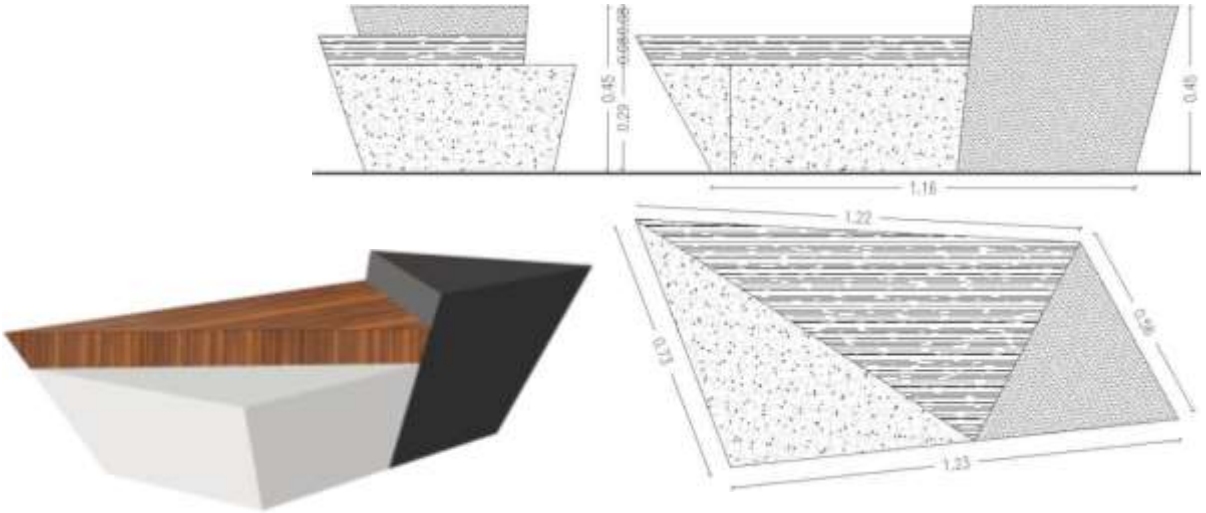
٤-٤-٣- مناضد وسطية



شكل (١٥) تصميم لمنضدة وسط غير تقليدية مستوحى من المحاكاة البنيوية لاسس الهندسة الكسرية حيث البنية اللانهائية والتشابه الذاتى المتطابق فى التفتيت الحادث بجانب المنضدة الى مكعبات مختلفة الاحجام فى تكرار متدرج حتى تلامس الارض نستطيع ان نرى الديناميكية والتعقيد وعدم الاستقرار فالتصميم المبتكر جعل من النظام الخطى التقليدى المستقر للمنضدة فى احد جوانبها نظاما معقداً ديناميكياً غير خطى يعيد ابداع نفسه self-re-inventing فى جانبها الاخر.

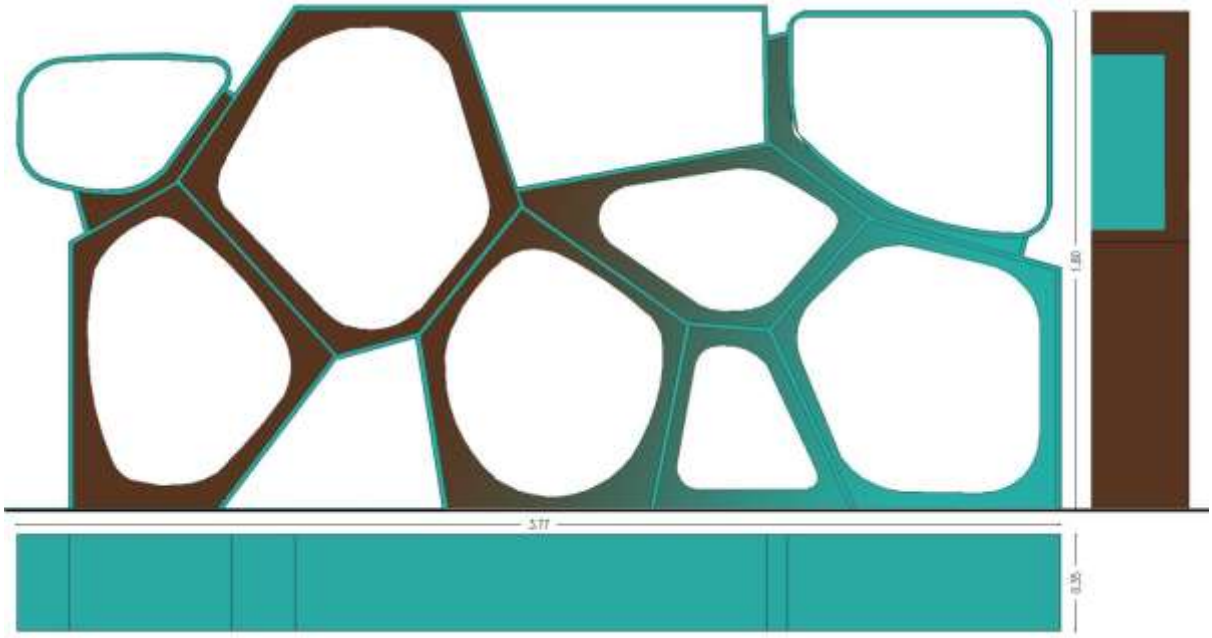


شكل (١٦) منضدة وسط مقاس ١٤٠ * ١٤٠*٣٨ سم ذات تصميم مبتكر يتمتع بخاصية التشابه الذاتى حيث استخدام طبقات مختلفة الابعاد من خشب الـMDF سمك ٦ سم فى تكوين فوضوى وتكرار عشوائى لكنه متزن – تم التشطيب بخامات وألوان مختلفة فاستخدمت قشرة الجوز التورك فى بعض الطبقات، والتشطيب بالاكيه فى البعض الاخر و لصق القشرة الفضة فى البعض الاخر – نرى فى تصميم المنضدة سمات التعقيد والمقاييس المختلفة والتكرار التى هى من أهم مميزات الاشكال الكسرية.

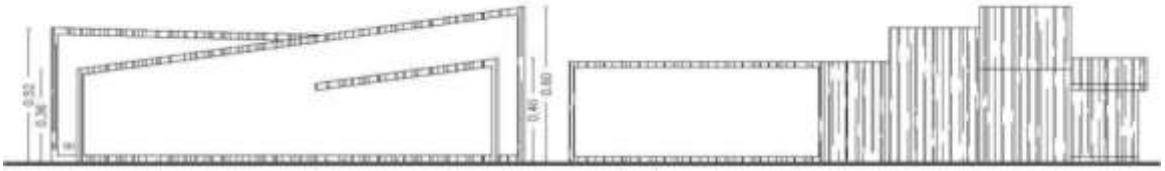


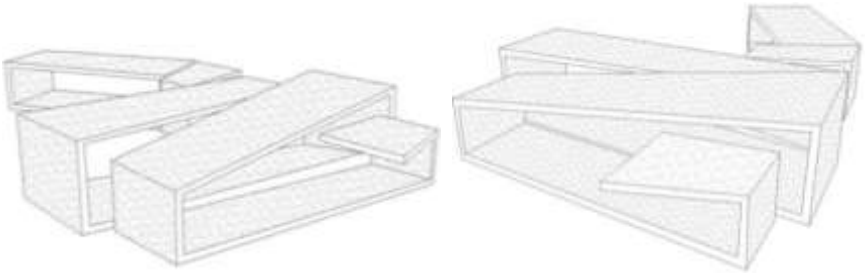
شكل (١٧) منضدة وسط ذات تكوين غير منتظم تتمتع بخاصية التشابه الذاتى الظاهرى حيث ظهور شكل المنشور فى تصميم كتلتها (٣ منشورات) والشكل المثلث فى تصميم القرصة (٣مثلثات) ولكن بمقاييس متباينة غير متطابقة تماما – الى جانب خاصية التكوين عبر التكرار المتدرج من حيث الكتلة والتشطيب واللون عن طريق استخدام اللون الابيض المتضاد مع الاسود مع استخدام تجازيع القشرة بينهما – بالاضافة الى التدرج فى منسوب المستويات الافقية (٣ مستويات).

٤-٤-٤- وحدات عرض بمنشأة تجارية



شكل (١٨) وحدة عرض بواجهة منشأة تجارية تتمتع بخاصية التشابه الذاتى – الجزء من الكل يتشابه مع ذلك الكل – وتتميز ايضا بخاصية التكوين عبر التكرار العشوائى فى الكتل وتشكيلاتها – الى جانب التكرار اللونى التصاعدى والذى يظهر فى استخدام لونى التركواز والبنى فى تجريدية و ديناميكية لونية.





شكل (١٩) تصميم مبتكر لوحدة عرض وسطية بمنشأة تجارية نتج التكوين عن تكرار حلزونى متكسّر– وتنوعت ارتفاعات الوحدة فى اجزائها المتصلة – الى جانب ميل المسطحات الافقية والتى تبدو عشوائية – و اتحاد نفس النسخة بمقاسات مختلفة، فالنمط الكلى للشكل الكسرى يتكرر بالتشابه

النتائج Conclusions

١. تمكن البحث من استنباط اسس البناء الكسرى وخطواته، بحيث يمكن تطبيقه على التصميم بشكل عام وتصميم الاثاث بشكل خاص، ومن خلال الاستعانة بـ(مخطط اسس التصميم الكسرى – خطوات البناء الكسرى – انماط التكرار) أمكَنَ الحصول على تكوينات بنائية لا نهائية.
٢. المحاكاة البنيوية لانماط الهندسة الكسرية انتجت تكوينات مبتكرة غير تقليدية وعلاقات جديدة بين الكل والجزء فى تصميم وبناء قطعة الاثاث.
٣. اهم سمات البناء الكسرى هو خاصية التشابه الذاتى والتكوين عبر التكرار وانماطه المختلفة، والتى اثمرت عن تصميمات مُعقّدة ذات بنية تبدو لا نهائية فوضوية، مع ديناميكية تتسم بالتجريدية، ويتحقق ذلك من خلال خلق مركز اهتمام واحد او اكثر.

وقد توصّل بحث سابق (بعنوان: استلهام شبكات تصميمية مستوحاه من اتجاه الهندسة الكسرية لتصميم الاثاث) الى نظم شبكية مستوحاه من الهندسة الكسرية يمكن الاستعانة بها فى تصميم الاثاث، الا ان بحثنا هذا لم يربط التصميم والبناء الكسرى بالنظم الشبكية لكنه استطاع ان يستنبط اسس وخطوات التصميم والبناء الكسرى.

التوصيات Recommendations

نوصى بضرورة انفتاح مجال التصميم على العلوم المختلفة لتتسع الرؤية، خاصة العمل على ربط التصميم بعلم الهندسة والرياضيات، مما يؤدى الى إثراء العملية التصميمية والخروج بتكوينات غير تقليدية تحمل قيم جمالية مبتكرة.

المراجع References

١. اسماء عبد الجواد، سلوى يوسف، استلهام شبكات تصميمية مستوحاه من اتجاه الهندسة الكسرية لتصميم الاثاث، المؤتمر الدولى الرابع لكلية الفنون التطبيقية، مجلة التصميم الدولية، ص ٢، (٢٠١٦).
٢. احمد كمال الدين رضوان، فلسفة نظرية الفوضى واثرها على التصميم الداخلى، رسالة دكتوراه، قسم التصميم الداخلى والاثاث، كلية الفنون التطبيقية، جامعة دمياط، ص ١٩٥ : ٢١٥، (٢٠١٥).

3. Falconer. Kenneth: Fractal Geometry: Mathematical Foundations and Applications, ISBN, P.50: 78, (2003).
4. Juanlusmarthinez “the nature of fractals” - Pals s. Addison, Fractal and Chaos: an illustrated course, Napier University, Edinburg, London, P. 68: 101, (1997).
5. Nigel Lesnoir-Gordon: “Introducing fractal Geometry”: 3rd Edition, P. 28, (2006).
6. Paul’s Addison: “Fractal and Chaos: An illustrated Course” Napier University, Edinburgh, London, (1997).
7. http://mathworld.wolfram.com/SierpinskiCarpet.html
8. https://schoolofwisdom.com/fractal-wisdom/
9. http://ahmedyasser1.blogspot.com.eg/2014/11/blog-post.html
10. https://skullsinthestars.com/2014/03/25/curves-in-space/