محاضرة (١٢) ٢ فنية

ثانيا : ماهية الفراكتال Fractal

للتعرف على ماهية الفراكتال لابد من التعرض فى هذا الجزء من البحث لتعريفات مختلفة توضح معنى الفراكتال ، الى جانب التعرف على أنواعه ودراسة خصائصه حتى نتعرف على كيفية القيام بعمل تصميمات تعتمد أساسا على منظومة فراكتالية وكيفية تنفيذها كمشغولات فنية. فهناك العديد من الظواهر الطبيعية (كالتسرب والانتشار والنفاذية) ، وهي ظواهر ذات بنيات ونظم هندسية منتظمة أو غير منتظمة ، وهى تختلف من حيث الشكل وديناميكية التفاعل ،" تلك الظواهر الطبيعية قادت العلماء نحو دراستها للتعرف على نظمها وبنياتها المختلفة مما أدى إلى التعرف على نظم هندسية جديدة أطلق العلماء عليها مصطلح الأشكال الجزئية أو الكسرية أو الفراكتالات ."

١- نشأة الفراكتال

لقد اكتشفت المنظومة المسماة حاليا فركتلات ودرست قبل زمن بعيد من إطلاق هذه التسيمة عليها،" فإشارة ماندلبروت ذاته إلى فكرة (التشابه الذاتي) تعد تطويرا قام به الفيلسوف ليبنز الذي تعمق في دراسة تفاصيل هذه المنظومة ، عام ١٨٧٢، أوجد كارل ويرستراس(مثالا لدالة ذات خاصة غريبة، ذلك أنها تستمر في كل مكان ولا يمكن تمييزها في أي مكان، إن مخطط هذه الدالة يدعى حاليا فراكتال ، وفى عام ١٩٠٤ وقدم هيلغي فان كوخ تعريفا ذو مضمون هندسي أكثر لدالة مشابهة تدعى حاليا ندفة ثلج كوخ " .

" لقد عمل ماندلبروت على استقصاء التشابه الذاتي ، حيث تجلى ذلك في بضعة أبحاث نشرها مثل (كم طول ساحل بريطانيا ؟ التشابه الذاتي الإحصائي والبعد الفراكتالي) ، وقد بنى عمله على الأعمال السابقة لكلا من لويس فراي و ريتشاردسن. تمكن ماندلبروت من اكتشاف صلات قوية بين نتائج رياضية لطالما اعتبرت أنها لا مترابطة سابقاً بفضل اعتماده وبشكل كبير على مقاربة مرئية.

وفى عام ١٩٧٥، صاغ ماندلبروت كلمة فركتل(fractal) للدلالة على منظومات ذات تشابه ذاتي ، لا تمتلك بعدا محددا وقد اشتق كلمة فركتل من الكلمة اللاتينية (fractus) والتي تعني (مكسور) أو (غير نظامي) وليس من كلمة (fractional) والتي تعني كسري كما يظن الكثيرون، مع العلم أن هذه الأخيرة يعتقد أنها مشتقة أيضاً من كلمة (fractus) اللاتينية. لدى استخدام المرئيات الحاسوبية في مجال الهندسة الكسيرية، ظهرت براهين مرئية سرعان ما ربطت العديد من مجالات الرياضيات والعلوم بشكل غير مسبوق، تحديداً في حقول الديناميكية اللاخطية ،و نظرية الشواش " .

٢- تعريف الفراكتال

لقد توصل العلماء في السبعينيات من القرن العشرين إلى مكون رياضي جديد في الهندسة وأطلق عليه هندسة الفراكتال كما أسماه بذلك ماندلبورت الذي حدد لها مجموعة من المسلمات التي يمكن أن تختص بها الأشكال الفراكتالية دون غيرها في الأنساق الهندسية. فهندسة الفراكتال تبحث في وصف خصائص الأشكال في الطبيعة ، ولذلك فهي تهتم بالتحقق من الخصائص الرياضية لبعض الأشكال والظواهر الطبيعية ومحاولة تفسيرها وفقاً لخصائصها الفراكتالية، ولذلك فإن هندسة الفراكتال ترتبط وبشكل كبير بالعالم المحيط بنا.

يعرف الفراكتال في القاموس الإلكتروني على أنه " نمط هندسي يتكرر على مقاييس تتزايد في الصغر وتؤدي إلى أشكال وأسطح غير منتظمة لا يمكن تمثيلها من خلال خصائص الهندسة الإقليدية". " وقد ابتكر ماندیلبروت (Mandelbrot) كلمة فراكتال (Fractal) لتصف وتشرح العديد من الظواهر الطبيعية وتأتي كلمة فراكتال من الفعل اللاتيني (Franger) والذي يعني يفتت أو يكسر، وهذا الفعل يرتبط بوصف الخصائص الطبيعية للأشياء، فهي تبدو (مفتتة) غير مستوية في أشكال مركبة ومعقدة مثل التغيرات المتعرجة جداً لساحل جزيرة .

"من هذا المنطلق فكر ماندیلبروت -Mandelbrot - في أن السحب ليست كرات وأن الجبال ليست مخاريط والسواحل ليست دوائر فقد بدأ في اكتشاف نوع جديد من التركيب الهندسي البديع أطلق عليه هندسة الفراكتال (Fractal Geometry)وتعنى بالبحث في المكونات الجزئية للأشكال الرياضية أو الأشياء في الطبيعة وفقاً لمجموعة من الخصائص الرياضية"

كما أن كلمة فراكتال تأتي أيضا من " الكلمة اللاتينية (Fiactious) وتعني تكسير أو تفتيت ، وهي تصنف مجموعات غير عادية من الخطوط والنقط والتعرجات ، وللكلمة شقين الأول وهو الفراكتلات الطبيعية وهي الأشكال والأشياء المرتبطة بالطبيعة والمرتبطة بالعلوم، والثاني في الرياضيات والذي يهتم بدراسة مجموعة الفراكتلات التي غالباً يكون لها جذور في نظرية الفوضى (Chaos theory)

كما يعرف الفراكتال على أنه " نظرية وضعها علماء الرياضيات مع نهاية القرن التاسع عشر بهدف تتبع الظواهر الطبيعية أوالبشرية ، ومع تطور النظرية ظهرت اكتشافات جديدة وأصبحت دراسة الفراكتالات علما يصب فى فروع العلم

(كالطب ، الكيمياء ، الفيزياء ، الأحياء ، الهندسة ، الفنون ..) كما أصبحت الأشكال الفراكتالية مدخلا تجريبيا واتجاها تعبيريا وسمة ابداعية فى مجال الفنون البصرية.

أيضا يمكن تعريف الفراكتالات رياضيا على" أنها دوال متتابعة لمتغيرات حقيقية لكنها غير قابلة للإشتقاق فى أى نقطة ومن خصائصها أن أى جزء منها مهما كان صغيرا يشبه الشكل الكلى ، وهى أشكال تتألف من عناصر مماثلة للشكل الكلى أو أنها أشكال تتألف من عناصر مماثلة للشكل الكلى بطريقة ما

كما يعرف الفراكتال على أنه مجموعة من النقط لا تتكامل أبعادها المتجزئة أو أي مجموعة ذات تركيب مماثل ، فتعتبر الفراكتلات مجموعة ذات تراكيب غير منتهية التعقيد ، وعادة ما تحتوي على بعض القياسات ذات التشابه ، فأي جزئ تحتويه داخلها تعبر صورة مصغرة للمجموعة كلها."

لذلك فإن الفراكتال هو هندسة الطبيعة نظراً لارتباطه بالأشياء الطبيعية ، والظواهر الطبيعية. فمما سبق ترى الباحثة أنه يمكن تعريف الفراكتال على أنه تلك التراكيب الهندسية في الأشياء الطبيعية وهذه التراكيب لها خصائص تميزها عن غيرها من الأبعاد الهندسية ، وهي بذلك يرتبط بالبحث فى الكسوريات (الأجزاء) الصغيرة بل المتناهية في الصغر المكونة لتلك الأشياء في الطبيعية. فهى تشتمل على ملامح مفهوم اللانهائية و تتميز بخاصية التشابه الذاتى.

٣- تصنيف الفراكتال

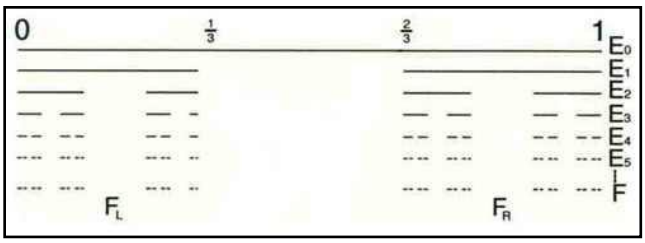
يتم تصنيف الفراكتال الى عدة تصنيفات وهى كالتالى:

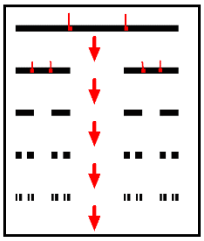
أ ـ **التصنيف الأول**

يقسم الفراكتال الى ثلاث مجموعات رئيسية ، ويتم تصنيف هذه المجموعات اعتمادا على طرق توليدها وعلى تعريفها ، وتصنف كالتالى

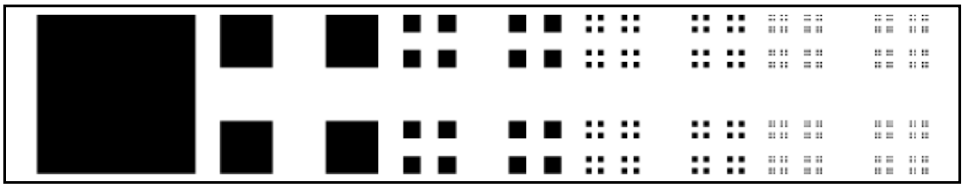
- فراكتالات أنظمة الوظائف التكرارية :

تحتوى هذه المجموعة على قاعدة استبدال هندسى واضحة لكل فراكتال ومثال لذلك (مجموعة كانتور ، سجادة سربنسكى ، ندفة ثلج كوخ ، منحنى التنين هارتر هايواى) .

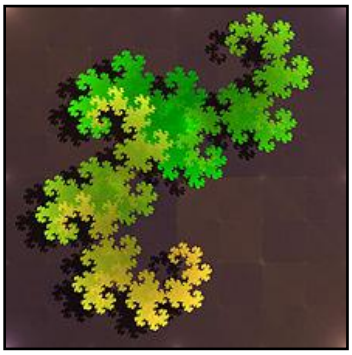


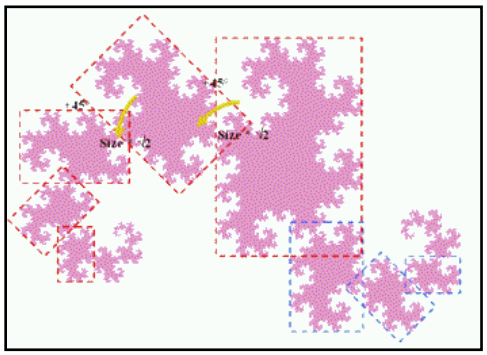


مجموعة الثلث الأوسط لكانتور



الغبار لكانتور

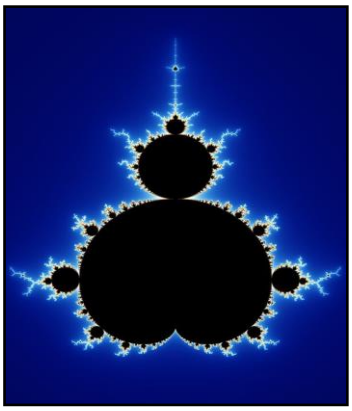


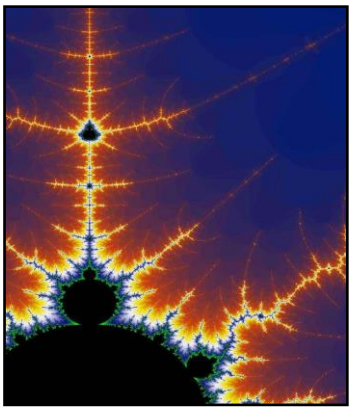


منحنى التنين هارتر هايواى

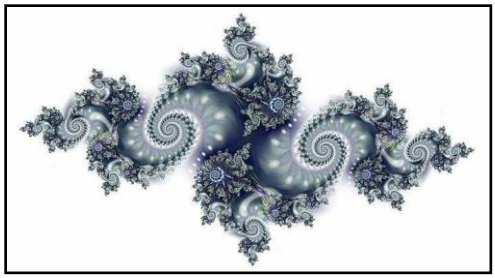
- فراكتالات الانفلات الوقتى :

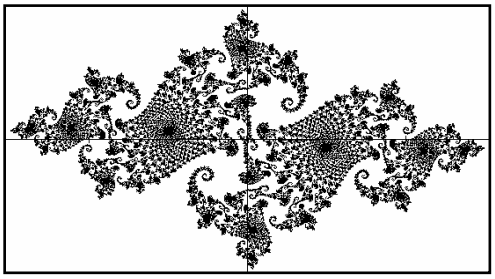
تصنف الفراكتالات فى هذه المجموعة عبر علاقات تكرارية من أجل كل نقطة فى الفراغ كما يتضح فى المستويات المعقدة ومثال على ذلك (مجموعة ماندلبروت ، مجموعة جوليا ،فراكتال ليابونوف).

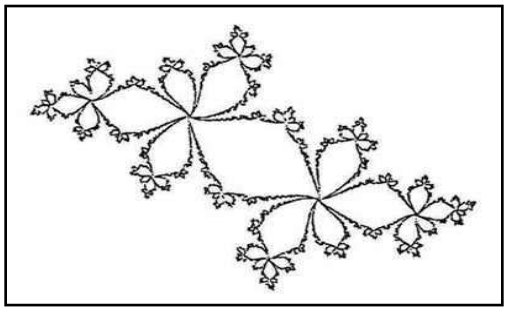




مجموعة ماندلبروت







مجموعة جوليا

- فراكتالات عشوائية :

فى هذه المجموعة تتولد الفراكتالات من خلال اجراءات مختارة بشكل عشوائى بدلا من أن تكون محددة .

ب ـ **التصنيف الثانى**

فى هذا التصنيف تقسم الفراكتالات تبعا لخاصيتى التشابه الذاتى والإحصائى وهو كالتالى:

- التشابه الذاتى Self- Similarity

ويقصد بالتشابه الذاتى أن أى جزء من الشكل يشبه تماماً الكل ، فإذا أضفنا جزءاً متكاملاً من الأجزاء المتكونة للشكل الفراكتلي، ثم قمنا بتكبيره عدة مرات فإننا في النهاية سنحصل على الشكل الأصلي .

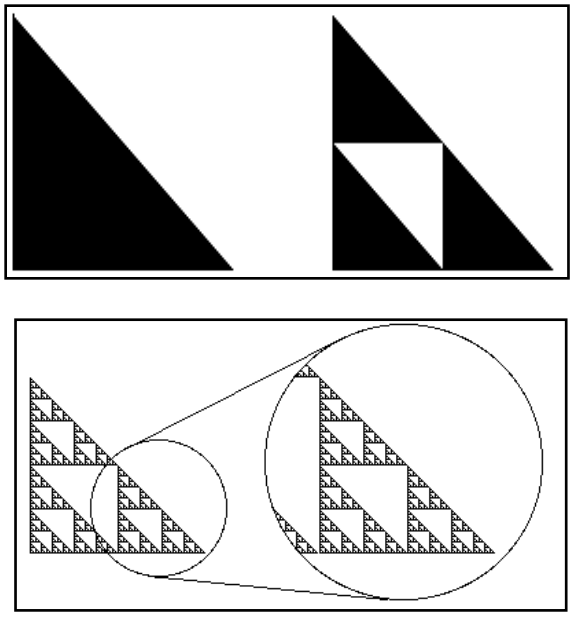
مثال شكل (٣١) حيث نجده يتكون من مثلث متساوى الأضلاع ثم تم تقسيمه لنحصل على أربع مثلثات متساوية الأضلاع داخل الشكل الأصلى ، وبتكرار هذه المنظومة نحصل على متوالية فراكتالية وبالتالى يتضح التشابه الذاتى فكل جزء فى المنظومة الفراكتالية يشبه تماما الشكل الأصلى فى المتوالية.

وينقسم التشابه الذاتى الى ثلاثة أقسام كالتالى :

- **تشابه ذاتي متطابق** : ويعد أقوى أنواع التشابه الذاتي ، حيث تبدو الفركتلات ذاتها على أي مقياس تكبير، وهى نوع من الفراكتالات يعتمد على استخدام أنظمة التوابع التكرارية لذلك تكون تكون ذات تشابه ذاتي متطابق .

- **تشابه ذاتي ظاهري** : وهو نمط غير محكم من التشابه الذاتي ، تبدو الفراكتالات متطابقة إلى حد ما (ولكن ليس تماماً) على مقاييس تكبير مختلفة، فتحتوي فركتلات التشابه الذاتي الظاهري على نسخ مصغرة من كامل الفراكتال الأصلى ولكن بأشكال مشوهة، وهى نوع من الفراكتالات يعتمد على استخدام العلاقات التكرارية لذلك تكون تكون ذات تشابه ذاتى ظاهرى وليست ذات تشابه ذاتي متطابق.

- تشابه ذاتي إحصائي: ويعد من أضعف أنواع التشابه الذاتي ، حيث تبدو الفراكتالات ذات قياسات رقمية أو إحصائية ثابتة على اختلاف مقاييس التكبير .



خاصية التشابه الذاتى

- خاصية البعد الفراكتلي Fractal Dimension

فعندما تعرف الفراكتلات على أنها أشـكال هندسـية تنتج من تطبيق نمط هندسـي معين على أحد الأشـكال الهندسية عدة مرات، فإن خصائص هذه الأشكال تتمثل في التالي:

" إذا علمنا أنه في علم الهندسة أن النقطة ترسم في البعد الصفري ، أي ليس لها بعد، وأن الخطوط المستقيمة لها بعد واحد، بينما ترسـم المربعات والأشـكال الهندسـية المسـتوية الأخرى في بعدين، وكذلك نعرف أن المكعب والاسطوانة والكرة ترسم في ثلاثة أبعاد ، فما هو البعد الفراكتلي ؟

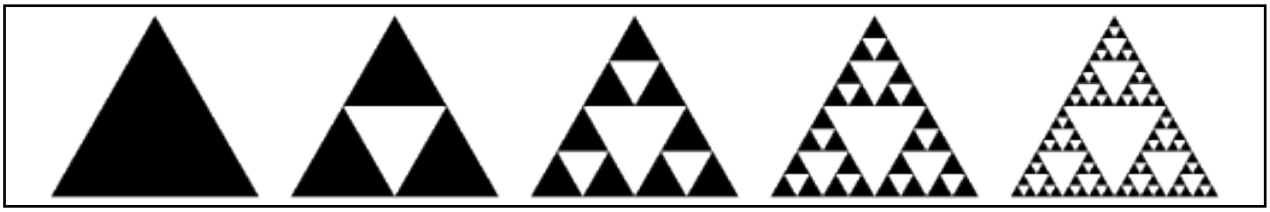
إن الأبعاد السـابقة في الهندسـة لا تعتبر مناسـبة مع تركيب الشـكل الفراكتلي حيث تتعدد النقاط والخطوط والأشكال والمساحات . فالبعد الفراكتالى هو بعد احصـائى نستدل عليه رياضـيا والأشـكال الفراكتالية التى تعتمد على البعد الفراكتالى تكون أجزائها الصغيرة متشابهة احصائيا مع الشكل الأصلى ولكنها تختلف عنه فى الشكل الظاهرى.

ج ـ **التصنيف الثالث**

فى هذا التصنيف يقسم الفراكتال الى قسمين فراكتلات منتظمة و فراكتلات غير منتظمة (عشوائية) كالتالى :

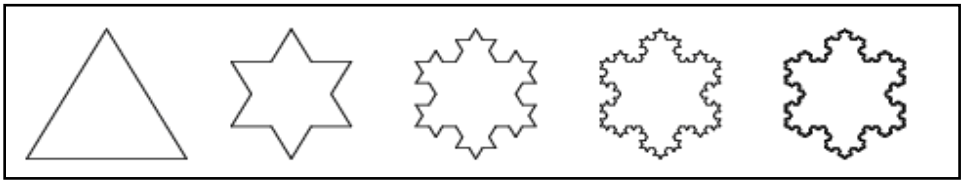
- الفراكتال المنتظم :

وهو فراكتال منتظم ويتميز بخاصـــية التشـــابه الذاتي الســـابق تناولها ، أي أن جزء ما من الشـــكل الفراكتالى يشـبه الشـكل بكاملة ، وهذا النوع يمثل في الواقع تركيباً مثالياً لما نجده في الطبيعة (جبال، أنهار ،..) أو في العلوم (بوليمرز ، جليد،..) ،وأقرب مثال لهذا النوع هو شبكة (سجادة سيربنسكى) المثلثية ذات البعدين ، وهى تعد فراكتالية محددة بشـكل جيد ، حيث تبدأ بمثلث متسـاوي الأضـلاع، ثم ثلاث مثلثات جنباً إلى جنب ، ثم تكرر العلمية وهكذا ...



سجادة سيربنسكى

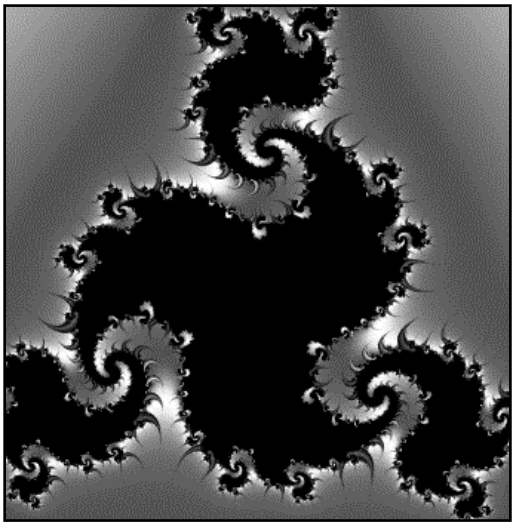
كما ان الفراكتالات المنتظمة تتكون من تراكيب صغيرة وكبيرة اى متنوعة الأحجام ولكنها تتشابه فيما بينها تماما باختلاف عامل التكبير والتصغير، ومثال لذلك المنظومة الفراكتالية المعروفة (بندفة كوخ الثلجية) حيث تتكون من مثلثات كبيرة تتراكب على جوانبها مثلثات صغيرة وتتابع المتوالية فكلما ابتعدنا عن المثلث الأصلى صغر حجم المثلات وهكذا ...

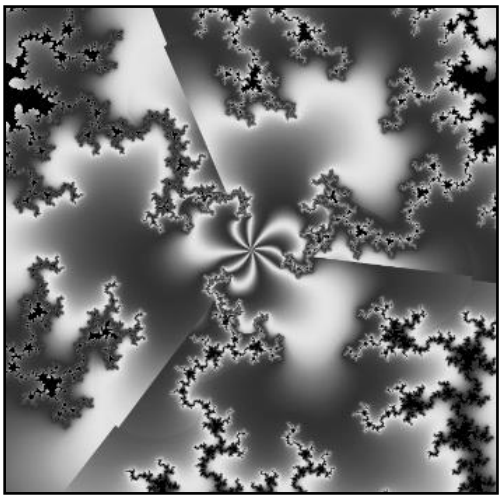


ندفة ثلج كوخ

- الفراكتال غير المنتظم :

" وهو فراكتال غير منتظم (عشوائي) يتميز بخاصة التشابه الإحصائي ، أي أن جزءاً ما من الشكل يماثل بصورة إحصائية الشكل نفسه وهناك العديد من الأمثلة لمواد فيزيائية تمثل هذا النوع ، حيث تتشكل من مواد صلبة مسامية شفافة تشكل نموذج ذا بنية فركتالية واضحة .





بعض التصميمات بأسلوب الفراكتال ويظهر فيهما مدى التماثل بين المفردات أو الوحدات الصغيرة والشكل الكلى للعمل

تكون الأجراء الفراكتالية لهذه المنظومة العشوائية متشابهة رياضيا ، ولكن تختلف فى التفاصيل ، وتمثل كثير من الفراكتالات العشـــوائية أنماطا غير نظامية موجودة فى الطبيعة فعلى ســـبيل المثال يمكن تمثيل (الخطوط الساحلية، والجبال، والغيوم بمتوالية هندسية عشوائية ، ونمو النباتات، ومسارات البرق، والتلامس اللزج كانتشار سائل في سائل آخر غير قابل للذوبان فيه مثل الزيت في الماء).

" كما توضـح المحاكاة العددية للفراكتالات العشـوائية أنه إذا وجد فى الشـكل العشـوائى شـكلان منطقتان ذواتا مقاسـين مختلفين ، ومن التجمع نفسـه فإنهما يظهران إحصـائياً بالمظهر نفسـه إذا تم تكبير المنطقة الصـغرى بنفس مقدار المنطقة الكبرى . وتعد منظومة الفراكتالات أسـلوبا ملائماً لعمل تبادلات من خلال ظاهرة الانتشـار والانتقال والتكرار ، وفكرة التكرار اللانهائي التي تقوم عليها نظرية الفراكتالات تعطى أثار بصـرية وعلاقات تشـكيلية عضـوية لها صـفة التنوع وتعدد الاحتمالات مما يدفع للخروج من الأطر التقليدية المألوفة في مجال التعبير البصري والإبداع الجمالي وإضافة أبعاد جديدة للعملية التصميمية تستند إلى المعرفة العلمية .

مما سبق فقد كانت الطبيعة بذلك المعلم الأول للانسان بما فيها من نظم وعلاقات كان من ابرزها النظم التكرارية. فالنظم الفراكتالية كثيرا ما نراها فى الطبيعة بصورة مختلفة حيث يمكن ادراكها فى مراحل نمو الكائنات تبعا للنظم التى تخضع لها طبيعة الكائن ، فنجد المظاهر التكرارية فى النبات ومراحل نموه تختلف فى مظهرها عن التكرار الناتج من نمو الانسان والحيوان والطيور. كما تظهر المنظومات التكرارية كذلك فى هيئة العناصر الطبيعية وليس فى مراحل نموها فقط ، وأيضا فى علاقة تلك العناصر مع البيئة المحيطة بها ، كما يظهر فى بناء تلك العناصر القائمة على التكرار وكذلك فى التكرارات التى هى أساس المظهر السطحى للعناصر الطبيعية كما لا تنحصر المظاهر التكرارية فى الطبيعة فيما نراه بالعين المجردة ولكنه يظهر كذلك فى صورة مجهرية داخل النباتات والحيوانات والانسان ايضا.

أن الطبيعة بما تشمله من نظم تكرارية متنوعة ما هى الا منبع يستقى منه الفنان وفق مدركاته وثقافاته وخبراته رؤى فنية فى مختلف المجالات وخاصة فى مجال الأشغال الفنية ." ففى الطبيعة تعمل الترتيبات والكيفيات ذات الطابع الخاص على اثارة الانفعال والخيال لدى الفنان ، وهذا يمثل جزء ا كبيرا من توجه الفنان الواعى نحو الطبيعة ، فهى علاقة من المشاركة يغذى خلالها كل منهما الأخر بطوائف من المعانى والدلالات والمثيرات تسمح بادراك خبرة مثيرة للعواطف والفكر".

رابعا: مظاهر الفراكتال فى الطبيعة

ارتبطت دراسة الفنون بالطبيعة والجمال والتناسق منذ نشأة الانسان على الأرض وبالتالى ارتبطت بالنظريات العلمية المتنوعة وخاصة الرياضيات والأعداد فكما يعتقد الفيثاغورثيون ان كل الموجودات مرتبة وفق العدد ، ويرى أيضا الفيزيائيون ان جوهر الحقائق العلمية مرتبط بالعدد والمنظومات العددية ، فان بناء الأشكال الطبيعية والفنية وجمالها قائم أيضا على أسس حسابية .

من خلال الحديث حول أهمية التكامل بين الفنون التشكيلية والمعارف وما تشمله من نظريات وقوانين بمختلف انواعها وارتباط ذلك بالتعلم . وان المعارف فى طبيعتها الخام هى معارف متصلة لايجب فصلها أو تبويبها ، فكثيرا ما تتضمن الأهداف العامة لتدريس مناهج التربية الفنية (إبراز النواحى الجمالية) حيث يظل هذا الهدف مرنا وفضفاضا فى أذهان الكثيرين إذ يصعب على البعض رؤية ترجمة فعلية لهذا الهدف فى التطبيق العملى . فمن خلال هذا الجزء يسعى البحث الى التأكيد على التواصل بين الفنون التشكيلية والنظريات العلمية والطبيعة ، وذلك من خلال تناول المظاهر الفراكتالية للعناصر الطبيعية .

الصور الجمالية للفراكتال فى الطبيعة :

إن الطبيعة تعنى كل ما خلقه الله ولم تعبث به يد الإنسان ، فالإنسان نفسه أحد مخلوقات الله سبحانه وتعالى . فبالنظر الى المخلوقات المحيطة بنا فى الطبيعة نجد أن الأشكال الفراكتالية أو ظاهرة التكرار شئ فطرى فى عالم الحيوان كما هو فى عالم الإنسان ، " فمثلاً أمم النحل كلها تعمل أشكال سداسية واحدة من الشمع لبيوتها بهذا النمط وبهذه الأشكال والمساحات واللون والمادة ، هذا الشكل السداسى الذى يعطى أكبر انتشار للعدد فى مساحات أقل ، فكل مملكة النحل كان استخدامها للشكل السداسى فى شتى بقاع الأرض ولم تشذ واحدة عن هذا الشكل فهو تكرار فطرى فطر الله سبحانه وتعالى عليه مملكة النحل

حيث تعتبر المنظومة الفراكتالية بأصنافها المختلفة أحد النظم البنائية فى الطبيعة ، حيث تزخر الطبيعة بالعديد من النظم والهيئات المتباينة. ونجد أن الفراكتال كنظام بنائى رياضى يلعب دورا ملحوظا فى تحقيق عدد من القيم الفنية ، وبالتالى فانه من المتاح ان يستلهم الفنان من تلك النظم ما هو مثير لحواسه . ولكى يستطيع الفنان التوصل الى جماليات الطبيعة الزاخرة وخاصة المنظومات التكرارية المتعددة ، فانه لابد من دراسة دقيقة لبعض المظاهر الطبيعية ليتضح من خلالها الدور الجمالى للفراكتال.

ان الفكر التكرارى للمنظومة الفراكتالية كنظام بنائى يتضح فى العديد من الهيئات الطبيعية ، فمنها ماهو قائم فى بنائه على التكرار ومنها ما يظهر كأسلوب فى معالجة سطحه . ومن هنا يمكن تقسيم صور الفراكتال فى العناصر الطبيعية الى النقاط التالية :

١- مظاهر الفراكتال فى بناء العناصر الطبيعية .

٢- مظاهر الفراكتال فى معالجة أسطح العناصر الطبيعية.

٣- مظاهر الفراكتال فى بناء ومعالجة أسطح العناصر الطبيعية.

٤- مظاهر الفراكتال فى وجود جماعات من العناصر الطبيعية .

٥- مظاهر الفراكتال فى الظواهر الطبيعية .

٦- مظاهر الفراكتال فى علم وظائف الأعضاء.

٧- مظاهر الفراكتال فى الكائنات الدقيقة.