الهندسة الكسيرية في العمارة الإسلامية كأداة لتأصيل الهوية وانعكاسها على تصميم الفراغات الداخلية وأقمشة السيدات المطبوعة

Fractal Geometry in Islamic Architecture as a Tool for Rooting Identity and its Reflection on the Design of Interior Spaces and Ladies' Printed Fabrics

أ م د/ إيمان محمد أنيس عبد العال
أستاذ مساعد بقسم طباعة المنسوجات و الصباغة و التجهيز
كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان.

أ م د/ مها محمود إبراهيم
أستاذ مساعد بقسم التصميم الداخلي و الأثاث
كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان.

الملخص :

منذ نشأة الكون وهناك علاقة وثيقة بين الطبيعة والهندسة البشرية وتتجلى هذه العلاقة بالتحديد في الهندسة الكسيرية والتى ظهرت كامتداد لنظرية الفوضى التى أعطت رؤية جديدة لطبيعة عمل النظام الكوني البعيد عن الانتظام والخطية والاتساق والقدرة التنبؤية ، وبرزت أهمية الهندسة الكسيرية في العمارة لقدرتها على سد الفجوة بينها وبين الرياضيات وبين الطبيعة وخصائصها ووصف الاشكال المعقدة التى تحتويها .

و لقد اهتمت الكثير من الدراسات في الهندسة الكسيرية بنماذج من العمارة الغربية في حين أن العمارة الإسلامية لم تنل القدر الكافي من هذا الاهتمام ، وفي ظل محاولات التغريب المستمرة وطمس الهوية الإسلامية تركزت مشكلة البحث بالحاجة لاستكشاف طبيعة الهندسة الكسيرية في العمارة الإسلامية لإلقاء الضوء على خصائصها وأنماطها وطرق إنشائها ، مفترضاً أن استلهامها في الفراغات الداخلية المختلفة كرؤية مستحدثة لتصميم طباعة أقمشة السيدات هو أداة فعالة في تأصيل الهوية التراثية .

ولغرض معالجة المشكلة البحثية، اعتمد البحث الأسلوب الوصفي التحليلي لعناصر من العمارة الإسلامية برؤية جديدة من خلال الهندسة الكسيرية و كذلك تحليل للنماذج التصميمية المستوحاة منها لطباعة أقمشة السيدات ، ومنهج تطبيقي من خلال إنتاج تصميمات معاصرة مستمدة من الهندسة الكسيرية تصلح للفراغات الداخلية الإسلامية وطباعة أقمشة السيدات. وأوضحت النتائج أن العمارة الإسلامية حرة و متجددة تجمع بين النسق والمفاجئة، و تستند على خصائص الهندسة الكسرية، فهي ذات تشابه ذاتي و إيقاع متنوع و تتسم بغزارة التفاصيل على كافة المستويات.

الكلمات المفتاحية Keywords: الهندسة الكسيرية Fractal - الكسيريات في العمارة الإسلامية Fractals in Islamic Architecture - تصميم طباعة أقمشة السيدات Ladies printed fabrics design.

تساؤلات البحث :

1. هل هناك علاقة بين الطبيعة و العمارة الإسلامية ؟ هل استخدم المهندسون المسلمون الهندسة الكسيرية في العمارة والتصميم الداخلي و كيف تم استخدامها ؟
2. كيف يمكن تأصيل الهوية الإسلامية من خلال الاستلهام من الهندسة الكسيرية في تصميم الفراغات الداخلية المختلفة و طباعة أقمشة السيدات المعاصرة ؟

مشكلة البحث :

تأصيل الهوية التراثية في ظل محاولات التغريب المستمرة من خلال الإفادة من طبيعة الهندسة الكسيرية في العمارة الإسلامية في تصميم طباعة أقمشة السيدات المعاصرة مما يثري مجال طباعة المنسوجات عامة و تصميم طباعة أقمسة السيدات خاصة.

أهداف البحث :

1. الحاجة المعرفية لاستكشاف طبيعة الهندسة الكسيرية في العمارة الاسلامية من خلال دراسة خصائصها ، و أنماطها ، و استخداماتها .
2. استخدام الهندسة الكسيرية كأداة لتأصيل الهوية الإسلامية من خلال استلهامها من العمارة الإسلامية في تصميم طباعة أقمشة السيدات .

فرضية البحث :

أن العمارة الإسلامية تحمل بين طياتها خصائص من الهندسة الكسيرية يمكن استلهامها في ابتكار تصميمات تصلح للفراغات الداخلية و طباعة أقمشة السيدات تتسم بالهوية و المعاصرة.

منهجية البحث :

1. المنهج الوصفي التحليلي من خلال رصد عناصر من العمارة الإسلامية و تحليلها من منظور الهندسة الكسيرية .
2. المنهج التطبيقي من خلال استلهام الهندسة الكسيرية في العمارة الإسلامية في إنتاج تصميمات برؤية تشكيلية مختلفة لطباعة أقمشة السيدات تتسم بالأصالة و المعاصرة.

مقدمة :

يعتقد المرء أن المفردات الكونية محملة بالعشوائية في ثناياها ، و لكن بمجرد تدقيقه النظر فيما حوله يكتشف مدى التنظيم و الجمال و الإبداع المبهر في تفاصيل تلك المفردات الذي لا يملك أن يخط قوانينه سوى الله الخالق البديع سبحانه و تعالى ، حيث تميل الطبيعة بفطرتها للتنظيم بدرجة مذهلة بما يكفل لها تحقيق التناسق الخلاب ، و قد أكد العديد من المفكرون و العلماء على وجود ثوابت خفية محملة داخل أشكال الطبيعة الظاهرية المتنوعة و التكوينات الهندسية المعقدة ، و أن

معرفة تلك الثوابت يستلزم الدراسة الوافية الدقيقة التي أثبتت أن أقرب المبادئ الرئيسية المنظمة للطبيعة و الهندسيات المعقدة تتمثل في الهندسة الكسيرية Fractal Geometry. و يعود للهندسة الكسيرية أو الجزيئية الفضل الأول في الوصف المنهجي للنظم الطبيعية ذات الأنظمة و التكوينات الهندسية المعقدة التي ترتبط تفاصيلها بعلاقة ديناميكية مع النظام الأكبر الكلي الحاوي لها و الذي بفحصه يمكن الوقوف على طبيعة تلك الأنماط و نسقها.

و قد تناولت العديد من الدراسات علاقة الهندسة الكسيرية مع العمارة وخصوصاً الغربية، إلا أن تلك الدراسات اتسمت بالشمولية ولم تقدم أسساً واضحة خاصة بالتحليل المتعمق للعمارة الإسلامية ، ويعتقد سكمت Schmitt أن أول وجود للكسيرية في العمارة كان في العمارة العربية وبما أسماها بالهندسات العربية من خلال الأشكال الزخرفية المتكررة ضمن قواعد بسيطة، أما الكسيرية في العمارة الحديثة فقد برزت بسبب الحاجة إلى إيجاد طرق جديدة ومعقدة لقياس البعد والفضاء .(Oliver, Dixon. p.29). لذلك تظهر الحاجة إلى تحليل أنماط تتسم بالخصائص الكسيرية مستمدة من أشكال ذات جذور مرتبطة بهويتنا الإسلامية ويتطلب ذلك تعيين خصائصها الكسيرية أولاً ومن ثم استلهامها في ابتكار تصميمات تصلح لطباعة أقمشة السيدات تتسم بالأصالة و المعاصرة في آن واحد.

1- نظرة عامة على الهندسة الكسيرية :

لقد كانت الهندسة الإقليدية Euclidean geometry التقليدية - نسبة لمكتشفها إقليدس Euclid – جافة لعدم قدرتها على التعامل مع النماذج الطبيعية كالجبال و الغيوم و الأشجار و الألسنة و الخلجان و الجزر ... الخ. و التى كانت ترتكز على تفاصيل دقيقة مما قاد بينوا ماندلبرو Benoit Mandelbrot عام 1975 إلى وضع هندسة جديدة تختلف جذرياً عن الهندسة الإقليدية و أطلق عليها اسم هندسة الجزيئيات أو الكسيريات Fractals .

1-1 مفهوم الهندسة الكسيرية:

تختص الهندسة الكسيرية أو الجزيئية أو الفركتيلية بدراسة البنى الهندسية التي تتألف من كسيريات وهي جمع كسيرية ، و تعرف بأنها كائن أو جزء هندسي خشن غير منتظم على كافة المستويات صغير جداً أبعاده لا متناهية في الصغر ، و قد جاء اسم الكسيرية مشتقاً من التمثيل بعملية كسر شئ ما لأجزاء أصغر متشابهة و تشبه الجزء الأصلي و تحمل تلك الهندسة في طياتها مفهوم اللانهائية و أهم خصائصها التشابه الذاتي حيث تتشابه المكونات مع الجزيئية الأم بغض النظر عن درجة التكبير (Ting and Liming ,p 3) ، و أغلب الأحيان يتم تشكيل الأجسام الكسيرية عن طريق عمليات متكررة كالعمليات التراجعية Recursive أو التكرارية Iterative.

و كلمة fractal مشتقة من الكلمة اللاتينية fractus التي تحمل معنى اللا انتظام و التكسر، و نجحت تلك الهندسة بدرجة كبيرة بما أثارته في تطبيقاتها الرياضية والفيزيائية والبيولوجية والفلسفية أيضاً(Mandelbrot B. p 34,35). فهي ذات أهمية بالغة بشكل خاص في دراسة الظاهرات الفوضوية (الخوري، موسى ص 38).

و هكذا تمثل الهندسة الكسيرية فرعاً من الرياضيات يختص بدراسة سلوك و خصائص الكسيريات و التي تختلف عن سائر الأشكال نسبة لطريقة تدرجها بالزيادة و النقصان ، و تعبر عن كل شكل هندسي يمكن تجزئته إلى أجزاء كل منها بمثابة نسخة طبق الأصل من الصيغة الشكلية الأكبر، و قد استخدم ماندلبرو كلمة فراكتل أو جزيئية أو كسيرية للدلالة على البنيات و الصيغ الشكلية التي تتحقق بها خاصية التشابه الذاتي و التي لا تملك بعداً محدداً، لذا فهي الشكل الذي يعرض خاصية التشابه الذاتي على المقاييس المختلفة (Mandelbrot B. p 166) . ومن تعريفاتها ايضاً أنها نمط هندسي متكرر بمقاييس متزايدة الصغر مما يؤدي لأشكال و أسطح غير منتظمة لا تخضع للهندسة الإقليدية. كما عرفها البعض على إنها أشكالاًعالية القيمة الفنية و الجمالية ترتبط ارتباطاً وثيقاً بكيفية تنظيم العالم حولنا. و يرتبط مفهوم الكسيرية باللانظامية و بالتجزئة معاً، وعرفت أيضاً على أنها الأشكال الهندسية المعقدة الناتجة عن تطبيق بعض القواعد الرياضية التي تنقل الشكل الأساسي من مرحلة لمرحلة أخرى سواء بالإضافة إليه أو بتطويره، و يمكن تكرار هذه العمليات إلى ما لانهاية. و أيضاً على أنها الصور الناتجة عن تكرار المعادلات اللا خطية و المكونة من أشكال هندسية بسيطة متكررة مثل المثلث و الدائرة و المربع و المعين ..... و المنظمة بطرق متنوعة جنباً إلى جنب بالتكرار و التشابك... والمرتبة في مجموعات معقدة (Fukushima C. p9).

و تعد الهندسة الجزيئية أول علم يضع وصفاً منهجياً و نموذجاً رياضياً للتكوينات و الأنظمة المعقدة ، و تعتمد تلك الهندسة على البعد الرابع (الزمن) و الأعداد المعقدة لمركبات الكون ذات الظواهر العشوائية ، هذا و قد استطاعت تلك الهندسة أن تقدم تفسيراً و توصيفاً شاملاً و واضحاً لأغلب تلك الظواهر الفوضوية عديمة الملامح ظاهرياً، فهي كما و صفها ماندلبرو ليست فصلاً في الرياضيات بل وسيلة يرى الانسان من خلالها العالم بشكل مختلف(Falconer K. p18).

2-1 الخصائص الأساسية للهندسة الكسيرية:

تتميز الكسيريات بشكل عام بأنها الشكل الهندسي أو الطبيعي الذي يجمع بين الخصائص التالية:

- **التشابه الذاتي Self-Similarity :** و هو تشابه بين الأجزاء المكونة للشكل، أي أن الجزء من الكل يشبه تماماً ذلك الكل، فإذا أضفنا جزءاً متكاملاً من الأجزاء المتكونة للشكل الكسيرى، ثم قمنا بتكبيره عدة مرات فإننا في النهاية سنحصل على الشكل الأصلي ، و ينقسم بدوره إلى : تشابه ذاتي تام و الذي يكون متطابقاً على كافة المستويات ، فالأجزاء لها

نفس الشكل أو الهيكل ككل ، و هو أقوى أنواع التشابه الذاتي و تبدو فيه الكسيريات ذاتها على أي مقياس . و تشابه ذاتي شبه تام أو ظاهري و فيه تظهر الأشكال مشوهة قليلاً فالشكل غير منتظم للغاية أو مجزأ ويبقى كذلك مهما كان حجم الفحص . و التشابه الذاتي الإحصائي الذي يكرر نمطاً عشوائياً بحيث يتم الحفاظ على التدابير العددية أو الإحصائية عبر المقاييس، و هو أضعف أنواع التشابه الذاتي، حيث تعطي الجزيئيات قياسات إحصائية و رقمية ثابتة باختلاف درجة التكبير (Vicsek T. p 31).

- **قاعدة الإحلال Replacement Rule :** أي التشكيل عن طريق التكرار ، حيث ترتبط الهندسة الكسيرية بالهندسة التكرارية ليتم تكرار الشكل الهندسي بتطبيق قواعد رياضية محددة تضمن مشابهة الشكل المكرر للشكل الأصلي ، فعند تكوين فراكتل ما تؤدي الخطوات المتعاقبة لإنشاء آخر لذا تحل أحد التكوينات محل الأخرى لتصبح أكثر تعقيداً من سابقتها و تملأ ذات المكان (Michael M. , p15)
- **البعد الكسري Fractal Dimensions :** و هو قياس رقمي محدد و محفوظ بغض النظر عن اختلاف مقاييس التكبير (Ting C. and Liming H. p 3).

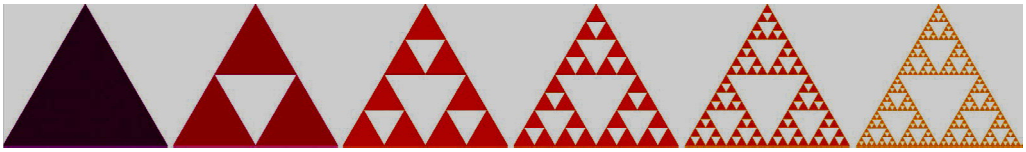
3-1 الكسيريات الطبيعية Natural Fractals :

تتواجد الكسيريات في جميع أنحاء الطبيعة و تغطي مجموعة واسعة من المقاييس، حيث تتكرر ذات الأنماط مراراً وتكراراً، و تتضح في تفريعات الأوعية الدموية لدينا والخلايا العصبية و كذا في تفريعات الأشجار و البرق وشبكات الأنهار.... بغض النظر عن الحجم، و يتم تشكيل هذه الأنماط كلها عن طريق تكرار عملية متفرعة تبدأ بسيطة ثم تتدرج في التعقيد شيئاً فشيئاً . و الفراكتال صورة تحكي قصة العملية التي خلقته و أنتجته. و يوضح شكل (1) صوراً مجمعة للكسيريات الطبيعية (Fractal Packs).

شكل (1) صوراً مجمعة للكسيريات الطبيعية Natural Fractals

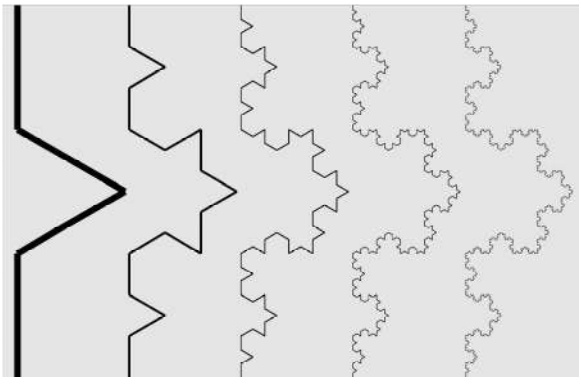
4-1 الكسيريات الهندسية Geometrical Fractals:

يمكن إجراء كسيريات هندسية بحتة من خلال تكرار عملية بسيطة. و يرصد مثلث سيربينسكيSierpinski Triangle شكل (2) مثالاً لذلك عن طريق إزالة المثلث الأوسط مراراً وتكراراً من الجيل السابق، ويزيد عدد المثلثات بمعامل قدره 3 كل خطوة،1، 3، 9، 27، 81، 243، 729 ... الخ .



شكل (2) مثلث سيربينسكي Sierpinski Triangle

و قد تصور أحد الرياضيين الألمان هيلغ فون كوخ Helge von Koch فكرة التشعبات الدقيقة في عالم البنى الرياضية التي عرفت فيما بعد باسم تشعيبات كوخ Koch curves. و ذلك بتخيل مثلثاً متساوي الأضلاع وفي منتصف كل ضلع هناك مثلث متساوي الأضلاع آخر، و بمتابعة و تكرار ذلك مراراً سينتج تشعبات في محيط الشكل الذي شكّلناه تدعى تشعيبات كوخ شكل (3). وعند النظر عن قرب إلى هذه التشعبات تظهر مشابهة جدًا للتشعبات الأصلية في النموذج الأساسي (www.fractal.org) .



شكل (3) تشعيبات كوخ Koch curves

5-1 الكسيريات الجبرية Algebraic Fractals:

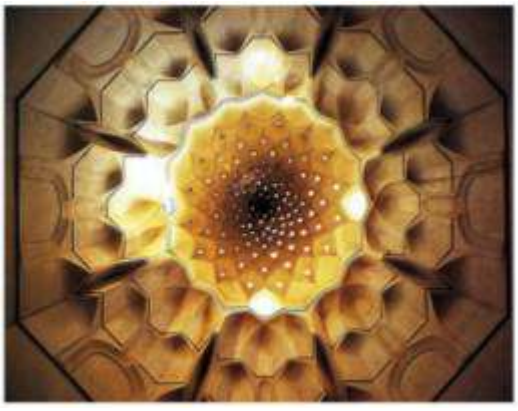
هي كسيريات يتم إنشائها من خلال حساب معادلة بسيطة كانت أو معقدة مراراً وتكراراً، ولأن المعادلات يجب أن تحسب بالآلاف أو الملايين من المرات، يتطلب الأمر أجهزة حاسب آلي لاستكشافها، و ليس من قبيل الصدفة اكتشاف مجموعة ماندلبروت في عام 1980، بعد وقت قصير من اختراع الكمبيوتر الشخصي (Fractal Packs).

شكل (4) بعض نماذج من الكسيريات الجبرية Algebraic Fractals

2- الهندسة الكسيرية في العمارة الاسلامية :

الهندسة الكسيرية من وجهة نظر معظم معلمي الرياضيات تستطيع أن تفجر طاقات الإبداع و الخيال و تنمية الحس المكاني و الحدسى عند المصممين . و لقد أدرك ذلك المهندسون المسلمون فأنتجوا عمارة اسلامية تتميز بالخصائص اللانهائية في الخطوط المستوحاه من ابداع الخالق و الامتداد اللامتناهي في التكوينات الطبيعية في خطوط الزخارف الهندسية و النباتية و تراكب التشكيل المعماري للكتل و الاشكال و في خط السماء في المباني .

و الكسرية في العمارة الاسلامية تكون صفة لأي شيء غير ناعم و غير منتظم و مجعد ، فالكسرية هي أشياء لأي نوع يكون شكله الحيزي غير ناعم و غير منتظم و عدم انتظاميته تكرر نفسها هندسياً على عدة مقاييس هرمية و يمكن تحديد التعريف الإجرائي للكسرية بأنها هيئات معقدة و مجعدة ذات سطوح غير منتظمة ومشبه ذاتياً تتكرر على مقاييس هرمية عدة و ذات بعد كسري و نظام مولد للأشكال مؤلف من حالة إبتدائية و قاعدة و تحولات (Batty and Longley, p.3.).



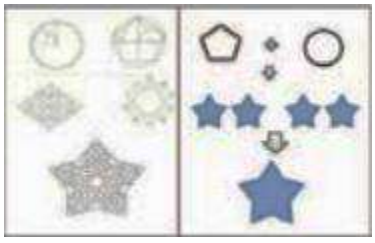
شكل (5) قبة المقرنصات في ضريح الست زبيدة ببغداد وقد حاكى فيها الفنان المسلم ابداع الطبيعة في محاكاة القبة من زهرة عباد الشمس

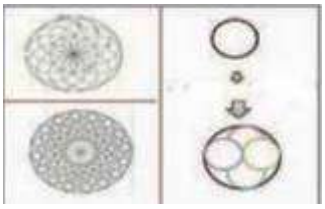
2-1 خصائص الهندسة الكسيرية في العمارة الاسلامية :

2-1-1 التشابه الذاتي : عندما نكتب عن وجود التشابه الذاتي في الهندسة المعمارية، نشير الى نفس الشكل المتكرر في مقاييس مختلفة أكثر من أربع مرات.

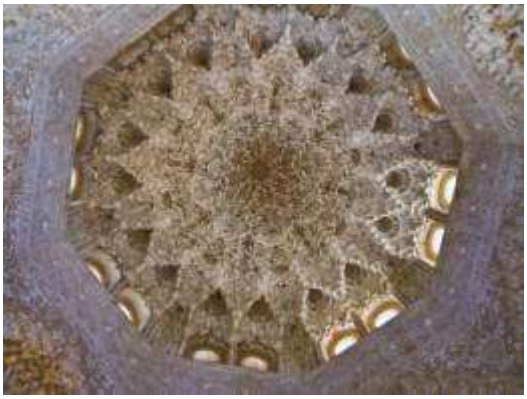
و يبتعد مفهومه في العمارة الاسلامية الكسرية عن المفهوم الشائع الذي يعده نفس الشيء أو نفسه بالضبطself exactness -أو self-alikeness و يربطه أكثر بتكرار أجزاء صغيرة من شيء ما تكون مشابهة لأجزاء أكبر منها والتي بدورها تشبه الشكل ككل و لايحدث ذلك للهيئات فقط بل و للفتحات و الفجوات التي قد يتضمنها الشكل. و يصنف إلى : المشبه ذاتياً بصورة صارمة (متطابقة) strictly self-similar (شكل 6) ، المشبه ظاهرياً Apparent self-similar

، المشـبه ذاتيـاً إحصـائياً statistically self-similar (شكل 7)
.(ww.miislita.com/fractals/fractal.html) . و في العمارة الاسلامية لا يعني التشبيه الذاتي، هو نفسه بالضبط self - exactness أو صدى تكراري وبدلا من ذلك هو أقرب إلى المشابهة likeness أو نفس النوع Kind ship بين الأجزاء على مختلف المقاييس . ويطلق على ارتباط خاصية التشبيه الذاتي بالتحولات بتسميات أخرى، فيشار لها بالتحول النسبي الذاتي-self affine transformation حيث التحول الاختزالي للشيء غير متساو بطريقة أو بأخرى (Bovill, (Carl, p.43





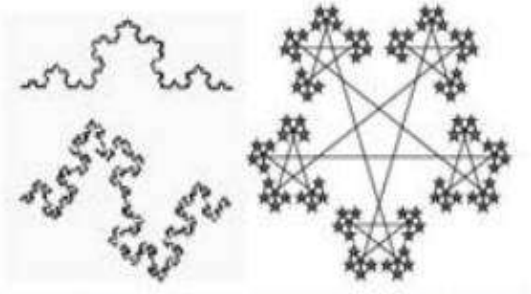
شكل (6) أعلى قبة مسجد تاج الملوك بأصفهان – أسفل قبة مسجد ابن بطوطة بدبي مبدأ التشابه الذاتي من خلال التناسب بين الكل والجزء وبتكرار أكثر من أربع مستويات



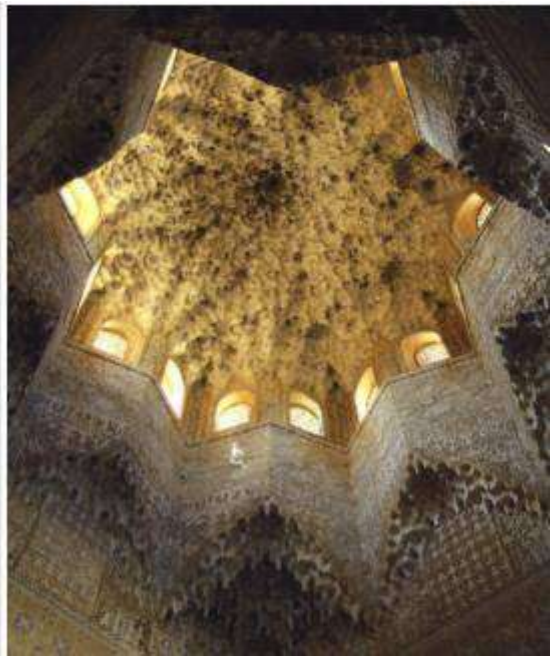
شكل (7) سقف في قصر الحمراء بأسبانيا ويظهر فيه التشابه الظاهري لتفاصيل الزخرفة حيث ان الدخول الى العمق يجعل الأشكال مشوهة قليلاً فالشكل غير منتظم للغاية أو مجزأ

2-1-2 البعد الكسيري :

وهو قياس رياضي لدرجة تعرج وتموج ملمس الشيء الظاهر ويوفر قياسات كمية تمزج بين النسق والمفاجئة في التكوين الإيقاعي وكتعبير عن درجة الخشونة Roughness والتي تعني مدى النسيجية التي يمتلكها الشكل, ويظهر مدى سرعة طول الزيادات الكسرية من تكرارية واحدة إلى أخرى ويعبر عن الترابط بين مختلف المقاييس التدرجية مدى سرعة طول الزيادات الكسرية من تكرارية واحدة إلى أخرى ويعبر عن الترابط بين مختلف المقاييس التدرجية (Meggs, Philip B., p.97) ، فمنحنى كوش Koch مثلاً له أبعاد تقع تقريبا بين ١،٢٦الى ٢،١وهذا يعكس حقيقة أن مجموعة النقط كثيفة حتى يمكن عدها لمنحنى، وكذلك رفيعة جداً لتحسبها كمساحة، ولذلك فإن البعد التكسيرى أوجد العديد من التطبيقات العملية في تحليل العمليات الفوضوية Chaotic ولذلك فإن البعد التكسيرى بشكل عام ليس عدد ولا قيمة عددية، ومنحنى التكسير يعتبر أحد الأبعاد للأشياء في المستوى الذي له بعدين ويقع بين ١،٦الى ٢،١بالمثل كما السطح التكسيرى له بعدين ويقع فى 2,1 فالقيمة تعتمد على كيفية انشاء التكسير



منحنى كوشKoch له أبعاد تقع تقريبا بين ١,٢٦ الى ٢,١

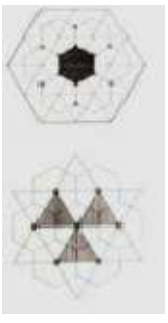


شكل (8) القباب في قصر الحمراء بأسبانيا كمثال واضح على خاصية البعد الكسري في العمارة الاسلامية ومدى ارتباطها بمنحنى كوش

3-1-2 التكرار :

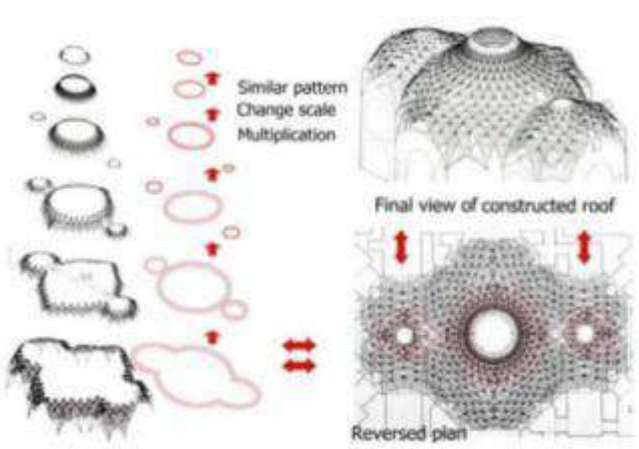
تعتبر فكرة التكرارات الهندسية للاشكال وفقاً لقاعدة محددة من الخصائص الهامة للهندسة الكسيرية والتى أظهرت الجوانب الجمالية لهذا العلم . و تعتبر التكرارية خاصية أساسية في إنتاج الشكل

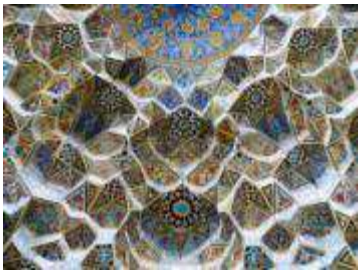
الكسري، و يمكن ان تحقق هذه الخاصية و باستخدام مختلف العمليات التحويلية كافة خصائص الهيكل الكسري و بشكل يعطي الغنى و الإثراء للناتج و بهرمية مقياسية تبعد الرتابة والملل (Bovill,p.47) ، و تعد العمارة الاسلامية متحفاً زاخراً لتكرارات هندسية غاية في الروعة و الجمال سواءً على مستوى العناصر الانشائية كالأعمدة و العقود و الفتحات أو على مستوى العناصر الزخرفية. وهناك نوعين للتكرار الكسيري في العمارة الاسلامية : تكرار ثنائي الأبعاد وأخر ثلاثي الأبعاد ، بالنسبة للتكرار ثنائي الأبعاد فهو توليفة متناسقة من الأشكال الهندسية الإيقاعية والمعقدة، والتي تتشكل باستخدام خطوط شبكات متعامدة أو مركزية ،ويتم إنتاج العناصر الهندسية الثنائية الأبعاد مثل الزخارف الأرابيسكية وأعمال البلاط الهندسي (الموازييك) و تجميعها على مجموعة من القواعد المخططة مسبقا والمنسقة حيث يتم إنشاء هذه الأنماط من قبل التناظر المحلي والعناصر المماثلة ، و بامكانية تمديد غير محدودة وبدون تكرار متماثل و لكنها أساسا موحدة ومنهجية (شكل 9) (Penrose, R.p82). أما التكرار الثلاثي الأبعاد فيبدأ من التخطيط الحضري للمدينة ثم المجسمات المعمارية حتى نصل الى تفاصيل الزينة . و يعتبر المقرنص من أبرز الزخارف الزخرفية ثلاثية الأبعاد في الهندسة المعمارية الاسلامية الكسيرية وهو يستعمل متكاثراً متزاحماً بصفوف مدروسة التوزيع والتركيب، متجاورة متعالية، حتّى لَتبدو كلّ مجموعة من المقرنصات وكأّنها بيوت النحل أو أقراص الشَّهد.. تتلاصق خلاياها وتجمع بين عناصرها خطوط وكُتَل متناغمة، رياضّية التصميم، متناهية في الدقة، تؤدي وظيفة معمارية محددة، وَوراً زخرفياً جمالياً . مع المقرنصات لا تنتهي المساحات، بل يتصل بعض الجدران ببعض وبالسقوف والقِباب والشرفات، ولا يتوقف النظر عند حدّ، وكأّنها مرتبطة بالزخرفة التي لا بداية لخطوط زخارفها ولا نهاية.



شكل (9) ويوضح نماذج متنوعة من الزخارف الهندسية والتى تمثل التكرار على المستوى الثنائي الأبعاد ووفقاً لعمليات وشبكات هندسية تتسم باللا محدودية وبدون تكرار متماثل لجميع العناصر المستخدمة .

إن مراحل توليد الأنماط الكسيرية للمقرنصات تتكاثر بشكل كامل، بحيث يكون في المرحلة الأولى النمط القاعدي المعين أقصى التعددية والترديد على سطحه، ويتداخل مع درجات مختلفة على نطاق واسع في عدة مستويات متتالية. ثم في المرحلة الثانية يتم تقليص تعدد نمط القاعدة تدريجيا، وأيضا نمط تغيير الحجم والتشابه الكامل، و مع تمديده المنخفض إلى أدنى حد ممكن يمكن رؤية الخصائص الفركتلية فيه. و يتكون نموذج القاعدة على نمط المقرنص الكسيري من ثلاثة عناصر رئيسية بما في ذلك التشابه، وتغيير في الحجم والتكرار. ويعد المقرنص نموذج شبه هيكلي يمكن استخدامه في صناعة السقوف العالية مع فتحات واسعة وتشكيل مساحات لتعزيز القيم المكانية للفراغ الداخلي وخلق جو من الوحدة والتماسك في المساحات المغلقة وشبه المغلقة (شكل10). (Mousavi,F, 201). كما يوجد نوع من التكرار **يعرف بتكرار نظام الوظائف** كما يلي :





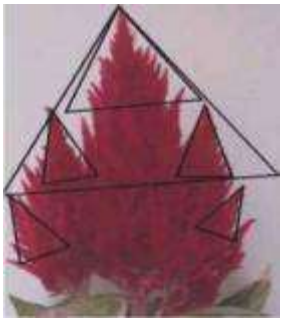
شكل (10) عملية انتاج أنماط كسيرية للمقرنصات والتى تعتبر نموذج من التكرار ثلاثي الابعاد

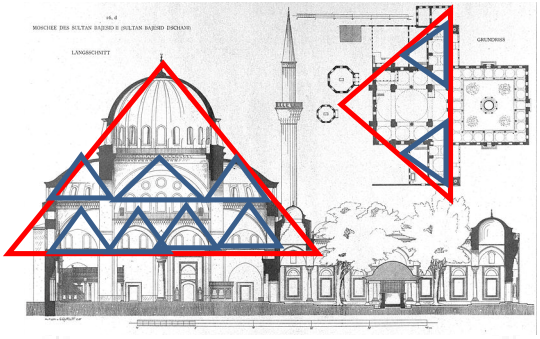
- **نظام الوظائف المتكررة في العمارة الاسلامية :**

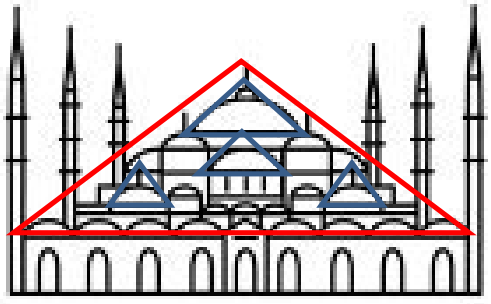
الوظائف المتكررة هي الصلة بين الكسيرية الكلاسيكية مثل منحنى كوخ و الأشكال الطبيعية مثل السواحل (H. Peitgen, H. Jurgens, D. Saup:p28) و لقد وصف العلماء كيفية عملها من خلال القياس على آلة نسخ مع عدسات التقليل (الحد) المتعددة ثم يتم تغذية النسخ الناتجة مرة أخرى في الجهاز في عملية تكرارية. من المثير للاهتمام ان ترتيب العدسات هو ما يحدد شكل الصورة النهائية بصرف النظر عن ما كانت الصورة الأصلية . على سبيل المثال إذا كان هناك ثلاثة عدسات مخفضة مرتبة في مثلث متساوي الأضلاع، فلا يهم ما إذا كانت الصورة الأصلية مربعات أو دوائر وانما في الصورة النهائية ستكون مثلث سيربينسكي (شكل 2).

يلاحظ استخدام نطام الوظائف في العمارة الاسلامية كما في شكل (11) لمسجد بايزيد والسلطان أحمد في اسطمبول حيث المسجد بأكمله ، القبب على أربع مستويات ، المآذن ، العقود تم انشاؤها

باستخدام نظام الوظائف المتكررة والمأخوذ هنا من نمو نبات سيلوسيا بلوموزا والتى تظهر نفس نظام الهيئة الكسيرية للنبات .





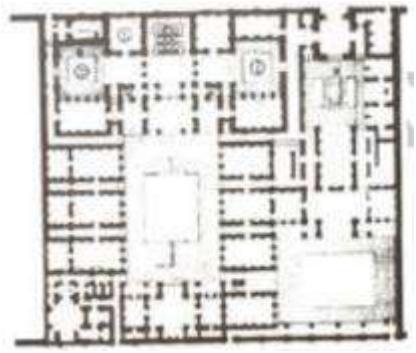


شكل (11) أعلى مسجد بايزيد – أسفل مسجد السلطان أحمد باسطمبول ، ويتضح من خلال تحليل القطاعات الرأسية للواجهة النظام التكراري للوظائف والمماثل لنمو نبات سيلوسيا بلوموزا

4-1-2 متعددة المقياس :

هناك خاصية في الكسيرية الهندسية تبدو فيها الكسريات موجودة في نفس النطاق ولكن بمقاييس متعددة ؛ ويتم فيها تطوير الكسيريات من المجموعات الفرعية التي تشمل مجموعات أكبر. وقد تم تطوير هذه المجموعات من مجموعات فرعية أصغر. وتشبه هذه المجموعات الفرعية مجموعات أكبر تسمى المقياس الفرعي sub-scale شكل (12، 13).

(http://www.sid.ir/En/Journal/ViewPaper.aspx?ID=507522)



شكل (12) نموذج من خاصية تعدد المقياس في الهندسة الكسرية من خلال المسقط الأفقي للمنازل الاسلامية والتى تم تكرار للمربعات في أحجام متعددة

شكل (13) خاصية المقياس الفرعي للعمارة الاسلامية

3-تطبيق الهندسة الكسيرية في التصميمات المعاصرة المستوحاة من العمارة الاسلامية :

3-1 تحليل نماذج من التصميم الداخلى والأثاث :

من خلال دراسة خصائص الهندسية الكسيرية سواء كانت في الطبيعة أو في العمارة الاسلامية يمكننا الاستفادة منها في تقديم أعمال تتسم بالهوية التراثية الاسلامية والمعاصرة في نفس الوقت كما في الامثلة التالية :

شكل (14) تصميم منضدة مستوحاة من المقرنصات الاسلامية ويتضح بها خاصية التشابه الذاتي المتطابق في تكرار نفس الوحدة التصميمة ويزيد عن الاربع مستويات للتشابه

شكل (15) نموذج من وحدات مكتبية قائمة على فكرة اسنلهام الشكل المسدس في تشكيلها ومن ثم الاستفادة من خاصية تكرار العنصر في الهندسة الكسيرية وبأوضاع واتجاهات مختلفة .

شكل (16) المسجد الكريستالى بماليزيا والذى تم استخدام خاصية نظام الوظائف المتكررة الكسيرية والتى تكون مثلث سيربينسكي ، ولقد ظهر المسجد كالكريستال في تكرار نمطه الشكلي

شكل (17) مناظر مختلفة من التصميم الداخلي والخارجي لمسجد الشيخ زايد بالامارات ويظهر بوضوح التماثل الذاتي والتكرار على مستوى المسقط الافقي للعناصر المعمارية مع التنوع في المقياس الفرعي . كذلك خاصية التماثل الذاتي في تشكيل الزخارف لتاج الأعمدة ثلاثية الابعاد والزخارف ثنائية الابعاد للأرضيات والحوائط .

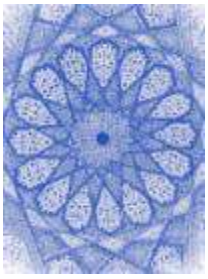
شكل (18) نماذج من تكسية الفواصل المستخدمة في الفراغات الداخلية واستخدام خاصية التماثل الذاتي الغير تام في الصورة اليمنى و التنوع في المقياس والاتجاه في الصورة اليسرى

2-3 تصميمات أقمشة السيدات المستوحاة من الهندسة الكسيرية في العمارة الإسلامية:

يركز الجزء الحالي من البحث على ابتكار تصميمات تصلح لطباعة أقمشة السيدات ذات الطابع التكراري و ذات القطعة الواحدة، مع الأخذ في الاعتبار السمات و الخصائص الفنية العامة المميزة لتصميم كل نوع من تلك الأقمشة ، بصياغة فنية تشكيلية مبتكرة مستوحاه من الهندسة الكسيرية في العمارة الإسلامية ، وذلك من خلال رؤية ذاتية خاصة بالباحثة بهدف تحقيق القيم الجمالية و الوظيفية لتلك الأقمشة بغية تحقيق أهداف البحث من ناحية و من ناحية أخرى إثراء مجال طباعة المنسوجات ، و هذه الأفكار قابلة للتنفيذ بتكنولوجيا الطباعة الرقمية و التي تنقل المعلومات الرقمية مباشرة من قاعدة البيانات إلى الخامة الطباعية داخل الماكينة.

- من خلال الدراسات التحليلية السابقة للهندسة الكسيرية ورصدها في الطبيعة والعمارة الاسلامية تم اختيار العناصر الاتية :

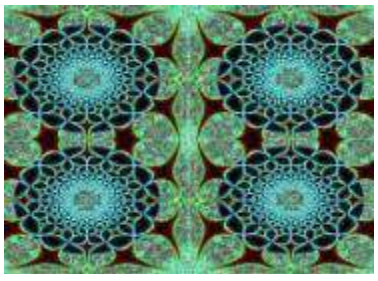
تصميم (1)



تصميم (2)

تصميم (3)

تصميم (4)



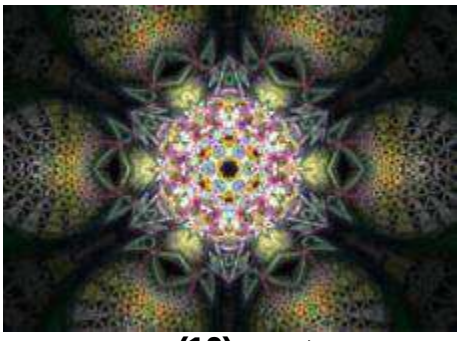
تصميم (5)

تصميم (6)

تصميم (7)

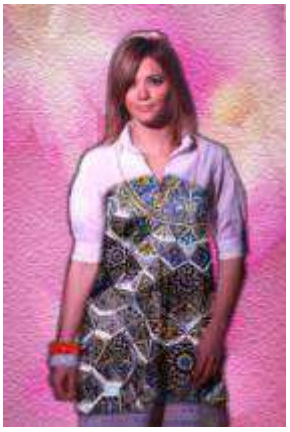
تصميم (8)

تصميم (9)



تصميم (10)

- مقترحات لتوظيف الأفكار التصميمية السابقة:



توظيف (1)

توظيف (2)

توظيف (3)

توظيف (4)

توظيف (5)

توظيف (6)

توظيف (7)

توظيف (8)

توظيف (9)

توظيف (10)

- **التحليل :**

التصميمات (5، 6، 9) تندرج تحت مسمى تصميمات أقمشة السيدات ذات الطابع التكراري ، حيث تتكرر طباعة التصميم ذاته طولاً و عرضاً على القماش باستخدام نمطاً تكرارياً مناسباً (رباعياً - متساقطاً). في حين تندرج التصميمات (1، 2، 3، 4، 7، 8، 10) تحت مسمى تصميم القطعة الواحدة و هو تصميم لطباعة قطعة ملبسية محاكة أو بدون حياكة، و قد يتم طباعتها كوحدة واحدة كلية مستقلة في الزي أو كجزء منفصل مثل الجزء الأمامي أو الخلفي أو الأكمام. و التصميمات من (1: 4) اعتمدت في فكرتها على المعالجة المباشرة لكادرات محددة تحوي نماذج للفراكتالات الهندسية من العمارة الإسلامية و هي على الترتيب من الاشكال (10 , 9 , 16 ، 9) ، في حين اعتمدت باقي الأفكار (5: 10) على فهم النظرية الكسيرية و تطبيقها على الزخارف الإسلامية الهندسية البسيطة و معالجتها ببرامج الحاسب الآلي المتخصصة في إنتاج الفراكتالات للحصول على الشكل النهائي للفكرة.

و يلاحظ في مجموعة الأفكار التصميمية العشرة المبتكرة ، أن الباحثة حبكت عناصر التصميم لترتبط داخلياً فيما بينها و بما يحقق الوحدة التي تؤتي أثراً فعالاً حيث تساعد على الانتقال الفكري من عنصر لآخر دون أدنى إرهاق ذهني، و قد تم توزيع العناصر بما يكفل تحقيق قيم الاتزان و يتضح الاتزان المحوري في جميع الأفكار ، و تأكد الإيقاع من خلال التدرج و التكرار و التنوع و الاستمرارية ، و تناسب الأجزاء بالنسبة لبعضها البعض و بالنسبة للتكوين الكلي، و تدعيم مبدأ السيادة باعتبارها النواة التي يبنى حولها العمل. و يظهر بوجه عام سيطرة الأشكال الهندسية لذا غلبت الخطوط الحادة على اللينة، واعتمدت التصميمات على كل من الخط والشكل وتباين المساحات المحصورة بينهما ، وتنوعت الألوان بين الزهاء و العتامة، واستخدمت الأضواء والظلال للتأكيد على العمق .

4- النتائج:

1- دراسة الهندسة الكسيرية مهم لتفسير جميع الظواهر والاشكال الموجودة حولنا بالطبيعة .

2- أعطت الهندسة الكسيرية الفرصة للكشف عن الجماليات الكامنة في علم الرياضيات ومن ثم تلاحمها مع عمل المصممين ، حيث تكسبهم مهارات جديدة ابداعية .

3- تنطوى العمارة الاسلامية على سمات وخصائص للهندسة الكسيرية و حالة من التشبيه الذاتي بين أجزاء التكوينات، والتي قد تدرك بوضوح ضمن مستويات مقياسية حتى أربع مستويات .

4- استخدام سمات الهندسة الكسيرية والخاصة بالعمارة الاسلامية يساعد في تاصيل الهوية ويثري مجال التصميم بشكل عام ويتماشى مع سمة العصر الحديث .

5- التوصيات :

1- ضرورة الكشف المستمر عن العلوم المتصلة بالتصميم للاستفادة منها في اثراء العملية الابداعية للمصمم .

2- تشجيع الأبحاث والدراسات العلمية المتخصصة في مجال علم الهندسة الكسيرية وتكاملها مع علم التصميم .

3- أهمية الوعى والتأكيد على هويتنا التراثية من خلال استكشاف جمالياتها والاستفادة منها في التصميم المعاصر .

6- المراجع References:

6-1 المراجع العربية :

1- الخوري، موسى (ب، ت) : **النظام و الفوضى في العلم الحديث –**

2- وزيري , يحى : **موسوعة عناصر العمارة الاسلامية** – مكتبة مدبولي – مصر 2000

6 -2 المراجع الأجنبية :

1-Anonymous: **Fractal** - Accessed at http://www.fractal.org/Bewustzijns-Besturings-Model/Fractals-Useful-Beauty.htm

2-Anonymous: **Fractal Packs** – EducatorsGuide -Pdf.

3- Batty and Longley, 1994. **Fractal Cities**,Academic Press Inc., ISBN 0-12-4555-70-5

4- Bovill, Carl, 1996. **Fractal geometry in architecture and design**, Ibid

5- Falconer K. (2003) : **Fractal Geometry**: Mathematical Foundations and Applications. John Wiley & Sons.
6- Fukushima C. (2004) : **Islamic Art and Geometric Design** - Published by the Metropolitan Museum of Art, New York.
7- Garcia, E., 2005. **Fractal Motifs and Iterated Function Systems**, Article 2 of the series The Fractal Nature of Semantics,www.miislita.com/fractals/fractal.html.
8- H. Peitgen, H. Jurgens, D. Saup1992 : **Chaos and Fractals. Springer**-Verlag, New York
9- Mandelbrot B. (1983) : **The Fractal Geometry of Nature** - New York, Macmillan.
10- Mandelbrot B. (2004) : **Fractals and Chaos** - The Mandelbrot Set and Beyond .
11- Meggs, Philip B., 1989. **Type and Image: The Language of Graphic Design** , Van Nostrand Reinhold, New York
12- Michael M. (1991) : **An Eye for Fractals** - Redwood.
13- Mousavi, F. (2011). **The function of form** (1st ed.). Translated by :Nazari, F,. Mianji, M. Science of Architecture publication. Tehran.
14- Oliver, Dixon, 1992. **Fractal Vision: Put Fractals to Work for You. Carmel**, IN: Sams,
15- Penrose, R.(1982). **Aperiodicity and order**(ed. Jaric, m.v), Vol 2.
16- Ting,Chen and Liming,Huang(W.D) : **World of Fractal** - Accessed at http://www.math.nus.edu.sg/aslaksen/gemprojects/maa/World_of_Fractal.pdf
17- Vicsek T. (1992) : **Fractal growth Phenomena** - New Jersey.

3-6 مواقع شبكة المعلومات الدولية :

-https://www.google.com.eg/search?q=natural+fractals&dcr=0&tbm
https://www.google.com.eg/search?biw=1280&bih=705&tbm=ischsa
http://maaber.50megs.com/fifth_issue/epistemology_1.htm
http://www.sid.ir/En/Journal/ViewPaper.aspx?ID=507522
ww.miislita.com/fractals/fractal.html).
http://www.math.nus.edu.sg/aslaksen/gemprojects/maa/World_of_Fractal.pdf
http://www.fractal.org/Bewustzijns-Besturings-Model/Fractals-Useful-Beauty.htm