



دور الخوارزميات في صياغة التشكيل المعماري

م.م. غادة غالب عبد الوهاب و أ.م.د. يونس محمود محمد سليم

الجامعة التكنولوجية \ قسم هندسة العمارة , بغداد \ العراق

The Role of Algorithms in Formulating the Architectural Formation

**Assist. Lect. Ghada Ghalib Abdul Wahab and Assist.
Prof. Dr. Younis Mahmood M. Salem**

University of Technology, Dept. of Architectural Engineering, Baghdad / Iraq
ghada.g.abdulwahab@uotechnology.edu.iq
younis1424@yahoo.com

المستخلص

الخوارزميات هي عمليات رياضية توفر إرشادات خطوة بخطوة لحل مشكلة معينة، يتم استخدامها بشكل شائع في علوم الكمبيوتر والمجالات التقنية الأخرى لأتمتة العمليات وحل المشكلات المعقدة وان أحد التطبيقات الرائعة للخوارزميات هي توليد الأشكال اذ يمكن استخدام الخوارزميات لإنشاء أشكال وأنماط معقدة يصعب أو يستحيل إنشاؤها يدوياً، سوف نستكشف كيف يمكن استخدام الخوارزميات كألية لتوليد الأشكال باعتماد خوارزمية فوريونوي لما توفره من بيئة واسعة للأبداع من خلال عمليات فكرية جديدة قد لا تحدث على الاطلاق في العقل البشري للحصول على اشكال معمارية خاضعة لأسس وقواعد رياضية ذات لغة جمالية تعمل على جذب واهتمام لدى المتلقي وتشبع حواسه عبر مدركاته وتحقيق القناعات عبر هذا النتاج من خلال اليات متنوعة لصياغة التشكيل المعماري

ومن هنا برزت المشكلة البحثية وهي الحاجة لمعرفة دور خوارزمية فوريونوي في صياغة التشكيل المعماري عبر اليات التوليد الخوارزمية وما تحويه هذه الاليات من مبادئ وما يمكن ان تقدمه من جوانب وأساليب يمكن تطبيقها لصياغة النتاج وكان هدف البحث استكشاف دور الخوارزميات (خوارزمية فوريونوي) في صياغة النتاج المعماري

اما فرضية البحث: ان لخوارزمية فوريونوي دور كبير في خلق التشكيل المعماري عبر اليات متعددة واتباع البحث المنهج الوصفي التحليلي من خلال تحليل لمشاريع معمارية مصممة بالاستناد الى فكر خوارزمية فوريونوي للوقوف على اهم الأسس المستنبطة والاستفادة منها في عملية التشكيل .

ومن اهم استنتاجات البحث تعد الخوارزميات أداة قوية لتوليد الأشكال اذ إنها تسمح لنا بإنشاء أشكال وأنماط معقدة لها خصائصها وقدراتها الفريدة سواء كنت تنشئ فناً أو تصمم منتجاً أو تحل مشكلة فنية.

الكلمات المفتاحية: الخوارزمية خوارزمية فوريونوي، الاليات الخوارزمية،

التشكيل المعماري



Abstract

Algorithms are mathematical processes that provide step-by-step instructions for solving a specific problem. They are commonly used in computer science and other technical fields to automate processes and solve complex problems. One great application of algorithms is the generation of shapes. Algorithms can be used to create complex shapes and patterns that are difficult or impossible to create manually. We will explore how algorithms can be used as a mechanism to generate shapes by adopting the Voronoi algorithm because it provides a wide environment for creativity through new intellectual processes that may not occur at all in the human mind to obtain architectural forms subject to mathematical foundations and rules with an aesthetic language that attracts and interests the recipient and saturates his senses Through his perceptions and realization of convictions through this product through various mechanisms for the formulation of the architectural formation.

Hence, the research problem arose, which is the need to know the role of the Voronoi algorithm in formulating the architectural formation through the mechanisms of algorithmic generation, and what these mechanisms contain in terms of principles and what they can present in terms of aspects and methods that can be applied to formulate the output. The aim of the research was to explore the role of algorithms (Voronoi algorithm) in the formulation of architectural output

As for the hypothesis of the research: the Voronoi algorithm has a major role in creating the architectural formation through multiple mechanisms, and the research followed the descriptive analytical approach through an analysis of architectural projects designed based on the thought of the Voronoi algorithm to find out the most important inferred foundations and benefit from them in the formation process.

One of the most important conclusions of the research is that algorithms are a powerful tool for shape generation, as they allow us to create complex shapes and patterns that have their own unique characteristics and capabilities, whether you are creating art, designing a product, or solving an artistic problem.

Keywords: Algorithm, Voronoi Algorithm, Algorithmic Mechanisms, architectural formation

المقدمة

تعد الخوارزميات هي إحدى صيغ توليد الشكل ضمن أحد نواتج التكنولوجيا ومنها خوارزمية فورونوي ، تناول البحث دراسة هذه الخوارزميات تعريفها وخصائصها وفن الخوارزميات في العمارة وأهم الجوانب المرتبطة بها ، والتطرق إلى خوارزمية فورونوي وهي أحد أهم الخوارزميات المشتقة من الطبيعة وكذلك بين البحث أهم اليات التصميم الخوارزمي لما لها من أهمية على مستوى صياغة الشكل وكذلك كونها أحد أهم أسس تكوين الخوارزمية نفسها وكذلك ما يوفره المنهج الخوارزمي من بيئة واسعة للأبداع من خلال عمليات فكرية جديدة قد لا تحدث على الإطلاق في العقل البشري للحصول على اشكال معمارية خاضعة لأسس وقواعد رياضية ذات لغة جمالية تعمل على جذب واهتمام لدى المتلقي وتشبع حواسه عبر مدركاته وتحقيق القناعات عبر هذا النتاج ، مما دفع البحث إلى محاولة استكشاف الخوارزميات ومنها فورونوي ودورها في صياغة التشكيل المعماري من خلال طرح ومناقشة دراسات متناولة الخوارزميات كأداة تولد رقمية لصياغة النتائج المعمارية وصولاً إلى المشكلة البحثية والتي تمثلت بـ " الحاجة لمعرفة دور الخوارزمية فورونوي في صياغة التشكيل المعماري عبر اليات التوليد الخوارزمية وما تحويه هذه الليات من مبادئ وما يمكن ان تقدمه من جوانب وأساليب يمكن تطبيقها لصياغة النتاج " وهدفه المتمثل بـ "استكشاف دور الخوارزميات (خوارزمية فورونوي) في صياغة النتاج المعماري اما فرضية البحث: ان لخوارزمية فورونوي دور كبير في خلق التشكيل المعماري عبر اليات متعددة "ومن ثم اتجه البحث بعدها إلى تحقيق مراحل منهجية البحث والمتمثلة بما يلي:

اولاً: طرح معلومات حول الخوارزميات ومنها خوارزمية فورونوي

ثانياً: طرح إطار يعرف بأبرز الجوانب المرتبطة بالخوارزميات والياتها ومنها فورونوي وذلك عبر مراجعة الطروحات المعمارية المتعلقة بالموضوع

ثالثاً: تطبيق الإطار النظري على مجموعة من النتاجات المعمارية

رابعاً: استخلاص النتائج والاستنتاجات

الخوارزميات

الخوارزميات هي عمليات رياضية توفر إرشادات خطوة بخطوة لحل مشكلة معينة. يتم استخدامها بشكل شائع في علوم الكمبيوتر والمجالات التقنية الأخرى لأتمتة العمليات وحل المشكلات المعقدة. أحد التطبيقات الرائعة للخوارزميات هو توليد الأشكال. يمكن استخدام الخوارزميات لإنشاء أشكال وأنماط معقدة يصعب أو يستحيل إنشاؤها يدوياً. (طنطاوي، وآخرون، 2021، ص172)

1 - 1 تركيب الخوارزميات:

هناك ثلاثة تراكيب لبناء البرامج وكتابة الخوارزميات والفكرة، فأي خوارزمية تتكون من التراكيب الثلاثة (Mark, 2010, p3):

- التسلسل: Sequence حيث تكون المعادلة الخوارزمية عبارة عن مجموعة من العمليات المتسلسلة والمتتالية وفقاً لأدوات البرنامج
- الاختيار Selection: بعض المشكلات لا يمكن حلها بتسلسل بسيط للعمليات، وقد تحتاج إلى اختبار بعض الشروط ورؤية نتيجة الاختيار إذا كانت صحيحة تتبع مسار يحوي تعليمات متسلسلة، وإذا كانت خاطئة تتبع مسار آخر، وهذه الطريقة تسمى باتخاذ القرار أو اختيار أفضل البدائل.
- التكرار Repetition: عند حل بعض المشاكل التصميمية لا بد من إعادة التسلسل نفسه لعدد من المرات، وهذا ما يطلق عليه التكرار. وباستخدام تلك التراكيب يسهل فهم المعادلات الخوارزمية وإكشاف الأخطاء الواردة بها وتعديلها

1 - 2 فن الخوارزميات

منذ بداية القرن العشرين بدأت الأبحاث الجديدة في مجال الفنون المعاصرة باكتشاف جوانب متعددة تربط الفنون بالعلوم الأخرى كالرياضيات والخوارزميات

Factors:

هي العوامل المؤثرة في عملية التصميم المعماري، والتي تشمل المتغيرات الفيزيائية والبيئية والبيوساتيرية والثقافية والتقنية وغيرها. وتساعد في تحديد المعايير والمحددات التصميمية للمشروع المعماري.

Computer schema:

تطور إلى التصميم المعماري المستند إلى الحاسوب والبرامج الحاسوبية والأدوات التقنية المختلفة، والتي تساعد على تحليل وتصميم وحلقة المشاريع المعمارية بشكل أكثر دقة وعناية وسرعة.

Computer algorithm logic:

تتطور إلى المنطق والتفكير الذي يربط الحاسوب في عملية تنفيذ والتصميم المعماري، والى

Algorithm:

هي سلسلة من الخطوات المنطقية والتعليمات البرمجية التي تستخدم في عملية التحليل والتصميم المعماري، والتي تعتمد على مجموعة من القواعد الرياضية والإحصائية والمنطقية والحسابية، وتساعد في إيجاد الحلول الأمثل للمشروع المعماري.

Parameter

تشير إلى المتغيرات التي يمكن التحكم بها وتغيرها في عملية التصميم المعماري، والتي تشمل الكميات والأبعاد والتناسق والتشابه والتباين والتفاعل والتأثير وغيرها. وتعتمد على الأبعاد والمتطلبات التصميمية والمعايير الوظيفية والجمالية.

Architectural form:

تشير إلى الشكل الجمالي والوظيفي للنمو أو المبنى المعماري، والذي يعتمد على الخصائص الهندسية والمواد والألوان والارتفاع والمقاي وغيرها. وتساعد في تحديد الهوية الفريدة للمشروع المعماري.

Design form:

تشير إلى الشكل النهائي للمشروع المعماري، والذي يعتمد على الخصائص الجمالية والوظيفية والبيئية والبيوساتيرية والثقافية والتقنية وغيرها. وتساعد في تحديد الهوية الفريدة للمشروع المعماري.

1 - 3 خوارزمية فورونوي

مخطط فورونوي هو نمط هندسي يستخدم في العمارة والتصميم الحضري لتوزيع الفراغات والمساحات بين المباني والمنشآت المختلفة. يتمثل المخطط في تقسيم الفراغات بين المباني بطريقة تتيح الاستفادة القصوى من المساحة المتاحة وتعزيز التفاعل والتلاحم بين المباني المختلفة في الموقع.

<http://www.imath.kiev.ua/~voronoi/VORONOISCENTENARY.html>

يستخدم المخطط فورونوي في العمارة بشكل خاص في تخطيط المدن والمجتمعات السكنية، حيث يتيح توزيع المساحات السكنية والخدمية بطريقة منطقية ومتناسبة مع احتياجات السكان وتفضيلاتهم. كما يستخدم في تصميم الحدائق والمنتزهات والمناطق العامة الأخرى، حيث يمكن استخدامه لتوزيع المناطق الخضراء والمناطق المفتوحة بشكل يعزز جمالية الموقع ويحسن استخدام المساحة المتاحة.

تعتمد خوارزمية Voronoi على مفهوم رياضي يسمى مخططات Voronoi، والتي تستخدم لتقسيم مساحة إلى مناطق بناءً على قربها من مجموعة من النقاط. في توليد الأشكال، تُستخدم مخططات فورونوي لإنشاء أنماط معقدة وغير منتظمة بناءً على موقع النقاط المختلفة في الفراغ.

تهدف هذه الخوارزمية إلى محاكاة الأنماط الهيكلية الموجودة في العالم الطبيعي لتطوير الأنظمة ذات الكفاءة البيئية والجمالية وإنشاء حلول مبتكرة وترشيد استخدام المواد والطاقة، وهو من أهم التوجهات المستخدمة في رقمنة الهياكل وبنية السطوح والأشكال في العمارة، يمكن بناء تشكيلات فورونوي في عدة خطوات كما هو موضح بهذه الطريقة الخوارزمية ومنها طريقة (تثليث ديلاوني):

الخطوة الأولى: تحديد مجموعة من النقاط على سطح معين مراد تقنينه وتقسيمه إلى مساحات معروفة. (مولد فورونوي)

الخطوة الثانية: رسم خط يربط بين النقاط الموضوعية شرط ألا تتقاطع هذه الخطوط ويحدها من البداية نقطة ومن النهاية نقطة أخرى. (محاور فورونوي)

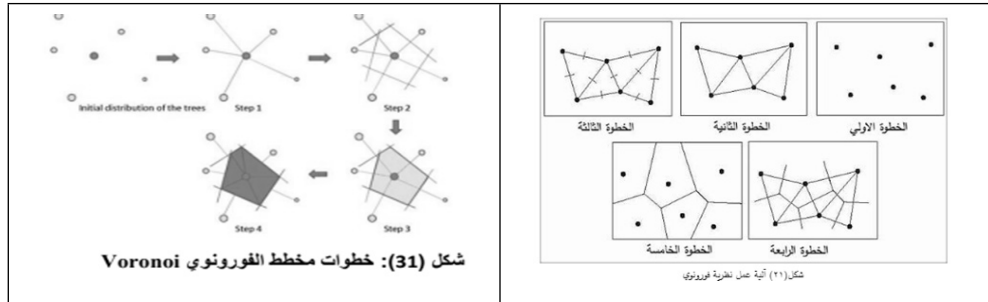
الخطوة الثالثة: تقسيم الخطوط الواصلة بين النقاط عن طريق مستقيمات

متعامدة عليها

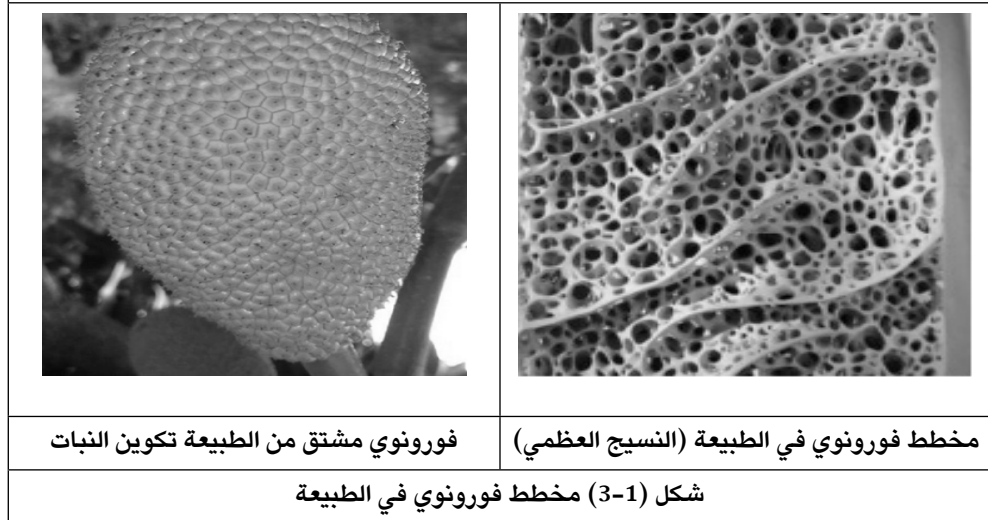
الخطوة الرابعة: مقاطعة جميع النقاط المتعامدة داخل كل منطقة لتشكيل نقطة جديدة ضمن كل منطقة تعرف نقطة التلاقي بنقاط فورونوي. (شكل فورونوي)

الخطوة الخامسة: حذف الخطوط الاصلية المرسومة في الخطوه الثانية للكشف عن شبكة جديدة تعرف بشبكية فرورنوي، حيث أن هذ المساحات تسمى بخلايا فرونوي وكل خلية منها مسؤولة من نقطة تسمى نقطة فورونوي بداخلها ليست في المنتصف لكن الشرط وجود نقطة واحدة محصورة بين الاضلاع المتلاقية الاطراف (منطقة فورونوي)

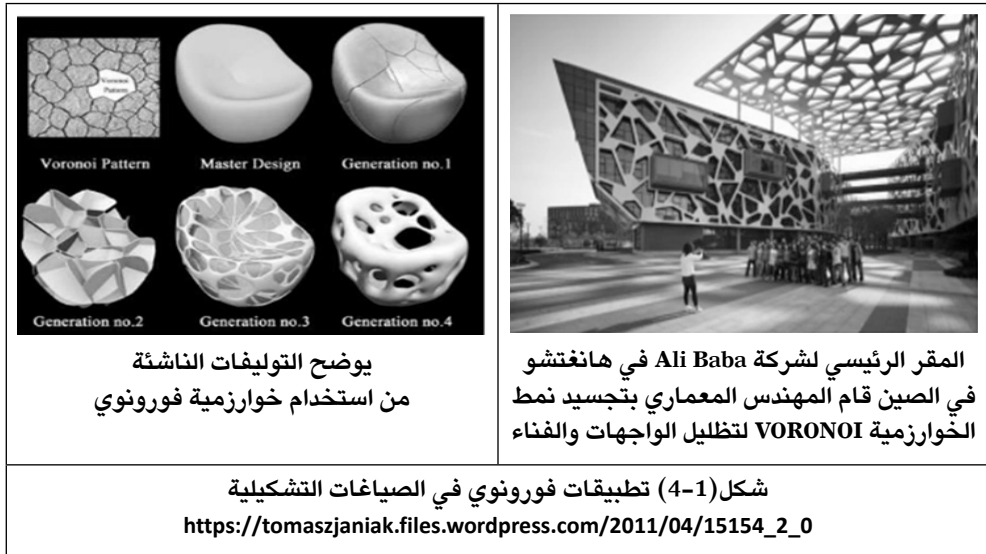
https://www.researchgate.net/figure/Steps-involved-to-construct-a-Voronoi-diagram-and-its-subdivisions-around-a-selected-tree_fig4_30437088



شكل (1-2) خطوات تشكيلات خوارزمية فورونوي



شكل (1-3) مخطط فورونوي في الطبيعة



توفر خوارزمية فوريونوي من بيئة واسعة للأبداع من خلال عمليات فكرية جديدة قد لا تحدث على الإطلاق في العقل البشري للحصول على اشكال معمارية خاضعة لأسس وقواعد رياضية ذات لغة جمالية

1 - 4 الخوارزميات والشكل:

توليد الأشكال هو عملية إنشاء أشكال أو أنماط هندسية باستخدام خوارزميات رياضية. هناك العديد من الخوارزميات المختلفة التي يمكن استخدامها لإنشاء الأشكال، ولكل منها خصائصه وقدراته الفريدة. بعض الخوارزميات بسيطة وسهلة التنفيذ، بينما البعض الآخر أكثر تعقيداً ويتطلب معرفة وأدوات متخصصة. ومع ذلك، فإنهم جميعاً يشتركون في سمة واحدة مشتركة: فهم يقدمون نهجاً منظماً لتوليد الأشكال والأنماط. (Caetano, et al., 2019, p12)

1 - 5 الدراسات السابقة

مجموعة من الدراسات المتخصصة التي تناولت الخوارزميات كأداة توليد رقمية لصياغة النتائج المعمارية

1 - 5 - 1 دراسة طنطاوي واخرون (2021) (تحقيق التناغمية التشكيلية لعناصر

التصميم الداخلي والأثاث من خلال النظريات الخوارزمية) :

سلطت الدراسة الضوء على تعاريف الخوارزميات وأهم خصائصها كمنهج مولد حيث بينت ان الخوارزمية هي اجراء حسابي لمعالجة مشكلة معينة في عدد محدود من الخطوات كما انه منهج ينطوي على الاستنتاج والاستقراء والتجريد والمنطق المنظم وان الخوارزمية هي احد الاستراتيجيات الحسابية المعتمدة لخلق النصوص والبحث عن الأنماط المتكررة والمبادئ العامة والوحدات القابلة للتبديل والرابط الاستقرائية، وضحت الدراسة أيضا ان القوة الفكرية للخوارزمية هي في قدرتها على استنتاج طرق جديدة وتوسيع حدود العقل البشري حيث يسمح التصميم الخوارزمي AD اثار فئة معينة من الخوارزميات التي تهدف الى الوصول لنتائج غير متوقعة وعملية خلق تكوينات جديدة نتيجة للعلاقة التبادلية بين تطور الرياضيات وتكنولوجيا المعلومات ، وكيفية توظيف التناغمية التشكيلية بين عناصر ومفردات التصميم الداخلي من خلال استغلال النظريات الخوارزمية كمصدر استلهام في التصميم المعاصر ودعت الدراسة الى النظر الى ما راء الأشياء وليس فقط بالنظر لما نراه بل النظام الذي اوجد ذلك الشيء من الربط بين النظريات الخوارزمية واليات توليد الشكل بما يخدم التصميم الداخلي والاثاث وتحقيق التناغم والترابط والوحدة بين مفردات الحيز الداخلي ومن اهم الأسس التي اشارت اليها الدراسة: الإيقاع - الوحدة والتجانس - الاتزان التكرار - التباين النسبة والتناسب الحركة الرمزية في التشكيل اما على مستوى التصنيع (التقسيم والنقل والتجميع)

جدول (1-1) المفردات المشتقة من دراسة طنطاوي واخرون (2021)

المفردة	المؤشرات
استراتيجيات التوليد	الاستنتاج والاستقراء والتجريد والمنطق المنظم
اليات التعامل مع النتائج	اليات التجريد الإيقاع- الوحدة والتجانس - الاتزان التكرار-التباين النسبة والتناسب
مرحلة استخدام الخوارزمية في النتائج	مرحلة الاستلهام مرحلة التصنيع لرقمي
مستوى التطبيق	التصميم الداخلي والاثاث
الخوارزمية على مستوى التشكيل	اثارة التحفيز واهتمام المتلقي
رمزية التشكيل Borjian &Kazemi	اثارة استجابة عاطفة الناظر، تلبية او تحسين المتطلبات الوظيفية

1 - 5 - 2 دراسة Borjia&Kazemi

Algorithmic Approach Functions in Digital Architecture and its Effect on Architectural Design Process.

عرفت الدراسة ان التصميم الخوارزمي هو مجموعة فرعية من التصميم الرقمي قائم في أساسه على بنية خوارزمية واعتبرت الدراسة ان استخدام الخوارزميات والتقنيات الحاسوبية المتقدمة لا يهدف فقط الى تمثيل المكونات ولكن اتاحة فرصة جديدة للمعماري في عملية التصميم وبيئت ان التفكير الحاسوبي وتصميم الخوارزميات يرتبط ارتباطا وثيقا بإنتاج التصميم كما تبنت TERZIDIS2006 في وجهة نظرها في ان الخوارزميات يمكن من خلالها محاكاة القضايا المتعددة وان النظام الخوارزمي واحد من اكثر الأنظمة لإنتاج التصاميم الكفوءة من الناحية الشكلية ، اكدت الدراسة على ان هناك ثلاث وظائف للتصميم الخوارزمي : الأول تعديل على الشكل والثاني يعتمد على مفاهيم الشكل المتولد والثالث يعتمد عملية اشتقاق الشكل ، وبيئت ان المناهج الفكرية للخوارزمية والتي يمكن ان يتبناها المصمم سواء من داخل حقل العمارة او خارجها كالأنظمة الخوارزمية المشتقة من الطبيعة هي خوارزميات مستلهمة من النمل والنحل ومحاكاة الأنظمة الطبيعية كخوارزمية فوريونوي وبيئت ان مهام الخوارزمية هو) الترتيب وتفسير البيانات المدخلات والمخرجات وخزن الحلول واسترجاعها)

جدول (1-2) المفردات المشتقة من دراسة Borjia & Kazemi (2015)

المفردة	المؤشرات
مناهج فكرية تعتمد عليها الخوارزمية التي يتبناها المصمم	من خارج حقل العمارة محاكاة قوانين الطبيعة الطفرة التكاثر من داخل حقل العمارة
مهام الخوارزمية	مهام تنفيذية: ترتيب - تفسير - البيانات المدخلة - المخرجات مهام تصميمية: تمثيل التصميم النمذجة - تعديل التصميم - تحليل التصميم - تقييم التصميم - تطوير وتحسين التصميم واختيار الأمثل
استراتيجيات توظيف الخوارزمية	تطوير استكشاف تحسين تقييم
المدخلات	تكوينات شكلية العلاقات (تداخل - تجاوز - تقاطع)
أنواع الخوارزميات	مستعمرة النمل - النحل - خوارزمية فوريونوي - تكيف نمو النبات - الكسرية

1 - 5 - 3 دراسة راشد احمد محمد، اسامة، الصعدي، اسلام "التصميم البارومتري كمدخل لاستلهام الطبيعة في تصميم المنتجات "مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية، 2019 العدد14

أكدت الدراسة على ان الطبيعة هي مصدر الالهام الاول في عملية تصميم المنتجات والبحث عن أساليب غير تقليدية للحلول والمعالجات الشكلية و استحداث طرق جديدة للتصميم، فجاء موضوع الدراسة متناولا التصميم البارامتري كمدخل يتم من خلاله فهم بعض البُنى الشكلية في الطبيعة وتحليل المبادئ الهندسية التي تقوم عليها تنعكس آثار التطورات التكنولوجية علي ناتج عملية التصميم فينتج عنها فكر تصميمي مميز له خصائص شكلية تعكس مردود استخدام التصميم البارامتري في عملية التصميم، حيث يمكن للتصميم البارامتري أن يساعد المصمم في معالجة الأشكال المعقدة التي يصعب التعامل معها بالطرق التقليدية والحصول على حلول تصميمية بصورة سريعة ودقيقة، أكد البحث على القدرة على تحليل بعض الاشكال في الطبيعة وتتبع نظامها البنائي وتوصيفها في خوارزميات تدعم مقررات الاستلهام من الطبيعة

جدول (1-3) المفردات المشتقة من دراسة راشد احمد محمد، اسامة، الصعدي، اسلام

المؤشرات	المفردة الثانوية	المفردة الرئيسية
اشكال تحاكي الطبيعة	البُنى الشكلية في الطبيعة	أنماط التشكيل الخوارزمي
تنوع تعقيد تمايز ترابط استمرارية الخطوط تكثيف الترابط بين الداخل والخارج	جوانب جمالية	جوانب صياغة الشكل
سمات شكلية سمات وظيفية	سمات الناتج	
خوارزمية السرب - فوريوني - الفراكتال الجزيئية	أنماط واشكال الخوارزميات	أنماط التشكيل الخوارزمي
نوع المواد طريقة التصنيع معايير الأداء	اهداف التصميم	
قوة - متانة - خفة	البنية والسطح	
تقليل اوزان العناصر	تهيئة البنية	
تشكيل يحاكي الطبيعة العضوية او غير العضوية	توزيع البنية	

2 - اليات التصميم الخوارزمي (خوارزمية فوريونوي)

ان اليات التصميم الخوارزمي يمكن التعبير عنها بانها مجموعة من العمليات الحسابية والطرق التي تحكم تجميع العناصر ليكون الناتج متأثراً بالأسلوب الذي تنتظم فيه هذه الاشكال وكيفيات بناء العلاقات الانشائية خلال مجموعة عمليات ادائية تتضمنها العملية التصميمية (Achim and Weinstock, 2006, p78-87)

وهناك عدة اليات للتصميم الخوارزمي وسوف يركز البحث على مجموعة الاليات التي لها دور أساسي وكبير على مستوى تشكيل الخوارزمية نفسها وعلى مستوى صياغة التشكيل المعماري

2 - 1 التكرار

يمكن اعتبار التكرار بمثابة فعل بسيط لنسخ عنصر ما عدة مرات. في الأنظمة البارامترية المستندة على أسس خوارزمية، يمكن أن تصبح أداة التكرار أكثر إثارة للاهتمام لان العنصر المتكرر يمكن أن يتغير مع الحفاظ على الهيكل الأساسي له دون الحاجة الى ان يكون مطابقا تماما له، اذ يمكن للمصمم تغيير العنصر المكرر وفقا لاي عدد من المتغيرات مثل المسافة، الزمن، الموقع من الناحية الرياضية ويكون سلاسل التكرار حسب الخوارزمية المتبعة (Woodbury, 2010, P39).

وبظهور الثورة الرقمية التي لها انعكاسات لإنشاء مفردات جديدة للتشكيل المعماري بدأ المعماريون بإعادة النظر في الخوارزميات وبوجود إمكانيات الحاسوب التي تساعد على انشاء اشكال معقدة عن طريق خوارزميات ذات قواعد معينة لإنتاج تصاميم فريدة ومبدعة وتحقيق التنوع بالتصميم، والتكرار في الطبيعة يفصح عن تكوينات العناصر والكائنات المتنوعة ويؤكد أشكالها البصرية على شبكة العين ويظهر جمالها من خلال أبعاد فلسفية شكلية كالحركة والتباين والتناعم والتناسب والتأكيد والوحدة، ويهيمن التكرار كعامل موحد لهذه الأبعاد إن لم يكن من أهم العوامل الموحدة للتنوع المصاغ للعناصر لطبيعية.

2 - 2 التوازن

من الخصائص الرئيسية التي لها دور مهم في كل أمر؛ كجماليات التصميم أو التلوين؛ بحيث يحقق الشعور بالراحة النفسية والهدوء في حال النظر إليه، وتسعى النفس للبحث عن تلك العلاقة المتزنة التي نشأت عنها تلك الوحدة الجمالية للأشياء ويعد الاتزان كواحدة من أهم الأسس الفنية التي ترتبط بالشكل، لما تنتج عنه من علاقة متوازنة بين الأشكال والألوان والخطوط في أي عمل فني، كما يتوقف على الاتزان تناسق العناصر ونظامها ضمن إطار التصميم الذي تم إنشاؤه

2 - 3 الوحدة في التكوين

تخلق الوحدة على مستوى علاقة الجزء بالجزء وعة مستوى الجزء بالكل (Potts, et al., 2011, p1-10) لتحقيق شعور بالتناغم والكمال والوحدة كما تظهر من مضمون الكلمة هي تحقيق أقصى مجهود في التكوين المعماري ليخرج في شكل موحد مستمر ومتكامل داخليا وخارجيا، ومن المهم ان يكون التأثير العام للتكوين المعماري فيه موحد سواء في التجربة البصرية او الذهنية للمتلقي مهما بلغ تعقيد الشكل وتكوينه، وتلافي التكوين المعماري الشعور بالتفكك او التشتت وعدم التجانس

2 - 4 النسبة والتناسب

إن كل شيء في الطبيعة خاضع لقوانين التناسق. كذا فإن الإنسان يشعر أن الجمال يرتكز على قوانين التناسب، فالطبيعة متناسبة إنما تفصح بتشكيلاتها عن جمال أعمق من الجمال الظاهري، أي عن جمال الحقيقة المكونة في تنوعاتها كلها ولا شك أن شعور الإنسان بالجمال يعكس بنية الإنسان نفسه القائمة على قوانين التناسق الطبيعية؛ وبالتالي، فإن وعي الإنسان هو، في جوهره، فعل تناغم مع الطبيعة. (عربية وحسيب، 2019، ص91) اما على مستوى التكوين الكلي فهناك دور النسب والتناسب في تحديد اطوال اجزاء المبنى وتفصيله وكان لتلك المبادئ سيطرة طويلة على العمارة لأزمنة طويلة في كل انحاء العالم فالعمارة الكلاسيكية بنسبها ظلت تنفذ في كل مكان دون اختلاف مع عدم القدرة لتجاوز هذه النسب،

2 - 5 التناغم

يعد التناغم مجالا لتحقيق الحركة، فالتناغم بصوره المتعددة مصطلح يعنى تردد الحركة بصورة منتظمة تجمع بين الوحدة والتغير فى إدراك السمات الشكلية للنموذج المرئي، فالأنماط التكرارية المتباينة المنتظمة تعطى الفرد الشعور بضرورة تتبع السلسلة التكرارية للعناصر والتي تكسبها تأكيدا واضحا ورصانة واتزاناً داخل الشكل (عربية وحسيب، 2019، ص91)

3 - مفهوم التشكيل المعماري

التشكيل المعماري عملية يشرع فيها المصمم، مستعملا المفردات البصرية كعناصر أساسية للتشكيل من خلال لغة رياضية لوصف الاشكال الهندسية: تشمل الهندسة الاقليدية والهندسة اللاقليدية (تصف الهندسة الاقليدية سلسلة محدودة من الاشكال المعمارية باستعمال نظام الابعاد، وقد استخدمها المعماريون منذ العصور القديمة، والهندسة اللاقليدية التي تسمح بدراسة الاشكال الحرة والتراكيب التي لا تتطابق مباشرة مع نظام الابعاد في الهندسة الاقليدية وتتميز بكمية الانحناءات وتشمل نماذج الهندسة اللاقليدية المقطع الزائد، والشكل الاهليجي) ليحولها بعد ذلك الى كتل وفضاءات بنظام معين بالإضافة الى السياق والبيئة المحيطة التي يجب ان تؤثر على نحو رئيس في الشكل الناتج. (علي، 2017، ص 8)

يمكن صياغة تعريف للتشكيل المعماري " صياغة تصورات شكلية تعكس تصورات فكرية ذات معانٍ وقيم مدركة، تستعمل فيها افكار ومبادئ وعناصر اساسية تحكمها علاقات تدركها الحواس بحسب نظام معين واتجاه يفسر هذا الناتج"، فالتصميم عملية ابتكارية تنشأ في العقل وتوجهها إرادة الفرد مع الأدوات الرقمية المساعدة الى الظهور في الاشكال المادية ونتناول في هذا الموضوع البحثي دور الخوارزميات في صياغة التشكيل بالاعتماد على الاليات التشكيلية.

4 - مفردات الإطار النظري

مما سبق يمكن التوصل الى اهم مفردات الإطار النظري واهم الجوانب والمؤشرات الرئيسية والثانوية وقيمها الممكنة ومفرداتها التفصيلية وهي: جوانب صياغة التشكيل

العماري خوارزميا و اليات التوليد الخوارزمي و مستوى التطبيق، استخدام الخوارزميات، خصائص وسمات التشكيل ويوضح الجدول ادناه مفردات الاطار النظري لدور الخوارزميات في صياغة التشكيل المعماري مع ترميز المفردات.

جدول (4-1) اهم مفردات الإطار النظري

الرمز	القيم الممكنة		المفردة الثانوية	المفردة الرئيسية
X-1	خلايا النحل		البنى الشكلية في الطبيعة لخوارزمية فوريوني X	1 - جوانب صياغة التشكيل العماري خوارزميا
X-2	فجوات الاسفنج المضلع			
X-3	نسيج أوراق النبات			
X-4	اجنحة الحشرات			
Y-1	مباني صرحية	النسبة والتناسب	اليات التعامل مع النتائج Y	2 - اليات التوليد الخوارزمي
Y-2	مباني افقية			
Y-3	عن طريق تكرار عناصر متشابهة في الشكل والتكوين	وحدة		
Y-4	عن طريق تكرار عناصر مختلفة			
Y-5	متماثل: تكرار منتظم	توازن		
Y-6	غير متماثل: تنوع وحيوية			
Y-7	التباين في حجم الوحدات	التناغم		
Y-8	تشابه إيقاع العناصر المتكررة			
1-Z1	مستوى المبنى ككل		على مستوى الكل Z1	3 - مستوى التطبيق
1-Z2	الواجهات		على مستوى الجزء Z2	
2-Z2	العناصر الداخلية قواطع اثاث جدران			
M-1	مرحلة الاستلهام		مراحل الاستخدام M	4 - استخدام الخوارزميات
M-2	مرحلة التصنيع الرقمي			

الرمز	القيم الممكنة	المفردة الثانوية	المفردة الرئيسية
1-P1	اغناء بصري	خصائص التشكيل الخوارزمي P	5 - خصائص وسمات التشكيل
2-P1	انسيابية		
1-P2	تقنية تصنيع رقمي		
2-P2	مواد ذكية		
1-p3	تفاعل بين الداخل والخارج		
2-p3	تكيف استجابة للتغير بفاعلية		
3-p3	مرونة قدرة المبنى على الاستجابة		

5 - فرضية البحث

فرضية البحث: ان لخوارزمية فوريونوي دور كبير في خلق التشكيل المعماري عبر
اليات متعددة

6 - اجراءات التطبيق (تطبيق الإطار النظري)

بعد ان تم طرح وتشكيل الاطار النظري المعرفي ومفرداتها التفصيلية مما سبق
اعتمد البحث أسلوب الدراسة التحليلية (منهج وصفي تحليلي) وتم اختيار عينة قصدية
شملت 3 مشاريع يتم فيها استكشاف تطبيق المؤشرات وذلك من خلال المعلومات المتوفرة
عن المشروع او من خلال ملاحظة المخططات الواردة مع المشروع وتم وضع استمارة
التحليل لقيم تحقيق المتغيرات حيث تم إعطاء القيمة (1) للقيم المتحقق والقيمة (0)
للقيم الغير متحققة وذلك بالاستناد الى المعلومات المستخلصة من المشروع المنتخب
للدراسة العملية وكما موضح بالجدول ادناه :

6 - 1 المشروع الأول

اسم المشروع: التصميم الداخلي لجناح الإسباني في معرض إكسبو العالمي في آيتشي اليابان 2005

رقم العينة: A

السنة: 2005 اليابان

المصمم: Kensuke Kishikawa

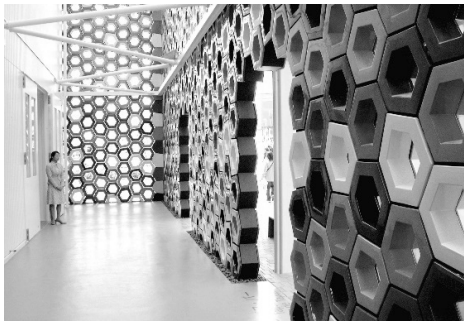
Nerea Calvillo

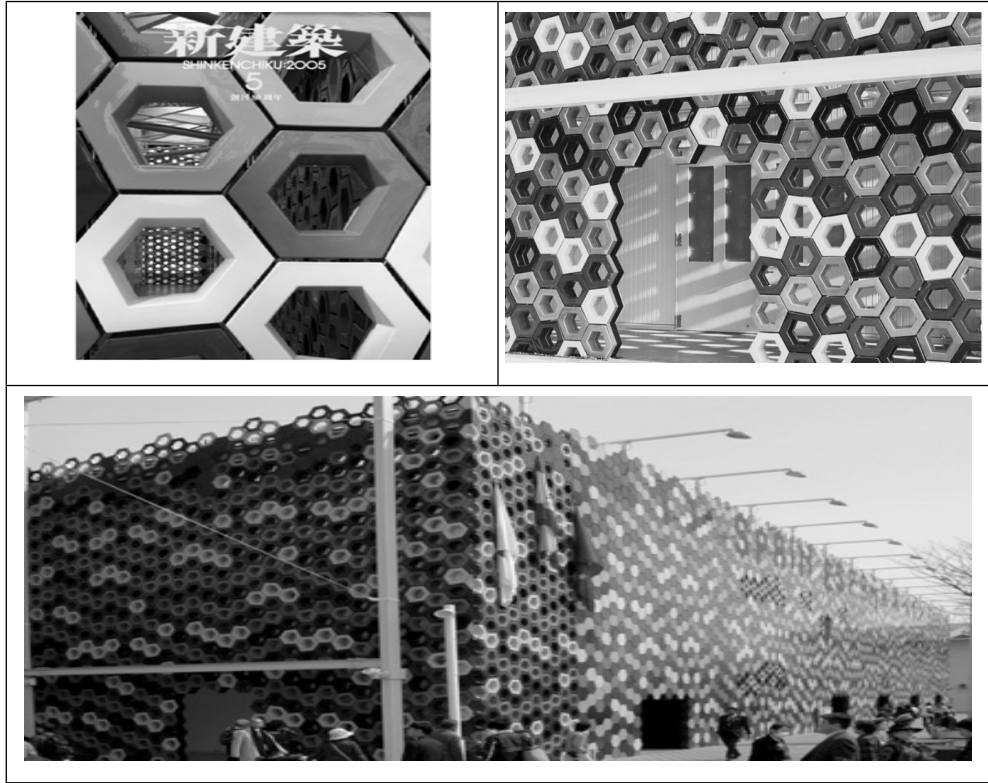
Izumi Kobayashi

Kenichi Matsuzawa

المصدر: <https://www.ceramicarchitectures.com/obras/spanish-pavilion-expo-2005/archilovers.com>

المشروع عبارة عن تصميم الجناح الإسباني في معرض إكسبو العالمي في اليابان عام 2005 يهدف هذا الجناح الذي مثل اسبانيا في معرض آيتشي في اليابان الفكرة هي استغلال الهجين الثقافي كموضوع رئيسي في التاريخ الإسباني اذ نمت التقاليد الثقافية الإسبانية من تهجين الثقافات اليهودية المسيحية والإسلامية. كان الجناح فرصة لاستكشاف الإمكانيات المعمارية لهذا الإرث التاريخي المحدد. كانت السمة المبتكرة للشبكة هي نمطها غير المتكرر الذي تم تحقيقه من خلال استخدام ستة قطع سداسية الشكل (مثل العديد من القطع القوطية والإسلامية)، كل منها مختلف، وتم ترميزها بستة ألوان مختلفة يتردد صداها مع العديد من العناصر المميزة للثقافة الإسبانية، أن من جوانب صياغة التشكيل المعماري خوارزمية كانت اهم البنى الشكلية في الطبيعة لخوارزمية فوروبوي التي تم اعتمادها في المشروع هي ست قطع سداسية الشكل غير منتظمة ومصدر المحاكاة هو من خلايا النحل غير منتظمة الاضلاع اما مادة البناء من السيراميك، اما اهم اليات التعامل مع النتائج تحققت الواحدة من خلال تكرار عناصر متشابهة في الشكل والتكوين اما من ناحية النسبة والتناسب فهي مباني صرحية تحققت التنوع والحيوية من خلال تنوع الضوء الداخل عن طريق الفتحات المختلفة المواقع اما التباين والتناغم تحقق من خلال التنوع في حجم الوحدات المكونة للتشكيل المعماري كان مستوى التطبيق على مستوى المبنى ككل مرحلة الاستخدام الخوارزمية في مرحلة الاستلهام ومرحلة التصنيع الرقمي لوحدة السيراميك اما اهم الخصائص التي تميز بها المشروع خصائص جمالية من خلال التنوع والايقاع المتناغم وكذلك امتازت الوحدات كل منها لون وشكل مختلف أدى هذا الجمع تنوع هندسي والوان نمط غير مكرر مما زاد من جمالية المبنى وراحة في الفضاء الداخلي الخصائص الادائية تنظيم الكسب الشمسي والحمل الحراري في الداخل والحماية من الأمطار والرياح مرونة المبنى والقدرة على الاستجابة





6 - 2 المشروع الثاني

اسم المشروع: تصميم مبنى شركة (Brussels City Parliament)

رقم العينة: B

السنة: 2013 البرتغال

اسم المصمم: شركة Skope

المصدر: <https://www.archdaily.com/524725/parlement-francophone-bruxellois-skope>

قامت شركة بتصميم مبنى البرلمان للناطقين باللغة الفرنسية ببروسلين البرتغال ، قام المصممون باستخدام سمة تصميمية معاصرة للمبنى وسط مجموعة من المباني التاريخية، الفكرة هي تطوير للتصميم المعماري للمبنى 1908-Palace Provincial المجاور للمعماري Hano Georges عن طريق إعادة حساب النسب الحاكمة للواجهات المعمارية ومعالجتها بتطبيق خوارزمية فوريونوي لتشكيل تقسيم للأسطح بصورة ثنائية الابعاد (وهي صيغة رياضية قريبة من التوزيع الكسري والتي تشكلت من 5 عناصر مميزة ، تجمع بين الاختلافات اللانهائية). مثل اختيار السمة التصميمية تحدي كبير للمصممين ، فالرغبة في المحافظة على السمات المعمارية للمكان وفي ذات الوقت تقديم تصميم يتسم بالمعاصرة

كان أمر غير بسيط. المبنى يمثل نموذج للتصميم المعاصر ليس فقط من خلال السمة التصميمية بل أيضا كونه موفر للطاقة مما يجعله مبنى صديق للبيئة. تم استخدام تطبيقات فوريونوي لتقسيم الأسطح الخارجية للمبنى والتي تمثل الواجهات المعمارية الأربعة، إلى جانب تقسيمات الأسقف في منطقة الاستقبال.

ان من جوانب صياغة التشكيل المعماري خوارزمية وأهم البنى الشكلية في الطبيعة لخوارزمية فوريونوي التي تم اعتمادها في المشروع هي المشتقة من خلايا النحل باختلاف الأبعاد للوحدات المكونة بجمع خمس عناصر سوية ، اما اهم اليات التعامل مع النتائج تحققت الواحدة من خلال تكرار عناصر متشابهة في الشكل والتكوين اما من ناحية النسبة والتناسب فهي مباني صرحية تحققت التنوع والحيوية من خلال الاختلافات اللانهائية اما التباين والتناغم تحقق من خلال التنوع في حجم الوحدات المكونة للتشكيل المعماري كان مستوى التطبيق على مستوى المبنى ككل مرحلة الاستخدام الخوارزمية في مرحلة الاستلهم ومرحلة التصنيع الرقمي اما اهم الخصائص التي تميز بها المشروع خصائص جمالية من خلال التنوع والإيقاع المتناغم وكذلك امتازت الوحدات كل منها ابعاد غير منتظمة وبصيغة تجميعية أدى هذا الجمع الى إضفاء الحيوية كونه يجمع بين المادية والرقمية مع تحقيق الديناميكية نتيجة تشكيل الواجهات السقوف الداخلية مما زاد من جمالية المبنى وراحة في الفضاء الداخلي الخصائص الادائية موفر للطاقة مما يجعله مبنى صديق للبيئة التفاعل بين الخارج والداخل .



مبنى البرلمان ببروسليس من تصميم شركة SKOPE 2013



6 - 3 المشروع الثالث

اسم المشروع: مؤسسة الكويت لتقدم العلوم" بالإضافة إلى مركز للمؤتمرات

رقم العينة: C

السنة: 2013 الكويت

اسم المصمم: claudia cikanek

fritz felix eisenblätter

julia hosner

sven stiefel

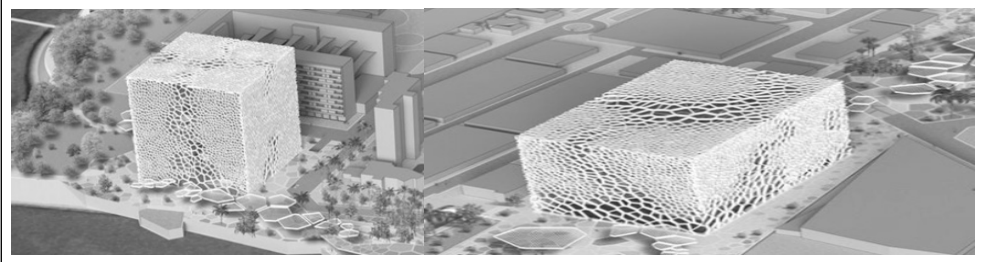
felix zitter

المصدر: <https://www.querkraft.at/en/projects/kfas-headquarter>

سعى المصمم إلى إنشاء مقر جديد لـ "مؤسسة الكويت لتقدم العلوم" بالإضافة إلى مركز للمؤتمرات - كلا المجمعين يقعان في مواقع على طول ساحل المدينة. يعالج اقتراح querkrafts التحديات المناخية في الكويت من خلال تفسير معاصر لتقاليد العمارة المعمارية. يتم إنشاء عالم داخلي مع حالة حرارية مريحة، تقلل الواجهة العضوية (المستوحاة من نمط اجنحة الحشرات وهي أحد أسس خوارزمية فوريونوي) ضوء الشمس المباشر مع زيادة الإطلاات على الساحل في نفس الوقت، يلبي المشروع أعلى معايير الاستدامة ويوفر بيئة عمل مرنة وحديثة لموظفيها..

ان من جوانب صياغة التشكيل العماري خوارزميا واهم البنى الشكلية في الطبيعة لخوارزمية فوريونوي التي تم اعتمادها في المشروع هي المشتقة من البنية العضوية لاجنحة الحشرات (الرؤى من علم الاحياء وعلوم الهندسة والرياضيات) ، اما اهم اليات التعامل مع النتائج تحققت الواحدة من خلال تكرار عناصر ووحدات مختلفة المقياس اما من ناحية النسبة والتناسب فهي مباني صرحية تحققت التنوع والحيوية من خلال خاصية التنوع والحيوية اما التباين والتناغم تحققت من خلال التنوع في حجم الوحدات المكونة للتشكيل المعماري كان مستوى التطبيق على مستوى المبنى ككل مرحلة الاستخدام الخوارزمية في مرحلة الاستلهاهم ومرحلة التصنيع الرقمي اما اهم الخصائص التي تميز بها المشروع خصائص جمالية من خلال التنوع والإيقاع المتناغم وكذلك امتازت الوحدات كل منها ابعاد غير منتظمة وبصيغة تجميعية أدى هذا الجمع الى إضفاء الحيوية كونه يجمع بين المادية والرقمية مع تحقيق الديناميكية نتيجة تشكيل الواجهات السقوف الداخلية مما زاد من جمالية المبنى وراحة في الفضاء الداخلي حيث يعالج المبنى التحديات المناخية لمدينة الكويت حيث يقلل تصميم الواجهة من ضوء الشمس المباشر الخصائص الادائية هي تحقيق الاستجابة من الناحية الاجتماعية والبيئية حقق المبنى هيكل تفاعلي مع الحرارة وضوء الشمس وحقق المبنى الأداء من خلال دمج مواد عالية الأداء والملائمة والشكل والتكيف من حيث النمط المستخدم





مبنى البرلمان ببروسليس من تصميم شركة SKOPE 2013

https://www.querkraft.at/fileadmin/DOCS/projekte/KFAS/overview_1_final_QK-KFLD.jpg

7 - تحليل نتائج التطبيق

أظهرت النتائج الخاصة بالتطبيق وجود تفاوت في نسب تحقق المفردات، ان فيما يخص المفردة الرئيسية الأولى: جوانب صياغة التشكيل المعماري خوارزميا: كانت من اهم البنى التشكيلية في الطبيعة لخوارزمية فورونوي هي خلايا النحل أولا ومن ثم نسيج أوراق النبات حيث كانت حالتان محاكية لخلايا النحل مقابل لحالة واحدة محاكية لنسيج النبات جدول (5-1) نسب تحقق المفردات الرئيسية والثانوية

النسبة المفردة الرئيسية	نسبة المفردات الثانوية	تحقق القيمة			الرمز	القيم الممكنة	المفردة الثانوية	المفردة الرئيسية
		C	B	A				
25%	66.6	0	1	1	X-1	خلايا النحل	البنى الشكلية في الطبيعة لخوارزمية فورونوي X	1 - جوانب صياغة التشكيل المعماري خوارزمية X
	0	0	0	0	X-2	فجوات الاسفنج المضلع		
	0	0	0	0	X-3	نسيج أوراق النبات		
	33.3	1	0	0	X-4	اجنحة الحشرات		
41%	100	1	1	1	Y-1	مباني صرحية	اليات التعامل مع النتاج Y	2 - اليات التوليد الخوارزمي Y
	33.3	0	1	0	Y-2	مباني افقية		
	100	1	1	1	Y-3	تكرار عناصر متشابهة جزئيا في الشكل والتكوين		
	0	0	0	0	Y-4	تكرار عناصر مختلفة		
	0	0	0	0	Y-5	متماثل: تكرار منتظم		
	100	1	1	1	Y-6	غير متماثل: تنوع وحيوية		
	66.6	1	0	1	Y-7	التباين في حجم الوحدات		
	33.3	0	0	1	Y-8	تشابه إيقاع العناصر المتكررة		
77.7%	100	1	1	1	1-Z1	مستوى المبنى ككل	على مستوى الكل Z1	3 - مستوى التطبيق Z
	100	1	1	1	1-Z2	الواجهات		
	33.3	0	0	1	2-Z2	العناصر الداخلية قواطع اثاث جدران		
100%	100	1	1	1	M-1	مرحلة الاستلهام	مراحل الاستخدام M	4 - استخدام الخوارزميات M
	100	1	1	1	M-2	مرحلة التصنيع الرقمي		



النسبة المفردة الرئيسية	نسبة المفردات الثانوية	تحقق القيمة			الرمز	القيم الممكنة		المفردة الثانوية	المفردة الرئيسية
		C	B	A					
90.4%	100	1	1	1	1-P1	إغناء بصري	خصائص جمالية P1	خصائص التشكيل الخوارزمي P	5 - خصائص وسمات التشكيل P
	66.6	0	1	1	2-P1	انسيابية			
	100	1	1	1	1-P2	تقنية تصنيع رقمي	خصائص تكنولوجية P2		
	100	1	1	1	2-P2	مواد ذكية			
	66.6	1	1	0	1-P3	تفاعل بين الداخل والخارج	خصائص ادائية P3		
	100	1	1	1	2-P3	تكيف استجابة للتغير بفاعلية			
	100	1	1	1	3-P3	مرونة قدرة المبنى على الاستجابة			

وكذلك حققت ضمن المفردة الرئيسية الأولى جوانب صياغة التشكيل المعماري خوارزميا %66.6 للبنية الشكلية المستعارة من خلايا النحل وهي أكثر نسبة حققت في المشاريع المعتمدة على خوارزمية فوريونوي فهي الطابع المميز لها وهو التشكيل المعقد والمتواجد في الطبيعة بصورته العضوية والخلايا الناتجة هي وحدات قياسية تسهم في التحكم بأبعاد أي خلية حسب متطلبات التصميم مما يعزز الجانب الوظيفي والجمالي ، وجاءت النسبة الأخرى %33.3 وهي لنسيج الحشرات وهي التنوع الشكلي الآخر للأساس التكويني للخوارزمية من حيث تقسيم الواجهة بالاعتماد على مخطط فوريونوي المكون من محاكاة للخلايا الخلوية لنسيج الحيوانات

اما نتائج المفردة الرئيسية الثانية (اليات التوليد الخوارزمي: اليات التعامل مع النتائج)، فقد بينت مفردة (النسبة والتناسب) ان لـ (اليات التعامل مع النتائج عن طريق مفردة النسبة والتناسب : ان نسبة المباني الصرحية (نسب ومقياس مرتفع) حققت درجة عالية اما المباني الأفقية حققت نسبة 33.3 حيث ان ذلك يسهم في انتاج مباني مبتكرة وغير تقليدية ، اما نتائج مفردة الوحدة (ان نسبة تكرار عناصر متشابهة جزئيا في الشكل والتكوين حققت درجة عالية %100 حيث ساهمت العناصر المتشابهة جزئيا

والمكونة للواجهة في الخروج ببدائل وحلول متنوعة ضمن العملية التصميمية المطلوبة لتلبية هذه المتطلبات وتحقيقها ، وقد بينت نتائج مفردة التوازن (التوازن غير المتماثل (التنوع والحيوية) حققت درجة عالية 100% حيث عملت هذه القطع الغير متماثلة كليا في إضفاء الحيوية على الواجهة والمكان مع تحقيق نوع من الديناميكية نتيجة العمق المتحقق لهذه القطع المكونة للواجهة واختلافها النسبي، وفيما يخض نتائج مفردة التناغم فقد حققت مفردة تشابه إيقاع العناصر المتكررة نسبة 66.6% حيث ان فاعلية القطع المكونة للواجهة حققت تشابه نسبي في الإيقاع الذي ولدته على الواجهة مما اعطى للواجهة مظهرا متناغما وزيادة في درجة تناغم الشكل مع تحقيق نوع من الجماليات والراحة البصرية ، في حين حققت تباين حجم الوحدات نسبة 33.3% حققت التأثير بنسبة اقل .

بالنسبة للمفردة الرئيسية الثالثة مستويات التطبيق الخوارزمي

حققت مفردة التطبيق على مستوى المبنى ككل نسبة (100%) وذلك قدرة تطبيق الخوارزمية على مستوى المبنى ككل بوجود المعطيات التكنولوجية لتحقيق نماذج متطورة اكثر تعقيدا واداءا في حين حققت نسبة مفردة مستوى التطبيق مستوى الجزء : الواجهات 100% حيث قدرة تطبيق القواعد للخوارزمية لتشكيل الواجهات المتنوعة والمحققة للديناميكية والتناغم فيما حققت الجدران والقواطع والاثاث نسبة 33.3% مما اسهم في انتاج تصاميم داخلية مبتكرة وغير تقليدية حيث ساعد مخطط خوارزمية فورونوي في ابتكار تصميمات مختلفة لعناصر الأثاث والجدران والقواطع

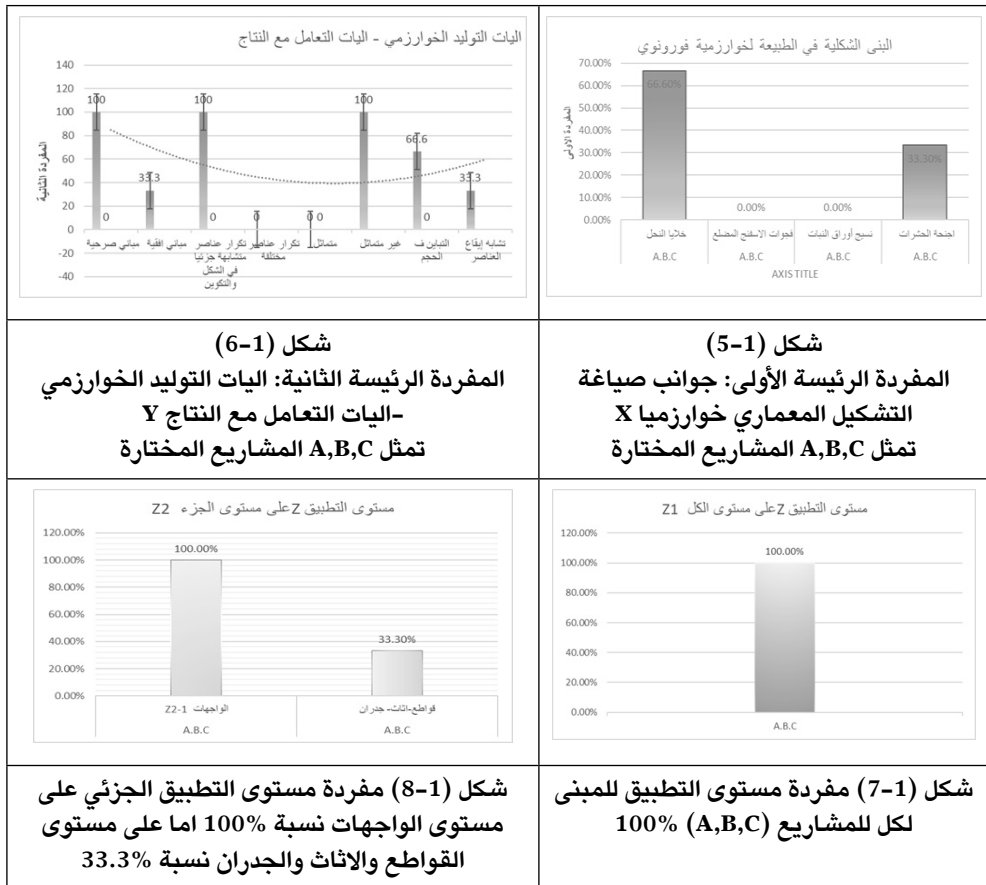
بالنسبة لمفردة الرئيسية الرابعة

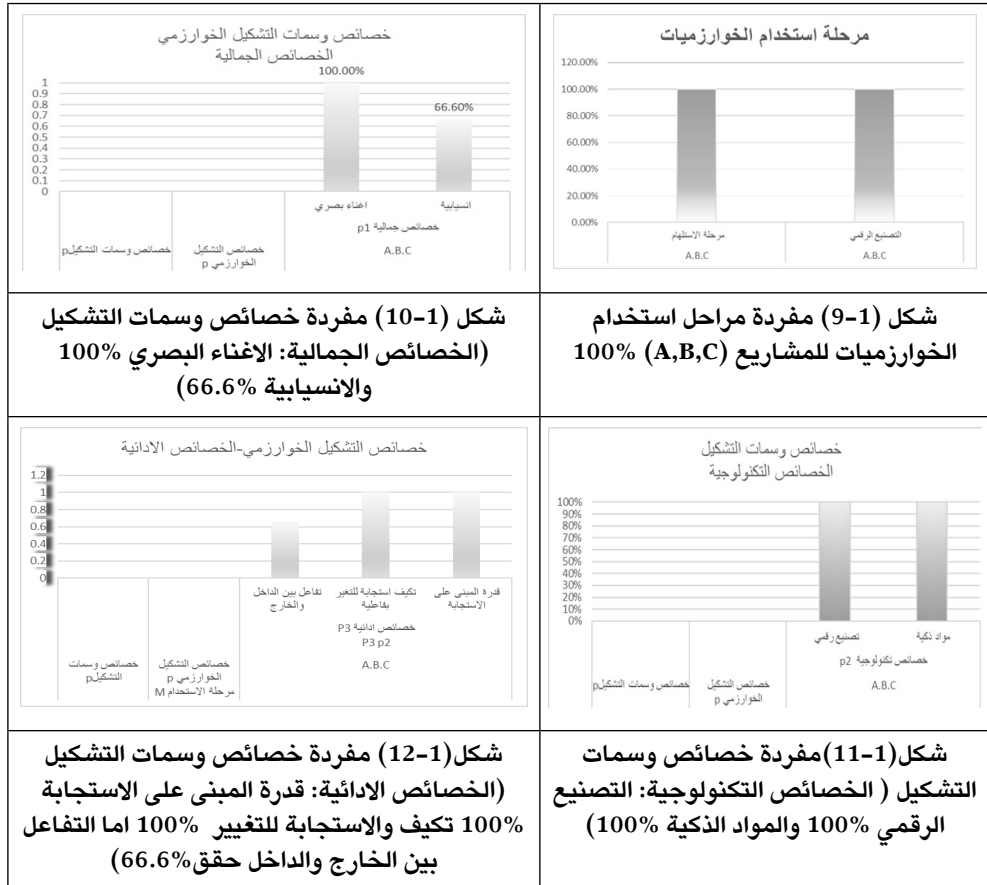
استخدام الخوارزميات M حققت مفردة مراحل استخدام الخوارزميات 100% لكل من مرحلة التصنيع الرقمي ومرحلة الاستلهام وهذا يؤكد دخول الفكر الخوارزمي على مستوى الفكر التصميمي وعلى مستوى التطبيق التكنولوجي

اما المفردة الرئيسية الخامسة

خصائص وسمات التشكيل الخوارزمي: فيما يخص مفردة الخصائص الجمالية: فقد حقق الاغناء البصري نسبة 100% من خلال خصائص شكلية لهذه الخوارزمية محققة التكامل والتفاعل والمرونة والتعددية والدقة والوضوح ومفردة الانسيابية حققت 66.6% فيما حققت المفردة الخصائص التكنولوجية ولكلا من التصنيع الرقمي والمواد الذكية

نسبة 100% بسبب استخدام المواد التكنولوجية الحديثة الذكية والتي تشكل بنية عمارة الخوارزمية (المرتبطة بالتطور التكنولوجي السريع) والتي تمكن من الوصول الى صياغات تشكيلية معمارية فريدة بالاعتماد على مجموعة معادلات رياضية منطقية مشتقة من الطبيعة ، اما المفردة الاخيرة ضمن المجموعة الخامسة وهي الخصائص الادائية حققت نسبة 100% والمفردة حققت نسبة 100% والمفردة الاخيره حققت 100% ذلك يدل على ان المباني الخوارزمية هي مباني فعالة وقابلة للتكيف مع الظروف البيئية لانها مزودة بتقنيات مستدامة ومحقة للتكامل بين العمارة والطبيعة من خلال المحاكاة الحيوية للخوارزمية البيئية الطبيعيه حيث استوحى الشكل من خلايا النحل وخلايا اجنحة النبات .





8 - الاستنتاجات

- تعد الخوارزميات واحدة من أهم أدوات توليد الأفكار ومنها خوارزمية فورونوي كونها توفر حرية كبيره في التلاعب الاشكال للوصول الى أفضل الحلول والمعالجات التصميمية
- تسمح الخوارزميات بإنشاء أشكال وأنماط معقدة يصعب أو يستحيل إنشاؤها يدوياً.
- هناك العديد من الخوارزميات المختلفة التي يمكن استخدامها لتوليد الأشكال، ولكل منها خصائصه وقدراته الفريدة. سواء كنت تنشئ فناً أو تصمم منتجاً أو تحل مشكلة فنية ومنها خوارزمية فورونوي التي تعد من أبرز ما أنتجته الثورة الرقمية في العقود الاخيره
- تطبيق خوارزمية فورونوي يحقق اليات وسبل جديدة في تحقيق الفكر الإبداعي على مستوى المبنى ككل وعلى المستوى الجزئي
- تمتاز خوارزمية فورونوي بقدرتها على توليد الاشكال وتطويعها في مجال التشكيل المعماري مع اشراك الطبيعة بعمق أكبر من مجرد محاكاة الشكل الطبيعي الخارجي
- حققت خوارزمية فورونوي التناغم باحتوائها على مجموعة من الأسس الشكلية الجمالية والتي يمكن تطبيقها في مجال التصميم
- إن الأسس الشكلية الموجودة في اليات التوليد الخوارزمي (اليات التعامل مع الناتج) موجودة في الأنماط التكرارية لعناصر الطبيعة
- تحتل قضية صياغة التشكيل المعماري جزء لا يستهان به من اهتمام المعماري فتشكيل المبنى وكتلته يمثل الصورة التي تصل الى المشاهد والمدخل الى انطباعاته التي يكونها عن أي مبنى
- يسهم تطبيق خوارزمية فورونوي الى تخطي القيم الشكلية الجمالية التقليدية المتعارف عليها كالتماثل والتناظر من خلال التعقيد المبتكر في شكل وتوزيع خلايا فورونوي



- أسهمت التقنيات الرقمية الحديثة في تنفيذ التصاميم المبتكرة والمعقدة بدقة عالية
- تتسم الصياغات الشكلية الخوارزمية بالمرونة والديناميكية من خلال التنوع في حجم وشكل الخلية لفورونوي مما ي

9 - التوصيات

- يوصي البحث باستثمار القواعد الخوارزمية والاستفادة منها في تشكيل وصياغة المبنى لإنتاج وصياغة عمارة مبهرة ومستلهمة ومن الطبيعة ومتنوعة وحيوية.
- يوصي البحث بمواكبة التطورات التكنولوجية في البرامج الرقمية الخوارزمية والتي تخدم المصممين على مستوى التطبيق الداخلي والخارجي للمبنى حيث تمكن البرامج من التغلب على مختلف مشاكل التصميم
- ضرورة الاطلاع المستمر على ما يستجد من مناهج للتصميم او تكنولوجيا النتاج والتصنيع لتحديث الفكر التصميمي في الاكاديميات المتخصصة.

10 - المصادر

1. أبا حسين، هند صلاح فهد، (2020)، تقنية الفراكتال وتوظيفها في انتاج اعمال تصويرية رقمية تجريدية، مجلة الفنون والعلوم الإنسانية، الجزء 3 العدد 6، ص132
2. طنطاوي، ضياء الدين محمد امين، وآخرون، (2021)، تحقيق التنافسية لعناصر التصميم الداخلي والآثار من خلال النظريات الخوارزمية، مجلة التراث والتصميم، المجلد الأول، العدد السادس، ص172.
3. عربية، الأمير احمد شوقي و حسيب، احمد محمد، (2019) الفلسفة الجمالية للأنماط التكرارية في الطبيعة وتطبيقها في تصميم الأثاث، مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية، العدد 20 المجلد 2019، ص5، ص91.
4. السيد، عسل محمد، (2015)، الفراكتالات والخوارزميات الرياضية كمدخل لأثراء فنون الجرافيك الرقمية المؤتمر الدولي الاول للفنون التشكيلية وخدمة المجتمع، الاقصر المجلد 1، ص6.
5. علي، ولاء الحاج، (2015)، كفاءة التشكيل والبنية المعمارية وفق المحاكاة الحيوية (استعمال التكوينات النباتية كنموذج)، رسالة ماجستير مقدمة الى قسم هندسة العمارة، جامعة دمشق، ص8.
6. Burry, Mark, (2010), Cyber Space the World of Digital Architecture, The Images Publishing Group Pty. Ltd. ,Australia.
7. Caetano, I., Santos, L., and Leitão, A. (2020). Computational Design in Architecture: Defining Parametric, Generative, and Algorithmic Design. *Frontiers of Architectural Research*, 9(2), 287-300.
8. Manges Achim, Michael Hensel, and Michael Weinstock, (2006), *Techniques and Technologies in Morpho-genics Design AD Profile 180, AD76*, pp78-87.
9. Woodbury, R. (2010). *Elements of Parametric Design*. USA and Canada:
10. Potts, Tmothy and Others, (2011), *Understanding Formal Analysis: Principle of Design Education*. The J. Paul Getty Trust, USA.
11. -<http://www.imath.kiev.ua/~voronoi/VORONOSCENARY.html>
12. https://www.researchgate.net/figure/Steps-involved-to-construct-a-Voronoi-diagram-and-its-subdivisions-around-a-selected-tree_fig4_30437088
13. https://tomaszjaniak.files.wordpress.com/2011/04/15154_2_01
14. <http://www.imath.kiev.ua/~voronoi/VORONOSCENARY.html>
15. https://www.researchgate.net/figure/Steps-involved-to-construct-a-Voronoi-diagram-and-its-subdivisions-around-a-selected-tree_fig4_30437088
16. https://tomaszjaniak.files.wordpress.com/2011/04/15154_2_0