Al-Academy Journal
Issue 121
Journal homepage: https://jcofarts.uobaghdad.edu.iq
ISSN(Online) 2523-2029/ ISSN(Print) 1819-5229
DOI: https://doi.org/10.35560/jcofarts1756

The effectiveness of kinetic art within the Delaunay algorithm in industrial design

Qusay Sattar Abdul Karim [a] *Ali Ghazi Matar* [a]

[a] *University of Baghdad / College of Fine Arts /Department of Design*

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

ARTICLEINFO

Article history:
Received 25 June 2025
Received in revised form 18 July 2025
Accepted 20 July 2025
Published 1 April 2026

Keywords:
kinetic art, Delaunay algorithm

ABSTRACT

This research examines the evolution of sciences and arts throughout human history. Its significance lies in providing references that contribute to and aid in developing sources of inspiration and imagination for the industrial designer. This enables them to present their intellectual, aesthetic, and functional inputs, which contribute to enhancing the potential for induction and the future of the industrial product. This is achieved through scientific material and its translation into the practical reality of design, manifested in functional-kinetic forms imbued with meanings and connotations related to the directions of kinetic art and its applications in industrial design under the Delaunay algorithm.

DOI: https://doi.org/10.35560/jcofarts1756
Qusay Sattar Abdul Karim, Ali Ghazi Matar: The effectiveness of kinetic art within the Delaunay algorithm in industrial design
Al-Academy Journal - Issue 121 -ISSN(Online) 2523-2029 /ISSN(Print) 1819-5229

فاعلية الفن الحركي ضمن خوارزمية ديلوناي في التصميم الصناعي

قصي ستار عبد الكريم[1]
علي غازي مطر[1]

الملخص:

تناول البحث الحالي تطور العلوم والفنون على مدى التاريخ الإنساني، حيث تلخصت الأهمية بإضافة مرجعيات تساهم وتساعد في تطوير مصادر الالهام والتخيل لدى المصمم الصناعي ليقدم معطياته الفكرية والجمالية والوظيفية التي تسهم في رفد إمكانية الاستقراء ومستقبل المنتج الصناعي من خلال المادة العلمية وترجمتها الى ارض الواقع التصميمي في صيغ وظيفية حركية تحمل في طياتها معاني ودلالات في اتجاهات الفن الحركي واشتغالاته في التصميم الصناعي عبر توظيف خوارزمية ديلوناي، وتلخصت المشكلة عبر التساؤل ماهي فاعليه الفن الحركي في ادراك المنتج الصناعي ضمن نطاق خوارزمية ديلوناي؟، وقد تلخص الهدف في الكشف عن اشتغالات الفن الحركي في تصميم المنتج الصناعي ضمن خوارزمية ديلوناي، وتلخصت النتائج بمبدأ الثبات الذي يتحقق مادياً، بينما الحركة تظل وهمية بسبب غياب الآليات التفاعلية في جميع النماذج.

الكلمات المفتاحية: الفن الحركي، خوارزمية ديلوناي

مشكلة البحث: بدأت الخوارزميات بالدخول في كافة التطبيقات والعلوم الحديثة ولم تقتصر على الهندسة والرياضيات بل توجهت الى التصاميم بصورة رئيسية ومن خلال ما تم التعامل مع التصاميم بشكل عامة ولاسيما وبالاخص التصميم الصناعي الذي يبدع تصاميم منتجات بصورة مستمرة، حيث ان ما عكسته التطورات الحديثة في مجال الخوارزميات واستخدامها لابتكار تصميمات جديدة لهذه البناءات جعلها محل اهتمام في مجال التصميم الصناعي ولكون هذه الخوارزمية تعتمد بصورة رئيسية على عدة نقاط تمثل الهيئة الشكلية للمنتج الصناعي لغرض اثارة انتباه المتلقي من خلال تطبيق الخوارزمية يصبح لدى المصمم القدرة على التعامل بصورة اسهل من الناحية الشكلية التي يمكن ان تكون بأشكال مختلفة متجدده يندرج ضمنها نسق التثليث الذي يعتمده منهج ديلوناي الذي يسلط هذا البحث الضوء باتجاهه، حيث من خلال التقنيات المستخدمة في التصميم للمنتج الصناعي بالإضافة للاستفادة من هذه الدراسات والخوارزميات وادخالها في عملية التصميم، اذ يرتبط الفن الحركي بالعديد من الظواهر لتطبيق الحركة الفعلية في الفن عبر وسائل يدوية او الية، اذ يعد حالة من السكون مبنية مع حركة مستمرة نتيجة تصادم المتناقضات وتعادل الاتجاهات وهذه يمكن تمثيلها بحالات الاتزان أو الانسجام في العالم المادي أن هذا الانسجام يمكن أن يتحقق في العمل التصميمي لإعطاء منتجات ذو فن حركي ضمن هيئة المنتج الصناعي. وقد تلخصت المشكلة البحثية بالتساؤل التالي. ماهي فاعليه الفن الحركي ضمن نطاق إدراك المنتج الصناعي في ظل خوارزمية ديلوناي؟

أهمية البحث: تكمن أهمية البحث في إضافة مرجعيات تساهم وتساعد في تطوير مصادر الالهام والتخيل لدى المصمم الصناعي ليقدم معطياته الفكرية والجمالية والوظيفية التي تسهم في رفد المصمم الصناعي إمكانية استقراء مستقبل المنتج الصناعي من خلال المادة العلمية وترجمتها الى ارض الواقع التصميمي في صيغ وظيفية حركية تحمل في طياتها معاني ودلالات في اتجاهات الفن الحركي واشتغالاته في التصميم الصناعي في ظل خوارزمية ديلوناي بما يسمح للمتخصصين في الإفادة من نتائجه في تعزيز أفكارهم التصميمية.

هدف البحث: الكشف عن اشتغالات الفن الحركي في تصميم المنتج الصناعي ضمن خوارزمية ديلوناي.

تحديد المصطلحات:

خوارزمية ديلوناي: هي خوارزمية تعتمد على تقسيم المسطحات أو المساحات وتحويلها إلى مجموعة من المثلثات وتعتمد في تعريفها على مجموعة من المثلثات المكونة من مجموعة منفصلة من النقاط والتي لها شرط أساسي وهو أن لا يقع أي من هذه النقاط على محيط دائرة المماس الواصلة بين كل ثلاث نقاط (Ameesh, 2024, p. 159)،حيث تستخدم الخوارزمية الأساسية استراتيجية فرق تسد، وهي اتحاد مجموعة من مبرمجي الخوارزمية يتم تحديد كل مشكلة فرعية بواسطة منطقة مثلثات ديلوناي.

الفن الحركي:

[1] كلية الفنون الجميلة / جامعة بغداد / قسم التصميم

وهو فن يضم حركة حقيقية او ميكانيكية او تلقائية, ويرجع أساس الفن الحركي الى المذهب الانشائي ومن مبادئ هذا المذهب (الزمن –التغير – التلقائية), ظهر عام (1913-1920م) , وهو الذي يختص بالحركة الفعلية أي التحرك بقوة دافعة سواء كانت هذه القوة طبيعية او ميكانيكية، والقوى المستخدمة من تدخل الانسان نفسه في تحريك الاشكال وقد تكون الحركة على نظام واحد او متقطعة او تتخللها فترات من السكون (Eid, 2019, p. 212).

الاطار النظري:

مفهوم الفن الحركي:

يعني الفن الحركي (Kinetic Art) يُعتبر أحد التيارات الفنية الحديثة التي تجمع بين الحركة والضوء لخلق **أعمال** تفاعلية تتغير مع الزمن أو بتأثير العوامل الخارجية في سياق التصميم الصناعي، وتعود نشأة الفن الحركي الى عجلة الدراجة لمارسيل دوشامب ركز الاهتمام على ابتكار شيء من الحركة في المنحوتات تعمل بشكل مفتعل او غير مفتعل , كتأثير التيارات الهوائية او تلك التي تسببها الحركة القصدية بفعل المحركات , ويعتبر (الكسندر كالدر) رائد هذا الفن (Ezzat, 2020, p. 88).

ويُستخدم هذا الفن لتعزيز الجمالية والوظيفية عبر دمج الحركة الحقيقية أو الإيهامية في المنتجات (Ezzat, 2020, p. 91). وهو يعنى بالفن الذي يشتمل على الحركة الفعلية، أو الظاهرة، وقد ارتبط هذا الفن بالعديد من الظواهر حيث تطبق الحركة الفعلية في الفن من خلال وسائل ميكانيكية يدوية أو محركات كهربائية، أو بواسطة الاتزان الحر المعلق مع تيارات الهواء، فضلا عن أن التوازن الكامل الذي يمثل حالة من الانسجام والتعادل، اذ يعد حالة من السكون مبنية مع حركة مستمرة نتيجة تصادم المتناقضات وتعادل الاتجاهات وهذه يمكن تمثيلها بحالات الاتزان أو الانسجام في العالم المادي أن هذا الانسجام يمكن أن يتحقق في العمل التصميمي، فيما، من خلال ذلك يظهر أن الحركة في العمل تخضع لقانون ثابت يرتبط بقوانين الحياة وعلى منفذ العمل سواء أكان رساماً أم نحاتاً أم سينما أم مسرحياً أم مصمماً وغيرهم أن يكافحوا من أجل خلق الحركة لمفردات العمل التصميمي بحيث يستطيع المتلقي أن ندرك تلك الحركات التي تظهر أحياناً غير مستقرة، كذلك ندرك أن هناك تعبير يمكن أن يكون قريب الحدوث .(Diwan, 2013, p. 22)

حيث يعتبر الفن الحركي من الواجهات التي تمت معالجتها في التصميم الصناعي والعمل عليها بحيث أصبحت جزء مهم في المنتجات الصناعية في عملية التنفيذ.

أنماط الحركة في ظل مفهوم الفن الحركي

وتصنف الحركة على أساس الانتقال والتغير بالموقع أو على اساس ثبوت الشيء مع حركة ما حوله وهناك تصنيف اخر يعرف بأنماط الحركة نسبة الى موضع الانسان وهي كالاتي :

أولاً: الحركة الخطية :

وهي حركة أما ان تكون مستقيمة واما مقوسة واما منحنية واما خطوط متوازية بالمحور نفسه اذ يكون الاتجاه فيها واضحا و تتوزع الفعاليات على جانبي تلك الحركة, يمتاز هذا النظام بوضوح القصد وسهولة الوصول إلى الأجزاء (Al-Yasiri, 2006, p. 31)، كما في منتج الحركة الخطية للساعة الجدارية.

منتج صناعي يوضح طبيعة الحركة الخطية فيه من خلال الحركة للداخل وبالعكس وتوليد فن حركي من خلالها

الحركة الدورانية :

وهي حركة تكون دائرية أو حلقية مقفلة أو حلزونية ، اذ تكون الحركة عبر محور رئيسي محيطي يتم الوصول إلى الأقسام المختلفة و الفعاليات المتنوعة، يمتاز هذا النظام بأن الحركة تكون حول شاخص أو عنصر رئيس في منتج التصميم أو تسلسل في العرض (alsayid, 1990, p. 35)، ومن جانب اخر ناخذ الحركة الدورانية من خلال نظرية الجشطالت والتي تأسست على يد عدد من المفكرين منهم ماكس فيرتيمير وكورت كوفكا فهي ركيزة لفهم الادراك البشري كعملية كلية لاتختزل الى أجزاء منفصلة تبين تحليلا للحركة الدورانية في التصنيع لا سيما في عمليات مثل القولبة الدورانية حيث يدرك النظام الصناعي ككل متكامل يتفاعل مع عناصره لتحقيق هدف محدد **(Al-Rubaie, 2013, p. 54)**. دمج نظرية الجشطالت في فهم الحركة الدورانية يُبرز أهمية الإدراك الكلي والتفاعل بين العناصر في التصنيع، من تصميم القوالب إلى تحسين الدورات الإنتاجية، تُقدم هذه النظرية عدسةً فريدةً لتحويل التحديات إلى فرص ابتكار. كما تُذكرنا بأن الكل أكبر من مجموع أجزائه مبدأٌ ينطبق على كلٍ من العقل البشري والآلة الصناعية.

الحركة الشعاعية :

وهي الحركة التي تتوزع و تتشعب من نقطة وسطية مركزية حيث تؤدي جميع المحاور فيه إلى بؤرة مركزية و جميع التفرعات من تلك المحاور ثانوية تمتاز هذه الحركة بإمكانية التوسع الهائل لها مع بقاء ارتباطها بالمركز وإن كان هذا التوسع يخلق ضغطاً على المنطقة المركزية (Al-Qassab, 1998, p. 45)، كما في مضخات الطرد المركزي الموضحة

ومن الجدير بالملاحظة انه قد يشترك شكلان أو أكثر من أنواع الحركة المذكور بها انفا في المنتج نفسه فقد يكون ذلك أصلاً من خلال مخطط التصميم الأساسي أو جراء التوسعات التي تطرأ على المنتج مما يخلق نوعاً من التشويق و المتعة .

أبعاد الفن الحركي في التصميم الصناعي

للحركة في التصميم الصناعي ثلاثة أبعاد تخلق الاحساس بوجودها، وهي الاتجاه(Direction)، والايقاع (Rhythm) والسرعة (Speed) وان استخدام تلك الأبعاد والتحكم في شدتها يعتمد على عدة مفاهيم منها الوظيفية ، والجمالية والتعبيرية ،فلكل منها خصوصية تتبع خصوصية المتلقي (Al-Shaikhli, 1997, p. 65).

البعد الأول - الاتجاه : يرتبط معنى البعد الأول المتمثل بالاتجاه ارتباطا وثيقا بمعنى الحركة فهو ذلك المسار الذي يقود العين من جهة الى أخرى، وفي التصميم الصناعي ذي البعدين الحقيقيين ستة اتجاهات رئيسية، أربعة منها حقيقية، مثل الاتجاه الأفقي والعمودي ، والاتجاه المائل الى اليمين ، والمائل لليسار، تتفرع من تلك الاتجاهات الأربعة الرئيسية اتجاهات أخرى ثانوية، أما الاتجاهان الاخران فهما اتجاهين محسوسين وهميين والمتمثلين باتجاه الدخول لنظام التصميم، والآخر باتجاه الخروج منه، وكل من هذين الاتجاهين قد يكون بشكل عمودي من والى العين البشرية أو بشكل مائل تبعا لزاوية سقوط النظر، ويمكن تحقيق هذين الاتجاهين من خلال الايهام بالفضاء والعمق الفضائي، بكافة الوسائل المتاحة للمصمم، لكل اتجاه من تلك الاتجاهات تأثيره الخاص على الناظر (Lubna, 1999, p. 42). ويمكن القول بان الاتجاه يعد من العناصر الرابطة التي يمكن الإحساس بها من طريق طبيعة العناصر التي لها القابلية على توليد الإحساس بالحركة والتوجيه فهي أما أن تكون مستمرة في اتجاه معين وأما أن تغير من هذا الاتجاه

البعد الثاني – الايقاع: ان لكل حركة كي تستمر لابد لها أن تمتلك نغماً معيناً، فالنغم هو الصفة المميزة للحياة وهو صفة مميزة لكل الكائنات والايقاع في ابسط صورة يمثل نبضاً منتظماً مثل ضربات القلب وهو يمثل الموسيقى في التصميم ،اذ يحصل الاحساس بالايقاع في التصميم الصناعي من خلال الارتفاع والانخفاض بمستوى التاثير في القيمة او الملمس او اللون وغير ذلك بشكل مرئي، ويمكن الاحساس بالايقاع بشكل واضح من خلال التكرار والتوالي والتناوب كونه وسيلة لخلق تنعيم مركب وعلى ضوء ما تقدم فان للايقاع عنصران أساسيان هما (Al-Butani, 2005, p. 11):

1- الوحدات Unities:
2- الفترات Intervals:

كذلك للايقاع أشكال كما يأتي:

أ- **الايقاع التام المنتظم**
ب- **الايقاع غير التام المنتظم**

1) الايقاع المتناوب
2) الايقاع المتزايد والمتناقص

ج- **الايقاع الحر أو المتنوع** يسعى الى توحيد فاعليتها، فإنه بذلك يتمكن من ان يخلع على حقله التصميمي ايقاعاً تنظيمياً خاصاً به يكسبه صبغة زمانية و مكانية وموضوعية متفاعلة بديناميكية فيما بينها (Al-Jubouri, 1997, p. 36).

ومن هنا يمكن الاشارة الى إن التكرار والتردد والتناظر والتماثل هي بمثابة اظهارات تقنية فاعلة للايهام بالحركة والجدة في استحداث بنيات تصميمية مبتكرة لتصميم منتجات محققةً للتحفيز والتوجيه البصري للمتلقي لتوافقها الحركي مع مدركاته مثال ذلك غطاء التبريد اذ يحتوي على مجموعة من الخطوط مرتبة بشكل متناسق من خلال الاستمرار والتشابه بالحجم والشكل ومكانه في ضوء حركة هذه القطع المستقيمة الى الأعلى والاسفل بالسرعة نفسها.

البعد الثالث - السرعة: السرعة هي الحركة خلال زمن معين فلابد لكل حركة من معدل سرعة معين كان يكون سريع أو بطيء، والسرعة في التصميم الصناعي ليست مطلقة بل نسبية، وان تسلسل وتتابع الوحدات في نظام التصميم يوفر وقت المتلقي ويضمن ايصال الرسالة المتمثلة بالتصميم الصناعي بسهولة ويسر. ومما سبق يمكن الاشارة الى أن السرعة هي معدل الحركات خلال فترة زمنية معينة اي أن للسرعة والزمن علاقة تتناسب بشكل عكسي، فباستطاعة المصمم أن يوحي بانتقال الوحدات السريعة من خلال تكرارها وتداخلها وفقدانها بعض خواصها التركيبية.

الفن الحركي في التصميم الصناعي:

من الحركة ما يكون حقيقياً سواء حصلت فيزيائياً أو فسيولوجيا أو بايلوجيا أو طبيعيا ومنها ما يحصل إيهاماً من خلال تغيير صفات الأشكال، إذ "لابد لكل حركة من قوة مسببة لها ، وهذه القوة هي :أي تأثير إذا سلط على جسم ما معين ، سببت تغيرا في حالتها الحركية ، الحجمية ، الشكلية ، وتتوقف سرعة ذلك الجسم المتحرك على شدة القوة ، باعتبارها كمية متجهة تتسبب في تغيير اتجاه الأجسام" (Al-Douri, 1999, p. 43). يعتمد التصميم على الحركة فالحركة هي إما أن تكون :

أ. حركة حقيقية أي بمعنى إنها الشيء المتحرك فعلاً (الفيزيائية).

ب .حركة وهمية من شأنها إثارة أحاسيس ديناميكية تستخدم وسائل من شأنها إثارة الأحاسيس بالتغيير المكاني للشيء مع الاستمرارية لهذا التغيير.

إن التغيير الحاصل في الابعاد الحركية هو ناتج من تحريك موقع الجسم أو جزء منه بالاعتماد على إمكانية الخامات المستخدمة ،طواعية ومرونة ، وعلى ملمسها وعلى مقدار امتصاصها وانعكاسها للضوء وما يخلفه من **ظلال** وما يثيره في المتلقي من استجابات وردود أفعال تجاهها ، ويلعب الإيحاء دورا في الإيهام بوجود الحركة (Riyad, 1974, p. 298).

وتبرز أهمية تلك الابعاد لدى المصمم والمستخدم ، المصمم في ذات التصميم وفضائه الذي يشغله والمستخدم وفضائه وحركة التصميم ، والماديات والمسارات التي يبني بها وعلاقته مع بنية تصميم ،وتتطلب الانظمة التصميمية عدة مراحل أساسية للوصول إلى إمكانية إيجاد إنموذج تصميمي للمنتج الصناعي على وفق الابعاد الحركية، وهذه المراحل تستند في نجاحها الى الاتي (Al-Ghanim, 1998, p. 59):

1. **مفردات الحركة** :يجب أن يكون المصمم قادر على شرح ومناقشة أفكاره حول الحركة بوضوح تحقيقا لهذه الغاية،على الرغم من أنه قد يبدو للوهلة الأولى مترابطا عن بعد فقط فمثلا تنطبق كل مبادئ الحركة التي يستخدمها مصممي الرقص الحديث على حركة المنتجات في المقابل، سيقوم المصمم بإنشاء كلماته واصطلاحاته الخاصة مع تطور التعقيد الحركي (Matalab, 1977, p. 86).
2. **طرق رسم الحركة** :من أجل حل مشكلة حركية من الناحية الجمالية، فإن الكلمات وحدها لن تفعل ذلك يجب أن يكون المصممون قادرين على نمذجة المفاهيم المتحركة، يمتلك معظم المصممين الممارسين بالفعل التدريب والخبرة لإنشاء رسومات ونماذج بسيطة للكائنات الثابتة من هناك، ليست قفزة كبيرة لرسم نموذج حركي طالما أن المرء لا يهتم كثيرًا بالتفاصيل الهندسية الميكانيكية، يمكن أن يحتوي نموذج الرسم التخطيطي على معلومات وافرة لإيصال الفكرة. والتفاصيل أو العناصر الميكانيكية ليست ضرورية لمثل هذه النماذج، وفي الواقع، يمكن أن تصبح عائقا. طالما أن الرسم يتحرك كما يجب، فلا يهم كيف تم صنعه أو من ماذا عادة ما تكون الرسومات السريعة كافية لاثبات مفهوم الحركة (Dolphin, 2006 , p. 31).

3. **تسجيل الحركة:** من أجل تحليل حركة وتطويرها وصقلها بشكل فعال، يجب أن تكون قابلة للتكرار فهناك مجموعة متنوعة من طرق التسجيل التي تسمح للمصممين بالتقاط الحركة وستختلف هذه الطرق وفقا لطبيعة الرسم التخطيطي في بعض الأحيان يمكن لسلسلة من الرسومات أو الصور التقاط إيماءة في حالات أخرى.

خوارزمية ديلوناي:

هي خوارزمية تعتمد على تقسيم المسطحات أو المساحات وتحويلها إلى مجموعة من المثلثات وتعتمد في تفسيرها على مجموعة من المثلثات المكونة من مجموعة منفصلة من النقاط والتي لها شرط أساسي وهو أن لا يقع أي من هذه النقاط على محيط دائرة المماس الواصلة بين كل ثلاث نقاط, وإذا تقاطعت تلغى هذه النقطة وتعالج بطريقة تعرف بطريقة تمديد المثلث.

حيث تعد سونيا ديلوناي والتي كان لها دور فعال في تطوير حركة الفن الأورفيزم. والتي من خلال هذه الحركة انبثقت خوارزمية ديلوناي، وتميزت الحركة التي ظهرت في أوائل القرن العشرين باستخدامها للألوان الزاهية والأشكال الهندسية والشعور بالديناميكية. ولعبت أعمال ديلوناي دوراً رئيسياً في تشكيل هذه الحركة، واستمر أسلوبها الفريد في إلهام الفنانين حتى يومنا هذا، ومن خلال ذلك تبنت ديلوناي هذه الخوارزمية المثلثية والتي أعطت طابع جديد في المنتجات الصناعية (SLOAN, 1987, p. 54).

ويقسم التثليث المطبق على الهندسة الحسابية للبيانات المتعددة الأبعاد التي تتكون من الاضلع ومتعددة السطوح إلى مثلثات السطوح التي تشترك فقط في رؤوس المجسمات التي تكونت نتيجة الترتيب الشبكي للخوارزمية.

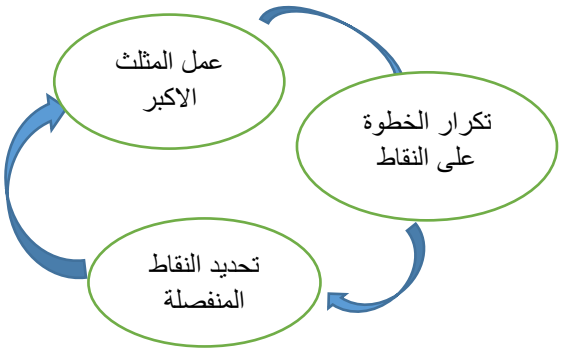
تطبيقات الخوارزمية في التصميم الصناعي:

لغرض فهم طريقة تطبيق مخطط ديلوناي في مجال التصميم الصناعي يمكن الإشارة الى خطوات انشاء الشكل وفق هذا المنهج وهي كالاتي:

1-تحديد عدد من النقاط المنفصلة على مساحة معينة وتثليث كل كتلة ذاتية بشكل متكرر حسب ترتيب حركة الاورفيزم بحيث تعطي طابع الترقيع الهندسي الذي من خلاله يتم تقسيم المجسم حسب طبيعة الخوارزمية والتي تتكون من مثلثات غير متوازية.

2-عمل ما يعرف بالمثلث الأكبر وهو مثلث يشمل بداخلها الجميع النقاط تختار أحد هذه النقاط ونوصلها مع النقاط الأساسية المكونة للمثلث الأكبر لتكوين مجموعة أخرى من المثلثات بحيث تثليث واجهات الجهات اليسرى واليمنى من خلال تطبيق ما تبنى رواد ديلوناي من حركة الأساسية التكعيبية ومنها اخذ أصول حركة الاورفيزم البناء التركيبي التزايدي.

3-تكرر هذه الخطوة على النقاط الأخرى بشرط أن تحذف المثلثات التي تقع على محيط الدوائر المتقاطعة مع النقاط وذلك بسبب تبسيط المجسم من خلال الحذف ويسهل تنفيذه عند العمل (jan wu, B.T, p. 1145).



مخطط توضيحي يبين مسار انشاء الشكل في مخطط ديلوناي في المنتج الصناعي

مثلثات ديلوناي:) Delaunay

يعد مثلث ديلوناي تثليثًا مهمًا نظرًا لتطبيقاته العديدة في إنشاء الشبكات في مجال التصميم إضافة الى قابلية استخدام العناصر المحدودة مثل التكرار-التوازن-الوحدة في التكوين-النسبة والتناسب. لمجموعة النقط باستخدام الموضع العام فريد من نوعه يمكن أن يصبح قابلا للاستخدام في بعض مجالات التصميم التي تتطلب مرونة إضافية لكي يسهل على المصمم الصناعي تشكيلها على

مجسمات المنتجات الصناعية. وتعد مثلثات ديلوناي ذات قيمة في ترتيب الاجزاء لأنها تعمل على تحسين العديد من المعايير الهندسية: مثل تنظيم أصغر زاوية في المنتج الصناعي، وأكبر دائرة محيطية تحيط في هيكلية المنتج، وأكبر دائرة احتواء أصغر جزء في التصميم. حيث ان دائرة الاحتواء الصغرى للمثلث هي أصغر دائرة تحيط به وبالنسبة للمثلث كونه لا يحتوي على زوايا منفرجة فتكون الدائرة المحيطة ودائرة الاحتواء الأدنى متماثلتين، ولكن بالنسبة للمثلث بالزاوية الاكبر، تكون دائرة الاحتواء الأدنى أصغر بحيث يكون الشكل الخارجي للمنتج ذو تثليث متناسق من حيث الشكل وغير متوازي من حيث القياسات للمثلث في الشكل نفسه **(Shewchuk, 2012, p. 165)**. حيث من خلال ذلك يتبين لدى الباحث ما أهمية المثلثات التي بدورها تقسم المجسم للمنتج الصناعي وتسهل عملية تشكيلة.

علاقة الفن الحركي بخوارزمية ديلوناي:

في الفن الحركي يستخدم الفضاء ك(مادة) لتشكيل العمل مثل منحوتات الكساندر كالدر المعلقة التي تتفاعل مع الهواء. بالمقابل استخدم ديلوناي في سلسله (النوافذ المتزامنة1912) اشكالا هندسية مجزأة لتمثيل ايقاعات ضوئية متغيرة محاكيا فكرة التحول الديناميكي في الفراغ هذا التشابة يبرر تقاطعا بين مفهومي الحركة الظاهرية (في الفن الحركي) والتجريد الهندسي المتزامن(لديلوناي) (Sweidan, 2014, p. 33).

وأضافت المفاهيم الفكرية للفن الحركي قيم جمالية وتعبيرية لكثير من التصاميم المعمارية التي تختلف بإختلاف فكره ومفاهيمه، وذلك من خلال إحداث حركات إيهامية أو موضوعية في عين المشاهد مما يضيف طابع من الحيوية والديناميكية على العمارة. فنجد أن ظهور الفن الحركي في العمارة في البداية تمثل في استخدام الخطوط المنحنية والمنكسرة والموجة وإنما الآن أصبحت الحركة فعلية تدخل في حركة جميع أجزاء المبنى ،حيث كانت الحركة تتم في العمارة من خلال إضافة أو حذف جزء من المبنى والتي كانت تسمى الموديولية التي تعتبر من العناصر الأساسية للحركة، ومع التقنيات التي تداخلت في مواد البناء أدى إلى إمكانية الإستغناء عنه خاصاً بعد الإتجاه إلى الحركة، وذلك عن طريق الخواص الفيزيائية التي تكون المبنى، وعلى الرغم من ذلك ستظل وحدة التصميم أحد خصائص العمارة الديناميكية (Ghala, B.T, p. 82).

تحليل نموذج(1)

المواصفات

المحرك	1.5لتر رباعي الأسطوانات
قوة المحرك	185 حصانا
عزم الدوران	300 نيوتن متر
ناقل الحركة	سبع سرعات
نظام الدفع	دفع امامي
الطرازات	ليمتد
الموديل	2023 يو ان أي في

يُظهر التصميم الحالي للمصد الأمامي تجسيداً واضحاً لمفهوم التطور الشكلي ضمن إطار الحركة الخطية، حيث تتجلى هذه الخصائص من خلال عدة مظاهر شكلية ووظيفية. يتميز التصميم بوجود توزيع خطي متدرج للفتحات الشبكية الأمامية، يعكس نمطاً تطورياً منتظماً في البنية الشكلية. يبرز هذا التدرج من خلال التغير المتسلسل في أبعاد الفتحات وفق محور أفقي رئيسي، مما يوحي بحركة بصرية مستمرة .تتجسد العلاقة مع خوارزمية ديلوناي في البنية الضمنية للتصميم، حيث تشير الترتيبات الهندسية إلى وجود علاقات مثلثية متطورة. تظهر هذه الخصائص بشكل خاص في التوزيع الطولي لوحدات الإضاءة الذي يشكل تتابعاً حركياً خطياً، متوافقاً مع مبادئ التدفق الهوائي الديناميكي. يعكس التصميم تحولاً شكلياً منتظماً عند تقاطعات الأسطح، مع الحفاظ على اتساق الخطوط الانسيابية الطولية التي تمتد على طول هيكل المصد من الناحية الوظيفية، يحقق هذا التكوين الخطي توازناً بين الجماليات الحركية والأداء العملي، حيث تساهم الفتحات الأفقية المتوازية في تحسين الكفاءة الهوائية مع تعزيز الإدراك البصري للحركة التقدمية. يمكن تطوير هذا المفهوم عبر دمج أنظمة إضاءة ديناميكية قابلة للتعديل وفق سرعة المركبة، مع إعادة توظيف خوارزمية ديلوناي لتحسين نمذجة توزيع الفتحات الشبكية بشكل أكثر ديناميكية وكفاءة .يُستنتج أن التصميم الحالي يمثل تمثيلاً ناجحاً لمبادئ التطور الشكلي في الحركة الخطية، مع إمكانات تطويرية واعدة لتعزيز التفاعل بين الشكل والوظيفة في المنتجات الصناعية الحديثة.

تحليل نموذج (2)

المحرك	2.0لتر توربو
قوة المحرك	233 حصانا
عزم الدوران	360 نيوتن متر
ناقل الحركة	اوتوماتيكي 8 سرعات
نظام الدفع	دفع امامي
موديل	2023 سي اس 85

تتحول الانحناءات الممتدة في المصد الأمامي إلى سجلٍ بصريٍ لعلاقة غير مرئية بين المادة والفراغ حيث ان كل ميلليمتر في خط التدفق البصري يختزل معادلة ديناميكية متكاملة، حيث تُختزل المقاومة الهوائية إلى علاقة وجودية بين الصلب والهواء وهذا التشكل لا يتبع منطق الإضافة التصميمية بل يتبنى مبدأ التجريد الديناميكي الذي يحول السطح إلى معادلة رياضية متجلية فالمادة هنا لا تقاوم الرياح بل تذوب في مساراتها، محولة المصد إلى حقل قوى متحرك متجمد في الفراغ اقتصاد الوظيفة كتعرية تصميمية

غياب التفاصيل الزخرفية في منطقة المصد الأمامي ليس تبسيطًا جماليًا، بل ثورة على ثنائية الشكل والوظيفة السطح في يمارس تفكيكًا جذريًا للطبقات الرمزية التقليدية، حيث تنبثق الفتحات الهوائية والتداخلات الهندسية كتشققات عضوية في نسيج المادة هذه التشققات لا تُضاف كملحقات خارجية بل تنمو من البنية العميقة للتصميم، محولة عملية التبريد إلى ظاهرة ثانوية أمام الدور الجوهري تحويل الهواء إلى شريك في التشكيل المصد هنا يصبح غشاءً نصف نافذ بين العالم المادي وحقل القوى الديناميكي التقنية كطوبوغرافيا سطحية تتحرر الابتكارات الميكانيكية من قيود التغليف التقليدي لتظهر على سطح المصد الأمامي كأنهار جارية تحت قشرة رقيقة وتموضع المصابيح والفتحات يتبع خرائط تدفق القوى التي تعيد هندسة العناصر وفق خطوط الإجهاد الديناميكي وان هذا التحول ينتج سطوحًا شبه حية تتفاعل مع البيئة المحيطة، محولة المصد إلى واجهة بصرية لقوانين الحركة غير المرئية وان التقنية هنا لا تُخبأ بل تُستعرض كسطح نشط يعكس التحول من التعبير عن السرعة إلى تجسيدها انعكاس السرعة على الهيئة الصناعية السرعة كبنية مورفولوجية لم تعد السرعة خاصية قابلة للقياس في بل صارت سمة مورفولوجية متأصلة وان انحدار المصد الأمامي لا يمثل الديناميكية بل يولدها فيزيائيًا كحقل ضغط متغير، حيث يصبح الشكل نفسه محركًا للتدفق الهوائي وهذه العلاقة العكسية بين التشكيل والأداء تعلن ولادة نمط تصميمي جديد الهندسة التوليدية التي تستخرج الوظيفة من جماليات الحركة التقادم المتسارع كفلسفة تشكيلية البساطة المصمتة للسطح الأمامي تستبق تقادمه الوشيك، محولة إياه إلى كيان زمني مضغوط وهذه الهشاشة المقصودة ليست ضعفًا بل استراتيجية وجودية تواجه تسارع دورة الحياة الصناعية حيث ان التصميم هنا يرفض التماسك الأبدي، معترفًا بأن جماليته تكمن في قبوله للزوال كجزء من ديناميكيته الذاتية والفراغ كقالب تشكيلي الفراغ المحيط بالسيارة لم يعد مساحة سلبية بل مادة تصميمية فاعلة والتموضع المتقدم يحول الهواء إلى قالب سائل تُصب فيه المادة، حيث يصبح الفراغ شريكًا أساسيًا في صياغة الحدود الخارجية للمنتج وهذه العلاقة التكافلية تنتج أشكالًا لا يمكن قراءتها بمعزل عن بيئتها الديناميكية حيث ان المصد كتجسيد للسرعة اللامادية لم يعد المصد الأمامي في هذا النموذج غلافًا واقيًا بل تحول إلى جلد ديناميكي تنطبع عليه بصمات الزمن المتحرك فالسرعة هنا لا تُضاف كخاصية وظيفية بل تُستخرج من البنية الذرية للتصميم، حيث يصبح السطح الأمامي واجهةً لتفاعل كوني بين القصور الذاتي والطاقة الحركية ويقدم رؤيةً للمنتج الصناعي كمادةٍ متحولةٍ بين الحالة الصلبة والسائلة، محققًا تحولًا جوهريًا من التصميم كعملية تغليف للتقنية، إلى إنتاج أسطح حية تعيد تشكيل نفسها وفق سيولة القوى الفيزيائية. **السرعة في هذا السياق لم تتحقق.**

النتائج:

1. التصميم يحقق إيحاءً بصرياً بالحركة عبر الخطوط الأفقية المتوازية، لكنه يفشل في تجسيد الحركة كتجربة ديناميكية حقيقية.
2. التصميم يفتقر إلى المراكز الحركية الدوارة والانحناءات الزاوية المتصلة في جميع النماذج.
3. الثبات يتحقق مادياً، بينما الحركة تظل وهمية بسبب غياب الآليات التفاعلية في جميع النماذج.

الاستنتاجات:

1. أنتجت إيحاءً بصرياً بالحركة عبر الخطوط الأفقية وفشلت في ترجمة السرعة كتجربة إدراكية شاملة اذ حوصرت في قوالب هندسية جامدة غير قابلة للتكيف.
2. انعدمت المراكز البصرية الدوارة وفشلت في تحقيق التدرج الزاوي المتسارع اذ تحولت إلى استعارة بصرية ميتة بلا آلية تنفيذية.
3. هيمن الثابت عبر هياكل إنتاجية جامدة وظل المرن حبيس تعديلات شكلية غير جوهرية وفشل المدمج في تحقيق تكامل أنطولوجي بين المستويين.
4. التصميم يوحي بالسرعة عبر الخطوط الانسيابية، لكنه لا ينقل الإحساس للتسارع في النماذج.

Conclusions:

1. It produced a visual impression of movement across horizontal lines and failed to translate speed as a comprehensive perceptual experience, being trapped within rigid, non-adaptable geometric patterns.

2. The rotating optical centers were absent and failed to achieve the accelerated angular gradation, as they turned into a dead optical metaphor without an executive mechanism.

3. The fixed dominated through rigid production structures, while the flexible remained confined to non-essential formal modifications. The integrated approach failed to achieve ontological integration between the two levels.

4. The design suggests speed through streamlined lines, but it does not convey a sense of acceleration in the models.

References:

1. jan wu, J. (B.T). *Efficient parallel implementations of near Delaunay triangulation with High Performance Fortran.* Taiwan: Institute of Information Science, Academia Sinica, Nankang, Taipei 115.

2. Al-Butani, H. (2005). *The Rhythmic Significance of the Formal Characteristics of the Urban Fabric.* Baghdad: University of Baghdad. Urban and Regional Planning Sciences, Master's Thesis.

3. Al-Douri, S.-J. (1999). *The Relationship between Space and Time and Its Impact on Two-Dimensional Design.* Baghdad: University of Baghdad, College of Arts, PhD Thesis.

4. Al-Ghanim, A. (1998). *The Concept of Movement in Graphic Design.* Baghdad: University of Baghdad, College of Fine Arts, Master's Thesis.

5. Al-Jubouri, S. (1997). *Color Relationships and Their Effect on the Movement of Printed Surfaces in the Design Space.* University of Baghdad, College of Fine Arts, PhD Thesis.

6. Al-Qassab, G.-W. (1998). *Human Perceptual Experience of Architecture: Movement and Perception Follow-up.* Baghdad: University of Baghdad, Department of Architecture, Master's Thesis.

7. Al-Rubaie, M. (2013). *Theories of Learning and Mental Processes.* Beirut: Dar Al-Kotob Al-Ilmiyah.

8. alsayid, M. (1990). *Planning in the Industrial Facility.* Baghdad: Higher Education Press.

9. Al-Shaikhli, M. (1997). *Setting a Design Trend for Print Design for Children Under the Age of Six in Iraq.* Baghdad: University of Baghdad, College of Fine Arts, PhD Thesis.

10. Al-Yasiri, S. (2006). *Integration of Motion Systems in Industrial Facilities Designs.* Baghdad: University of Baghdad, Master's Thesis.

11. Ameesh, R. (2024). *Parametric design algorithms and their impact on modern lighting.* B.B: International Journal of Design, Vol. 14, No. 2.

12. Diwan, N. (2013). *The Aesthetics of Composition and Its Transformations in Modern Art.* Baghdad: Dar Al-Hana for Printing and Publishing.

13. Dolphin, T. (2006). *What is a Systems Architect.* USA: the conference of international architect.

14. Eid, A. (2019). *Utilizing Kinetic Art as an Approach to Innovating Contemporary Mural Artworks.* B.B: Scientific Journal of Research in Qualitative Sciences and Arts, Vol. 1, No. 12.

15. Ezzat, M. (2020). *Kinetic Art from an Industrial Design Perspective.* B.B: International Journal of Design, Vol.10, No.3.

16. Ghala, N. (B.T). *The Concept of Kinetic Architecture and Its Historical Development.* B.B: Twenty Two Architectural Magazine, Issue 54.

17. Lubna, A. (1999). *Design Foundations of Street Furniture in the City of Baghdad.* Baghdad: University of Baghdad, College of Fine Arts, PhD Thesis.

18. Matalab, M. (1977). *Philosophy of Physics.* Baghdad: Dar Al-Hurriyah for Printing.

19. Riyad, A. (1974). *Formation in the Fine Arts.* Cairo: Dar Al Nahda Al Arabiya Publishing House.

20. Shewchuk, J. (2012). *Lecture Notes on Delaunay Mesh Generation.* California: Department of Electrical Engineering and Computer Sciences University of California at Berkeley Berkeley.

21. SLOAN, S. (1987). *A fast algorithm for constructing Delaunay triangulations in the plane,Department of Civil Engineering and Surveying.* Australia: The University of Newcastle, NSW 2308, Vol.9, No.1.

22. Sweidan, M. (2014). *Energy Saving in Dynamic Architecture as a Means of Developing a Specific Practical Guide for Design Standards for Dynamic Buildings.* Cairo: Cairo University, Faculty of Architecture, Master's Thesis.