Journal of Al-Azhar University Engineering Sector

Vol.16, No. 58, January, 2021, 175--184

FRACTAL GEOMETRY AS A FUNCTIONAL AND FORMATIVE METHOD IN THE INTERIOR ARCHITECTURE

Zainab Mohamed Abdel Moez* and Tariq Kamal El Din Adly
Decoration Department , Interior Architecture Division , Faculty of Fine Arts, Minia University, Minia, Egypt.
*Corresponding Author E-mail: Zeinab Mohamed @ yahoo.com

ABSTRACT:
Fractal geometry can be applied in interior architecture by using certain shapes that depend on the principle of self-similarity and repeating the shape to an infinite number of times, and one of the most popular shapes that can be applied is the Cantor group that can be used as a basis in completing the facades and the locations of doors and windows. For snowflakes, which can be used in devising various forms of decoration, also the Serpinsky Triangle, which is considered one of the most important forms of fractal geometry, which can be applied in internal architecture. It is formed by following the molecular fractals of the components of a small molecule. Use it to generate multiple ideas to make shapes for horizontal projections, whether internal or external.

KEYWORDS : Fractal Geometry, Cantor Set, Cottage Curve, Sirbinskii Triangle, Geometric Iterations.

الهندسة النمطية كأسلوب وظيفي وتشكيلي في العمارة الداخلية

زينب محمد عبد المعز و طارق كمال الدين عادلى
قسم الديكور ، شعبة العمارة الداخلية ، كلية الفنون الجميلة - جامعة المنيا - مصر ٠
* البريد الالكتروني للباحث الرئيسي : E- mail: Zeinab Mohamed @yahoo.com

الملخص:
يمكن تطبيق هندسة الفراكتال فى العمارة الداخلية عن طريق استخدام أشكال معينه اعتمدت على مبدأ التشابه الذاتى وتكرار الشكل الى عدد لانهائي من المرات ، ومن أشهر الأشكال التى يمكن تطبيقها هى مجموعة كانتور التى يمكن استخدامها كأساس فى تصميم الواجهات ومواقع الأبواب والشبابيك ، أيضا هناك مايسمى بمنحنى كوخ لرقائق الثلج والذى يمكن استخدامه فى استنباط أشكال متنوعه من الزخارف ، أيضا مثلث سيربنسكى وهو يعتبر من أهم أشكال هندسة الفراكتال والتي يمكن تطبيقها فى العمارة الداخلية وهو يتكون عن طريق متابعة الفراكتالات الجزيئية لمكونات جزئ صغير ، ومن أهم الأشكال لهندسة الفراكتال أيضا ما يسمى بالتكرارات الهندسية والتي يمكن استخدامها لإنتاج أفكار متعددة لعمل أشكال لمساقط أفقيه سواء داخليه أو خارجية .

الكلمات المفتاحيه : الهندسة النمطية، مجموعة كانتور، منحنى كوخ، مثلث سيربنسكى، التكرارات الهندسية ٠

أهمية البحث :
- توجيه النظر إلى مفردات البيئة كاداه للإبداع التصميمي فى العمارة الداخلية .
- إبراز نقطة التحول الإبداعية فى تصميمات العمارة الداخلية وذلك من خلال الاتجاهات التصميمية والنظريات العلمية الحديثة و التى تعتمد على مفهوم محاكاة الطبيعة في العملية التصميمية ونظرية الهندسة النمطية.

أهداف البحث :

- دراسة مفهوم نظرية الهندسة النمطية و أثرها على العمارة الداخلية .
- إلقاء الضوء على علاقة النظريات الرياضية بالطبيعة وتأثيرها على تصميمات العمارة الداخلية .

تساؤلات البحث:

- كيفية تطبيق الهندسة النمطيه في العمارة الداخلية ؟

مسلمات البحث:

- الهندسة النمطية نظريه علمية رياضيه لوصف الطبيعة.
- خاصية التشابه الذاتي من اهم خصائص الهندسة النمطية
- العالم مانلبروت هو مؤسس نظرية الهندسة النمطية
- الهندسة النمطية تعكس كونا خشنا وليس ناعما
- الهندسة النمطية من النظريات العلمية التى يعتقد أنها استجابة ما بعد الحداثة

١ـ المقدمة:

مع نهاية القرن العشرين تطور علم الرياضيات تطورا كبيرا ، هذا التطور أدى إلى توجيه اهتماما أكبر فى علاقة الرياضيات بمكونات الطبيعة ، فالأشياء فى الطبيعة لها خصائصها الطبيعية بالإضافة إلى البعد الرياضى المكون لهذة الاشياء ، ومن هنا ظهرت الهندسة النمطية (التكسيرية او الفراكتالات) التى تبحث عن تفسير رياضي لتكون الأشياء فى الطبيعة ، عن طريق المكونات الجزئية للأشكال الطبيعية ، وتعتبر الفراكتالات نمط هندسي يتكرر على مقاييس تتزايد فى الصغر وتؤدى الى أشكال وأسطح غير منتظمة ، وتوصف هندسة الفراكتال بانها هندسة الطبيعة نظرا لارتباطها بالاشياء الطبيعية .

تعد هندسة الفراكتال أو ما يسمى بالهندسة النمطية نموذج للرياضيات العصرية التي ظهرت نتيجة نظريات حديثة ، ونمت بتقدم علوم الكمبيوتر وأساليبه وتطبيقاته في الرسوم والنمذجة.

أبتكر العالم ماندلبروت (Mandelbort) كلمة فراكتال Fractal عام ١٩٨٣، لتصف وتشرح العديد من الظواهر الطبيعية وتأتى كلمة فراكتال من الفعل اللاتينى Franger والذي يعنى يفتت أو يكسر ، وهذا الفعل مرتبط بوصف الخصائص الطبيعية للأشياء ، فهى تبدو مفتته غير مستوية فى أشكال مركبة ومعقدة ، كما أن فراكتال تأتى من الكلمة اللاتينيه Fractious وتعنى تكسير أو تفتيت وهى تصف مجموعات غير عادية من الخطوط والنقط والتعرجات ، ولكلمة فراكتال شقين ، فالأول هو الفراكتالات الطبيعية وتختص بالأشكال والأشياء المرتبطة بالطبيعة والعلوم ، والثاني فى الرياضيات.

٢ـ ارتباط الهندسة النمطية بالطبيعة

وتسمى أيضا بهندسة الطبيعة حيث تصف الجبال والسحب والأشجار.... وغيرهم بالإضافة لكونها نموذجاً يحتضن الفن الرياضي القديم والحديث.

شكل (١) يوضح الغيوم المتكررة والمعقدة فى تركيبها والتى يمكن تفسيرها بالهندسة النمطية

حيث يوضح شكل (١) الغيوم فى السماء حيث تظهر متراصة بجانب بعضها البعض بكثرة وتعقيد ، ونلاحظ من الشكل بأنه لا نستطيع تفسيرها وتحليلها عن طريق الهندسة الإقليدية وذلك كما قال ماندلبروت بأن الغيوم فى السماء لا تشبه الكرات ولكن استلزم الأمر البحث عن هندسة جديدة تعكس هذه الأشكال الخشنة والمعقدة والمتداخلة لكي نستطيع فهم الطبيعة وتحليل الأشكال المتداخلة والمعقدة بها.

ويتضح فى شكل (٢) خطوط البرق المتناثرة والمتداخلة ، والتى لا يمكن تفسيرها بخط مستقيم ولكنها أيضا من الإشكال المعقدة التى تلزم البحث عن هندسة جديدة لتفسيرها وتحليل تعقيدها والتى لا تستطيع الهندسة الإقليدية تحليلها ، وهذه الهندسة الجديدة هى الهندسة النمطية التى استطاعت تفسير الظواهر المعقدة الكامنة فى الطبيعة وتحليلها.

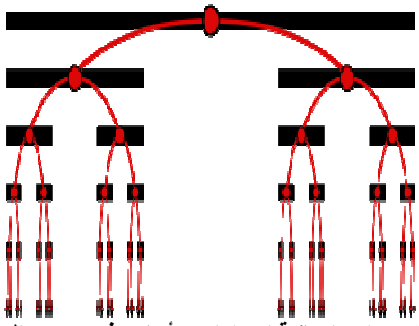
شكل (٢) يوضح خطوط البرق المتعرجة المكررة والتى تأخذ أشكالا متعددة ومتداخله

٣ ـ تطبيق هندسة الفراكتال فى العماره الداخليه:

يمكن تطبيق هندسة الفراكتال فى العمارة الداخلية عن طريق استخدام أشكال معينه اعتمدت على مبدأ التشابه الذاتى ، وتكرار الشكل إلى عدد لا نهائى من المرات والتى يمكن الإستعانه بها فى تصميمات العمارة الداخلية **ويتضح ذلك من الأمثلة التالية التى توضح أشهر الإشكال لهندسة الفراكتال ٠**

أولا:مجموعة كانتور Cantor Set:٠

قدمها الرياضي الألماني جورج كانتور GeorgeCantor في القرن التاسع عشر وتعتمد مجموعة كانتور على استبعاد الثلث الأوسط للقطعة المستقيمة في كل تكرار مرحلي iterations ، ويمكن استخدامه كأساس فى تصميم الواجهات ومواقع الأبواب والشبابيك بها شكل (٣) ، (٤).

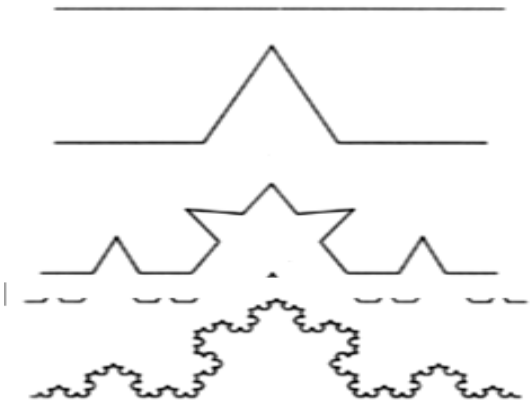


شكل(٣) يوضح إمكانية استخدامه كأساس فى تصميم الواجهات

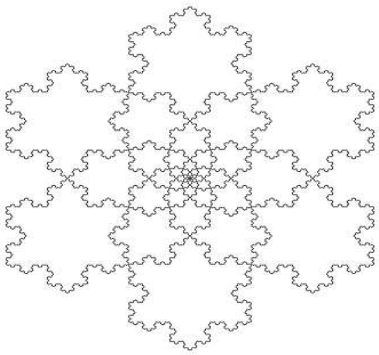
شكل (٤) يوضح نموذج لأحد واجهات الكاتدرائيات

ثانيا: منحنى كوخ لرقائق الثلج Koch snow flake curve:

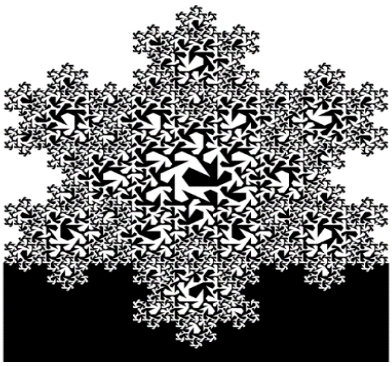
أطلق عليها هذا الاسم العالم السويدي فون كوخ (١٩٠٤م) شكل (٥) ، والشكل التالي يوضح منحنى كوخ ، ويمكن استخدامه فى استنباط إشكال متنوعة من الزخارف شكل (٦) ، (٧) .



شكل (٥) يوضح منحنى كوخ٠



شكل (٦) يوضح زخرفه يمكن استنباطها من التشابه الذاتى لتكوينات منحنى كوخ



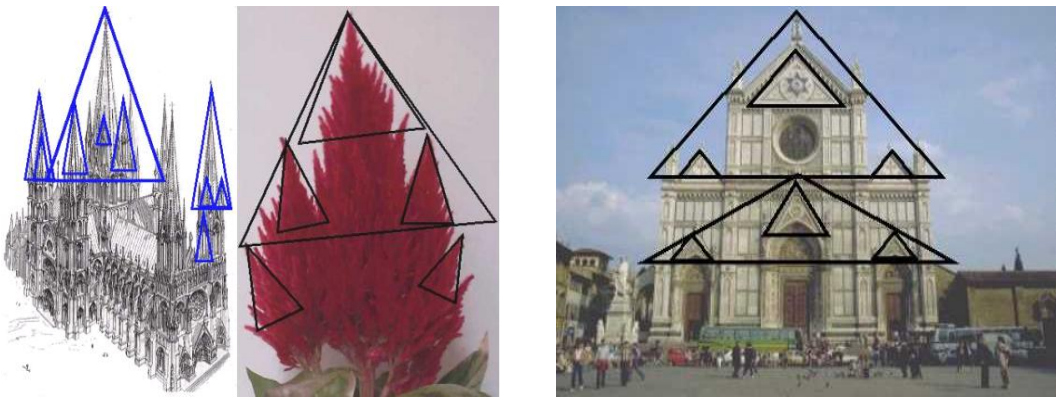
شكل (٧) يوضح زخرفه أخرى يمكن استنباطها من التكرار المستمر والمعقد لتكوينات منحنى كوخ

ثالثا: مثلث سيربنسكي:Sierpinsk :

قدم الرياضي البولندي سيربنسكى في عام ١٩١٦ ما يعرف بمثلث سيربنسكي وتكون عن طريق متابعة الفركتلات الجزيئية الموسعة التي شكلتها التجميع الذاتي لمكونات جزيء صغير

شكل (٨) يوضح مثلث سيربنسكى وهو من أهم أشكال الهندسه النمطيه والذى يعتمد على مبدأ التشابه الذاتى

ويمكن تطبيق مثلث سيربنسكى فى العمارة والعمارة الداخليه من خلال بعض النماذج مثل شكل(٩ -١٠) ، والذى يوضح علاقة نظرية الهندسة النمطية بالعمارة وتطبيقاتها من ناحية الشكل والوظيفه . حيث يظهر فى شكل ٩(أ–ب) واجهة الكاتدرائيه والاسلوب المتبع فى تصميمها الذى يعتمد على مبدأ التشابه الذاتى وعند مقارنتها بمثلث سيربنسكى سوف نلاحظ تطبيقه فى شكل الزخارف والموتيفات فى الواجهه واختلاف احجامها ايضا فى اختلاف احجام ابراج الكاتدرائيه ، ويوضح االشكل ايضا وجود تشابه بين النظرية والطبيعة فى شكل مثلث سيربنسكى الذى يشبه ترتيب ورقة الشجر وتعدد احجامها.

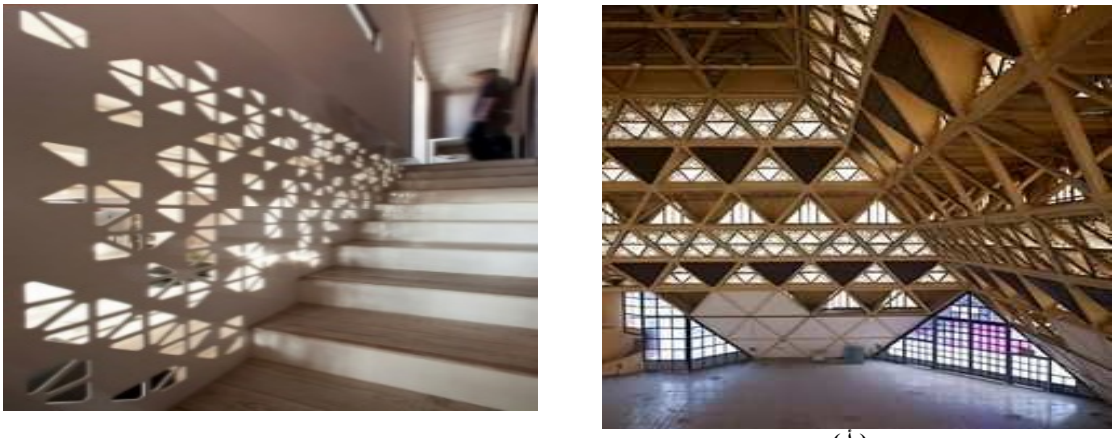


(أ) (ب)

شكل٩ (أ – ب) يوضح تطبيقات مثلث سيربنسكى فى شكل الكاتدرائيات والذى يشبه فى ترتيبه ورقة الشجر

ويظهر أيضا فى شكل ١٠ (أ – ب) تطبيق مثلث سيربنسكى فى العمارة الداخلية من خلال تكرار المثلثات بإحجام مختلفة والتى تشبه فى تركيبها بمثلث سيربنسكى وبذلك يتحقق واحد من أهم مبادئ نظرية الهندسة النمطية وهو مبدأ التشابه

الذاتي فى التصميم وفى الشكل يظهر أيضا من الناحية الوظيفية استخدام هذه المثلثات كفتحات للإضاءة والتهوية أعطت شكلا إبداعيا للفراغ وغير تقليدي.

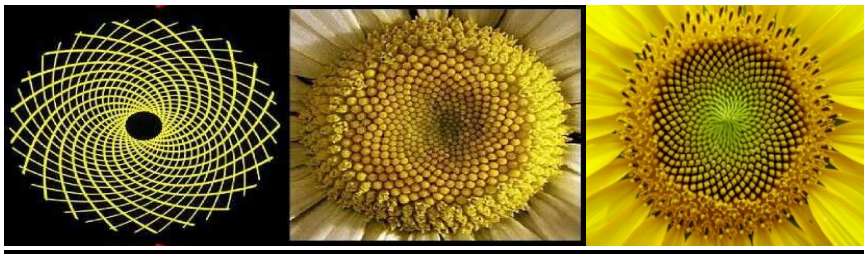


(ب) (أ)

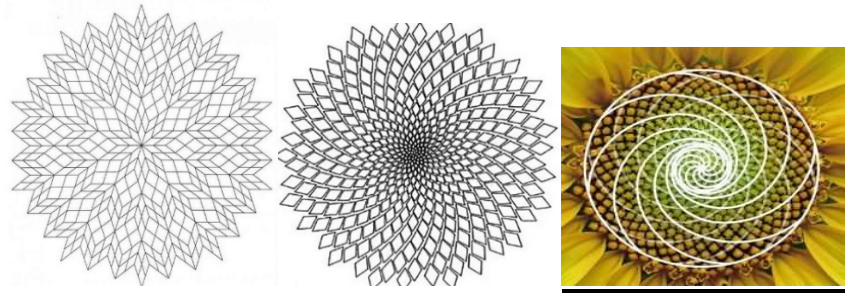
شكل١٠(أ – ب) يوضح تطبيقات مثلث سيربنسكى فى العمارة الداخليه من خلال تكرار المثلثات باحجام مختلفة

رابعا:التكرارات الهندسية :

وهذه الإشكال الهندسية أصلها من من إشكال الطبيعة والذى يمكن من خلالها أن نصيغ عددا من أشكال التكرارات الهندسية التى لا حصر لها والتى يمكن استخدامها بكثرة فى مجال العمارة والعمارة الداخلية واستخدامها كنوع من الزخرفة أيضا ، ويظهر فى شكل ١١ (أ – ب) كيفية صياغة التكرارات الهندسية من شكل الزهرة والتى يمكن من خلالها صياغة أشكال لا متناهية من هذة التكرارات الهندسية الجميلة ، والمرتبطة بالنظرية فى مبدأ التكرارات والتشابه الذاتي وهذا يوضح أكثر ارتباط النظرية بالطبيعة ارتباطا وثيقا ولذلك سميت بهندسة الطبيعة.



(أ)



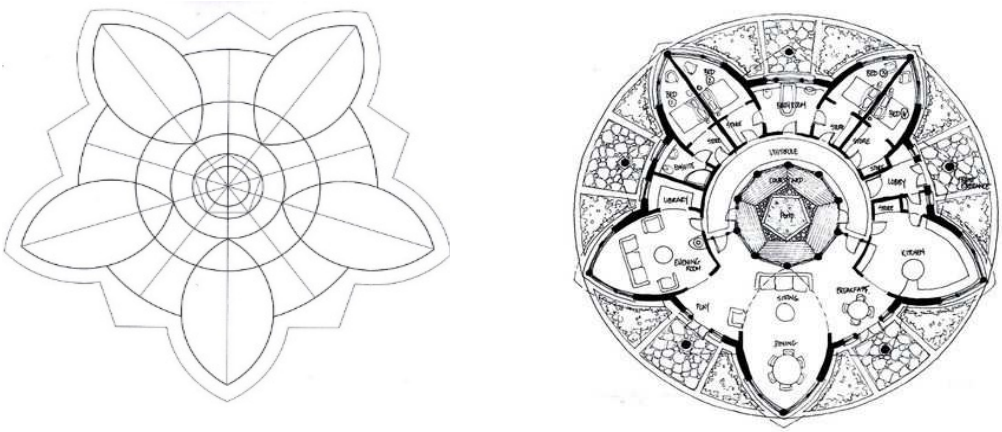
(ب)

شكل ١١ (أ - ب) توضح أيضا كيفية صياغة إشكال مختلفة ولا متناهية من شكل الزهرة

ويمكن استخدام فراكتال التكرارات الهندسية فى العمارة من خلال استخدامها لإنتاج أفكار مختلفة متعددة لعمل إشكال لمساقط أفقيه لإغراض مختلفة سواء كانت داخليه أو خارجية .

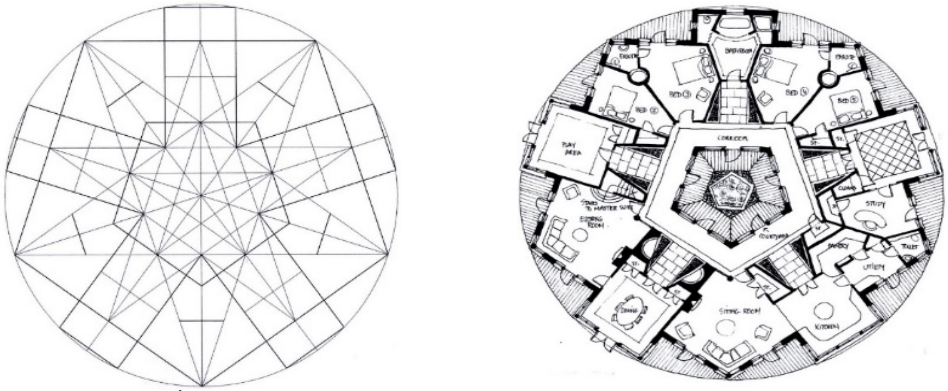
ويظهر فى شكل (١٢) استخدام المصمم للإشكال الهندسية كمبدأ للتصميم لصياغة المسقط الأفقي ـ حيث أعتمد فى تصميمه على الشكل البيضاوى والدائرى ، وتكرارهم وعمل ربط بينهما ، وتم إضافة أجزاء وحذف أجزاء تناسب طبيعة الاستخدام لتعطى مسقط أفقى يلبى احتياج المكان ويحقق الوظيفة والشكل المطلوبين ، ومن شكل المسقط نلاحظ انه مخطط

لفيلا سكنيه ، تم عمل غرفها على شكل بيضاوى ، ثم عمل أضافه لدائرة خارجية كبيرة تربط جميع الفراغات ببعضها البعض والاستفادة منها فى عمل مطلات خارجية وأماكن تشجير تطل عليها جميع غرف الفيلا.



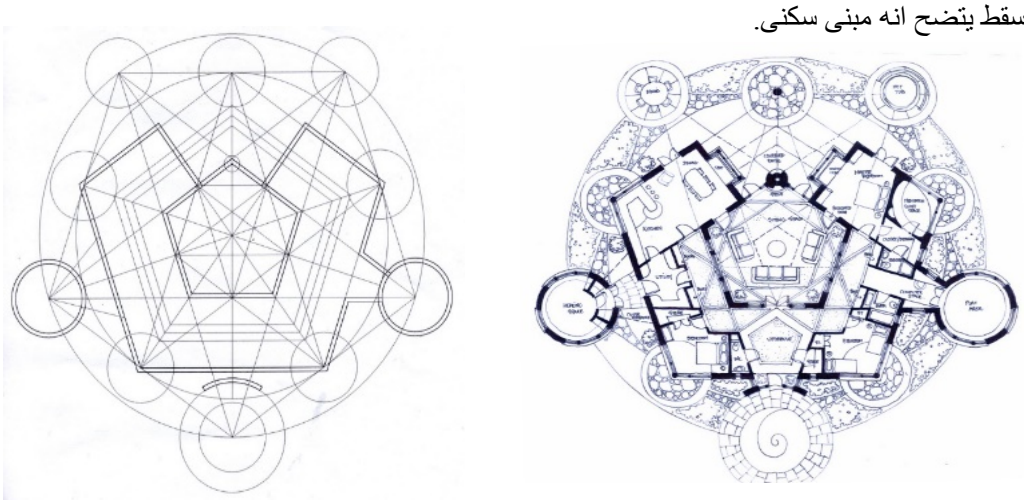
شكل (١٢) يوضح استخدام مبدأ التكرارات الهندسية لإنشاء مسقط أفقي يخدم الوظيفه .

أيضا استخدام المصمم فى شكل (١٣) الدائرة والشكل الخماسي والمستطيلات وعمل على تكرارها ، وخلق علاقات فيما بينهما سواء بالحذف أو بالاضافه لتوزيع فراغات داخليه بما يخدم وظيفة المكان ، ويتضح من شكل المسقط انه مبنى سكنى ، وتم تصميمه ليناسب وظيفته من غرف نوم ، وأماكن خدمية ، وأماكن للمعيشة... الخ .



شكل (١٣) يوضح استخدام المصمم للدوائر والشكل الخماسى والمستطيلات لعمل مسقط افقى يخدم الوظيفه .

أما فى شكل (١٤) استخدام المصمم أشكال هندسيه متعددة مثل الشكل الخماسي والسداسي والدوائر ، وتم توصيل الأقطار ببعضها البعض ، وتم عمل عملية الحذف والاضافه لتشكيل فراغات داخليه ، تلبى وظيفة المكان ، وأيضا من شكل المسقط يتضح انه مبنى سكنى.



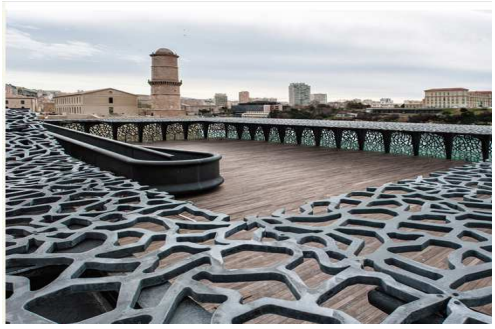
شكل (١٤) يوضح إستخدام المصمم للشكل الخماسى والسداسى والدوائر فى تقسيم الفراغات

٤ - تناول بعض العناصر الوظيفية فى العمارة الداخلية من خلال خصائص الهندسة النمطية :

أ - متحف الحضارات الأوروبية

صممه المهندس الفرنسي الجزائري المولد "رودى ريتشيوتى" Rudy Riciotti " بتصميم كلاسيكي، إجمالي مساحته ٤٥٠٠٠ متر مربع ، ويضم قاعات المعارض والمؤتمرات ، عندما يقترب المرء من المبنى، يبدأ في فهم تعقيده حيث تم تغطية هيكله الداخلي من الصلب والزجاج بجلد مزخرف دقيق من الخرسانة المسلحة

وتظهر الهندسة النمطية فى تكرار الخطوط المتعرجة لإنتاج أشكال تشبه فروع الشجر شكل (١٥) والتى تغطى هيكل المبنى كله ، وأيضا الأعمدة الخرسانية المكررة التى تشبه جذوع الأشجار شكل (١٦).



شكل (١٥) يوضح شكل سقف المتحف الشبيه بفروع الأشجار فى تكرار خطوطه المتعرجة

شكل (١٦) يوضح الهيكل الداخلى المصنوع من الصلب والزجاج ، والأعمدة الخرسانية الحاملة للمبنى

ب - قاعة آتوود للحفلات الموسيقية Evangeline Atwood

تعد قاعة Evangeline Atwood للحفلات الموسيقية أكبر مكان في ألاسكا، وهي حساسة للصوت ومصممة بشكل مثير، تتسع لأكثر من ٢٠٠٠ مقعد ، يظهر السقف الذى يشع بالأحمر والذهبي والأخضر، بشكل مذهل ويلتقط تأثير الشفق القطبي.

وتظهر الهندسة النمطية فى شكل السقف الذى يشبه الشفق القطبي وخطوطه المتكررة التى تكون أشكال هندسية بمقاييس مختلفة لتحقيق مبدأ التشابه الذاتى بها.

(أ)

(ب)

شكل(١٧) حيث يوضح (أ) الأشكال الهندسية المتكررة فى السقف بمقاييس مختلفة ، ويوضح (ب) شكلا من أشكال الشفق القطبى

ج - كلية العلوم والآداب ، الدوحة Doha،Liberal Arts & Science College :

هذا المبنى - للفنون والعلوم الليبرالية - هو الخطوة الأولى لخطة رئيسية لتوسيع الحرم الجامعي الذي تبلغ مساحته ٢٥٠٠ فدان ، حيث تم لف المبنى بالكامل بجلد ثانوي من ألواح GRC "الفسيفساء" يثير التصميم الشبيه بالفسيفساء لمدينة إسلامية نموذجية. "النمط الهندسي" - نمط يشبه الكريستال

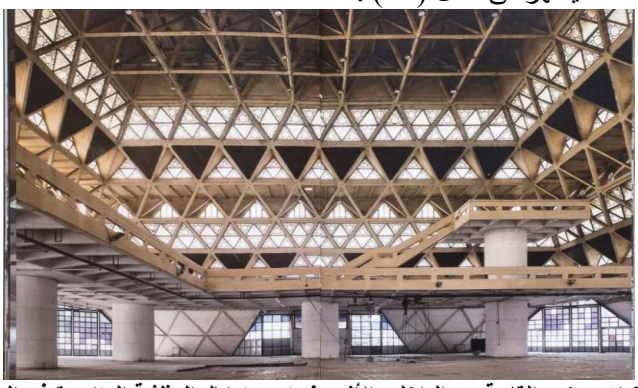
وتظهر الهندسة النمطية فى شكل السقف الذى يشبه النمط الهندسي للنجمة الإسلامية والذى يتكون من تكرار الخطوط الحادة اعتمادا على مبدأ التشابه الذاتي .

شكل (١٨) يوضح السقف الذى يشبه فى تصميمه النجمة الإسلامية ٠

د - قاعة HALL OF NATIONS

هى قاعة الأمم التى قام بتصميمها Mahendra Raj Rewal في مدينة نيودلهي بالهند ، تم بناؤها من الخرسانة المسلحة ، بأهمية خاصة في تاريخ ما بعد الاستعمار في الهند - تم افتتاحها في عام ١٩٧٢ للاحتفال بالذكرى الخامسة والعشرين لاستقلال البلاد

تظهر الهندسة النمطية فى تكرار المثلثات فى مقاييس كبيرة وصغيرة تشبه فى نمطها شكل مثلث سيربنسكى سواء فى الحوائط أو الأسقف كما يظهر فى شكل (١٩) .



شكل (١٩) يوضح القاعة من الداخل والأش٥ف٤٥٥٤ كال المثلثية المتكررة فى الحوائط٠

٥ـ تصميمات اعتمدت على أشكال طبيعيه ذات صفات فراكتاليه:

- هذا التصميم يعتمد على أوراق الشجر التى تتميز بنمط فراكتالى ، من خلال الأوردة المتكررة طوليا وعرضيا شكل٢٠(أ) ، استخدم هذا النمط فى الكثير من التصميمات الداخلية مثل درابزينات السلالم شكل٢٠(ب) ، الذى يظهر كيف استخدم المصمم أوردة أوراق الشجر المتكررة فى صياغة شكل مختلف للدرابزين ويتخذ شكل عضوى ويعتمد على الهندسة النمطية فى التصميم.

- أيضا قنافذ البحر هى واحده من الكائنات الحية الأكثر إثاره للاهتمام فى المحيط ، لديهم خمسة أضعاف التماثل ولذلك فهى نموذج فراكتالى حى شكل٢١(أ) ، وأتخذ المصممين الداخليين قنفذ البحر مرجع لهم فى العديد من التصميمات مثل وحدات الاضاءه شكل٢١(ب) ، والتى تتميز بوجود الهندسة النمطية بها من خلال الفتحات المتكررة بصورة كبيرة وصغيرة اعتمادا على مبدأ التشابه الذاتى.

- كما ان هناك فواطيع تم تصميمها لتستمد الهامها من الاشكال الفراكتاليه لخلية النحل ، حيث يتكون من أشكال هندسيه مكرره بكثره بنظام معين لتكوين شكل يشبه خلية النحل، وهو مصنوع من أكسيد الألمونيوم شكل٢٢(أ–ب).

(أ)

(ب)

شكل٢٠(أ – ب) يوضح قنفذ البحر والخطوط المتكررة على سطحه ووحدات الاضاءه المعتمدة فى تصميمها عليه٠

(أ)

(ب)

شكل ٢١ (أ – ب) يوضح أوردة أوراق الشجر المتكررة طوليا وعرضي واستخدامها فى تصميم درابزينات السلالم٠

(أ)

(ب)

شكل (٢٢) حيث يوضح (أ) شكل خلية النحل الطبيعيه ، ويوضح (ب) تصميم القاطوع المشابه لخلية النحل

(ب) (أ)

شكل(٢٣) حيث يوضح (أ) الحوائط المحاكيه لشكل خلية النحل ، ويوضح (ب) الاشرطه البلاستيكيه.

(ب) (أ)

شكل(٢٣) حيث يوضح (أ) الحوائط المحاكية لشكل خلية النحل ، ويوضح (ب) الاشرطه البلاستيكية

الأنماط المعقدة المتزايدة للأوراق ، وفى داخل الجناح تشعر كأنك في رحلة داخل ورقة الشجر، الفروع الرئيسية مصنوعة من ألواح شجرة التنوب الخشبية مترابطة لتشكل نظام الدعم الرئيسي للمبنى ، ويتم إدخال الخلايا

- الأصغر دائرية الشكل الأصغر داخل الفروع الرئيسية وهى مصنوعة من البلاستيك الشفاف لإدخال أشعة الشمس

أولا :نتائج البحث:

١- هناك علاقة وثيقة وارتباط بين الرياضيات والفراغ ، ففى الهندسة اهتم علم العمارة بإيجاد وخلق الفراغ وتكوينه، أما الرياضيات فاهتمت بوصف الفراغ .

٢- أعطت الهندسة الكسريه الفرصة للكشف عن الجماليات الكامنة فى علم الرياضيات .

٣- أعطت الهندسة الكسريه إثراء لعملية التصميم لأنها تعتمد على التكرار ، والتشابه الذاتي وتعديلات الحجم فى توليد التصميم والابتكار

٤- أمكن الحصول على التصاميم المعاصرة والمبتكرة من خلال تأثير التداخل بين التصميم الداخلي والنظريات العلمية الحديثه.

المراجع:

١- شاكر، شيماء عبد العزيز . الأساليب التصميمية فى تطبيق طباعة أقمشة السيدات . مجلة العمارة والفنون . العدد الثاني عشر الجزء الثاني

٢- غليك، جايمس،٢٠٠٨، نظرية الفوضى علم اللامتوقع . القاهرة ، مصر :، دار الساقى

1. Keneth, j . (june 2013) . Fractal Geometry. Third Edition
2. Andreas, M . The Tower of Hanoi . Myths and Maths. Second edition , Birkhouser
3.Gray, Susan . (1993) . Architects on Architects
4. Batty, Michael, (7 March 2013) . Fractals and cities. Simulation Using celluler automate . session 3 : lecture 3
5. Lesmoir, Nigal, (12 march 2018) gordon . Cloud Arent Spheres . World scientific

Garcia, Mark .(2014) . Future details of Architecture ز6

7- Thames & Hudson . (2008) . Digital Architecture now. Neil spiller.