دار المنظومة
DAR ALMANDUMAH
الرواد في قواعد المعلومات العربية

العنوان: أثر إستخدام مخطط فورونوي في التصميم الداخلي المعاصر
المصدر: مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية
الناشر: الجمعية العربية للحضارة والفنون الإسلامية
المؤلف الرئيسي: الشخص، أحمد عبدالعزيز
المجلد/العدد: ع19
محكمة: نعم
التاريخ الميلادي: 2020
الصفحات: 52 - 67
رقم MD: 1059607
نوع المحتوى: بحوث ومقالات
اللغة: Arabic
قواعد المعلومات: HumanIndex
مواضيع: التصميمات المعمارية، الوحدات الزخرفية، النظريات الرياضية، التطبيقات الحديثة
رابط: http://search.mandumah.com/Record/1059607

© 2021 دار المنظومة. جميع الحقوق محفوظة.
هذه المادة متاحة بناء على الإتفاق الموقع مع أصحاب حقوق النشر، علما أن جميع حقوق النشر محفوظة. يمكنك تحميل أو طباعة هذه المادة للاستخدام الشخصي فقط، ويمنع النسخ أو التحويل أو النشر عبر أي وسيلة (مثل مواقع الانترنت أو البريد الالكتروني) دون تصريح خطي من أصحاب حقوق النشر أو دار المنظومة.

أثر استخدام مخطط فورونوى في التصميم الداخلي المعاصر.

The impact of using Voronoi diagrams on the contemporary interior design.

م.د/ أحمد عبد العزيز الشخص

مدرس بكلية الهندسة - قسم العمارة والتصميم - جامعة ابوظبي – ابوظبي- الإمارات العربية المتحدة.

Dr. Ahmed El-Shakhs

assistant professor Abu Dhabi University, Abu Dhabi, UAE.

Shakhs_00@hotmail.com

الملخص:

التصميم عملية تتطلب البحث والتدقيق للوصول إلى أفضل حل مبتكر يخدم الأهداف ويحل المشكلة، لم يعد المصمم في السنوات الأخيرة يبحث عن أفكار تقليدية بل أصبح هدفه ابتكار ما هو غير مألوف ويحمل سمات المعاصرة. العلوم التطبيقية كالتصميم الداخلي تعتمد في المقام الأول على تراكم الخبرات والتجارب السابقة للمصمم والتي منها يستقي أفكاره وعناصره التي تمثل أدوات حل المشكلة، ومع التغير المتسارع والتطور الذي جعل مفهوم المعاصرة يتغير كل يوم ليصبح على المصمم اجتياز حاجز كل ما هو تقليدي في تصميماته مستخدما في ذلك المجالات التي تحتك بمجاله بصورة مباشرة أو غير مباشرة، بل وفي بعض الأحيان ينطلق باحثا في علوم أخرى عن مصادر غير تقليدية للفكرة التصميمية. تطبيقات الحاسب الالي أيضا التي تطور بصورة متسارعة لها دور محوري في تصعيد الرؤية والافاق التصميمة. فأصبحت الكثير من التطبيقات تتيح تنوع في التشكيل ثنائي وثلاثي الابعاد مما ينعكس بصورة إيجابية على النتاج والعملية التصميمية على حد سواء. يهدف البحث إلى عرض تأثير استخدام أحد التطبيقات الرياضية اللوغاريتمية (مخطط فورونوى - Voronoi Diagram)على عملية تصميم الفراغات ومعالجات الأسطح بهدف الوصول إلى فكر وسمات تصميمية تتسم بالمعاصر والمستقبلية، فكثير من التصميمات المعاصرة في مجال العمارة والتصميم الداخلي والاثاث تعتمد على النتاج الشكلي لمخطط فورونوى دون الإلمام الكامل بأسس وقواعد البناء والمعالجة السطحية التي يعتمد عليها المخطط في تقسيم الأسطح بل والفراغ ثلاثي الأبعاد. إدراك المصمم الداخلي للأسس والقواعد البنائية لتلك النظيرة سينعكس بصورة ايجابية على المخرجات التصميمية في كونه قادر على التطوير في النسب الحاكمة للبناء وليس فقط الاستفادة الشكلية. كما ان للحاسب الالي تطبيقات مرتبطة بمخطط فورونوي تساعد المصمم في تشكيل الاسطح بصورة فعالة.

كلمات مفتاحية:

الفراغ الداخلي، التصميم المستقبلي، مخطط فورونوى، الهندسة الاليكترونية الحيوية، الهندسة الرياضية الحاسوبية.

Abstract:

Design is a process that requires an advanced stage of thinking in order to find suitable problems solutions. Consequently, Designers are no longer relaying their creations on ordinary resources, but are always looking for unconventional ideas. The interior design depends on the previous designer experience through which he generates new ideas and inventions. Contemporaneity is a term that reflects the rapid changes that the design world faces each day. Accordingly, the designer must cross the barrier of everything traditional in his designs, using all the disciplines that directly or indirectly serve his field. Moreover,

computer applications, which are developing rapidly, have a pivotal role in stepping up vision and design horizons. Many applications allow 2D and 3D modulation, which positively affects both the output and the design process. This paper investigates the impact of using Voronoi Diagram -as one of the mathematics methods in space and surface dividing- on the interior and furniture design. Voronoi Diagram used to divide two-dimensional surfaces through specified points. This application result is used recently in interior and architecture drawings without relaying these forms to the mathematical rules and fundamentals. The lack of the foundations and principles of the Voronoi diagram for many designers, consequent, contemporary design insufficiency. Interior designer's perception of the foundations and the basic rules of that counterpart will positively reflect on the design outputs in that it can develop in the governing ratios of the building and not only the formal benefit. The computer also has applications associated with the Voronoi scheme that helps the designer to form surfaces effectively.

Keywords:
Interior Space, Futuristic Design, Voronoi Diagram, Biotical engineering ,Computational Geometry.

المقدمة:

التصميم الداخلي من العلوم التطبيقية التي تتأثر بعدد كبير من المجالات ،فكل جديد يؤثر بصورة ما على التصميم ويجعل من تعريف المعاصرة أمر صعب بل ويجعل المصمم دائما في حالة ترقب لكل جديد قد يفتح له أفاق فكرية ومعرفية ويؤثر على مخرجات عملية التصميم ،فمثلا الهندسة الاليكترونية الحيوية Biotical engineering والتي تعرف على إنها علم يعتمد على الاستفادة من الميكانزيم الحركي والوظيفي لعناصر من الطبيعة وتوظيفها في مجالات أخرى (1) من أكثر السمات التصميمية المعاصرة ،والتي اعتمد عليها الكثير في ابتكار حلول تصميمية تتوافق مع الطبيعة بل وتعكس التكنولوجيا التي خلقها الله في الكائنات الحية للتأقلم والتكيف مع المتغيرات.

لم يتوقف المصمم عند فهم واستيعاب ما هو مرئي في الطبيعة بل تطرق إلى عملية إدراكية أكثر عمقا حيث قام بتحليل النسق الرياضية التي تقنن البناء الذاتي للأشكال العضوية المحيطة ومعرفة القواعد والنظريات الرياضية الحاكمة في عملية التشكيل، وبمساعدة الحاسب الآلي تم ترجمة العلاقات الرياضية التي تم بها هيكلة الكائنات العضوية ووضعها في صورة معادلات، تمثل للمصمم مصدر جيد لإنتاج مجموعة من الأشكال المبتكرة، خارج نطاق المألوف وهو ما يبحث عنه كثير من المصممين. يعتبر مخطط فورونوى بمثابة نموذج للتنسيق البيولوجي للأشكال في الطبيعة وكيفية تنظيرها لتعطي قاعدة رياضية من خلالها يمكن معالجة الفراغات الداخلية والخارجية على المستويين ثنائي وثلاثي الأبعاد، تظهر فكرة مخطط فورونوى جلية في تحليل التقسيمات لأجنحة بعض الحشرات (2) منها Dragonflyاليعسوب وخلايا النحل والغلاف الخارجي لبعض أنواع الحلزون. شكل (1)

شكل (1)

تصميم فورونوي لكلا من أجنحة اليعسوب وخلايا النحل توضح التقسيمات والتي استلهمت منها كثيرا من التشكيلات التصميمية معتمدا على التحليل الرياضي للعلاقات الخطية في تلك الأشكال.

مشكلة البحث:

عدم إلمام كثر من المصممين بأسس ومبادئ التطبيقات الفورونوية والتي بني على أساسها العديد من الأشكال التصميمية المعاصرة مما يتسبب في قصور في النتاج التصميمي.

هدف البحث:

صياغة وإيضاح أسس بناء مخطط فورونوي وايضاح طرق الاستفادة منها في التصميمات المستقبلية، عن طريق عرض وتحليل التطبيق الرياضي لمخطط فورونوي وكذلك تحليل لعدد من الأعمال التصميمية التي جاءت كنتاج للتأثر بمخطط فورونوي

فرض البحث:

إن إدراك المصمم للقواعد البنائية للشكل عن طريق استخدام مخطط فورونوي سيؤثر بصورة فعالة على النتاج التصميمي ليتسم بالمعاصر، يقوم البحث بمحاولة الايجابية على عدد من التساؤلات منها:

ما هو مخطط فورونوي وما مدى تأثير على التصميم الداخلي؟

هل لمخطط فورونوي أثر فقط على النتاج التصميمي أم أيضا على العملية التصميمية؟

هل تتسم التصميمات الناتجة بالمعاصرة وقابلية المواكبة لتعطي نموذج للتصميم المستقبلي؟

منهجية البحث:

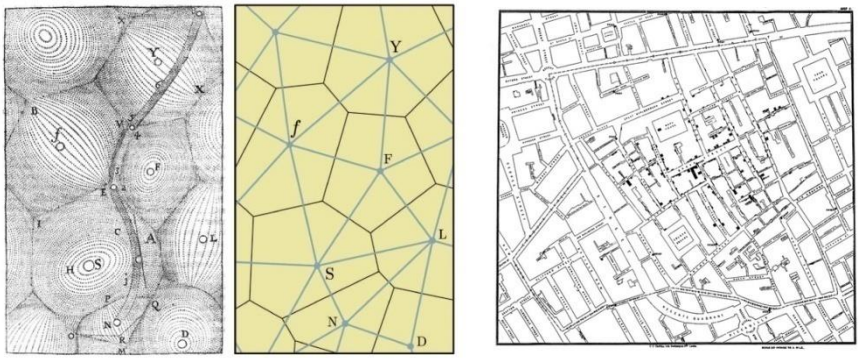
عن طريق استخدام المنهج الوصفي والتحليلي لعرض القواعد الحاكمة لمخطط فورونوي وتحليل الفكر الذي بنيت عليه كذلك تحليل عدد من الأعمال التصميمية التي تتبع هذا الفكر.

1 مخطط فورونوي:

1.1تاريخ ظهور مخطط فورونوي:

يرجع بداية ظهور مخطط فورونوي إلى القرن السابع عشر وهذا ما يميزه عن غيرة من مجالات الهندسة الحاسبية(3)، عرضR.Descartes مخطط للنظام الشمسي يوضح توزيع المادة في الفراغ الكوني تشكل دوامات تحيط بمراكز هي النجوم (4) ،حيث أظهرت الرسومات التوضيحية لتحليل الفضاء مناطق محدبة تحيط بالنجوم وتتشكل على هيئة دوامات في محاولة لتفسير النظام الشمسي وعلاقته بالفضاء المحيط.(3) قبل ذلك بعدة عقود قدم Kepler مخطط فورونوي عند دراسته لأشكال الكرات الثلجية وكثافتها ،بالرغم من ذلك لم يعطي Descartes تفسير دقيق ومتقدم لعلاقات الفراغات المحيطة بالنجوم المركزية ولكن مثل الطرح الذي قام به تفسيرا استخدم في عدد من العلوم. شكل (2)

بعد أكثر من عقدين قدم العالم الفيزيقي البريطاني John Snow مخطط فورونوي في سياق مختلف وذلك خلال تفشي وباء الكوليرا في لندن عام 1854 حيث ربط بين بؤر تفشي الوباء ومراكز المياه في الخريطة. (4) شكل (2)



شكل (2)

إلى اليسار مخطط Descartes للنظام الشمسي باستخدام النقاط المركزية والتي تشكل دوامات حول النجوم. والى اليمين خريطة لندن 1854 عند تفشي الكوليرا لـ John Snow.

من الهام أيضا ايضاح انه في العقود الأخيرة ظهر استخدام مخطط فورونوي في عدد من تطبيقات علوم الحاسب الآلي لتشكيل الأشكال الهندسية المبتكرة وقد آثر ذلك على السمات التصميمية المعاصرة.

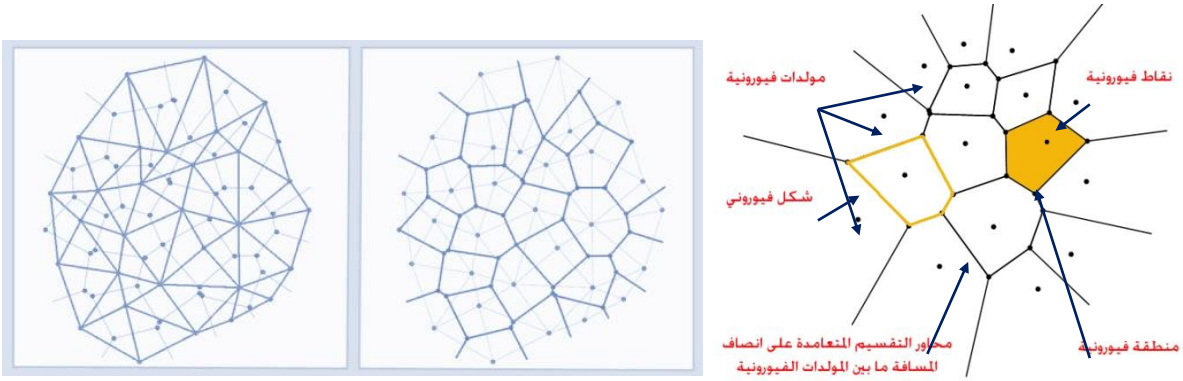
2.1 تعريف مخطط فورونوي:

مخطط فورونوي أداة تستخدم في مجالات العلوم والهندسة لشرح العمليات التي تعتمد على النمو والتقسيم المكاني (5)، ويمكن تعريفة على انه اسلوب خاص في تقسيم المساحات ثنائية أو ثلاثية الأبعاد إلى مناطق بمرجعية عدد محدد من العناصر أو النقاط تبعا للمجال الذي يتم تطبيق المخطط عليه ويطلق على مناطق التقسيم مساحات فورونوي تتبع كل مساحة النقطة أو العنصر الذي تحويه (6). ترجع تسميته إلى عالم الرياضيات الأوكراني-Georgy Voronoi (1868 1908) (7) الذي اهتم هو و Dirichlet بالتوزيع الإحداثي الدقيق لمجموعات من النقاط في المسطح والتي تسهم في تحليل الأشكال الرباعية (5) ، وهو أيضا أول من اخذ في اعتباره الرؤية المزدوجة لأي نقطتين يتم توصيلهم في المسطح وينتج عنهم مساحات خاصة بكل نقطة ومتاخمة .يمكن وصف مخطط فورونوي على انه تطبق يستخدم بهدف توزيع المسطح المكاني إلى مجموعة من المساحات المتاخمة والمرتبطة بنقاط معينة بحيث تتحدد مساحة التقسيم تبعا لبعد النقطة عن غيرها من النقاط في المسطح الكلي .يتكون مخطط فورونوي من مجموعة من النقاط يطلق عليها المولدات Generators موزعة على السطح ولتكن Sالمكونة من عدد نقاط {$S_1..S_2..S_3..$} تمثل المراكز التي على أساسها يتم تقسيم السطح إلى مجموعة من المناطق V تسمى مناطق فورونوية المكونة من{$v_1..v_2..v_3..$}، كل منطقة v_1 تمثل مجموعة النقاط المحيطة بالنقطة المولدة S_1. (8) مجموعة النقاط التي تبعد عن أكثر من مولد بنفس المسافة تمثل النقاط التي تمر بها المحاور الفاصلة ما بين مناطق فورونوية وذلك عن طريق إنشاء محاور تمر بها وتتعامد على أنصاف المسافة ما بين المولدات ،تقاطع هذه المحاور معا يكون مخطط فورونوي لمجموعة النقاط S من خلال المساحات المحيطة بالنقاط والتي كونتها المحاور السابقة وتكون ثنائية أو ثلاثية الأبعاد .يختلف نتاج فورونوي للأسطح ثنائية الأبعاد عن ثلاثية الأبعاد في كون النتاج الشكلي المحدب الناتج عن توصيل النقاط يكون مجسم ومتعدد الأسطح في ثلاثية الأبعاد.

يتكون الشكل النهائي لمخطط فورونوي من شكل (3):

1. **مولدات فورونوي:** نقاط مركزية في المستوى توزع عشوائيا او عن طريق معادلات رياضية للتحكم في وضعها في المستوى.
2. **شكل فورونوي: وهي** المضلعات المحدبة والمتكونة حول كل نقطة.
3. **منطقة فورونوي: تمثل** الفراغ الداخلي للمضلعات المحدبة.

4. **محاور فورونوي:** وهي الخطوط التي تتوسط المسافة ما بين المولدات المتجاورة وتكون عمودية على الخطوط الواصلة بينها وتشكل حواف المضلعات.
5. **نقطة فورونوي: وهي** تقاطع كل محورين معا وتشكل زوايا المضلعات.



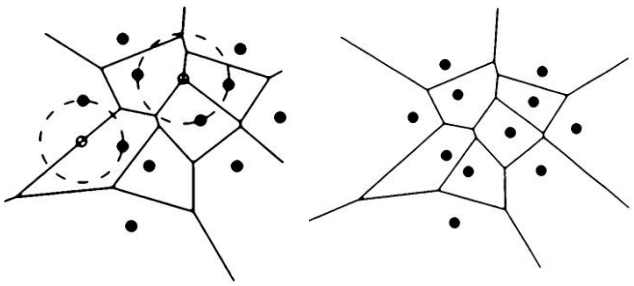
شكل (3)

إلى اليمين نموذج لشكل مخطط فورونوي والمعتمد على عدد من النقاط الموزعة عشوائيا في الفراغ، إلى اليسار شكل الـ مخطط فورونوي والـ تثليث ديلاوني المرتبط بالمخطط نفسه (الباحث).

3.1 تثليث ديلاوني:

كلمة التثليث عادة ما تشير إلى أي مجموعة من النقاط، الخطوط أو المثلثات في المسطح ثنائي الأبعاد، ولكنها أيضا قد تحمل أكثر من معنى فعندما نتحدث عنها في سياق الأشكال الجيومترية فهناك تثليث للنقاط في الفراغ (ليست في نفس المستوى)، المضلعات والأشكال ثلاثية الأبعاد والكثير من التكوينات التي تعتمد على مجموعة من النقاط موزعة في الفراغ أو المساحة الاقليدية. (9)

تثليث ديلاوني هو أحد أهم التكوينات الهيكلية الجيومترية، يرجع ذلك إلى تجنب الزوايا الحادة بصورة كبيرة في التشكيل مما ساهم في انتشار هذا التطبيق في مجالات مختلفة وبصور متعددة (10). وعن طريق استخدام الهندسة الحاسوبية لتكوين الأشكال نجد أن التثليث الديلاوني لأي مجموعة من النقاط العشوائية S في المسطح R^2هو تقسيم للمسطح لمجموعة من المثلثات بحيث لا توجد أي نقطة داخل فراغ الدائرة والذي يطلق عليه (Disk Delaunay circum) (3) والذي يتحدد ليكون كل ثلاث نقاط متجاورة تقع على محيطها دون أي نقطة أخرى شكل (4).

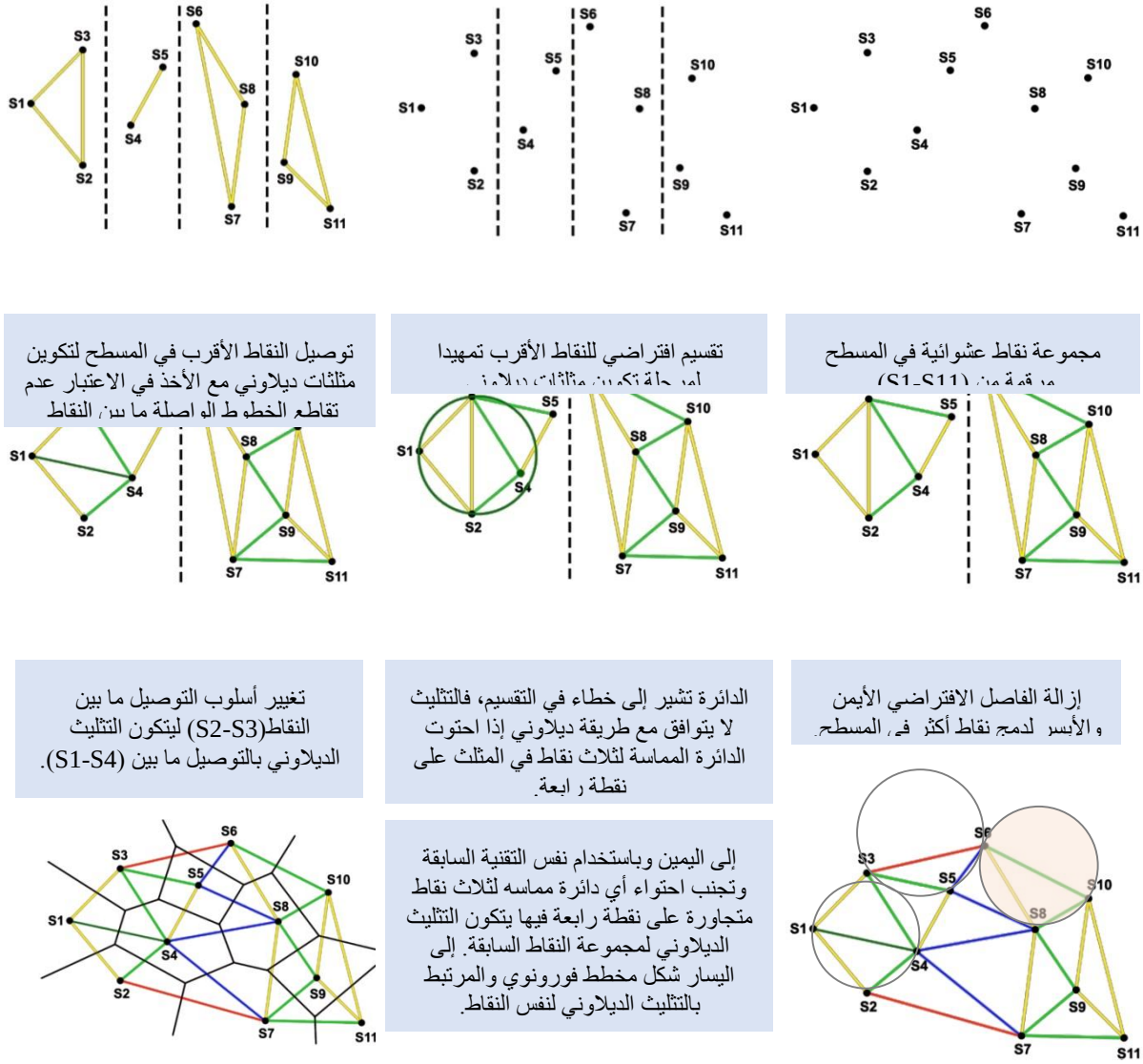


شكل (4)

مخطط فيوروني لعدد من النقاط يوضح وضعية النقاط في المسطح لتحقق التثليث الديلاوني حيث لا تحتوي الدائرة التي مركزها أحد نقاط فورونوي والتي تمس ثلاث مولدات متجاورة على أي مولد آخر. (11)

يتم توصيل النقاط بحيث لا يتقاطع أي خطين ما بين أي نقطتين في المستوى كما يوضح الشكل (5) طريقة رسم التثليث الديلاوني ،يعمل التثليث الديلاوني على ضمان زيادة زوايا المثلث لأقصى صورة ممكنة لتجنب الزاوية الحادة للغاية كما في المثلثات الفضية والتي تحتوي على زاوية أو أكثر غاية في الحدية (10) ،تم إطلاق اسم التثليث الديلاوني للعالم

Boris Delaunay لأبحاثه في المجال عام 1934 (9) . يرتبط مخطط فورونوي مع التثليث الديلاوني لأي مجموعة من النقاط في المسطح بصورة كبيرة فللوصول إلى مخطط فورونوي يجب أن يتحقق التثليث الديلاوني لمجموعة النقاط. يعطي التثليث الديلاوني أكبر تقسيم للمساحة المحتوية على عدد من النقاط في المسطح بحيث لا يصل أكثر من خط ما بين نفس النقطتين، وفي حالة إضافة أي خط بعد التقسيم يتسبب في تدمير مناطق التقسيم وخروج الشكل عن قاعدة التثليث. (11)



شكل (5) صياغة وتشكيل التثليث الديلاوني لمجموعة من النقاط في المسطح الأفقي والعلاقة بمخطط فورونوي (الباحث).

4.1 طريقة رسم مخطط فورونوي:

كما سبق ذكره فان مخطط فورونوي يعتمد على مجموعة نقاط موزعة في المستوى تعتبر بمثابة المراكز التي يتم من خلالها تشكيل هيكل فورونوي، وذلك من خلال عدد من الخطوات الشكل (6):

1. تحديد عدد من **النقاط** في المسطح ثنائي الأبعاد (S1....S11) وذلك قد يتم بطريقة عشوائية أو عن طريق استخدام الحاسب الآلي، قد تتطلب هذه العملية من المصمم الداخلي خبرة للرؤية المستقبلية للنتاج الشكلي عند توزيع النقاط بطريقة

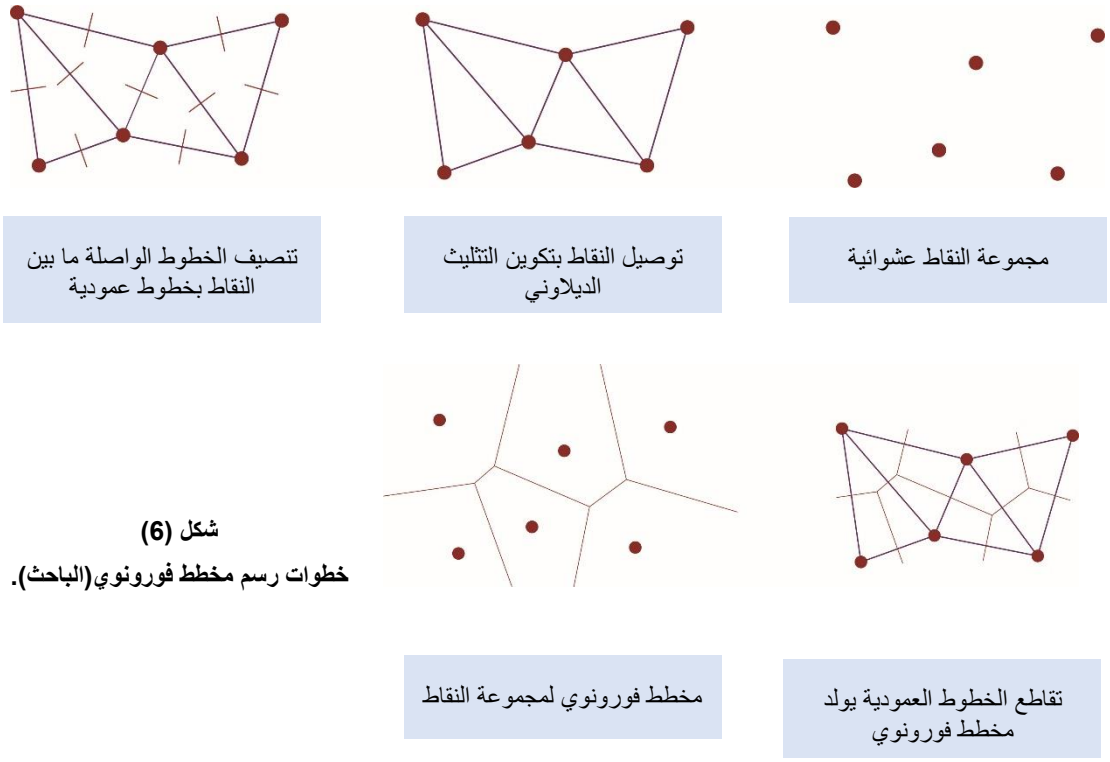
معينة في المسطح فباختلاف التوزيع يختلف النتاج الشكلي وقد يؤثر ذلك بطريقة أكبر في تصميم الأثاث والمسطحات الصغيرة، لذلك فان الترتيب بصورة منتظمة ينتج عنه أشكال فيورونية أكثر استقرارا ويمكن استخدامها بنطاق أوسع.

2. يتم التوصيل بصورة تكون التثليث الديلاوني لمجموعة النقاط في المستوى، التوصيل يتم بحيث لا تتقاطع خطوط التوصيل ما بعضها.

3.يتم تطبيق قواعد التثليث الديلاوني في التشكيل كما يوضح الشكل (5) وكما سبق ذكره.

4.لإنشاء مخطط فورونوي، يتم رسم العمودي على منتصف الخطوط الواصلة ما بين النقاط.

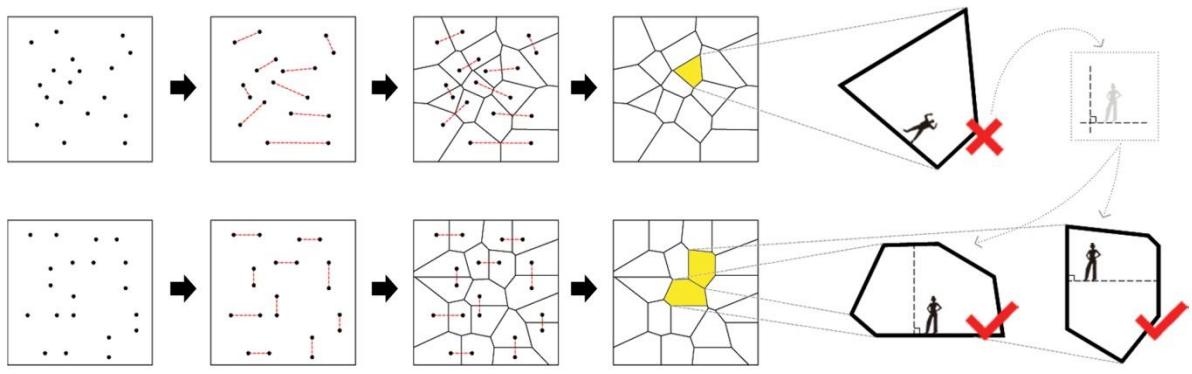
5.تقاطع الخطوط العمودية السابقة (المنشاة لكل خط واصل ما بين نقطتين) يمثل شكل مخطط فورونوي.



شكل (6)

خطوات رسم مخطط فورونوي(الباحث).

يمكن التحكم في النتاج الفورونوي عن طريق تنظيم إحداثيات النقاط في المستوى، فانتظام النقاط بمديول ثابت يولد أشكال فورونوية منتظمة تتيح الاستخدام في مجال التصميم بنطاق أوسع كما يوضح الشكل (7):



شكل (7)

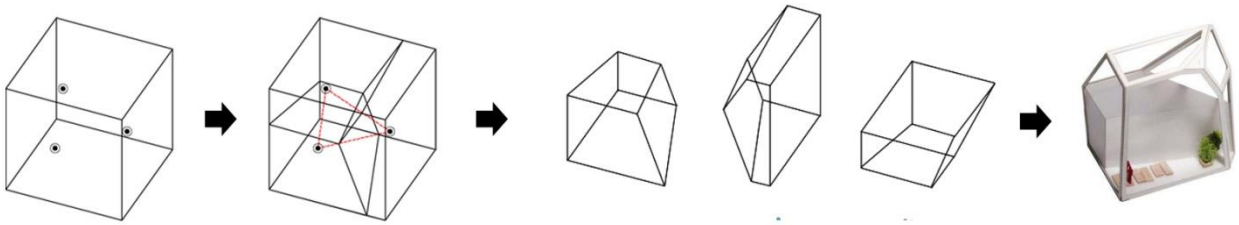
تأثير انتظام توزيع النقاط أو المولدات الفورونوية في المستوى على النتاج الشكلي .

المصدر: http://www.archdaily.com/109772/vertical

5.1 مخطط فورونوي للأشكال ثلاثية الأبعاد:

تعتمد العمارة والتصميم الداخلي بصورة كبيرة على التكوين الشكلي في الفراغ، فالمعالجات السطحية ثنائية الأبعاد لا تمثل الحل الرئيسي لتكون الأشكال. ومن خلال تطبيق كلا من التثليث الديلاوني ومخطط فورونوي على نقاط تختلف إحداثياتها الثلاثية أي نتعامل مع النقاط في الفراغ وليس السطح المستوي نجد أن نتاج الفورونوي واسع الاستخدام لما يتولد عنه من أشكال غير اعتيادية تمثل للمصمم مصدر خصب لتكوين هيئة تصميمه جديدة. (13)

الشكل (8) الأشكال ثلاثية الأبعاد المتولدة عن تطبيق مخطط فورونوي على نقاط لا تقع على نفس المستوى وكيف يمكن استخدامها في تصميم الفراغ الداخلي للمكان كما تستخدم بصورة كبيرة في تشكيل وحدات الأثاث.



شكل (8)

نموذج لمخطط فيوروني لمجموعة من النقاط في الفراغ ليست في مستوى ثنائي وما ينتج من تكوينات ثلاثية الأبعاد قد تستخدم بصور عديدة في التخصص.

6.1خوارزمية مخطط فورونوي وتثليث ديلاوني:

تعرف ال خوارزمات Algorithmعلى إنها إجراءات أو معادلات تستخدم في حل مشكلة عن طريق تطبيق خطوات محددة ومتتابعة، ولها تطبيقات عديدة في مجالات متنوعة منها الرياضيات وعلوم الحاسب الآلي وغيرها.

يعتبر مخطط فورونوي أحد تطبيقات الهندسة الرياضية الحاسوبيةComputational geometry للتشكيل الهندسي في الفراغ، وقد استخدمت اللوغرتمات لحل وتفسير المشكلات الجيومترية وطريقة تشكل الأشكال (12) عن طريق استخدام برمجيات الحاسب الآلي الذي لعب دورا كبيرا في خلق سمات تصميمية جديدة تعتمد على تحليلات حاسوبية دقيقة لتقسيم الفراغ وهيكلة الأشكال. لتفسير ذلك رياضيا نقوم بوضع عدد من الفرضيات لإيضاح أهم القواعد التي يجب تحققها:

بفرضية: أن S يحتوي على عدد من النقاط n في المستوى الثنائي R^2 يطلق عليها المواقع أو المولدات كما سبق ذكره ،تحتوي S على موقعين محددين وليكن p,q ليكون($p, q \in s$) يهيمن الموقع p في المستوى على الموقع q بحيث يكون خط الفصل في المستوى على الأقل يبعد عن كلتا النقطتين بنفس المسافة ،يمثل ذلك المعادلة :

$$dom(p,q) = \{x \in R^2 \mid \delta(x,p) \leq \delta(x,q)\}$$

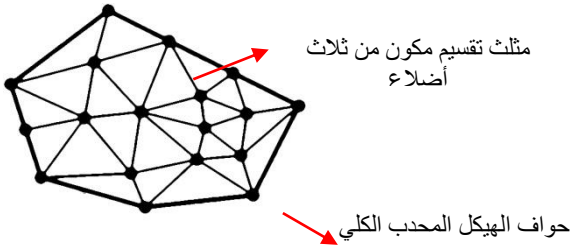
dom(p,q) تمثل مسطح نصف مغلق يحدده الخط المنصف والمتعامد ما بين p ,q ،هذا العمود يفصل جميع النقاط الأقرب لـ p عن الأقرب لـ q وعليه تكون المنطقة المكونة والخاصة بالنقطة p هي الحاضنة لجميع النقاط الأقرب لها في المستوى S.كما في المعادلة : $reg(p) = q \in s \cap dom(p,q)$

بما أن منطقة فورونوية نتاج تقاطع أنصاف المسافات *n-1، يتكون* عن ذلك مضلعات محدبة أضلاعها هي العمودي على أنصاف المسافات ما بين كل نقطتين في المستوى متجاورتين.

بفرضية: ان P عدد من النقاط n في المستوى ليست جميعا على خط واحد، K يمثل عدد النقاط والتي تقع على حدود

هيكل المحدب الكلي للنقاط في P شكل (9)، نظريا يكون التثليث لـP محتوي على ثلاث حواف لكل مثلث والهيكل المحدب الكلي يحتوي على k حواف:

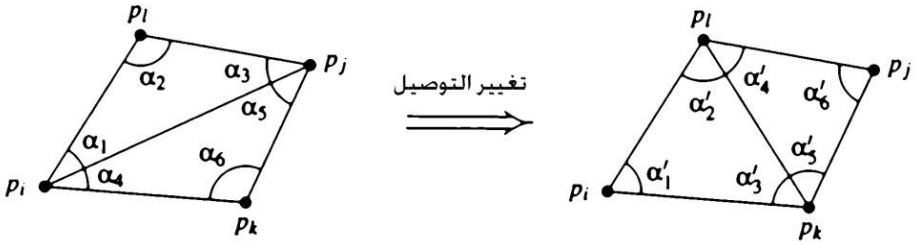
حواف $3n-3-k$ و مثلث $2n-2-k$



شكل (9)

تقسيم هيكل المحدب إلى مثلثات تحقق تثليث ديلاوني

بفرضية:T تثليث للنقاط P في السطح والذي يحتوي على عدد من المثلثات m بعد التقسيم، تختلف زوايا كل مثلث من المثلثات m تبعا لأوضاع النقاط في المسطح والمثلث الأمثل angle-optimal هو الذي يبعد بقدر الإمكان عن الزوايا الحادة وهو ما يضمن جودة تقسيم مخطط فورونوي. يمكن تعديل أشكال المثلثات الناتجة عن التقسيم بتغيير نقاط التوصيل في المضلع بحيث نضمن البعد عن المثلثات التي لا تحقق تثليث دجلاني كما في الشكل (10) ،يوضح تغيير التوصيل ما بين النقطتين P_i وP_j إلى P_L و P_K لتحقيق التثليث وتجنب الزوايا الحادة .



شكل (10)

تغيير توصيل النقاط لضمان تحقق التثليث الديلاوني. (11)

C دائرة و L خط قطع في الدائرة في نقطتين a, b ، p, q, r, s مجموعة نقاط تقع على نفس الجهة من الخط Lحيث تقع rداخل الدائرة وs خارج الدائرة فيكون الزاوية arb اكبر الزوايا ولكنها لا تحقق تثليث ديلاوني كذلك الزاوية asb اصغر الزوايا ولا تحقق التثليث أما الزاويتين apbتساوي الزاوية aqp وتقعان على محيط الدائرة.

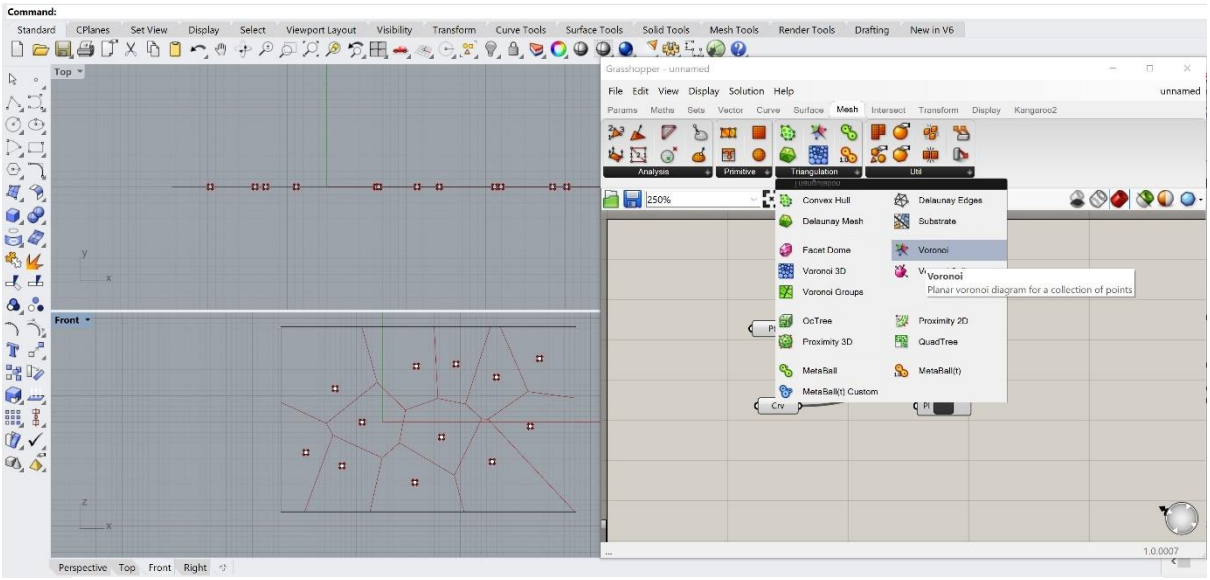
7.1 برامج الحاسب الالي ومخطط فورونوي:

تطورت برامج الحاسب الالي في اخر عقدين بصورة كبيرة، تزامن هذا التطور مع التقدم الهائل في تقنيات، لغة ومنهجية البرمجة ذاتها. لم يعد الهدف الرئيسي من برامج التصميم هو الإظهار ومحاكاة الواقع من خلال الخامات والاضاءة بل تعدى الامر ليصبح لهذه البرامج دور فعال في العملية التصميمة نفسها وليس فقط أدوات مساعدة لتحسين مخرجات التصميم. (19) كثير من البرامج طورت قوائم خاصة بالأشكال والنظريات الرياضية لسهيل عملية الاستخدام على المستويين ثنائي وثلاثي الابعاد. من تلك البرامج على سبيل المثال برنامج Rhino 6والذي يحتوي على البرنامج المساعد Grasshopper بصورة مباشرة. برنامج Rhino هو عبارة عن برنامج تطبيقي لتصميم رسومات الكمبيوتر ثلاثية الأبعاد والتصميم بمساعدة الكمبيوتر (CAD) تم تطويره من قِبل Robert McNeel، وهي شركة أمريكية تأسست عام 1980، معتمدا على النموذج الرياضي NURBS، والذي يركز على إنتاج تمثيل دقيق رياضياً للمنحنيات والأسطح ذات الشكل الحر في رسومات الكمبيوتر. (20)

1.7.1 استخدام برنامج Rhino 6 لتكوين مخطط فيروني:

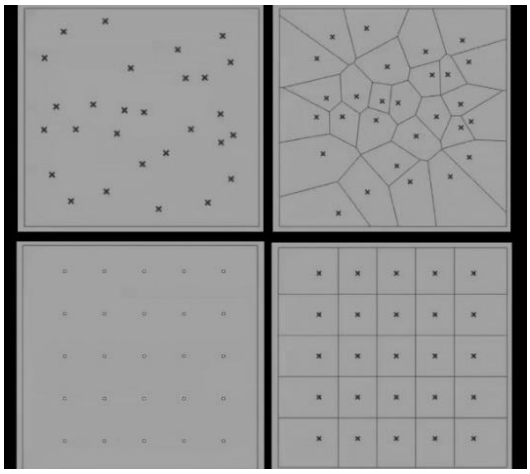
اضافت الشركة المطورة للبرنامج في قائمة الشبكات إمكانية تكوين مخطط فورونوي ثنائي وثلاثي الابعاد، شكل (11) من خلال ادخال مجموعة من النقاط العشوائية في احدى نوافذ البرنامج (تتعامل برامج الرسومات ثلاثية الابعاد من أربع نوافذ تمثل المساقط الهندسية المختلفة للشكل). عشوائية النقاط لضمان خروج مخطط فورونوي بشكله المعتاد وانتظام النقاط يعطي نتيجة شبكية منظمة شكل (12).

يتم تشكيل مخطط فورونوي من خلال تحديد مجموعة من النقاط بصورة عشوائية بعد تحديد سطح العمل، قد يكون سطح العمل مسقط افقي لمنضدة او مسقط راسي لمكتبة وذلك تبعا للناتج التصميمي المطلوب. من مميزات البرنامج سهولة التحكم في احداثيات مولدات فورونوي وزيادة ونقص عددها مع يساهم بشكل فعال في العملية التصميمية والشكل النهائي. كذلك يسهل البرنامج التعامل من الاعداد الكبيرة من النقاط مما يجعل تقسيم الاسطح ذات المساحات الكبيرة امرا سهلا، كما يمكنا البرنامج من تقسيم المسطحات المنحنية بمخطط فورونوي مما يشكل تحدي للتقسم بالطرية التقليدية.



شكل (11)

نافذة البرنامج الرئيسية وقوائم مخطط فورونوي الملحقة من خلال نافذة عرض البرنامج المساعد Grasshopper. (الباحث)



شكل (12)

تأثير انتظام مولدات فورونوي على نتاج فورونوي باستخدام برنامج Rhino 6. (الباحث)

من مميزات استخدام البرنامج لتشكيل مخطط فورونوي إمكانية تكوين اشكال تصميمية معقدة وغير منتظمة قد تشكل تحدي كبير في عمليات التنفيذ، ولكن البرنامج يعطي ملف سهل الاستخدام بتقنية الطباعة ثلاثية الابعاد التي تسهل من تشكيل الاشكال والتكوينات التصميمة المعقدة. من الجدير بالذكر ان هذه التقنية في تطور متسارع.(21)

2- المعاصرة

1.2مفهوم المعاصرة:

المعاصرة في المعجم الجامع تعرف على أنها معايشة الحاضر بالوجدان والسلوك والاستفادة من كل منجزاته العلمية والفكرية وتسخيرها لخدمة الإنسان ورقيه، (14) فإدراك الإنسان لكل ما يحيط واعيا زمانه، مكانه والتغيرات التي يقتضيها مزامنة عصره محافظا على أصوليته يعتبر معاصرة ايجابية للحاضر. كثيرا ما يتم استخدام كلمة المعاصرة لتصف الواقع أو الحالي أو ما يتزامن مع الوصف زمانا ومكانا، وهو استخدام مباشر للكلمة يجردها من مضمونها الفلسفي الأكثر عمقا وأرقى دلالة. تحدث الناقد الأمريكي Peter Plagens في مجلة الفنون تحت عنوان الفن كونه معاصرا عن تعريف المعاصرة كاجتهاد شخصي هو وصف لكل الأعمال الفنية التي يراها حوله في المعارض .وهو تعريف مباشر يفتقر العمق والدقة ،في الواقع هو هروب من مضمون المعاصرة العميق إلى وصفها بالمعنى اللغوي المباشر.(15) جذور كلمة المعاصرة تمتد إلى الحداثة التي ظهرت كمعنى تطبيقي في القرن العشرين مع ظهور حركة في العمارة والفنون تناشد بالخروج عن المقبول وكل ما يحمل سمات تصميمية تقليدية أو ينتمي إلى التراث.وهو مصطلح مشتق من الكلمة اللاتينية modo وتعني الآن.تحل المعاصرة محل الحداثة عندما يراد أن تكون الدلالة اللغوية أكثر عمقا وتحليلا.

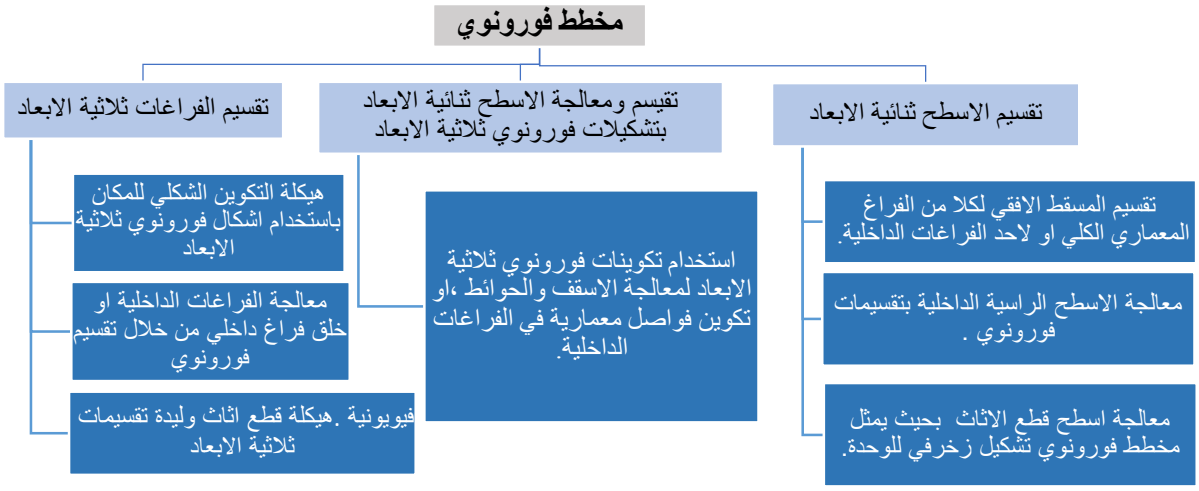
2.2التصميم المعاصر:

التصميم نشاط يقوم به المصمم بهدف الوصول إلى نتيجة معينة ولتحقيق أهداف محددة، فالعمل الفني يعتبر نوع من أنواع التصميم نتاجه محسوس ومدرك وقد حقق أهداف سواء شخصية أو عامة، التصميم الداخلي كأي نوع من الفنون التطبيقية له نتاج مدرك قد يكون ناجحا أو لا...! فهذه قضية قياسية، فما يراه البعض مميز قد يراه آخرون تقليدي وخارج عن التميز ولكن المجمع عليه أن له أهداف تعتبر في مجال التصميم الداخلي والأثاث خدمية لتلبية احتياج معين.

عليه نجد أن معاصرة التصميم مفهوم متغير لا يمكن قياسه بالاحتياج أو تحقيق الأهداف أو حتى البعد الزمني فقط بل هو مزيج من هذه العوامل تجعل من التصميم معاصرا، فيجب أن تجتمع فيه عدة عوامل ليصبح معاصرا كالسمات التصميمية والخامات الحديثة حتى الأهداف المطابقة للواقع وللفترة الزمنية للنتاج التصميمي.

3.1 تطبيقات مخطط فورونوي في التصميم:

يستخدم مخطط فورونوي في كلا من العمارة والتصميم الداخلي في نطاق واسع، وتجسد ذلك الاستخدام في عدة محاور تبلور التطبيق العملي للاستفادة من نظرية فورونوي في التصميم. فكما سبق ذكره كون مخطط فورونوي قادرا على تقسيم الأسطح والفراغات بصورة غير تقليدية فقد تعددت الاستخدامات في مجال التصميم الداخلي والأثاث انطلاقا من تشكيل الهيئة الفراغية للمكان وصولا إلى هيكلة وزخرفة قطع الأثاث باختلاف استخداماتها. النتاج الشكلي الغير تقليدي جعل المصممين تتجه إلى استخدام مخطط فورونوي لطرح تصميميان تحمل سمات مستقبلية كونها غير مألوفة وتمثل علاقات خطية يتولد عنها تقسيمات فراغية مبتكرة ويمكن تلخيص استخدام مخطط فورونوي في التصميم المعماري والداخلي في شكل (13) الذي لا يمثل حصر للتطبيقات في المجال بقدر ما يوضح طبيعة الاستفادة من النظرية في المجال.



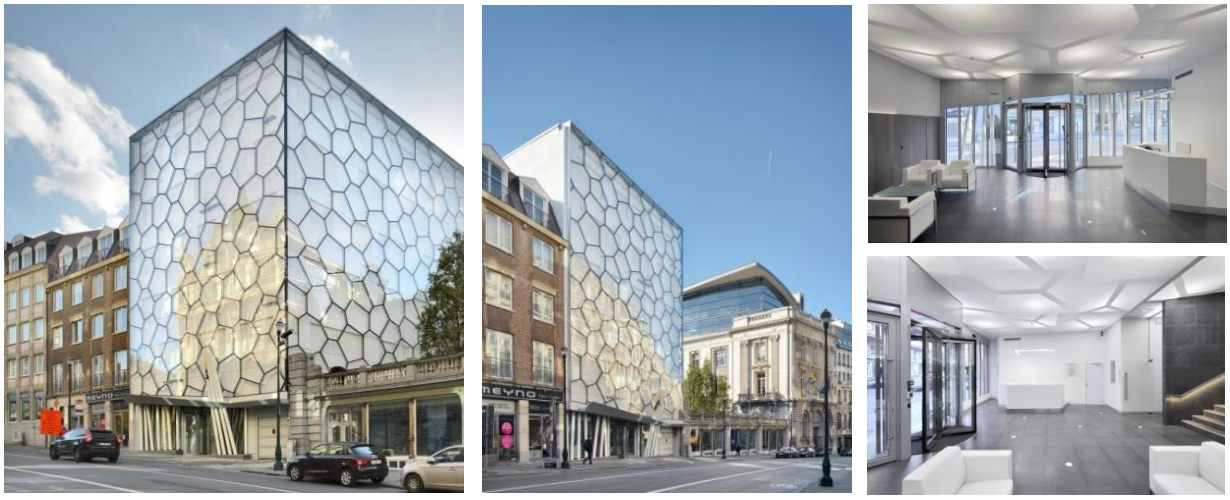
شكل (13)

مجالات استخدام مخطط فورونوي في مجال العمارة والتصميم الداخلي والأثاث. (الباحث)

1.3تطبيقات ونماذج في العمارة والتصميم الداخلي والاثاث:

1.1.3 مبنى Brussels City Parliament/تصميم شركة Skope/2013:

قامت شركة Skope بتصميم مبنى البرلمان للناطقين بالفرنسية ببروسليس - البرتغال شكل(14) (16) ،غامر المصممون باستخدام سمة تصميمية معاصرة للمبنى وسط مجموعة من المباني التاريخية ،الفكرة هي تطوير للتصميم المعماري لمبنى 1908-Provincial Palace المجاور للمعماري Georges Hano عن طريق إعادة حساب النسب الحاكمة للواجهات المعمارية ومعالجتها بتطبيق نظرية فورونوي لتشكيل تقسيم للأسطح بصورة ثنائية الأبعاد .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.(17) تم استخدام تطبيقات فورونوي لتقسيم الأسطح الخارجية للمبنى والتي تمثل الواجهات المعمارية الأربعة ،إلى جانب تقسيمات للأسقف في منطقة الاستقبال.



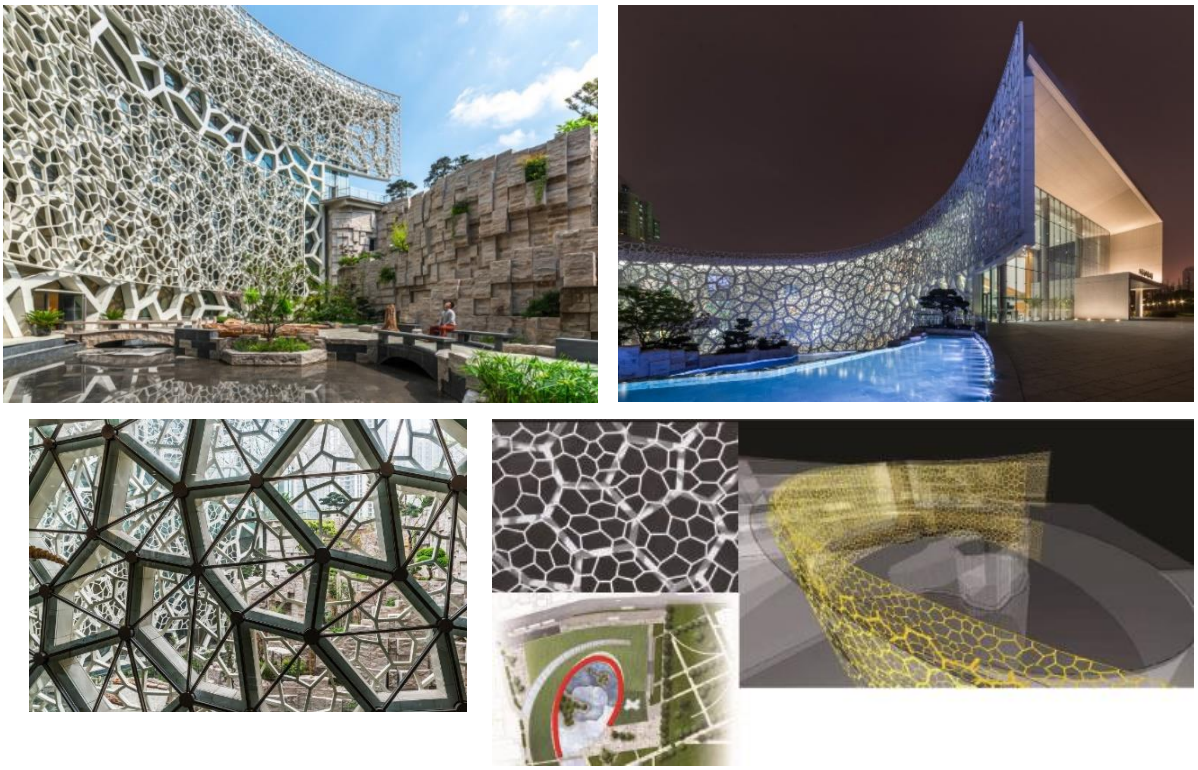
شكل (14)

منى البرلمان ببروسليس، من تصميم شركة Skope 2013، تصويرGeorges De Kinder .

2.1.3 متحف التاريخ الطبيعي بشنغهاي (Shanghai Natural History Museum (SNHM:

المتحف من تصميم المعماريين Will&Perkins، تم الانتهاء من المشروع عام 2015. من خلال علاقة المتحف بموقعه، يهدف المتحف إلى تمثيل التلاحم المتناغم بين الإنسان والطبيعة الذي يشكل أساس الثقافة الصينية. من خلال تجسيد فكرة ان الجبال والمياه العناصر الأساسية للطبيعة، تم تصميم المتحف على شكل تجريد من "حديقة المياه الجبلية الصينية"، مع عمل المبنى كجبل يحيط بجسم من الماء شكل (15). يوفر المتحف الذي تبلغ مساحته 44.517 متر مربع للزائرين فرصة استكشاف العالم الطبيعي من خلال عرض أكثر من 10000 قطعة أثرية من جميع القارات السبع. ويضم المبنى مساحات للعرض ومسرح 4D وحديقة معارض خارجية. المبنى يمثل دمج ما بين المحاكاة الرمزية للعناصر التصميمية التراثية في الصين والتصميم المعاصر المعتمد على التجريد الخلوي المكون للكائنات النباتية والحيوانية. (18)

يمثل الحائط المحيط بالمركز الجبلي والمائي، التحدي الرئيسي والفكرة الجوهرية في تصميم المبنى، الحائط يعتمد على التقسيم بمخطط فورونوي ليحاكي التقسيم الخلوي للكائنات الحية. من التحديات التي واجهت المصمم كون هذا الحائط مقوس أي يحيط بالمركز وهو المسطح المائي والجبلي ليشكل الواجهة الرئيسية والاكبر للمبنى والتي تضمن دخول قدر كبير من الإضاءة الطبيعية الى الفراغ الداخلي. تم تصميم الحائط من ثلاث مستويات تتفق في الانحناء وتختلف في نسبه التقسيم مما شكل تنوع وظيفي مرغوب في مستويات الرؤية والاضاءة ما بين الفراغ الداخلي والخارجي. شكل (15) .



شكل (15)

متحف التاريخ الطبيعي بشنغهاي .Shanghai Natural History Museum (SNHM)

3.1.3 Voronoi Clinic/تصميم شركة Bllend Design/المصمم Helen Brasinika 2015:

عيادة تجميل وتهيئة بدنية مستلهمة من مخطط فورونوي، لتعكس النشاط الداخلي بصورة غير تقليدية تخالف المتعارف علية في العيادات الصحية. تم تقسم المسطحات الداخلية عن طريق تقسيمات فورونوي وتم استخدام ألوان وإضاءات لتعبر عن وظيفة العيادة وهي جراحات التجميل. الأثاث نابع من التكوين الفراغي للمكان باستخدام مخطط فوروي لتكوين أشكال ثلاثية الأبعاد ومنها يتكون الأثاث.

شكل (16)

التصميم الداخلي لعيادة جراحة التجميل المستلهمة من مخطط فورونوي، من تصميم شركة Bellend Design.

4.1.3 Voronoi Chair / تصميم Prof. Bernhard Franken 2011:

تحت رعاية DDC وAsahikawa Furniture Industry، صمم Franken Architekten كرسي Voronoi.تم استخدام تقنيات الحاسب الالي في التصميم والتصنيع، تم استخدام خامات مستدامة في التصنيع. الهيكل الكلي للكرسي يمثل خلية فورونوي كبيرة ويتم تقسيمها الى اجزاء مقسمة بدورها الى عدد من خلايا فورونوي الصغيرة. وظفت الخلايا الصغير لتحوي مجموعة مجسمة من الخامات التي تستخدم كتنجيد للكرسي. شكل (17)

شكل (17)

تصميم الكرسي فورونوي المصنع من قبل فريق ياباني متخصص فى استخدام الخامات المستدامة.

النتائج:

من خلال البحث تم التوصل إلى بعض النتائج تكمن فيما يلي:

1. الربط ما بين المجالات المختلفة قد يساعد المصمم في رحلة البحث الدائمة عن مصدر جديد للاستلهام، مما يحقق نتائج تصميمة غير تقليدية.
2. مخطط فورونوي من التطبيقات الرياضية الهامة والتي يمكن استخدامها بصورة فعالة في التصميم الداخلي والاثاث. المام المصمم بأصولها وقواعدها مخطط فورونوي يتح له فرصة أكبر للتعرف على إمكانات التشكيل والمعالجة التصميمة والتحكم في المخرجات والاشكال النهائية.
3. المعاصرة مفهوم متشعب لا يقتصر على طابع او سمة تصميمية بل هو كل جديد يجعل من التصميم مواكب لخصائص وسمات فترة بعينها.
4. تطبيقات الحاسب الالي ذات أهمية كبيرة في التشكيل الهندسي لا سيما المعقد منه، مما يتيح للمصمم تكوين كتل تصميمة غير تقليدية تتسم بالمعاصرة.
5. لمخطط فورونوي عدد من التطبيقات في مجال العمارة والتصميم الداخلي والاثاث، تؤكد أهمية مخطط فورونوي كأحد التطبيقات الرياضية في التشكيل والتقسيم الفراغي.

الخلاصة:

التصميم عملية إبداعية تتطلب البحث عن مصدر للأفكار، يعتمد المصمم على خبراته السابقة في انتقاء وتحديد المصدر المناسب لأفكاره. من هذا المصادر التطبيقات والنظريات الرياضية والتي تعد مصدر لا يمكن الاغفال عنه لتوليد اشكال تصميمية غير تقليدية وتتسم بالمعاصرة .مخطط فورونوي احد التطبيقات التي تستخدم في تقسيم المسطحات بمعلومية مجموعة من النقاط ليتولد تكوين شكلي غير تقليدي يمكن استخدامه في العديد من التطبيقات في التصميم الداخلي والمعماري وتصميم الاثاث بل ويتعدى ذلك لتكوين وحدات زخرفية قد تستخدم في الستائر والمفروشات .المعاصرة في التصميم هي تعريف لكل تصميم جديد يحمل سمات وخصائص العصر ويوكب زمانة بل وقد يسبق الفترة الزمنية ليطلق علية التصميم المستقبلي، ويساهم تطبيق فورونوي بصورة فعالة في خلق تصميم يتسم بالعصرية بل والمستقبلية في بعض التكوينات. وعليه فان الإمعان في تطبيقات العلوم المختلفة ونتائج النظريات قد يكون مصدر خصب للعديد من الافكار التصميمية الجديدة والتي تواكب تحديات ومتطلبات العصر.

المراجع:

المراجع العربية:

قرنى، وسام حسين. "رؤية تصميمية لاتجاهان التصميم الحديثة وتأثيرها على التصميم الداخلى والاثاث" مجلة العمارة والفنون والعلوم الانسانية العدد 18

qurny, wessam husayn. "Roaia Tasmimya Le Atgahan al tasmem al hadisa w taa'syraha ala al tasmim al dakheli w al asas" Magalet al Emara w al Fenoun w al Elom al Insania al adad 18.

محمد، دعاء عبد الرحمن. النجادى، على صالح. عبد الكريم، انعام عبد الغنى. "مفهوم التصميم المستدام وأثره على جودة البيئة الداخليه للتصميم الداخلى " مجلة العمارة والفنون والعلوم الانسانية العدد 15

Mohamed, Doaa Abdel Rahman. Al Najadi, Ali Saleh. Abdel Karem, Enaam abdel Ghany. : Mafhom Al tasmim al mostadam w asro ala gawdet al bya'a al dakhlya le al tasmim al dakhly" Magalet al Emara w al Fenoun w al Elom al Insania al adad 15.

المراجع الأجنبية:

1- Esomba. Steve, twenty-first century's fuel sufficiency roadmap, published by Lulu.com, (2012).

2- Nowak. Anna, Application of Voronoi diagrams in contemporary architecture and town planning, Challenges of Modern Technology, 2015.

3- Thomas M. Liebling & Lionel Pournin, Voronoi Diagrams and Delaunay Triangulations: Ubiquitous Siamese Twins, Documenta Mathematica, Extra Volume ISMP, (2012).

4- Klein. Rolf & Lee. Der-Tsai, Voronoi Diagrams and Delaunay Triangulations, World Scientific Publishing Company, First edition, (2013).

5-A. Okabe & B. Boots & K. Sugihara, Spatial Tessellations: Concepts and Applications of Voronoi Diagrams, Second Edition, John Wiley and Sons, 1992.

6- Sebbane. Yasmina, Smart Autonomous Aircraft: Flight Control and Planning for UAV, CRC Press, 2015.

7- Pokojski. Wojciech & Pokojska. Paulina, Voronoi diagrams – inventor, method, applications, Polish Cartographical Review Vol. 50, no. 3, 2018.

8- Kaplan. Craig S, Voronoi Diagrams and Ornamental Design, in The First Annual Symposium of the International Society for the Arts- Mathematics and Architecture (conference), 1999.

9-Siu-Wing Cheng, Tamal K. Dey, Jonathan Shewchuk, Delaunay Mesh Generation, Chapman and Hall/CRC, 2012.

10- https://en.wikipedia.org/wiki/Delaunay_triangulation **referring to** Delaunay, Boris (1934). "Sur la sphère vide". Bulletin de l'Académie des Sciences de l'URSS, Classe des sciences mathématiques et naturelles.

11-M. deBerg & M. VanKreveld & M. Overmars & O. Schwarzkopf, Computational Geometry algorithms and Applications (second edition), 1998.

12- Aurenhammer. Franz, Voronoi Diagrams-A Survey of a Fundamental Geometric Data Structure, ACM Computing Surveys, 1991.

13- Coates. Paul & Derix. Christian, Generating architectural spatial configurations. Two approaches using Voronoi tessellations and particle systems, 8th Generative Art Conference GA2005, 2005.

15- Plagens. Peter, "The Art of Being Contemporary", Art in America, 2010.

19- Mitchell. W, "Three Paradigms for Computer Aided Design," Knowledge Based Computer Aided Architectural Design, G. Carrara and Y. Kalay (Eds.), Elsevier, Amsterdam, (1994).

شبكة المعلومات الدولية:

14- معجم المعاني الجامع،(2016،ديسمبر 21).نقلا عن الموقع : http://www.almaany.com

-16http://www.archdaily.com/524725/parlement-francophone-bruxellois-skope , 14/3/2019

-17http://www.skope.be/fr/project/nouveau , 3/5/2019

-18 https://livinspaces.net/projects/architecture/shanghai-natural-history-museum , 3/5/2019

-20https://www.rhino3d.com/resources , 15/4/2019 /

-21https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide , 15/4/2019

-22 http://www.franken-architekten.de/index.php , 18/3/2019