International Design Journal

Volume 11
Issue 3 *Issue 3*

Article 3

2021

Fractals between theory and practice and its use in enriching the field of design

Marwa Ezzat Mostafa;
Associate Professor, College of Architectural Engineering& Digital Design, Dar AlUloom University | Kingdom of Saudi Arabia, Assistant Professor, High Institute of Applied Arts 5 th District, New Cairo, Arab Republic of Egyptmarwa.ezzat@dau.edu.sa Assistant Professor, High Institute of Applied Arts 5 th District, New Cairo, Arab Republic of Egypt, marwa.ezzat@dau.edu.sa

Dina Ahmed Nafady
Associate Professor, College of Architectural Engineering& Digital Design, Dar AlUloom University Kingdom of Saudi Arabia | Assistant Professor, High Institute of Applied Arts 6th October City, Arab Republic of Egypt,, dinanafady@yahoo.com

Follow this and additional works at: https://digitalcommons.aaru.edu.jo/faa-design

Part of the Art and Design Commons

Recommended Citation

Mostafa;, Marwa Ezzat and Nafady, Dina Ahmed (2021) "Fractals between theory and practice and its use in enriching the field of design," *International Design Journal*: Vol. 11 : Iss. 3 , Article 3.
Available at: https://digitalcommons.aaru.edu.jo/faa-design/vol11/iss3/3

This Article is brought to you for free and open access by Arab Journals Platform. It has been accepted for inclusion in International Design Journal by an authorized editor. The journal is hosted on Digital Commons, an Elsevier platform. For more information, please contact rakan@aaru.edu.jo, marah@aaru.edu.jo, u.murad@aaru.edu.jo.

الفراكتالات بين النظرية والتطبيق والاستفادة منها في إثراء مجال التصميم

Fractals between theory and practice and its use in enriching the field of design

دينا احمد نفادى
أستاذ مساعد، المعهد العالي للفنون التطبيقية، السادس من أكتوبر، جمهورية مصر العربية dinanafady@yahoo.com
مروة عزت مصطفى
أستاذ مساعد، المعهد العالى للفنون التطبيقية، التجمع الخامس، جمهورية مصر العربية marwaezzat213@yahoo.com

ملخص البحث Abstract :

تعد الطبيعة مصدر إلهام للفنان والمصمم وكذلك لمجال التصميم لما تتضمن من عدد لا نهائى من عناصر التصميم التى تتسم بالتغير الدائم والمستمر فى مظهرها الشكلي فالإنسان بطبعه يميل إلى النظام والترتيب، وهذا يبعث فى ذهنه نوعًا من الراحة والاطمئنان، وظهرت عدة نظريات مثل (الفراكتالات) الأعداد الكسرية من خلال العلاقة الهندسية والرياضية بين عناصر البيئة، فالتنظيم الهندسي والتشكل الذاتى فى الطبيعة يتبع نظام الفراغ، النمو، الاتساع والعلاقات بين الأشكال الموجودة ويتضح فيه أن النظام الرياضي هو الأعلى مستوى من التكامل، الأداء والوظيفة، فالكائنات جميعها يحكمها القانون الطبيعى للنمو والنظام مما يصعب حصر هذا القانون اللانهائي، كما يعكس أيضًا نظامًا متكاملًا يستخلص منه المصمم ليعبر عنه برؤيته الخاصة حيث أن له طاقة متعددة الأشكال ومتنوعة ومن السهل تتبع النظم البنائية فى عناصرها الأساسية، فيستخدم المصمم قدراته الابتكارية المتنوعة فى تفهم العلاقات المختلفة من الظواهر الكونية الموجودة حوله ، كما يهتم بالترتيب الهندسي والتصنيف والتنسيق بين الموجودات بشكل رياضي، وتحددت **مشكلة البحث** ما مدي إمكانية الاستفادة من نظرية (الفراكتالات) لابتكار حلول جديدة باستخدام تقنيات الحاسب الآلى لتثرى مجال التصميم وتوظيفها فى تصميم اقمشة ملابس السيدات المطبوعة، و**يهدف البحث** إلي إثراء مجال التصميم من خلال مداخل تصميمة جديدة والاستفادة من نظرية الفراكتالات وتوظيف إمكانيات الحاسب الآلى الفنية مما يثري مجال التصميم وتوظيفها لأقمشة ملابس السيدات المطبوعة، **أهمية البحث** الاستفادة من النظريات العلمية فى مجال التصميم، **و**القاء الضوء على نظرية (الفراكتالات) فى مجال التصميم وتوظيفها لتصميم اقمشة ملابس السيدات المطبوعة بصفة خاصة، و**يفترض البحث** أنه يمكن الاستفادة من نظرية (الفراكتالات) من خلال النظم الموجودة فى الطبيعية مما يوسع مدارك المصمم ويثري مجالى طباعة المنسوجات والتصميم الزخرفي لاستحداث حلولًا تصميمية مبتكرة لأقمشة ملابس السيدات، **وحدود البحث** تنقسم إلى **حدودًا زمنية** تقتصر على دراسة النظم البنائية لنظرية الفراكتالات حاليًا و**حدودًا موضوعية** تركز على الاستفادة من نظرية الفراكتالات ودراسة تجريبية لاستحداث حلولًا تصميمة مبتكرة تثرى مجالى تصميم طباعة المنسوجات والتصميم الزخرفي وتوظيفها لتصميم اقمشة السيدات، **وينتهج البحث** المنهج الوصفي التحليلي والتجريبي من خلال عرض ووصف نماذج من نظرية (الفراكتالات) لابتكار تجارب فنية وتصميمية مستحدثة وتحليلها **ومن نتائج البحث** أنه يمكن تقديم حلولاً تصميمية مبتكرة تثرى مجال التصميم من خلال نظرية (الفراكتالات) وتوظيفها لأقمشة ملابس السيدات المطبوعة **ويوصي البحث** التأكيد على تطويع النظريات الحديثة وخاصة نظرية (الفراكتالات) بوصفها نظام كلي متكامل يفتح مجالًا جديدًا يثري مجال طباعة التصميم بصفة عامة ومجال تصميم اقمشة ملابس السيدات المطبوعة بصفة خاصة.

كلمات دالة Keywords :
نظرية (الفراكتالات)
Fractals Theory
التطبيق فى التصميم
Design Practice
تصميم طباعة المنسوجات
Textile Printing
التصميم الزخرفي
Decorative Design

Paper received 12th January 2020, Accepted 26th February 2021, Published 1st of May 2021

مقدمة Introduction:

إن صلة الفن بالطبيعة صلة وثيقة وقوية، فالفنان المعاصر لم يعد يتعامل مع المظاهر الشكلية لعناصر الطبيعة فقط، بل بدأ يتعامل مع تراكيب الأشكال والنظم البنائية الداخلية، ولقد ولّد ذلك الرغبة الجادة لدى الفنان للتعرف على أسرار الطبيعة التى يتضح من خلالها البناء النظامى ذو التقنين الشكلى والأبعاد الرياضية والعددية، والتى تعبر عن بناء إنشائى ذو وحدات هندسية منتظمة، ويكمن وراء كل جمال حقيقى علاقة حسابية رياضية حيث أن هناك توافق في الطبيعة ووحدة رغم تنوعها بشكل هائل، وقد نادى (أفلاطون) قائلًا: "إن جمال الأشكال تشع سرورًا لتحررها وفق قوانين الطبيعة ثم نما وتطور"، وقد أشار(هولت) إلى دراسة النظم الرياضية والأرقام في الطبيعة وركز بصفة خاصة على علاقتها بنظم التشكيلات البنائية الهندسية العددية، ومنها غلاف ثمرة الأناناس المقسم إلى وحدات سداسية متراصة في صفوف حلزونية قائمة على أساس من المعادلات الحسابية والرياضية الكسرية، وعلق على هذه التشكيلات بقوله: "إن الدراسات المتأنية والمتجهة نحو تعميق واتساع معرفة الإنسان بالعلاقات التكوينية في طبيعة الأشياء بالطبيعة قد دفعت بعض العلماء إلى أنماط رياضية تمكنهم من شرح نظم تبادل الأجزاء في الطبيعة، وكأنما تتجه النباتات إلى تجنب التكدس في مكان أكثر من الآخر، أو ما يسمى "بالضغوط التلامسية" في التشكل الذاتي، وهو بذلك يقصد التناسق الذى يرى في امتداد الفروع بنظام في كل الاتجاهات للعناصر في الطبيعة، وبروز الأوراق على محاورها بهندسة فراغية "، والنظام داخل الطبيعة أصبح مفهوم يعنى القوة والسيطرة على نظام ونسق العناصر الطبيعية، ومن الطبيعى أن النظم الرياضية والهندسية للأشكال الطبيعية سواء كانت عضوية أو غير عضوية يتحكم فيها العديد من العوامل التركيبية مثل: التنوع، التماثل، الانتظام والتناسب، ويتضح النظام الرياضى والأعداد الكسرية (الفراكتالات) فى نظم بناء بلورات الثلج والذرات ونمو الخلايا فى الحيوان، النبات والإنسان، ولقد اكتشف "أفلاطون" و"فيثا غورث" مواطن الجمال فى الطبيعة، وأن هذا الجمال يقوم على أسس تجريدية رياضية، فقد أوضح فيثاغورث: أن الأعداد إنما هى جوهر الأشياء الصحيحة وأن كل شئ في الطبيعة مبني علي (الفراكتلات) الأعداد الكسرية فهى نتاج الحقيقة ونبع الطبيعة ومصدر لإلهام الفنان والمصمم، ويرى أن تناسق الظواهرو قياسها إنما ينتج أساسًا من علاقات عددية رياضية وكسرية.

مشكلة البحث Statement of the problem:

ما مدي إمكانية استخلاص صياغات تصميمية من خلال البنية الشكلية لنظرية (الفراكتالات) الأعداد الكسرية ذات تراكيب غير منتهاه لابتكار حلول تصميمية بشكل مستحدث مما يوسع مدارك المصمم لتحقيق قيم ابتكارية وإبداعية فى مجال التصميم واستحداث حلولًا تصميمية مبتكرة لأقمشة ملابس السيدات المطبوعة ؟

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

أهداف البحث Objectives:

1- اثراء فكر المصمم باستخلاص حلول تصميمية في ضوء النظريات الحديثة والتأكيد علي ربط العلوم الطبيعية والتكنولوجيا تثرى مجال التصميم.

2- استخلاص النظم البنائية لنظرية (الفراكتالات) والاهتمام بالظواهر الطبيعية باستخدام التكنولوجيا الحديثة مما يثرى مجال تصميم أقمشة ملابس السيدات المطبوعة.

أهمية البحث Significance:

1- ربط نظرية الفراكتالات بالتصميم والاستفادة من مخرجاتها في إثراء مداخل التصميم.

2- فتح آفاق جديدة أمام المصمم للوصول إلى حلول إبداعية جديدة من خلال الربط بين العلوم والفنون لإثراء تصميم مجال التصميم.

فروض البحث Hypothesis:

1- إمكانية استفادة المصمم من نظرية (الفراكتالات) الأعداد الكسرية في ابتكار حلول تصميمية وصياغات مبتكرة باستخدام برامج الحاسب الآلي.

2- أنه يمكن الاستفادة من البنية الخارجية لنظرية (الفراكتالات) الأعداد الكسرية وذلك من خلال النظام الهندسي العددي للعناصر الطبيعية مما يوسع مدارك لاستحداث حلولًا تصميمية مبتكرة لأقمشة ملابس السيدات المطبوعة.

حدود البحث Delimitations:

للبحث **حدودًا زمنية** تقتصر على دراسة الصياغات التصميمية الخارجية للنظام البنائي لنظرية (الفراكتالات) الأعداد الكسرية فى وقتنا الحالي و**حدودًا موضوعية** تركز على استخلاص صياغات من النظام البنائي لنظرية (الفراكتالات) الأعداد الكسرية المرتبطة بالعلوم الطبيعية وانعكاسها على مجال التصميم بجانب دراسة تجريبية لاستحداث حلولًا تصميمية مبتكرة لأقمشة ملابس السيدات المطبوعة.

منهج البحث Methodology:

يتبع البحث المنهج الوصفي التحليلي والتجريبي من خلال:

1- تتبع النظام البنائي لنظرية (الفراكتالات) الأعداد الكسرية والاستفادة منها في في مجال التصميم و تصميم أقمشة ملابس السيدات المطبوعة.

2- استحداث تصميمات مبتكرة باستخدام الحاسب الآلي من خلال نظام الفراكتالات للعناصر الطبيعية مما يثرى مجال التصميم.

مصطلحات البحث Terminology:

نظرية (الفركتلات) الأعداد الكسرية: تعني نظرية الأعداد الكسرية تكسير أو تفتيت، وهي تعطى لمجموعات غير عادية وهو العدد الكسري من خلال الأشكال والأشياء المرتبطة بالطبيعة، وقد أصبحت نظرية (الفراكتالات) الأعداد الكسرية جزءًا من الرياضيات فبالإضافة إلى تقديمها إمكانية تكوين الأشكال والصور بشكل جذاب وجميل فإنها أيضا تقدم إطارًا نظريًا لتطوير موضوعات أخرى كتمثيل الظواهر الطبيعية، كنمو الخلايا البكتيرية بشكل مبدع. فالفراكتال يُعرف على أنه مجموعة من النقط تتكامل أبعادها المتجزئة، أو أي مجموعة ذات تركيب مماثل، وتعتبر نظرية الأعداد الكسرية مجموعات ذات تراكيب غير منتهاه بشكل متكامل، وعادة ما تحتوي على بعض القياسات ذاتية التشابه، فأي جزء تحتويه داخلها يعتبر نسخة مصغرة للمجموعة كلها.

التطبيق في التصميم: التصميم عبارة عن عملية تخطيط حيث يعمل المصمم علي إيجاد حل للمشكلة بناء علي متطلبات المعلومات والإمكانيات المتوفرة، ويجب الاعتماد علي الطرق التجريبية لضمان أن التصميم يراعي كل المتطلبات والشروط المفروضة، فالفنون المرتبطة بالتصميم الهندسي التي نتتج اعمالاً ومنتجات هندسية تُستخدم بشكل وظيفي يومي وشرط في هذه المنتجات الهندسية أن تتصف بالجمال، و هي تشمل كل مجالات التصميم بوجة عام.

تصميم طباعة المنسوجات: هو أحد أنواع مجالات الفن التشكيلي الذي يرتبط بعناصر وبأسس التصميم ومرتبط بالاتزان، الإيقاع، التكرار، التماثل والتنوع، وكأي تصميم يبدأ بالعناصر الأساسية وهي الخط ،النقطة، واللون ويحتاج إلى الإبداع في الفن والابتكار فهو فن قائم على مفهوم التكوين والصياغة بشكل كبير، والتي تمثل بدورها تجمع العناصر الأساسية والهامة.

التصميم الزخرفي: هو أحد أنواع مجالات التصميم التي تستخدم الصياغات التصميمية الزخرفية في التصميم، حيث أن التصميم الزخرفي كأي تصميم يبدأ بالعناصر الأساسية وهي الخط، النقطة واللون، ويحتاج إلى الإبداع في الفن والابتكار ، وهو فن قائم على مفهوم التكوين والصياغة بشكل كبير والتي تمثل بدورها تجمع العناصر الأساسية والأشكال الهندسية لتعطي شكلاً يحتوي علي الابتكار في العمل الفني.

الإطار النظري Theoretical Framework

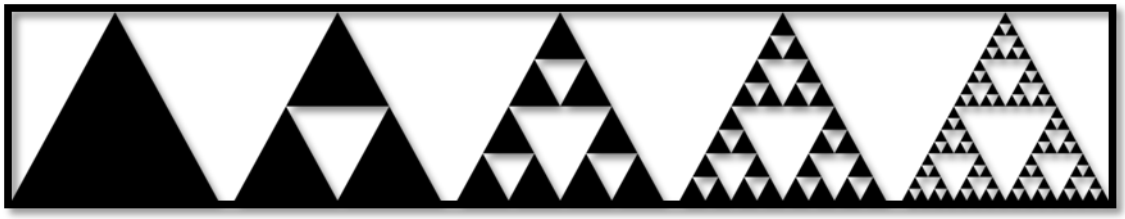
هى دراسة تحليلية للنظم البنائية لنظرية (الفراكتالات) الأعداد الكسرية المرتبطة بالشكل والنظم الرياضية الهندسية لتعميق رؤي المصمم بمفهوم نظرية (الفراكتالات) وعلاقته بالتصميمات لاستخلاص النظم البنائية لنظرية (الفراكتالات والاهتمام بالظواهر الطبيعية باستخدام التكنولوجيا الحديثة ليوسع مدارك المصمم من خلال دراسة تحليلية للفنانين الذين تناولوا نظرية (الفراكتالات) والبناء التصميمي له وتحليل النظم البنائية القائمة على نظرية (الفراكتالات) لاستخلاص المفردات والنظام البنائي بجانب تتبع النظم البنائية للتصميمات الزخرفية خلال النظريات المعاصرة وبخاصة نظرية (الفراكتالات)، والمرتبطة بالشكل والنظم الرياضية الهندسية لتعميق رؤي المصمم بمفهوم نظرية (الفراكتالات) الأعداد الكسرية.

أولاً: نشأة الأعداد الكسرية فى الطبيعة لقد اعتمدت نظرية الأعداد الكسرية على أنظمة رقمية تشمل التطبيق وهو القدرة على تحديد سلسلة مطولة من الشبكات الهندسية الكسرية التى تسمح بتطبيق التغيير، وكذلك تتشكل وفقًا لمفردات تتضمن شروط محددة وهى القدرة على عمل أو رمز وممارسة التصنيفات الأخرى مما يسمح بالتغيرات فى السلوك أو الأرقام للبناء الهندسى من خلال أشكال هندسية غير منتظمة، تتكون من أجزاء غير منتظمة منتهية ومتداخلة بمختلف القياسات والانتقال إلى هندسيات معقدة من خلال تكرار متوازى ومتماثل من خلال بناء الأعداد الكسرية.

فالفراكتال هو تصميم رقمى متضاعف عدديًا، يتم تنفيذه عن طريق معادلات رياضية هندسية تجعل جهاز الحاسب الآلي وسيطًا مثاليًا لتصميم أشكال رياضية متوالية عدديًا، ويتحول من شكل بسيط إلى شكل أكثر تعقيدًا بعد عمليات تكرارية عديدة ومتعاقبة، وهذا الشكل يسمى (البادىء) وفقًا لما يحدث فى الطبيعة من متغيرات كونية، ورغم انه يطرأ على هذه العناصر متغيرات إلا أنه يحكمها قانون الطبيعة الأزلى للنمو، ومن خلال تأملات الفنان والمصمم الدقيقة لعناصر الطبيعة والتحقق منها واكتشاف ما بينها من علاقات مختلفة قد تساعده على أداء تصميمه بشكل كبير، فبقدر إدراك ووعى المصمم لهذه العلاقات المعقدة والمتداخلة، وإمكانية الاستفادة منها في عمل تركيبات جديدة وإعادة صياغتها فإن ذلك يساعده فى إيجاد الحلول التصميمية المبتكرة من خلال أشكالاً واقعية فى شكل الخطوط المستقيمة، الزوايا، المثلثات والدوائر، أو أشكال فى الفراغ مثل المخروط، المكعب والكرة. ومصدر النظام الهندسى في الطبيعة يرجع إلى ملاحظة الطبيعة ذاتها، فالشمس والقمر على هيئة دوائر، وكذلك المسار الذى يتخذانه في الدوران، كذلك الحجر بسقوطه فى الماء يحدث تموجات دائرية هندسية، كما أن خلية النحل أو الكريستالات الثلجية يمكن أن تستوحى منها العديد من التصميمات من خلال

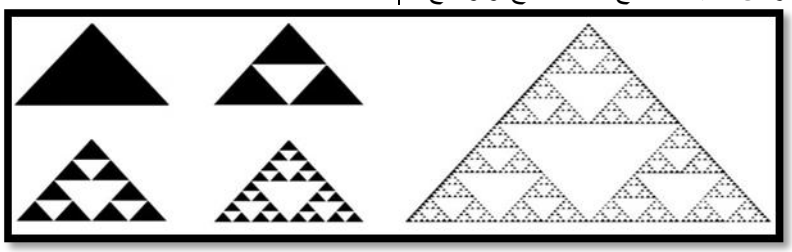
الإنشائية الهندسية التي لا حصر لها حيث أنها تحتوى على أشكالًا وتراكيب هندسية متعددة الزوايا حيث أنها تنتهى بهندسة رياضية، وهذا النظام لا يُمكن أن يكون وليد الصدفة، فالصدفة لا تؤدى إلى دقة ونظام، وهذا يخالف مفهوم أن الطبيعة تكفل أحيانًا بجميع العناصر الموجودة فيها بطريقة تبدو عشوائية لخلق ترتيب يكون منبعًا للفكر التصميمي. فالأعداد الكسرية هي أشكال هندسية تختلف عن الأشكال الهندسية الأخرى بسبب الطريقة التي تتدرج بها زيادة أو نقصانًا، ولقد قام ماندلبروت باشتقاقها من اللغة اللاتينية fractus تعني "كسر" أو "متشظية"، وتستخدم لتوسيع المفهوم النظري للكسور، والبعد إلى أنماط كسرية عددية منتظمة.

ثانيًا: إنشاء مثلث سيربنسكي هو مثلث كسيري سمي نسبة للرياضي واكلاوسيربنسكي الذي قام بوصفه في عام 1915، ويعتبر من أبسط الأمثلة على الأشكال التي تشابه نفسها، ويتألف من مثلث متساوي الأضلاع ويزال منه المثلث الداخلي المتشكل من التقاء منتصفات الأضلاع للمثلث الأصلي فنجد ثلاثة مثلثات داخلية، وتكرار تلك العملية علي كل مثلث داخلي لنحصل منها علي تسعة مثلثات، أي التي تكون منشأة رياضيًا وكسريًا، ومن الممكن تشكيلها عند أي مقياس كان، فإبدأ حيث ممكن البدأ بأي مثلث في المستوي، حيث في مثلث سيربنسكي يكون المثلث هو مثلث متساوي الأضلاع بقاعدة موازية للمحور الأفقي (الصورة الأولى على اليسار) صغر المثلث لنصف الطول ونصف العرض بحيث تصنع ثلاث نسخ وتوضع المثلثات الثلاثة بحيث أن الجميع منها يلمس المثلثين الآخرين (الصورة الثانية)، وكرر الفترة 2 لكل مثلث على حدة (الصورة الثالثة ومايليها) كما يتضح فى شكل رقم (1).



شكل رقم (1): مثلث سيربنسكي

يمكن البدأ بأي مثلث في المستوي، حيث في مثلث سيربنسكي يكون المثلث هو مثلث متساوي الأضلاع بقاعدة موازية للمحور الأفقي (الصورة الأولى على اليسار)، ويمكن تصغير المثلث لنصف الطول ونصف العرض بحيث تصنع ثلاث نسخ وتوضع المثلثات الثلاثة بحيث أن كل منها يلمس المثلثين الآخرين (الصورة الثانية) يمكن تكرار المرحلة 2 لكل مثلث على حدة (الصورة الثالثة ومايليها) كما يتضح فى شكل رقم (2).



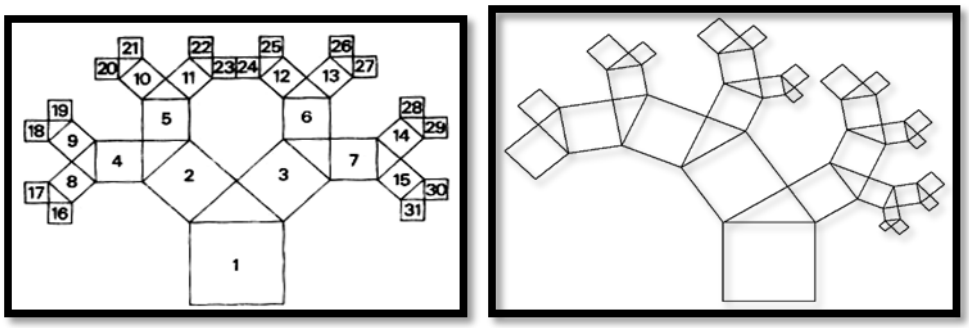
شكل رقم (2): مثلث سيربنسكي مثلث متساوي الأضلاع بقاعدة موازية للمحور الأفقي

ثالثًا: شجرة فيثاغورس فيثاغورس هو فيلسوف عالم رياضيات يوناني ولد هذا المفكر حوالي عام 580 ق.م في جزيرة ساموس في بحر إيجه باليونان، وجزيرة ساموس كانت إحدى المراكز التجارية المهمة في ذلك الوقت التى امتازت بثقافة مميزة، وهذا أتاح لفيثاغورس وهوأول إغريقي أجرى دراسة على أن كل شيء مرتبط بالرياضيات، وبالتالي يمكن التنبؤ بكل شيء وقياسه بشكل حلقات إيقاعية، وقد استطاع فيثاغورس إثبات نظريته في الرياضيات والتي تقول: في المثلث القائم الزاوية، مساحة المربع المنشأ على الضلع المقابل للزاوية القائمة تساوي مجموع مساحتي المربعين المنشأين على الضلعين الآخرين، عن طريق حسابه لمساحة المربعات التي تقابل كل ضلع من أضلاع المثلث قائم الزاوية. واستفاد الكثير من المهندسين في العصر الحاضر من هذه النظرية فى عملية بناء الأراضي، تعرف نظرية فيثاغورس التي اقترنت باسمه، وتنص على أنه في المثلث قائم الزاوية، ويكون مربع الوتر، أي الضلع الأطول، مساويًا لمجموع مربعي الضلعين الآخرين. واكتشف أيضاً مجموع الزوايا الثلاث لأي مثلث يساوي زاويتين قائمتين، كما يعتقد بعضهم أنه هو الذي فكر في جدول الضرب المعروف، بالرغم من عدم وجود ما يثبت ذلك، افتتن فيثاغورس بالأرقام، وأشهر أقواله :(كل الأشياء أرقام). وأن كل شيء في العالم إنما يتكون من أعداد من الذرات مرتبة بأشكال مختلفة، كان فيثاغورس يفكر أن الأعداد لها أشكال كالتي نراها في (زهر) الطاولة، وفكرة تسميته الأعداد (مربعة) أو (مكعبة) إنما هي فكرته هو، ولم يكن فيثاغورس مولعًا بالأعداد والهندسة فحسب وإنما بالعلوم الأخرى المعروفة وقد بحث في النسبة والمتواليات وقسموها إلى ثلاثة أنواع:

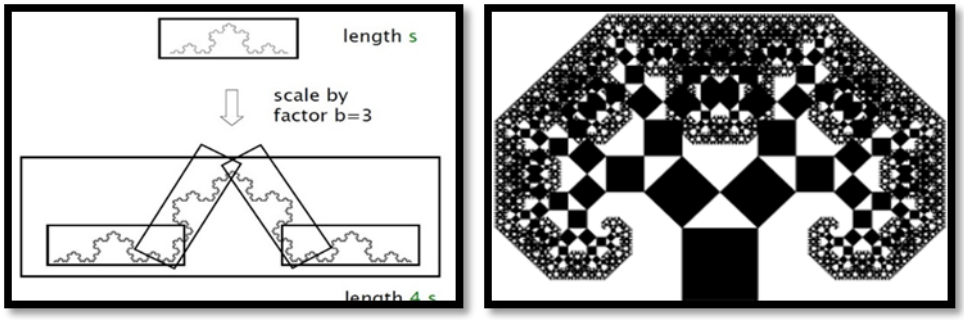
شكل رقم (3): أنواع المتواليات

شجرة فيثاغورس هي شجرة كسيرية مكونة من عدة مربعات سميت الشجرة تيمناً بالعالم فيثاغورس لأن كل ثلاثة مربعات متماسة تكون مثلث قائم الزاوية والذي هو شكل يستخدم عادة في إثبات مبرهنة فيثاغورس فإذا كان المربع الأول الكبير قياسه 1×1 فإن شجرة فيثاغورس تلائم مستطيلاً قياسه 4×6 كما يتضح فى شكل رقم (4)، وشكل (5).

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

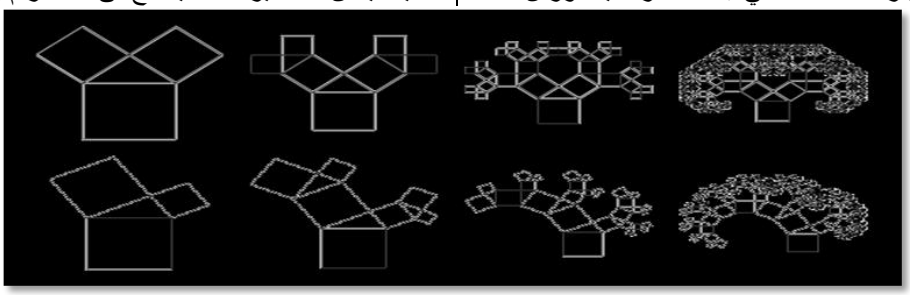


شكل رقم (4): شجرة فيثاغورس

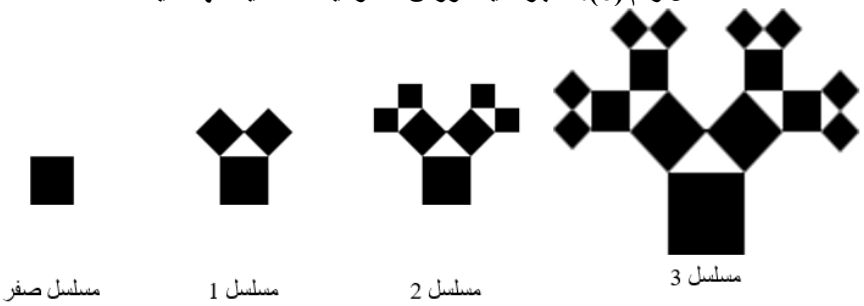


شكل رقم (5): شجرة فيثاغورس المتواليات العددية الهندسية

إن إنشاء شجرة فيثاغورس يبدأ بمربع أعلاه مربعان آخران، كلاً منهما ينقص طوله بكسر خطي مقداره متساوي، وذلك التطبيق يكرر مراراً وتكراراً إلي أصغر مربع (ما لا نهاية)، الرسم التالي يوضح أول 4 تكرارات مسلسلة في بناء شجرة فيثاغورس فاذا أخذت قطعة صغيرة من أي فرع وكبرته سوف يكون هو الشجرة الأصلية والعمل النموذجي هنا هو أن تستمر هذه العملية إلى ما لا نهاية والشجرة كاملة يمكن رؤيتها كفرع واحد من الشجرة الكبيرة، حيث يمكن تصغيرها كما يتضح فى شكل رقم (6)، وشكل (7).



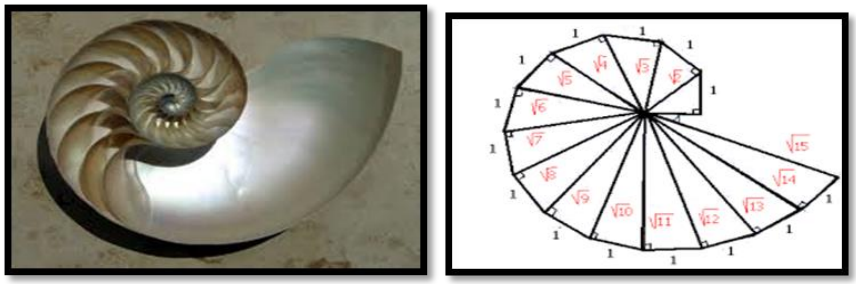
شكل رقم (6): شجرة فيثاغورس المتواليات العددية الهندسية



شكل رقم (7): شجرة فيثاغورس سلسلة المتواليات العددية الهندسية

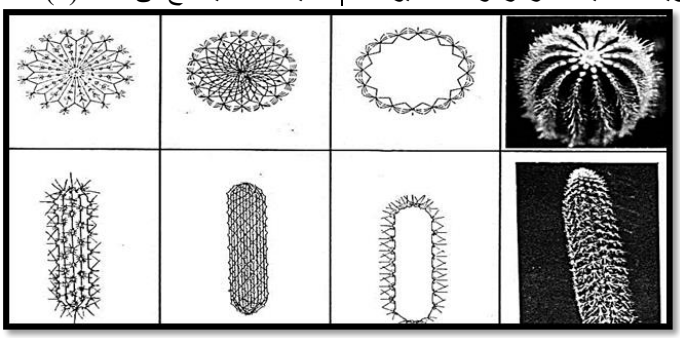
رابعًا: حلزون ارخميدس (Archimedean spiral)

وهو حلزون سمي على اسم العالم الإغريقي أرخميدس، فهو منحنى ينطلق من نقطة مركزية، وكلما دار حول النقطة يبتعد عنها تدريجيًا، فيعد منحنى واقع في مستوى ويدور حول نقطة مركزية ثابتة على مسافة متزايدة باستمرار، وهو نظرية هندسية عددية تشيرإلي تغيير موضع نقطة مع الزمن تتحرك مبتعدة عن نقطة ثابته بسرعة ثابتة على طول خط ويدور بسرعة زاوية ثابتة باستخدام الإحداثيات القطبية والحلزون هو منحنى ثلاثي الأبعاد يدور حول محور ثابت بمسافة ثابتة أو متزايدة باستمرار، بينما يتحرك موازيًا للمحور. وهو ما يعرف باللولبوهو حلزون ناتج عن دوران أحد الأذرع 360 درجة ثلاث مرات فهو ثنائي الأبعاد يمكن وصفه بسهولة باستخدام الإحداثيات القطبية حيث يكون نصف القطر متزايد أو متناقص باستمرار مع تغير الزاوية وبهذا يمكن اعتبار الدائرة حالة خاصة من الحلزون عندما يكون نصف القطر ثابت، ومن الحقائق الغريبة أن الحلزون الذي يدور ناحية اليسار هو القاعدة العامة في الطبيعة التي تحيط بنا وهي أيضا قواعد حركة النباتات المتسلقة والأجسام الفلكية في الفضاء كما يتضح في منحنى الصدفة حيث أنه غاية في التعقيد والكمال الرياضي الحسابي ولقد خلقها الله لتعطي اقل مقاومة للحركات الموجية للسائل الضاغط الذي يهاجم الصدفة على سطح قاع المحيط وقد استفاد الإنسان من تلك الخاصية في كثير من ابتكاراته والتي منها السلم الحلزوني كما يتضح فى شكل (8).



شكل رقم (8): الأشكال الحلزونية الهندسية

خامسًا: الأشكال الحلزونية الهندسية في الطبيعة دفع حبّ الإطلاع منذ القدم الكثيرين من عشاق الطبيعة والفلاسفة والفنانين والمصممين للمعرفة وإلى محاولة فهم أسرار هذه الأشكال الهندسية الخلابة ورتابتها الطبيعية في مختلف أنواع النباتات، وما إذا كانت هذه الرتابة تعود لخواصّ ميكانيكية أم بيولوجية وفيزيولوجية، وقد يؤثر ذلك على التنوع غير العادي لقيم الرمز الحلزوني ويُنظر إليه على أنه مجرى الزمن و(إيقاعات دورية، وتغيير المرحلتين الشمسية والقمرية، مسار التاريخ، حياة الإنسان)، ويعتبر علامة على دوران الزمن من قوة الحياة التي خلقها الله والسعي لتحقيق مستويات جديدة لمركز واحد، يؤكد فريق من علماء جامعة برن أن الأشكال والترتيبات اللولبية أو الحلزونية في مملكة النباتات لم تتكون عن طريق الصدفة وإنما تخضع لقوانين طبيعية محدّدة وثابتة من صنع الخالق، ويتدارس عُلماء الرياضيات هذه الأشكال الهندسية الساحرة منذ قرون دون الوقوف على حقيقة أسرارها الطبيعية حتى الآن ، وليس من شك في أن النظرة القريبة على أقراص عبّاد الشمس وعلى عديد من فصائل الصَبّاريّات وغيرها من النباتات التي تأخذ أوراقها أو ثمارها أشكالًا لولبيّة أو حلزونية تثير بالغ الإعجاب ليس بالمنوعات الطبيعية فحسب، وإنما بتناسق وتماثل أشكالها الهندسية أيضًا كما يتضح فى شكل (9).



شكل رقم (9): النظام البنائي الحلزوني الهندسي للنباتات في الطبيعة

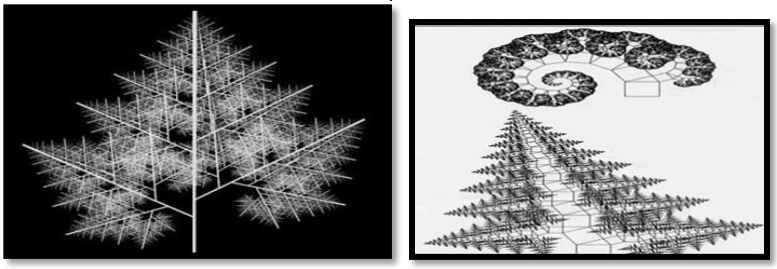
- اهم صفات الشكل الحلزوني: - غير مباشر وملتوي حول نفسه بزاوية 360 درجة وبطريقة متكررة ويمكن أن يملئ كل الفراغ ذو البعدين إلى مالا نهاية وبطريقة ملتوية.

- هو إنحناء يبدأ من نقطة الأصل وويتقلص تدريجيًا لإنحناءات أكبر بشكل متكرر وكأنما تريد أن تتباعد عن هذه النقطة.

- النمو الحلزوني يتم بتكبير الأسطح الخارجية بشكل متتابع هندسي، الأطول التي تلف حول الأسطح الداخلية الأقصر وتغلق عليها واختلاف السرعة في النمو يخلق مباشرة العمليات اللولبية الهندسية في المتواليات.

- الحلزونيات مزدوجة بمعنى أن كل صورة منعكسة للثانية بشكل متكرر.

سادسًا: اللولبيات في الطبيعة: ينطبق ذلك على أنواع القواقع التي تُبنى وفق مسافات منتظمة، كما على الأوراق النباتية الملتفة، كذلك تظهر الأشكال الحلزونية المستعرضة عندما تُبنى متعضِّيات من تراكب دائري للأوجُه الشكلية، وهذا ما يحصل في قلب زهر اللوتس أو البليس أو دوار الشمس والصنوبريات والأناناس وغيرها. فبعض فصائل النباتات التي تأخذ أشكالًا لولبية أو حلزونية، إن هذا التصفيف لا يقتصر على الورود أو الثمار فحسب، ولكنه يتواجد أيضا في الورق على مستوى جذوع بعض النباتات. ويمكن ملاحظة أن الإبر الصغيرة في فرع جديد من شجرة صنوبر تشكِّل حلزونين يلتفان يسارًا ويمينًا وفق متتالية أعداد فيبوناتشي التي تتجلّى في هذا النطاق في مظاهرها، فكما في الأشكال اللوغاريتمية الناجمة عن التماثُلات المتتالية (كما في المستطيل الذهبي)، كذلك نجدها في كلِّ شبكة مزدوجة متداخلة من الحلزونات، وأيضًا في الأناناس 5 حلزونات مباشرة و8 معاكسة، وفي الصنوبريات، وفي زهرة اللؤلؤ والبابونج وأنواع الفصيلة الأخرى، وفي عبَّاد الشمس، فالتصميم بناء حيوي يجب أن يتبع أو يتخذ بعض صفات الكائنات الحية في الطبيعة ويشتق أهم مبادئ وصفات الإنشاء فيها كالابتكار والحركة والنمو والمرونة ....الخ، لذا وجب على المصمم أن يستلهم مبادئ التصميم من الطبيعة والكائنات الحية كما يتضح فى شكل (10).



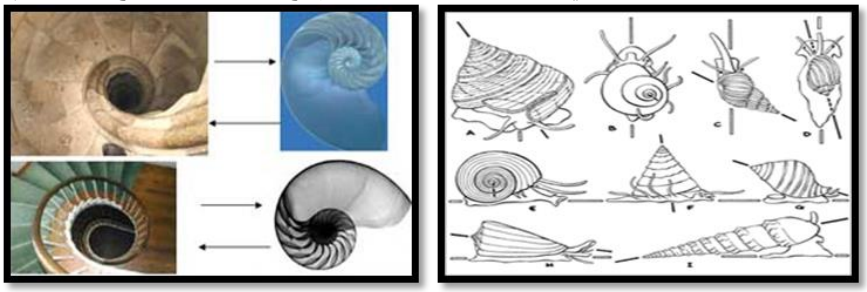
شكل رقم (10): النظام البنائي الحلزوني للنباتات

فالطبيعة تعطي البرهان على معنى كونها "خلاقة" فمن الفكرة الواحدة تعطي أعدادًا لا تحصى من الحلول والأشكال، فمن فكرة تكوين شجرة أو طائر أو إنسان توجد كل أنواع الأشجار والطيور والبشر الذي لا يتشابه فيه اثنان رغم أنها تتبع نفس الخطة والنظام،

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

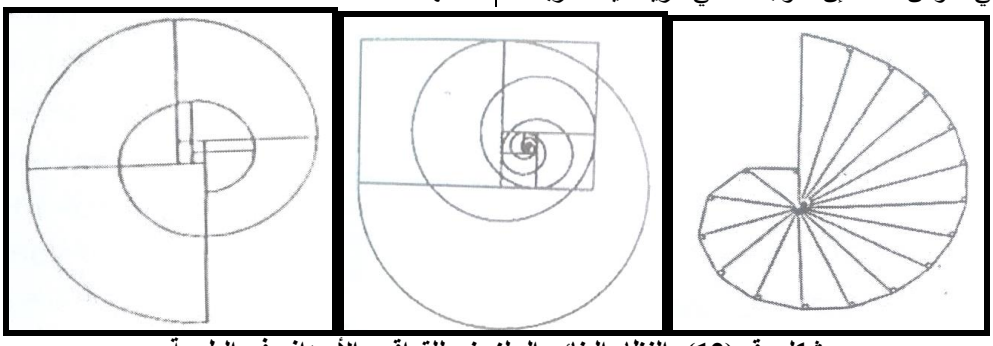
فمثلًا الدوامة قريبة من الدائرة، الشكل الأكثر مثالية لجميع تلك الطبيعة قد خلقت في الواقع، العناصر الطبيعية والطبيعية التي لها شكل حلزوني شائعة جدًا في الطبيعة. هذه هي السدم الحلزوني ، المجرات ، الدوامات ، الأعاصير، الأعاصير، ترتيبات النبات، حتى العناكب تقوم بتحريك خيوط العنكبوت، حيث تقوم بلف الخيوط في لولب حول المركز. الطبيعة تحب التكرار، وتستخدم نفس المبادئ في أعمالها، ويقول كريس كولينماير Cris Kuhlenmeier: "ان الدراسات السابقة قد بيّنت أن كلّ ورقة جديدة تنمو في تاج الصّبار الدائري الأخضر على سبيل المثال، تنمو في اتجاه منحني وترتبط نظرية أرخميدس الحلزونية بعلاقة وثيقة مع سلسلة فيبوناتشي حيث يصف قانون الرياضيات هذا مبدأ دوامة أرخميدس، ويمكن ملاحظة علاقتها الوثيقة في العديد من الظواهر وعناصر الطبيعة، في غلاف الجهاز من الرخويات، النورات من عباد الشمس، الملفوف الكسوري ومخروط الصنوبر، والمجرات بأكملها".

فاستخلاص الأشكال الهندسية من الطبيعة واستغلالها، ويدرك العلماء اليوم أكثر من أيّ وقت مضى أن كلّ شيء في الطبيعة خاضع لقوانين التناسق، كذلك فإن الإنسان يشعر أن الجمال يرتكز على قوانين التناسُب، ويحدس أن الطبيعة المتناسبة إنما تفصح بتشكيلاتها عن جمال أعمق من الجمال الظاهري، أي عن جمال الحقيقة المكنونة في تنوعاتها كلّها بشكل متناسق، ولا شكَّ أن شعور الإنسان بالجمال يعكس بنية الإنسان نفسها القائمة على قوانين التناسق الطبيعية وبالتالي فإن وعي الإنسان هو في جوهره فعل تناغم مع الطبيعة كما يتضح فى شكل (11).



شكل رقم (11): النظام البنائي الحلزوني للقواقع والأصداف في الطبيعة

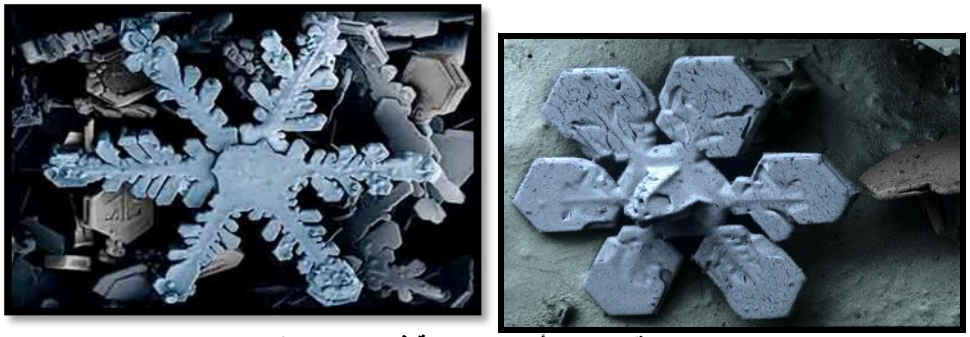
ونلاحظ أن بمثل منطق الطبيعة وطريقتها في الحلول يستخرج المصمم تصميمات لا حصر لها لذلك فهو لا يغفل دور الطبيعة في إثراء أفكاره الابتكارية فهي بمثابة المتحف الفني المفتوح في كل زمان ومكان. فالقانون الإشعاعي الذي أستخدم في العديد من التصميمات وهو مأخوذ أصلًا من هذا النبات الطبيعي، كما يتضح فى شكل (12) الذى يوضح توالد الفكرة الهندسية وابتكارها من العنصر الطبيعي، ومن هنا فإن التوجه الذاتي للرياضيات، ربما نحو تجريد متزايد ظاهريًا، سيؤدي حتمًا إلى بناء هيكل معرفي، لا نعرف شكله أو حدوده بعد، لكننا يُمكن بوضوح إدراك أنه يستمد مواده من منطق أعظم تناسقًا وجمالاً من منطقنا، ومن المرجَّح أن ما من أحد من العاملين في هذا المجال انتبه إلى أن الإمكانات الذاتية تحتاج إلى وقت لتنضج، أي ليصبح في الإمكان توجيه مقدراتنا المعرفية، فالشكل المعرفي ليس بأقل أهمية من المعرفة ذاتها.



شكل رقم (12): النظام البنائي الحلزوني للقواقع والأصداف في الطبيعة

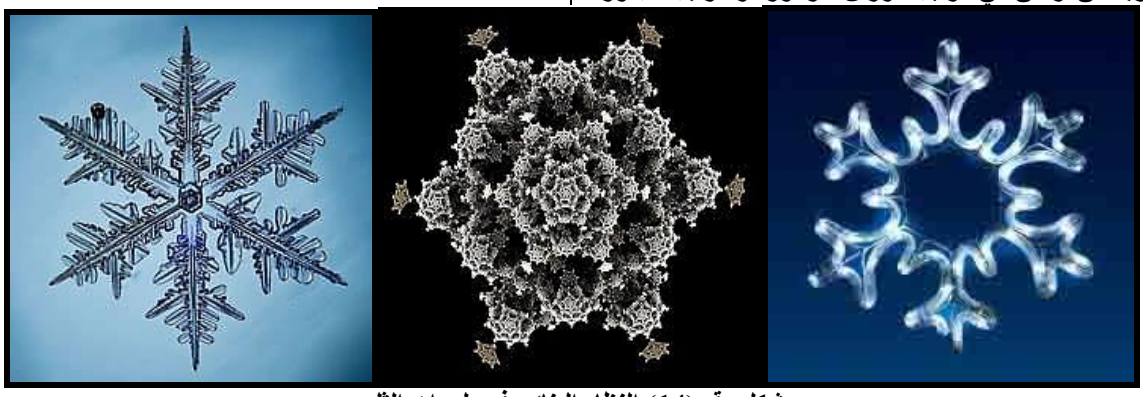
سابعًا: (الفراكتالات) الأعداد الكسرية في بلورات الثلج

البلورات الثلجية هى عبارة عن جزيئات من الماء مرتبة ومنظمة بتناسق باهر فيما بينها، فهى عبارة عن بناء معمارى وهى تتشكل حين يمر بخار الماء خلال السحاب متعرضاً للبرودة، وللتوضيح أكثر: يحتوى بخار الماء على جزيئات الماء التى تنتشر بصورة عشوائية ولعلك تعرف أن الجزيئات فى الحالة الغازية تكون متباعدة ، فعندما يمر البخار بما يحمله من جزيئات من الماء بين السحب تتعرض للبرودة، وبالتالى يقل نشاطها وتضح الأعداد الكسرية في أن هذه الجزيئات التى أصبحت ذات حركة بطيئة تميل إلى التجمع فيما بينها ثم تتحول إلى جسم صلب، و لكن الإعجاز الإلهى فى الأمر والذى يجعل العلماء متحيرون أمام عظمة الخالق، فنلاحظ أن التجمع لا يكون عشوائياً أبداً بل على العكس يكون التجمع بإتحاد جزيئات الماء لتكوين مضلعات سداسية مجهرية منتظمة الشكل، كما يتضح فى شكل (13).



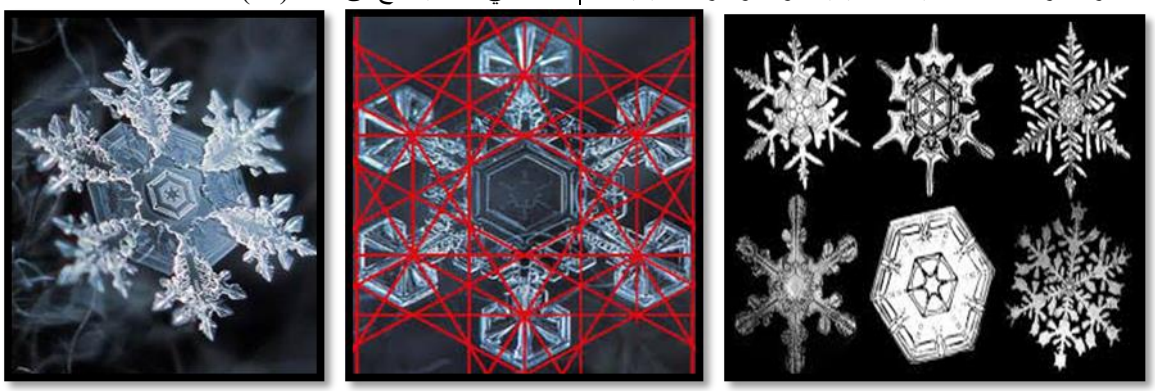
شكل رقم (13) الأعداد الكسرية في بلورات الثلج

وتنتج الطبيعة باستمرار إلى خلق المزيد من النماذج المعقدة؛ لكنها تحافظ في الوقت نفسه، على نسق أساسي فبلورات الثلج السداسية المنمَّقة يتجمع مثلاً بعضُها إلى بعض بشكل متكرر لتشكل ندفة ثلجية بالغة التعقيد، وهذا ما يدعى في الرياضيات بتضاعُف التقصيمات العددية الكسرية، فإن أعقد البُنى الطبيعية يمكن إرجاعها إلى تضاعف وتراكب قُصَيْمات fractals أساسية وهكذا، فالطبيعة تتجة إلي قوانين التناسب ولعل هذه الثنائية بين ظاهر الفوضى وباطن النظام هي التي أدَّت إلى تفتح التناسق في الطبيعة التي تقوم على مفهومي الوحدة والاتساق، وتوجد العديد من الدراسات المرتبطة بالنظام الرياضى في الطبيعة كالنظام الرياضى في زهرة الربيع وجريد النخيل باستخدام نظرية الأعداد والنظام الحلزونى في زهرة عباد الشمس، فالنظام المتبع فيها هو نظام رياضى رقمى في ترتيب أوراق الزهور أو ترتيب البذور على رؤوس الأزهار في إتجاهات مختلفة، كما في العديد من العناصر الطبيعية، حيث تدخل في تركيب زهرة عباد الشمس والأشكال الصنوبرية المخروطية، أشجار النخيل، ثمار الأناناس وأرقام البتلات والعديد من الفصائل النباتية ولقد اتاح التطور العلمي والتكنولوجي في مجال الفن إمكانية دراسة الجوهر الداخلي للعناصر الطبيعية واستخلاص النظم البنائية التي بنيت عليها وفقًا لمفراداتها، ووفقًا للنظريات العلمية الحديثة كنظرية الأعداد الكسرية التي ترتبط بعملية التشّكل والتزايد العددي حيث تمكن المصمم من إمكانيات التخيل اللانهائي وعمل حلول وصياغات متعددة للتصميم لتتبع البنية الداخلية داخل العناصر الطبيعية وعملية التشّكل واستخلاص نظمها الهندسية المبنية عليها الهندسة في الطبيعة، كما يتضح فى شكل (14).



شكل رقم (14) النظام البنائي في بلورات الثلج

ابتكر ماندیلبروت Mandelbrot كلمة فراكتال Fractal، وكلمة فراكتال تأتي من الفعل اللاتيني franger والذي يعني يفتت أو يكسر(1987)، وهذا الفعل يرتبط بوصف الخصائص الطبيعية للأشياء بشكل هندسي كسري، فهي تبدو (مفتتة) غير مستوية في أشكال مركبة ومعقدة ومقارنة ذلك مع المنحنى الاقليدي المنبسط يمكن قبوله للإشارةلى هندسة الفراكتال على اعتبار أن الهندسة الماندلية تتعامل وفقًا لخصائص فريدة حيث أنها هندسة الطبيعة نظرًا لارتباطها بالأشياء الطبيعية، وللظواهر الطبيعية، فالفراكتالات هي تلك الصور التي تنتج من تكرار المعادلات اللاخطية، وتنتج أشكال هندسية نتجت أو نمت نتيجة تطبيق بعض القواعد العددية الكسرية الرياضية عليها، وهذه القواعد تأخذ الشكل الأساسي وتنقله من شكل الي شكل أما بالإضافة إليه أو بتطويره وهذه العمليات يُمكن أن تكرر بعدد لامتناهي من المرات، فالأشكال هندسية تنتج من خلال تقسيم الشكل الأساسي الي أجزاء الصغيرة وكل جزء هو صورة مصغرة من الشكل الأساسي يشكل رياضي هندسي، كما يتضح فى شكل (15).



شكل رقم (15) الأعداد الكسرية في بلورات الثلج

ثامنًا: استخلاص صياغات تصميمية من النظام البنائي لنظرية الأعداد الكسرية في مجال التصميم الزخرفي يتيح مجال التصميم للمصمم امكانية دراسة الجوهر الداخلي للعناصر الطبيعية العضوية واستخلاص نظمها الهندسية والرياضية للتعرف علي مفرادتها التي تفيد مجال التصميم واستخلاص صياغات تصميمية من خلال البنية الشكلية لنظرية الأعداد الكسرية ذات تراكيب غير منتهاه التعقيد لابتكار حلول جديدة للتصميم الجرافيكي بشكل مستحدث مما يوسع مدارك مصمم لتحقيق قيم ابتكارية وابداعية ، حيث يعطي الفرصة للمصمم الزخرفي في تتبع نظمها الهندسية والرياضية ، حيث ان التشابه بين الأجزاء المكونة للشكل ، يشبه تماما ذلك الكل، فإذا اخذنا جزءًا متكاملًا من الأجزاء المكونة للشكل الكسري، ثم قمنا بتكبيره عدة مرات فإن في النهاية سوف نحصل علي الشكل الأصلي، وهناك العديد من البرامج الجرافيكية التي تقدم لهذه الخصائص، وان كان موقعا مثل بطريقة حركية عن طريق اختيارنا لأي جزأ من الشكل وتكبيره عدة مرات حتى نصل الى الاقتناع بوجود خاصية التشابه الذاتي للشكل._عندما ننشئ فراكتال محدد فانه من خلال خطواتنا لإنشاء فراكتال آخر، فان احد الأشياء المرسومة يمكن ان تحل مكان الآخر والتي تكون اكثر تركيبا من سابقتها ولكنها تملأ نفس المكان الأصلي حيث أن هذا النظام يوصف بالقدرة على التعايش مع الاختلافات الخارجية والضغوط البيئية ويوضح رسم تخطيطى يوضح البناء التكرارى لورقة نبات السرخس. ويتسم الفن الرياضى العددي الهندسي فى

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

التصميم بالترتيب ويقوم على عناصر رياضية منطقية أو فكرية دقيقة، ولهذا النظام الهندسى فاذا أخذت قطعة صغيرة من أي فرع وكبرته سوف يكون بالضبط هو الشجرة الأصلية والعمل النموذجي هنا هو أن تستمر هذه العملية إلى ما لا نهاية حيث أن هذا النظام صارم فى استخدام اللون والشكل، لذلك لا يستوعب أى أخطاء لا تنتمى للنظام، وهنا ظهر استخدام الحاسب اللآلى فى هذا المجال، فالفن النظامى الرياضى لذلك الفن الذى أسسه وابتدعه الفنان والناقد "Lowrence Alloway" عام 1960، وأشار إلى أن الفن النظامى يعتمد على استراتيجيات ونظم من النظام والترتيب ممزوج مع دلالات طبيعية تقوم على أشكال من الفن التجريدى باستخدام أشكال موحدة بسيطة جدا أقرب ما تكون للهندسة، إما تكون في شكل رموز أحادية، أو في شكل نظام مرتب متكرر وفق قاعدة نظامية تعتمد على شروط منظورية واضحة للفنان والمصمم، وكانت تلك الأعمال توصف بأنها فرع من "Minimal Art" ولقد وسع نظام حدودها لتغطى جميع ألوان الفن، ومن أهم الكلمات التى توضح مفهوم "الفن النظامى الرياضى" أسلوب، تبادل، تجميع، توالد، تكرار، وهذا النظام بصرى متعادل ومتساوى كمجموع أفعال أو أعمال في الطبيعة، أمثال فناني الإنشائية يستخدمون اللغات بضبط ودقة ونظام، والأرقام والهندسة هى تحليلاتهم وغايتهم أو قصدهم، ، فالعمل النظامى يُمكن أن يقسم ويحلل إلى مجموعات أولية ومجموعات جزئية (أو ثانوية) وروابط ومكونات تعتمد على تكرار العنصرعلى شكل متتاليات هندسية عددية تعبر عنها بالحركة اللانهائية ويقول الفنان "Peter Lowe": "أن الأنظمة حاضرة في كل الفنون، فالفن دائمًا يتحول إلى أنظمة خارجية او تحليلات داخلية، والأفكار في الفن تصل إلى حدود مشتقة بعلم الرياضيات والعكس صحيح، فالأفكار الرياضية يمكن أن تقدم بوسائل الهندسة، والنماذج ثلاثية الأبعاد، توجه حاليًا نحو الرياضيات "، ومن هنا فإن صلة الفن بالطبيعة صلة وثيقة وقوية، والفنان المعاصر لم يعد يتعامل مع المظاهر المرئية لعناصر الطبيعة فقط، بل بدأ يتعامل مع تراكيب الأشكال فى قوانينها المجردة وابتعد عن مظهرها الخارجى، ليكشف عن القوانين الديناميكية فى بنائها وتراكيبها " ولقد ولّد ذلك الرغبة الجادة لدى نماذج متعددة لتصميمات زخرفية منفذة بالحاسب الآلى تعتمد على الفكر الرياضى لإنشائية وبناءالأعداد الكسرية من خلال فئة (ماند بروت) ذات التعقيد الرقمى، ويتضح فيها مدى التنوع والتوافق المنظم بين العناصر بتكراراتها الرقمية المتزايدة والمتطورة والتى ينتج عنها أعمالاً فنية غاية فى الدقة.

فالفنون تختلف مظهريًا بين ما هو تلقائى غير منظم كتعبير مرئى مرتبط بالأحاسيس والانفعالات الداخلية، وبين ما هو عقلانى منظم يتبع قوانين وقواعد تساعد المصمم فى إنشاء عناصره وتوزيعها بشكل منطقى داخل بناء تصيمى مرن ليحقق الإيقاع الداخلى والتى استفاد منها المصمم والفنان فى استخلاص أسسه وعناصره الشكلية التى تتحكم فى البناء المنطقى للعمل الفنى، ويتضح أن النماذج والأمثلة الكونية والطبيعية تعتمد فى نموها وتركيبها على التنظيم الرقمى الهندسي المتمثل فى متواليات عددية تخضع لأسس وعلاقات رياضية فى إنشاء تلك العناصر، والتى يمكن الاستفادة من اكتشافها وتحليلها فى اتجاه وصيغ عددية ذات نظم رياضية بنائية متباينة يمكن الاعتماد عليها كأساس إنشائى منطقى مبتكرعند بناء التصميم، و يتضح فى شكل (16) منهجية النظام البنائى لهندسة الأجزاء والكل ويمكن ابتكار أشكال وهيئات ذات بنايات أولية منطقية، وبعمليات التكرار المتماثل مع التضاعف العددى المستمر نتج كيانات أكثر تعقيدا لتصبح عملاً فنيا مكتملاً.

شكل رقم (16) النظام البنائي في بلورات الثلج ببرامج الحاسب الآلي

تاسعًا: البعد الفراكتلي والتشابه الذاتي في مجال طباعة المنسوجات Fractal Dimension تتميز هندسة الفراكتال بخصائص أساسية تعطي لها ذلك التركيب الفريد من بين فروع الهندسة الأخرى، ومنها التشابه الذاتي Self-Similarity، البعد الفراكتالي الرياضي الكسري Fractal Dimension، قاعدة الأحلال Replacement Rule، فالفراكتلات أشكال هندسية تنتج من تطبيق نمط هندسي عددي معين من الأشكال الهندسية المتكررة، والتشابه بين الأجزاء البادئة الصغيرة المكونة للشكل الأصلي، أي أن الجزء يشبه تماماً ذلك الكل، فاذا اخذنا جزءًا متكاملاً من الأجزاء المكونة للشكل الأساسي، وإذا كبرنا الشكل عدة مرات فإننا في النهاية سوف نحصل علي الشكل الأصلي لأي جزء من الشكل وتكبيره عدة مرات لإيجاد خاصية التشابه الذاتي للشكل.

الهندسة الفراكتالية تعتمد علي الهندسة التقليدية فإن النقطة التي ترسم في البعد الصفري ليس لها بعد، وهي النقطة البادئة الخطوط المستقيمة لها بعد واحد، فمنحنى كوش Koch مثلا له ابعاد ≈ 1.26 أي بين البعد الأول والثانى وهذا يعكس حقيقة أن مجموعة النقط كثيفة ليمكن عدها لمنحنى وكذلك رفيعة جدا لنحسبها كمساحة، ولذلك فإن البعد الفراكتلي أوجد العديد من التطبيقات العملية في تحليل العمليات الفوضوية Chaotic، ولذلك فان البعد الفراكتلي ومنحنى الفراكتال يعتبر أحد الأبعاد للأشياء في المستوى الذي له بعدين ويقع بين البعد الأول والثانى بالمثل كما بالسطح الفراكتلي وبعدين ويقع بين البعد الثانى والثالث، فالقيمة تعتمد علي كيفية إنشاء الفراكتال بالقيمة العددية الرياضية الفراكتالية.

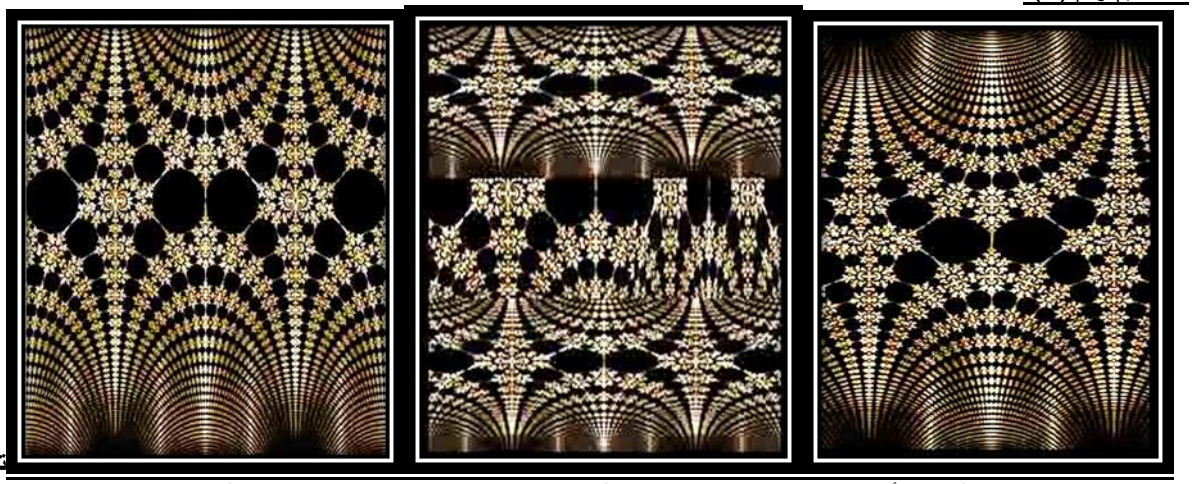
وعند انشاء الفراكتالات بشكل محدد فإنه من خلال خطواتنا لإنشاء فراكتال آخر، فإن أحد الأشياء المرسومة في طباعة المنسوجات يمكن أن تحل محل الآخر والتي تكون أكثر تركيبًا من سابقتها ولكنها تملأ نفس المكان بشكل متكامل كما للمكان الأصلي، وترتبط هندسة الفراكتال بهندسة التكرارات في مجال طباعة المنسوجات، حيث يكرر الشكل الهندسي وفقًا لقاعدة رياضية هندسية عددية محددة فيكون الشكل المكرر هو صورة من الشكل الأصلي في خصائصه وفقًا لخصائص القواعد المطبقة في مجال طباعة المنسوجات، وحيث أن نظرية الفراكتالات تتيح ربط الرياضيات بالعالم الخارجي في الطبيعة التي تحيطنا، فهي بذلك تفجر طاقات الإبداع في مجال تصميم طباعة المنسوجات، حيث أن الأشياء المرسومة في التصميم بحيث يُمكن أن تحل محل الآخر والتي تكون أكثر تركيبًا من سابقتها ولكنها تملأ نفس المساحات بشكل متكامل مثل المكان الأصلي، وترتبط هندسة الفراكتال بهندسة التكرارات في التصميم، حيث يكرر الشكل الهندسي وفقاً لقاعدة

رياضية هندسية كسرية محددة فيكون الشكل المكرر هو صورة من الشكل الأصلي في خصائصة وفقًا لخصائص القاعدة المطبقة في التصميم ، حيث ان نظرية الأعداد الكسرية تتيح ربط الرياضيات بالعالم الخارجي في الطبيعة، فهي بذلك تفجر طاقات الإبداع في التصميم والخيال لمصمم طباعة المنسوجات بشكل كبير.

2- الدراسة التجريبية العملية:

لقد تمت الدراسة العملية من خلال ابتكار صياغات تصميمية جديدة وتحليل النظم البنائية للأعمال القائمة على (الفراكتالات) الأعداد الكسرية لاستخلاص المفردات والنظام البنائي والاستفادة منها في التصميم وذلك من خلال استخلاص صياغات تصميمية جديدة باستخدام إمكانات الحاسب الآلي لابتكار حلولًا لتصميمات مبتكرة وفق قوانين النظم البنائية الشكلية الخارجية لنظرية (الفراكتالات) لتثري مجال التصميم، ويتبع البحث ينتهج المنهج الوصفي التحليلي والتجريبي لابتكار تجارب فنية وتصميمية مستحدثة تثري مجالي التصميم من خلال تتبع النظام البنائي لنظرية (الفراكتالات) الأعداد الكسرية والاستفادة منها في في مجال التصميم وتصميم أقمشة ملابس السيدات المطبوعة واستحداث تصميمات مبتكرة باستخدام الحاسب الآلي من خلال نظام الفراكتالات للعناصر الطبيعية مما يثرى مجال التصميم، وفيما يلى عرض النماذج التصميمية ومشتق 3 نماذج تصميمية من كل تصميم ، متبوعة بالمقترح التوظيفى على ملابس السيدات.

التصميم رقم (1):



تصميم رقم (1- أ) **تصميم رقم (1- ب)** **تصميم رقم (1- ج)**

المقترح التوظيفى رقم (1)

التحليل الفنى للتصميم رقم (1): تم فى هذا التصميم ابتكار ثلاثة مشتقات تصميمية مختلفة ، ويتضح انه قد تم تطبيق نظرية (الفراكتالات) الأعداد الكسرية في التصميم من خلال برامج الحاسب الآلى ويتضح من خلاله التشابهه الذاتي في التصميم مع التتابع في الحركة والاستمرارية حيث يظهر النظام البنائي للبعد الفراكتالي الرياضي الكسري من خلال الاتزان والتماثل بنحورى التصميم الأفقى وظهورالعمق والبعد الفراكتالي مع التأكيد على التكرار كعنصر من عناصر التصميم فى مجال طباعة المنسوجات، وتم اختيار التصميم المشتق رقم (1- ب) وذلك لعرض المقترح التوظيفى له وقد استخدمت مجموعة لونية متميزه من الأصفر بدرجاته مع التأكيد على سيادة اللون الأسود بأرضية التصميم فأثرى من عناصره المستخدمة واعطى إحساس بالرصانة والفخامة بالتصميم ككل.

التصميم رقم (2):

تصميم رقم (2- أ) **تصميم رقم (2- ب)** **تصميم رقم (2- ج)**

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

المقترح التوظيفى رقم (2)

<u>التحليل الفنى للتصميم رقم (2):</u> تم فى هذا التصميم ابتكار ثلاثة مشتقات تصميمة مختلفة ويتضح فيه التشابهه الذاتي من خلال النظام البنائي للبعد الفراكتالي حيث يتضح من خلالة التشابهه الذاتي في التصميم مع التتابع في الحركة والاستمرارية حيث يتضح من خلالة النظام البنائي للبعد الفراكتالي الرياضي الكسري من خلال وحدة زخرفية أصلية واحدة العناصر مع التأكيد على العمق والبعد الفراكتالي مع التأكيد على التكرار كعنصر من عناصر التصميم فى مجال طباعة المنسوجات، وتم اختيار التصميم المشتق رقم (2- أ) وذلك لعرض المقترح التوظيفى له، وقد استخدمت مجموعة لونية متميزه من الأخضر، الأحمر، الأصفر بدرجاتهم، مع التأكيد على سيادة اللون الأسود بأرضية التصميم فأثرى من عناصره المستخدمة.

<u>التصميم رقم (3):</u>

تصميم رقم (3- أ) **تصميم رقم (3- ب)** **تصميم رقم (3- ج)**

المقترح التوظيفى رقم (3)

<u>التحليل الفنى للتصميم رقم (3):</u> تم فى هذا التصميم ابتكار ثلاثة مشتقات تصميمة مختلفة ويتضح فيه التشابهه الذاتي من خلال النظام البنائي للبعد الفراكتالي حيث يتضح من خلالة التشابهه الذاتي في التصميم مع التتابع في الحركة والاستمرارية حيث يتضح من خلالة النظام البنائي للبعد الفراكتالي الرياضي الكسري حيث يظهر الاتزان والتماثل مع التكبير والتصغير بين العناصر مع التأكيد على العمق والبعد الفراكتالي مع التأكيد على التكرار كعنصر من عناصر التصميم فى مجال طباعة المنسوجات، وتم اختيار التصميم المشتق رقم (3- ب) وذلك لعرض المقترح التوظيفى له، وقد استخدمت مجموعة لونية متميزه من الأزرق، الأخضر، الأحمر، الأصفر بدرجاتهم، مع التأكيد على سيادة اللون الأسود بأرضية التصميم فأثرى من عناصره المستخدمة.

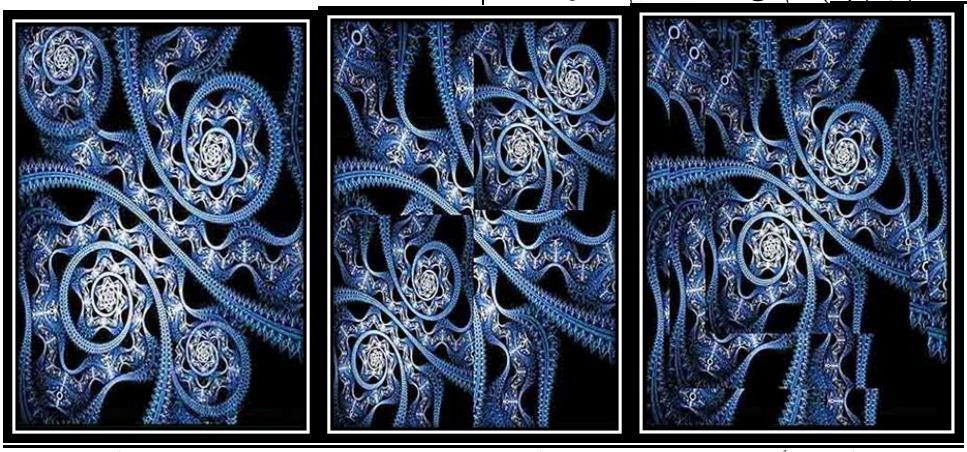
<u>التصميم رقم (4):</u>

تصميم رقم (4- أ) **تصميم رقم (4- ب)** **تصميم رقم (4- ج)**

المقترح التوظيفى رقم (4)

التحليل الفنى للتصميم رقم (4): تم فى هذا التصميم ابتكار ثلاثة مشتقات تصميمة مختلفة ويتضح فيه التشابهه الذاتي من خلال النظام البنائي للبعد الفراكتالي حيث تم التأكيد من خلالة على التتابع في الحركة والدوران في مسارات توحي بالعمق والبعد الفراكتالي مع التأكيد على التكرار سواء تكرار رأسى أو أفقى كعنصر من عناصر التصميم فى مجال طباعة المنسوجات، وتم اختيار التصميم المشتق رقم (4- ج) وذلك لعرض المقترح التوظيفى له، وقد استخدمت مجموعة لونية متميزه من الأزرق، البنفسجى، الأصفر بدرجاتهم، مع التأكيد على المركزية فى منتصف التصميم والتى اكدت على الإحساس بالعمق وظهور بؤرة اشعاعية بمنتصف التصميم فأكدت على الإيحاء بالعمق والبعد والمستويات المختلفة فى التصميم.

التصميم رقم (5):

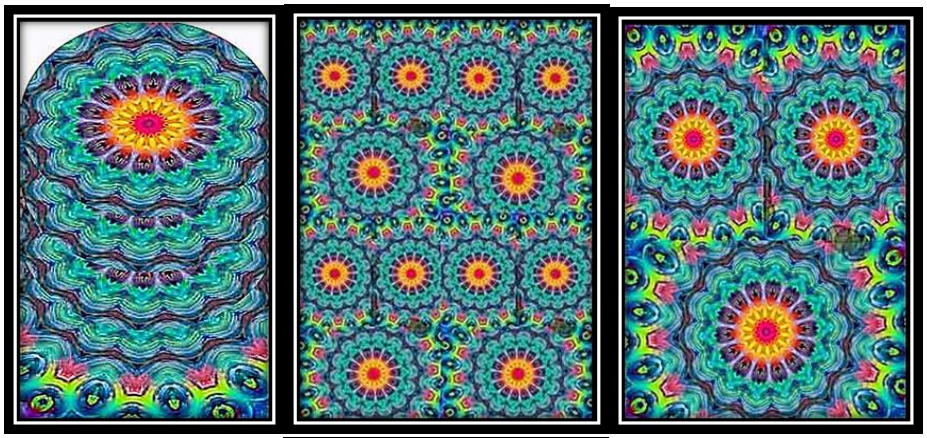


تصميم رقم (5- أ) **تصميم رقم (5- ب)** **تصميم رقم (5- ج)**

المقترح التوظيفى رقم (5)

التحليل الفنى للتصميم رقم (5): تم فى هذا التصميم ابتكار ثلاثة مشتقات تصميمة مختلفة ويتضح فيه التشابهه الذاتي من خلال النظام البنائي للبعد الفراكتالي حيث تم التأكيد من خلالة على التتابع في الحركة والدوران في مسارات توحي من خلاله الحركة والاستمرارية والبعد الفراكتالي مع التأكيد على التكرار كعنصر من عناصر التصميم فى مجال طباعة المنسوجات، وتم اختيار التصميم المشتق رقم (5- ب) وذلك لعرض المقترح التوظيفى له. وقد استخدمت مجموعة لونية من اللونين الأبيض والأزرق بدرجاتهما، مع التأكيد على أرضية التصميم السوداء وظهور ومضات من اللون الأبيض التى اكدت على الإحساس بالإضاءة فى التصميم فأكدت على الإيحاء بالعمق والبعد والمستويات المختلفة فى التصميم.

التصميم رقم (6):



تصميم رقم (6- أ) **تصميم رقم (6- ب)** **تصميم رقم (6- ج)**

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

المقترح التوظيفى رقم (6)

التحليل الفنى للتصميم رقم (6): تم فى هذا التصميم ابتكار ثلاثة مشتقات تصميمة مختلفة ويتضح فيه التشابهه الذاتي من خلال النظام البنائي للبعد الفراكتالي حيث يظهر الاتزان والتماثل مع التكبير والتصغير وتتابع الحركة والاستمرارية بين العناصر مع التأكيد على العمق والبعد الفراكتالي بجانب التأكيد على التكرار كعنصر من عناصر التصميم فى مجال طباعة المنسوجات، وتم اختيار التصميم المشتق رقم (6- ج) وذلك لعرض المقترح التوظيفى له، وقد استخدمت مجموعة لونية متميزه من الأزرق، الأخضر، الأحمر، الأصفر بدرجاتهم، مع التأكيد على اللون البرتقالى كبؤرة بمنتصف الوحدات مما اعطى احساس بالتوهج بالتصميم فأثرى من عناصره المستخدمة.

التصميم رقم (7):

تصميم رقم (7- أ)

تصميم رقم (7- ب)

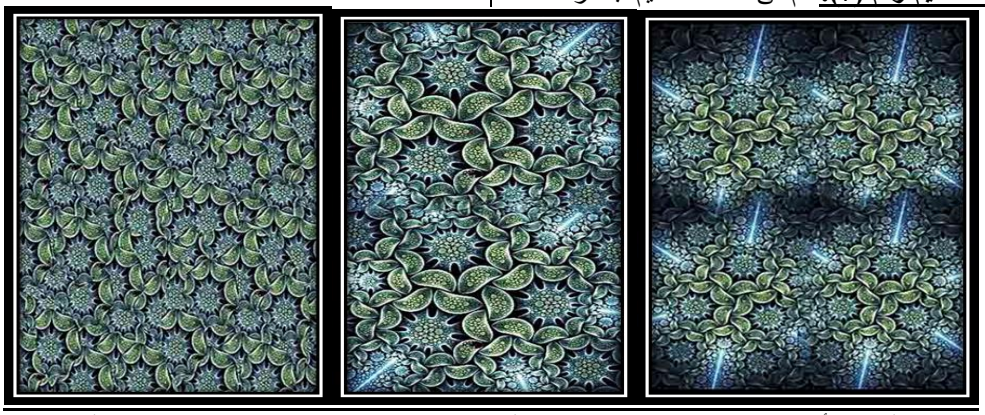
تصميم رقم (7- ج)

مشتقات تصميمة مختلفة ويتضح فيه التشابهه الذاتي من خلال النظام البنائي للبعد الفراكتالي حيث تم التأكيد من خلالة على التتابع في الحركة والدوران في مسارات مع التأكيد على الأشعاعية ببؤرة التصميم لتوحي بالعمق والبعد الفراكتالي مع التأكيد على التكرار كعنصر من عناصر التصميم فى مجال طباعة المنسوجات، وتم اختيار التصميم المشتق رقم (7- أ) وذلك لعرض المقترح التوظيفى له، وقد استخدمت مجموعة لونية متميزه من الأزرق، الأحمر، الأخضر، الأصفر، والأسود بدرجاتهم، مع التأكيد على ومضات من اللون الأبيض التى اكدت على الإحساس بالإضاءة فى التصميم فأكدت على الإيحاء بالعمق والبعد والمستويات المختلفة فى التصميم.

التصميم رقم (8):

المقترح التوظيفى رقم (7)

التحليل الفنى للتصميم رقم (7): تم فى هذا التصميم ابتكار ثلاثة



تصميم رقم (8- أ) **تصميم رقم (8- ب)** **تصميم رقم (8- ج)**

المقترح التوظيفى رقم (8)

التحليل الفنى للتصميم رقم (8): تم فى هذا التصميم ابتكار ثلاثة مشتقات تصميمة مختلفة ويتضح فيه التشابهه الذاتي من خلال النظام البنائي للبعد الفراكتالي حيث تم التأكيد من خلالة على التتابع في الحركة والدوران في مسارات توحي بالعمق والبعد الفراكتالي مع التأكيد على التكرار كعنصر من عناصر التصميم فى مجال طباعة المنسوجات، وتم اختيار التصميم المشتق رقم (8- ب) وذلك لعرض المقترح التوظيفى له، وقد استخدمت مجموعة لونية متميزه من الأزرق، الأخضر، الأصفر بدرجاتهم، مع التأكيد على ومضات من اللون الأبيض التى اكدت على الإحساس بالإضاءة فى التصميم فأكدت على الإيحاء بالعمق والبعد والمستويات المختلفة فى التصميم.

3- الدراسة الإحصائية:

اختبار صدق محتوى الاستبانة: للتحقق من صدق محتوى الاستبانة تم عرضها في صورتها الأولية على مجموعة من المحكمين المتخصصين من اساتذة الجامعات بكلية الفنون التطبيقية وكلية الهندسة المعمارية والتصميم الرقمي بجامعة دار العلوم لاستطلاع رأيهم في مدى مناسبة البنود والمحاور، وتم إعادة صياغتها بعد عمل التعديلات اللازمة وفقا لآراء السادة المحكمين لتصبح في صورتها النهائية (ملحق1)، ثم عرض التصميمات التي تم تنفيذها على مجتمع الدراسة من المتخصصين وبلغ حجم العينة (20) عضو هيئة تدريس، طالبات، ارباب العمل، واشتملت الاستبانة على عدد (6) عبارة موزعة على محور يقيس الجانب التصميمي والجمالي للتصميمات المقترحة لملابس السيدات، اما المحور الثاني على عدد (4) عبارة يقيس الجانب والوظيفي للتصممات المقترحة، والاجابة على فقرات الاستبانة باختيار أحد البدائل الخمسة طبقا لمقياس ليكرث وهي موافق جدا (5 درجات)، موافق إلى حدا ما (4 درجة)، محايد (3 درجة)، غير موافق (2 درجة)، غير موافق تمامًا (1 درجة) وتم تحليل البيانات احصائيًا باستخدام برنامج Excel.

اشتملت معايير الاستبيان على ما يلي:

- الجانب الجمالي للتصميمات:

1- عناصر التصميم ومدى ترابطها.
2- اسس التصميم والأداء الجمالى.
3- الابتكار فى الفكرة التصميمية.
4- توافق وتناسق المجموعة اللونية المستخدمة.
5- التكرار داخل التصميم.
6- استخدام التأثيرات الجرافيكية في التصميمات.

- الجانب التوظيفى للتصميمات:

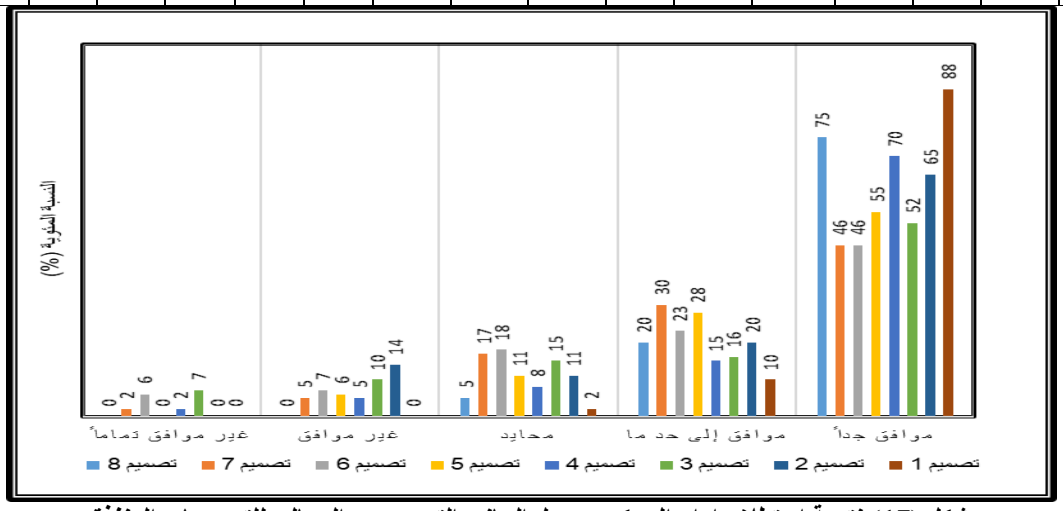
7- ملاءمة التصميمات للتوظيف المقترح.
8- ملائمة أسلوب توزيع العناصر الزخرفية للتوظيف المقترح للفكرة التصميمية.
9 - ملائمة الفكرة التصميمية للتسويق.
10- جودة الإخراج النهائي للعمل الفني المنتج.

تحليل نتائج الدراسة:

وفيما يلي نتائج استطلاع اراء المحكمين حول الفراكتالات بين النظرية والتطبيق والاستفادة منها في إثراء مجال التصميم، كما يوضحها جدول (1).

جدول (1) نتيجة استطلاع اراء المحكمين حول الجانب التصميمي والجمالي والوظيفي للتصميمات المنفذة

الاستجابة	رقم التصميم															
	1		2		3		4		5		6		7		8	
	ك	%	ك	%	ك	%	ك	%	ك	%	ك	%	ك	%	ك	%
5	176	88	130	65	104	52	140	70	110	55	92	46	92	46	150	75
4	20	10	40	20	32	16	30	15	56	28	46	23	60	30	40	20
3	4	2	22	11	30	15	16	8	22	11	36	18	34	17	10	5
2	0	0	28	14	20	10	10	5	12	6	14	7	10	5	0	0
1	0	0	0	0	14	7	4	2	0	0	12	6	4	2	0	0



شكل (17) نتيجة استطلاع اراء المحكمين حول الجانب التصميمي والجمالي للتصميمات المنفذة

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

يتضح من جدول (1)، وشكل (17) نتيجة استطلاع المحكمين حول اراء المحكمين حول الجانب التصميمي والجمالي للتصميمات المنفذة كما يلي:

1- 62.125 % من المحكمين موافقين جدا على أن جميع تصميمات البحث المنفذة حققت معايير الجانب التصميمي والجمالي والوظيفي.
2- 20.25 % من المحكمين موافقين الى حدا ما على أن جميع تصميمات البحث المنفذة حققت معايير الجانب التصميمي والجمالي والوظيفي.
3- 10.875 % من المحكمين محايد على أن جميع تصميمات البحث المنفذة حققت معايير الجانب التصميمي والجمالي والوظيفي.
4- 5.875% من المحكمين غير موافقين على أن جميع تصميمات البحث المنفذة حققت معايير الجانب التصميمي والجمالي والوظيفي.
5- 2.125 % من المحكمين غير موافقين تماما على أن جميع تصميمات البحث المنفذة حققت معايير الجانب التصميمي والجمالي والوظيفي.

نتائج البحث Results:

جاءت النتائج وفقًا للدراسة النظرية والعلمية والتحقق من فروض البحث على النحو التالى:

1- تقدم النظريات العلمية حلولا جديدة للبنية التصميمية (لنظرية الفراكتالات) من خلال تتبع البنية الخارجية للعناصر في الطبيعة والتي تقدم للمصمم إمكانيات التخيل اللانهائي مما يوسع مدارك المصمم الفنية.
2- اسهمت (نظرية الفراكتالات) من خلال النظم الموجودة فى الطبيعة فى ايجاد مداخل تصميمية جديدة اثرت مجال التصميم ومجال تصميم أقمشة ملابس السيدات من خلال الاستفادة من إمكانات الحاسب الآلي.
3- يمكن اثراء مجال التصميم بصفة عامة ومجال تصميم أقمشة ملابس السيدات من خلال استخلاص النظم البنائية لنظرية (الفراكتالات) والاهتمام بالظواهر الطبيعية.

التوصيات Recommendations:

التوصيات:

1- التأكيد على تطويع النظريات الحديثة وخاصة نظرية (الفراكتالات) بوصفها نظام كلي متكامل يفتح مجالًا جديدًا يثري مجال طباعة التصميم بصفة عامة ومجال تصميم اقمشة ملابس السيدات المطبوعة بصفة خاصة.
2- البحث في نظريات مرتبطة بالتطور العلمي والتكنولوجي يثري مجال التصميم وذلك يساعد الفنان علي الوصول إلي الابداع والابتكار في مجال التصميم.
3- إتاحة الفرصة للتجريب والابتكار من خلال النظريات الحديثة ساعدت على تحقيق حلول تشكيلة مبتكرة في تصميمات اقمشة العباءات، ولم تكن الأعمال المنتجة مجرد نقل حرفي لذلك الموروث.

المراجع References:

1- إسلام محمد السيد هيبة: "تحليل المنظومات الرقمية المؤسسة للتنظيمات الزخرفية المعاصرة كمنطق لبناء اللوحة الزخرفية"، رسالة دكتوراة، كلية التربية الفنية، جامعة حلوان 2007.
2- البهنسي، عفيف: "من الحداثة إلى ما بعد الحداثة في الفن"، دار الكتاب العربي، دمشق ـ القاهرة، الطبعة الأولى، 1997.
3- محمد الأمين موسى: " مدخل إلى تصميم الجرافيك. الشارقة، جامعة الشارقة، 2011.
4- محمد حافظ الخولى: "النظام الهندسى فى مختارات من العناصر النباتية كمصدر للتصميم"، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية التربية الفنية، جامعة حلوان،1982.
5- محمد محسن العيد: " شفرة الحياة ومعانيها فى بناء الكائنات الحية "، مجلة النبأ، العدد 54، 2001.
6- A Cultural History of Fractal Geometry: The biography of an idea, ph. D, Loyola University of Chicago, AAC 9917760, D.A, Camp, Dan R., (2000).
7- Artde Donal Kin Tak Lam: A study on Fractal Patterns For The Textile Design of The Fashion Design, International Conference on Applied System Innovation (ICASI), 2017.
8- Barnsley, Michael: Fractals Everywhere, Academic press, INC. USA, 1998.
9- Benoit Mandelbrot: The Euclid of Fractal Geometry, Mathematics Teachers, V93, N8, November 2000.
10- Benson, John and others: Gateways to Algebra and Geometry, An integrated approach, Mc Dougal, Little & Company, New York, Camp, Dan R. (1999).
11- Clap Ham, Christopher: The Concise Oxford Dictionary of Mathematics, 1996.
12- Chilly A.J. and others: Fractals and Chaos, Springer-Verlag, New York, 1991.
13- Costin B., Adrian M., Marian S.: Fractals Objects in Computer Graphics, Conference: Proceedings of the 6th International Conference on Applied Informatics and Computing Theory (AICT '15), Italy, June 2015.
14- Gwenda Kyd: A Fashion for Fractals, Royal Society of Chemistry, May 2017.
15- Gray, Shirley B.: Fractal Math, Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching 11, N1, pp. 31-38, 1992.
16- Glerick, James.: Choose, New York, Penguin Books., 1987.
17- Ljubiša M. Kocić: Fractals and Their Applications in Computer Graphics, University of Nis, Faculty of Sciences and Mathematics, Vol. 9, No. 2 (1995).
18- Inc Ignatieff, William J.: Fractal Explorations in Secondary Mathematics, Science and Computer science, Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, V10, N2, pp. 19-42, win 1990-91.
19- Qiu Ju Ge, Yun Tao Sun, Yan Liu: Application of Fractal Graphics in Fashion Design, Advanced Materials Research (Volumes 605-607), Dec. 2012.
20- Weijie W., Gaopeng Z.,Wei W.,: Garment Pattern Design Based on Fractal Graphics, EURASIP Journal on Image and Video Processing, Vol.29, 2019.
21- https://www.fibre2fashion.com/industry-article/4999/fractals-for-fashion-textile-weaving-designs

22- https://www.geeksforgeeks.org/koch-curve-koch-snowflake/
23- https://www.life-styled.net/fractals-design-michele-alfano/
25- https://www.tutorialspoint.com/computer_graphics/computer_graphics_fractals.htm

شكروتقدير Acknowledgment:
تتقدم الباحثتان بجزيل الشكر والتقدير لعمادة الدراسات العليا والبحث العلمى بجامعة دارالعلوم، الرياض، المملكة العربية السعودية على الدعم المادى لهذا البحث.

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