الهندسة الكسرية وانعكاسها على تصميم المظلات بالمحيط البيئي

Fractal geometry and its reflection on pavilion design in the environmental surrounding

أ.د/ وائل رأفت محمود هلال
أستاذ التصميم البيئي، قسم التصميم الداخلي والأثاث، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان
أ.د/ أشرف حسين إبراهيم
أستاذ التصميم البيئي، قسم التصميم الداخلي والأثاث، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان
م\ ندى الزناتي عبد المطلب علي
معيدة، قسم التصميم الداخلي والأثاث، كلية الفنون التطبيقية، جامعة بدر

ملخص البحث: Abstract
اكتسبت الهندسة الكسرية اهتمامًا كبيرًا بسبب تكراراتها الجذابة وتعقيداتها اللامتناهية. تقدم الهندسة الكسرية نهجًا فريدًا في مجال الهندسة المعمارية والتصميم الداخلي والخارجي وتصميم الأثاث بوجه خاص. ظهر جمال الهندسة الكسرية في الحيزات الخارجية من خلال تصميم المظلات سواء كانت هياكل مؤقتة أو شبه دائمة، وذلك نتيجة لمشكلة عامة في أن المظلات المعاصرة تفتقد إلى التوافق مع المحيط البيئي لها وترتكز على التقليدية. ومن هنا افترضت الدراسة أن استخدام مبادئ الهندسة الكسرية في تصميم المظلات سيساهم في تحقيق تناغم أفضل مع المحيط البيئي، ومن هنا أظهرت الدراسات التحليلية مجموعة من النتائج التي تؤكد هذه الفرضية، من أبرزها أن استخدام الهندسة الكسرية في تصميم المظلات يبعث أبعاد جديدة لإحساس المتلقي بالبيئة المحيطة، وأن استخدام الأشكال الكسرية في تصميم المظلات بالأماكن العامة يخلق تصميمات غنية بصريا تعزز من المظهر الجمالي للمحيط البيئي.

كلمات دالة: Keywords
الهندسة الكسرية Fractal geometry، المظلات Pavilions، المحيط البيئي Environmental surroundings

Paper received June 17, 2024, Accepted August 25, 2024, Published on line September 1, 2024

مشكلة البحث: Statement of the Problem

تفتقد المظلات المعاصرة إلى التوافق مع المحيط البيئي لها وترتكز على التقليدية.

أهداف البحث: Research Objectives

1- دمج العناصر البيئية والثقافية والتاريخية في تصميم المظلات لتتناسب مع المحيط البيئي.
2- الاعتماد على الأساليب التصميمية للهندسة الكسرية في تعزيز القيم الجمالية للمظلات المعاصرة في محيطها البيئي.

فروض البحث: Research Hypothesis

يفترض البحث أنه:
1- بتسليط الضوء على مبادئ الهندسة الكسرية في تصميم المظلات سيساهم في تحقيق تناغم أفضل مع المحيط البيئي، مما يزيد من فاعلية التصميمات في توفير الظل والجمال.
2- أن اعتماد رؤية تصميمية تتناسب مع السياق البيئي والثقافي والتاريخي لكل موقع يساعد في تعزيز الاستدامة البيئية للمظلات وتقليل تأثيرها السلبي على البيئة المحيطة.

منهج البحث: Research Methodology

دراسة نظرية لمفهوم وخصائص وسمات وطرق توليد الهندسة الكسرية. دراسة تحليلية لتصميم المظلات في المحيط البيئي. استخلاص أهم النتائج لمواكبة تصميم مظلات المحيط البيئي.

الإطار النظري: Theoretical Framework

أولاً: دراسة نظرية لمفهوم وخصائص وسمات وطرق توليد الهندسة الكسرية.

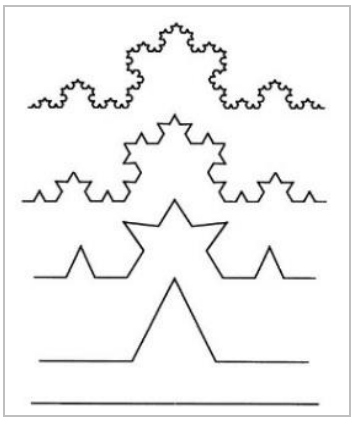
أ- مفهوم الهندسة الكسرية Fractal geometry

الهندسة الكسرية هي دراسة الأشكال الرياضية التي تعرض سلسلة من التفاصيل المتعرجة والمتشابهة ذاتيًا والتي لا تنتهي أبدًا كلما راقبها المرء عن كثب. تُستخدم مفاهيم الهندسة الكسرية في العديد من المجالات من الفيزياء إلى التأليف والموسيقي وغيرهم. يمكن للهندسة المعمارية والتصميم الداخلي الاستفادة من استخدام هذه الأداة الرياضية الجديدة نسبيًا. فالهندسة الكسرية هي مثال نادر للتكنولوجيا التي يمكن أن تصل إلى جوهر تكوين التصميم. مثال على الهندسة الكسرية منحنى كوخ. الذي يتم إنشاؤه بطريقة تكرارية، حيث يرسم نفسه على نفسه بمقاييس أصغر وأصغر.
(Carl Bovill, 1996)

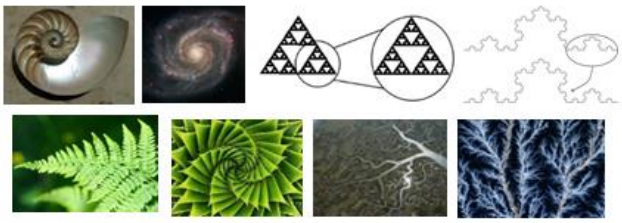
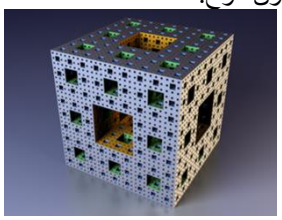
ب- أين يمكن أن نجد الهندسة الكسرية Where do we find fractals

إن الأشكال الكسرية ترتبط بشكل مباشر في كيفية تنظيم العالم من حولنا فهي محيطة بنا وتقدم لنا أشكالاً ذات قيمة جمالية كبيرة، فإذا بحثنا حولنا سوف نجدها في الطبيعة ويتم تفسيرها وتحليلها هندسياً من خلال المعادلات الرياضية.

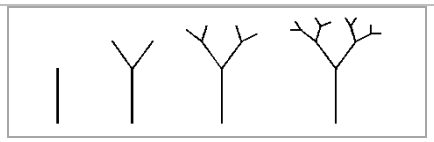
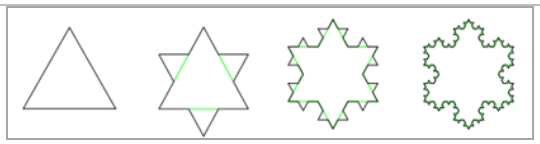
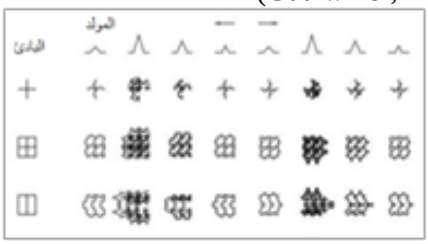
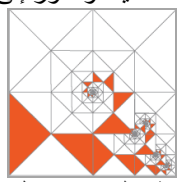
ج- خصائص وسمات الهندسة الكسرية:



شكل 1 إنشاء منحنى كوخ من خلال عدد قليل من التكرارات
Carl Bovill (1996) ,"Fractal geometry in architecture and design", Springer Science+Business Media New York, Pg.2:المصدر

الخاصية	التعريف
التشابه الذاتي Self-Similarity	هي خاصية من أهم خصائص الهندسة الكسرية، التي يكون فيها تشابه بين الأجزاء المكونة للشكل، أي أن الجزء من الكل يشبه تماماً ذلك الكل، فإذا أضفنا جزءاً متكاملاً من الأجزاء المتكونة للشكل الكسرى، ثم قمنا بتكبيره عدة مرات فإننا في النهاية سنحصل على الشكل الأصلي. تظهر تلك الخاصية بوضوح في الأشكال والإيقاعات الطبيعية، مثل الأوراق، وتفرع الأشجار، والتلال الجبلية، والأنهار، والمجرات.  شكل 2 يوضح التشابه الذاتي في الهندسة الكسرية ينقسم بدوره إلى: التشابه الذاتي التام/المتطابق Exact Self-Similarity التشابه الذاتي المتقارب Self-affine fractals التشابه الذاتي الإحصائي Statistically self-similar fractals
البعد الكسري Fractal Dimension	يدل البعد الفراكتالي على مدى تعرجات (تعقد) الشكل، وكلما زاد تعقد الشكل كلما زاد البعد الفركتالي له، ويسمى البعد الفركتالي بالبعد الكسري وهو ما يختلف عما اعتاد عليه الرياضيين؛ فالبعد دائماً عدد صحيح موجب فالنقطة ليس لها أبعاد، والمستقيم له بعد واحد، والمستوى له بعدان، والفراغ له ثلاثة أبعاد وهكذا. Michael F. Barnsley, Robert L. Devaney, Benoit B. Mandelbrot, Heinz-Otto Peitgen,) (Dietmar Saupe,1988)
التكرار Iteration	إن الأشكال الكسرية تتكون نتيجة لتكرار إجراءات بسيطة مرات ومرات، فينتج عنها شكل كسري يبدو معقد ومن الأمثلة على ذلك الشكل الكسري الذي يطلق عليه Menger Sponge. والذي يتكون عن طريق البدء بمكعب وتحويله عن طريق حذف جزء معين منه وهو المكعب الأوسط وتكرار هذة العملية (عملية الحذف) عدة مرات على كل مكعب ينتج من المرحلة السابقة، وهناك أمثلة كثيرة لأشكال كسرية يتضح من خلالها التكرار كما في مثلث سيربنسكي ومجموعة كانتور وندفة الثلج لفون كوخ.  شكل 3 التكرار في اسفنجة منجر
قاعدة الإحلال Replacement Rule	ترتبط نظرية الفركتال بهندسة التكرارات، حيث يكرر الشكل الهندسي وفق قاعدة رياضية محددة فيكون الشكل المكرر هو صورة من الشكل الأصلي وفقا لخصائص القاعدة المطبقة، فعند انشاء شكل محدد من خلال إستخدام تلك النظرية من الممكن أن يحل جزء محل الآخر، فتكون النتيجة الحصول على أشكال لانهائية من الفركتال تكون أكثر تعقيدا عن سابقتها، ولكنها تملأ نفس الفراغ الأصلي. (مايسة فكرى أحمد, هبة مصطفى محمد, أشرف حسين إبراهيم, ريهام محمد عبد السلام ،2017) شكل 4 يوضح قاعدة الإحلال في المقرنصات الإسلامية
قابلية التوسع اللانهائية Infinite Scalability	تمتلك المنحنيات الفركتالية أشكال ذات أطوال معروفة بين نقطتين لا أكثر، ولكنها تحتوي على تفاصيل لا حصر لها من النقاط الموجودة على حدودها، لذلك لا يمكن قياس طول هذه المنحنيات فكلما اقتربنا منها أكثر تبدو أطول والشكل النهائي يحتوي بداخله تفاصيل مصغره منه ككل ذات عدد لا نهائي من المقاييس (عند التصغير). (دينا طارق كمال الدين ،2022) وهناك نوعين من التوسع هما: 1. قابلية التوسع خارج حدود الشكل شكل (5). 2. قابلية التوسع داخل تفاصيل الشكل نفسه شكل(6).

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

	 شكل 5 يوضح قابلية التوسع خارج حدود الشكل المصدر: https://fractalsaco.weebly.com/fractal-tree.html  شكل 6 يوضح قابلية التوسع داخل تفاصيل الشكل نفسه المصدر: https://en.wikipedia.org/wiki/Koch_snowflake
النظام التوالدي (التوالد) Generative System	يتم الحصول على الشكل الكسري عن طريق تطبيق معادلة توليد الشكل لعدة مرات، ومع كل عملية تكرار تزداد قوة العلاقات بين الأشكال وتظهر عملية التوليد بوضوح أكثر بعد أربعة أو خمس تكرارات ثم تعود لتختفي بعد زيادة تعقيد الشكل . (Harris, James,2012)
الحساسية للشروط الأولية Initial conditions sensitivity	وهي اعتماد الحدث بشكل حساس جدا على الشروط الأولية المحيطة به، بحيث يمكن أن يتغير بشكل تام في حال حدوث تغيير بسيط في معطياته الأولية. هذه الخاصية تميز الأشكال الكسورية لأن أي تغيير بسيط جدا في المولد أو في معادلة التوليد سيؤدي بعد عدد من التكرارات إلى الحصول على شكل مختلف عن الشكل في حال عدم حدوث هذا التغيير البسيط.(Gutzwiller, Martin C. ,1990)  شكل 7 تأثير التغير في المعطيات الأولية (المولد) على الشكل الكسري
التناظر الكسري Fractal Symmetry	هو أنه تكرار شكل على محور خطي أو حول نقطة معينة وتطور إلى مفهوم آخر وهو الإيقاع.  شكل 8 التناظر الكسري حول نقطة معينة
التعقيد اللانهائي Infinite Complexity	هو نظام مؤلف من مجموعة من الأنظمة المتداخلة والمتراكبة والمتفاعلة فيما بينها ويبدو بأنها في حالة عشوائية لكنها تتبع نظاما دقيقاً ومتماسكاً.

د- أساليب توليد الأشكال للهندسة الكسرية:

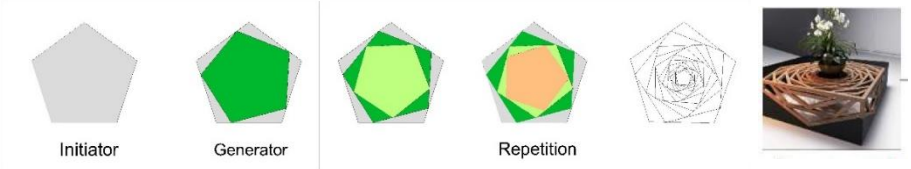
د/1- أسلوب التوليد المتكرر:

يعد من أبسط أساليب توليد الأشكال الكسرية وأكثرها شيوعاً فهي تعتمد على ثلاثة عناصر أساسية قبل البدء في عملية التوليد وهما:

1- البادئ Initiator وهو شكل البداية.

2- المولد Generator مجموعة من النسخ بمقاييس مختلفة للبادئ.

3- الاجراء التكراري Repetition Mandelbrot, Benoit. (1989).



شكل 9 يوضح استنباط خطوات أسلوب التوليد المتكرر لطاولة خماسية الشكل

د/2- أسلوب ليندينماير (L-system or Lindenmayer system)

يتكون نظام ليندماير من أبجدية من الرموز التي يمكن استخدامها لصنع سلاسل؛ مجموعة من قواعد الإنتاج التي توسع كل رمز إلى سلسلة أكبر من الرموز. فهي سلسلة "بديهية" أولية يبدأ البناء منها.يتم ترجمة السلاسل المولدة إلى هياكل هندسية باستخدام أداة رسم تسمى turtle فاستخدمت في نظم البرمجة والأشكال الكسرية. تعتمد على البادئ وتطبيق مجموعة قواعد رياضية يتم تحديدها عند بداية عملية التكرار.

https://parametricmonkey.com/2016/03/09/fractals/

يتضمن أسلوب ليندينماير ثلاث مكونات رئيسية:

1- **الأبجدية:** عبارة عن مجموعة من الأحرف التي يمكن تضمينها في "الجملة". على سبيل المثال A و Bو C.

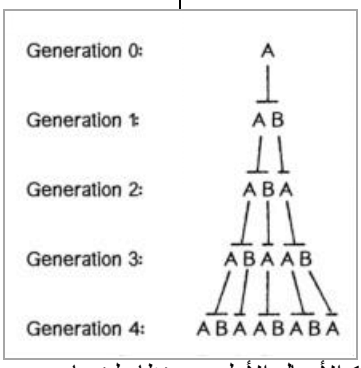
2- **البديهيات:Axioms** هي الجملة التي تصف الحالة الأولية للنظام. على سبيل المثال، باستخدام الأبجدية"ABC" ، فإن بعض البديهيات هي "AAA" أو "B" أو "ACBAB"

3- **القواعد:** يتم تطبيقها على البديهيات ثم تطبيقها بشكل متكرر، مما يؤدي إلى توليد جمل جديدة مرارا وتكرارا. تتضمن قاعدة النظام L على قاعدتين وهما:

- كلما تم العثور على "A" في سلسلة، يتم استبداله بـ "AB".
- كلما تم العثور على "B" في سلسلة، يتم استبداله بـ"A" .
- الأبجدية: A B
- البديهيات:Axioms A

- القواعد:(A -> AB) (B -> A)

نأخذ الجملة البديهية ونطبق عليها القاعدة لنحصل على جملة جديدة: ذلك هو الجيل الأول. نعيد تطبيق القواعد على كل جيل وفي كل مرة نحصل على جملة جديدة.



شكل 10 الأجيال الأولى من نظام لينداماير L System

https://medium.com/@hhtun21/l-systems-draw-your-first-fractals-139ed0bfcac2 Last Accessed 02/05/2024

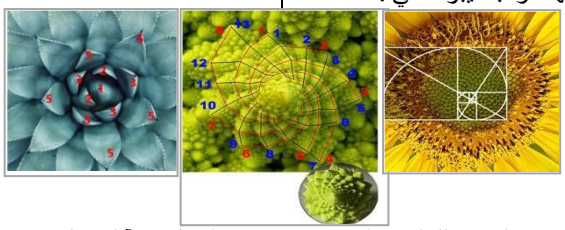
د/3- أسلوب النظام اللولبي Phyllotaxis

هو نظام تكراري يعتمد على التوسع ونمو الشكل لولبيا ويعد الأكثر شيوعا في توزيع الأوراق بالنباتات، ويعتمد على تكرار الشكل وفقا لمتوالية فيبوناتشي وذلك من خلال ثلاثة مراحل وهي:

1- **التوسع:** يكون نمو الشكل فيه مشابها للولب فيبوناتشي .

2- **التكرار الهرمي:** يكون فيه نسبة الحجم بين الشكل والشكل الذي يسبقه هرميا مساوية للنسبة الذهبية. (إيمان ابراهيم ،2017)

3- **تكرار عدد من العناصر**: يتكرر عدد من العناصر في كل مرحلة هرمية تبعاً لتسلسل الأعداد في متوالية فيبوناتشي.



شكل 11 النظام اللولبي بالنباتات و تكرار الشكل وفقاً لمتوالية فيبوناتشي

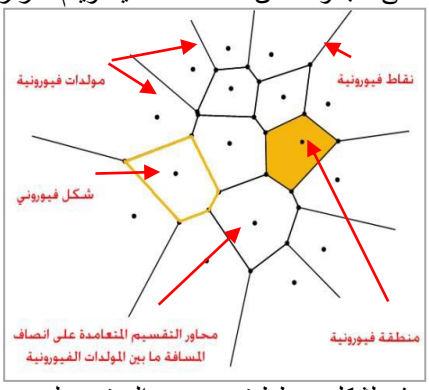
د/4- أسلوب مخططات فورونوي Voronoi diagram:

ترجع تسميتها إلى عالم الرياضيات الأوكراني Georgy Voronoi، الذي كان أول من وضعها بعد ملاحظته لهذه الأنماط في طريقة توزع الخلايا في الكائنات الحية ونلاحظ هذه الشبكة الهرمية بشكل واضح في أوراق النباتات.

يتم إنشاء مخطط فورونوي من خلال تقسيم المستوى إلى مناطق وذلك بناءا على مجموعه من النقط الأساسية ويتم تكرار العملية بتوزيع نقط جديدة داخل كل نقطه بالمنطقه .وبذلك نحصل على شبكه نتيجه تكرار العملية بشكل مستمر.

لكي نحصل على شكل كسري، نقوم أولاً بإنشاء مخطط فورونوي من بعض النقاط. بعد ذلك، نقوم بإضافة المزيد من النقاط وإنشاء مخططات فورونوي جديدة داخل كل منطقة فورونوي الأصلية. مع تكرار العملية نحصل على توالدات الشكل الكسري.

http://files.righto.com/fractals/vor.html



شكل 12 نموذج لشكل مخطط فورونوي والمعتمد على عدد من النقاط الموزعة عشوائيا في الفراغ

شكل 13 التوليد بأسلوب فورونوي في تصميم الأثاث

د/5- أسلوب الطي المتكرر Recursive Origami

عرف الطي بشكل عام على أنه فن طي الورق والذي ينتج عنه أنماط شكلية مختلفة، بينما أسلوب الطي المتكرر هو تكرار نفس العملية مرارا وتكرارا فينتج أشكال أكثر تعقيداً إما متشابهة ذاتيا أو غير متشابهة ذاتياً، أما العملية المطبقة فهي دائماً نفسها، وبالتالي التشابه الذاتي الأساسي هنا هو في العملية وليس في الشكل.

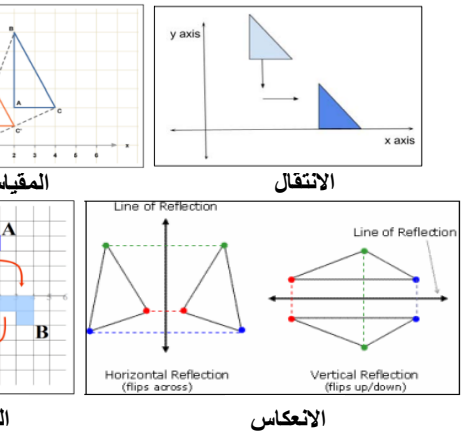
قام المعماري ومبرمج الكومبيوتر Michael Hansmeyer بعمل تجربة في الطي استخدم فيها الحاسوب وقام بإعطائه أمرا بطي كل وجه من متوازي مستطيلات وإعطائه أبعاده منذ البداية مرات لانهائية وحصل على النتيجة الموضحة في الشكل والتي لا نجد فيها التشابه الذاتي وإنما نجد أننا حصلنا على التعقيد الكسري نتيجة لتكرار العملية.http://files.righto.com/fractals/vor.html

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

شكل 14 بناء أعمدة بأسلوب الطي المتكرر للمعماري ميشيل هانسمير باستخدام الحاسوب

د/6- أسلوب نُظم الدوال التكرارية (iterated function system) ifs

من النظم الشائعه ينشأ من تكرار نسخ من الأصل واتحادهم مع تصغير النسخه الأصلية بعدد لا نهائى فى اتجاهات مختلفه .وبتكرار التحولات التى تطرأ على هذة النسخ ينتج أنماط غاية فى التعقيد . ولكن هذة التحولات التقليصية لا تحافظ على التشابه تماما حيث تسمح نظرية IFS بقص الصورة الأولية،واجراء التحولات عليها " الانتقال والانعكاس والمقياس والتدوير" كجزء من التصغير، ويسمى ذلك رياضيا بإسم التحول الخطي النسبي transformation Affine. وذلك يعني أن الرقم المصغر ليس مشابهًا بالمعنى الرياضي الرسمي للكلمة. لم يتم الحفاظ على الزوايا، وجميع جوانب الشكل المصغر ليست متشابهة في الحجم النسبي لجميع جوانب الشكل البداية. (Carl Bovill , 1996)



شكل 15 يوضح التحولات المختلفة لتوليد الفركتالات وهما الانتقال، والمقياس، والانعكاس، والدوران

ثانياً: دراسة تحليلية لتصميم مظلات المحيط البيئي:

ا- مفهوم المحيط البيئي The surrounding environment

يشير مصطلح المحيط البيئي إلى الظروف والعناصر والمؤثرات الموجودة في المنطقة أو الفراغ المحيط بكيان أو موقع معين. ويشمل ذلك العناصر المادية مثل الهواء والماء والنباتات والحيوانات، بالإضافة إلى العوامل غير الملموسة مثل التأثيرات الاجتماعية، والثقافية، والاقتصادية، والسياسية والتاريخية.حيث يلعب المحيط البيئي دورًا حاسمًا في تشكيل الخبرات والتفاعلات والرفاهية العامة للأفراد والمجتمعات.

(Richard T. Wright and Dorothy F. Boorse , 2019)

مفهوم تصميم المظلات او ما يعرف ب(Pavilion)

تُعَدُّ المظلات عنصرًا حيويًا في التصميم البيئي، خاصة في الأماكن العامة مثل الحدائق، المتنزهات، محطات الانتظار، وسائل المواصلات المتنوعة، والمباني، إلى جانب العديد من الوظائف الأخرى. اقتصر التصميم المتوارث للمظلات على حجب ضوء الشمس او تخفيفه او حجب الامطار من منطقة معينه، وكانت تصميمها وفقا لهذا الغرض تقليدي يعتمد على مواد وأشكال متوارثة تواكب الاحتياجات الثقافية والبيئية للمجتمعات. وعكست الأنماط التقليدية المتنوعة ثقافات المناطق التي صنعت فيها.

بينما شهد تصميم المظلات تطورًا كبيرًا في الفترة الأخيرة من ناحية الشكل والتكنولوجيا المستخدمة في تصميمها وتنفيذها، وأصبح المصمم يطور منها حيث إنها لم تعد قاصرة على التصميمات التقليدية المتعارف عليها، بل تماشت مع التطورات الحديثة في عالم التصميم والفنون وفيما يلي بعض النماذج العالمية والمحلية للتصميمات الحديثة للمظلات التي استخدمت مفهوم الهندسة الكسرية. (الشيماء محمد سعيد،2021)

شكل 16 نماذج من تصميم المظلات التقليدية

ج- بعض النماذج التحليلية وتشمل:

- نماذج عالمية.
- نماذج محلية.
- دراسة حالة

ج/1- النماذج العالمية:

ج/1- 1- مشروع مظلة الازدهار The Flourish Pavilion

التعريف بالمشروع: مظلة فنية تهدف إلى عرض الزهور المتفتحة من خلال الهياكل الهندسية الحديثة.

الموقع: تشانجوا، تايوان
السنة: 2024
المصمم: ستوديو ايه لايت Studio A-Light
المساحة: 415 مترًا مربعًا.

الخامات المستخدمة: الهيكل الإنشائي للمظلة مصنوع من أنابيب الخيزران "bamboo" المعالجة حراريا
(https://www.archdaily.com/1013680/flourish-pavilion-studio-a-light)

مشروع مظلة الازدهارThe Flourish Pavilion

شكل 17 يوضح مظلة الازدهار The Flourish Pavilion

خصائص الهندسة الكسرية	السمات	أسلوب التوليد
تم تصميم مظلة الازدهار بالاستناد الى: - خاصية التناظر الكسري. -خاصية التشابه الذاتي. - خاصية التعقيد.	- تتبع هذه المظلة نمطًا متكررًا، حيث تلتف جميع أجزائها حول نقطة ثابتة محورية، مما يخلق شكلًا مشابهًا ذاتيًا بمقاييس مختلفة. - تتكرر الهياكل المتفرعة نفسها على مستويات مختلفة. تسمح هذه الخاصية للمظلة بالحفاظ على جمالية متماسكة مع عرض تفاصيل معقدة عن قرب ومن مسافة بعيدة. - تخلق الأنماط الكسرية المستخدمة في المظلة بيئة غنية ومعقدة بصريًا تجذب انتباه المشاهد وفضوله.	تم إنشاء المظلة بأسلوب النظام اللولبي حيث إنه يعتمد على التوسع ونمو الشكل لولبيا، ويعتمد على تكرار الشكل وفقا لمتوالية فيبوناتشي.

ج/1- 2- مشروع مظلة هيوشي Hiyoshi Pavilion
التعريف بالمشروع: مظلة مؤقتة، عبارة عن مساحة خشبية صغيرة الحجم وفعالة من حيث التكلفة للاستراحة يمكن للطلاب بناؤها بنفسهم.
الموقع: جامعة كيو\ اليابان
السنة: 2023
المصمم: خورخي المازانJorge Almazán
المساحة: 43 مترًا مربعًا.

الخامات المستخدمة: إطارات خشبية هيكلية مصنوعة من خشب الأرز الياباني ملحق بها أقمشة شبكية مثلثة تلقي ظلالاً ناعمة وتسمح للرياح بالمرور. بالإضافة إلى أن جميع المواد وعناصر النجارة قابلة لإعادة التدوير ويمكن إعادة استخدامها.
(https://www.archdaily.com/1012160/hiyoshi-pavilion-jorge-almazan-plus-keio-university-studiolab)

مشروع مظلة هيوشي \ جامعة كيو\ اليابان Keio University\Hiyoshi Pavilion

شكل 18 يوضح مظلة هيوشي بجامعة كيو\ اليابان Hiyoshi Pavilion\Keio University

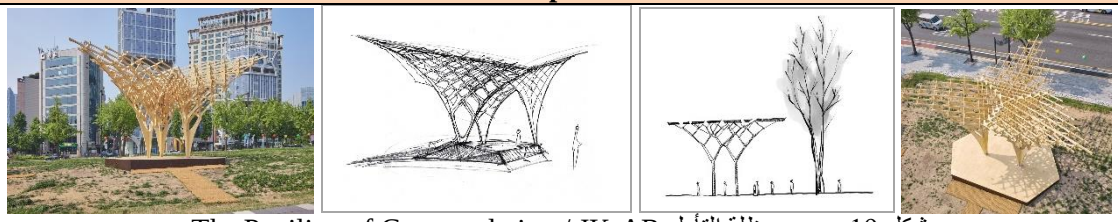
خصائص الهندسة الكسرية	السمات	أسلوب التوليد
تم تصميم مظلة هيوشي بالاستناد الى خاصية التشابهه الذاتي الموجودة في مثلث سيربينسكي الشهير. بالإضافة إلى خاصية التكرار.	شكل كسري ثلاثي الأبعاد يأخذ شكل الهرم الذي يتكون من أهرامات أصغر حجمًا . تم تكرار نفس الوحدة البنائية بشكل منتظم لخلق النمط العام للمظلة. هذه الوحدات تتجمع معًا لتكوين الهيكل الأكبر بنفس الطريقة التي تتكون بها الأشكال الكسرية.	تم إنشاء المظلة بأسلوب التوليد المتكرر بالاستناد الى ثلاثة عناصر رئيسية : البادئ: هو هرم واحد. يعد هذا الهرم بمثابة نقطة البداية لعملية التوليد. المولد: تقسيم كل وجه من وجوه الهرم إلى أهرامات أصغر. يتم تطبيق عملية التقسيم والقياس هذه بشكل متكرر على كل مجموعة جديدة من الأهرامات، مما يؤدي إلى ترتيب متداخل للأهرامات بمقاييس متعددة داخل المظلة. التكرار: تم تطبيق عملية التقسيم والقياس بشكل متكرر على كل مجموعة جديدة من الأهرامات. مما يؤدي إلى إنشاء أنماط معقدة ومتشابهة ذاتيًا.

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

ج/1- 3- مشروع مظلة التأمل The Pavilion of Contemplation

التعريف بالمشروع: تنبثق مظلة التأمل من تجربة تصميمية تستكشف نظام الأقواس الخشبية التقليدي للمباني الخشبية في شرق آسيا، سواء في جوانبها البنيوية أو الجمالية. تعمل المظلة كمأوى لحديقة سونغ هيون، وكمسرح مؤقت لعروض الرقص والموسيقى.
الموقع: سيول، كوريا الجنوبية
السنة: 2023
المصمم: JK-AR (https://www.archdaily.com/1005394/the-pavilion-of-contemplation-jk-ar)

مظلة التأمل The Pavilion of Contemplation / JK-AR



شكل 19 يوضح مظلة التأمل The Pavilion of Contemplation / JK-AR

خصائص الهندسة الكسرية	السمات	أسلوب التوليد
تم تصميم مظلة التأمل بالاستناد إلى: خاصية التشابه الذاتي. خاصية التعقيد. خاصية التوالد.	- يكرر النمط المتفرع للبنية الشبيهة بالشجرة نفسه على مستويات مختلفة من التكبير، مما يخلق إحساسًا بالتشابه والتكرار. - يستمر تعقيد الأنماط المتفرعة في الكشف عن المزيد من التفاصيل أثناء تكبيرنا الصورة، مما يشير إلى مستوى لا نهائي من التفاصيل والتعقيد داخل البنية . - يحاكي نمو وتفرع الهيكل أنماط النمو الطبيعي الموجودة في الأشجار والنباتات، مما يعزز الجماليات العضوية والكسرية للجناح.	تم إنشاء مظلة التأمل باستخدام نظام ليندمايرL-system لإنشاء هيكل يشبه الشجرة بشكل متكرر بناءً على أبجدية من الرموز ومجموعة من قواعد الإنتاج. مما يؤدي إلى إنشاء نمط متفرع جذاب بصريًا له خصائص كسرية. يمكن بعد ذلك ترجمة الهيكل الناتج إلى منتج مادي باستخدام تقنيات البناء المناسبة.

ج/2 - النماذج المحلية:

التعريف بالمشروع: بوابة كومباوند مستقبل سيتي
الموقع: القاهرة الجديدة
السنة: 2020

بوابة كومباوند مستقبل سيتي بالقاهرة الجديدة The Gate of Mostakbal City Compound

شكل 20 يوضح بوابة كومباوند مستقبل سيتي The Gate of Mostakbal City Compound

الخصائص والسمات الكسرية المستخدمة

التشابه الذاتي: يبدو التشابه الذاتي واضحا في مثلث سيربنسكي فالشكل ككل عبارة عن تجمع لعدد من المثلثات بجوار بعضها بمقاييس مختلفة. يتم تشكيله عن طريق تقسيم مثلث متساوي الأضلاع بشكل متكرر إلى مثلثات متساوية الأضلاع أصغر في المقياس.

-التكرار: يتم تكرار الوحدات داخل الهيكل، مما يؤدي إلى شبكة معقدة من المكونات المترابطة. تساهم هذه العملية التكرارية في تعزيز سلامة الهيكل، فضلاً عن جاذبيته الجمالية.

-التعقيد: حيث يستمر تعقيد الوحدات المتكررة في الكشف عن المزيد من التفاصيل أثناء تكبيرنا الصورة، مما يشير إلى مستوى لا نهائي من التفاصيل والتعقيد داخل الهيكل وهذا لا يضيف اهتمامًا بصريًا فحسب، بل يخلق أيضًا إحساسًا بالعمق والثراء في التصميم العام.

كما ظهرت مبادئ الكسرية من استخدام النسبة والتناسب مما يؤدي لتحقيق التوازن والوحدة.

طرق التوليد

تم استخدام تقنيات النمذجة البارامترية Parametric modeling techniques لتوليد الهندسة الكسرية للوحدات "المستلهمة من مثلث سيربنسكي " وتحسين ترتيبها لتحقيق الاستقرار الهيكلي والأداء البيئي. والنتيجة هي هيكل خفيف الوزن وقابل للتكيف يعرض جمال الأنماط الكسرية في المحيط البيئي.

تأثير استخدام الهندسة الكسرية على البوابة
استخدام الشكل الكسري لمثلث سيربينسكي في بوابة مدينة المستقبل يخدم أغراضًا متعددة وهي: المظهر الجمالي Aesthetic Appeal :حيث تخلق الأنماط المعقدة والمتكررة ذاتيًا لمثلث سيربينسكي تصميمًا آسرًا بصريًا يمكن أن يعزز المظهر الجمالي العام للبوابة. بالاضافة إلى أن الطبيعة الكسرية تضيف للهيكل تعقيدًا وعمقًا، مما يجعله مثيرًا للاهتمام وجذابًا للمقيمين والزوار على حدٍ سواء. الرمزية Symbolism :غالبًا ما ترتبط الفركتلات بمفاهيم مثل اللانهاية والتكرار والانسجام. من خلال دمج الشكل الكسري لمثلث Sierpinskiفي البوابة، ربما كان المصممون يهدفون إلى رمز الإمكانيات اللانهائية والترابط بين الحياة والطبيعة. فيمكن لهذه الرمزية أن تجد صدى لدى السكان وتنقل إحساسًا بالوحدة والانسجام داخل المجتمع. التأثير البيئي Environmental Effect :يمكن أن يكون لاستخدام الأشكال الكسرية في الهندسة المعمارية تأثيرات بيئية إيجابية. من خلال محاكاة الفركتلات التشابه الذاتي والأنماط الموجودة في الطبيعة، والتي يمكن أن تخلق شعوراً بالانسجام والتكامل مع البيئة المحيطة. وهذا يمكن أن يساعد البوابة على الاندماج بسلاسة مع المناظر الطبيعية لمدينة المستقبل، مما يعزز الشعور بالتوازن البيئي والاستدامة. بالإضافة إلى ذلك، من المعروف أن الأشكال الكسرية تثير الشعور بالهدوء والاسترخاء. يمكن للأنماط المعقدة لمثلث سيربينسكي في البوابة أن تخلق تأثيرًا مهدئًا بصريًا، مما يوفر بيئة ممتعة للمقيمين والزوار. مما يساهم ذلك في الشعور بالرفاهية وتعزيز تجربة الدخول والخروج من المجمع بشكل عام.

ج/3- دراسة حالة: منطقة انتظار الزوار بأهرامات الجيزة

إن تصميم المظلات في المواقع التاريخية مثل الأهرامات الكبرى في الجيزة يتطلب دمج العناصر الهندسية والفنية التي تعزز من جمال الموقع وتكامله مع البيئة المحيطة. في هذا التحليل، سنتناول مظلة تم تصميمها باستخدام شبكات متداخلة من مثلث سيربنسكي، حيث تساهم في إنشاء ظلال معقدة على الأرضية تعكس أشكالاً تجريدية للأهرامات المواجهه لها بفعل دوران الشمس.

الموقع:

تقع المظلة بمنطقة انتظار الزوار التابعة لمشروع تطوير هضبة الجيزة الجديد الذي تم تحت إشراف شركة أوراسكوم للاستثمار على مدار السنوات الثلاث الماضية، يهدف هذا المشروع إلى تحسين تجربة الزوار وتوفير مرافق جديدة تعزز من الجاذبية السياحية للموقع. يشتمل المشروع على عدة عناصر رئيسية، منها محطة البانوراما ومحطة الملك خوفو ومحلات البيع بالتجزئة التي تسلط الضوء على أفضل ما في الصناعة اليدوية المصرية.

تقع المظلة في مواجهة أهرامات الجيزة وتمثال أبو الهول، ويجاورها مطعم خوفو، الذي يعد أول مطعم سياحي في منطقة البانوراما بهضبة الأهرامات في مصر.

تمثال أبو الهول أهرامات الجيزة مطعم خوفو

موقع المظلة (بمنطقة انتظار الزوار ومحلات البيع

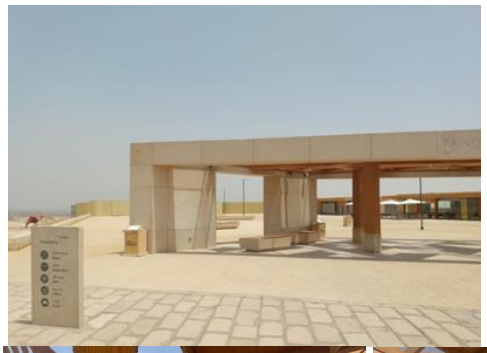
مخطط 2 يوضح موقع المظلة بمنطقة انتظار الزوار بأهرامات الجيزة – عمل الدارسة

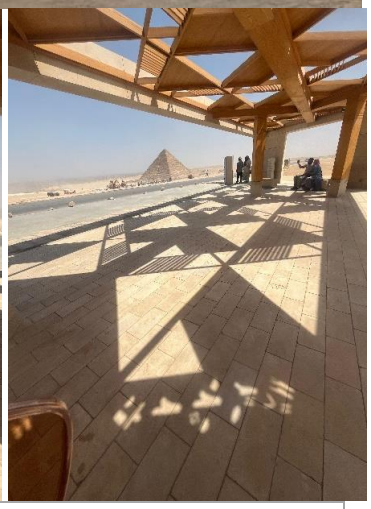
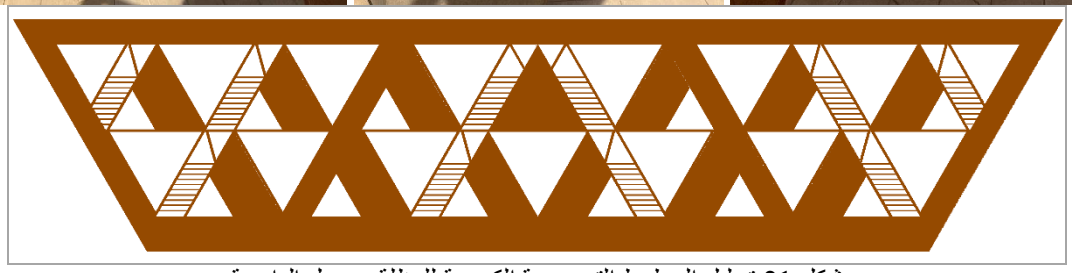
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

ينقسم الموقع إلى:
1.منطقة انتظار الزوار
2.محلات البيع بالتجزئة

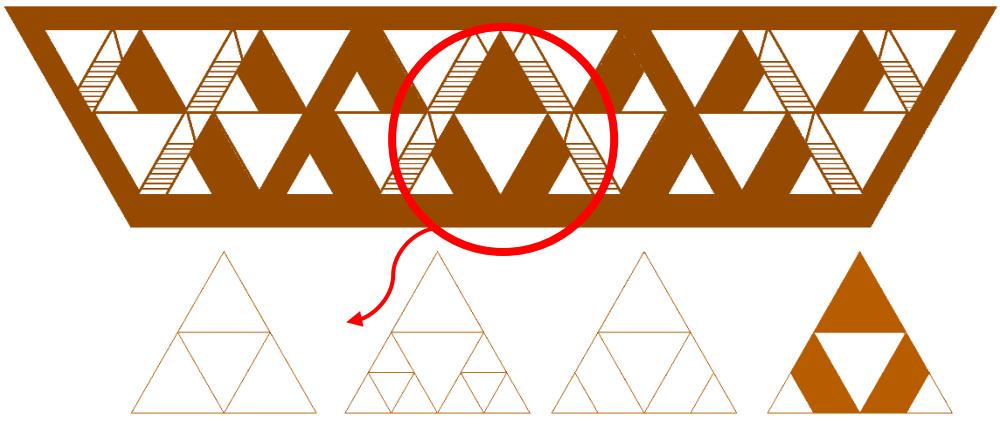
منطقة انتظار الزوار

تحتوي على مظلة مصممة بفكر الهندسة الكسرية ومناطق للجلوس.



شكل 21 تحليل الخطوط التصميمية الكسرية للمظلة – عمل الدارسة



شكل 22 تحليل الخطوط التصميمية الكسرية للمظلة – عمل الدارسة

يتحقق التشابه الذاتي في المسقط الأفقي للمظلة عن طريق تكرار مثلثات مختلفة المقياس بصورة متجاورة أو متقاطعة أو متراكبة مع تطبيق عملية الحذف والاضافة للكتل، ويحدث ذلك التكرار بتغيير قيمة الكتلة، فالبعض مصمت والآخر مفرغ.

محلات البيع بالتجزئة

تضم ثلاث محلات تسلط الضوء على أفضل ما في الصناعة اليدوية المصرية، وتعلوها مظلات مصممة بفكر الهندسة الكسرية.

فلسفة الفكرة:

بفضل النمط الكسري لمثلث سيربنسكي في المظلة تم إنشاء علاقة بين الكتلة والفراغ من خلال الظل والنور،حيث يتم إنشاء ظلال معقدة على الأرضية. هذه الظلال تتغير بزوايا مختلفة مع دوران الشمس، مما يجعل الجالس تحت المظلة يرى تلك الظلال كأشكال تجريدية للأهرامات المواجهة. هذا التأثير البصري يخلق تواصلًا بصريًا بين المظلة والموقع الأثري، مما يعزز من تجربة الزوار ويجعلهم يشعرون بالتواصل مع التاريخ والبيئة المحيطة.

تأثير دوران الشمس:

التغيرات الزمنية: مع دوران الشمس خلال اليوم، تتغير الزوايا التي يمر منها الضوء عبر الأشكال المفرغة في المظلة، مما يخلق تأثيرات ضوئية متغيرة تزيد من حيوية وجمال المظلة.

الظل الديناميكي: تعمل الأشكال المصمتة والمفرغة معًا لإنشاء تأثيرات ظل ديناميكية تتغير باستمرار. تساهم الأشكال المفرغة في تمرير الضوء وتشكيل ظلال متناثرة ومعقدة، بينما توفر الأشكال المصمتة مناطق مظللة تمامًا.

هذا التفاعل بين الضوء والظل يخلق تجربة بصرية غنية ومتنوعة للزوار، حيث تتغير الأنماط الظلية بشكل مستمر على مدار اليوم، مما يمنح المكان حيوية وديناميكية.

التكامل البصري مع الأهرامات: تعمل الظلال المتحركة الناتجة عن الأشكال الكسرية على تعزيز الانسجام البصري مع الأهرامات المواجهه للمظلة. تتحرك الظلال وتتشكل على الأرضية بطرق تعكس الأشكال الهندسية للأهرامات، مما يخلق تأثيراً بصرياً يشبه التجريد الهندسي لهذه المعالم التاريخية. عندما تتغير الظلال على مدار اليوم، يبدو وكأنها تجريد حي للأهرامات، مما يزيد من ارتباط الزوار بالموقع الأثري ويعزز من تجربتهم الثقافية.

تجربة الزوار:

بفضل التغيرات المستمرة في الأنماط الظلية، يحصل الزوار على تجربة بصرية متنوعة تتناغم مع المناظر الطبيعية للأهرامات. يمكن للزوار أن يشهدوا كيف يتفاعل الضوء والظل بطرق فريدة تعتمد على وقت الزيارة، مما يجعل كل زيارة تجربة فريدة ومميزة. يعزز هذا التكامل بين الظلال المتحركة والأهرامات من جاذبية الموقع السياحي، ويزيد من إقبال الزوار الباحثين عن تجربة ثقافية وجمالية متميزة.

الخصائص والسمات الكسرية المستخدمة:

التشابه الذاتي: تم استخدام مثلث سيربنسكي في الجزء العلوي من المظلة، مما يسمح بإنشاء نمط كسري يتكرر على مستويات مختلفة. هذا التصميم الكسري لا يضيف فقط بعدًا جمالياً، ولكنه يعزز أيضًا من استقرار الهيكل وقوته.

التكرار: يتم توليد مثلث سيربنسكي من خلال عملية تكرارية، حيث يبدأ بمثلث متساوي الأضلاع ويتم تقسيمه إلى أربع مثلثات أصغر متساوية الأضلاع، مع إزالة المثلث الأوسط في كل خطوة.

بالإضافة لاستخدام النسبة، والتناسب، وتحقيق التوازن، والوحدة.

طرق توليد الشكل الكسري المستخدم:

-أسلوب التوليد المتكرر " تكرار الشكل".

- أسلوب نظم الدوال التكرارية هندسيا (IFS) "تكرار العملية" حيث يسمح بالدوران والانعكاس والمقياس والانتقال ويشار إلى ذلك رياضيا باسم التحول الخطي النسبي transformation Affine وهنا يكون الناتج متشابها ذاتيا مع وجود تحول نسبي ويعد مثلث سيربنسكي أحد صور IFS المنتجة باحتمالات لا نهائية.

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

وفي النهاية يمكننا القول إن تصميم المظلة مع وجود علاقة بين الكتلة والفراغ من خلال الظل والنور المستخدم عن طريق شبكات متداخلة من مثلث سيربنسكي يعكس مزيجًا مثاليًا بين الجماليات الهندسية والفوائد الوظيفية.فالظلال التي تعكس أشكال تجريدية للأهرامات، تحقق تجربة بصرية وثقافية مميزة تعزز من قيمة الموقع الأثري وتوفر راحة وظيفية للزوار. هذا التحليل يظهر كيف يمكن للهندسة الكسرية أن تلعب دورًا مهمًا في تصميم المظلات الحديثة، خاصة في المواقع ذات القيمة التاريخية العالية.

النتائج: Results

1- من أحد أهم التجارب التطبيقية لإستخدام أسلوب الهندسة الكسرية في التصميم هو خلق بيئة افتراضية من خلال الظل والنور.
2- تبعث الهندسة الكسرية في التصميم أبعاد جديدة لإحساس المتلقي بالبيئة المحيطة.
3- استخدام أسلوب الهندسة الكسرية في عناصر الخدمات المجاورة للمناطق الأثرية من أحد التجارب الغنية التي تزيد من جماليات الأثر حيث يتم التصميم بالتناقض لا بالتشابهه Contrast not harmony"وهي من أهم قواعد هيئة اليونسكو في المحافظة على حُرمه الأثر".
4- الأنماط الكسرية في المظلات تخلق توازنًا بين الكتلة والفراغ من خلال الظل والنور، مما ينتج ظلالًا معقدة تتغير زواياها مع دوران الشمس. هذا التغير المستمر يضفي تأثيرًا ديناميكيًا وجماليًا يعزز من تجربة الزوار ويمنح المكان حيوية طوال اليوم.
5- تكامل المظلات الكسرية مع المواقع الأثرية يوفر تجربة بصرية وثقافية غنية، مما يزيد من قيمة الموقع السياحي.
6- تبين أن استخدام الأشكال الكسرية يعزز من الجماليات الهندسية للمظلات، مما يضفي طابعًا فريدًا على التصميم.
7- استخدام الأشكال الكسرية في تصميم المظلات بالأماكن العامة يخلق تصميمات غنية بصريا تعزز المظهر الجمالي للمحيط البيئي.

التوصيات: Recommendation

في ضوء ما تقدم من دراسة ونتائج توصي الدراسة بما يلي:

- ضرورة استخدام تقنيات التكنولوجيا الحديثة في تصميم المظلات المعتمدة على مفاهيم الهندسة الكسرية، لكي لا تقتصر على حجب الشمس والمطر فقط بل لتحويل سطحها إلى مصدر لتوليد الطاقة البديلة، مع دراسة الخامات والمواد المبتكرة لها مما يسهم في تعزيز الاستدامة وتحقيق الكفاءة.

المراجع: References

1-ا.م.د/ الشيماء محمد سعيد (2021)،"تصميم المظلات بين التراث والحداثة كأحد عناصر التشكيل في التصميم البيئي المستدام"، مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية، مجلد (6)، عدد خاص (3)
DOI: 10.21608/mjaf.2021.66255.2248

2-د دينا طارق كمال الدين (2022)، استراتيجية الفكر التصميمي الرقمي للعمارة الداخلية بإسلوب الفراكتال، المجلة العربية الدولية للفن والتصميم الرقمي – المجلد (1) – العدد (1).
DOI: 10.21608/iajadd.2022.223366

3-مايسة فكرى أحمد، هبة مصطفى محمد، أشرف حسين إبراهيم, ريهام محمد عبد السلام (2017) ، نظرية "الفراكتال" بين التجريب والتطبيق في تصميم المسطحات الطباعية لأقمشة المعلقات ، مجلة العمارة والفنون – العدد الثامن .

4- Sarkan, I. (2017). Design methods in the application of fractal geometry in the interior design of tourist buildings.. International Design Journal, 7(3), 89-96. doi: 10.12816/0044126

5- Carl Bovill (1996) ,"Fractal geometry in architecture and design", Springer Science+Business Media New York.

6- Gutzwiller ،Martin C. (1990). Chaos in Classical and Quantum Mechanics. New York: Springer-Verlag.

7- Harris, James. (2012). Fractal architecture organic design philosophy in theory and practice. University of New Mexico Press.

8- Mandelbrot, Benoit. (1989). Fractal Geometry: What is it and what does it do? Yale University. New York.

9- Michael F. Barnsley, Robert L. Devaney, Benoit B. Mandelbrot, Heinz-Otto Peitgen, Dietmar Saupe (1988), Richard F. Voss "The Science of Fractal Images", Springer New York, NY.

10- Richard T. Wright and Dorothy F. Boorse, 2019 "Environmental Science: Toward a Sustainable Future", Pearson.

11- https://parametricmonkey.com/2016/03/09/fractals/

12- http://files.righto.com/fractals/vor.html

13- https://www.ted.com/talks/michael_hansmeyer_building_unimaginable_shapes

14- https://www.archdaily.com/1013680/flourish-pavilion-studio-a-light

15- https://www.archdaily.com/1012160/hiyoshi-pavilion-jorge-almazan-plus-keio-university-studiolab

16- https://www.archdaily.com/1005394/the-pavilion-of-contemplation-jk-ar