

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 وتشكلي في العمارة الداخلية

زينب محمد عبد المعز و طارق كمال الدين عادلي

قسم الديكور ، شعبة العمارة الداخلية ، كلية الفنون الجميلة - جامعة المنيا - مصر .

* البريد الإلكتروني للباحث الرئيسي : [E- mail: Zeinab Mohamed@yahoo.com](mailto:Zeinab Mohamed@yahoo.com)

الملخص:

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

الكلمات المفتاحية : الهندسة النمطية، مجموعة كانتور، منحنى كوخ، مثلث سيربنسكي، التكرارات الهندسية .

أهمية البحث :

- توجيه النظر إلى مفردات البيئة كاداه للإبداع التصميمي في العمارة الداخلية .
- إبراز نقطة التحول الإبداعية في تصميمات العمارة الداخلية وذلك من خلال الاتجاهات التصميمية والنظريات العلمية الحديثة و التي 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 النمطية في العمارة الداخلية ؟

مسلمات البحث:

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

١ - المقدمة:

مع نهاية القرن العشرين تطور علم الرياضيات تطورا كبيرا ، هذا التطور أدى إلى توجيه اهتماما أكبر في علاقة الرياضيات بمكونات الطبيعة ، فالأشياء في الطبيعة لها خصائصها الطبيعية بالإضافة إلى البعد الرياضي المكون لهذه الأشياء ، ومن هنا ظهرت الهندسة النمطية (التكسيرية أو الفراكتالات) التي تبحث عن تفسير رياضي لتكون الأشياء في الطبيعة ، عن طريق المكونات الجزئية للأشكال الطبيعية ، وتعتبر الفراكتالات نمط هندسي يتكرر على مقاييس تتزايد في الصغر وتؤدي إلى أشكال وأسطح غير منتظمة ، وتوصف هندسة الفراكتال بانها هندسة الطبيعة نظرا لارتباطها بالأشياء 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 وتأتي كلمة فراكتال من الفعل اللاتيني Franger والذي يعني يفتت أو يكسر ، وهذا الفعل مرتبط بوصف الخصائص الطبيعية للأشياء ، فهي تبدو مفتتة غير مستوية في أشكال مركبة ومعقدة ، كما أن فراكتال تأتي من الكلمة اللاتينية Fractious وتعني تكسير أو تفتت وهي تصف مجموعات غير عادية من الخطوط والنقط والتعرجات ، وللمة فراكتال شقين ، فالأول هو الفراكتالات الطبيعية وتختص بالأشكال والأشياء المرتبطة بالطبيعة والعلوم ، والثاني في الرياضيات.

٢ - ارتباط الهندسة النمطية بالطبيعة

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



حيث يوضح شكل (١) الغيوم في 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 في 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.

شكل (١) يوضح الغيوم المتكررة والمعقدة في تركيبها والتي يمكن تفسيرها بالهندسة النمطية



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

شكل (٢) يوضح خطوط البرق المتعرجة المكررة والتي تأخذ أشكالا متعددة ومتداخلة

٣ - تطبيق هندسة الفراكتال في العمارة الداخلية:

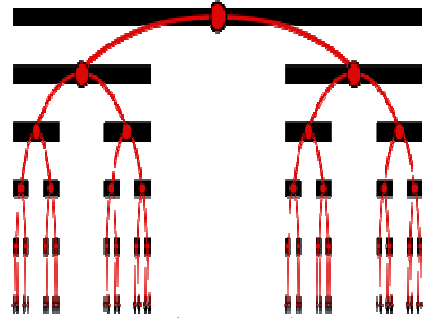
يمكن تطبيق هندسة الفراكتال في العمارة الداخلية عن طريق استخدام أشكال معينة اعتمدت على مبدأ التشابه الذاتي ، وتكرار الشكل إلى عدد لا نهائي من المرات والتي يمكن الإستعانة بها في تصميمات العمارة الداخلية ويتضح ذلك من الأمثلة التالية التي توضح أشهر الأشكال لهندسة الفراكتال .

أولا: مجموعة كانتور Cantor Set: .

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



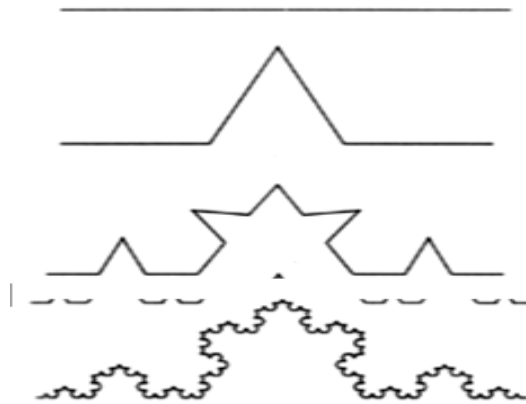
شكل (٤) يوضح نموذج لأحد واجهات الكاتدرانيات



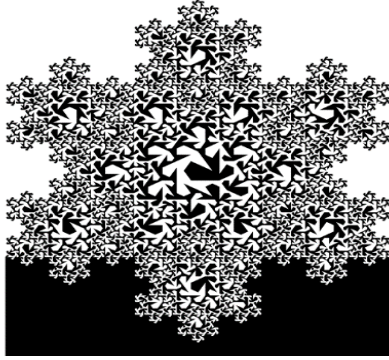
شكل (٣) يوضح إمكانية استخدامه كأساس في تصميم الواجهات

ثانيا: منحنى كوخ لرفانق الثلج Koch snowflake curve:

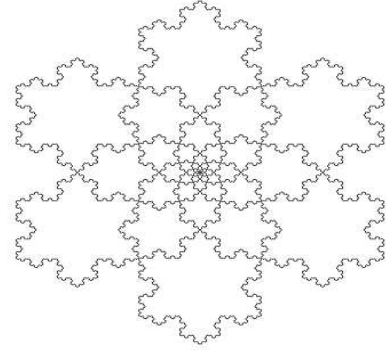
أطلق عليها هذا الاسم العالم السويدي فون كوخ (١٩٠٤م) شكل (٥) ، والشكل التالي يوضح منحنى كوخ ، ويمكن استخدامه في استنباط أشكال متنوعة من الزخارف شكل (٦) ، (٧) .



شكل (٥) يوضح منحنى كوخ .



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



شكل (٦) يوضح زخرفه يمكن استنباطها من التشابه الذاتي لتكوينات منحني كوخ

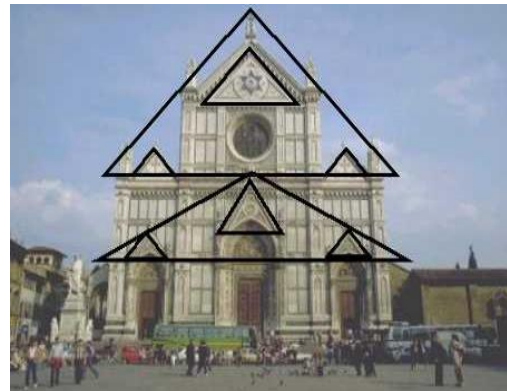
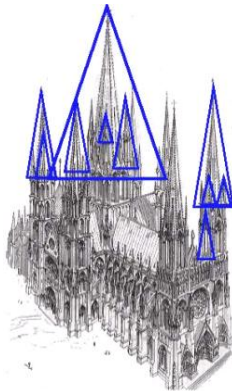
ثالثاً: مثلث سيربنسكي: Sierpinski :

قدم الرياضي البولندي سيربنسكي في عام ١٩١٦ ما يعرف بمثلث سيربنسكي وتكون عن طريق متابعة الفركتلات الجزئية الموسعة التي شكلتها التجميع الذاتي لمكونات جزئية صغيرة



شكل (٨) يوضح مثلث سيربنسكي وهو من أهم أشكال الهندسة النمطية والذي يعتمد على مبدأ التشابه الذاتي

ويمكن تطبيق مثلث سيربنسكي في العمارة والعمارة الداخلية من خلال بعض النماذج مثل شكل (٩-١٠) ، والذي يوضح علاقة نظرية الهندسة النمطية بالعمارة وتطبيقاتها من ناحية الشكل والوظيفة . حيث يظهر في شكل (٩-أب) واجهة الكاتدرائية والاسلوب المتبع في تصميمها الذي يعتمد على مبدأ التشابه الذاتي وعند مقارنتها بمثلث سيربنسكي سوف نلاحظ تطبيقه في شكل الزخارف والموتيفات في الواجهه واختلاف احجامها ايضا في اختلاف اجسام ابراج الكاتدرائية ، ويوضح الشكل ايضا وجود تشابه بين النظرية والطبيعة في شكل مثلث سيربنسكي الذي يشبه ترتيب ورقة الشجر وتعدد احجامها .



(ب)

(أ)

شكل ٩ (أ - ب) يوضح تطبيقات مثلث سيربنسكي في شكل الكاتدرائيات والذي يشبه في ترتيبه ورقة الشجر

ويظهر أيضا في شكل (١٠ - أ - ب) تطبيق مثلث سيربنسكي في العمارة الداخلية من خلال تكرار المتثلثات بإحجام مختلفة والتي تشبه في تركيبها بمثلث سيربنسكي وبذلك يتحقق واحد من أهم مبادئ نظرية الهندسة النمطية وهو مبدأ التشابه

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



(ب)

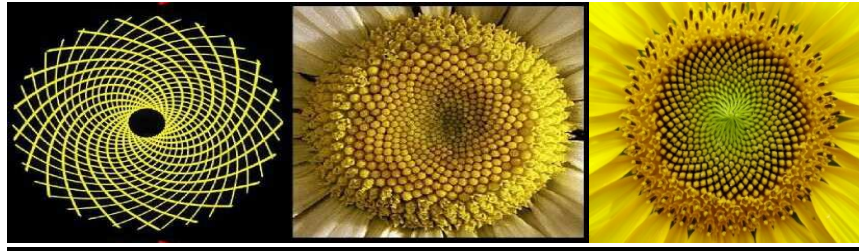


(أ)

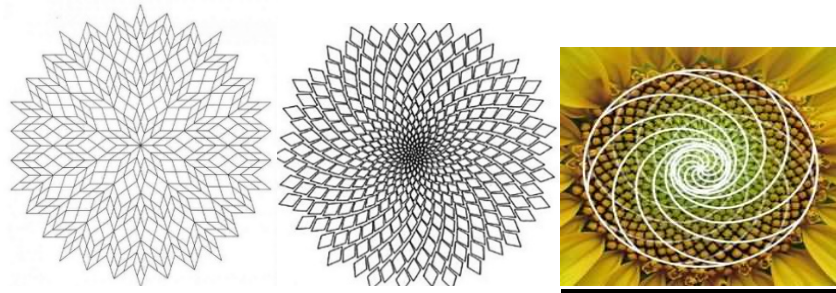
شكل ١٠ (أ - ب) يوضح تطبيقات مثلث سيربنسكي في العمارة الداخليه من خلال تكرار المثلثات باحجام مختلفة

رابعاً: التكرارات الهندسية :

وهذه الأشكال الهندسية أصلها من من أشكال الطبيعة والذي يمكن من خلالها أن نصيغ عددا من أشكال التكرارات الهندسية التي لا حصر لها والتي يمكن استخدامها بكثرة في مجال العمارة والعمارة الداخلية واستخدامها كنوع من الزخرفة أيضا ، ويظهر في شكل ١١ (أ - ب) كيفية صياغة التكرارات الهندسية من شكل الزهرة والتي يمكن من خلالها صياغة أشكال لا متناهية من هذه التكرارات الهندسية الجميلة ، والمرتبطة بالنظرية في مبدأ التكرارات والتشابه الذاتي وهذا يوضح أكثر ارتباط النظرية بالطبيعة ارتباطا وثيقا ولذلك سميت بهندسة الطبيعة.



(أ)



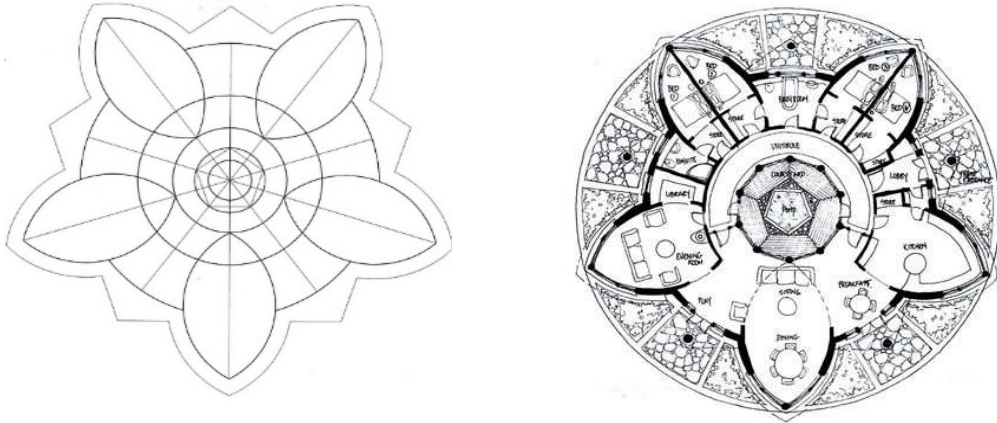
(ب)

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

ويمكن استخدام فراكتال التكرارات الهندسية في العمارة من خلال استخدامها لإنتاج أفكار مختلفة متعددة لعمل أشكال لمساقط أفقيه لإغراض مختلفة سواء كانت داخلية أو خارجية .

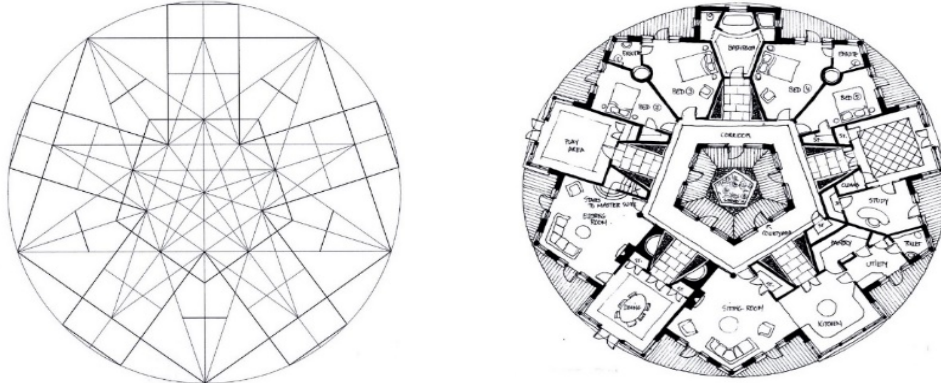
ويظهر في شكل (١٢) استخدام المصمم للإشكال الهندسية كمبدأ للتصميم لصياغة المسقط الأفقي - حيث أعتمد في تصميمه على الشكل البيضاوي والدائري ، وتكرارهم وعمل ربط بينهما ، وتم إضافة أجزاء وحذف أجزاء تناسب طبيعة الاستخدام لتعطى مسقط أفقي يلبي احتياج المكان ويحقق الوظيفة والشكل المطلوبين ، ومن شكل المسقط نلاحظ انه مخطط

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



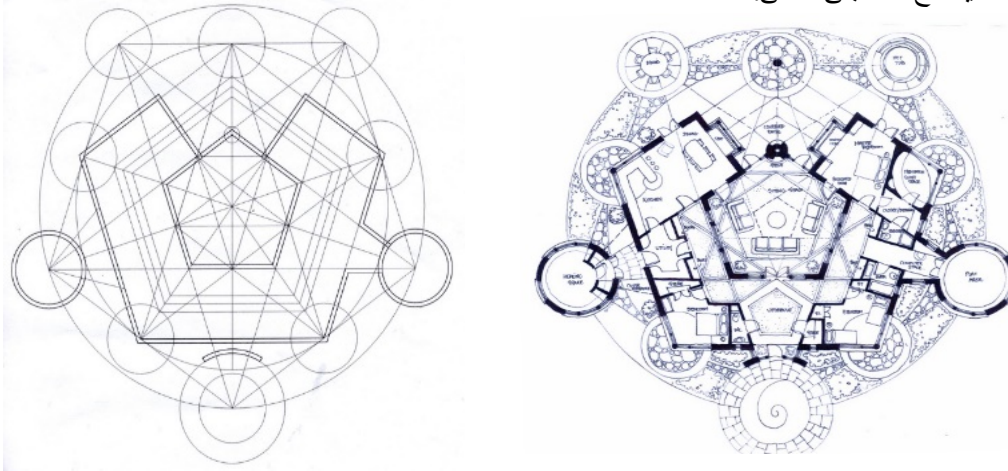
شكل (١٢) يوضح استخدام مبدأ التكرارات الهندسية لإنشاء مسقط أفقى يخدم الوظيفة .

أيضا استخدام المصمم فى شكل (١٣) الدائرة والشكل الخماسي والمستطيلات وعمل على تكرارها ، وخلق علاقات فيما بينهما سواء بالحذف أو بالاضافة لتوزيع فراغات داخلية 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 الخماسي والمستطيلات لعمل مسقط أفقى يخدم الوظيفة .

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



شكل (١٤) يوضح استخدام المصمم للشكل الخماسي والسداسي والدوائر فى تقسيم الفراغات

٤- تناول بعض العناصر الوظيفية في العمارة الداخلية من خلال خصائص الهندسة النمطية : أ - متحف الحضارات الأوروبية

صممه المهندس الفرنسي الجزائري المولد "رودي ريتشيوتي" Rudy Ricciotti " 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 في تكرار الخطوط المتعرجة لإنتاج أشكال تشبه فروع الشجر شكل (١٥) والتي تغطي هيكل المبنى كله ، وأيضا الأعمدة الخرسانية المكررة التي تشبه جذوع الأشجار شكل (١٦).



شكل (١٥) يوضح شكل سقف المتحف الشبيه بفروع الأشجار في تكرار خطوطه المتعرجة ،
شكل (١٦) يوضح الهيكل الداخلي المصنوع من الصلب والزجاج ، والأعمدة الخرسانية الحاملة للمبنى ،

ب - قاعة أتود للحفلات الموسيقية Evangeline Atwood

تعد قاعة Evangeline Atwood للحفلات الموسيقية أكبر مكان في الأسكا، وهي حساسة للصوت ومصممة بشكل مثير، تتسع لأكثر من ٢٠٠٠ مقعد ، يظهر السقف الذي يشع بالأحمر والذهبي والأخضر، بشكل مذهل وبلتقط تأثير الشفق القطبي. وتظهر الهندسة النمطية في شكل السقف الذي يشبه الشفق القطبي وخطوطه المتكررة التي تكون أشكال هندسية بمقاييس مختلفة لتحقيق مبدأ التشابه الذاتي بها.



(ب)

(أ)

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

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

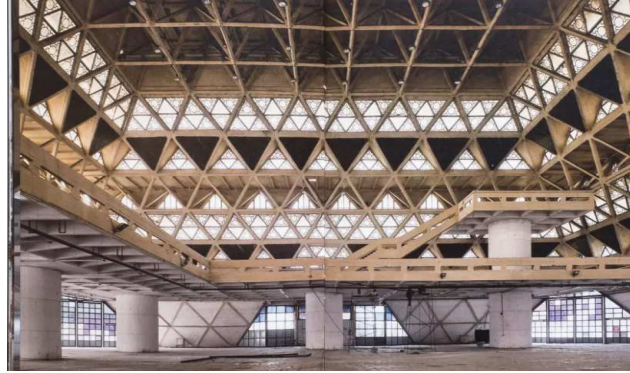
هذا المبنى - للفنون والعلوم الليبرالية - هو الخطوة الأولى لخطة رئيسية لتوسيع الحرم الجامعي الذي تبلغ مساحته ٢٥٠٠٠ فدان ، حيث تم لف المبنى بالكامل بجلد ثانوي من ألواح GRC "الفسيفساء" يثير التصميم الشبيه بالفسيفساء لمدينة إسلامية نموذجية. "النمط الهندسي" - نمط يشبه الكريستال وتظهر الهندسة النمطية في شكل السقف الذي يشبه النمط الهندسي للنجمة الإسلامية والذي يتكون من تكرار الخطوط الحادة اعتمادا على مبدأ التشابه الذاتي .



شكل (١٨) يوضح السقف الذي يشبه في تصميمه النجمة الإسلامية .

د - قاعة HALL OF NATIONS

هي قاعة الأمم التي 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 في تكرار المثلثات في مقاييس كبيرة وصغيرة تشبه في نمطها شكل مثلث سيربنسكي سواء في الحوائط أو الأسقف كما يظهر في شكل (١٩) .



شكل (١٩) يوضح القاعة من الداخل والأشرف؛ ٥٥؛ ٥٥؛ كال المثلثية المتكررة في الحوائط.

٥- تصميمات اعتمدت على أشكال طبيعيه ذات صفات فراكتاليه:

- هذا التصميم يعتمد على أوراق الشجر التي تتميز بنمط فراكتالي ، من خلال الأوردة المتكررة طوليا وعرضيا شكل (٢٠ أ) ، استخدم هذا النمط في الكثير من التصميمات الداخلية مثل درابزينات السلام شكل (٢٠ ب) ، الذي يظهر كيف استخدم المصمم أوردة أوراق الشجر المتكررة في صياغة شكل مختلف للدرابزين ويتخذ شكل عضوي ويعتمد على الهندسة النمطية في التصميم.
- أيضا قنafd البحر هي واحده من الكائنات الحية الأكثر إثارة للاهتمام في المحيط ، لديهم خمسة أضعاف التماثل ولذلك فهي نموذج فراكتالي حتى شكل (٢١ أ) ، وأخذ المصممين الداخليين قنfd البحر مرجع لهم في العديد من التصميمات مثل وحدات الاضاءه شكل (٢١ ب) ، والتي تتميز بوجود الهندسة النمطية بها من خلال الفتحات المتكررة بصورة كبيرة وصغيرة اعتمادا على مبدأ التشابه الذاتي.

- 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 شكل ٢٢(أ-ب).



(ب)



(أ)

شكل ٢٠ (أ - ب) يوضح قفّذ البحر والخطوط المتكررة على سطحه ووحدات الاضاءه المعتمده في تصميمها عليه .



(ب)



(أ)

شكل ٢١ (أ - ب) يوضح أوردة أوراق الشجر المتكررة طوليا وعرضي واستخدامها في تصميم درابزينات السلام .

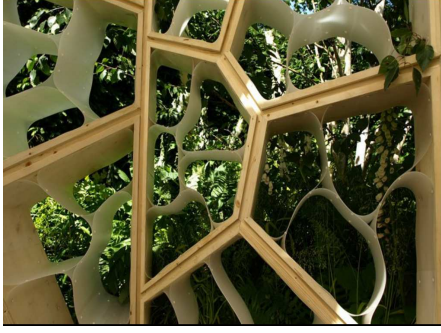


(ب)



(أ)

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



(ب)



(أ)

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



(ب)



(أ)

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

الأنماط المعقدة المتزايدة للأوراق ، وفي 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 وهي مصنوعة من البلاستيك الشفاف لإدخال أشعة الشمس

أولا :نتائج البحث:

- ١ - هناك علاقة وثيقة وارتباط بين الرياضيات والفراغ ، ففي الهندسة اهتم علم العمارة بإيجاد وخلق الفراغ وتكوينه، أما الرياضيات فاهتمت بوصف الفراغ .
- ٢ - أعطت الهندسة الكسريه الفرصة للكشف عن الجماليات الكامنة في علم الرياضيات .
- ٣ - أعطت الهندسة الكسريه إثراء لعملية التصميم لأنها تعتمد على التكرار ، والتشابه الذاتي وتعديلات الحجم في 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 في 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
- 6 Garcia, Mark .(2014) . Future details of Architecture
- 7- Thames & Hudson . (2008) . Digital Architecture now. Neil spiller.