الهندسة الكسورية كنمط بنائي للتصميم في العمارة
Fractal Geometry as a Structural Pattern for Design in Architecture

أ.م.د/ منى محمد حسني عجور

أستاذ مساعد بقسم الهندسة المعمارية
كلية الهندسة بالمطرية - جامعة حلوان
Mona.mhosni@gmail.com

الملخص

أثرت الطفرة الرقمية وتطبيقات الحاسب الآلي المستخدمة في العمارة تحديداً التطبيقات والبرامج ثلاثية الأبعاد في فكر وطرق التصميم في العمارة، مما أدى إلى ظهور مفردات تشكيلية جديدة ولغات معمارية مختلفة أكثر تطوراً وتحرراً، واتسمت بقدر كبير من التنوع والديناميكية والتعقيد والتي يصعب ظهورها عبر طرق التصميم التقليدية. ويُناقش البحث أحد التطبيقات المعمارية الجديدة للتصميم البارامتري متمثلة في الهندسة الكسورية في محاولة لاستكشاف إمكانيات التطبيق في العمارة. ويطرح البحث التساؤل الآتي: ما هي إمكانيات تطبيق الهندسة الكسورية في المستويات المختلفة للتصميم في العمارة؟ وهل توجد علاقة بين استخدام النمط الكسوري وبين تحقيق وظائف الفراغات والحلول البيئية وغيرها من جوانب التصميم واعتباراته؟

ويتناول البحث دراسة مفهوم الهندسة الكسورية، مع تتبع لتطورها التاريخي؛ صور ابتكارها، السمات والخصائص، ومن ثم دراسة طرق وأدوات توليد النمط الكسوري، وتحليل إمكانيات التطبيق في مستويات التصميم المختلفة، لرصد دورها واستكشاف إمكانيات المرونة في تطبيق صيغها وتأثيره على طبيعة توظيفها في التصميم. وذلك لتكوين أساس من المعرفة يساعد المصمم والباحث فيما يخص هذه اللغة من البرمجة وتحديد إمكانيات تفعيل هذا النمط في التصميم ومحدداته لاستحداث نتاجات تصميمية مبتكرة بما يلائم المحيط، وبيان الدروس المستفادة والعائد على المجتمع.

ويُختتم البحث بالنتائج والتوصيات، والتي من أهمها أن الهندسة الكسورية من أفضل الخيارات لصياغة الأفكار التصميمية المبتكرة باستخدام البرامج الرقمية عالية المستوى وذلك في المستويات التصميمية المختلفة، لتعبر عن مجموعة من الأدوار المتكاملة في العمارة من حيث تحقيق الوظائف، رفع كفاءة الأداء البيئي، متانة النظام الانشائي والجمال والابداع. ويوصي البحث بأهمية توظيف الهندسة الكسورية في أساليب التصميم العمراني والمعماري، مع ضرورة تضمينها في الدراسات الأكاديمية المعمارية، والدفع في اتجاه أهمية ممارسة البرامج المتخصصة بنمذجة الأشكال؛ للتمكن من ترجمة الأفكار معقدة التشكيل وتوفير الوقت والجهد.

الكلمات المفتاحية:
كسوري Fractal، الهندسة الكسورية، التصميم الكسوري Fractal Design، التشابه الذاتي Self-Similarity، الخوارزميات.

المقدمة

طُورت خلال سبعينات القرن الماضي هندسة الجزء أو الكسر إلى كيان من الأفكار والصيغ والصور، والتي يُطلق عليها حالياً هندسة الطبيعة أو الهندسة الكسورية فأظهرت نهج جديد للتشكيل المعماري. وظهرت الأشكال الكسورية في الأنماط المختلفة للمباني والمدن (عسل، ٢٠١٥)، وتطورت لتواكب وتحقق أدوار مختلفة في التصميم بما يناسب ويحقق احتياجات العصر.

مشكلة البحث

يتوجه البحث لدراسة تطبيقات الهندسة الكسورية في العمارة، وذلك لحساسيتها مع المحيط حيث تعجز الهندسة الإقليدية عن وصف الأشكال الطبيعية البيئية، ولإهمال بعض الجوانب الإنسانية والبيئية في تصميم الكيانات المعمارية، بالإضافة إلى انخفاض جودة النتاج المعماري للعمارة المعاصرة المحلية، بالرغم من توافر البرامج المساعدة الخاصة بهذه اللغة لخلق تصميمات ذات أشكال مبتكرة وإمكانيات تطويرها اللانهائية داخل هذه البرامج، بما يتوافق مع وظائف التصميم والسياق المحلي.

هدف البحث

استكشاف وتحديد دور الهندسة الكسورية كنمط بنائي مرن يمكن تفعيله كآداة مساعدة للتصميم في المستويات المختلفة للعمارة ومواكبة لتطور لغة البرمجة في العمارة والاستفادة منها في استحداث أنماط تتوافق مع السياق على اختلاف محتواه ومظاهره.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

فرضية البحث

أن الهندسة الكسورية نمط بنائي تكراري يتميز بمرونة التطبيق في المستويات المختلفة للتصميم في العمارة ذات نتاج غير تقليدي وتُمكّن من تحقيق متطلبات وظائف المبنى والتي تشمل رفع كفاءة الآداء البيئي، الأمان، الجمال والإبداع، الممارسة العملية والتي تتناسب مع متطلبات العصر وأدواته.

منهجية البحث

ولإثبات صحة الفرضية يتبع البحث الخطوات التالية:

أ- دراسة تطور الهندسة الكسورية، بدايةً باستقراء التطور التاريخي للهندسة الكسورية في أشكال الدوال الرياضية لوصف الأشكال بالتزامن مع تطور أشكالها في العمارة القديمة، وانعكاسه على التطور المعاصر باستخدام لغة البرمجة الحديثة، ومن ثم التعرف على مفهومها، ومن ثم وصف وتحليل صور ابتكار النمط الكسوري؛ خصائصه؛ سماته، صور تطبيق المستوات البعدية للنمط الكسوري في التصميم.

ب- لتعرف على أدوات وطرق توليد النمط الكسوري، شاملة استقراء مراحل التوليد، ووصف طرق التوليد وأهم النظم والبرامج المساعدة في الحصول على التصميم المطلوب باستخدام الهندسة الكسورية، والاستقراء والوصف والتحليل لكل ما سبق، هو إيجاد المدخل لرصد دور النمط الكسوري وتحليل دوره في تصميم المستويات المختلفة في العمارة.

ج- دراسة تحليلية مقارنة لمجموعة متنوعة من الأمثلة بالدول المتقدمة والدول النامية، بهدف استنباط الدروس المستفادة وطرح بدائل الحلول الملائمة للسياق المحلي.

١ تطور الهندسة الكسورية في العمارة

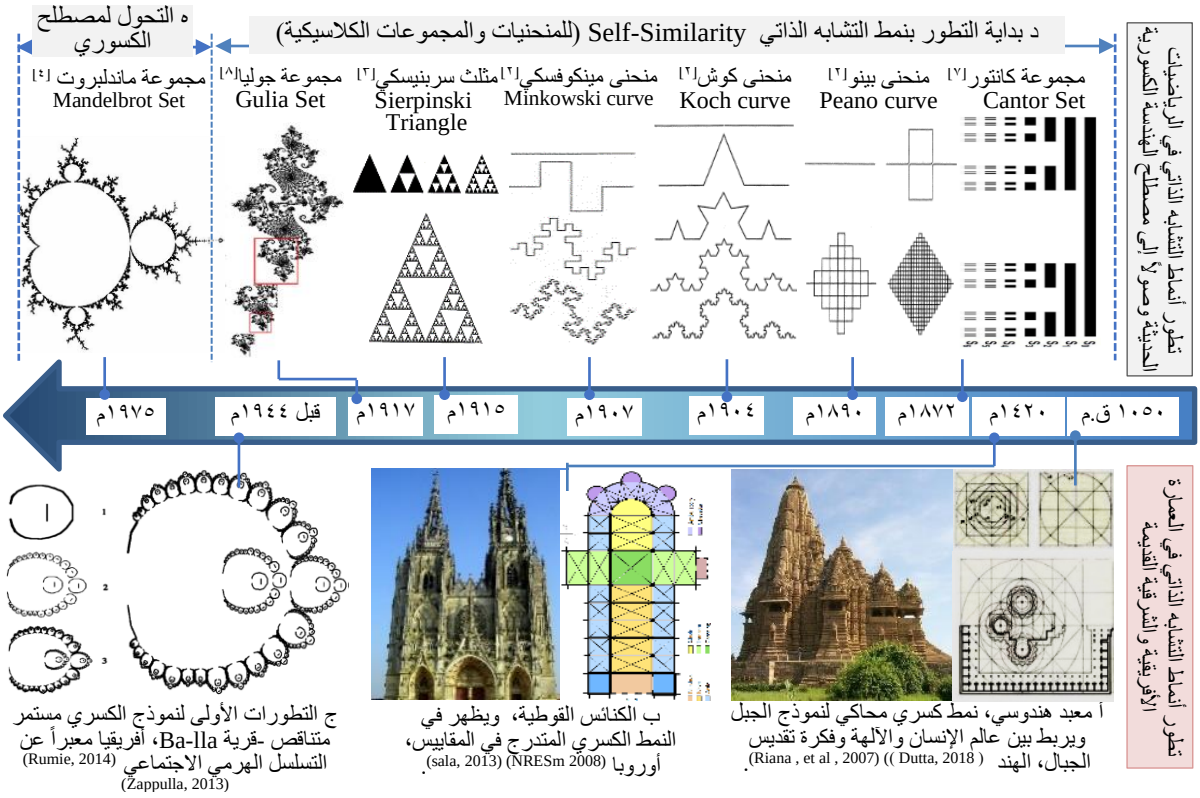
تعرف الهندسة الكسورية بأنها لغة جديدة لوصف أشكال الطبيعة المعقدة. وتحتاج للخوارزميات، والمعادلات البسيطة المتكررة لعدة مرات لإظهار صورة الـ fractal كالتشابه الذاتي للبناء مثل عناصر المبنى التي تتكرر بمقاسات مختلفة تزايدية أو تناقصية (عسل، ٢٠١٥). وهي أحد النماذج المعبرة عن الانصهار بين الرياضيات وتكنولوجيا المعلومات. وأداة جديدة مهمة للنمذجة تعبر عن الهندسة النمطية المتكررة إلى أبعد الحدود في علم التكنولوجيا المتقدمة. وتُعد مدخلاً جديداً للفن والتصميم (Nicoletta,٢٠٠٦)، كما يرتبط تعريف كلمة الكسوريات "fractals" بالنظريات العلمية مثل التعقيد والفوضى chaos واللاخطية (Belma & Ayyildiz,2016).

١/١تاريخ تطور الهندسة الكسورية

ظهرت أنماط العمارة الكسورية الأصلية في المعابد الهندوسية والكنائس القوطية، وبعض القرى الأفريقية المتماثلة ذاتياً، كما في شكل. ١أ، ١ب، ١ج. وبدأت أصول الأنماط الكسورية الرياضية منذ نهاية القرن السابع عشر وتطورت بعد ذلك هندسياً وأطلق عليها المنحنيات ذات التشابه الذاتي وهي تختلف عن صور النمط الهندسي الإقليدي وخطوطه المستقيمة بمنحنياتها الناعمة ذات المحيط اللانهائي في حين أن الحيز الذي تشغله نهائي (majalinse, 2016) . وصولاً إلى اصطلاح "كسورية" في الجزء الأخير من القرن العشرين حيث تم وصفها بالكامل من قبل عالم الرياضيات الفرنسي ماندلبروت Mandelbrotعام ١٩٧٥م، واتخذ السعي لتكرار الشفرة الإبداعية للطبيعة منعطفًا جديدًا مذهلًا باستخدام برامج الكمبيوتر، وأصبح من الممكن تصميم وإنشاء أشكال طبيعية متشابهة ذاتيًا من الطبيعة بطريقة لم تتحقق من قبل (Harris, 2012: Sarkan, 2017). وتعتمد معظم المنحنيات الكلاسيكية مثل كانتور؛ بينو؛ كوش؛ سربنيسكي على قاعدة استبدال هندسي واضحة لكل كسر fractal، حيث يكرر الشكل الهندسي وفقاً لقاعدة رياضية محددة فيكون الشكل المكرر؛ صورة من الشكل الأصلي وفقاً لخصائص القاعدة المطبقة، ويطلق على هذه المجموعات أنظمة الوظائف التكرارية، شكل .١د. بينما تعتمد مجموعة ماندلبروت على علاقة تكرارية من نقطة في الفراغ عند تكبيرها تُظهر تفاصيل جديدة تُشابه الأصل ويطلق على هذه المجموعة؛ كُسيريات الانفلات الوقتي (عسل، ٢٠١٥)، كما في الشكل. ١ه.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

شكل (١) التطور الزمني للهندسة الكسورية في أشكال الدوال الرياضية لوصف الأشكال في مقابل تطوره في العمارة قديماً



المصدر: بتصرف من الباحث من (Belma & Ayyildiz,2016; ٢٠٠٦,Nicoletta)، (المحرزي، ٢٠١٦)

(Zappulla, 2013)

١/٢ صور ابتكار الهندسة الكسورية

الشكل الكسوري، شكل هندسي تقريبي أو مجزأ ويمكن تقسيمه إلى أجزاء، يكون كل منها (على الأقل تقريبًا) نسخة صغيرة الحجم من النموذج بالكامل (Kitchley,2003). وترتبط صور الابتكار بعدم الانتظام وبالتجزئة معاً (سركن،٢٠١٧). وهي الهندسي؛ بتكرار الشكل ذاته باستمرار بمقياس أصغر كل مرة يتكرر فيها باستخدام نظم توليد الشكل التكرارية IFS أو L-Systems، شكل. ٣أ، الطبيعي؛ وهي في كل أشكال الطبيعة وبمقاييس مختلفة، ومنها المتشعب والحلزوني حيث تتشابه وتتكرر الأنماط مثل تكوينات الخلايا العصبية وأفرع الأشجار، شكل. ٢ب، والإحصائي؛ بحساب معادلة واحدة متكررة مثل مجموعة مندلبورت، مجموعات جوليا، وذلك باستخدام برامج الحاسب الآلي(Saad,2016) ، شكل.٢ج

شكل (٢) صور ابتكار الهندسة الكسورية وانعكاسها على تمثيل النتاج المعماري

أ مركز الثقافة، أستراليا ب جناح اكسبو، ميلانو ج تمثيل كتلة المبنى احصائيا

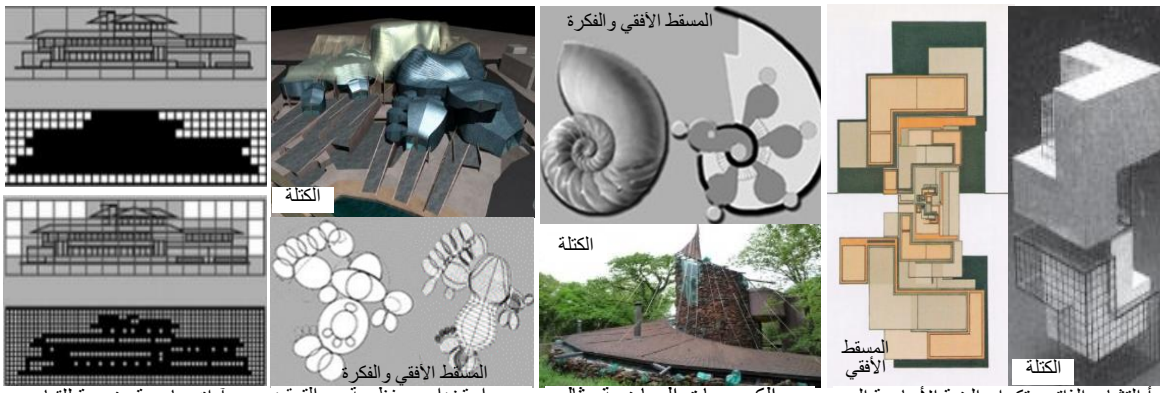
المصدر: بتصرف من الباحث [(Fed Square.com, 2019)-(2013 , Architecture)]

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

٣/١ سمات وخصائص الهندسة الكسورية

تتميز الهندسة الكسورية بمجموعة من السمات والخصائص، ومن أهمها خاصية التشابه الذاتي كما في نظرية النسبة الذهبية (Rian, ٢٠١٨)؛ النموذج الكامل وتجزئته بمقاييس مختلفة، شكل .٣أ؛ سمة الديناميكية والتغير الدائم في الجزء، شكل. ٣ب؛ البعد الكسوري وهو مقياس رياضي لمستوى خشونة الشكل أو مقدار التفاصيل (Dutta,٢٠١٨) وليس قيمة عددية، والمنحنى الخاص به يقع في البعد الرابع المحتوي على كافة الأبعاد الجزيئية التي تقع بين الأبعاد الثلاثة الأخرى (Rumiez, 2014). التشابه البصري والانسجام، شكل.٣ج، كما أنه يستخدم للقياس الكمي، لتحليل وربط علاقات الواجهات، كما بالشكل. ٣د.

شكل (٣) بعض سمات وخصائص الهندسة الكسورية في العمارة



أ التشابه الذاتي: تكرار البنية الأساسية الى مالانهاية مهما اختلف المقياس فيؤدي لتشابه الجزء مع الكل وبزيادة التكرار يزداد التعقيد

ب الكسوريات الرياضية مثال لنمذجة الأشكال الطبيعية الحلزونية والتي تتكرر بتغيير الحجم والاتجاه

ج استخدام نظرية التعقيد والفوضى، الحواف والروابط بين أجزاءها غير متجانسة، التشابه البصري والانسجام

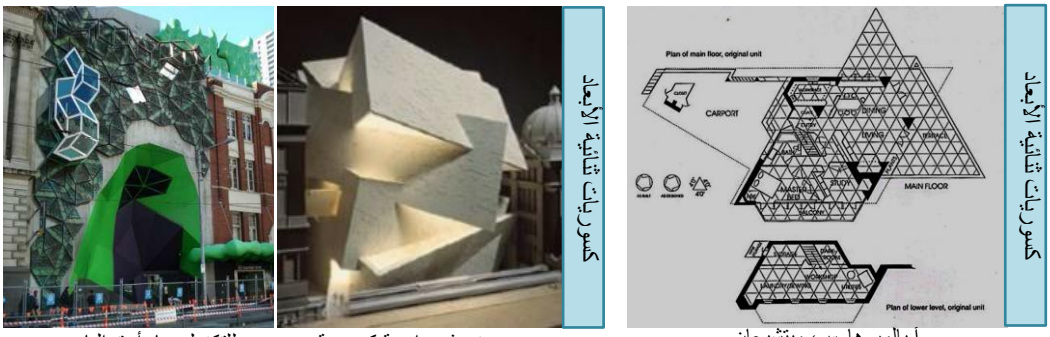
د أداة رياضية هندسية للقياس الكمي، لتحليل وربط علاقات التكوين بالواجهة

المصدر: بتصوف من الباحث من (Dutta, 2018)،(Saad,2016)،(Belma & Ayyildiz,2016) ، (Harris, 2012) ، (Nicoletta,٢٠٠٦)- (Osama,2014)

٤/١ المستويات البعدية للنمط الكسوري في العمارة

وتشمل المستوى ثنائي الأبعاد حيث يظهر غالباً في المساقط الأفقية، كما في منزل بالمر هاوس للمعماري رايت، والذي يتميز بطابع كسوري يعتمد على وحدة المثلث متساوي الأضلاع كعنصر تنظيمي رئيسي، وتكرار هذه الوحدة بما لايقل عن سبعة مقاييس مختلفة (Belma & Ayyildiz,2016) ، كما بالشكل. ٤أ، بينما المستوى ثلاثي الأبعاد غالباً يظهرفي الواجهات حيث تكون غنية بالتفاصيل، شكل. ٤ب،٤ج(Szalapaj, 2005)،(Carpo, 2013)

شكل (٤) المستويات البعدية للنمط الكسوري في العمارة



أ بالمر هاوس، ميتشيجان

ب نموذج واجهة كسورية ، ج معهد للتكنولوجيا، أستراليا

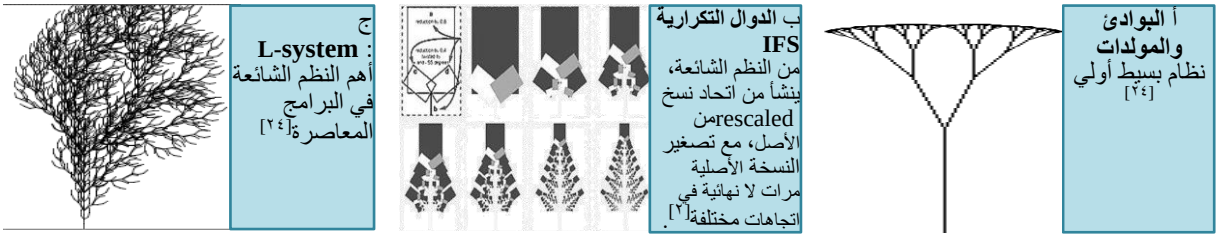
المصدر: [(Belma & Ayyildiz,2016)]، [(Carpo, 2013)-(Szalapaj, 2005)]

٢ طرق وأدوات توليد النمط الكسوري بمساعدة تطبيقات وبرامج الحاسب الآلي

تعتمد على التطبيق المتكرر للقاعدة على النتائج المتتاليةrecursion ، وتكون مساحة البكسل محددة، ويمكن للمطور بناء الكود الخاص به بطريقة لايكرر بها القاعدة إلى الأبد (Wintour, 2016)، ويوضح شكل. ٥أ،٥ب،٥ج أهم الطرق الشائعة لتوليد النمط الكسوري.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

شكل (٥) أهم الطرق الشائعة لتوليد النمط الكسوري في العمارة



المصدر : [Wintour, 2016] ،[2006,Nicoletta]

١/٢ مراحل عملية توليد النمط الكسوري

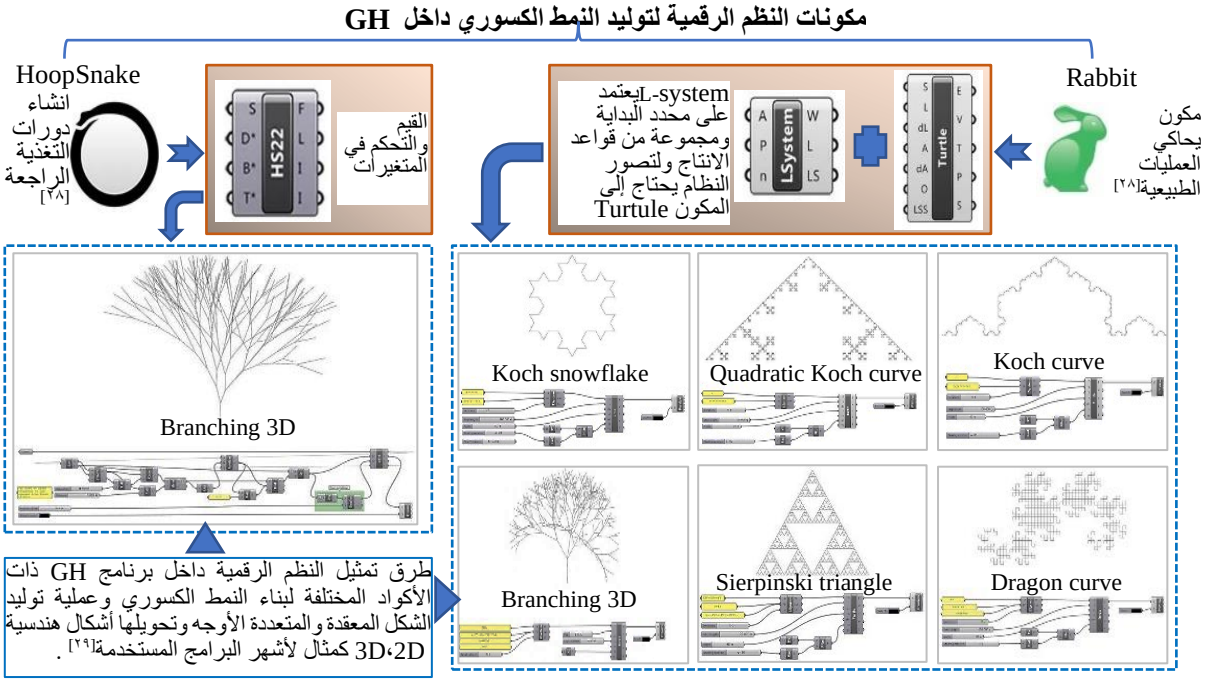
(١) خلق شكل معين: البادئ initiator وهو شكل البداية؛ (٢) اختيار قاعدة التوليد rule لكيفية تغيير هذا الشكل: استبدال كل نسخة من البادئ بنسخة أصغر a scaled copy من المولد generator وهوعبارة عن مجموعة من النسخ المقاسة من البادئ ويمكن أن تكون متغيرة في الاتجاه؛ (٣) تُطبق القاعدة على الشكل عدد من المرات اللانهائية، وبالتالي انتاج الشكل باستخدام الهندسة الكسورية (Efe, 2016). وتستخدم هذه العملية لإنشاء مسقط أفقي، واجهة، أو شكل ثلاثي الأبعاد (Flake, 2000).

٢/٢ البرامج والنظم الرقمية المعاصرة لتوليد النمط الكسوري

من أشهر البرامج والتطبيقات الرقمية المساعدة لانتاج أشكال النمط الكسوري في العصر الحالي برنامج دينامو Dynamo المتضمن في الريفيت Revit أحد تطبيقات تقنية الـ BIM، وبرنامج جراسهوبر Grasshopper المتضمن في الراينو Rhinoceros

ويتم توليد الهيكل الكسوري إما عن طريق تنميته بشكل متكرر من بنية وحدة، أوإنشاء انقسامات في الوحدات الأصغر حجمًا من الشكل المبدئي، مثل مثلث سيربينسكي [٢٧،٢٥]، وتُعد الأدوات الرقمية في العصر الحالي؛ الآداة التوليدية لاستخراج الشكل وتحويله باستخدام معادلات رياضية تحكم البناء الإنشائي له، وتُمكن المعماري من إمكانية الحصول على بدائل تشكيلية عديدة للوصول إلى التصميم الأمثل[١]، ويوضح شكل.٦ أهم النظريات والنظم الرقمية باستخدام برنامج جراسهوبرGH لتوليد الكسوريات مع بيان أشكال الأكواد التي يتم من خلالها تكوين النمط، والتي تعتمد في تَشَكُّلها على الخوارزميات للوصول إلى المنتج النهائي للشكل (المخرجات) من البيانات المعطاة (المدخلات) (عسل، ٢٠١٥).

شكل (٦) مكونات نظم التوليد وأكواد الكسوريات باستخدام GH



المصدر : بتصرف من الباحث [(Wintour, 2016)،(Shiffman, 2012)]

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

٣ تحليل مستويات تطبيق نمط الهندسة الكسورية كوحدة بنائية للتصميم في العمارة

ارتبط تطوير نظريات الكسوريات والفوضى والتعقيد والخوارزميات، بتطوير البرمجيات لتترجم هذه النظريات إلى أشكال هندسية. وبالتالي إنشاء أشكال وأنماط لا يمكن تصورها ولا حصر لها لإيجاد إمكانيات جديدة لتصميم الفراغات المعمارية بالإضافة إلى القيمة الجمالية للنتاج المعماري (Dutta,2018) . ويرى "Nicoletta Sala " وآخرون أن تطبيق الهندسة الكسورية في العمارة يمكن تقنينه في نطاق العنصر المعماري، نظرًا لأنه لايمكن أن تحتوي العمارة على تفاصيل صغيرة بلا حدود؛ وبالتالي لايمكن إطلاق مصطلح "العمارة الكسورية" في المطلق، ولكن اصطلاح "مكونات كسورية" (Sala, 2013).

وفيما يلي دراسة تحليلية مقارنة لتطبيق نمط الهندسة الكسورية في مجموعة من الأمثلة المعاصرة، لرصد دوره وأثره في مستويات التصميم طبقاً للمقياس العمراني والمعماري، وذلك باختيار عينات من مشاريع متنوعة حديثة في الدول المتقدمة والدول النامية ومقترحات لمشاريع عالمية حديثة وأغلبها حاصل على جوائز في التصميم أو تحقيق الاستدامة باعتبارها توجه عالمي، بالإضافة إلى تنوعها في مستوى التطبيق في التصميم؛ بدءاً من التصميم العمراني وصولاً إلى تصميم الفراغ الداخلي للمبنى؛ التنوع في الوظيفة؛ الفكرة؛ ومن ثُم تحليل فكرة المشروع،وسمات وخصائص تكرار النمط من حيث وحدته وأطوار نموه في المسقط الأفقي والقطاع والواجهة لكل مشروع، لتحديد دوره في فكرة تصميم المشروع وتفاعله مع متطلبات العصر، ومدى تحقيقه لاعتبارات ومتطلبات العمارة والعمران سواء الوظيفية؛ الانشائية؛ البيئية؛ الجمالية.

٣/١ تطبيق النمط الكسوري في مستوى التصميم العمراني

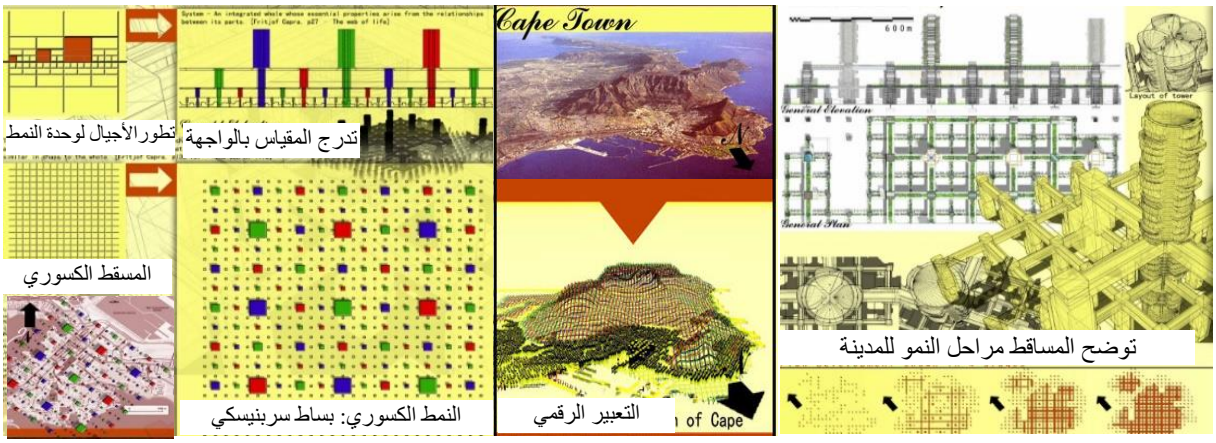
كما في مثال مشروع مسابقة ناطحة سحاب، كيب تاون، تصميم Louis Edward، مسابقة دولية، ٢٠٠٦ (Edward . 2006)، شكل.٧.

فكرة المشروع: توزيع بنية ناطحة السحاب في مدينة ذات شبكة كسورية الشكل، كجزء من نسيج حضري متطور وليس بناءً مفاجئ. والفكرة تشبه الطبيعة بنمو العضو المعتمد على الخلية في علاقة غير خطية. وتنظيم العمليات؛ مدخلات ومخرجات المدينة داخل نسيجها لتصبح جزءًا من الحياة الحضرية؛ الطاقة، العملية، التنظيف، إعادة التدوير وإعادة التوزيع.

فكرة النمط الكسوري: بساط سربنيسكي بما يتناسب مع طبيعة المكان، والقابلة للامتداد الأفقي والرأسي.

دور النمط وأثره في التصميم: تُهيئ فكرة استخدام النمط بطبيعة تشكيله؛ فرص النمو الاجتماعي والاقتصادي وكذلك تحقيق التدرج في الوظائف المطلوب في المناطق الحضرية؛ زيادة مستويات الاتصال الطبيعي التي تزيد من النظم متعددة الأبعاد، لتحقق التوازن عبر الزمن والعيش بشكل أكثر استدامة ومن ثم تحقيق كفاءة أعلى من الناحية البيئية.

شكل (٧) يوضح الهندسة الكسورية كنمط بنائي للتشكيل الحضري، مدينة كايب تاون.



المصدر: [Edward . 2006]

ومثال مشروع مدينة الجزيرة المستدامة- يوتوبيا العائمة، مقترح نماذج بديلة للحفاظ على الحياة، تصميم Brian Britton ٢٠١٢(Britton, 2012) ، شكل.7.

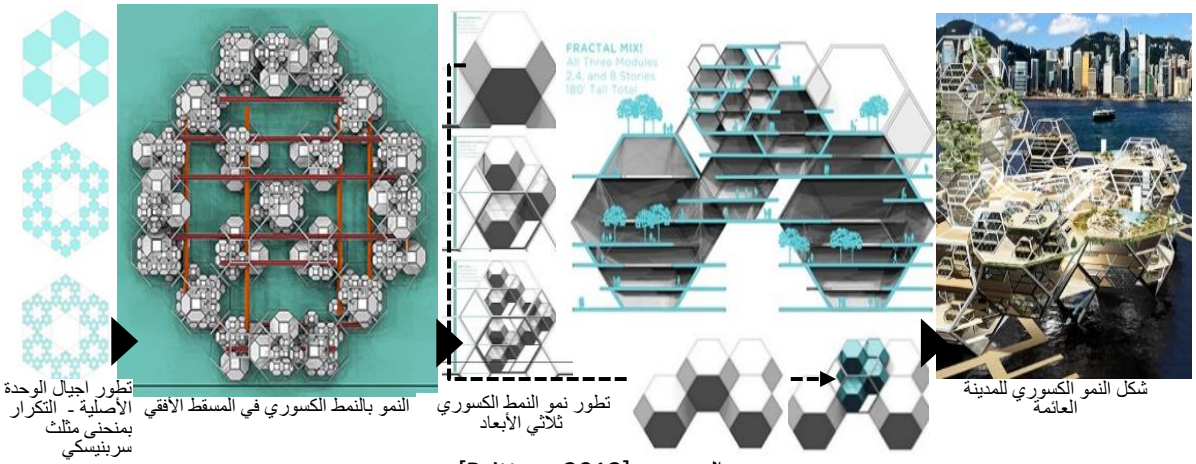
فكرة المشروع: بنية المدينة مستوحاة من النموذج المثالي لفقاعات الصابون. وهي مثال لحلقة مغلقة بيئياً.

فكرة النمط الكسوري: مستوحى من خلايا النحل، وتقوم على تحديد وحدة نمطية مناسبة للتصميم قابلة للنمو والاتصال بوحدات مختلفة الحجم. ومن ثم تخفيض حجم الوحدة الأصلية إلى عدة أحجام مختلفة ليسمح بترابط أكثر ثراءً لبرامج المدن والفراغات الخلالية باستخدام وحدة Scalable Module القابلة للتطوير.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

٤ دور النمط وأثره في التصميم: كل وحدة نمطية تحوي برنامج متعدد الاستخدام بما يتناسب مع الوظائف المختلفة. ويتيح التصميم زيادة الأسطح وبالتالي أكبر قدر من التعرض للشمس والاستفادة من طاقتها. وسمحت مسامية تصميم المدينة خلق مساحات خلالية تستخدم كفراغات عامة حضرية، إلى جانب توفير الاظلالات والهواء النقي بما يتوافق مع المحيط البيئي.

شكل (٨) يوضح الهندسة الكسورية كنمط بنائي للتشكيل الحضري، المدينة العائمة



المصدر: [Britton, 2012].

١/٤ تطبيق النمط الكسوري في مستوى تصميم تنسيق الموقع

ويشمل تحليل كل من تنسيق العناصر الحية، كما في مثال حديقة التَأمُل الكونية جنوب غرب اسكتلندا، تصميم Jencks Charles، سنة الانشاء ٢٠٠٧م [٣٢، ٣٣]، شكل.٨.

فكرة المشروع: تصميم المناظر الطبيعية التي من شأنها أن تربط بين عالم الفن والطبيعة والعلوم، وهي عبارة عن تلال من العشب لولبي الشكل، مستوحاة من مبادئ الفيزياء الحديثة.

فكرة النمط الكسوري: استخدام الهندسة الكسورية لمفاهيم الثقوب السوداء، نظرية الأوتار، والانفجار الكبير.

دور النمط وأثره في التصميم: يتميز تصميم الحديقة باستخدام الهندسة الكسورية في الجذب والغموض وتحقيق القيم الجمالية والتشكيلية المطلوبة في هذا النوع من المشاريع.

شكل (٩) يوضح الهندسة الكسورية كنمط بنائي لتصميم تنسيق الموقع، حديقة الضاربة الكونية

المصدر: [Jencks, 2011].

وتحليل تنسيق العناصر الغير حية، كما في جناح MadeExpo بغابة موناليزا الكسورية، تجربة تم تنفيذها سنة 2012 (Jencks, 2011) شكل.٩.

فكرة المشروع: استلهام من شجرة الحور لتتحول تدريجياً من نبات صغير إلى شجرة خشبية معمرة وتتكرر لتصنع الغابة.

فكرة النمط الكسوري: اعتمدت على أسلوبين رياضيين،"الخوارزميات" لتمثيل النمو، و"الكسوريات" لتمثيل طبيعة الغابة بفروع الأشجار، باستخدم تقنيات حسابية وبارامترية في الكمبيوتر؛ برنامج رينو المتضمن للجراسهوب رGH.

دور النمط وأثره في التصميم: تم توظيف الجذوع في التصميم كهيئة مقاعد الجلوس، في حين أن شبكات الفروع توفر الشعور بالمأوى وتحقيق الظلال. بينما الأشكال المنحنية تعبر عن معنى الطبيعة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

شكل (١٠) يوضح الهندسة الكسورية كنمط بنائي لتصميم تنسيق الموقع، جناح: MadeExpo

المصدر: [Architecture, 2013]–

٤/٢ مستوى تصميم النتاج المعماري

يُمكن تطبيق النمط الكسوري في تصميم الصور المختلفة للمُنتج المعماري والتي تشمل ما يلي:

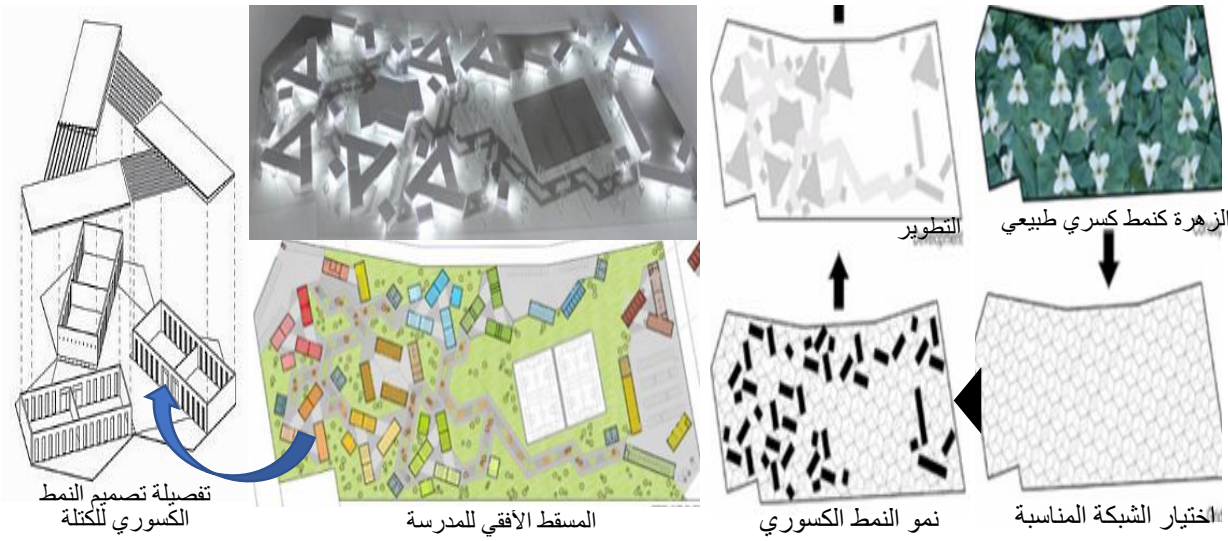
- تصميم كتلة المشروع كما في مثال مركز ميلاكوالتعليمي، شمال أثيوبيا، تحت الإنشاء، وهو نموذج مرجعي للتنمية المستدامة في أفريقيا، تصميم Xavier Vilalta، المشروع حاصل على جائزة دولية، ٢٠١٠ (ArchDaily, 2009)، شكل.١٠.

فكرة المشروع: يعتمد تصميم المشروع على شبكة سداسية كسورية تحتوي على أحجام مختلفة من الفصول والخدمات. وتُنظم الفصول في مجموعات صغيرة من ثلاث أو أربع كتل على شكل زهرة، والفراغات الخارجية حولها تُمثل ممرات المدرسة.

فكرة النمط الكسوري: مستوحى الشكل الطبيعي للزهرة، ومن العمارة الأفريقية التقليدية الشائعة باستخدام النمط الهندسي المتكرر، بتماثل الأجزاء الصغيرة من التكوين مع الأجزاء الأكبر.

دور النمط وأثره في التصميم: تخلق فكرة التصميم الكسورية، فراغات تساعد على التوافق مع المناخ المحلي، وتوفير التهوية الطبيعية لفراغات التعلم من كلا الجانبين. وبالتالي تحسين الآداء البيئي باستخدام فكرة مبتكرة تحقق ديناميكية للفراغ.

شكل (١١) يوضح الهندسة الكسورية كنمط بنائي لتصميم الكتلة، مركز تعليمي بأثيوبيا



المصدر: (ArchDaily, 2009)

- تصميم عناصر الكتلة ويشمل تحليل أفكار العناصر المكونة للكتلة، مساقط أفقية ورأسية، الواجهات، باستخدام النمط الكسوري. كما في مثال معرض الفن الجديد، قرطبة، أسبانيا، تصميم Fuensanta Nieto and Enrique Sobejano، المشروع حاصل على جائزة الأغاخان عام ٢٠١٠، سنة الانشاء ٢٠١٣[COHN, 2013، (Wordpress.com,2019)]، شكل. ١١.

فكرة المشروع: مستوحاة من هندسية الأشكال الإسلامية وثرائها، في تكوين الجزء الأوسط من فراغ المبنى. وكذلك نمط تصميم الواجهات اللانظامي ولكن يتميز بالمنطقية واستخدام مواد بناء معاصرة.

فكرة النمط الكسوري: نمط سداسي منتظم مقسم إلى ثلاثة مضلعات سداسية غير منتظمة، متدرجة في المقياس على التوالي، وتتكرر بطول واجهات المبنى، مع ثلاث تغييرات في الاتجاه باستخدام برامج الاتوكاد وأحد تطبيقاته Microstation ،

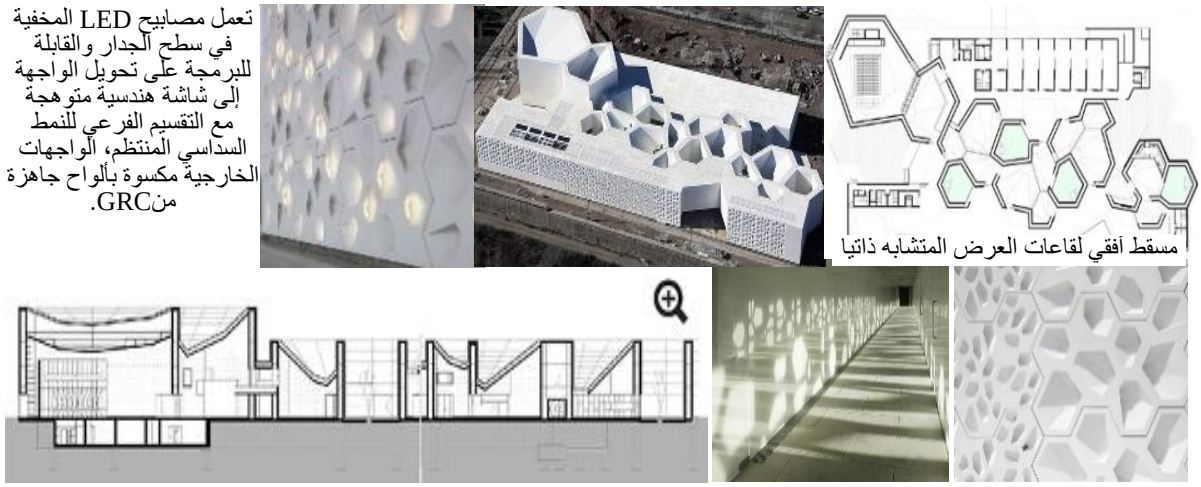
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ويستخدم للتصميم وصياغة للنموذج في البعدين ثنائي وثلاثي الأبعاد ويتضمن مميزات نمذجة معلومات البناء BIM وتم تزويد كل مسافة غاطسة في الواجهة بإضاءة LED غير مباشرة ، مما يحول الواجهة إلى شاشة وسائط بحجم ١٥٠٠ بكسل لعرض الصور المتحركة.

دور النمط وأثره في التصميم: تُوظف سلسلة من مساحات العرض سداسية غير منتظمة تتخللها أربعة أفنية لتكون في النهاية مساحة عرض واحدة، وتتدفق إليها جميع الوظائف المختلفة للمبنى ويظهر النمط كجزء من فكرة المسقط الأفقي. كما تم توظيفه ليحقق نمط الواجهة المزخرفة، مع تميز نمط الفتحات بتعدد الأضلاع مع أجزاء أحادية اللون باستخدام LED خلفها.

ومثال مركز التسوق بأديس أبابا، أثيوبيا، تصميم Vilalta Architects ، والحاصل على جائزة اليونسكو الخاصة ٢٠١٧، سنة الانشاء ٢٠١٦[(2016,ArchDaily)، (2017, Designboom)]، شكل. ١٢

شكل (١٢) الهندسة الكسورية كنمط بنائي للمسقط الأفقي والواجهة، معرض الفن الجديد بأسبانيا



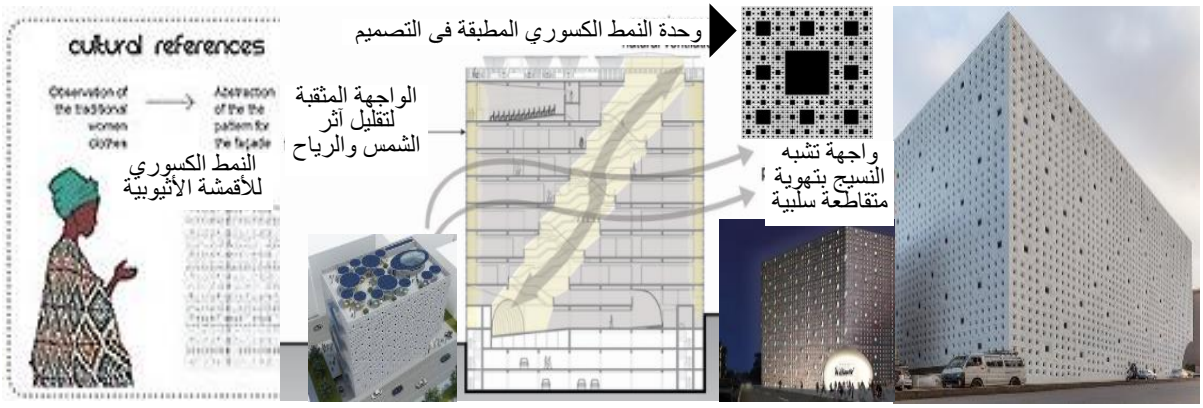
المصدر : [COHN, 2013،(Wordpress.com,2019)]

فكرة المشروع: الحفاظ على التقاليد المحلية بشكل جديد يمكن نقلها للأجيال القادمة ومن ثم نقله إلى المستقبل.

فكرة النمط الكسوري: غلاف المبنى مستوحى من أنماط فساتين النساء الإثيوبيات كسورية الشكل باستخدام وحدة المربع.

دور النمط وأثره في التصميم: وضع بناء قياسي لتحقيق التهوية والإضاءة الطبيعية والحماية من أشعة الشمس وفقًا للظروف المناخية. استخدام الفتحات المربعة ذات المقاييس المختلفة خلق إيقاع متغير وشيق لتوزيع الاضاءة الطبيعية الداخلية.

شكل (١٣) يوضح الهندسة الكسورية كنمط بنائي لغلاف المبنى، مركز التسوق أديس أبابا



المصدر [(Designboom, 2017)،(Archdaily, 2018)]

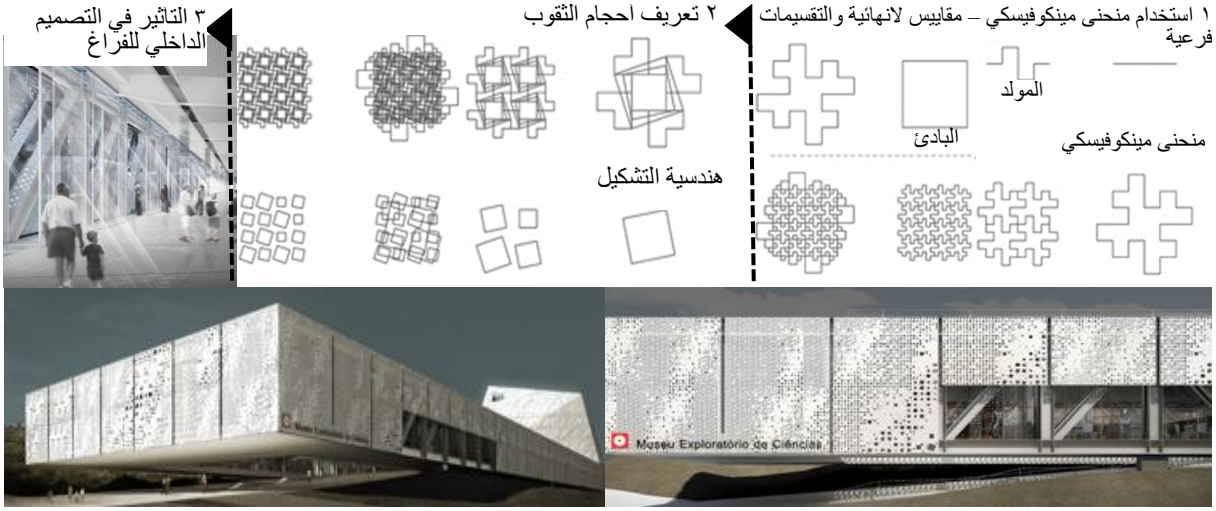
- ومثال مشروع متحف العلوم الاستكشافية، تصميم Daniel Corsi،Dani Hirano، Reinaldo Nishimura الجائزة الأولى بمسابقة دولية، البرازيل،٢٠٠٩ (Byng, ٢٠٠٩) شكل. ١٣.

فكرة المشروع: اعتبار المبنى وسيلة لنقل المعلومات المرتبطة بالمفاهيم الرياضية والهندسية، وترجمتها إلى اللانهاية بمفهوم الهندسة الكسورية. والفهم البشري من خلال العلوم مثل الضوء والظل، الكون والفرد، كما تشمل مفاهيم جديدة عن التشابه الذاتي والتعقيد اللانهائي القادرة على فهم الطبيعة ومقاييسها الغير محدودة، والتعبير عنها من خلال تصميم المبنى.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

فكرة النمط الكسوري: نمط سطح الواجهة قائم على الاستعارة البدائية للبعد اللانهائي للكون؛ بداية من مخطط رياضي أولي، يتم رسم "شفرة" مثقوبة وتطبيقها على الأسطح باستخدام منحنى مينكوفيسكي. وتم تطويرها لـ١٠ وحدات بأشكال مختلفة.
دور النمط وأثره في التصميم: يسمح النمط بالاضاءة الموزعة والتحكم في المناخ الداخلي. كما أن وحدات الفتحات وأبعادها بالواجهات تتوافق مع الاستخدامات الداخلية، من حيث الكثافة والانتشار. ويعبر شكل المتحف عن وظيفته من خلال الرمز، والحماية المناخية، الظواهر الكونية، فكرة اللانهاية، تحفيز خيال الفرد ومعرفته عن العلاقة بين الإنسان والطبيعة والعلوم.

شكل (١٤) يوضح الهندسة الكسورية كنمط بنائي لتصميم الواجهات، متحف العلوم الاستكشافية، البرازيل.

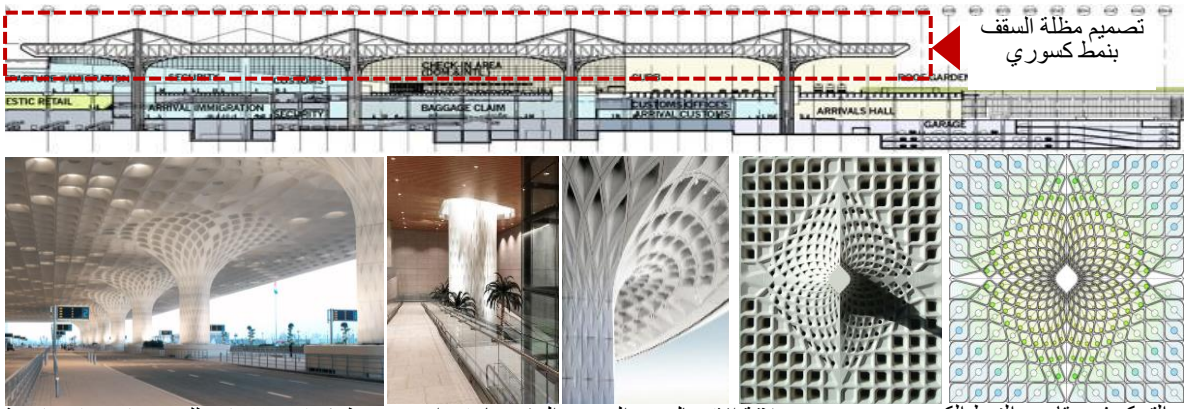


المصدر : [Byng, 2009]

- تصميم الفراغ الداخلي ومكوناته مثل مشروع صالة ٢، مطار شاتراباتي شيفاجي الدولي في مومباي، تصميم skidmore, owings & merrill (SOM)، حاصل على الجائزة البلاتينية في تصميم صالات المطارات سنة ٢٠١٥، سنة الانشاء 2014 [2014,Designboom]. شكل. ١٤

فكرة المشروع: الصالة ذات سقف يشبه المظلة مصممة بنمط كسوري. ويمتد السقف طولياً معتمداً على ثلاثين عمودًا مشرومي الشكل لتتشابه مع الفناءات الداخلية للمنازل المحلية.
فكرة النمط الكسوري: مستوحى من شكل أجنحة المعارض الهندية التقليدية، وتشمل قاعدة توليد النمط الـ Space-filling curve وهو أسلوب تحليل حسابي بمعادلة "بينو".
دور النمط وأثره في التصميم: يتميز شكل السقف بمرونة التصميم، والتحكم في توزيع وحدات الاضاءة. والشكل الجمالي لتصميم بإسلوب غير تقليدي لربط عناصر المبنى (العمود والسقف) من خلال تحقيق استمرارية الشكل.

شكل (١٥) الهندسة الكسورية كنمط بنائي لتصميم السقف الداخلي، صالة الوصول ٢، مومباي



التحكم في مقاييس النمط الكسوري باستخدام أدوات النمذجة الرقمية
علاقة الاتصال بين العمود والسقف باستخدام معادلات الهندسة الكسورية المناسبة للتصميم
نمط تكراري لانهائي للسقف باستخدام خاصية التشابه الذاتي للهندسة الكسورية

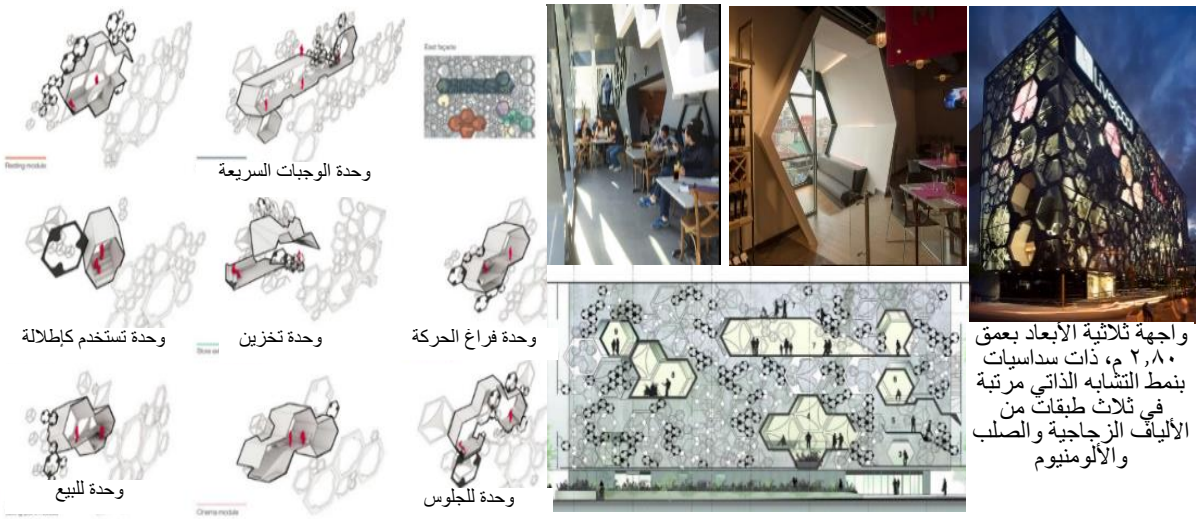
المصدر : [2014,Designboom]

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

- مشروع تغيير واجهة مول ليفربول، المكسيك، تصميم Rojkind Arquitectos، حاصل على جائزة دولية لتصميم الواجهة ٢٠١٤، سنة الإنشاء ٢٠١٠ [Arquitectos,2010]. شكل.١٥

فكرة المشروع: واجهة ذات فراغات سداسية الشكل لاستغلالها في التسوق والعروض المرئية؛ والسلالم والمنحدرات للسماح للمتسوقين بالتحرك إلى جميع أنحاء المبنى من خلالها. والهدف من تغيير واجهة المبنى القائم الترويج للمول بشكل فعال.
فكرة النمط الكسوري: مستوحى من شكل خلايا العسل السداسية والفن البصري، ووحدته هندسية سداسية الشكل.
دور النمط وأثره في التصميم: استغلال النمط التصميمي كوحدات متعددة الوظائف بأحجام مختلفة، ديناميكية الواجهة.

شكل(١٦) الهندسة الكسورية كنمط بنائي لتصميم واجهة فراغية، مول ليفربول، المكسيك -

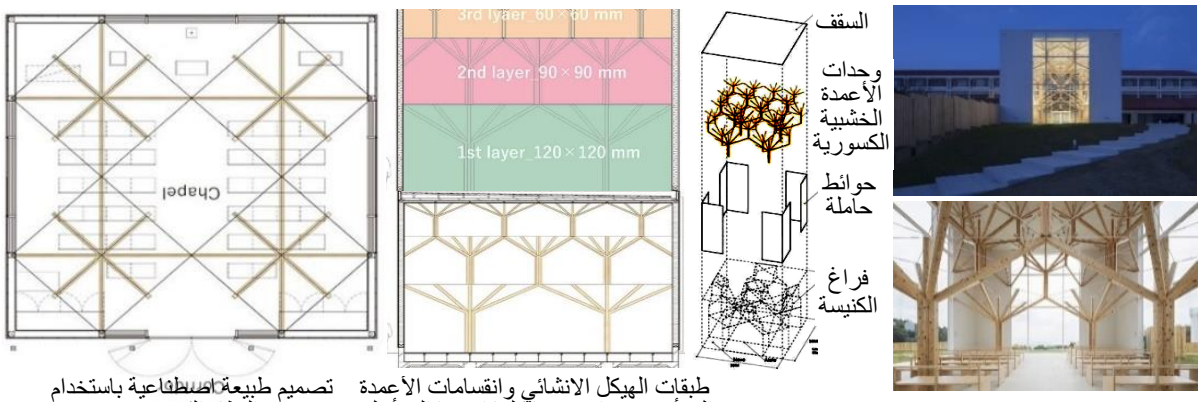


المصدر: [Arquitectos, 2010]

- تصميم العناصر الإنشائيه الهيكل الداخلي لكنيسه حديثه بناجازاكي، اليابان، تصميم Yu Momoeda ، حاصل على جائزة دولية ٢٠١٨، سنة الإنشاء ٢٠١٦ [Torgovnick, ٢٠١٣)،(Eldredge,2018)]. شكل.١٦

فكرة المشروع: أعمدة كسورية تشبه التشعب الكسوري الطبيعي للأشجار لحمل السقف. وهي تحاكي الأقبية المتداخلة المتفرعة للكنائس القوطية التقليدية، وتصنف أنها كنيسة ذات إسلوب قوطي مستحدث.
فكرة النمط الكسوري: مستوحاة من فروع الأشجار، بعمل حزم من الأعمدة الخشبية تنقسم وتصغر كلما اقتربت من السقف. فالمبنى يستخدم نظام من عمود خشبي متفرع يبدأ بأربعة أعمدة ينقسم كل منها إلى ثمانية فروع. وترتبط هذه الفروع بقضبان من الصلب الأبيض وتدعم بدورها المستوى التالي من ثمانية أعمدة أصغر، تتفرع لدعم الجزء العلوي من ١٦ ركيزة متفرعة.
دور النمط وأثره في التصميم: ربط المبنى بالمحيط الطبيعي، وحمل سقف الكنيسة. هذا النوع من التصميم يوضح مدى الجمال والابهار لاستخدام الهندسة الكسورية ثلاثي الأبعاد.

شكل (١٦) الهندسة الكسورية كنمط بنائي لتصميم العناصر الانشائية كنيسة نجازاكي، اليابان



المصدر: [(Eldredge,2018)،(Torgovnick, 2013)]

بعد استعراض دور النمط الكسوري في أمثلة المشروعات محل الدراسة في المرحلة السابقة والتي تم تناولها من خلال تصنيفها طبقاً لمستوى التصميم في العمارة وعناصره، نستنبط أن مفهوم الهندسة الكسورية يُمكن أن يساهم في الفكر

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

التصميمي للمشروع، كفكرة تصميمية رئيسية يقوم عليها المشروع، أو يمكن أن تظهر في بعض أجزاء المشروع كجزء من فكرة التصميم لتحقيق غرض وظيفي معين، أو جمالي سواء في المساقط الأفقية أو الواجهات، وفي كثير من الأحيان خاصة تصميم عناصر ومكونات الفراغ المعماري كنمط تشكيلي ذو دلالات تعبيرية يسعى المصمم إلى تحقيقها.

ويوضح جدول.١ دراسة تحليلية مقارنة لتطبيق الهندسة الكسورية في تصميم مستويات العمارة المختلفة من خلال مفهومها في الفكرالتصميمي وصور الابتكار والسمات والخصائص ونظم التوليد والمستويات البعدية والبرامج المساعدة ودوره في التصميم لمشروعات محل الدراسة.

جدول (١) تحليل مقارن بين المشروعات محل الدراسة لتطبيق الهندسة الكسورية في مستويات التصميم، المصدر: الباحث

مستويات التصميم في العمارة		تصميم عمراني		تنسيق موقع		تصميم النتاج المعماري وعناصره المختلفة					
						الكتلة	عناصر الكتلة			الفراغ الداخلي		عنصر
دراسة تحليلية مقارنة لتطبيق الهندسة الكسورية في تصميم مستويات العمارة المختلفة من خلال المفهوم في التصميم وصور الابتكار والسمات والخصائص ونظم التوليد والمستويات البعدية والبرامج المساعدة ودوره في التصميم لمشروعات محل الدراسة		مدينة كسورية ، كيب تاون	المدينة العائمة، نموذج لمقترح عام	الحديقة الكونية، جنوب غرب اسكتلندا	ميلانو، MadeExpo جناح	مركز ميلاكو التعليمي، أثيوبيا	معرض الفن الجديد، أسبانيا	مركز التسوق، أديس أبابا	متحف العلوم الاستكشافية، البرازيل	صالة ركاب بمطار، مومباي	مول ليغربول، المكسيك	كنيسة حديثة، اليابان
وحدة النمط الكسوري المستخدمة												
مفهوم الكسورية في	فكرة التصميم											
	جزء من فكرة التصميم											
	نمط تصميمي تشكيلي											
صور ابتكار الهندسة	هندسي											
	طبيعي											
	جبري											
سمات وخصائص النمط الكسوري / السمات	ديناميكية											
	تكوينات معقدة											
	أجزاءها غير متجانسة											
	هياكل ربط بتعدد مستويات											
	تشابه بصري،انسجام											
	متنامية لانهائية											
سمات وخصائص النمط الكسوري / الخصائص	تشابه ذاتي											
	أبعاد كسورية											
	التكون عبر التكرار											
	الكسورية العشوائية											
	التدرج الحجمي											
نظم توليد النمط	البوادي والمولدات											
	الدوال التكرارية IFS											
	L–system											
أبعاد النمط	ثنائي الأبعاد											
	ثلاثي الأبعاد											
برامج رقمية مساعدة	جراسهوبر											
	أخرى											
دور النمط الكسوري	وظيفي											
	انشائي											
	بيئي											
	جمالي											
تأثير النمط الكسوري في عناصر مستويات التصميم	مسقط أفقي											
	مساقط رأسية											
	واجهة											
	سقف											
	غلاف المبنى											
	فتحات											
	عناصر انشائية											

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

- **تفسير نتائج التحليل المقارن للمشاريع محل الدراسة**

من تحليل الجدول السابق نلاحظ أن النمط الكسوري يتدرج من كونه فكرة تصميمية إلى نمط تشكيلي بتدرج مستويات التصميم في العمارة من المقياس الأكبر إلى الأصغر. وأن صور الابتكار الهندسي والطبيعي هي الأقرب لإمكانية التطبيق في العمارة؛ معظم الخصائص والسمات تظهر في المشروعات محل الدراسة مع ملاحظة نُدرة خاصية الكسور العشوائية لأنها بالغة التعقيد وتحتاج عناصر بمسطحات كبيرة، وقدرات خاصة في التفكير الابداعي.

- يتنوع النمط الكسوري بين التقليدي أو الابتكاري أوالأكثر تعقيداً؛ بالرغم من أنه في جميع الحالات يعتمد في الأصل على وحدة بسيطة الشكل. وأنه يُمكن الاستلهام من فكر أنماط الهندسة الكسورية لتحقيق أهداف المشروع بطرق مبتكرة ونتاج بسيط دون اللجوء لتطبيقات الحاسب الآلي عالية المستوى كما في مشروع مركز ميلاكو التعليمي.
- يتدرج دور النمط الكسوري في المشروعات محل الدراسة تنازلياً بداية من الجمالي وتحقيق القيم الخاصة به؛ الوظيفي بتحقيق وظائف العناصر المختلفة؛ البيئي خاصةً التهوية والإضاءة وإمكانية التوافق مع الأنشطة المختلفة؛ الإنشائي نتيجة خصائصه وسماته التشكيلية.
- يتوافق مستوى التصميم العمراني مع النمط الكسوري الهندسي في التطبيق كفكرة رئيسية للتصميم؛ نظرا لسمات النمط وتوافقه مع مستويات تصميم الفراغات المختلفة ذات المقاييس المختلفة والوظائف المتنوعة، بينما في مستوى تنسيق الموقع؛ النمط الكسوري الطبيعي حيث أنه أكثر تعقيداً ويتوافق مع قيم الجمال الحسية للطبيعة الحية والسياق العام بأكثر من مفهوم للهندسة الكسورية.
- على مستوى النتاجات التصميمية نلاحظ أن النمط الكسوري يؤثر بشكل أكبر؛ نتيجة تنوع عناصر النتاج خاصة العناصر المرئية المؤثرة في ذهن المُشاهد كواجهات وأغلفة المباني وتطويرها للوصول إلى كتلة المبنى؛ ويمكن أن يلعب أكثر من دور في العنصر الواحد على سبيل المثال هيكل انشائي للواجهة، حائط الواجهة لفصل الفراغ الداخلي عن الخارجي، نمط للفتحات، بالإضافة إلى إعادة تحديد دور التفاصيل مثل تفاصيل التصميم الداخلي، وإمكانية تحديث واجهات وأغلفة المباني؛ كما في مشروع مول ليفربول. كما يظهر التحول في فكر تصميم وتشكيل العناصر الانشائية من كونها وسيلة لتدعيم المبنى إلى آداة ابتكارية للتعبير عن السياق والربط بالمحيط الطبيعي ومن ثم الجمال والابداع.

أنه يُمكن صياغة دور نمط الهندسة الكسورية في تحقيق الوظيفة في العمارة كما يلي:

– الوظيفة النفعية: نظراً لثراء خصائصه من حيث انتاج أشكال لانهائية، وبالتالي وجود بدائل متعددة للشكل تناسب الأغراض الوظيفية المختلفة للمحتوى الفراغي، مع امكانية توظيفه في عناصر الفرش وتحقيق متطلبات الفراغ الوظيفي من وحدات متعددة الوظائف. بالاضافة إلى توظيف الأسقف ذات النمط الكسوري لأكثر من استخدام مثل وضع وحدات الاضاء الصناعية دون الحاجة لاستخدام الأسقف الاستعارية.

– وظيفة بيئية: خاصةً؛ تصميم واجهات المباني والأسقف النهائية، باستخدام عناصر تكوينها، سواء نمط تصميم الفتحات، أو نمط الواجهات الستائرية Screen walls بأبعاد ثنائية أو ثلاثية، وغلاف المبنى، لتحقيق الاضاءة والتهوية الطبيعية والحماية من العوامل المناخية (الحرارة، الرياح)، والذي يرجع إلى طبيعة تشكيل هذا النمط.

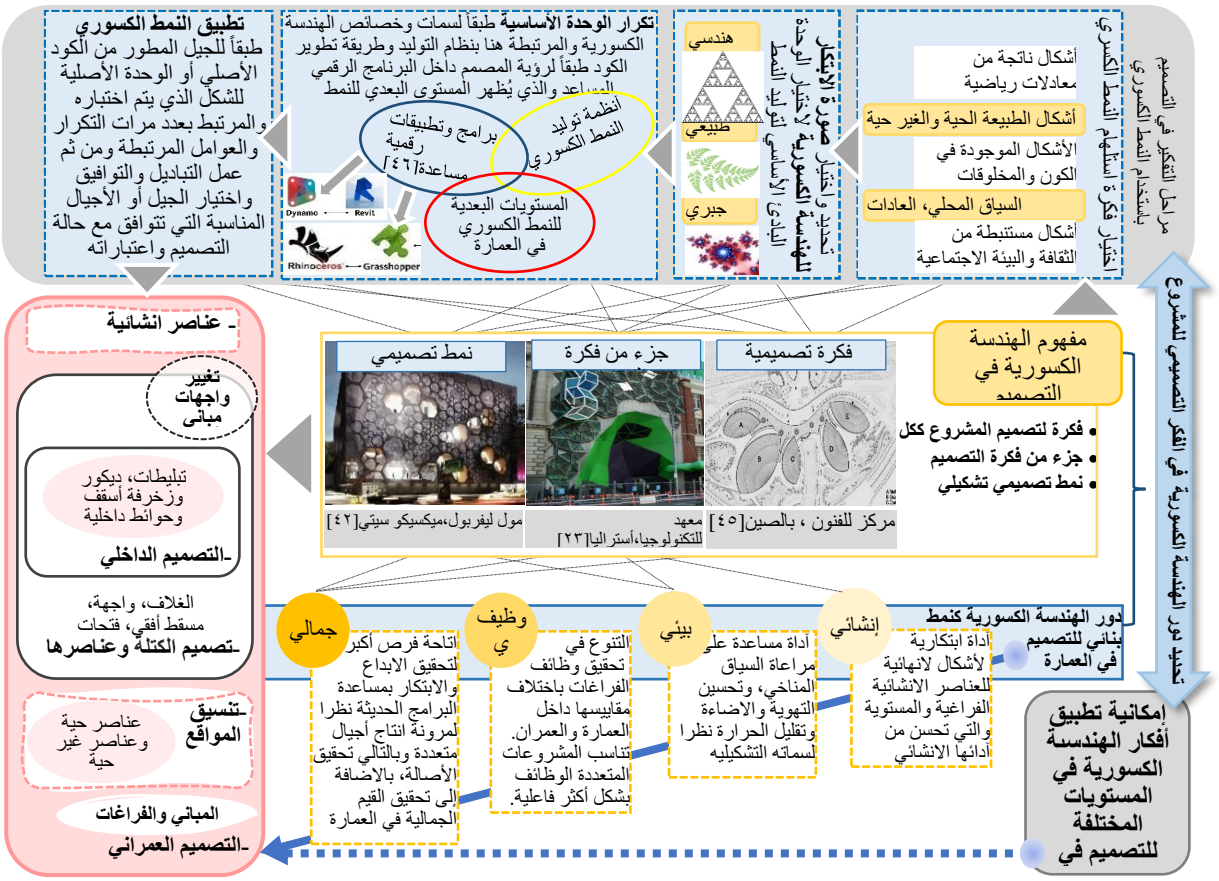
– وظيفة جمالية: والتي تتحقق من خلال خصائصه وسماته حيث تحقيق مبدأ التناسق من خلال وحدة الشكل والتنوع في المقاييس. وكذلك امكانية توظيف عناصر الفراغ المعماري لتحقيق القيم الجمالية باستخدام الظل والنور حيث البعد الفراغي للنمط، وتوظيف كالعناصر الانشائية ذات التشكيل الكسوري لتحقيق الوظيفة الجمالية.

ويتميز التصميم باستخدام نمط الهندسة الكسورية عن غيره، باعتماده على التفكير الابداعي، والذي يُمكن من خلاله تحقيق الموائمة والمرونة والاقتصاد، واستخدام مجموعة مداخل للتصميم وهي المدخل الرياضي باستخدام المعادلات الرياضية، والمنهج السياقي والذي يتبع البيئة المحيطة، ومدخل التقليد والمحاكاة والذي يشمل الاستلهام من الطبيعة كما ظهر في الدراسة التحليلية السابقة.

ويمكن إجمال تفسير النتائج التي توصلت إليها الدراسة، واستخلاص الدروس المستفادة في شكل إطار فكري عام لتأثير دور الهندسة الكسورية كنمط بنائي في التصميم؛ بداية من الفكرة مروراً بمراحل التصميم لتطبيقها في المستويات المختلفة للعمارة والعمران، شكل.١٧.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

شكل (١٧) إطار فكري عام لتأثير دور الهندسة الكسورية كنمط بنائي للتصميم في المستويات المختلفة للعمارة



المصدر: الباحث

٦ الخلاصة والتوصيات

١/٦ الخلاصة

- تُعد الهندسة الكسورية من أفضل الخيارات لتمثيل النوع الجديد من نظام النموذج؛ قادرعلى المرونة في بناء نظام بنائي مبتكر في مستويات التصميم المختلفة في العمارة، تسمح بتقليل الوقت والجهد.
- أن الهندسة الكسورية آداة مميزة في تحفيز خيال المصمم، وتكسبه المزيد من مهارات الاكتشاف واستحداث أشكال لانهائية في اتجاه العلاقة بين احتياجات المستخدم والطبيعة والعلوم وتوظيفها في النتاج المعماري بشكل متفرد، عالي التعقيد. كما أنها تساعد في تنمية مجموعة من المهارات الابداعية مثل تنمية مهارات التفكير البصري، الطلاقة في التفكير والمرونة والأصالة.
- أنه يمكن الاعتماد على الهندسة الكسورية في صياغة الأفكار التصميمية بداية من فكرة المشروع أو فكرة لحل أجزاء منه، وذلك نظراً لسماتها التشكيلية المتنوعة المعتمدة على ترجمة الأشكال على اختلاف نوعها من خلال معادلات رياضية، وأنها تعتمد على منظومة كاملة تتكون من مجموعة من المحددات قائمة على نُظم توليد الشكل بطرق لانهائية، باستخدام برامج رقمية عالية المستوى، وفي المستويات البعدية المختلفة.
- أن التطور التكنولوجي في علوم البرمجة، أتاح الفرصة أمام المصممين إلى دفع العمل المعماري إلى مرحلة متقدمة، مما أدى إلى وجود علاقات ودراسات تكاملية بين العلوم الهندسية وعلوم التصميم مما يواكب الاتجاهات الحديثة في الالفية الثالثة على مستوى الممارسة والتطبيق.
- إمكانية استخدام النمط الكسوري في تصميم غلاف المبنى بمسطحات كبيرة تتكون من وحدات متشابه في الشكل طبقاً للتصميم. وبالتالي سهولة في التصنيع والتجميع وأكثر كفاءة اقتصادياً بسبب فكرة نموذج الوحدة. وينطبق ذلك أيضاً على تصميم العناصر الانشائية نظراً لصغر مسطح قطاعات العناصر الهيكلية المستخدمة؛ وبالتالي هيكل أخف وزناً، وأقل تكلفة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

٦/٢ التوصيات

- أهمية توظيف النمط الكسوري في أساليب التصميم العمراني في الواقع المحلي لما له من دور حيوي في تحقيق بيئات حضرية ملائمة للسياق بكل محدداته، خاصةً في ظل تسارع حركة النمو العمرانى فى المدن الجديدة دون أن يواكب هذا النمو محاولات جادة للتعامل مع الواقع البيئى ورفع القيم الجمالية؛ والإفراط فى تصميم نمط فراغات حضرية كبيرة المساحة وواجهات ذات نمط كلاسيكي لا تخص الواقع المحلي بصلة.
- ضرورة فتح آفاق جديدة ورؤى تجريبية في مجال تفعيل دور الهندسة الكسورية كأحد الأنماط التصميمة للنتاج المعماري، خاصة في ظل توفر إمكانات النمذجة الرقمية المتخصصة في انتاج الأشكال الكسورية؛ التي تتيح الفرصة للمعماريين لخلق تصميمات متفردة، مما يساهم في الارتقاء بقيمة المنتج المعماري وتأثيره الإيجابي في المحيط.
- يوصي البحث بتضمين الهندسة الكسورية في مقررات التصميم المعماري ويمكن إجراء ذلك بصورة متدرجة لأثرها على طريقة التفكير الإبداعي، وذلك باستخدام مداخل تدريسية حديثة باستخدام تطبيقات النمذجة الرقمية، وأهمية عقد دورات تدريبية لهيئة تدريس مقرر التصميم المعماري في المراحل الدراسية المتقدمة بدءاً من الفرقة الثالثة عمارة وذلك في موضوع الهندسة الكسورية وتطبيقاتها الرقمية بهدف تطوير عملية التعليم والتعلم.
- أهمية تشجيع طلبة الدراسات العليا على تقصي المفاهيم الفكرية والفلسفية في الهندسة الكسورية، إلى جانب التوسع في استخدام البرامج المتخصصة في الهندسة الكسورية في بحوث ودراسات التصميم بصفة خاصة.

المراجع References

عسل، محمد سيد علي. (٢٠١٥). الفراكتالات والخوارزميات الرياضية كمدخل لاثراء فنون الجرافيك الرقمية. المؤتمر الدولي الاول للفنون التشكيلية وخدمة المجتمع، ١٧-١٩ فبراير ٢٠١٥. الأقصر، مصر: كلية الفنون الجميلة، جامعة جنوب الوادي.

Assal, M. S. (2015). Fractal and Algorithm Arts as input to enrich the Digital Graphic art. First International Conference of Plastic Arts and Community Service, 17-19 February 2015. Luxor, Egypt: South Valley University.

سركن، إيمان إبراهيم بدر. (٢٠١٧). الأساليب التصميمية في تطبيق علم الهندسة الكسرية في التصميم الداخلي للمنشآت السياحية. مجلة التصميم الدولي (٧)٣, ص.٨٩-٩٦.

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.

المحرزي، عبد الله والمعافى، ابراهيم محمد. (٢٠١٦). أثر وحدة مقترحة في هندسة الفراكتال في تنمية مهارات التفكير الإبداعى لدى طالب المرحلة الثانوية. مجلة الأندلس للعلوم الإنسانية والاجتماعية ١٠(١٣)، ص.٤٧-٨٥.

Al-Mahrezi, A.A. and Al-Moafe, I.M. (2016): The Effect of Fractals Geometry on Improving Creative Skills of Thinking of Secondary Grade Students. Al-Andalus journal for Humanities & Social Sciences.10 (13), 47-85.

ArchDaily (2009). Melaku Center / xvstudio. Retrieved from: https://www.archdaily.com › ArchDaily › Articles › Melaku Center / xvstudio/ acssesed 9/4/2019.

ArchDaily (2016). Lideta Market / Vilalta Studio. Retrieved from: https://www.archdaily.com/789535/lideta-market-vilalta-arquitectura/ acssesed 11/3/2019

Archdaily (2018). The Fuzhou Strait Culture and Art Centre / PES-Architects. Retrieved from: https://www.archdaily.com/904225/the-fuzhou-strait-culture-and-art-centre-pes-architects/ accessed at 10/7/2019.

Architecture, Fractal & Nature (2013). Posts tagged 'Nature'. Retrieved from: https://iasefmdrian.wordpress.com/tag/nature/ acssesed at 1/5/2019.

Architecture, Fractal & Nature (2013). Posts tagged 'Nature'. Retrieved from: https://iasefmdrian.wordpress.com/tag/nature/ acssesed 9/6/2019.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

Arquitectos, Rojkind. (2010). https://www.archdaily.com/560641/liverpool-insurgentes-department-store-rojkind-arquitectos/ acssesed 13/5/2019

Arts, Mathematics, and Ardlitecture, Pp.235-240. https://archive.bridgesmathart.org/2003/bridges2003-235.pdf acssesed at 6/4/2019.

Belma & Ayyildiz, Alik ,Sonay.(2016) "Fractals and Fractal Design in Architecture", 13th International Conference "Standarization, Protypes and Quality: A Means of Balkan Countres' Collaboration", Romania, November, p.284,285.

Britton, Brian. (2012). https://www.behance.net/gallery/7805665/Thesis-2012-Island-City / acssesed 7/6/2019.

Byng, Malaika (2009). Exploratory Science Museum by CHN Arquitetos. Retrieved from: https://www.dezeen.com/2009/09/07/exploratory-science-museum-by-chn-arquitetos/ acssesed 13/5/2019

Carpo, Mario. (2013). "The Digital Turn in Architecture 1992–2012", John Wiley & Sons Ltd, p.99.

COHN, DAVID. (2013). https://www.architectural-review.com/today/contemporary-art-centre-spain-by-nieto-sobejano acssesed 19/4/2019

Designboom (2014). SOM unites mumbai airport terminal with fractal roof canopy. Retrieved from: http://www.designboom.com/architecture/som-unites-mumbai-airport-terminal-with-fractal-roof-canopy-02-25-2014/ acssesed 13/5/2019

Designboom (2017). VILALTA completes mall in ethiopia with perforated envelope. Retrieved from: https://www.designboom.com/architecture/vilalta-arquitectura-lideta-mercato-shopping-mall-addis-ababa-ethiopia-12-26-2016/ acssesed 15/4/2019

Dutta,Tanisha.(2018) "Shapes, Patterns and Meanings in Indian Temple Architecture", American Journal of Civil Engineering & Arch., Vol. 6, Pp.206- 215.

Edward, Louis . (2006). http://www.evolo.us/fractal-city-in-cape-town-urban-project/acssesed1/5/2019.

Efe, Recep. (2016). "Environmental Sustainability and Landscape Management", St. Kliment Ohridski University Press Sofia, P. 188-202.

Eldredge, Barbara (2018). Stunning Japanese chapel showcases tree-like fractal columns, The chapel's interior structure is made of stacked timber pillars that split and shrink as they ascend to the ceiling. Retrieved from: https://www.curbed.com/2018/1/4/16848894/japan-chapel-architecture-fractal-yu-momoeda accessed at 10/7/2018

Flake, Gary. (2000). "The Computational Beauty of Nature: Computer Explorations of Fractals, Chaos, Complex Systems and Adaptation", Cambridge, The MIT Press.

Harris, James. (2012) "Fractal Architecture: Organic Design Philosophy in Theory and Practice", 2012.

http://fedsquare.com/about/history-design/ acssesed at 16/4/2019.

https://www.researchgate.net/publication/325020334_The_Garden_of_Cosmic_Speculation_The_Mystery_that_is_Nature_a_dialogue_with_the_cosmos/ acssesed 9/6/2019.

Jencks, Charles. (2011) "The Universe in the Landscape", https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14688417.2012.753332/ .

Kitchley, "Jinu. (2003). FRACTALS IN ARCHITECTURE", January 2003, https://www.researchgate.net/publication/256057394_Fractals_in_architecture/ acssesed at 16/4/2019.

majalinse, (2016). Fractal geometry in nature and architecture, https://spatialexperiments.wordpress.com/2016/09/18/fractal-geometry-in-nature-and-architecture/.

www.manaraa.com

Mandelbrot, Benoit B. (1983). “The Fractal Geometry of Nature”, New York, W. H. Freeman and Company.

Mirmoradi, Seyedeh. (2017). “Recognition of the role of nature in the formation of fractal architecture”, Technology and Management in Construction, Pp.1576,1577-1581.

Nicoletta، Sala (2006) “Fractal geometry and architecture: some interesting connections”, Eco-Architecture: Harmonisation between Architecture and Nature, Vol 86, WIT Press, p.163,164,167.

NRES (2008). FRACTAL APPLICATIONS IN LANDSCAPE ECOLOGY. Retrieved from: http://www.johnboccio.com/courses/CFSCE_2018/landscape.pdf acssesed at 11/3/2019.

Osama, Amal. (2014) “Fractal geometry in architecture: from formative idea to superficial skin design”, ARCHDESIGN ’14, p.42

Rian, Mario Sassone and Shuichi Asayama& Iasef. (2018). “From fractal geometry to architecture: Designing a grid-shell-like structure using the Takagi–Landsberg surface”, Computer-Aided Design, Vol.98, Pp. 40–43.

Riana & Chang, Iasef Md, Jin-Ho Parka, Hyung Uk Ahna, Dongkuk. (2007). “Fractal geometry as the synthesis of Hindu cosmology in Kandariya Mahadev temple”, Building and Environment, Vol. 42, p. 4093–4107.

Rumiez, Agnieszka. (2014). “Fractal Architecture”, Scientific Journal of Riga Technical University - Architecture and Urban Planning-, Vol. 8, p.47.

Saad, Rania. (2016). “Furniture design inspired from fractals”, International Design Journal, Vol. 6, Pp. 170-175.

Sala, Nicoletta. (2013). “Fractal Geometry and Self-Similarity, In Architecture: An Overview Across the Centuries”, ISAMA, The International Society of the Arts, Mathemattics, and Architecture, Pp.235-240.

Shiffman, Daniel. (2012). THE NATURE OF CODE, https://natureofcode.com/book/chapter-8-fractals/ acssesed at 29/5/2019.

Szalapaj, Peter. (2005). "Contemporary Architecture and the Digital Design Process”, Elsevier, Delhi, p.48.

Torgovnick, K. (2013). Architecture infused with fractals: how TED speaker Ron Eglash inspired architect Xavier Vilalta. Retrived from: https://blog.ted.com/architecture-infused-with-fractals-ron-eglash-and-xavier-vilalta/ accessed at 10/7/2018

Wintour, Paul. (2016). Fractals & L-Systems https://parametricmonkey.com/2016/03/09/fractals-2/ acssesed at 2/6/2019.

Wintour, Paul.(2016). Fractals & L-Systems https://parametricmonkey.com/2016/03/09/fractals-2/ acssesed at 2/7/2019.

Wordpress.com (2019). Retrieved from: https://arch505a.files.wordpress.com/.../t3-stru-concretecontemporary-arts-center-cc3b/ acssesed 19/5/2019

Zappulla, Carmelo. (2013). “Connections Between Architectural Design and Mathematical Patterns”, p. 80, 82. https://www.academia.edu/5309062/Connections_Between_Architectural_Design_and_Mathematical_Patterns/ acssesed at 11/3/2019.

www.manaraa.com

Fractal Geometry as a Structural Pattern for Design in Architecture

Abstract

The digital boom and computer applications used in architecture especially 3D applications and programs have influenced the thought and design methods of architecture, leading to the emergence of new vocabulary and different architectural languages that are more sophisticated and liberal, characterized by a great deal of diversity, dynamism, and complexity that are difficult to emerge through traditional design methods. The research discusses one of the new architectural applications of parametric design of fractal geometry to explore the possibilities of application in architecture.

The research raises the following question: What are the possibilities of applying fractal geometry at different levels of design in architecture? Is there a relationship between the use of the fractal pattern and the achievement of space functions, environmental solutions, and other aspects of design and considerations?

The research deals with the study of the concept of fractal geometry, with a trace of its historical development; images of its innovation, features and characteristics; and then study methods and tools to generate a fractal pattern and analysis of the possibilities of application at different levels of design. This to create a basis of knowledge that helps the designer and researcher in this language of programming and determine the possibilities of activating this pattern in the design and its determinants to develop innovative design products to suit the ocean, and to show lessons learned and return to society.

The research concludes with findings and recommendations, the most important is that fractal geometry is one of the best options for formulating innovative design ideas. The research recommends the importance of employing fractional geometry in architectural and architectural design methods, with the need to include them in architectural academic studies and push towards the importance of practicing specialized modeling programs to enable the translation of complex ideas and saving time and effort.

Keywords: Fractal, Fractal Geometry, Fractal Design, Self-Similarity, Algorithms.

www.manaraa.com