الخصائص الجماليه للهندسة الكسرية فى تصميم الواجهات المعمارية

The effect using fractal geometry in designed The architectural facades

إعداد

الباحثة / سمت سامى البيه

مدير إدارة الحرف التراثية – وزارة الثقافة

٢٠٢٤

المقدمه :-

إن القيم التشكيليههى الهدف الجمالي الذي يحاول الفنان تحقيقه بصوره تعكس الغرض الجمالي والوظيفي من التصميم الزخرفى، وتتعدد الأساليب التى تحقق هذه القيم التشكيليه بحيث يصبح لكل منها كيفية خاصة تتطلب من المصمم مراعاتها بالصورة التى توصل الرسالة الفكرية والجمالية التى يؤديها العمل الفني .

وتعد الهندسة الكسرية من التقيناتالتى ظهرت استخدامتها حديثاً فى مجال التصميم والعمارة فهى تعطى المصمم القدرة والإمكانيات على تصميم واجهات معمارية ذات قيم تشكيلية وجمالية مبتكرة ومتوافقة أحيانا مع البيئة المحيطة .

مشكلة البحث :-

تعتبرالواجهات المعمارية من أهم المحفزات البصريةللمتلقىلذلك تكمن مشكلة البحث فى هل تفيد نظرية الهندسة الكسريةفى ابتكار حلول تصميمة للواجهات المعمارية ؟

فروض البحث :

تفترض الباحثة ان الهندسة الكسرية يمكن أن تسهم فى ايجاد حلول تصميمة جديدة للواجهات المعمارية .

أهدف البحث :

- دراسة نظرية الأعداد الرياضية الهندسية (الهندسة الكسرية)
- دراسة تحليلية لبعض الواجهات المعمارية المعتمدة فى تصميمها على بعض نظم الهندسة الكسرية

أهمية البحث :

١-القاء الضوء على بعض النظريات الرياضية الهندسية (الهندسة الكسرية)

٢-تأثير استخدام الهندسة الكسرية فى تصميم الواجهات المعمارية لابراز القيم الجمالية والتشكيلية لها

أولا:- مفهوم الهندسة الكسرية :

الهندسة الكسرية هى نمط هندسي متكرر من منحنيات لاشكال مختلفة غير منتظمة بحيث عند اختيار أى جزء منها فإنه يبدو مشابهاً للوحدة الأصلية التى تم تكرارها سواء قمنا بتكبيرها أوتصغيرها.(١)

إن كلمة (كسريات)Fractals تشير الى مجموعة من الأشكال الهندسية الغير منتظمة والتى يمكن تقسيمها الى أجزاء،كل منها عبارة عن شكل مصغر من الشكل الرئيسيى هذا المصطلح ابتكره (بينوا ماندلبروت)Benoit Mandelbrotفى عام ١٩٧٥.(٢)

إن الكسريات التى نعرفها الآن هى أنماط هندسية ذات تكرارات لا نهائية بقياسات أصغر فأصغر وهى تكون محكومة بواسطة معادلات وتقدم وحدات لا نهائية باستخدام التقنيات الحديثة للحاسب الآلي .(٣)

ونحن لا يمكننا إعطاء تعريف دقيق للكسريات لكن يمكن وصفها على أنها بنى هندسية لا تخضع قوانيها للقياسات التقليدية المتعارف عليها ، وهي تشتمل على أشكال متعددة من الاشياء والظواهر التى لا تخضع خصائصها لمقاييس الهندسة التقليدية .

وعلى وجه العموم يمكننا تعريف الكسريات بأنها مجموعة من الأشكال الهندسية المجزأة التى يمكن أن تنقسم الى أجزاء والتى تمثل جزءاً من الكل ، والكسريات عادة ما يكون لديها ما يسمى خاصية التشابه الذاتى واستقلالية فى الأحجام .

---

[1]- https://en.wikipedia.org/wiki/Fractal_art

[2]- Razvan and Others – **Fractal Art**- research Paper – Faculty of Autonation _Computer and Electronics- University of Craiova- Romania- August 2007

[3]- **Pre-Fractal Art- Tuning Examples of Fractal Art in History**-http://www.darkroastedblend.com/2013/11/pre-fractal-art.html#u1TMYdyQBDjJ0agT.99

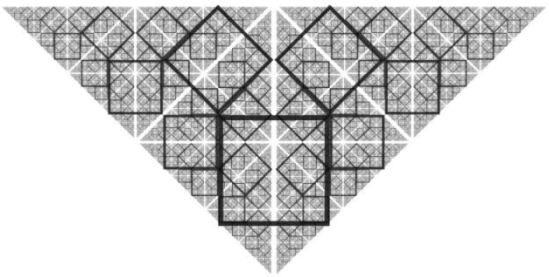
ثانيا: خصائص الهندسة الكسرية :

عندما نقدم الكسريات على أنها أشكال هندسية تنتج من تطبيق نمط هندسي معين على أحد الأشكال الهندسية عدة مرات فإن خصائص هذه الأشكال تتمثل فى الآتي:

١-خاصية التشابه الذاتي self –Similarity:

وتعنى التشابه بين الأجزاء المكونه للشكل أى أن الجزء من الكل يشبه ذلك الكل تماماً ، فإذا أضفنا جزءاً متكاملاً من الاجزاء المكونه للشكل الكسري ثم قمنا بتكبيره عدة مرات فإننا فى النهاية سنحصل على الشكل الأصلي.(١)

ويتكونالشكلالذييحملصفةالتشابهالذاتيمنمجموعةمنالأجزاءالمصغرةالتيتشبهبعضهاالبعضــوالتيتشكلصورةمشـــــــــــــــابهةتماماًللكائنالكلي، ويتمالحصـــــــــــــــــولعلىالأجزاء المصغرةعنطريقتطبيقعاملمحددعلىالشكلالكليومنأهمالنماذجالكسوريةالتيتحملصفةالتشـــابهالذاتيهو(منحنىكوش) Koch curve(٢)



شكل رقم (١) يوضح خاصية التشابه الذاتي فى الهندسة الكسرية (٣)

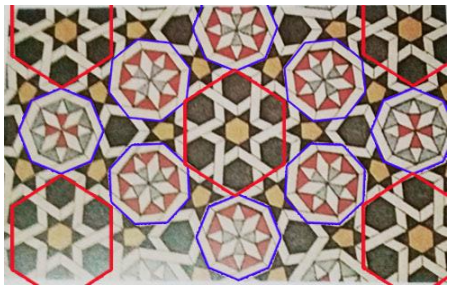
---

١ - ليلي الشيزاية –**ورقة بحثية مقدمه للبرنامج التدريبي لرفع الكفاءة العلمية فى الهندسة لمعلمى الرياضيات** – دائرة التنمية البشرية – سلطنه عمان – اكتوبر ٢٠١٢ –صـ ٧

٢ - ولاء جهاد جبر –**فعالية برنامج مقترح فى هندسة الفراكتالفى تنمية القدرة المكانية و الأداء التدريسى لدى معلمى الرياضيات للمرحلة الأساسية العليا فى محافظة نابلس** – رسالة ماجستير غير منشورة – جامعة النجاح الطنية – نابلس – فلسطين – ٢٠١٥ –صـ١٤

3 https://maa.org/press/maa-reviews/measure-topology-and-fractal-geometry

وهذه الخاصية تعطي قيمة جمالية للتصميمات من خلال الاعتماد على التكرار المتبادل للوحدات التى يتم تكرارها بخاصية ⬡ التشابه الذاتي ، هذا التكرار لا يبعث على الملل والرتابة حيث تقوم التكرارات هنا على وجود تنوع فى أحجام الوحدات التى استخدامها فى التصميم ، هذا التنوع يؤدي الى وجود ايقاعات (خطيه –ملمسية– لونيه) فى التصميم ، وقد ظهرت هذه الخاصية فى كثير من الوحدات الزخرفية الإسلامية ،ففى الشكل رقم (٢) قام الفنان باختيار شكل الوحدة واعتمد على تكرار وحدة الشكل السداسعلى المحاور الأفقية والرأسية للتصميم وقد قام الفنان باستخدام هذا الشكل الهندسى بمقياسيين مختلفين على الفراغ التصميمي كاملاً مما أوجد نوع من الايقاع الحركي نتيجة اختلاف حجم الوحدة المستخدمة ، وتحقق الايقاع اللوني من خلال استخدام اللونين الأحمر و الأسود و تكاملهما مع ألوان الخلفية الرمادى و الأصفر



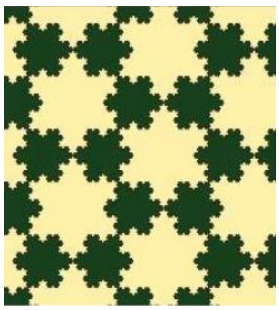
شكل رقم (٢) يوضح خاصية التشابة الذاتي لأحد الزخارف الهندسية الإسلامية ([1])

من خلال العرض السابق يمكن تقسيم اشكال التشابه الذاتي للهندسة الكسرية الى :

- **تشابه ذاتي متطابق Exact Self- Similarity:**

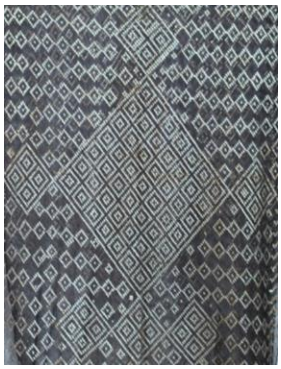
وهو أقوى أنواع التشابه الذاتي ، فعند تكبير الكسريات بأى مقاييس تكبير تبدو الكسريات كما هي بنفس الشكل .([1])

[1] https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095263513000216



شكل رقم (٣) يوضح خاصية التشابه الذاتي المتطابق ([٢])

وهذه النوع من التكرار يعطى قيماً جمالية مثل الايقاع الخطي وسهولةفى استيعاب الهيئة الشكلية للوحدة ، ونلاحظ فى الشكل رقم (٤) والذي يمثل أحد الزخارف الشعبية يمثل تكرار لوحدة المربع حيث تم تكرار المربع بمقاس موحد داخل وحدة المعين كما تم تكرار نفس الوحدة على المحور الأفقى والرأسي للتصميم، وقد حقق التكرار هنا بعض القيم الجمالية من خلال توازن العلاقات بين الخطوط ونسب الوحدات واستخدام وحدة المربع بتنوع فى الحجم كما نجد أن الايقاع قد تحقق من خلال وجود الايقاعات الخطية للوحدات الهندسية كما أن تبسيط الوحدات المكونة للتصميم ساعد على سهولة إدراك الهية الشكلية للتصميم .



شكل رقم (٤) يمثل أحد الوحدات الهندسية الشعبية و تكرارها وفق الهندسة الكسرية و التحليل الهندسي لها ([١])

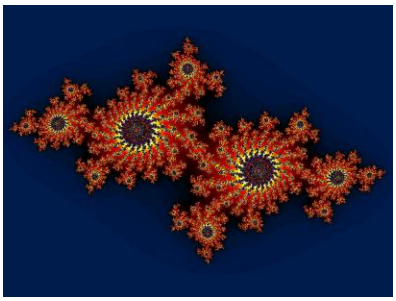
---

[١] - مايسه فكري أحمد و آخرون –**نظرية الفراكتال بين التجريب و التطبيق فى تصميم المسطحات الطباعية لأقمشة المعلقات** –بحث منشور – مجلة العمارة و الفنون الالكترونية – العدد الثامن – أكتوبر ٢٠١٧ – تصدر عن الجمعية العربية للحضارة و الفنون الاسلامية – صـ ٥

[2] https://artofislamicpattern.com/resources/educational-posters/

- **تشابه ذاتي ظاهري Quasi Self –Similarity:**

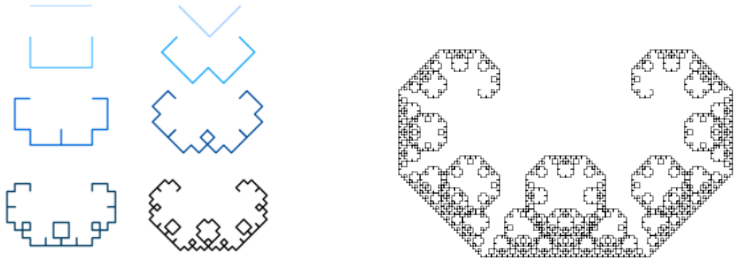
وهو نمط غير محكم من التشابه، تبدو فيه الكسريات متطابقة الى حد ما (ولكن ليس تماماً) على مقاييس تكبير مختلفة وتحتوي وحدة الكسريات على التشابه الذاتي الظاهري من خلال نسخ مصغرة من الوحدة الأساسية ولكن بأشكال محرفة نوعا ما مما يجعل التكرار من نوع التشابه الذاتي الظاهري و لكن ليس المتطابق.([٢])



شكل رقم (٥) يوضح نموذج للتشابه الذاتي الظاهري (تكرار لمجموعة جوليا)Julia set Repatation([٣])

- **التشابه الذاتي الإحصائي SatisticalSelf_ Similarity:**

ويعد اضعف أنواع التشابه الذاتي حيث يعطي قياسات رقمية أو إحصائية ثابته على اختلاف مقاييس التكبير ويطلق عليها الكسريات العشوائية و من أشهر أمثلتها (منحني ليفي) – Lévy C curve. "([٤])



شكل رقم (٦) يوضح تكرار لمنحني ليفي Lévy C curve([١])

---

[1] http://mu.menofia.edu.eg/PrtlFiles/Faculties/edv/SMagazines/edv_SMag/Portal/Files/%D8%AF%D8%B9%D8%A7%D8%A1%2014.pdf

[٢] - مايسة فكري أحمد و آخرون – مرجع سابق – صـ ٦

[3] https://science.howstuffworks.com/math-concepts/fractals.htm

[٤] - مايسة فكري أحمد و آخرون – مرجع سابق صـ٦

٢-خاصية البعد الفراكتالي Fractal Dimension :

اذا علمنا انه في الهندسة التقليدية المربعات والأشكال الهندسية المستوية الأخرى تكون في بعدين، وكذلك نعرف ان المكعب والأسطوانة والكره ترسم في ثلاثة ابعاد ، فما هو البعد الفراكتلي؟..ان الأبعاد السابقه في الهندسة الأقليدية لا تعتبر مناسبة مع تركيب الشكل الفراكتلي ، فمنحنى كوش Koch مثلا له ابعاد ≈ ١.٢٦ أي بين (١ و ٢)- (هذه الابعاد لايمكن تطبيق القياسات التقليدية عليها ، هذه الارقام هى عبارة عن قيم مكانية لا يمكن وصفها عن طريق وحدات القياس المتعارف عليها بالهندسة التلقليدية مثل السم و المتر ...الخ)- وهذا يعكس حقيقة ان مجموعة النقط كثيفة لا يمكن عدها لمنحنى وهي كذلك رفيعة جدا لنحسبها كمساحة ، ولهذا يذكر (كلامف)Clapham,١٩٩٦ أن البعد الفراكتلي بشكل عام ليس عدد ولاقيمة عددية ، ومنحنى الفراكتال يعتبر أحد الأبعاد للأشياء في المستوى الذي له بعدين ويقع بين القيمة (١و٢) بالمثل كما أن السطح الفراكتلي(fractalsurface) له بعدين ويقع بين القيمة(٢و٣) ، فالقيمة تعتمد علي كيفية انشاء الفراكتال.([٢])

وعلى ذلك لا نستطيع تحديد قيمة البعد المذكور بالقياسات الهندسية التقليدية (سم أو متر ....الخ من القياسات) فهذه القيم ليس لديها مدلول فى الهندسة الكسرية.

٣-قاعدة الأحلالReplacementRule

عندما ننشيءفراكتال محدد فانه يأتي من خلال خطواتتالانشاءفراكتال آخر ، فان احد الأشياء المرسومة يمكن ان تحل مكان الآخر والتي تكون اكثر تركيبا من سابقتها ولكنها تملأ نفس المكان الأصلي.(٣)

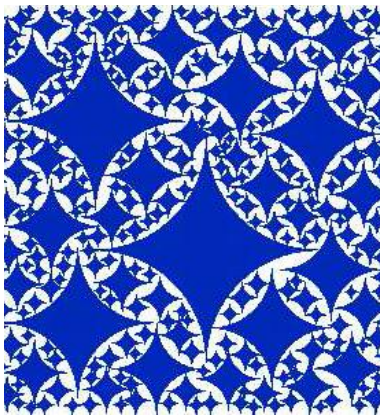
---

[1] https://www.researchgate.net/figure/Levy-C-Curve-Example-51_fig4_272194073

[٢]- رضا أبو علوان – **فعالية حدة مقترحة فى هندسة الفراكتال لطلاب الرياضيات بكلية التربية** – بحث منشور – جامعة السلطان قابوس- عمان – بدون تاريخ – صـ٨

[٣]- المرجع السابق – صـ ٨

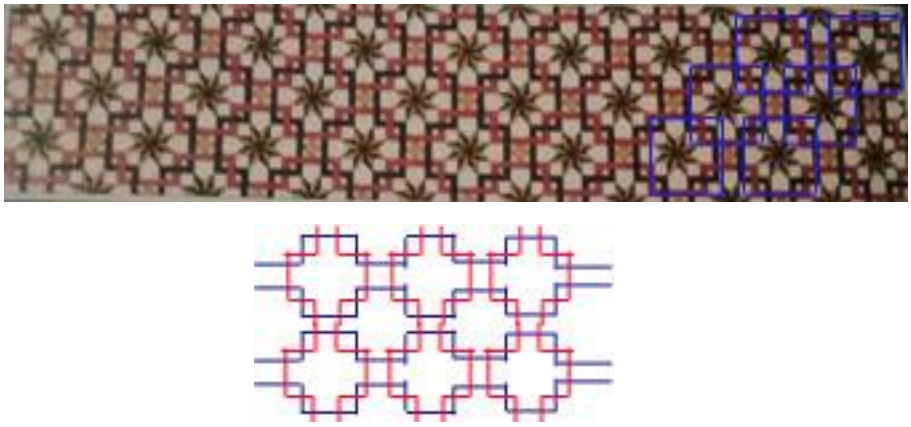
وهذا يعني إنه فى حالة استخدام المصمم لأى وحدة زخرفية يمكن تكرارها بطريقة الهندسة الكسرية عن طريق تكرار الشكل الواحد بأكثر من موضع باللوحة الزخرفية بحيث يمكن لمجموعة التكرارات هذه ان تشغل الفراغ التصميمي ولكن بشكل اكثر تعقيداً عن الشكل الأصلي المستخدم فى التكرار الأولي.



شكل رقم (٧) يوضح خاصية الاحلال نقلا عن :
John Shierand Douglas Dunham(**[1]**)

ويمكن ملاحظة هذه الخاصية على أحد الوحدات الزخرفية الهندسية الإسلاميةففى الشكل رقم (٨) قام الفنان باستخدام مجموعة من المربعات المتقاطعة من جهة الزاوية وبداخلها وحدة زخرفية لشكل النجمة ثم قام بتكرار هذة الوحدة أكثر من مرة على محاور التصميم ونلاخظ وجود خطوط فى الخلفية تتقاطع هى اخرى ليحدد بها الفنان كامل الوحدة وتتكر الوحدة لتقوم بملئ الفراغ التصميمى كاملاً محدثة نوع من الايقاع الحركي من خلال تكراراها على محاور التصميم و الايقاع اللونى من خلال استخدام اللونين الأحمر و الأسود .

[1] - John Shier and Douglas Dunham -**The Art of Random Fractals-** research paper - University of Minnesota, Duluth- U.S.A- NoDate



شكل رقم (٨) يوضح خاصية الاحلال و التحليل الهندسي لها[1]

٤ -قابلية التوسع اللانهائية Infinite scalability:

تمتلك (المنحنيات الناعمة)Smooth Curves كيانات أحادية البعد ذات أطوال معروفة تنحصر بين نقطتين وليس أكثر، لكن (المنحنيات الكسرية) Fractal Curves تحتوى على تفاصيل لا حصر لها للنقاط الموجودة على حدودها، لذلك لا يمكن قياس أطوال هذه المنحنيات فكلما أقتربنا منها أكثر تبدو أطول وأطول.(٢)

مما سبق عرضه من وصف لخصائص هندسة الكسريات يتضح لنا أنها تعنى بالبحث فى المكونات الجزئية للأشكال الرياضية وفقاً لمجموعة من الخصائص الرياضية ونستخلص من هذا الوصف أن الهندسة الكسرية هى كلا من الآتي :-

- أشكال هندسية غير منتظمة تتكون من أجزاء غير منتهية متداخلة بمختلف القياسات
- أشكال هندسية نتجت من تطبيق عدد من القواعد الرياضية عليها وهذه القواعد تأخذ الشكل الأساسي و تنقله من خطوه الى خطوة إما بالإضافة الية أو بتطويره و يمكن أن تتكرر هذه العمليات بعدد غير منتاهي

[1] https://users.math.yale.edu/public_html/People/frame/Fractals/

[٢] - ولاء جهاد جبر – مرجع سابق –صـ١٥

- الأشكال الهندسية تنتج من تقسيم الشكل الأساسى الى أجزاء صغيرة وكل جزء هو صورة مصغرة من الشكل الأساسي .

ثالثاً: علاقة الهندسة الكسرية بالتصميمات الزخرفية للواجهات المعمارية :

بالرغم من تعدد التعريفات الخاصة بكلمة التصميم فإننا هنا سوف نركز على تعريف للتصميمات الزخرفة والذي يتوافق بشكل كبير مع الهندسة الكسرية، فيمكننا تعريف التصميمات الزخرفية بأنها " إعادة تنظيم وترتيب العناصر المكونه للعمل الفني والمعتمدة على تكرارت مختلفة بإستخدام الشبكات أو بدونها " وهذا يتفق مع التكرارات الخاصة بالهندسة الكسرية حيث أن هذه التكرارات رغم توالدها من خلال منظومه رياضيه وحسابية إلا أنها تخضع فى بعض تكراراتها لنظم الشكبات الهندسية ، وبذلك يمكننا القول أن التصميمات الزخرفية فى مجال الهندسة الكسرية يمكن أن تعتمد على تكرارات مختلفة وفق نظم هندسية لتحقيق فكرة محددة مع الاحتفاظ بالقيم الجمالية للعناصر التشكيلية المكررة .

إن الهندسة الكسرية فى التكوين المعمارى مرتبطة بدراسة تطور أشكال مثيرة للاهتمام وتحت هذا المفهوم فإن فترات طويلة فى الهندسة المعمارية الكلاسيكية أوالفن الحديث (Art Nouveau) قد اتجهت الى الكسريات الصريحة حيث اتصفت المباني فى تلك المرحلة بوجود خاصية التشابه الذاتنفى تفاصيلها باستخدام مقاييس من الأكبر الى الأصغر بواسطة التقسيمات الرياضية.(١)

واستخدام الهندسة الكسرية فى الواجهات المعمارية يمكن ان نلاحظهفى العديد من الحضارات القديمة و ليس فقط فى العصر الحديث .

[1]-M.A.Vyzantiadoua and others-The Application of Fractal Geometry to The Design of Grid on Reticulated Shell Structures – Since direct magazine – University of Aristole –Department of civil engineering-September 2006 – page52

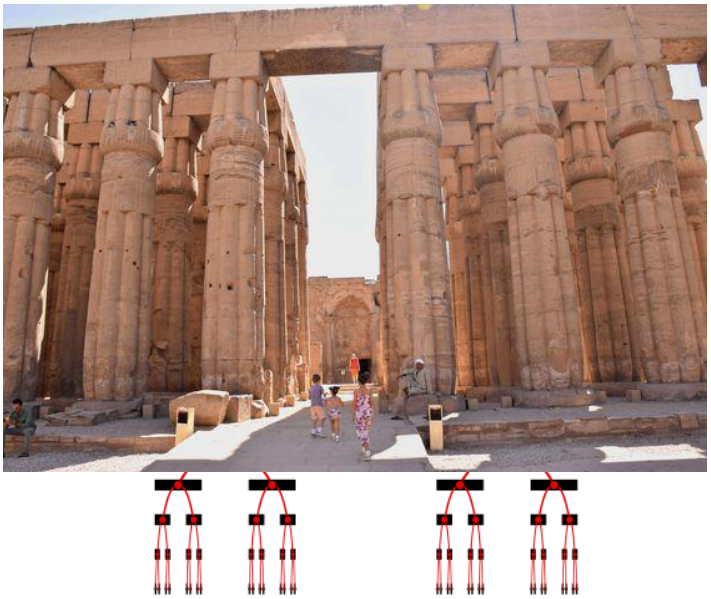
فـى الشـكلين رقـم (٩ و ١٠) نجـد نمـوذج لأحـد المعابـد الهنديـة القديمـة حيـث نجـد أحـد خصـاص الهندسـة الكسـرية قـد تحققـن فـى تصـميم الواجهـة وهـى خاصـية التشـابه الـذاتى ويبدو ذلك فى واضحا فى التكرارات المتعددة للشكل الإسطوانى والذي تعتمد عليه واجهة المعبد فنجد أن شكل المعبد يعتمد على وجود برج مركزي مدعم بأبراج مشابهة للبرج الأصلى وهذه الأبراج مدعمه بأبراج ذات نفس الشكل و لكن أصغر حجماً .

شكل رقم (٩) معبد خاجوراهو– الهند – علاقة الهندسة الكسرية بالواجهات المعمارية قديماً [١]

شكل رقم(١٠) تفصيلية من احد الزخارف على جدرتن معبد خاجوراهو– الهند – علاقة الهندسة الكسرية بالواجهات المعمارية قديماً[٢]

[1]-https://kfdvgtu.ru/ar/krasivye-hramy-indii-hramy-indii/
[2]https://kfdvgtu.ru/ar/krasivye-hramy-indii-hramy-indii/

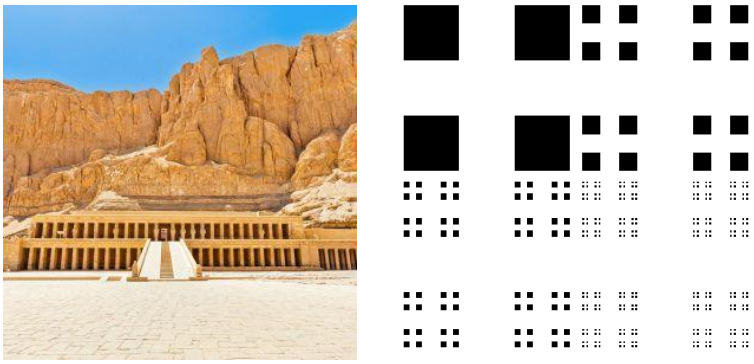
اما فى الحضارة المصرية القديمة نجد أن الفنان أعتمد على استخدام الهندسة الكسرية فى تكرار الأعمدة الخاصة بالمعابد ، حيث نلاحظ فى الشكل رقم (١١) و هو يوضح تكرار لمجموعة من أعمدة البردي واللوتس داخل معبدي الكرنك والأقصر هذه الأعمدة تتكرر فى شكل متتابع يكاد يقترب من التكرار الخاص (بمجموعة كانتور) Cantor Set .



شكل رقم (١١) يوضح بالهندسة الكسرية فى الفن المصرى القديم [1]

كما يمكننا ان نلاحظ تكرار للهندسة الكسرية بالشكل رقم (١٢) والذي يمثل واجهة معبد حتشبسوت حيث قام الفنان بعمل الواجهة على شكل تكرارات متتالية من العمدة تحصر بينها فراغات متساوية فى الحجم و من خلال الرسم التخطيطي للمعبد Temple Plan نجد أن هذا التكرار يتوافق مع تكرار الهندسة الكسرية الخاص (بسجادة سربينسكي) Sierprinisky Carpet

[1] https://www.researchgate.net/figure/Fig-2-The-Sierpinski-carpet-has-fractal-dimension-log-8-log-3-18928_fig2_267391812



شكل رقم (١٢)يوضح علاقة الواجهات المعمارية فى الفن المصري القديم بنظم الهندسة الكسرية

أما بالنسبة للواجهات المعمارية الحديثة فالأمثلة عديدة منها متحف الرسم و التصوير (بمدريد– أسبانيا) وهو من أعمال المعمارى (أنطونيو جاويدي) حيث يقوم بتكرار أحد الموديول (المثلث) على جميع اجزاء المنبي بنسب اقرب ما يكون للنسبة الذهبية .

ففى الشكل رقم (١٣) نلاحظ أن التصميم اعتمد التصميم على مبدأ المراكز المتعددة ، حيث قام بتكرار المركز الرئيسي و لكن بمقياس أصغر التصميم هنا أكد على القيمة الجمالية لتكرار وحدة المثلث سواء فى الواجهة أو على الأرضية أمام المتحف ولكنه أغلف الجانب الوظيفي فالتصميم لا يوحى بوظيفة المبنى(متحف) .

شكل رقم (١٣) متحف الرسم و التصوير – مدريد اسبانيا – علاقة الهندسة الكسرية بالعمارة الحديثة [١]

[1] https://ishvetsov.ru/ar/znamenityi-arhitekturnyi-sooruzheniya-v-ispanii-arhitektura/

والشكل رقم (١٤) و الذي يمثل كاتدرائيةسارغادافاميليا (sargada de Famila) – اسبانيا من تصميم المعمارى انطونيو جاودي نجد ان التصميم اعتمد على خاصة التشابه الذاتى و كذلك التكرارات الهرمية والتى تعد غنية بالتفاصيل ، كما نلاحظ فى التصميم الداخلى للأسقف و الأعمدة تكرار الوحدات بخاصية التشابةالذاتى و هنا المصمم قام بالجمع بين وظيفة المبنى و القيم الجمالية بالرغم من كون الهندسة الكسرية تعتمد فقط على القيم الجمالية دون النظر الى الوظيفة

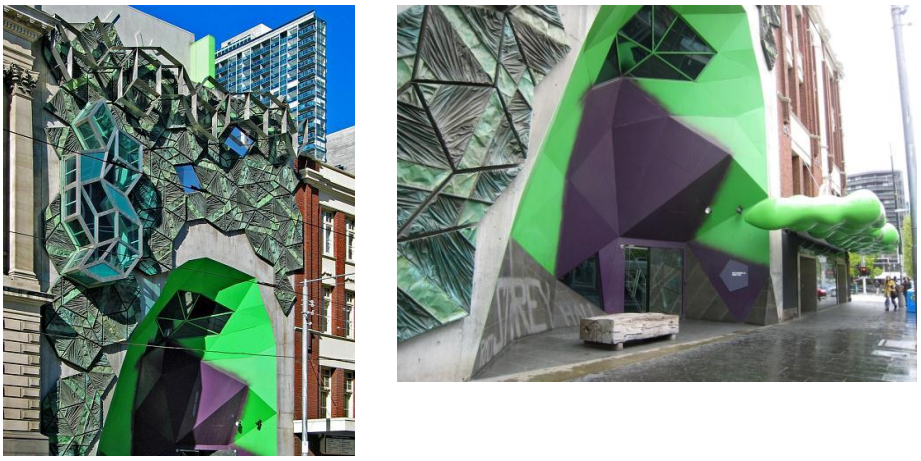
شكل رقم (١٤)كاتدرائيةسارغادافاميلياللمعمارى انطونيو جاودى[1]

أما فى عصرنا الحالى فالهندسة الكسرية فى الواجهات المعمارية أكدت فقط على الجانب الجمالى ، فالعديد من الواجهات المعمارية تحمل قيما تشكيلية وجمالية ولكن بتحليل العناصر الزخرفية المكونه للواجهة فإنها لا تدل على وظيفة المبنى .

ففى الشكل رقم (١٥) مبنى ابحاث الجيش –مليبورن The Arm's Storey Hall in Melbourne يوضح كيفية استخدام الأقواس عن طريق تكرارها باكثر من مقاييس

[1]https://www.travelerpedia.net/es/city/%D9%83%D8%A7%D8%AA%D8%A7%D9%84%D9%88%D9%86%D9%8A%D8%A7:%D8%A8%D8%B1%D8%B4%D9%84%D9%88%D9%86%D8%A9/attractions/%D9%83%D9%86%D9%8A%D8%B3%D8%A9-%D8%B3%D8%A7%D8%BA%D8%B1%D8%A7%D8%AF%D8%A7-%D9%81%D8%A7%D9%85%D9%8A%D9%84%D9%8A%D8%A7-la-sagrada-familia

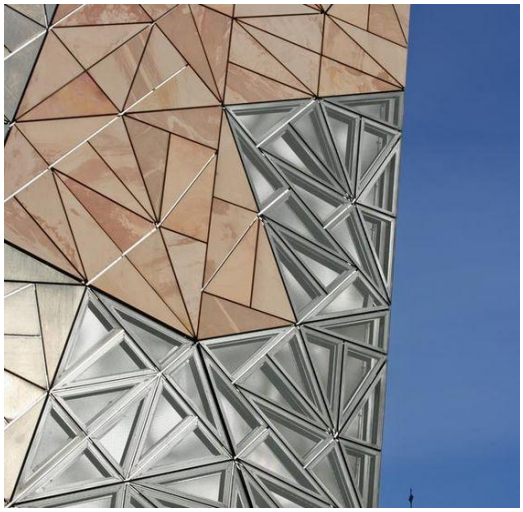
مستخدما خاصية التشابه الذاتى وخاصية ملئ الفراغ المكانى حيث عمد الفنان المعمارى الى استخدام شكل المربع والمكعب عن طريق تكوينات متداخلة و متشابكة ، كما عمد الفنان الى ايجاد توازن فى العلاقات بين الخطوط والألوان والنسب والسطوح مع قياسات الإطار المحيط واستخدم الوحدات القياسية (المديول) بتنوع فى الحجم مما حقق تكوين كلي متجانس اعطي احساسا جمالياً بالايقاع ، كما ان تكرار النموذج فى أوضاع مختلفة أعطي شكلا مميزاً لترابط أجزائه هذا الترابط ادى الى وجود ترابط الجزء بالكل وصنع نمطاً جمالياً للبناء الفني للواجهة المعمارية .



شكل رقم (١٥) يوضح مبنى ابحاث الجيش**The Arm's Storey Hall in Melbourne**[1]

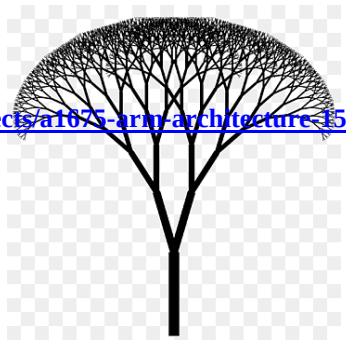
[1] **https://www.re-thinkingthefuture.com/know-your-architects/a1675-arm-architecture-15-iconic-projects/**

وهناك مثال آخر على المبانى المعمارية الحديثة التى تستخدم نظم الهندسة الكسوريةففى الشكل رقم (١٦)نجد أن مبنى The Federation Square, Bates Smart and the Lab Architecture Studio, Melbourne. حيث استخدم فى الواجهة المعدنية



للمبنوحدات متكررة للمثلث ، وعمد الفنان الى اسنخدام الشبكات المثلثية من خلال تكرار خمسة مثلثات ولكن بمقاييس مختلفة وهذه التكرارات والتى نجدها تتخذ اتجاهات مختلفة تقود العين من واحدة الى أخري فى محاولة لإيجاد علاقة بين أجزاء المبنى ككل .شكل رقم (١٦) مثال آخر على استخدام الهندسة الكسرية فى تصميم الواجهات باستخدام الهندسة الكسرية [1]

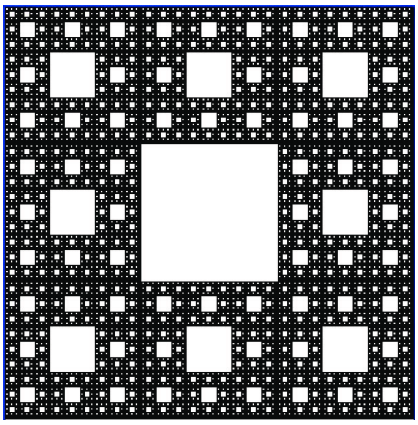
والشكل رقم (١٧) والذى يمثل (محطة اورينتو–لشبونه– اسبانيا) Lisbon's Oriente Station مثالا على استخدام الهندسة الكسرية فى تصميم الواجهات المعمارية حيث استوحى الفنان تصميم الواجهة من تفريعات أغصان الأشجار ، حيث استخدم الفنان التكرارات المتفرعة الموجودة فى الطبيعة وقام بتكرارها بشكل متتالى و متعاقب مما أكد على الايقاعات الحركية والقيم الجمالية للتصميم



[1] https://www.re-thinkingthefuture.com/know-your-architects/a1075-arup-architecture-15-iconic-projects/

شكل رقم (١٧) محطة قطارات لشبونة – اسبانيا (Lisbon's Oriente Station[1])

كذلك فإن الشكل رقم (١٨ و ١٩) والذي يمثل (ليتا ميركاتو – مركز تسوق في أديس أبابا) LietaMercato– a shopping mall in Addis Ababa حيث ارتبط التصميم بتكرار (سجادة سربرينسكى) حيث قام الفنان بتكرار الوحدة الهندسية على المحاور الأفقية و الرأسية للتصميم مما ساعد على تحقيق اتزان التصميم ، كذلك استخدام لون متدرج للواجهة اكد على القيم الونية و الملمسية للتصميم .



شكل رقم (١٨ و ١٩)ليتا ميركاتو – مركز تسوق في أديس أبابا - LietaMercato– a shopping mall in Addis Ababa(٢)

[1] - https://weburbanist.com/2012/10/29/home-mathematics-12-fractal-furniture-architecture-designs/

[2] https://www.futurly.com/blog/fractal-in-architecture-geometry

من خلال العرض السابق نجد أن الجمال فى الواجهات المعمارية وعلاقتها مع البيئة المحيطة وخاصة فى مجال الهندسة الكسرية يتحقق من خلال :-

- اعطاء الشعور بالديناميكة من خلال اختلاف الايقاعات وكسر الرتابة من خلال التكوينات الصارخة والتى تتعارض مع موقع المبنى
- استخدام الخطوط المستقيمة لتزيد من الاحساس بالقوة والصلابة
- اللون والقيمة الضوئية الساقطة من أبرز عناصر التعارض حيث أنها تمثل الانطباع الأول لدى المتلقى فالألوان البادرة و الهادئة فى الطبيعة يلزم معارضتها من خلال استخدام الألوان الدافئة والحارة لتشكل أبرز عناصر التعارض فى التصميم .

النتائج و التوصيات :-

- **النتائج**

من خلال العرض السابق يمكن استنتاج أنالهندسة الكسرية تلعبدور فىإبراز القيم الجماليةوالتشكيلية للواجهات المعمارية من خلال:-

١-تقديم مداخل ابتكارية جديدة فى مجال التصميم من خلال تعميق الرؤية الابتكارية للمصمم ، والخروج من الإطار المألوف في التصميمات

٢- تميزت نظم أشكال الهندسة الكسرية فى تصميم الواجهات المعمارية بالثراء الشكلي

٣-استخدام الهندسة الكسرية فى تصميم الواجهات المعمارية وفربدائلمنالحلول التصميمية اللانهائية والتينتجعنها حلول تصميمية ابتكاريةتتحققفيهاالقيمالوظيفيةوالجمالية

- **التوصيات :**

١-الاهتمام بدراسةنظريةالهندسة الكسرية منجوانبوالاستفادةمنهافيمجالاتالفنون بشكل عام وفيمجالالتصميم بشكل خاص

٢-الاهتمام بدراسة نظم الهندسة الكسرية وفتح آفاق جديدة فى مجال التصميم

٣-مواكبة التقدم الحادث فى مجالات الهندسة الكسرية من خلال ربطها بالقيم الجمالية لتصميم الواجهات المعمارية .

المراجع

أولاً : المراجع العربية

١-رضا أبو علوان – **فعالية حدة مقترحة فى هندسة الفراكتال لطلاب الرياضيات بكلية التربية** – بحث منشور – جامعة السلطان قابوس– عمان – بدون تاريخ

٢-ليلي الشيزاية – **ورقة بحثية مقدمه للبرنامج التدريبي لرفع الكفاءة العلمية فى الهندسة لمعلمى الرياضيات** – دائرة التنمية البشرية – سلطنه عمان – اكتوبر ٢٠١٢

٣-مايسه فكري أحمد و آخرون –**نظرية الفراكتال بين التجريب و التطبيق فى تصميم المسطحات الطباعية لأقمشة المعلقات –**بحث منشور – مجلة العمارة و الفنون الالكترونية – العدد الثامن – أكتوبر ٢٠١٧ – تصدر عن الجمعية العربية للحضارة و الفنون الاسلامية

٤-ولاء جهاد جبر –**فعالية برنامج مقترح فى هندسة الفراكتالفى تنمية القدرة المكانية و الأداء التدريسي لدى معلمي الرياضيات للمرحلة الأساسية العليا فى محافظة نابلس –** رسالة ماجستير غير منشورة – جامعة النجاح الطنية – نابلس – فلسطين – ٢٠١٥

ثانياً : المراجع الاجنبية

1- M.A.Vyzantiadoua and others-**The Application of Fractal Geometry to The Design of Grid on Reticulated Shell Structures** – Since direct magazine – University of Aristole – Department of civil engineering- September 2006

2- John Shier and Douglas Dunham -**The Art of Random Fractals-** research paper - University of Minnesota, Duluth-U.S.A

3- Razvan and Others – **Fractal Art**- research Paper – Faculty of Autonation _Computer and Electronics- University of Craiova-Romania- August 2007

ثالثاً: مراجع الصور من شبكة الانترنت

1- https://maa.org/press/maa-reviews/measure-topology-and-fractal-geometryالتشابه الذاتفى الهندسة الكسرية

2- https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095263513000216التاشابه الذاتفى الفنون الاسلامية وارتباطه بالهندسة الكسرية

3- https://artofislamicpattern.com/resources/educational-posters/ التشابه الذاتى المتطابق

4- http://mu.menofia.edu.eg/PrtlFiles/Faculties/edv/SMagazines/edv_SMag/Portal/Files/%D8%AF%D8%B9%D8%A7%D8%A1%2014.pdf التشابه الذاتى الهندسي

5- https://science.howstuffworks.com/math-concepts/fractals.htmالتشابه الذاتىالظاهرى

6- https://www.researchgate.net/figure/Levy-C-Curve-Example-51_fig4_272194073تكرار منحنى ليفى

7- https://users.math.yale.edu/public_html/People/frame/Fractals/ خاصية الاحلال فى الهندسة الكسرية

8- https://kfdvgtu.ru/ar/krasivye-hramy-indii-hramy-indii/علاقة الهندسة الكسرية بالواجهات المعمارية قديماً

9- https://www.researchgate.net/figure/Fig-2-The-Sierpinski-carpet-has-fractal-dimension-log-8-log-3-18928_fig2_267391812 الهندسة الكسرية فى الفن المصرى القديم

10- https://ishvetsov.ru/ar/znamenityi-arhitekturnyi-sooruzheniya-v-ispanii-arhitektura/ – متحـف الرسـم و التصـوير مدريد – اسبانيا

11- https://www.travelerpedia.net/es/city/%D9%83%D8%A7%D8%AA%D8%A7%D9%84%D9%88%D9%86%D9%8A%D8%A7:%D8%A8%D8%B1%D8%B4%D9%84%D9%88%D9%86%D8%A9/attracions/%D9%83%D9%86%D9%8A%D8%B3%D8%A9%D8%B3%D8%A7%D8%BA%D8%B1%D8%A7%D8%AF%D8%A7-%D9%81%D8%A7%D9%85%D9%8A%D9%84%D9%8A%D8%A7-la-sagradafamilia كاتدرائية سارجادادفاميليا– اسبانيا

12- https://www.re-thinkingthefuture.com/know-your-architects/a1675-arm-architecture-15-iconic-projects/مبنى ابحاث الجيش مليبورن

13- **https://www.re-thinkingthefuture.com/know-your-architects/a1675-arm-architecture-15-iconic-projects/**