النظم البنائية للڤورونوي كمدخل فني في الرسم والتصوير

د. عفت عبد الله محمد فدعق

أستاذ مساعد- جامعة الملك عبد العزيز

رنا محمد عمر طاشكندي

جامعة الملك عبد العزيز

المستخلص:

ارتبطت دراسة الفنون بالنظريات العلمية المتنوعة كالرياضيات والهندسة، وفي ضوء الاكتشافات العلمية الحديثة والتقدم التكنولوجي، ظهرت الهندسة الحاسوبية Computational Geometry التي تختص بدراسة الخوارزميات Algorithms والتي من الممكن تمثيلها هندسيا، ومنها مخططات الڤورونوي Voronoi. حيث يعد الڤورونوي أحد الابتكارات والتطبيقات في الهندسة الحاسوبية، كما انه هيكل اساسي وضروري يستخدم في تقسيم مساحة كبيرة الى عدة أقسام صغيرة عن طريق توصيل مجموعة من النقاط، وتسمى هذه الاقسام بخلايا الڤورونوي. وتستخدم مخططات الڤورونوي Voronoi Diagrams في العديد من المجالات العلمية والطبية والتقنية بشكل عام والمجالات الفنية المتعددة التطبيقية، النظرية منها والعملية كالعمارة والفنون لما لها من هياكل ذات نظم بنائية جمالية. وعليه يهدف البحث الى دراسة النظم البنائية للفورونوي والاسفادة منها في تقديم اعمال فنية معاصرة تتوافق مع التطورات الفكرية والفنية في مجال الرسم والتصوير المعاصر. اعتمدت منهجية البحث على المنهج الوصفي في الإطار النظري، والمنهج التجريبي في الإطار التطبيقي. وتحددت محاور البحث الرئيسية حول دراسة: النظم البنائية للڤورونوي وتطبيقاته المختلفة، والتطبيقات التجريبية ضمن المنطلقات الفكرية والتشكيلية الخاصة بالباحثة. وتلخصت اهم نتائج الدراسة في ان االنظم البنائية للڤورونوي من المداخل التي تحفز الفنان المبدع نحو الجديد في إنتاج أفكار معاصرة في مجال الرسم والتصوير. وعليه توصي الباحثة بالاهتمام بدراسة الفورونوي ودراسة الهندسة الحاسوبية وتطبيقاتها المختلفة والاستفادة منها في مجال التصوير المعاصر.

The use of Voronoi Structural System as an artistic Approach to Drawing & Painting

Dr. Effat Abdullah Fadag

Assistant Professor – King Abdul-Aziz University

Rana Mohammadomar Tashkandi

King Abdul-Aziz University

Abstract

The research focuses on the use of Mathematics and Geometry in drawing and painting. Voronoi is one of these diagrams of Geometry that focuses on studying Algorithms. Voronoi can be seen as one of the Computational inventions and applications in Geometry. The key method of the Voronoi is used to divide large area into various small sections through connecting group of dots. These sections are called Voronoi's cells. Voronoi's diagrams are used in many scientific, medical, and technical fields in general, as well as art field applications, such as architecture and art. The research aims to study the Voronoi's structural systems, and its application in drawing and painting.

The main topics of this research are defined on studying the following: Voronoi's Structural Systems and their various applications, Experimental Applications within the researcher's intellectual and art point of view. The main results of the study are summed up into that Voronoi's Structural Systems can

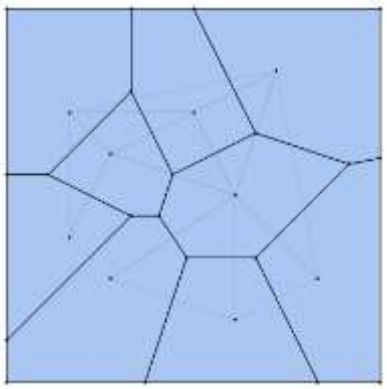
be used to produce contemporary painting. Voronoi application can promotes artist to produce

conceptual ideas in the field of drawing and painting.

DOI:10.12816/0038040

مقدمة البحث:

ارتبطت دراسة الفنون بالنظريات العلمية المتنوعة كالرياضيات والهندسة،فاستفاد الفنان من نظرية النسبة الذهبية Golden ratio ومتوالية فيبوناتشي Fibonacci spiral والفراكتالات Fractals .استخدمت هذه النظريات بشكل كبير في فنون العمارة والنحت والتصوير وغيرها، وفي ضوء التقدم التكنولوجي، ظهرت الهندسة الحاسوبية Computational Geometry عام 1975 م ، والتي اختصت بدراسة الخوارزميات Algorithms التي من أمكن تمثيلها هندسيا، كمخططات الڤورونوي Voronoi.(Preparata & Shamos, 1985) . والذي يعدأحد تطبيقات الهندسة الحاسوبية Computational Geometry، كما انه هيكل اساسي وضروري يستخدم في تقسيم مساحة كبيرة الى عدة أقسام صغيرة عن طريق توصيل مجموعة من النقاط، وتسمى هذه الاقسام بخلايا ڤورونوي. شكل (1) وتظهر بصورة متكررة في الطبيعة والتي نراها في السلاحف واجنحة الفراشات واوراق الشجر والنباتات. وللڤورونوي تطبيقات هندسية في الفنون المختلفة منها ثنائية الابعاد 2D وثلاثية الاب عاد3D كما تظهر في الاشكال (٢و٣). كما تستخدم مخططات الڤورونوي Voronoi Diagrams في العديد من المجالات العلمية والطبية والتقنية بشكل عام والمجالات الفنية كالعمارة والفنون (Preparata & Shamos, 1985) لما لها من هياكل ذات نظم بنائية جمالية والتي تجذب اهتمام الفنانين والمصممين لانتاج رؤى جديدة ومتنوعة تحمل مداخل تجريبية يمكن تطبيقها في مجال الرسم والتصوير.



شكل (١)
خلايا ڤورونوي لمجموعة من النقاط على المستوى

شكل (٢)

شكل (٣)

مشكلة البحث

يبحث الفن دائما عن الجدة ويحاول الإستفادة من معطيات العصر من إكتشافات ونظريات علمية كما في مجالى الرياضيات والهندسة الحاسوبية مما يكشفا لنا العديد من العلاقات النظامية البنائية والتي تمكننا إستخدام النظم البنائية للڤورونوي كمدخل معاصر في الرسم والتصوير. تتلخص مشكلة الدراسة في التساؤل التالي: هل يمكن الاستفادة من النظم البنائية للڤورونوي كمدخل معاصر في مجال الرسم والتصوير؟ تتمحور فرضية البحث في إمكانية الاستفادة من النظم البنائية للڤورونوي كمدخل معاصر في مجال الرسم والتصوير. بينما يهدف البحث على ربط بعض النظم البنائية للڤورونوي بالرسم والتصويرلاستحداث مداخل فنية معاصرة. وترجع أهمية البحث على الاسهام في اضافة مداخل جديدة معاصرة في مجالات الرسم والتصوير من خلال النظم البنائية للڤورونوي.

النظم البنائية

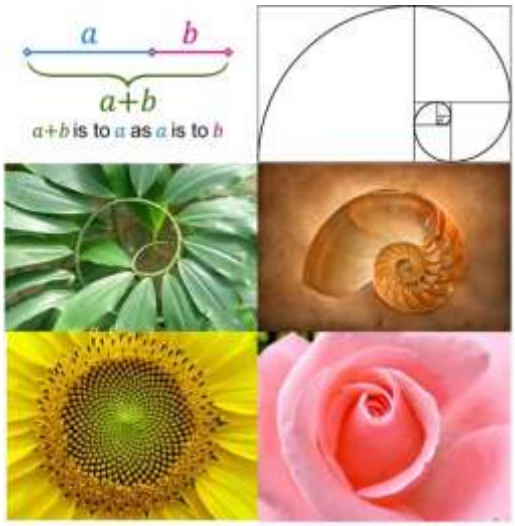
ساهمت الاكتشافات العلمية في الكشف عن جماليات الطبيعة ونظمها البنائية والتي تقوم على عدد من القوانين كالتماثل والتوازن (ابو النوارج، ١٩٩٤) صنف هربرت ريد النظم البنائية في الطبيعة بشكل عام الى ثلاث فئات. الفئة الاولي البنى المنتظمة بخطوط مستقيمة من امثلتها الاحياء المائية الدقيقة وخلية النحل وهي اشكال بنائية جوهرية في الطبيعة إذ انها توجد في النباتات والاوعية الدموية والتشققات الأرضية. والفئة الثانية هي البنى المنتظمة المحددة بخطوط منحنية كالشكل الحلزوني والذي يتواجد في زهور دوار الشمس والاصداف وثمار بعض النباتات كالصنوبر والاناناس، كما نلاحظة في الفضاء الكوني. اما الفئة الثالثة فهي البنى الغير منتظمة والذي يظهر في بعض الصخور والكثبان الرملية التي تتعرض لعوامل وظروف بيئية خاصة كالنحت والتعرية وحركة الرياح. (Read1, 1984)

النظم البنائية الرياضية في الطبيعة

قدّمَ الفيثاغورثيون فلسفةً خاصّة حولَ الكون، وجوهر فسلفتهم أن الكونَ يقومُ على مزيج بين الهندسة والرياضيات والموسيقى، حيثُ يرى فيثاغورث أن " تناسق الظواهر الطبيعية، وانسجام نظمها ينتج من علاقات عددية " وأن منبع الطبيعة وجوهر الأشياء هو الأعداد. (ريد4، ١٩٧٠) منذ القرنِ السابع عشر، والبناء الرياضي يؤدي دورًا هامًّا في تفسير عدد من الظواهر الطبيعية في المجالات العلمية. وإن هذه القوانين الرياضية والنظم تعملُ وتسير وفقًا لقوى مختلفة تقوم بتحديد أشكال الكائنات ومسارِ نموّها، ويجب التعرّف على طريقة نمو الشكل في الطبيعة للتعرّف على النظام الرياضي والهندسي في الطبيعة. (دسوقي، ١٩٩٠) وعن نظام النمو في النبات، يقول هربرت ريد Herbert Rea "انه عبارة عن مجموعة من المعادلات الرياضية المنتظمة في قالب عضوي الشكل فيتطابق نمو النبات مع المتوالية العددية ٢:٣، ٣:٥، ٥:٨ وهذه المتوالية لها ارتباط وثيق الصلة بالقطاع الذهبي." (ريد، ١٩٦٢)

النسبة الذهبية Golden Ratio

النسبة الذهبية في الرياضيات تحقق عندما تكون النسبة لمجموع قيمتين عدديتين والأكبر بينهما تساوي النسبة بين أكبر العددين والأصغر بينهما. وهو عبارة عن ثابت رياضي معرف تبلغ قيمته 1.6180339887 تقريبا. وللنسبة الذهبية حضورٌ في الأشكال الأساسية، فهي توجد مثلا: في الزهور والنباتات، وكذلك الحمض النووي والفيروسات، وتوجد أيضًا في المجراتِ والكواكب، إضافةً إلى إمكانية ملاحظتها في الحلزونيات والإقحوانات، وفي التسلسل الزمني، وفي تسلسل نمو فروع وأوراق الأشجار، وكذلك في أشكال النباتات الملتوية حول الفروع، ونلاحظها العلاقة النسبية بين أجزاء الجسم البشري المختلفة، وفي تحليق الطيور، وفي أماكن عديدة. شكل (٤) (Livio, 2003)



شكل (٤)

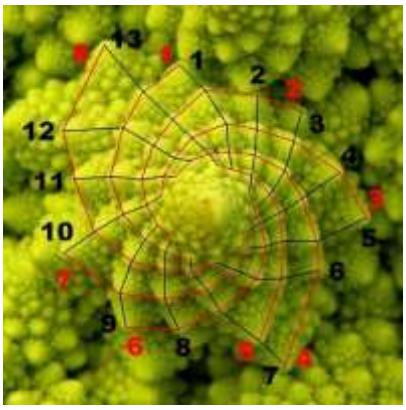
النسبة الذهبية في النباتات والقواقع **(French، 2012)**

متتالية فيبوناتشي Fibonacci Sequence

هو التعريف الرقمي للنسبة الذهبية حيث بإمكاننا أن نوجد النسبة الذهبية من متتالية فيبوناتشي

0 ، 1 ، 1 ، 2 ، 3 ، 5 ، 8 ، 13 ، 21 ، 34 ، 55 ، 89 ، 144 ،...

وإذا أخذنا نسبة بين رقمين على التوالي في هذه السلسلة، وقمنا بتقسيم كل عدد على الذي قبله، وسوف نجد سلسلة من الأرقام المتتالية. فنلاحظُ أن النسبة تبدو كأنها تستقر على قيمة محدّدة، وهي التي نسميها النسبة الذهبية فاي = 1،618. فالنباتات تنمو بشكل عام في تطابق مع متتالية فيبوناتشي كزهرة عباد الشمس ونبتة الرومان بروكولي. شكل (٥) إذْ يكون نموّ مجموعة الزهيرات فيها وِفقًا لنظامِ حلزوني يتركّب من مسارين متعاكسين تبَعًا لمتتالية أعداد فيبوناتشي.(Posamentier & Lehmann, 2007)



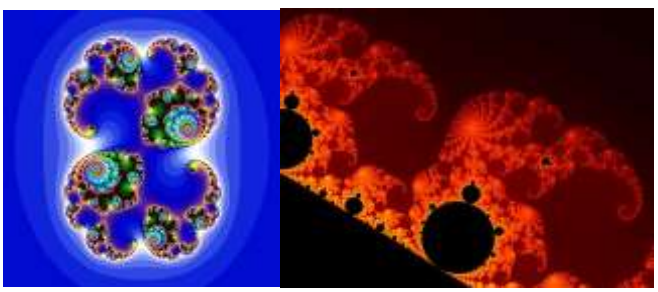
شكل (٥)

المستطيل الذهبي Golden Rectangular

هو مستطيلٌ، نسبةُ أطوال أضلاعه تُحقّق النسبة الذهبية، والتي تقريبًا تساوي 1:1.618 ومن أكثر خصائص هذا الشكل أهمية أنه حتى وإن أُزيلَ جزءٌ ذو شكل مربع، فإن الشكل المتبقي يكون مستطيلا ذهبيًّا أيضًا. وبمقدورنا أن نكرّر هذه العملية بشكل لانهائي، ونحصل على الحلزون الذهبي(French, 2012).

الفراكتال Fractal:

وتهتمُّ هندسة الفراكتال بالأشكال الهندسية غير المنتظمة، والذي نراه في الطبيعة ونلاحظه في الجبال والسحب وأشجار الصنوبر والقرنبيط، وشبكات الأنهار.(Pickover, 2000) تنقسم الفرا كتالات إلى عدة أنواع أغلبها يخضع للمتتالية العقدية التي صاغها عالما الرياضيات ماندیلبروت وجوليا و التي مكنتهم من تصميم أشكال غاية في الروعة سميت بأسمائهم مجموعة ماندلبورت شكل (٦)ومجموعة جوليا شكل (٧) (Pickover, 2000)

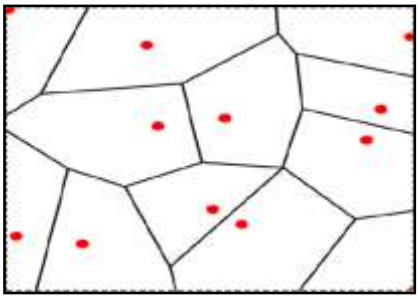


شكل (٧)
مجموعة جوليا

شكل) ٦)
مجموعة مندلبورت

النظم البنائية للڤورونوي Voronoi

يعد الڤورونوي Voronoi أحد الابتكارات والتطبيقات الهندسية في علوم الرياضيات، فمخططات الفورونوي عبارة عن تقسيمات لسطح مستو إلى مناطق على أساس المسافة بين النقاط في مجموعة فرعية معينة من المسطح المستو. يطلق على هذه المجموعة من النقاط اسم البذور، أو المواقع، أو المولدات فلكل بذرة هناك منطقة متصلة بها تتكون من جميع النقاط الأقرب إلى هذه البذرة أكثر من أي جهة أخرى. وتسمى هذه المناطق خلايا فورونوي. ومخططات الفورونوي تتكون من مجموعة من النقاط وهو ضعف تثليث ديلاوني لها.(Okabe, Boots, Sugihara, & Chiu, 1992) وتستخدم مخططات الڤورونوي غالباً للعثور على منطقة تأثير لمجموعة معينة من النقاط، أو للبحث عن علاقات الجوار بين النقاط في مجموعة من البيانات. شكل (٨)



شكل (٨)

نشأة وتاريخ الفورونوي:

يعود علم الڤورونوي إلى عام 1644م اشار رينيه ديكارت Rene Descartes على مخططات الڤورونوي والطريقة التي يتم فيها توزيع الأجرام في النظام الشمسي. وفي عام ١٨٥٠م استعملها ديريشلت Dirichlet عندما كان يبحث في الأشكال التربيعية الموجبة، لذلك يسمى أيضا بفسيفساء ديريتشليت. وأيضا تم دراسة مخططات الڤورونوي من قبل العالم الروسي جورجي ڤورونوي Georgiy Voronoï عام 1907 وقد سميت باسمه لما اضافت ابحاثه من عمق وثراء معرفي في هذا المجال(Okabe, Boots, Sugihara, & Chiu, 1992) . في منتصف السبعينات استخدمت مخططات فورونوي في علم الحاسوب، وفي الوقت نفسه، انتشرت مخططات فورونوي في جميع المجالات حتى في تصميم الخوارزميات الهندسية التي يؤرخها بعض الناس على أنها تاريخ ولادة الهندسة الحسابية. (imath, 2008)

تعرف مخططات الفورونوي بانها عبارة "عن تقسيم السطح المستوي الى حقول (مناطق) بناء على المسافة بين النقاط في منطقة محددة من السطح المستوي. مجموعة النقاط لديها عدة مسميات فهي تدعى البذور أو المراكز. يتم تحديد هذه النقاط مسبقا بحيث يكون لكل مركز منطقة مقابلة تحتوي على جميع النقاط القريبة من ذلك المركز. هذه المناطق تسمى خلايا الفورونوي. (Liebling & Pournin, 2010) كما تعرف على حسب حالاتها وتطبيقاتها وانواعها المختلفة كما عرفوها على أساس المفهوم الحدسي والمفهوم الرياضي، منها الناتج عن افتراض عدد محدد من النقاط المميزة على المستوى السطحي الاقليدي، كل نقطة يطلق عليها اسم المركز وكل مركز يرتبط بالمراكز الأخرى المجاورة له، وعند توصيل هذه النقاط والمراكز ببعضها يتكون لدينا تثليث ديلاوني فبالتالي تتكون خلايا فورونوي نتيجة التقاء منصفات الاضلاع لمثلثات ديلاوني. (Okabe, Boots, Sugihara, & Chiu, 1992) فهناك علاقة مزدوجة بين مخططات الفورونوي وتثليث ديلاوني يعني أنه إذا عُرف مخطط الفورونوي، يمكن اشتقاق تثليث ديلاوني منه، والعكس بالعكس فكل خلية فورونوي تقع على قمة رأس تثليث ديلاوني. (Putte, 2009)

طريقة رسم مخططات الفورونوي

يمكن رسم مخططات الفورونوي بالرسم اليدوي بدلا من الطريقة الخوارزمية عن طريق تثليث ديلاوني: شكل (٩)

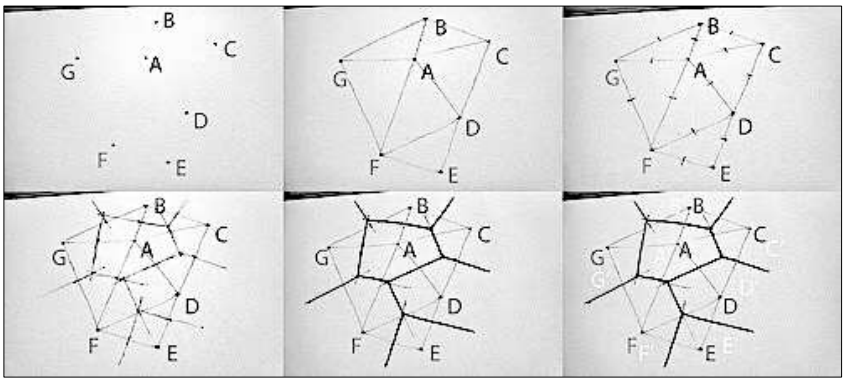
1. تحديد نقاط عشوائية على السطح

2. ايصال النقاط باالنقاط المجاورة لها بحيث لا تتقاطع أي من الخطوط مع بعضها. هذه الخطوة أو الطريقة معروفة بتثليث ديلاوني وهي تعد من أصعب الخطوات والمراحل عند رسم مخططات الفورونوي. من الممكن عملها بطريقة عشوائية بحيث يتم توصيل جميع المراكز ومن ثم مسح الخطوط المتقاطعة وهي تقريبا الطريقة التي يتبعها الحاسوب. وممكن أيضا اتباع الطريقة الخوارزمية عن طريق قياس مساحات المثلاثات ورسم الدوائر المحيطة بالأضلع الثلاثة ولكن هذه الطريقة صعبة وتأخذ الكثير من الوقت والجهد. لذا فإن أسهل وأسرع طريقة هي باستعمال تثليث ديلاوني بحيث لا تتقاطع أي من الخطوط المرسومة.

3. ايجاد وتحديد منتصف كل خط متكون من تثليث ديلاوني.

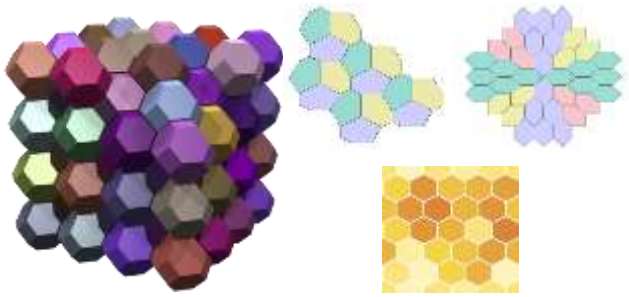
4. رسم خط منصف عامودي لكل خط ديلاوني.

5. عند تحديد كل خلية فورونوية من المنصفات العامودية فسوف تتشكل خلية فورونوية من كل منطقة ومركز.



شكل (٩)

وتعتبر مخططات الفورونوي النظامية سواء الثنائية او الثلاثية الابعاد أساس لعدة شبكيات فسيفسائية معروفة منها (الثنائية الابعاد) مثل فسيفسائية خلية النحل الغير منتظمة وهي ناتجة من شبكية الاشكال السداسية والمستطيلات. بينما من الشبكية المربعة فإنها تشكل فسيفساء خلية نحل منتظمة الشكل. شكل (١٠) (والثلاثية الابعاد) مثل الفسيسفاء التكعيبية لخلية النحل تتشكل من الشبكية المكعبة البسيطة. شكل (١١)



شكل (١٠) شكل (١١)

النظم البنائية العضوية للڤورونوي:

يمكن تصنيف النظم البنائية العضوية للڤورونوي الى :

•النظم البنائية الظاهرية وتنتشر في جميع مخلوقات الكون في الطبيعة فنراها في النبات والحيوان والجماد والذي يميزه فرادة البناء العضوي عن غيره مثل جلود الحيوانات كالزرافة والسلحفاة والتشققات الطينية وبعض الفواكه مثل الرمان والتوت .

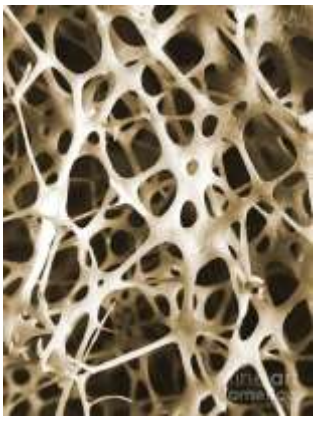
•النظم البنائية المجهرية فمن خلال نظرية الوسائط كعلم تشريح وبالفحص المجهري والتصوير الميكروسكوبي للخلايا أمكن اكتشاف الكثير من النظم البنائية الداخلية ومنها النظم البنائية المتواجدة في اجنحة الجندب والحشرات والتراكيب الداخلية للخلايا النباتية والحيوانية وعيون الحشرات.

من الملاحظ ان النظم البنائية للڤورونوي في الطبيعة سواء ظاهرية او مجهرية فإنها نظم تتحقق فيها العديد من العلاقات الفنية كالتشابك، والاشعاع والتماس والتداخل وترابط اجزاءه حتى يمكن ادراكها كشبكية غير منتظمة قوامها مساحات قد تكون شبه هندسية او عضوية او تجمع بين الاثنين .

شكل (١٢)

تطبيقات مخططات الڤورونوي :

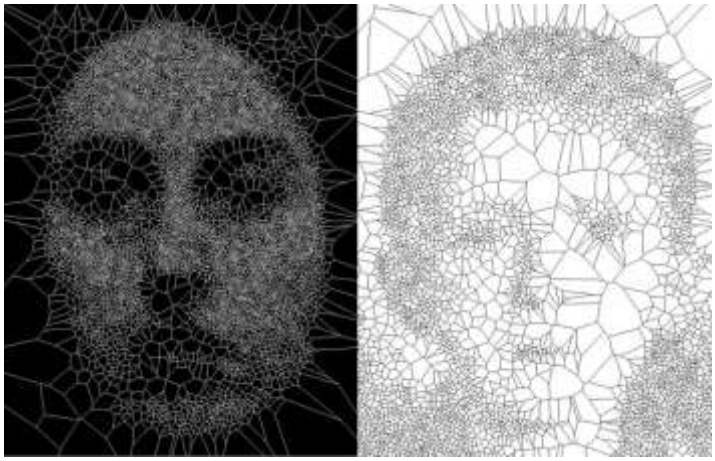
تعتبر مخططات فورونوي من المفاهيم القليلة المتداخلة والموجودة في الكثير من العلوم؛ على سبيل المثال وليس الحصر، علم الانسان، علم الآثار، علم الفلك، علم الأحياء، علم الخرائط، علم الكيمياء، علم هندسة رياضية حاسوبية، علم البلورات، علم البيئة، علم إدارة الغابات، الجغرافيا، الجيولوجيا، علم اللغويات، التسويق، علم المعادن، علم الأرصاد الجوية، بحوث العمليات، علم الفيزياء، علم وظائف الأعضاء، علم الاستشعار عن بعد، الإحصاء، والتخطيط الإقليمي والعمراني. (Okabe, Boots, Sugihara, & Chiu, 1992) ففي العلوم الطبيعية يستخدم مخطط فورونوي في تصميم نموذج لعدد من الهياكل البيولوجية المختلفة، بما في ذلك انسجة الخلايا والنظام البنائي الدقيق للعظام. شكل (١٣) كما إن مخططات الڤورونوي تعمل كأداة هندسية لفهم القيود المادية التي تقود تنظيم الأنسجة البيولوجية. كما يستخدم في الفيزياء لتوليد مناطق التجانس المعدلة على الصور، اضافة الى تدفقات لإشارة لكل منطقة. اما في علم البيئة فقد استخدم مخطط الڤورونوي لدراسة أنماط نمو الغابات وظلل الغابات، والتنبؤ بحرائق الغابة. وفي الهندسة المعمارية شكلت بنائية مخططات الڤورونوي الأساس في جذب اهتمام الكثير من المهندسين والمعماريين والفنانين بسبب هياكلها ذات النظم البنائية الجمالى. (Encyclopedia, 2002)كما في الشكل (١٤) وكانت زها حديد من أوائل المهندسين حيث أبهرت بإبداعها مختلف العواصم العالمية واعتبرتها الأوساط المعمارية أنها أكبر مهندسة معمارية عرفها العالم .



شكل (١٣)

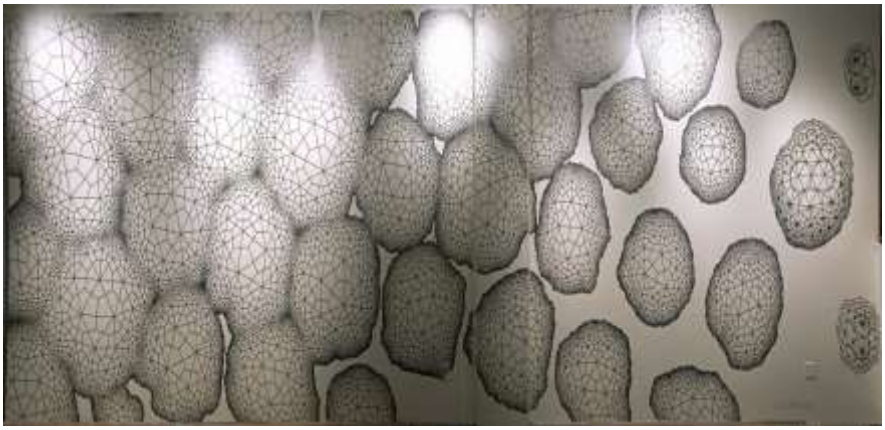
شكل (١٤)

اما في الفنون البصرية أمكن توليد مخططات الفورونوي باستخدام عدة خوارزميات في برامج مثل الجافا او ريفيت لاستحداث مجموعة من النقاط العشوائية او المدروسة واستخدامها بصورة فنية. فقدم الفنان جولان ليفين Golan Levin عملة الفني "تقسيم وعلامة" في شكل (١٥) وهي دراسة للقدرات التخيلية في تطبيقات الفورونوي البيانية، ومن منطلق تواجد الفورونوي في الطبيعة استخدم جولين ليفين في هذه الأعمال الفنية خوارزميات الفورونوي ، وعمل على تعديل صور حقيقية لأشخاص مشردين ، وانتجت هذه الأعمال لمجلة الحديقة البريطانية التي تصدر كل ثلاثة أشهر، وعمل على محاكاة أشكالهم بتسجيل الانفعالات في وجوههم عن طريق برامج الجرافيك ، كما قام الفنان بوضع الألاف من النقاط في الصورة كما هي في الصورة الأصلية ؛ فقد جعل التدرجات الغامقة ذات نقاط أكثر والفاتحة أقل ، وقد استخدم هذه الآلية للحساب باستخدام تطبيقات الفورونوي البيانية وقد تم تنفيذ المشروع تنفيذاً كلياً في تطبيق الجافا..
(Bohnacker, Grob, & Laub, 2012)

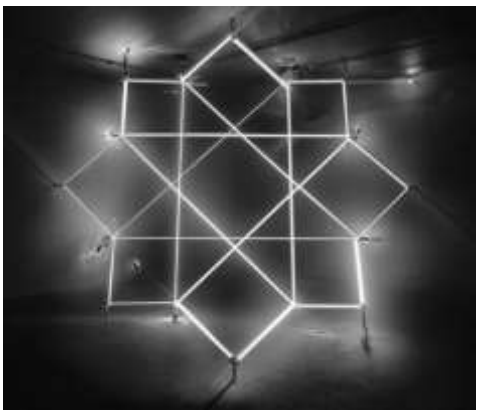


شكل (١٥)

اما الفنان كلينت فولكيرسون Clint Fulkerson فقد قدم أعمال فنية تحتوي على أنماط وأشكال معقدة باستخدام النظم البنائية للفورونوي كما هو موضح في شكل (١٦) حيث استخدم طريقة رسم الفورونوي عن طريق تثليث ديلاوني، كما يستخدم كلينت عدد لا يحصى من التأثيرات التي يقوم بدمجها جميعاً، فإن بعض من هذه التأثيرات تأتي بدراسة كاملة عن العلوم والرياضيات، وتكنولوجيا المعلومات، ويهتم أكثر الفنان كلينت للفيزياء والفلسفة وعلم ما وراء الطبيعة (الميتافيزيقيا). وقدم الفنان جيمس نيزام James Nizam تركيبات ضوئية ذات نظم بنائية هندسية وذلك باحداث ثقوب في نافذة معتمة لتوجيه شعاع الضوء ومن ثم انعكاسه على قطع مرايا موزعة بطريقة فنية فينتج عنها بنى هندسية مضيئة. شكل (١٧). كما قدم الفنان حازم حرب مجموعته بعنوان البصيرة ٢٠١٤ والتي لا تعني مجرد رؤية الشيء بل تعني أيضا رؤية ما هو أعمق من ذلك، ماوراء الوجود، فهي تعبر عن الإحساس بالشيء ورؤية كل ما هو متعلق بالصورة المجردة . شكل (١٨)



شكل (١٦)



شكل (١٧)

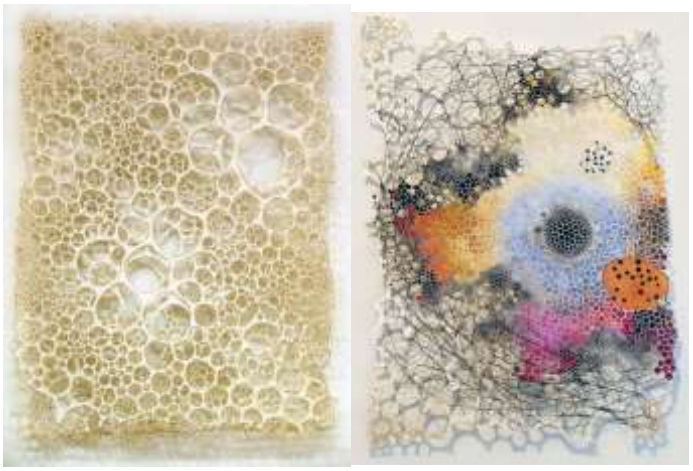
شكل (١٨)

كما استفاد مارك كوين Marc Quin في أعماله على حدقة العين شكل (١٩) وهي عبارة عن تعبير لواقعنا الذي نعيش فيه، حيث نواكب عصر الانترنت والتواصل الاجتماعي وما تحتويه من تطور وتغير في كل شؤون الحياة باعتبارها مرآة للروح والنافذة التي ترى العالم والحياة بكل تطوراتها ومتغيراتها ما قدمت الفنانة جاتا كوسمالا Gata Kosmala فلسفة الحدس في مجموعة من الاعمال الفنية، شكل (٢٠) والتي تشير إلى نوع من المعرفة التي لا تستخدم المنطق والاختصاص

شكل (١٩)

شكل (٢٠)

اما الفنانة المعاصرة كارين مارغوليس Karen Margolis فقد عبرت في اعمالها عن الحال الكامن في دواخلنا برسم أنماط جزيئية تظهر في أدمغتنا عندما نمر بمراحل مختلفة للعقل فالاضطرابات التي تصارع عقولنا تمر بمراحل مختلفة عبرت عنها مستخدمةً الخرائط القديمة حيث تقوم بحرقها بأسلوب معين وهو الاعتماد على شكل الدوائر، وتعني اختلاف الألوان عن التغيرات المزاجية، بينما تعكس ترتيبات اللون الأسود على الركود العقلي. شكل (٢١) وعبر الفنان تريفر نيكولاس Trever Nicholas ببحثه الدائم في العالم المادي لخلق تجارب استثنائية باستخدم النظم البنائية الهندسية في تصميم المجسمات، حيث اعتمد في اعماله الفنية على المستهلكات من البيئة مثل ورق الكرتون الخشن. شكل (٢٢) كماعبر الفنان آندرياس فيشر Andreas Fischer عن التواصل التكنولوجي بالعلاقات الهندسية من خلال فكرة عمله المبنية على القانون الألماني وهو مراقبة الاتصالات اللاسلكية، شكل (٢٣) ويمثل هذا المجسم تخيل لبيانات التواصل اللاسلكية واصفاً حركاته في برلين لمدة أسبوع، فقد تم جمع البيانات باستخدام برنامج كتب خصيصا لهذه الغاية .



شكل (٢١)

شكل (٢٢)

شكل (٢٣)

التجربة العملية:

اعتمد الإطار التطبيقي على ايجاد مداخل تجريبية من خلال الاستفادة من النظم البنائية للڤورونوي لانتاج اعمال فنية في الرسم والتصوير. وتركزت التجربة العملية المنطلق التشكيلي المعتمد على العلاقات التشكيلية وبنائية الشكل من خلال النظم البنائية للفورونوي. وذلك بالاستفادة من النظم البنائية للڤورونوي ومعالجتها فنيا وتشكيليا باستخدام الوسائط المتنوعة الزيتية والاكريليك. والوسائط الرقمية كبرنامج الفوتوشوب Adobe Photoshop والاليستريتور .Illustrator واعمال تصويرية ثلاثية الابعاد تعتمد على تمثيل المفهوم بأسلوب التجهيز في الفراغ من برنامج 3 D MAX كوسيط رقمي .

التجربة الاولى :

اعتمد العمل الفني على تقديم بصري لمبدأ النسبة الذهبية من خلال تطبيق النظم البنائية للفورونوي وذلك بالدمج بين ماتقدمه النسبة الذهبية من علاقات رقمية وهندسية (المعتمدة على نسبة ١,٦ للفيلسوف افلاطون واقليدس والمقاييس التي تتحدد في الطبيعة والتي تتضح بشكل أساسي في الحلزون) وما يقدمه النظم البنائية من بنائية في التكوين المعتمد على تثليث ديلاوني والمتمثلة في النظم الظاهرة والغير ظاهرة في الطبيعة والتي تميز فرادة البناء العضوي ومانراه في المجهر. وذلك بالاستفادة من البنية الحلزونية حيث تشكلت خلايا الڤورونوي العضوية من توزيع النقاط بنظام حلزوني مرتبة وملتفة حول بعضها دون أن تلتقي في نقطة واحدة حيث تأخذنا الى اللانهاية. والتشكيل الحلزوني للنسبة الذهبية من خلال تشكيل بصري بنائي بحيث راعت فيها شفافية اللون والاحبار للاستفادة من قانون الانتشار والذي يتكون بصورة طبيعية نظرا للتشعب التركيبي الناتج من انتشار اللون على سطح الورقة. شكل (٢٤)

شكل (٢٤)

التجربة الثانية :

اعتمد العمل الفني على نظرية الوسائط كعلم تشريح لبصمة العين وملاحظة مافيها من أشكال هندسية عضوية غير متماثلة باعتبارها متفردة لتعطي الانسان بصمة تميزه عن غيره. توضح هذه التجربة دراسة لبصمة العين من خلال النظم البنائية المجهرية للڤورونوي كعنصر تشكيلي في العمل الفني. شكل (٢٥)

شكل (٢٥)

التجربة الثالثة :

ينطلق العمل من مفهوم البصيرة والنور الداخلي فالبصيرة هو نور يبصر به القلب كما أن البصر نور تبصر به العين وهو نبع داخلي ينبثق من أعماق الذات ولا يمكن تلقينه. اعتمد العمل الفني على توزيع النظم البنائية للڤورونوي بحيث يجمع بين ثلاث بنى مختلفة البنى القطبية الذي يربط مجموعتين متقابلتين بينهما علاقة ديناميكية والبنى الشعاعية حيث ان كل خلاياالڤورونوي تنبثق من البؤرة الجانبية والبنى المحورية حيث ان كل الخلايا التفت حول البؤرة وأيضا من خلال التضاد اللوني بين الألوان المضيئة والداكنة دلالة التقلب المستمر حتى الوصول الى النور مما يؤكد على فلسفة البصيرة والنور الداخلي. شكل (٢٦). كما تم معالجة العمل رقميا من خلال استخدام تقنيات برنامج Autocad و D max3 والاستفادة من تقنية الليزر في بنائية العمل الفني علي شكل ثلاثي الابعاد كما في الشكل (٢٧)

شكل (٢٦)

شكل (٢٧)

النتـــائج :

من خلال الدراسة النظرية والتجريبية، توصلت الباحثة إلى النتائج التالية:

- إمكانية الاستفادة من النظم البنائية للڤورونوي كمدخل في الرسم والتصوير.
- البنى الهندسية للڤورونوي من المداخل التي تحفز الفنان المبدع نحو الجديد في إنتاج أفكار غير المسبوقة وصياغات تعبيرية مبتكرة في مجال الرسم والتصوير.
- تساعد التكنولوجيا الرقمية الحديثة على توفير معالجات تشكيلية بأداء تقني عالٍ في مجال التصوير.
- امكانية الربط والمزاوجة بين التطورات العلمية بنظرياتها الحديثة وعالم الابداع في مجال الرسم والتصوير.
- هناك علاقة دائمة بين الاكتشافات والنظريات العلمية وبين الفنون لارتباط التقنيات الحديثة بالنظم والقوانين الهندسية والرياضية المختلفة.
- إمكانية المزج بين التقنية الحديثة المتمثلة في عالم الكمبيوتر وبرامجه المتطورة وبين عالم الفنون كمداخل في الرسم والتصوير .

التوصيات :

على ضوء نتائج الدراسة النظرية والتجريبية، توصي الباحثة بالآتي :

- ان بنائية الڤورونوي ومظاهر تواجده بشكل عام وتطبيقاته الهندسية تحتاج الى المزيد من البحث والدراسة للاستفادة منه في مجال الرسم والتصوير.
- تعميق دراسة النظم الرياضية والهندسية للڤورونوي وربطها بمجال التصوير.
- إجراء الدراسات الفنية التي تهتم بتناول ودراسة الهندسة الحاسوبية وتطبيقها والاستفادة منها في مجال التصوير.
- الاهتمام بدراسة برامج الكمبيوتر ثنائية وثلاثية الابعاد.
- ضرورة الربط بين الفن والعلم ومسايرة التطور العلمي للكشف عن مداخل جديدة للابداع.
- الاتجاه لجوانب العلوم المختلفة والإفادة منها في مجال التصوير.
- الاستفادة من التكنولوجيا الحديثة وتقنياتها في مجال الرسم والتصوير

قائمة المراجع باللغة العربية

- ابو النوارج، فاطمة (١٩٩٤)، التذوق الفني في الطبيعة، القاهرة
- ريد١، هربرت (١٩٦٢)، تعريف الفن، ترجمة: إبراهيم إمام ومصطفى الأرنؤطي، القاهرة: دار النهضة العربية
- دسوقي، محمد محمود (١٩٩٠)، حوار الطبيعة في الفن التشكيلي، القاهرة: مطبعة نصر الاسلام
- ريد٢، هربرت (١٩٧٠)، التربية عن طريق الفن، ترجمة: عبد العزيز توفيق، الهيئة العامة للكتاب

قائمة المراجع باللغة الانجليزية

- Bohnacker, H., Grob, B., & Laub, J. (2012). Generative Design: Visualize, Program, and Create with Processing. New York: Princeton Achitectural Press.
- French, K. L. (2012). The Hidden Geometry of Life: The Science and Spirituality of Nature. London: Watkins Publishing.
- Liebling, T., & Pournin, L. (2010). Voronoi Diagrams and Delaunay Trianglations: Ubiquitous siamese twins.
- Livio, M. (2003). The Golden Ratio: The Story of Phi, The World's Most Astonishing Number. New York: Broadway Books.
- Okabe, A., Boots, B., Sugihara, K., & Chiu, S. N. (1992). Spatial Tessellations: Concepts and Applications of Voronoi Diagrams. Chichester: Wiley.
- Pickover, C. A. (2000). The Pattern Book: Fractals, Art, and Nature. Singapore: World Scientific Publishing.
- Posamentier, A. S., & Lehmann, I. (2007). The Fabulous Fibonacci Numbers. New York: Prometheus Books.
- Preparata, F. P., & Shamos, M. I. (1985). Computational Geometry: An Introduction. Ithaca: Springer.
- Putte, T. V. (2009). Using the discrete 3D voronoi diagram for the modelling of 3D countinuos information in geosciences. utrecht: Utrecht University.
- Read1, H. (1984). The Meaning of Art. London: Faber & Faber.
- Sala, F. (2013). Geometry Makes Me Happy. Aragó, Barcelona: Sylvie Estrada.

المراجع الالكترونية:

- Encyclopedia, W. H. (2002). Voronoi Diagram, Access date, February 10, 2017, from: http://www.gutenberg.us/article/WHEBN0000177668/Voronoi%20diagram
- Harb, H. (2016). Hazem Harb, Access date, January 20, 2017, from: http://www.hazemharb.com/?q=artworks
- imath. (2008). Georgiy Voronoï. Access date, November 19, 2016, from: http://www.imath.kiev.ua/~voronoi/VORONOISCENTENARY.html
- Kosmala, A. (2015). agata kosmala art , Access date, January 10, 2016 from: http://agatakosmala.com/2015/12/31/between
- Margolis, K. (2016). Karen Margolis art, Access date, January 8, 2016 from: http://www.karenmargolisart.com/new-page-1/
- Nicholas, T. (2011). Luma, Access date, August 19, 2015 from: http://www.trevernicholas.com/portfolio.html
- Quinn, M. (2009). Irises. Access date, January 8, 2016 from: http://marcquinn.com/artworks/single/we-share-our-chemistry-with-the-stars-iris-lc-150l

Steven, P. (2015). Zaha Hadid's serpenti installation showcases bulgari jewelery, Access date, February 3, 2017 from: http://www.designboom.com/architecture/zaha-hadid-bulgari-serpenti-installation-milan-design-week-0