المجلة العلمية لكلية الفنون الجميلة - جامعة الإسكندرية
SCIENTIFIC JOURNAL OF FACULTY OF FINE ARTS ALEXANDRIA UNIVERSITY
PRINT ISSN : 2356-8038 ONLINE ISSN : 2535-227X
DOI : 10.21608/SJFA.2024.316117.1067

استخدام الاشكال المتفرعة والهياكل الشجرية في العمارة والتصميم الداخلي (تطبيق على تصميم محطات انتظار الحافلات العامة)

لقى سلامه محمد محمد عمر الضرير[1]

الملخص

الإستفادة من الطبيعة هو مجال تطبيقي يهدف إلى حل المشكلات البشرية من خلال تحليل التصاميم الطبيعية فيمكن هذا النهج المصممين من استنباط حلول تصميمية مبتكرة . كما تعكس الهندسة الكسرية تركيبة هيكلية متكررة تتطور لتلبية الإحتياجات البيولوجية الأساسية وتُعتبر الأشجار بفروعها واحدة من أفضل الأمثلة على تطبيق هندسة الفركتل في الطبيعة.

يهدف هذا البحث إلى استكشاف الخصائص الهندسية الأساسية للأشكال المتفرعة للأشجار عبر دراسة مفهوم هندسة الفركتل أو الكسرية التي تتميز بخاصية التشابه الذاتي وأيضا استكشاف وظائفها البيولوجية والهيكلية والميكانيكية مع الإشارة إلى التكوينات الكسرية التي يمكن إنتاجها.

ويستعرض هذا البحث كيفية استخدام الاشكال المتفرعة والهياكل الشجرية في العمارة والتصميم الداخلي وتطبيقه على تصميم محطات إنتظار الحافلات العامة، حيث يمكن تفسير هذه الأنماط باستخدام مفاهيم التصميم الكسرى ويتم الاستفادة من خصائص التشابه الذاتي لتحسين الحلول الهيكلية والمعمارية والتصميم الداخلي، وذلك من خلال تحليل مجموعة من الأشكال المتفرعة، ودراسة مراحل تطور التصميم باستخدام الأنظمة المتفرعة كنتيجة منطقية لفهم العلاقات الأساسية بين الأشكال والقوى الهيكلية والميكانيكية في الأشجار.

الكلمات الدالة: الهندسة الكسرية؛ الأنظمة المتفرعة؛ محطات إنتظار الحافلات

المقدمه

جذب عالم الظواهر الطبيعية اهتمام العديد من مصممي العمارة والتصميم الداخلي كمصدر رئيسي للإلهام وعلى الرغم من أن مفهوم التعلم من الطبيعة ليس جديدًا نسبيًا، إلا أن التطور في النظم التكنولوجية أدى إلى نشوء منهج إعادة الظهور على نطاق واسع عبر مختلف التخصصات. تعتبر فكرة تقليد الطبيعة كعلم وفلسفة تعلم من البيئة، وقد ألهمت العديد من المصممين لإنشاء تصميمات تعكس الطبيعة من حيث الغموض والتعقيد. يتم استخدام الطبيعة كمصدر إلهام، بالإضافة إلى الرياضيات، لتوضيح الجوانب الهيكلية والإنشائية للتصميمات، وإزالة سطحية التصميمات.

كان هناك دائمًا إرتباط وثيق بين الأشكال المتفرعة والعمارة، بدءًا من العصور القديمة حتى العصر الحديث. استُخدمت الأشجار والنباتات كعناصر جمالية في التصميم المعماري. في الفترات الكلاسيكية والرومانية (500 ق.م – 400 م)، تم تضمين التشكيلات النباتية والزهور مع إضافة بعض الزخارف المصغرة، مع مراعاة النسب في تلك التكوينات وعلاقتها بالعنصر المعماري، مما أضاف جاذبية جمالية لعمارة تلك الفترة. لم تقتصر محاكاة العناصر النباتية على الزخارف فقط، بل امتدت أيضًا إلى تقليد خصائصها الهيكلية والميكانيكية، من خلال تطبيق وتطوير المفاهيم الرياضية الخاصة بتلك الأشكال.

في العصور الوسطى، استُخدمت الأشكال المتفرعة في تصميم العقود والقباب الحجرية، التي كانت طريقة البناء الأساسية في ذلك الوقت. تزايد الاهتمام بالأشكال النباتية المتفرعة خلال فترة الأرت نوفو في القرن التاسع عشر، خاصة عندما تم تطوير استخدام المعادن المصبوبة في البناء، مما أتاح للمصممين استخدام تشكيلات متنوعة من الخصائص النباتية مع مراعاة الجوانب الهيكلية. تم تطوير الرسوم البيانية كمنهج نظري، مما ساعد على فهم العلاقة بين التكوينات الهيكلية واتزان القوى، مما أتاح للمعمارين فى القرن التاسع عشر تصميم هياكل متفرعة فريدة ومتنوعة.

في فترة الحداثة في أوائل ومنتصف القرن العشرين، قام المصممون بتجريد التشكيلات الشجرية المعقدة إلى هندسيات وقطعيات مبسطة، وبناء هياكل متفرعة تشبه الفطر أو المظلة باستخدام التكنولوجيا المتطورة للخرسانة المسلحة وأنظمة الدعامات.

[1] مدرس كليه الفنون الجميله – جامعه الاسكندريه
loka.eldarier@alexu.edu.eg

DOAJ DIRECTORY OF OPEN ACCESS JOURNALS

أما في الوقت الحاضر، فقد أصبح تقليد الظواهر المعقدة وصعبة التفسير من الأشكال النباتية ممكنًا بطرق جديدة وفعالة، في فترة زمنية قصيرة، بفضل العمليات الحسابية المتقدمة رقميًا والخوارزميات الرياضية البسيطة. إن التطور في نظرية الفركتلات وتكنولوجيا الحاسوب جعل المصممين قادرين على ربط العمارة والتصميم الداخلي بالأشكال الشجرية بمظهر معقد ومنطقي من الناحية الهيكلية. كما ساعدت أدوات النماذج الأولية السريعة والطابعات ثلاثية الأبعاد في تحويل التصميمات الرقمية المعقدة إلى أشكال مادية بسهولة وفي وقت قصير.

مشكله البحث

الهندسة الكسريه تُعَدُّ واحدة من أبرز المجالات التي تُظهِر العلاقة الوثيقة بين الطبيعة والهندسة وهذا المجال يتيح لنا فرصة غير مسبوقة للاستفادة من الأنماط الطبيعية المتكررة والمتشابهة ذاتياً في تصميمات مبتكرة وفعّالة. لكن تطبيق هذه المفاهيم الهندسية في تصميم البنيه التحتية العامة مثل محطات انتظار الحافلات، لا يزال يحتاج إلى المزيد من الاستكشاف والتطوير.

في هذا السياق، تتجلى مشكلة البحث في عدم الالمام الكافى بكيفية استخدام الهندسة الكسريه لتحسين تصميم محطات إنتظار الحافلات العامة، بهدف تحسين الكفاءة الهيكلية، الجمالية، والاستدامة البيئية لهذه المحطات حيث تتطلب هذه المشكلة فهماً عميقاً للأنماط الهندسية المتفرعة المستوحاة من الطبيعة وكيفية تطبيقها في تصميم محطات إنتظار الحافلات لتلبية احتياجات المستخدمين بشكل فعال.

هدف البحث

يسعى هذا البحث إلى تحقيق مجموعة من الأهداف التي يمكن تلخيصها كما يلي:

- استكشاف الأنماط الهندسية للأشجار وتطبيقاتها في التصميم المعماري: فهم كيف يمكن استخدام الأشكال الهندسية الطبيعية المتفرعة، وخاصة تلك المستوحاة من الأشجار، في تصميم محطات انتظار الحافلات.
- تحليل الخصائص البيولوجية والميكانيكية والهيكلية للأنماط المتفرعة: دراسة كيفية تأثر هذه الأنماط بالعوامل البيولوجية والميكانيكية، وكيف يمكن استخدامها لتحسين الاستقرار الهيكلي والكفاءة الوظيفية للتصميمات.
- تطوير تصميم محطات إنتظار الحافلات بإستخدام الهندسة الكسريه: تطبيق المفاهيم الفركتلية في تصميم محطات إنتظار الحافلات لتحقيق تصميمات فعالة من حيث الجمالية والوظيفية.

منهجيه البحث

لتنفيذ هذا البحث بطريقة منهجية علمية، سيتم اتباع الخطوات التالية:

- البحث النظري

مراجعة الأدبيات: جمع وتحليل الدراسات السابقة حول الهندسة الفركتلية، أنماط التفرع في الطبيعة، وتطبيقاتها في العمارة والتصميم الداخلي فهذا سيوفر أساساً نظرياً قوياً لفهم كيفية تطبيق هذه المفاهيم في تصميم محطات انتظار الحافلات.
الإطار النظري: بناء أساس نظري يستند إلى المفاهيم الرياضية والهندسية للهندسة الفركتلية وتأثيراتها على التصميم المعماري.

- البحث التطبيقي

دراسة حالات: تحليل أمثلة عملية من تطبيقات الهندسة الفركتلية في التصميم المعماري، مثل محطات الحافلات والمباني العامة والهياكل المعمارية المماثلة.
النمذجة الحاسوبية: استخدام برامج التصميم والنمذجة ثلاثية الأبعاد، مثل AutoCAD و Revitو Rhinoو Grasshopper، لمحاكاة الأنماط الفركتلية وتطبيقها على تصميمات محطات انتظار الحافلات.
تحليل النتائج: تقييم النماذج المطورة من حيث الجوانب الجمالية والوظيفية والبيئية والهيكلية.

نظريه الهندسة الكسريه Fractal Geometry

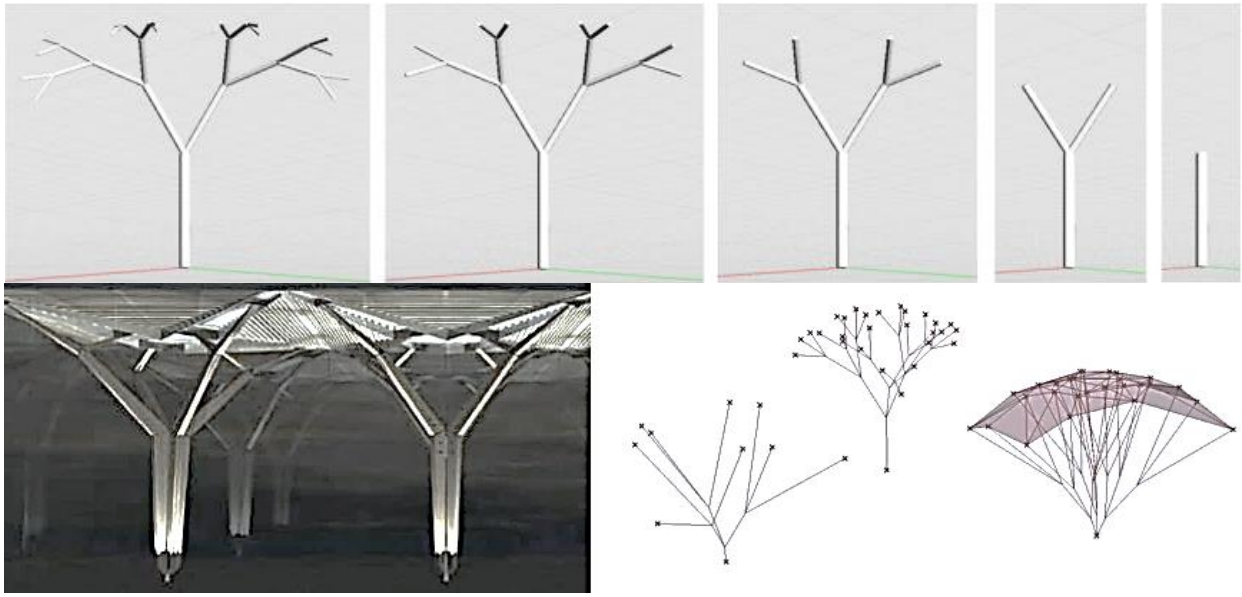
هي فرع من الرياضيات أسسه ماندلبروت Mandelbrot، وتتمحور حول دراسة الأشكال الطبيعية التي تتسم بالتشابه الذاتي وتكرار التفاصيل على مقاييس متعددة كما توضح هذه النظرية أن هناك قواعد شكلية دقيقة وغير ظاهرة يمكن أن تفسر الأشكال الطبيعية التي قد تبدو معقدة ومتعرجة وفوضوية. يمكن تمثيل هذه الأشكال هندسيًا باستخدام الرياضيات اللوغاريتمية، والاستفادة من الحاسوب في توليد الهياكل الفركتلية في النماذج الطبيعية. هذا يمكن من استخدام هذه النظرية لابتكار أشكال معمارية إبداعية تتميز بالحركة والانسيابية.

الهندسة الكسريه وأشكال الطبيعه Fractal geometry and nature's forms

الهندسة الفركتلية هي فرع من الرياضيات تأسس في سبعينيات القرن العشرين، ويتناول دراسة التكوينات المجردة التي تتسم بنمط التشابه الذاتي والنمو التكراري. من الناحية الرياضية، تعتبر الأجسام الفركتلية مجموعات ذات أبعاد كسورية، بحيث تكون هذه الكائنات وسيطة بين الأشكال ذات البعدين أو ثلاثة أبعاد. بشكل عام، تظهر الأشكال الفركتلية خصائص التشابه الذاتي في كل مستوى من التكبير، على الرغم من أنه لا يوجد جسم طبيعي يكون كسريًا بالكامل، بل يُطلق عليه "كسري تقريبي" أو "كسري إحصائي"، ويعرض "التشابه الذاتي" و"التقارب الذاتي".

من الخصائص الرياضية التي تُستخدم لتوليد الفركتلات هى التكرار Iteration والعودية Recursion والتقسيمات الفرعية Subdivisions، والتي تُنفذ عبر نظام الوظائف المتكررة، نظام ليندنمايرLindenmayer system ، وقواعد الشكل.

في العديد من الظواهر الطبيعية، تتجلى هندسة الطبيعة بخصائص شبه فركتالية، مما يشير إلى أن التكوينات والأشكال والنماذج الطبيعية هي نتاج تلك الظواهر. بناءً على ذلك، يُفهم أن هناك علاقة قوية بين الأشكال البيولوجية وخصائصها الميكانيكية، مما يشير إلى أن الهندسة الفركتلية للطبيعة ربما تكون مرتبطة بالسلوك الهيكلي والميكانيكي للطبيعة.



شكل1: يوضح أجيال شجرة كسورية باستخدام نظام الوظائف المتشعبة كما يوضح فهم مبدأ التكرار الهيكلي، واستكشاف تشكيل الأنظمة الهيكلية باستخدام المجموعات المتفرعة التكرارية
المصدر: https://smiadotexperimentaldotcom.files.wordpress.com/2015/02/arboriformes2014.pdf

لطالما استُخدمت تكوينات الطبيعة في التصميم على مر العصور، وغالبًا ما تعكس هذه التكوينات الهندسة الفركتلية في بنيتها، مثل الأشجار والخلايا والبلورات. استفاد المهندسون المعماريون والمصممون من هذه الأشكال بشكل إبداعي في مشاريع مثل الهياكل الخفيفة، والأقواس، والجسور. في الماضي، كانت تُمارس العديد من الأساليب التقنية لربط المفاهيم الفركتلية بالعمارة عبر عملية النمذجة المادية. ولكن في الوقت الحالي، يمكن اتباع منهج التوليد الإجرائي procedural generative approach، الذي يعتمد على تكوين وظائف رياضية باستخدام تكنولوجيا الحاسوب المعاصرة، لربط مفهوم الهندسة الفركتلية بالعمارة والتصميم الداخلي.

أشكال الأفرع الشبه كسرية للأشجار ووظيفتها

الأشجار مع فروعها هي واحدة من أروع الأمثلة على تطبيق هندسة الفركتل (Fractal Geometry) في الطبيعة، حيث تتميز بنمط ذاتي التشابه وغير منتظم للغاية وهناك تفسيرات مختلفة حول مظهر تشعب الأشجار من نواحى تخصصية مختلفة مثل البيولوجية (biological)، الهيكلية (structural)، والميكانيكية (mechanical). ومع ذلك، فإن التفسير الأساسي هو الإحتياجات الوظيفية.

أوراق الشجرة، التي تعد المساعد الأساسي لصنع الطعام، تحتاج كمية وافرة من أشعة الشمس لعملية التمثيل الضوئي، ولذلك تنتشر وتتعرض لأشعة الشمس قدر الإمكان. تتحول غالبية الأشجار أيضًا إلى شكلها الخارجي، أي التاج. ليصبح مثل شكل بيضاوي مقعر، بحيث يمكن أن تتعرض لأشعة الشمس طوال ساعات النهار مع تغير مسار الشمس من الصباح إلى المساء.

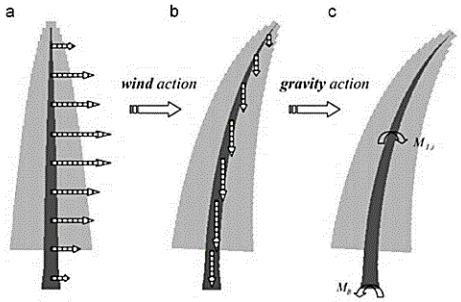
في الوقت نفسه، لتلبية الإحتياجات البيولوجية الأساسية، تنتشر جميع الأوراق على مساحة واسعة، مما يتطلب نقل المياه إليها. الترتيب المتفرع هو الشبكة المثلى لنقل السوائل إلى الأوراق والزهور والفواكه. بالإضافة إلى ذلك، بسبب النمط المتفرع، تنمو أوراق جديدة في الأعلى، مما يعمل على تظليل الأوراق القديمة من أشعة الشمس. حاول عالم الأحياء ليوبولد (Leopold) في عام 1971 إعطاء تفسير علمي، على الرغم من افتراضيته، حول الدافع للنمط المتفرع للشجرة. وفقًا له، يبدو أن الأنماط المتفرعة للأشجار تحكمها إتجاهات متعارضة مثل الحد الأدنى من إنفاق الطاقة (minimization of energy expenditure) والأستخدام الموحد للطاقة (uniform energy usage). في حالة الأشجار، يمكن افتراض أن الحد الأدنى من إنفاق الطاقة يتضمن تقليل الطول الكلي لجميع الفروع والسيقان، بينما قد يتعلق الأستخدام الموحد للطاقة بتوفير سطح ضوئي يميل إلى تحقيق الأستخدام الأكثر كفاءة لأشعة الشمس تحت قيود معينة. ومع ذلك، من وجهة نظر هيكلية، هناك تفسيرات مختلفة للنمط المتفرع للأشجار فيما يتعلق بالجانب الميكانيكي لهيكل الشجرة.

الخصائص الميكانيكية وكفاءة الأنماط والتشكيلات المتفرعة

تمثل الأشجار نموذجًا مثاليًا للأجسام المتفرعة المستقلة، حيث تتمتع بتوازن هيكلي داخلي. تواجه الأشجار أنواعًا متنوعة من الأحمال الخارجية والداخلية. تعتبر الرياح من أبرز الأحمال الخارجية التي تؤثر على شكل الشجرة، مما يجبرها على التكيف لتحمل قوة الرياح والإنحناءات الناتجة عنها، بالإضافة إلى الضغط المحوري الناتج عن وزن الشجرة والذي تتحمله السيقان والجذوع. عند تعرض الشجرة للإنحناء، تتفاوت الأحمال بين الشد في الجانب المحدب والضغط في الجانب المقعر، مما يستلزم وجود شكل مثالي للأغصان يتناسب مع هذه المتطلبات الهيكلية.

تلعب الفروع الفركتلية للشجرة دورًا كبيرًا في تحمل أحمال الرياح. تحت تأثير الرياح، تسهم مجموعة الفروع المعقدة ككتلة في الأمتصاص الديناميكي المعروف بالأمتصاص الكتلي، الذي يقلل من حركة الجذع التوافقية، مما يخفض الأحمال ويزيد من الثبات الميكانيكي للشجرة. يعمل الهيكل الفركتلي للشجرة على تقليل تأثير الرياح الشديدة، مما يقلل من تأثيرها على الجسم الشجري. كما أن البعد الفركتالي الأكبر للفروع يعزز من قوى السحب والاحتكاك في الأشجار، مما يقلل من سرعة الرياح، خاصة أثناء العواصف

ظاهرة أخرى ملحوظة في الأشجار هي تغير زوايا التفرع مع مرور الزمن. الفروع الأصغر في الجزء العلوي من الشجرة تكون أكثر استقامة، بينما تميل الفروع القديمة إلى الاتجاه الأفقي. تتطلب الفروع القديمة دعم الفروع الجديدة، مما يؤدي إلى زاوية تفرع أكبر. على الرغم من أن الفروع الكبيرة ذات الزوايا الأكبر تصبح هيكليًا أضعف، إلا أنها تؤدي وظيفيًا إلى تشكيل مظلة بيضاوية الشكل تتيح لسطح كبير من الأوراق التعرض لأشعة الشمس من زوايا مختلفة.



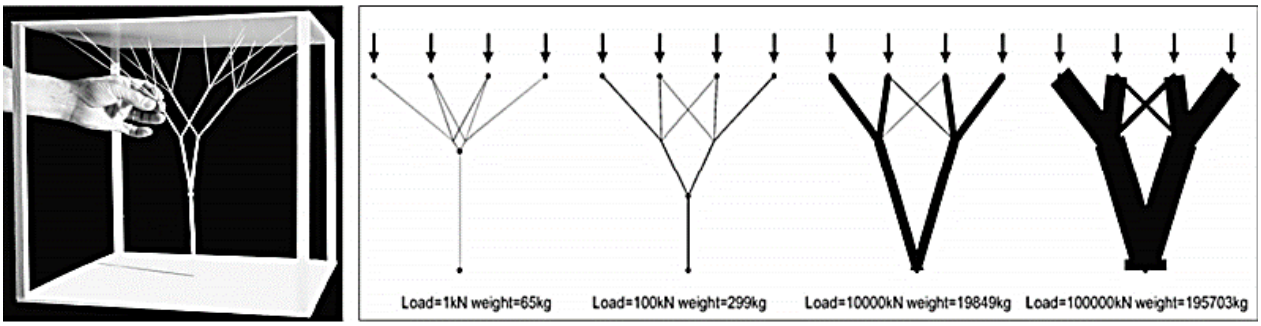
شكل 2: أ: تخطيط لقوى الرياح وتأثيرها على السطح الداخلي للشجرة
ب: تخطيط قوى الجاذبية وتأثيرها على تشويه الشكل
ج: لحظات الانحناء الاساسية الداخلية لكل عنصر
المصدر:
https://www.researchgate.net/figure/a-Schematic-wind-forces-acting-on-the-initial-shape-of-the-tree-b-schematic-gravity_fig23_315691949

شكل3: يوضح فهم مبدأ التكرار الهيكلي، واستكشاف تشكيل الأنظمة الهيكلية باستخدام المجموعات المتفرعة التكرارية0

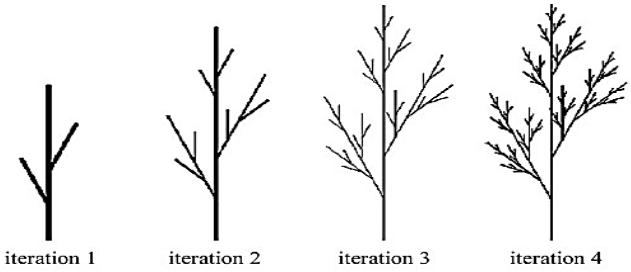
إيجاد الشكل بمساعدة الحاسوب والتصميم الأمثل للهياكل المتفرعة: القرن ال 21

في أوائل القرن الواحد والعشرين، دعمت تقنية الحوسبة والخوارزميات باستخدام الحاسوب تصميم وبناء الهياكل الجذعية. يمكن حساب البارامترات الممثلة للأرقام المتراكمة والزوايا والأطوال وغيرها من المعلومات المرتبطة واختيار أفضل البدائل التصميمية باستخدام خوارزميات البحث المختلفة. باستخدام الخوارزمية الجينية، وإجراء دراسة نموذجية فعلية، تم إجراء تجربة لتوليد هياكل متفرعة لتحقيق الحد الأدنى من المسار تحت الضغط وبصورة منفصلة تحت التوتر، مما أتاح وضع مخطط لاستخلاص النماذج لاستخدام مواد أقل مع تحقيق أقصى قدر من القوة. تمكنت دراسات النموذج التقليدي للخيط المادي من تحديد زاوية الدعامات لأطول فترة ممكنة، مما سمح بالتحسين الهيكلي. وقد تم توثيق دراسات "نمط التفرّع" أو "نمط العمود الفقري" التي أجراها Frei Otto وBodo Rasch في كتابهما "العثور على نموذج: نحو بنية الحد الأدنى".

يسلط بحثهم الضوء على السلوك الناشئ "لعمليات التشكيل الذاتي" أو "عمليات التنظيم الذاتي"، ويعرف تشكيل النموذج كنتيجة للخصائص المتأصلة في المادة، والتي تكون استجابة للضغوط البيئية. تتكون التركيبة البيولوجية لأي مادة من النمط الوراثي (Genotype) والنمط الظاهري (Phenotype). بينما يجسد النمط الوراثي الصفات الجوهرية، فإن "النمط الظاهري" يجسد الخصائص الفيزيائية الخارجية وهو المسؤول عن هيكل المادة وسلوكها الناشئ كاستجابة للعوامل البيئية.



شكل4: يوضح استكشاف الهياكل المتفرعة عن طريق الخوارزميات الجينية للحد الأدنى من المسارات
اليسار: نموذج مصغر مع استخدام نظام نقاط الالتقاء nodes القابلة للتعديل (الهياكل المطاطية) لدراسة هندسة الشكل
اليمين: تفكيك الأعمدة المحملة من أعلى باستخدام أربعة مستويات من التحميل أجيال شجرة كسورية باستخدام نظام الوظائف المتغيرة كما يوضح فهم مبدأ التكرار الهيكلي، واستكشاف تشكيل الأنظمة الهيكلية باستخدام المجموعات المتفرعة التكرارية
المصدر: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095263514000363

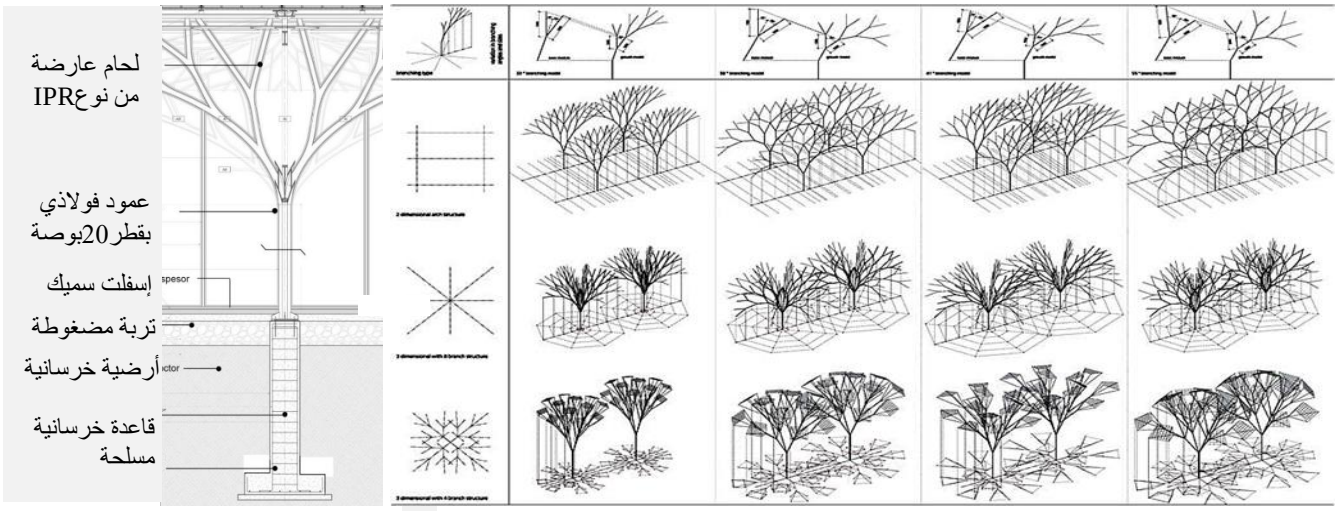


شكل 5: الأجيال الكسرية لنمو النبات باستخدام نظام ليندماير L-System
المصدر : https://occulttrianglelab.com/tag/fractals/

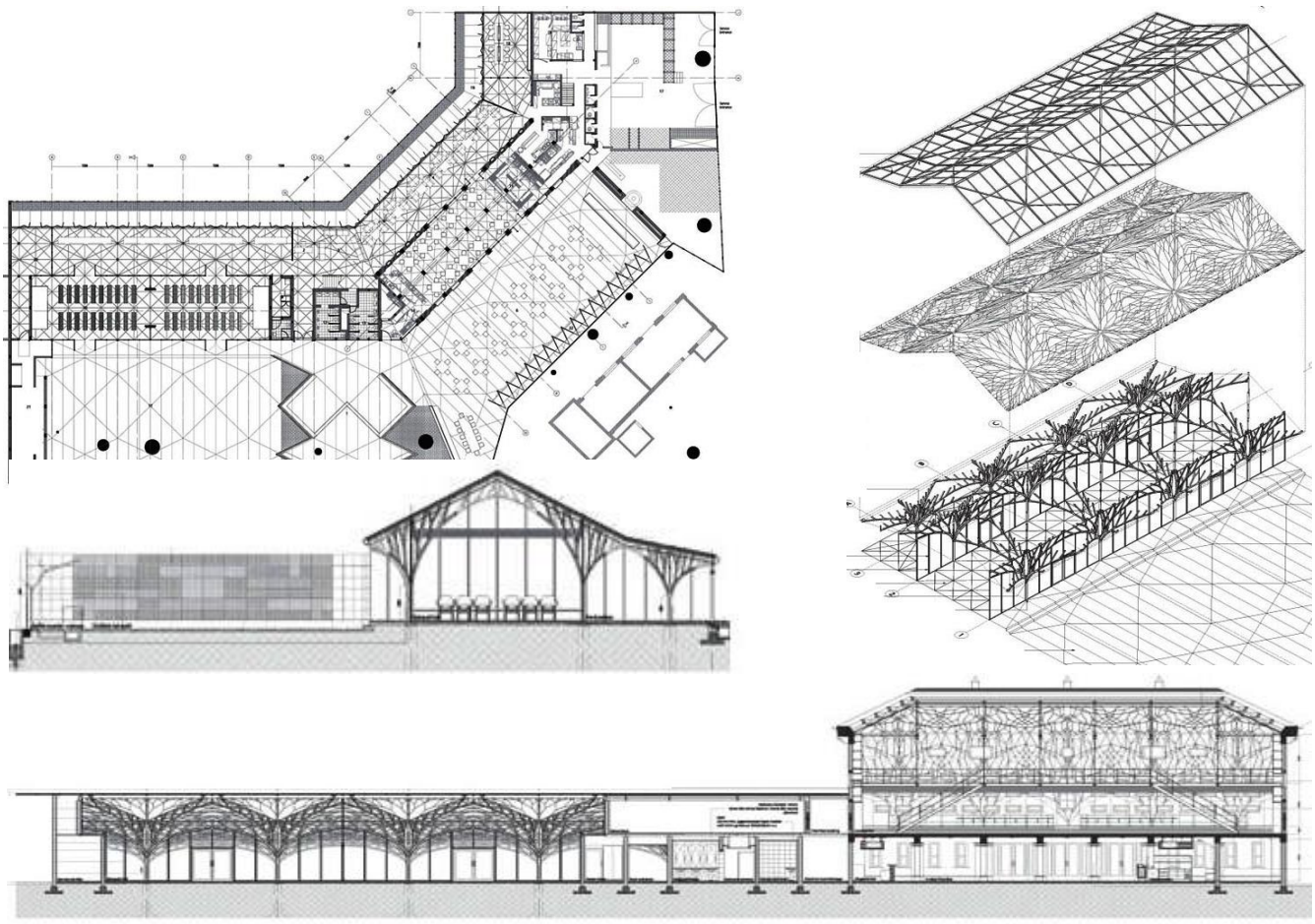
لقد ساهم الحاسوب بشكل كبير في محاكاة الأشكال المتفرعة الشبيهة بالأشجار الطبيعية. إلى جانب نظام IFS، يُعد نظام ليندماير (L-System) مولدًا رقميًا خوارزميًا آخر يعتمد على نظام إعادة كتابة موازٍ، وهو نوع من القواعد الرسمية التي يمكنها إنتاج الفركتلات الطبيعية. تم تطوير هذا النظام من قبل عالم الأحياء أريستيد ليندنماير Lindenmayer في عام 1968، والذي يمكنه محاكاة ديناميكية نمو النبات.

قام مصممو العمارة والعمارة الداخلية بتطبيق هذا النظام في إنشاء التصاميم المعمارية والداخلية ومثال مثير للأهتمام على إستخدام L-System لتطوير الشكل التصميمي هو مطعم توت في مومباي، من تصميم سيري Serie Architects عام 2009. بالمقارنة مع المناطق الخضراء المحيطة بالمبنى، اقترح المعماريون استمرار الهياكل المتشعبة على شكل شجرة داخل المطعم. تدعم هذه الهياكل الشجرية وغير المتماثلة السقف بينما تتقاطع مع بعضها البعض. بناءً على ذلك، يمكن اعتبار هذا المبنى مثالاً لكيفية استخدام التقنيات الخوارزمية والأدوات الرقمية في نمذجة التصميمات الفركتلية، مع التركيز بشكل خاص على عملية التشكل.

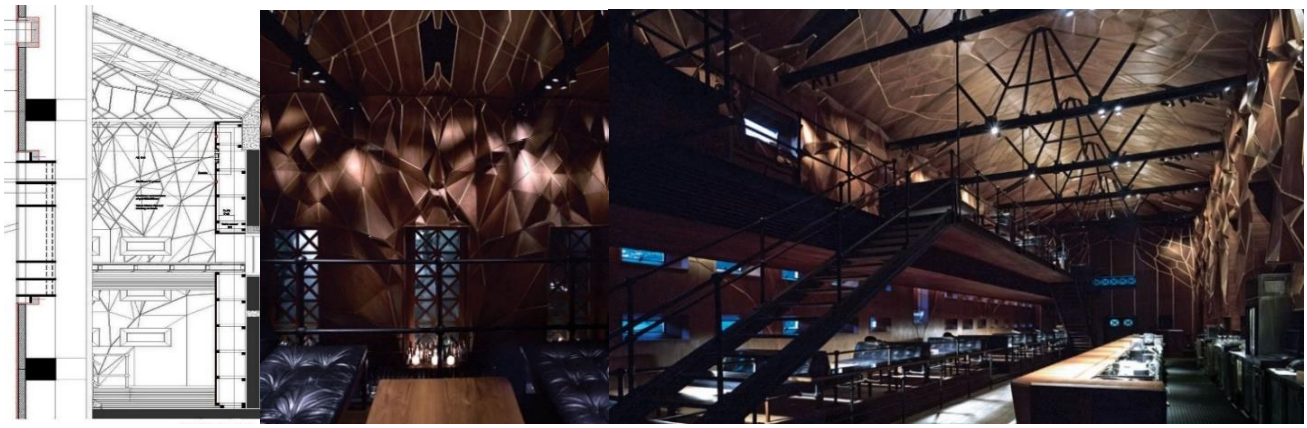
وهذا المطعم سلسلة من المباني المهجورة من مومباي وضعت داخل دورة سباق مومباي لتحويلها لتشكيل سلسلة من المطاعم. المساحات المفتوحة التي تغطيها الأشجار مظللة على مدار السنة فالتصميم المقترح يعتمد على إنتشار الأنظمة المتفرعة على طول المبنى، والتي تختلف في أطوار نموها لتميز المبنى القديم والحديث لذلك تم تصميم كل حيز فراغي في حجم مكاني مختلف، يحدده الزوايا المتغيرة للمتفرعات و تتقاطع الفروع مع السقف مكونة عدد من الفتحات التي تستخدم كمصدر للإضاءة الطبيعية داخل الفراغ.



شكل6: الشكل على اليمين يوضح مراحل بناء الشكل المتفرع، والشكل على اليسار يوضح القطاع الرأسي للعمود به التفاصيل الانشائية
المصدر: http://www.gooood.hk/the-tote-by-serie-architects.htm

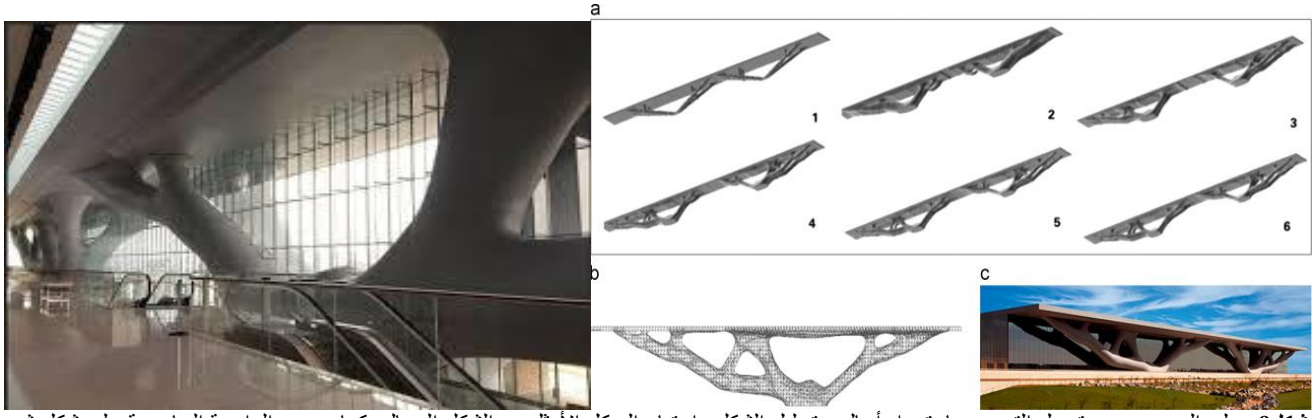


شكل7: يوضح القطاعات الأفقية والرأسية للمطعم، والمنظور الأيزو متري لتصميم التفرعات في السقف
المصدر: http://www.gooood.hk/the-tote-by-serie-architects.htm



شكل8: يوضح التصميم الداخلي لصالة البار فهو ترتيب معقد من الأغطية الخشبية، يوضح نمط من سلسلة من الأشجار ذات أفرع متقاطعة
المصدر: http://www.gooood.hk/the-tote-by-serie-architects.htm

ومثال اخر هو تصميم مركز قطر الوطني للمؤتمرات National Convention Centre في الدوحة، 2014
من تصميم المهندس المعماري الياباني أراتا إيزوزاكي irata isozakiوالمهندسين المعماريين RHWL architects رول، حيث يمثل العمود الهيكلي لسقف المدخل الدوحة أحد الأمثلة الهامة، حيث تم استخدام خوارزمية تطورية مطولة لتوليد الشكل يمكن أن يدعم أقصى طول للسقف، الهيكل المجوف الصلب على شكل أنبوب يمتد على 250 متر بشكل شجرة سيدرا تنمو لدعم هيكل السقف
تم تصميم العمود الهيكلي متخذا الشكل الأولي كنقطة انطلاق، وتم تعديله أثناء عملية التصميم، لذلك تم وضع الشروط الأولية من حيث الارتفاع، والحجم، والأحمال، ونقاط الدعم أو المتطلبات الوظيفية وباستخدام أساليب تحليل الشكل، تطورت النظم الأولي إلى اتجاهات متعددة بهدف تحسين سلوكها الهيكلي.

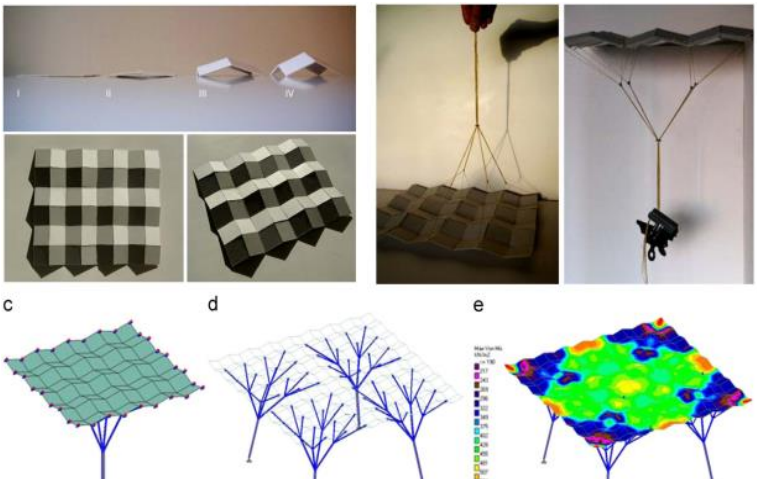


شكل9: على اليمين يوضح تعديل التصميم باستخدام أساليب تحليل الشكل واختيار الهيكل الأمثل مع الشكل الجمالي كما يوضح الواجهة الخارجية على شكل شجرة سيدرا تنمو لدعم هيكل السقف كما وعلى اليسار يوضح النمط المتفرع مكونا تشكيلات تفرعية داخل الفراغ

شكل10: لقطات منظوريه توضح التصميم الداخلي والخارجي
المصدر: https://www.designboom.com/architecture/qatar-national-convention-centre-in-doha-by-arata-isozaki-and-rhwl-architects/

البحوث الحديثة حول تصميم التشكيلات المتفرعة

في السنوات الحالية، في الأوساط الأكاديمية ومعاهد البحوث، يتم إجراء عدد من البحوث المتقدمة للغاية، ولا تزال مستمرة لتصميم هياكل متفرعة فعالة هيكليا ومبتكرة للغاية وتتميز بقيمة جمالية. وقد تم مؤخرا تنفيذ أحد هذه المقاربات المبتكرة والمتطورة والهيكلية والجمالية من قبل L. Frattari, J.P. Dagg عام 2013، في نهجهم التجريبي الذي استكشفوا فيه إمكانات التحسين الهيكلي المطبقة في هندسة التصميم الداخلي. وقد اقترحوا أداة التصميم المفاهيمي على أساس "تحسين الطوبولوجيا Topology Optimization " و "تحسين الحجم Size Optimization" لعملية توليد شكل حسابيا للحصول على دعم التفرعات الأكثر كفاءة للهيكل التصميمي.



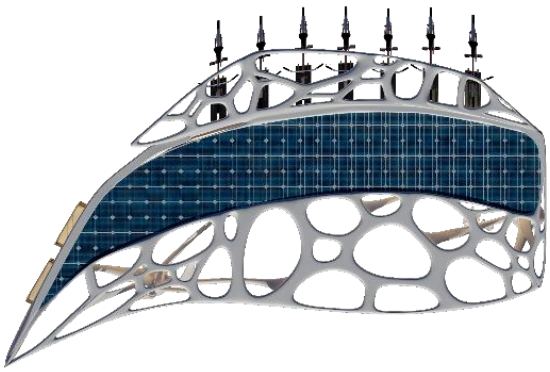
شكل 11: التحول الشكلي للنموذج مع دراسات الأحمال المكونة للتشكيلات المتفرعة بدراسة طوبولوجيا الشكل
المصدر: https://xn--e1affkcfpbgkmc.xn--p1ai/?p=1415

وقد طور فالك وبويلو Falk and Buelow عام 2009 نهجا مختلفا ولكن مثير للاهتمام في التصميم، مثل الاستكشاف والتحسين من أجل إيجاد أشكال جديدة من هياكل الأسقف المستندة إلى الألواح ومن ثم الأعمدة المتفرعة باستخدام أساليب الحساب التطورية والخوارزمية الجينية، لتعطي العلاقات الهندسية المثلى بين السقف والأعمدة المتفرعة من خلال استكشاف الضوابط التصميمية الهندسية بين السقف والتشكيلات المتفرعة للعمود بما في ذلك طوبولوجيا الشكل. وقد أثبتت تركيبة لوحة الألواح السفلية للسقف ونظام دعم العمود المتفرع، الذي تم تصنيعه بالكامل بواسطة الأخشاب المتشابكة، مما أعطى التصميم كفاءة هيكلية وصلابة، مما يؤكد النطاق الجديد للتطبيقات الهيكلية المستخدمة في التصميم المعماري والداخلي.

التأثير الجمالي والوظيفي لاستخدام الهياكل الشجرية على تصميم لمحطه إنتظار الحافلات

يُعَدُّ تصميم محطة الحافلات العامة باستخدام الاشكال المتفرعة والهياكل الشجرية والتصميم المستدام خطوة نحو مستقبل أكثر استدامة وكفاءة في مجال النقل العام حيث يعكس هذا التصميم الإلتزام بتطبيق مبادئ الإستدامة والتصميم الشامل لتحقيق تجربة نقل متكاملة ومريحة للجميع.

لذلك في هذه المحطة (يقترح الباحث تطبيقها على كورنيش البحربالاسكندريه)، تم تطبيق التصميم الفركتلي من خلال استخدام أشكال متكررة وهياكل هندسية ، مستوحاة من الطبيعة مثل الأشجار والفروع، مما يخلق مظهرًا جذابًا ومبتكرًا. بالإضافة إلى ذلك، يعزز التصميم الفركتلي من استقرار الهيكل وقوته.

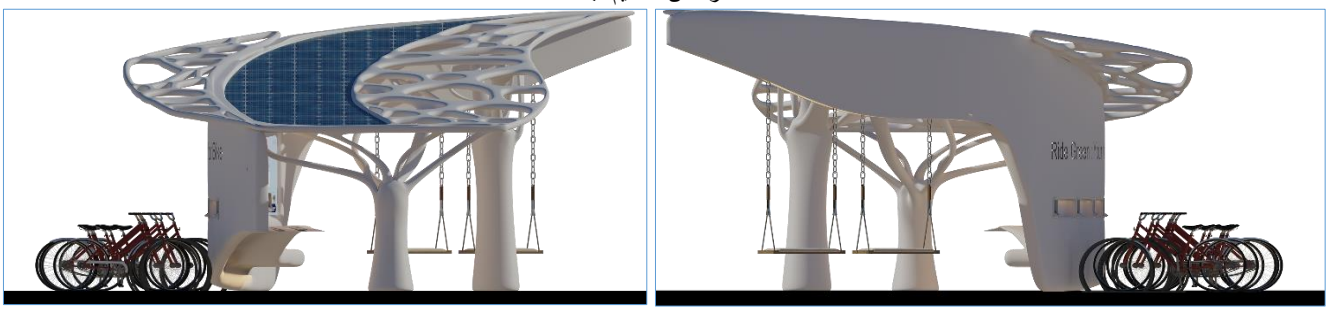


شكل12: يوضح المسقط الأفقي لتصميم محطة الحافلات
المصدر: من تصميم الباحثة

كما يعتمد تصميم هذه المحطة أيضًا على الطاقة الشمسية لتوفير الطاقة اللازمة لتشغيل المرافق المختلفة وتم تركيب الألواح الشمسية على سطح المحطة لالتقاط الطاقة الشمسية وتحويلها إلى كهرباء، مما يقلل من الإعتماد على مصادر الطاقة التقليدية ويقلل من البصمة الكربونية.

يتم تطبيق مبادئ التصميم المستدام في جميع جوانب المحطة، بدءًا من اختيار المواد الصديقة للبيئة إلى الألواح الشمسية المستخدمة لتوليد الطاقة حيث أن المواد المستخدمة في التصميم تشمل مواد صديقة للبيئة مثل الفولاذ المُعاد تدويره، والأخشاب ذات المصادر المستدامة، بالإضافة إلى مواد بناء جديدة تعتمد على الابتكار في توفير العزل الحراري وتقليل انبعاثات الكربون كما أن الهيكل الخارجي مصنوعًا من مواد خفيفة ومرنة تتحمل الظروف البيئية مع تقليل استهلاك الموارد.

شكل13: يوضح المساقط الرأسية (الأمامي والخلفي) لتصميم محطة الحافلات، والذي يجمع بين الجمال الهندسي والاستدامة البيئية.
المصدر: من تصميم الباحثة



شكل14: يوضح المساقط الجانبية لتصميم محطة الحافلات، حيث يجمع التصميم كلا الجانبين الوظيفي والجمالي من خلال استخدام عناصر هندسية تعزز من التهوية الطبيعية والتظليل، مما يساهم في تحسين الراحة البيئية للمستخدمين واستخدام الأشكال المتفرعة يضفي على المحطة مظهراً جمالياً متناغماً مع البيئة.
المصدر: من تصميم الباحثة

التصميم يعتمد على هياكل مستوحاة من الطبيعة على شكل أشجار، حيث تتكامل الألواح الشمسية ضمن الهيكل لتوليد الطاقة كما ان المحطة مجهزة بمرافق للدراجات وأماكن للجلوس وانتظار الحافلات كما ان الأشكال العضوية والهياكل المتشابكة تخلق مظهراً جمالياً ومتناسقاً مع البيئة المحيطة، مما يعكس التوجه نحو العمارة المستدامة والبيئية.

شكل 15: يوضح تصميم محطة الحافلات العامة المستدامة من زوايا متعددة.
المصدر: من تصميم الباحثة

تم تصميم المحطة باستخدام استراتيجيات التصميم الشامل لضمان سهولة الوصول والإستخدام من قبل جميع الأفراد بغض النظر عن قدراتهم الجسدية ، تشمل هذه الاستراتيجيات توفير منحدرات للكراسي المتحركة، وإشارات بصرية وصوتية لمساعدة الأشخاص ذوي الإعاقات البصرية والسمعية.

شكل16: يوضح دمج معايير التصميم الشامل في تصميم محطة انتظار الحافلات من خلال مراعاة تصميم المنحدرات ramps والاشارات المتعددة لمساعدة ذوي الإحتياجات الخاصة.
المصدر: من تصميم الباحثة

تشمل المحطة أيضًا محطة لمشاركة الدراجات، مما يتيح للمستخدمين الانتقال بسهولة بين استخدام الحافلات والدراجات حيث يمكن للمستخدمين الوصول إلى وجهاتهم النهائية بطريقة أكثر كفاءة وصديقة للبيئة ، فنظام مشاركة الدراجات هو خدمة تتيح للمستخدمين استئجار الدراجات لفترات قصيرة من الزمن. يسهم هذا النظام في تقليل الازدحام المروري، تحسين الصحة العامة من خلال تشجيع النشاط البدني، وتقليل التلوث البيئي الناتج عن استخدام السيارات.

شكل17: يوضح تصميم محطة مشاركة الدراجات Bike Sharing، والتي تعتمد على إستخدام التطبيقات الذكية في عمليات الاستئجار لمرونة الإستخدام وتشجيع إستخدام وسائل التنقل صديقة البيئة.
المصدر: من تصميم الباحثة

شكل18: يوضح تصميم محطة الحافلات ونظام مشاركة الدراجات ليلاً، حيث تبرز الإضاءة الليلية التشكيلات الجمالية والهندسية للمحطة. التصميم الحديث يشمل هياكل تشبه الأشجار، مع إضاءة مدمجة في الهيكل توفر رؤية واضحة وجمالية. المحطة مزودة بأماكن مخصصة لانتظار الحافلات واستئجار الدراجات، وتستخدم الألواح الشمسية على السطح لتوليد الطاقة اللازمة للإضاءة وتشغيل المحطة ليلا. تظهر الصور تفاصيل الشاشة التفاعلية والتطبيقات الذكية التي تسهل عملية استئجار الدراجات والدفع، مما يجعل المحطة مكاناً عملياً وجذاباً للتنقل الليلي في المدينة.

التصميم يجمع بين الجمال الوظيفي والبيئي، حيث يعتمد على استراتيجيات تصميم مستدامة لتحقيق أقصى استفادة من الموارد الطبيعية، خاصة ضوء الشمس، وتوفير بيئة مريحة وفعالة لانتظار الحافلات.

البعد الوظيفي والإنشائي لهذا التصميم الخاص بمحطة انتظار الحافلات :

1) البعد الوظيفي:

- الغرض من التصميم: المحطة مصممة لتوفير مكان انتظار مريح ومستدام لركاب الحافلات، حيث تجمع بين الجمال المعماري والكفاءة في استخدام الموارد.
- التهوية الطبيعية: التصميم يعتمد على بنية مفتوحة تسمح بتدفق الهواء الطبيعي مما يقلل الحاجة لأنظمة تكييف الهواء.
- استخدام الطاقة الشمسية: تم تزويد السقف بألواح شمسية لتوليد الطاقة اللازمة لتشغيل المحطة والمرافق المرتبطة بها مثل الإضاءة وشواحن الأجهزة.
- التكامل مع البيئة: استخدام المواد المستدامة والغطاء الأخضر لتحسين البيئة المحيطة وتقليل التأثير البيئي.
- دعم وسائل النقل البديلة: يتضمن التصميم أيضًا مناطق مخصصة للدراجات لتعزيز استخدام وسائل النقل البديلة الصديقة للبيئة.

2) البعد الإنشائي:

- الهيكل المستوحى من الطبيعة: يعتمد التصميم على أشكال مستوحاة من الأشجار والفروع، مما يعزز الاستقرار الهيكلي ويقلل من المواد المستخدمة دون التأثير على المتانة.
- مواد البناء المستدامة: استخدام مواد خفيفة وقوية مثل المعادن المتينة التي تتحمل الظروف المناخية المختلفة وتوفر الحماية اللازمة.
- التصميم المعياري: يمكن استخدام وحدات البناء المعيارية لتسهيل التركيب والصيانة، مما يساهم في تحسين عملية الإنشاء.
- المظلات المستدامة: المظلات العلوية مجهزة بتصميم يوفر الحماية من أشعة الشمس المباشرة والأمطار، ويقلل من الحاجة إلى استخدام طاقة إضافية للتحكم في المناخ.

3) تحليل حركة ضوء الشمس وعلاقتها بالتصميم:

- استخدام الطاقة الشمسية: التصميم يعتمد بشكل كبير على الألواح الشمسية المثبتة على السقف لالتقاط ضوء الشمس وتحويله إلى طاقة كهربائية. تم وضع الألواح في زاوية محددة لتعظيم تعرضها لأشعة الشمس طوال اليوم.
- التظليل الطبيعي: تم تصميم الأشكال الإنشائية بشكل يسمح بمرور ضوء الشمس في بعض الأوقات من اليوم، مع توفير ظلال كافية خلال الفترات الأكثر سخونة، مما يحافظ على راحة الركاب أثناء الانتظار.
- تحليل الأشعة الشمسية: يعتمد التصميم على دراسة حركة الشمس على مدار اليوم لتحديد أفضل المواقع للألواح الشمسية والمظلات لحماية الركاب من الأشعة المباشرة وضمان الاستفادة القصوى من الإضاءة الطبيعية.

الخاتمه

إن هذه الدراسة تعزز من أهمية استخدام الهندسة الكسرية كمبدأ تصميمي في تحقيق التوازن بين الجمال والاستدامة في مشاريع البنية التحتية العامة كما نجد أن تطبيق مبادئ الهندسة الكسرية في تصميم محطات انتظار الحافلات العامة يمثل خطوة نحو تعزيز الاستدامة والجمالية المعمارية.
هذه التصميمات، المستوحاة من الطبيعة وخاصة الأنماط المتكررة للأشجار، تساهم بشكل فعال في تحسين الكفاءة الهيكلية والبيئية.
تمكّن هذا النهج من دمج الجوانب الجمالية والوظيفية معاً، مع التركيز على تقليل الأثر البيئي عبر استخدام المواد الصديقة للبيئة وتوظيف الألواح الشمسية لتوليد الطاقة.

إلى جانب ذلك، يعكس التصميم المستدام رؤية متكاملة نحو تحسين تجربة المستخدمين من خلال توفير مساحات مريحة، تهوية طبيعية، واستغلال الطاقة المتجددة وتطبيق مثل هذه الحلول المبتكرة في تصميم مرافق النقل العام سيساهم في تحسين جودة الحياة داخل المدن، وتقليل الاعتماد على وسائل النقل الخاصة، وبالتالي تقليل التلوث والازدحام.

النتائج

- تحرر المصمم الداخلي من قيود العمارة الداخلية الرسمية، والتوجه نحو الطبيعة بكل ما تملكه من كنوز وأفكار، وتحرير شكل الغلاف الخارجي والداخلي من القيود الشكلية والتوجه نحو الاستجابة البيئية للتصميم.
- استخلاص أنماط التفرع في الطبيعة وكيفية توظيف تلك الأنماط الشكلية داخل الفراغات الداخلية والاستفادة منها تشكيليا ووظيفيا في تصميم محطات انتظار المواصلات العامة.

التوصيات

- الأنظمة الطبيعية وتأثيرها على العمارة الداخلية بشكل عام والفكر التصميمي الداخلي بشكل خاص من الموضوعات الخصبة والحديثة والتي لا تزال الرؤية غير واضحة إلى أي مدى ستصل بنا وإلى أي مدى سنستفيد منها، ولذلك يُوصى بالانتباه إليها كتكنولوجيا معاصرة، وزيادة وتكثيف الدراسات في تطبيقاتها وامكانياتها.
- ضرورة تطوير النظم الأكاديمية للتعليم بتخصص العمارة الداخلية للتعرف على أدوات التصميم والبرمجيات الحديثة وكيفية تطوير مراحل التصميم من خلال محاكاة الأنظمة البيولوجية، مما يعزز التفكر والتدبر في البيئة الطبيعية من حولنا وأيضا التعمق في المجالات البحثية فيما يخص العمارة الداخلية الحاسوبية.
- أهمية متابعة تطور نظريات التصميم المعتمد على الطبيعة كمنهج تطوري وليس شكلي فقط، لإتاحة أفكار تصميمية مختلفة والمساعدة في حل المشاكل التصميمية بطرق جديدة.
- دراسة الاتجاهات الحديثة في التصميم وتكنولوجيا الخامات المستلهمة من تنظيم المواد في الطبيعة والتي تنعكس بدورها على التصميم الداخلي، والتي تجعل التصميم أكثر تكيفا مع البيئة المحيطة به الى جانب تطور التصميم نحو الاستدامة.

المراجع

1- **Buelow, P.,** 2007. A Geometric Comparison of Branching Structures in Tension and in Compression versus Minimal Paths.
URL : http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/2027.42/58599/1/%20pvb_IASS07.pdf

2- **Bovill, C.,** 1996. Fractal Geometry in Architecture and Design. Birkhauser, Boston.
URL : https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4612-0843-3

3- **Falconer, K.,** 2003. Fractal Geometry, Mathematical Foundations and Applications 2nd ed. Wiley, London.
URL : https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/0470013850.fmatter

4- **Md Rian, , Mario Sassone , 2014.** Tree-inspired dendriforms and fractal-like branching structures in architecture: A brief historical overview Iasef
URL : https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095263514000363

5- **Polytechnic University of Catalonia, 2015** "Tree like structures"
URL : https://smiadotexperimentaldotcom.files.wordpress.com/2015/02/arboriformes2014.pdf

6- **Jianhua Lyu, Jia Xiang, Junqi Zhao and Ming.,** 2019. Design of Bus Station Based on Sustainable Development and Humanization Designprinciples-Take Two Design Plans for Example. MATEC Web of Conferences 278
URL : https://doi.org/10.1051/matecconf/201927805002

7- **Aseel A. Abdullah,** 2019 Computational Approach and Morphogenesis; Role of nature in concept generation process in design and architecture , Journal of Design Studio, V.1, N.1, pp 22-28
URL : https://www.semanticscholar.org/paper/Role-of-nature-in-concept-generation-process-in-and-Abdullah/2f91e78598c994d3dbe04d4c323dfff884336ab2

SCIENTIFIC JOURNAL OF FACULTY OF FINE ARTS ALEXANDRIA UNIVERSITY
PRINT ISSN : 2356-8038 ONLINE ISSN : 2535-227X
DOI : 10.21608/SJFA.2024.316117.1067

USING BRANCHING SHAPES AND TREE STRUCTURES IN ARCHITECTURE AND INTERIOR DESIGN (APPLICATION TO THE DESIGN OF PUBLIC BUS STOPS)

[2] **Loka Salama Mohamed Mohamed Omar Eldarier**

ABSTRACT

Benefiting from nature is an applied field aimed at solving human problems by analyzing natural designs. This approach enables designers to derive innovative design solutions. Fractal engineering reflects a repetitive structural composition that evolves to meet basic biological needs. Trees, with their branches, are one of the best examples of fractal engineering in nature.

This research aims to explore the fundamental geometric properties of the branching shapes of trees by studying the concept of fractal geometry, which is characterized by self-similarity. It also explores their biological, structural, and mechanical functions, with reference to fractal formations that can be produced.

The research reviews how to use branching shapes and tree structures in architecture and interior design and apply it to the design of public bus stops.These patterns can be interpreted using concepts of self-similarity to improve structural and architectural solutions, as well as interior design. This is achieved by analyzing a set of branching shapes and studying the stages of design evolution using branching systems as a logical result of understanding the basic relationships between shapes and structural and mechanical forces in trees

KEYWORDS: Fractal Geometry , Branched Systems , Bus Stops .

[2]*Lecturer at Faculty of fine arts, Alexandria university*
loka.eldarier@alexu.edu.eg