# التصميم الخوارزمى وتأثيره على عناصر التصميم الداخلى

**ا.م.د/ ضياء الدين محمد امين طنطاوى**
أستاذ مساعد بقسم التصميم الداخلى والأثاث
بكلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان
diaatantawy@hotmail.com
**دينا محمد عبد المحسن أحمد أسماعيل سليم**
مصمم داخلى بشركة جماعة المهندسين الأستشارين ECG
dinaselim.id @gmail.com

**المستخلص:**

يسمح التصميم الخوارزمى AD بتوليد الكتل والأشكال من خلال الخوارزميات على وجه الخصوص. أثارت فئة معينة من الخوارزميات التي تهدف إلى إنتاج نتائج غير متوقعة اهتمام المصممين بسرعة، مما سمح لهم باستكشاف مناطق جديدة غير محددة في الهندسة المعمارية. تشكل قواعد الشكل والنماذج الرياضية والخصائص الطوبولوجية والأنظمة الجينية والتشكيلات بعض الأمثلة على العمليات الحسابية التي تم استكشافها لعدم القدرة على التنبؤ بها.

من خلال الجمع بين مرونة التصميم الخوارزمى AD وبرامج التحليل والمحاكاة، يمكن بعد ذلك تحليل بدائل التصميم ومقارنتها بالبساطة النسبية لتحديد حل يوفر الأداء الأمثل. يتيح ذلك للمصمم تحديد أولويات الأداء في وقت مبكر من عملية التصميم، أو حتى السماح له بقيادة العملية، ويقدم تحولًا هائلاً عن منهجيات التصميم التقليدية، حيث يتم إجراء تقييمات الأداء عادةً في نهاية العملية، مما يجعلها نادرًا ما تكون ذات أولوية. لا تقتصر إجراءات التحسين هذه فقط على الجوانب الفنية لأداء التصميم مثل الهيكل والسلوك الحراري والصوتيات والديناميكا الهوائية؛ يمكن أن تشمل أيضًا جوانب أخرى مثل استخدام المواد، والتوزيع المكاني، وأمور أخرى.

**تاريخ استلام البحث: 2021/11/11 تاريخ إجازة البحث: 2021/11/29**

أخيرًا، يتيح التصميم الخوارزمى AD أيضًا اتمام المهام المتكررة التي تستغرق وقتًا طويلاً والتي كان يجب تنفيذها يدويًا من قبل، مثل النمذجة المتكررة أو عمليات التصنيع. هذا يريح المهندسين المعماريين من الأعمال الشاقة والمعرضة للخطأ، مما يسمح لهم بتوفير الكثير من الوقت والجهد أثناء عملية التصميم.

**الكلمات المفتاحية:**

الخوارزميات؛ العمارة الخوارزمية؛ التصميم الخوارزميAD؛ التصميم التوليدى؛ التصنيع الرقمى.

**تمهيد:**

تلعب الرياضيات دائما دورا هاما فى عملية إيجاد الشكل فى الفن والعمارة والتصميم الداخلى على مر الزمن. وكان البناء يعتمد فى بداية الأمر على الرياضيات التقليدية (الكلاسكية) والهندسة الإقليدية لعدة قرون. ونتيجة إلى عدم القدرة على حل الحسابات الرياضية المعقدة لخلق أشكال جديدة قد استمر هذا الأعتماد على الرياضيات التقليدية (الكلاسكية) حتى بداية القرن العشرين. وفى آواخر القرن العشرين لم تعد الرياضيات التقليدية (الكلاسكية) والهندسة الإقليدية أساسا كافيا للتصميم المعمارى والداخلى أو لعملية إيجاد الأشكال نتيجة بما يتعلق بمطلب زيادة التعقيد فى العملية التشكيلية. ونتيجة لذلك تم توجيه الأعتماد إلى الفروع الأخرى من علم الرياضيات لحل هذة المعضلة التى اصبحت اولوية يجب تحقيقها فى هذا العالم الذي يتطلب التجديد فى مصادر الاستلهام والأشكال النابعة منها ليتناسب مع روح العصر. وبصفة خاصة، تطور علم التفاضل والتكامل فى القرن ال 18 قد مد علماء الرياضيات بأدوات تساعد فى تطور فروع الرياضيات المتقدمة. هذه الأدوات اتحدت مع ثورة تكنولوجيا المعلومات لتقديم الكاد CAD للتصميم المعمارى. ومن ثم مميزات الكاد CAD قدمت لنا إمكانيات هندسية جديدة تشق طريقها بعيدا عن الهندسة الإقليدية المعروفة وتساعد فى عملية خلق التكوينات الجديدة. وقد استمرت هذة العلاقة التبادلية بين تطور الرياضيات وتكنولوجيا المعلومات، حتى جعلت لهذه الأدوات الرياضية الجديدة أنشطة أخرى مختلفة بدلا من خلق حلول مختلفة للمعادلات الرياضية وهي خلق التكوينات المستحدثة. وهذا النهج يعرف الآن بالتصميم التوليدى Generative Design. العديد من نماذج التصميم التوليدي قد طرحت أدوات جديدة معروفة كقواعد الشكل Shape Grammars، والمتغيرات البارامترية Parametric Variations، والخوارزمية Algorithmic Generation. ومؤخرا قد طرحت أدوات أخرى للبحث عن الأشكال والتكونات الجديدة فى عالم الفوضى Chaosوالمعادلات العشوائية، كالهندسة الكسرية Fractals Geometry والأدوات التطورية Evolutionary Tools استنادا إلى عملية الهندسة الوراثية كالخوارزميات الجينية Genetic Algorithms والميكنة الخلوية Cellular Automata. هذه الأدوات قد غيرت الطبيعة الادراكية النظرية والرياضية للشكل المعمارى. حيث حولت الهندسة الإقليدية الأفلاطونية إلى نوع جديد من الهندسة لا يمكن التنبؤ به ابدا.

والنظريات الخوارزمية Algorithmic Theories لها كبير الأثر على الهندسة الحديثة بسبب تعريفاتها وتصنيفاتها للتحولات المختلفة، وخاصة التشوهات أو التغيرات فى الشكل. وهذا لم يقدم فقط الهام للنماذج المعمارية المفاهيمية الجديدة، ولكن عند دمجها مع تكنولوجيا الكمبيوتر، يمكن ان تساعد على خلق التصميمات المعدلة والغير تقليدية Deformed and Distorted Designs. (2008) ,El Iraqi, Ahmed Medhat

**هدف البحث:**

1- أستقراء فلسفة الإستلهام من خلال التصميم الخوارزمى.
2- الربط بين التصميم الخوارزمى وآليات توليد الشكل فى صورة تخدم التصميم الداخلى.

**أهمية البحث:**

1- توضيح اهمية التصميم الخوارزمى والرقمى فى التصميم الداخلى.
2- أختبار فرضية العلاقة بين التصميم الخوارزمى والتناغمية التشكيلية كعلاقة ينتج عنها تكونات تشكيلية مستحدثة.

**مجال البحث:**

التصميم الخوارزمى والتصميم الرقمى.

**منهج البحث:**

الأسلوب الوصفى التحليلي.
الاسلوب الأستقرائى.

**الدراسات السابقة:**

1. يمنى خالد إبراهيم محمد عبد الله: " الأتجاه البارامترى فى التصميم الداخلى وتطبيقه على المعارض التجارية الدولية " – رسالة ماجستير – كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان – 2016 – تتحدث الرسالة عن تاريخ التصميم البارامترى والمشروعات المعمارية الأولى للتصميم اليارامترى كما قامت بالمقارنة

بين التصميم البارامترى المفهومى والتصميم البارامترى المفهومى. وقامت بتحديد خصائص التصميم البارامترى والمنفستو الخاص به وتحدثت عن تفنيات وادوات التصميم البارامترى وكيفية إيجاد الشكل والنماذج البارامترية فى العمارة والتصميم الداخلى. كما تحدثت عن التصميم الحاسوبى والتصميم بمساعدة الخوارزميات.

2. مريم على عبد الواحد: " أثر التكنولوجيا على تطبيق المورفولوجى فى العمارة الداخلية " – رسالة ماجستير- كلية الفنون الجميلة - جامعة حلوان – 2015- تتحدث الرسالة عن مفهوم علم المورفولوجيا وعلاقته بالتصميم الداخلى وأنواع التشكيل لعناصر الحيز الداخلى، كما تحدثت عن نظرية الفوضى وأنظمة توليد الشكل والهندسة الكسرية وتطبيقات المورفولوجى فى التصميم الداخلى.

**1- الخوارزميات:**

وفقا للمعجم فان الخوارزميات هى سلسة من الخطوات الرياضية المتتالية والتى تكتب بشكل منطقى لحل مشكلة معينة، فهى إجراء لإنجاز مهمة محددة، وهي الفكرة وراء أى برنامج منطقى مقبول، وسميت الخوارزمية بهذا الأسم نسبة إلى العالم الخوارزمى الذي ابتكارها فى القرن التاسع الميلادى، والكلمة المنتشرة فى اللغات اللاتينية والأوربية هى " Algorithm".

فالخوارزمية ما هى الا إجراء حسابي لمعالجة مشكلة في عدد محدود من الخطوات. الخوارزميات يتضمن بداخلها الاستنتاج والاستقراء والتجريد والتعميم والمنطق المنظم. إنه الاستخراج المنهجي للمبادئ المنطقية وتطوير خطة حل عامة. تستخدم الاستراتيجيات الحسابية للبحث عن الأنماط المتكررة والمبادئ العامة والوحدات القابلة للتبديل والروابط الاستقرائية. تكمن القوة الفكرية للخوارزميات في قدرتها على استنتاج طرق جديدة للمعرفة وتوسيع حدود العقل البشري فى التفكير والتخيل. (Terzidis, Kostas, Algorithmic Design)

**1-1 العمارة الخوارزمية Algorithmic Architecture:**

تعرف على أنها تلك التى تعتمد على " Mathematical Logic of Computer " كأداة جديدة للتصميم. وهي عبارة عن عدد من الخطوات المحددة لتحقيق هدف ما، وهو منطق الكمبيوتر

الذي يعتمد على اجراء عدد متكرر من الخوارزميات للوصول الى حل المشكلة، وتستخدم كمدخل للتصميم التطورى، يسمح بأيجاد حلول تصميمة مبتكرة وغير مسبوقة كما يسمح بخلق اتجاه تصميمى حديث فريد لكل مصمم.

وقد ظهر العديد من التطبيقات للخوارزميات فى العمارة، والتى منها ما يعمل وفق خطوات عملية التصميم، ويمكن باستخدامها انتاج بدائل تصميمية لتصميم معين أو بأسلوب معمارى معين فى التصميم فى دقائق معدودة، ومن تطبيقات الخورازميات العملية فى العمارة أداة Falling water Toolbox Ver.1.0 ، ويمكن لهذه الأداة أن تنتج مخطط تصميمى يعتمد على أسس وقواعد، ولعل فيلا الشلالات للمعمارى فرانك لويد رايت تمثل هذا الفكر، حيث تم تحويل هذه القواعد الى خوارزميات ورموز Codes تستخدم لإنتاج الحلول التصميمية. فبعد تحديد المشكلة و الهدف المراد الوصول اليه نبدأ فى عمل خطوات الخوارزمية بالترتيب تحت مبدأ IF-Then، و يمكن كتابتها بالعديد من لغات المبرمجة منها Java & C\C و تكون نتائجها دقيقة و لكنها لغات صعبة فى الكتابة و الفهم" و لذلك يتم استخدام أكواد Pseudocode التى تمثل وسط مناسب لعمل الخوارزميات. حبشى، لؤى كمال عباس. (2014)

**2-1 التصميم الخوارزمى Algorithmic Design :**

لفهم التصميم الخوارزمى AD، من المهم أن نفهم أولاً ماهية الخوارزميات. تعرف الخوارزميات بأنها "إجراء حسابي لمعالجة مشكلة في عدد محدود من الخطوات". بمعنى آخر، تعرف الخوارزميات بأنها طريقة الخطوة بخطوة لمعالجة مشكلة معينة. وبالتالي، فإن التصميم الخوارزمى AD هو أسلوب يعتمد على طريقة مرتبة، منطقة وغير متوقعة فى التصميم. , Feist Sofia Teixeira de Vasconcelos,( 2017 )

مصطلح " خوارزمى " يشير إلى أستخدام تقنيات إجرائية فى حل المشكلات التصميمة. و تقنيا فإن الخوارزمية هى تعليمات بسيطة و لهذا فهى تتعلق بشكل كبير بعملية التصميم التناظرى التقليدية ، كما ترتبط بعملية التصميم الرقمى. و فى مجال التصميم الرقمى فهى تشير بشكل خاص الى استخدام لغات البرمجة النصية و التى تسمح للمصمم أن يتغلب على قصور واجهات المستخدم الرسومية ، و أن يصمم عبر التلاعب المباشر ليس بالشكل و لكن بالكود أو الشفرة المكونة له. و التصميم الخوارزمى العادى يمكن أداؤه عبر لغات البرمجة فى الحاسوب مثل

3dMaxScript، Visual Basic ، MEL (Maya) ، Rhino Script و غيرها، و على النقيض فانه نظرا لصعوبة البرمجة النصية، فان تطبيقات برامج مثل Generative Components و Grasshopperتستبدل الكود بأشكال مصورة لاتمام العملية و لهذا فأنه من الممكن وصفهم كأشكال للبرمجة الجرافيكية، أن التصميم الخوارزمى يستثمر سعة الحاسوب كمحرك بحثى و يؤدى المهام التى قد تستهلك وقتا كبيرا. ولهذا فهى تستخدم فى الأمثلة optimization ومهام أخرى تتخطى قصور محددات التصميم التقليدى. عبد الله، يمنى خالد إبراهيم محمد. (2016)

على الرغم من انتشار أجهزة الكمبيوتر في الهندسة المعمارية اليوم، فإن استخدام الخوارزميات في التصميم المعماري محدود بشكل عام. بدلاً من ذلك، يمكن تعريف الوضع السائد الآن لاستخدام أجهزة الكمبيوتر في الهندسة المعمارية على أنه أسلوب الحوسبة، اى يتم إدخال الرسومات أو العمليات التي يتم تصورها بالفعل في ذهن المصمم على نظام الكمبيوتر حيث يتم ادخالها وعرضها وتخزينها على الكمبيوتر. في المقابل، فإن الخوارزميات، كعملية لإنشاء حلول تصميمة باستخدام الأساليب الرياضية أو المنطقية، فان استخدام الخوارزميات محدودة بشكل عام. في حين أن البحث والتطوير في البرنامج نفسه ينطوي على تقنيات خوارزمية واسعة النطاق.

في الوقت الحاضر، يتم صياغة اتجاه جديد وهو التصميم الخوارزمى. الذي يتضمن تعيين الخوارزميات لتوليد الفراغ والشكل من المبدأ القائم على القواعد المتأصل في البرامج المعمارية والأنماط ورمز البناء واللغة الحاسوبية نفسها. بدلاً من البرمجة المباشرة، يمكن الادعاء بان نية التصميم من خلال البرامج النصية الخوارزمية المبنية على أعلى أنظمة النمذجة الحالية يمكنها بناء بنية تحتية للتصميم تتميز بالتماسك وإمكانية التتبع والذكاء في شكل ثلاثي الأبعاد محوسب. باستخدام البرامج النصية الخوارزمية، يمكن للمصممين تجاوز الماوس، متجاوزين القيود الموضوعة على البرامج ثلاثية الأبعاد الحالية. فالتصميم الخوارزمى ما هو الا إطار عمل تخيلى لاستكشاف أشكال وهياكل وعمليات تصميمة معقدة. فهو يجمع بين كل من النظريات والأساليب الخاصة بعلوم الكمبيوتر بالإضافة إلى أعطاءه مساحة التصميم المجردة المجسدة في أنظمة النمذجة والرسوم المتحركة الحالية.(Terzidis, Kostas, Algorithmic Design)

يتطلب التصميم الخوارزمى AD استخدام الخوارزميات، أو العمليات الحسابية، كجزء من عملية التصميم التي يمكن أن تشكل بعض التحديات الجديدة للمصممين.

أولاً، من أجل تنفيذ الخوارزميات في الكمبيوتر، يجب أن يتعلم المصممون كيفية البرمجة، أي ترجمة الخوارزميات إلى تعليمات يمكن أن يفهمها الكمبيوتر. في حين أن المصممين أعتادوا على التعامل مع مشاكل التصميم الغامضة والغير محددة، فإن التصميم الخوارزمى AD يتطلب منهم صياغة وصف رسمي محدد لا لبس به وواضح المعالم لحل التصميم المطلوب وترجمته إلى تعليمات يمكن أن يفهمها الكمبيوتر باستخدام لغة البرمجة. يجب أن يكون هذا الحل صحيحًا من الناحية التركيبية والمعنوية في لغة البرمجة المختارة وإلا فلن يقوم البرنامج بتنفذها بشكل صحيح.

ثانيًا، يجب أن نفهم الرياضيات، ولا سيما الهندسة. وبذلك يمكن أن يوفر فهم الرياضيات الكامنة وراء إنشاء االشكل ومعالجته رؤية جديدة لإمكانيات التصميم وزيادة تحكم المصمم في التصميم. يمكن أيضًا استغلال الرياضيات كإجراءات توليدية.

أخيرًا، يتطلب التصميم خوارزمي ADأن يفكر المرء بطريقة حسابية. يتطلب هذا من المصممين تجريد أنفسهم من النشاط المباشر للتصميم والتمثيل المرئي والتفاعلي المألوف للتصميم والتركيز على المنطق الذي يربط التصميم معًا والتعليمات النصية التي تصف التصميم. بعبارة أخرى، لم يعد المصمم يتعامل بشكل مباشر مع التمثيلات المرئية للتصميم في الأدوات التقليدية ولكنه يصيغ وصفًا حسابيًا للتصميم. بشكل عام، يتطلب التصميم الخوارزمي ADشكلاً مختلفًا من التفكير عن الذي اعتاد عليه المصممون، يعتمد على الحدس والإبداع. يمكن أن يكون هذا التحول إلى منطق الخوارزميات حاجزًا لمعظم المصممين ولكن بمجرد تجاوز هذا التحدي الأولي، يفتح مجال جديد للاستكشاف. (2017) Feist, Sofia Teixeira de Vasconcelos,

**3-1 التصميم الخوارزمى كنقلة نوعية فى التصميم:**

يتم تعريف النقلة النوعية على أنها تغيير تدريجي في طريقة التفكير الجماعي. إنه تغيير فى الافتراضات الأساسية والقيم والأهداف والمعتقدات والتوقعات والنظريات والمعرفة. النقلة النوعية عبارة عن تحول وسمو وتقدم وتطور وانتقال. ترتبط النقلة النوعية ارتباطًا وثيقًا

بالتقدم العلمي، فإن تأثيرها الحقيقي يكمن في الإدراك الجماعي بأن النظرية أو النموذج الجديد يتطلب فهم المفاهيم التقليدية بطرق جديدة، ويرفض الافتراضات القديمة، ويستبدلها بأخرى جديدة. بالنسبة لـ T. Kuhn (1996)، الثورات العلمية حدثت خلال تلك الفترات التي يتعايش فيها نموذجان على الأقل، أحدهما تقليدي والآخر جديد على الأقل. النماذج غير قابلة للقياس، وكذلك المفاهيم المستخدمة لفهم وشرح الحقائق والمعتقدات الأساسية. يعيش الاثنان في عالمين مختلفين. يُطلق على الحركة من النموذج القديم إلى النموذج الجديد مصطلح نقلة نوعية.

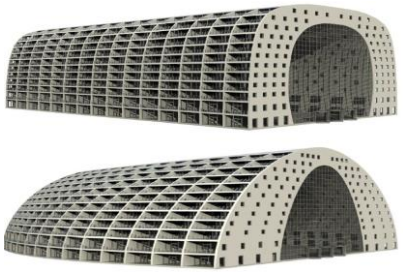
جرت العادة ان العملية التصميمة تكون نابعة من الحدس والإبداع البشري ولكننا هنا نتكلم عن نقلة نوعية تفوق سابقاتها. حيث يستخدم التصميم الخوارزمى طرقًا وأنظمة حديثة ومبتكرة للغاية فى عملية التصميم وانتاج الشكل. فإذا أردنا للعملية التصميمة أن تدخل في ذلك العالم الغريب للأشكال الخوارزمية، فيجب أن تتضمن تلك العملية التصميمة الكثير من العمليات الحسابية المعقدة. فإذا كان هناك شكل يصعب فهمه وتمثله بالطرق التقليدية المتعارف عليها فإننا نجد ان هذا الشكل يقع ضمن مجال التصميم الخوارزمي بينما يكون كلا من الحدس والإبداع البشري هما فقط نقطة البداية.

ومع ذلك، لا تهدف الاستكشافات الحسوبية الجديدة إلى القضاء على الخيال البشري، بل تهدف إلى توسيع حدوده التفكيرية. الحوسبة ليست بديلاً عن الإبداع البشري وبالتالي لا يمكن أن تكون الحوسبة معادية للابداع البشرى. بل إنها توفر وسائل الاستكشاف والتجريب والاستثمار في عالم افتراضى بديل. ربما لأول مرة، قد يكون الشكل غير متوافقًا مع الإنتاج الكمى أو الحتمية الحسابية ولكنه متوافق مع الحوسبة الابداعية computational creativity والابداع الحاسوبى creative computation. لا تتعلق الحوسبة هنا بالإدراك أو التفسير بل تتعلق بعملية استكشاف وتوسيع العقل البشري. ففى التصميم الخوارزمى نجد أن كل من المدخلات الخوارزمية ومخرجات الكمبيوتر لا ينفصلان داخل نظام حسابي متكامل. بهذا المعنى، تصبح العملية التصميمية تجسيدًا لعملية يمكن الحصول عليها من خلال منطق " المساهمات المتبادلة " والتى تتم من خلال اندماج منطق العقل البشري ومنطق مساعدة الكمبيوتر. (Terzidis, Kostas, Algorithmic Design)

**4-1 فوائد التصميم الخوارزمي:**

كما ذكرنا من قبل، يسمح التصميم الخوارزمى AD بتوليد الكتل والأشكال من خلال الخوارزميات. على وجه الخصوص، يوجد فئات من الخوارزميات التي تهدف إلى إنتاج نتائج تصميمية غير متوقعة تعمل على جذب اهتمام المصممين بسرعة، مما يتيح لهم استكشاف مناطق تصميمية جديدة غير متعارف عليها في الهندسة المعمارية. يعد كلا من قواعد الأشكال والنماذج الرياضية والخصائص الطوبولوجية والأنظمة الجينية والتحويلات بعض الأمثلة على العمليات الخوارزمية التي تكشف لنا جزء من قدرتها على عدم التنبؤ بها.

علاوة على ذلك، نظرًا لأصله الخوارزمي، عادةً التصميم الذي تم إنشاؤه باستخدام التصميم الخوارزمى AD يبنى بحيث يمكن إنشاء حالات مختلفة منه ولكن ذات صلة بنفس الحل التصميمى الأولى بسرعة كبيرة وذلك عن طريق تجربة قيم المعاملات المتغيرة، مما يتيح للمصممين تصور واستكشاف مجموعة واسعة من الاحتمالات التصميمية المختلفة. نظرًا لأن التصميم الذي تم إنشاؤه هو تصميم بارمترى - أي يستغل الهندسة الترابطية لوصف العلاقات بين الأشياء، وبالتالي إنشاء علاقات ترابطية بينها - التغييرات التي تم إجراؤها على الخوارزميات التي تولد التصميم أو متغيراته يتم نشرها بحيث لا يضطر المصمم إلى القيام بتحديث جميع جوانب التصميم يدويًا.



**شكل (1)**

**يمكن أن تنتج نفس الخوارزميات حالات مختلفة من التصميم من خلال إسناد قيم مختلفة إلى محدداته. في هذه الحالة ، تم استخدام نفس الخوارزميات لإنشاء بدائل تصميم مختلفة لقاعة السوق في روتردام ، التي صممها MVRDV Architects**

من خلال الجمع بين مرونة التصميم الخوارزمى AD وبرامج التحليل والمحاكاة، يمكن للبدائل التصميمية أن يتم تحليلها ومقارنتها بالبساطة النسبية لتحديد حل يوفر الأداء الأمثل. مما يتيح للمصمم تحديد أولويات الأداء في وقت مبكر من عملية التصميم، أو حتى السماح له بقيادة العملية التصميمية، كما هو موضح في حالة London City Hall في الشكل (2)، ويكون تحولًا هائلاً من منهجيات التصميم التقليدية، حيث تتم تقييمات الأداء في نهاية العملية التصميمية عادة. لا تقتصر هذه الإجراءات التحسينية على الجوانب الفنية لأداء التصميم مثل الأنشاء والسلوك الحراري والصوتيات والديناميكا الهوائية فقط؛ ولكنها تشمل أيضًا جوانب أخرى مثل استخدام المواد، والتوزيع المكاني، وأمور أخرى كثيرة. أخيرًا، يتيح التصميم الخوارزمى AD أتمام المهام المتكررة التي تستغرق وقتًا طويلاً والتي كان يتم تنفيذها يدويًا من قبل، مثل النمذجة المتكررة أو عمليات التصنيع. هذا يريح المهندسين المعماريين من الأعمال الشاقة والمعرضة للخطأ، مما يسمح لهم بتوفير الكثير من الوقت والجهد أثناء عملية التصميم. Feist, Sofia Teixeira de Vasconcelos, (2017)

**شكل (2)**

**من تصميم فوستروشركاه ، تم الحصول على الشكل الدائري والميل قليلاً لمبنى مجلس مدينة لندن من خلال عملية تحسين: تم تقليل السطح الملامس لأشعة الشمس المباشرة ، مما أدى إلى تقليل المكاسب الشمسية من خلال غلاف المبنى.**

**5-1 التصميم بمساعدة الخوارزميات (AAD):**

لمواجهة التعقيد غير المسبوق الذي يحدث فى العالم الحقيقي الآن، يجب على المصممين الحصول على تحكم عميق لفهم اكبر قدر من مجموعات البيانات، والأهم من ذلك كله، عليهم إيجاد استراتيجيات جديدة لجمع البيانات ومعالجتها من أجل إعلام التصميم الذي سيتم تشكيله. من أحذية الجري إلى المباني الشاهقة أو الجسور، تعد البيانات ضرورية لتطوير المشاريع الطموحة، والتي تخلق بشكل حاسم كيانات مفصلية، ليس كتمثيل للتعقيد ولكن كحل للتعقيد.

توضح لنا المرحلة الحالية (والتي لا تزال تتطور) من الرقمنة المطبقة على الهندسة المعمارية أن الأدوات الرقمية مفيدة لاستكشاف عدد غير محدود من حلول التصميم من أجل إيجاد أفضل حل لمشكلة معينة. لا يجد مشروع التصميم جوهره في إرادة محددة ذات أولوية محددة ولكنه يوجد نتيجة لعملية يتم فيها لعب دور مهم من قبل قوى جديدة كان من المستحيل وصفها والتحكم فيها. لم يعد يتم جمع الإلهام والإرشادات الخاصة بقصد التصميم من قواعد الاتجاه المعماري أو من التأثيرات الفنية ولكن تم العثور على أسبابها الآن في مجموعات من البيانات التي يتم جمعها من البيئة. نحن لا نشير فقط إلى البيئة المبنية بمقياس 1 إلى 1 ولكن في المقام الأول نشير إلى المجال الذي توجد فيه القوى الفيزيائية أو الإجهاد والتوترات الهيكلية أو الخصائص الجزيئية للمواد وتؤدي وظائفها. علاوة على ذلك، فإن البيئة هي أيضًا المساحة التي تنتشر فيها كتل ضخمة من العوامل وفقًا للسلوك القائم على القطيع والاستجابة للمحفزات الخارجية التي تحدد مسارات جديدة عبر المدن والأماكن. تتمتع هذه البيئة الموسعة بمستقبل قوي متعدد المستويات، من النطاق المجهري إلى النطاق الحضري.

يمكننا التعرف على ولادة نوع جديد من المهنة - المصمم الحاسوبي - الذي يتعامل مع مجموعة واسعة من الأدوات الحسابية التي تسمح له بالتحكم في البيئة الجديدة المحددة والتحقيق فيها. تمثل البيانات الابتكار الحقيقي الذي قدمه التحول الرقمي وتجسد مرور التمثيل كأداة رئيسية لتصميم وعرض فكرة المشروع. نظرًا لحيادهم والطبيعة الرياضية الداخلية، يجب أن يكون استخدام البيانات ضمن الإعداد الحسابي مدفوعًا بقواعد رياضية. تمثل البيانات المدخلات والمخرجات لعملية التصميم؛ نقطة البداية والنهاية لمسار مثالي يتم إجراؤه بواسطة خطوات

منطقية متتالية تحدد خوارزميا. هذه هي المنطقة التي وُلد فيها التصميم بمساعدة الخوارزميات (AAD). يستكشف مجالات جديدة تكتسب قوتها من القدرة على وصف تعقيد العالم الحقيقي من خلال الأرقام والوظائف الرياضية. يتم برمجة AAD على تحليل العوامل التي تؤثر على المشروع نفسه، وعند ترجمتها إلى بيانات، تقوم بتحليلها واستخدامها من أجل إتمام العملية ولتحسين النتيجة وفقًا لوظيفة المعادلة المحددة. تتمتع AAD بالقوة لاحتوائها على المعلومات التي سيكون من المستحيل التحكم فيها واستخدامها من خلال التمثيل الرسمى الكلاسيكي. Hemmerling, Marco & Cocchiarella, Luigi, (2018)

**2- توليد الشكل الخوارزمى:**

توليد الشكل الخوارزمى هو عبارة عن إنشاء النموذج خوارزميًا او بمعنى أدق كتابة قواعد رياضية في وسيط حسابي تكون نتائج تنفيذه عبارة عن هندسة ثنائية أو ثلاثية الأبعاد. بشكل عام، يعتمد إنشاء نموذج او شكل باستخدام الخوارزميات بشكل أساسي على نوعين من البرامج وهم البرامج المصممة مسبقًا لأنشاء الأشكال، والبرامج المصممة لكتابة خوارزميات باستخدام لغات البرمجة (برنامج تصميم صغير ينفذ الأشكال).

**2-1 أنواع توليد الأشكال الخوارزمية:**

لا تقدم أي دعم على الإطلاق لتوليد الخوارزميات .يجب إنشاء الأشكال مباشرة باستخدام الأساسيات الهندسية والعمليات المتوفرة في قوائم مصمم ال CAD.

**وحدات الماكرو Macros**

يؤدي المهام البسيطة بشكل جيد (مثل أنماط النوافذ المتكررة أو السلالم)، ومن الصعب برمجة عمليات أكثر تعقيدًا باستخدام وحدات الماكرو فقط.

**لغات البرمجة النصية Scripting Languages**

اكتسب قبولًا واسعًا في المجالات الأخرى (جافا سكريبت JavaScript وفلاش Flash)، مما يوفر قوة أكبر بكثير من وحدات الماكرو ولكن الترميزاو التكويد يعتبر مهام أكثر تعقيدًا وتعقيدًا، مما قد يتطلب مبرمجًا متخصصًا.

**لغة البرمجة المدمجة Embedded Programming Language**

مثل لغة البرمجة النصية، يمكّن المبرمج من التحكم في التصميم والتحكم فيه من داخل برنامج CAD، ويسمح ببناءات أكثر قوة من لغة البرمجة النصية النموذجية.

تتضمن العديد من برامج CAD الآن لغة مدمجة، ويؤيد المستخدمون المتقدمون لبرامج CAD هذه البرمجة النصية أو اللغة المدمجة بحماس والتي يتم استخدمها فى تصمم الأشكال.

يمكن القول إن AutoLisp هو أفضل مثال معروف. على الرغم من أن لغة Lisp الأساسية أنيقة للغاية وقوية، إلا أن تطبيق Autodesk كان ضعيفًا وكانت بيئة البرمجة لتطوير إجراءات AutoLisp غير كافية بشكل مؤسف وفقًا للمعايير الحديثة.

مثال آخر على لغة البرمجة المدمجة هو ArchiCAD GDL، والذي يوفر الوصول إلى وظائف التصميم من خلال لغة تشبه لغة BASIC. على الرغم من أنه يوفر هذه الوظيفة، إلا أن اختيار أسلوب البرمجة BASIC يحد من اللغة ويجعلها غير أنيقة، إلا أن تصميم اللغة يحدث فرقًا هائلاً. حيث تمكن GDL من بناء تصميمات برامترية.

**لغة البرمجة الخارجية External Programming Language**

يمكن استخدام لغات مثل C أو Java لكتابة خوارزميات لإنشاء لأشكال المعقدة ولكنها تتطلب خبرة أكثر مما لدى معظم المصممين وعدم وجود رغبة للمصميمن في الالتزام بها.

لجأ بعض المصممين إلى استخدام برامج مثل Mathematica أو MathCAD لإنشاء أسطح ثلاثية الأبعاد.

إذا أراد المصمم إنشاء أشكال ثلاثية الأبعاد بطريقة خوارزمية، فيجب على المصمم أن يقرر بين بديلين رئيسيين هما:

الماكرو ولغات البرمجة

حيث ان من السهل نسبيًا تعلم الماكرو ولغات البرمجة النصية داخل برامج الكاد CAD، لكنها بطبيعتها تقيد البرامج التي يمكن للمصمم استخدامها وكتابتها (وبالتالي الأشكال التي يمكن للمصمم إنشاؤها).

لغات البرمجة الكاملة

تعد لغات البرمجة الكاملة مثل C وJava قوية ولكنها تتطلب مزيدًا من الجهد للتعلم، كما يتطلب إنشاء شكل هندسى ثلاثي الأبعاد الانتباه إلى العديد من ميزات اللغة التي ليس لها تأثير مباشر على الشكل. El Iraqi, Ahmed Medhat, (2008)

**جدول (1)**

**يوضح مميزات الخمسة أنواع لإنشاء الأشكال الخوارزمية التي يوفرها مصممى CAD**

| | مولدات الأشكال الخوارزمية | مميزاتها |
|---|---|---|
| 1 | None | يجوز للمصمم استخدام العناصر الأولية والعمليات الهندسية المستخدم فى بناء الشكل. |
| 2 | وحدات الماكرو Macros | يمكن تسجيل تسلسلات العمليات المستخدمة بشكل متكرر وإعادة تشغيلها في بعض الحالات مما يسمح بتوفير الوقت فى إعادة التشغيل البرامترز. |
| 3 | لغات البرمجة النصية Scripting Languages | مزيد من التحكم في الأشكال مقارنة بوحدات الماكرو المسجلة ولكنها لا ترقى إلى مستوى لغة البرمجة الكاملة. |
| 4 | لغة البرمجة المدمجة Embedded Programming Language | على سبيل المثال وصول AutoCAD AutoLisp أو Archicad GDL إلى مكتبة الخاصة بالأشكال عبر لغة. |
| 5 | لغة البرمجة الخارجية External Programming Language | البرامج المكتوبة عادة بلغة C أو Java تتواصل وتتحكم في نظام بنتلي المصغر للنمذجة. |

**2-2 الآليات الحديثة لتوليد الأشكال الخوارزمية:**

**2-2-1 التصميم التوليدى:**

يمكن وصف التصميم التوليدي بأنه عملية يمكن من خلالها تحديد حلول التصميم المحتملة المختلفة بواسطة الخوارزميات. كما أوضح لارس هيسيلجرين، مدير KPF Research، ( cit. in Stocking, 2009) "لا يتعلق التصميم التوليدي بتصميم مبنى. يتعلق الأمر بتصميم النظام الذي يصمم المبنى ".

الأنظمة الخوارزمية هي أساس جميع الأنظمة التوليدية. عرّف Stiny and Gips (1978) الخوارزمية على أنها بيان صريح لتسلسل العمليات اللازمة لأداء بعض المهام. الحوسبة هى فعل إجراء تلك العمليات. لا يلزم بالضرورة إجراء الحسابات بواسطة الكمبيوتر. في الواقع، استخدام الحساب في مجال الهندسة المعمارية ليس جديدًا أو حتى حديثًا ويمكن إرجاعه إلى وقت لم تكن فيه أجهزة الكمبيوتر موجودة. ومع ذلك، فإن استخدام أجهزة الكمبيوتر الحديثة يسمح للمهندس بالتغلب على قيود الوقت وتجربة حلول التصميم المختلفة بسرعة. من خلال الجمع بين سرعة أجهزة الكمبيوتر الحديثة وإبداع وحدس المهندسين المعماريين، نخلق تآزرًا قويًا يتيح لنا تحقيق تصميمات أفضل. (2013) ,Fernandes, Rita Margarida Serra

يشير التصميم التوليدى لأي ممارسة تصميمية يستخدم فيها المصمم نظاما مثل برنامج حاسوبى لإنتاج الحلول لمشكلة تصميمية مع مستوى معين من التحكم التلقائى الذاتى. وعلى الرغم من أن الأنظمة التوليدية الحالية يمكن ان توفر المساعدة للمصممين عن طريق عملية تخليق النماذج وبدائل الحلول. الا أنها تخفق فى تحقيق المتطلبات الرئيسية لمصمى العمارة والهندسة ولهذا فانه من المقترح تطبيق الخوارزميات التطورية لتوليد البدائل التصميمة داخل بيئات نمذجة معلومات البناء BIM، انه من المقترح ان هذا المدخل قد يحسن من قدرات النظام عن طريق السماح بتوليد الأشكال المعقدة بالتفاصيل المتنوعة والذي من غير الممكن تحقيقة بدون أستخدام مثل هذة النظم. والهدف هنا ليس تلخيص النظم القائمة والمنهجيات فى حد ذاتها، بل تحسين عملية التصميم من خلال دمج النهج القائمة والمنهجيات فى حد ذاتها، بل تحسين عملية التصميم من خلال دمج النهج القائمة المختلفة والمتكاملة فى عملية التصميم. وتستخدم طريقة التصميم التطورى أنظمة مثل الخوارزميات الجينية والمرونة الخلوية

Cellular Automata وأنظمة ليندنماير وخوارزميات ذكاء الأسراب وقواعد التشكيل بغرض تحسين قدرات المصممين أثناء عملية التصميم. عبد الله، يمنى خالد إبراهيم محمد. (2016)

**2-2-2 قواعد الشكل:Shape Grammars**

قدم كلا من Stiny and Gips (1971) قواعد الشكل كأسلوب حسابي للتصميم القائم على القواعد. يمكن اعتبار قواعد الشكل على أنها مراسلات رسومية لأنظمة الإنتاج المستخدمة للغات. تتكون قواعد أنظمة الإنتاج من جزأين: الجانب الأيسر شرط مسبق حسي (بيان "if")، والجانب الأيمن اجراء (بيان "Then"). في قواعد الشكل، يتم تعريف هذين الجزأين على النحو التالي:

• التعرف على شكل معين واختيار التحول المقابل له.

• استبدال الشكل بشكل جديد مع تحويله حسب مواصفات القاعدة المطبقة.

قواعد الشكل هي أداة مفيدة للتصميم المعماري بمساعدة الكمبيوتر في الجوانب الشكلية. يمكن ترميز مبادئ التكويد الرقمى كقواعد. الجمع بين المجموعات المختلفة من القواعد يتيح مجموعة كبيرة ومتنوعة من التصميمات والتفاصيل العالية مع جهد برمجة صغير نسبيًا. تم استخدام قواعد الشكل المعماري في الغالب لتحليل قواعد تكوين العمارة المبنية ولإعادة الإنتاج الحسابي وإعادة دمج "الأنماط" الحالية.

على الرغم من العمل النظري على قواعد الشكل كأداة تحليلية خلال الثلاثين عامًا الماضية، لم تجد قواعد الشكل تطبيقًا واسع النطاق سواء كأداة توليد للتصميم او كطريقة تصميمية تستخدم فى توثيق الهندسة المعمارية المبنية. إن إمكانات التصميم الإجرائي القائم على قواعد الشكل كمولد لأشكال معمارية جديدة غير محققة إلى حد كبير فى الحقيقة. يوجد طريقتين يمكن من خلالهما توسيع استخدام أداة التصميم المستندة إلى القواعد من أداة تحليلية إلى أداة توليد.

**3-2-2 قواعد المش Mesh Grammars:**

قواعد المش تقدم نهجًا جديدًا للتصميم الإجرائي للأشكال والزخارف المعمارية. باستخدام التصميم الإجرائي، يمكن للمصمم إنشاء أشكال معقدة لا يمكن رسمها بسهولة. مع تعديلات

صغيرة على القواعد، يمكن حساب مجموعة واسعة من الاختلافات في وقت قصير. يوجد عدد من تقنيات النمذجة الإجرائية لإنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد من مجموعات القواعد: غالبًا ما تستخدم أنظمة L والفركتلات لنمذجة النباتات أو المناظر الطبيعية، بينما تم تطبيق قواعد الشكل على المستوى النظري في مجالات الفن والتصميم المعماري. على الرغم من انتشارها في الأوساط الأكاديمية، لم تكتسب قواعد الشكل أهمية واسعة النطاق كأداة تصميم توليدية في الممارسة المعمارية. اقتصر استخدامها في المقام الأول على تحليل وترميز وإعادة تطبيق قواعد التكوين المعماري الحالية. تمكنا قواعد المش من تطوير أداة التصميم الإجرائية لتسمح بتصميم أشكال معمارية جديدة ومعقدة وهياكل جديدة.

**4-2-2 مش التحويل:Mesh Transformation**

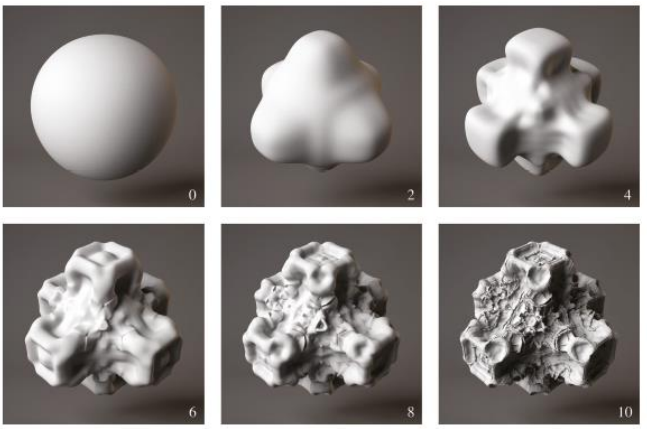
يستلزم تحويل الشبكة دائمًا ترجمة الرؤوس او القمم لإنشاء شبكة إخراج جديدة، ويمكن أن يصاحبها تقسيم فرعي للشبكة اختياريًا.

- متجهات الترجمة Translation Vectors

تُترجم الرؤوس باستخدام متجهاتها العادية، والتي بدورها تُضرب بواسطة عدد قياسي للترجمة. يتم تحديد حجم الترجمة بواسطة وظيفة التعيين. يمكن حساب المتجه المنبثق الغير محدد بمقياس بناءً على أبعاد الوجه، أو حسابه كوحدة متجهة والذي يمكن بدوره قياسه وفقًا للتكرار الحالي.

- تقسيم شبكةMesh Subdivision

يمكن أن يستلزم التحويل اختياريًا تقسيمًا فرعيًا للشبكة بعد كل عملية أنبثاق. تمكّن هذة الخوارزمية من العمل على نطاقات أصغر بشكل متزايد: يمكن للتكرارات الأولى التحكم في الشكل العام، بينما تؤثر التكرارات المتتالية على تطور السطح وفي النهاية تعمل على إنشاء بنية مجهرية أو الجلد باستخدام مخطط (Catmull and Clark,1978)، على سبيل المثال، من الممكن التمييز بشكل أكبر بين الشبكة عن طريق تحديد عوامل الأنبثاق الفردية لنقاط الزاوية ونقاط الحافة ونقاط المنتصف للشبكة الجديدة. HANSMEYER, Michael and DILLENBURGER, Benjamin, (2013

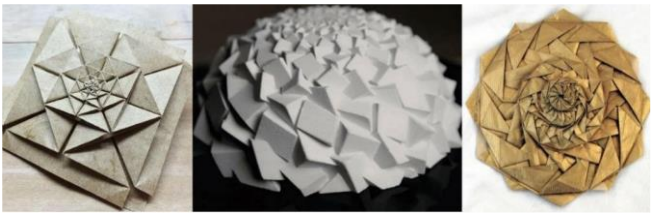



**شكل (3)**

**يوضح التطبيق الناجح لقاعدة واحدة من قواعد المش على شكل كروى**

**5-2-2 أسلوب الطي المتكرر Recursive origami :**

الطي بشكل عام هو فن طي الورق والذي ينتج عنه أنماط شكلية مختلفة، ولكن الطي المتكرر هو طي وتكرار نفس العملية مرارا وتكرارا ونحصـــل بالنتيجة على أنماط أكثر تعقيدا وهذه الأنماط تكون في حالتين، إما متشـابهة ذاتيا أو غير متشـابهة ذاتيا، أما العملية المطبقة فهي دائما نفسها وبالتالي التشابه الذاتي الأساسي هنا هو في العملية وليس في الشكل



**شكل (4)**

**يوضح أسلوب الطي المتكرر**

تجربة Michael Hansmeyer في الطي استخدم فيها الحاسوب وقام بإعطائه أمر ا بطي كل وجه من متوازي مستطيلات قام بإعطائه أبعاده منذ البداية مرات لانهائية وحصل على النتيجة الموضحة في الشكل التالي والتي لا نجد فيها التشابه الذاتي وإنما نجد أننا حصلنا على التعقيد الكسري نتيجة لتكرار العملية.

**شكل (5)**

**توضح تجربة Michael Hansmeyer في الطي**

**3- انشاء حيز داخلى بأستخدام التصميم الخوارزمى:**

**3-1 البرمجة النصية:**

البرمجة النصية، أو لغة البرمجة، هي لغة مصطنعة، ونتيجة لذلك، لها خاصيتان تفصلانها عن اللغات الطبيعية، مثل الرومانية أو الإنجليزية. أولاً، يتطلب تركيبًا صارمًا - وهذا يعني أنه، على عكس اللغات الطبيعية، لا يحتوي على بنية عميقة مختلفة عن بنية السطح، كما حددها تشومسكي ثانيًا، مجالها المعجمي، الذي يتغير دائمًا في اللغة الطبيعية، ثابت ومحدد جيدًا.

يجادل Paul Coates أحد رواد تطوير CAAD بأن لغة البرمجة، بسبب هاتين الخاصيتين ، قادرة على تعليم الكمبيوتر لفهمها بنفسه. بعبارة أخرى ، يمكن للغة البرمجة أن تولد مترجمها الخاص ليتم فهمه بواسطة الكمبيوتر.

في الواقع ، يمكن تلخيص التاريخ الكامل لبرمجة الكمبيوتر في إضافة طبقات جديدة فوق طبقات التجريد. إذا كان المستوى الأدنى - الأكثر تجريدًا ، والذي يسمى رمز الآلة - يتحدث إلى الكمبيوتر من خلال سلاسل من 1 و 0 ، ويصل المستوى التالي إلى هذه الإرشادات الأساسية مع تمثيلات ذاكري التي تبسط فهمهم من قبل البشر ، فإن لغات البرمجة هي لغات وصفية تترجم التعليمات المعقدة وصولاً إلى كود الآلة الموصوف أعلاه. في الوقت الحالي ، تقف لغات البرمجة

في مقدمة لغات البرمجة الأخرى ، مع إجراءات ووظائف وفئات وأجزاء مختلفة من التعليمات البرمجية التي تبسط جوانب مختلفة من البرمجة في الأعلى . أخيرًا ، عبر طبقات لا حصر لها من التجريد ، نجد أنفسنا على اتصال بواجهة المستخدم الملموسة التي تواجه المستخدم النهائي ، وفي هذا المستوى يكون المبرمجون هم أولئك الذين يفترضون أن المؤلف-المهندس المعماري سيستخدم أدواته بشكل أساسي لإنشاء أعماله الخاصة. ينتج عن تراكب طبقات التجريد هذا انخفاضًا في السرعة - نتيجة لإدارة الموارد غير الفعالة: ترجم أولاً ثم احسب - ولكن أيضًا في زيادة الإنتاجية من جانب المستخدم - يستدعي المستخدم تعليمة واحدة معقدة بدلاً من استدعاء كل تعليمات أساسية واحدة تلو الأخرى. Sabin -Cristian ȘERBAN, (2013)

البرمجة النصية هي في الأساس طريقة لتخفيض عدد من المستويات نحو كود الآلة المجردة لتتمكن من الوصول إلى التعليمات الأساسية للكمبيوتر وإعادة توجيهها. الكمبيوتر الرقمي، في الأساس، هو نفسه جيش ضخم من الكتبة، مزود بكتب القواعد والقلم الرصاص والورق، وكلهم أغبياء وبدون مبادرة تمامًا ، لكنهم قادرون على متابعة ملايين العمليات المحددة بدقة.

### 2-3 تصميم التصنيع الرقميDigital Fabrication Design

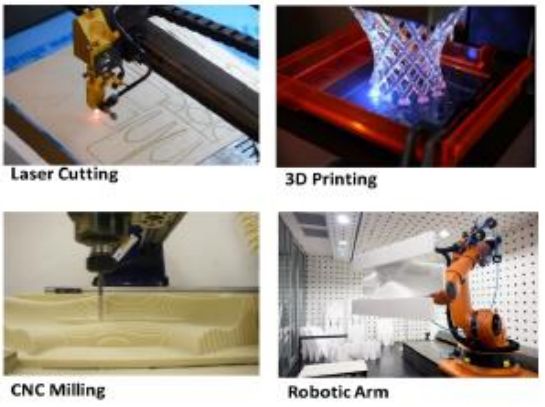
اعتاد المهندسون المعماريون أن يكونوا الباني الرئيسي أو الحرفي الرئيسي الذي يتحكم في عملية التصميم بأكملها بدءًا من مراحل التصميم المبكرة حتى بناء المنتج النهائي. بحلول الوقت ، انتشر التخصص واستخدام مكونات البناء ذات الإنتاج الضخم على نطاق واسع ويهيمن على جميع المجالات الصناعية ، بما في ذلك صناعة البناء والتصميمات المعمارية. ومع ذلك ، على الرغم من الفوائد التي لا يمكن إنكارها على صناعة البناء من حيث انخفاض التكاليف وزيادة القدرة على التنبؤ وزيادة الدقة ، فإن أحد أوجه القصور الرئيسية هو أن المهندسين المعماريين أصبحوا منفصلين أكثر فأكثر عن العديد من الجوانب الرئيسية لإنتاج المبنى ، وعلى الأخص في منطقة تصميم وتصنيع المكون أو التجميع.

من ناحية أخرى ، فإن دمج التصميم الرقمي والتصنيع في عملية التصميم المعماري يوفر اتصالًا سلسًا افتراضيًا بين التصاميم والقيام بتضييق الفجوة بين التصاميم المفاهيمية للمهندسين المعماريين وبناء المنتجات النهائية. في مقولة أخرى ، من خلال دمج التقنيات الرقمية في عملية التصميم ، يمكن للمهندسين المعماريين العودة ليكونوا "البناء الرئيسي" لتضييق الفجوة بين

التصميم المعماري والجوانب الهندسية النقابية وتشييد المباني من خلال إعادة دمجهم في عملية الدورة التعاونية رقمياً.

### 3-3 تقنيات وأدوات التصنيع الرقمي Digital fabrication techniques and tools

يمكن تعريف التصنيع الرقمي ببساطة على أنه عملية تصنيع حيث يتم التحكم في الآلة المستخدمة بواسطة البيانات الرقمية. في الوقت الحاضر ، يمكن استخدام العديد من تقنيات التصنيع الرقمي المتاحة وتقنيات القطع كما هو موضح في الصورة في الشكل رقم (6) تعد تقنية القطع التي يتم التحكم فيها رقميًا (CNC) ، أو التصنيع ثنائي الأبعاد ، واحدة من أكثر تقنيات التصنيع شيوعًا. التقنيات الإضافية الشائعة المستخدمة هي ؛ تقنية التصنيع الطرحي باستخدام آلات التشكيل و الحفر CNC ، وتقنية التصنيع الإضافي ، وهي عملية عكس التشكيل او الحفر ، باستخدام آلات الطباعة ثلاثية الأبعاد. يمكن للتكنولوجيا الرقمية أيضًا أن تسهل بناء وتجميع مكونات المبنى المصنعة في الموقع باستخدام الأساليب الرقمية مثل الأذرع الروبوتية وتحديد المواقع بالليزر والمسح الإلكتروني. تم استخدام هذه التقنيات على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم للتحكم الدقيق في موقع مكونات المبنى.




**شكل (6)**

**يوضح تقنيات التصنيع الرقمي**

### 4-3 التصنيع الرقمي والتخصيص الشامل Digital fabrication and Mass Customization

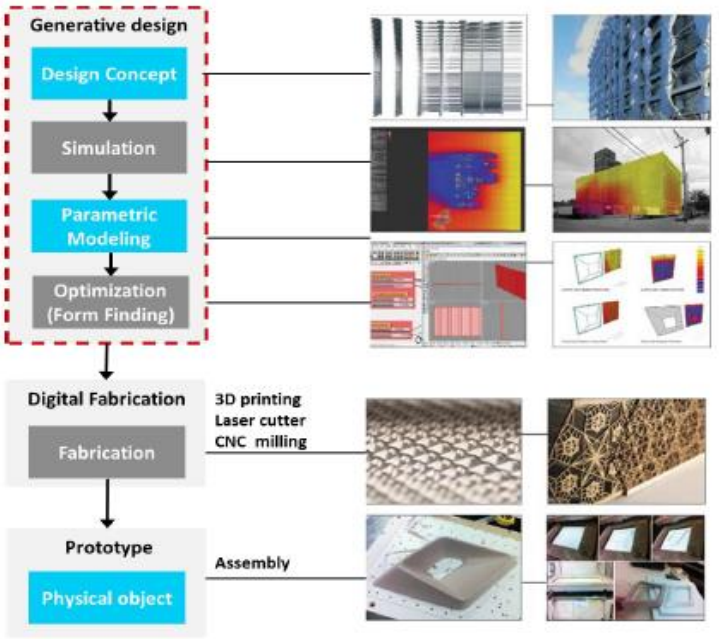
يسهل استخدام التصنيع الرقمي الإنتاج الضخم لأي مكون بناء مخصص بنفس كفاءة المكونات القياسية ، وبالتالي ، يقدم مفهوم "التخصيص الشامل" في تصميم المباني والإنتاج. قدمت قدرة التصنيع الرقمي على الإنتاج الضخم لمكونات بناء مخصصة خاصة بنفس كفاءة مكونات المعايير مفهوم التخصيص الشامل في تصميم المباني والإنتاج. قدمت قدرة التصنيع الرقمي على الإنتاج الضخم لمكونات بناء مخصصة خاصة بنفس كفاءة مكونات المعايير مفهوم التخصيص الشامل في تصميم المباني والإنتاج. صرح Kolarevic أنه "من السهل والفعال من حيث التكلفة أن تنتج آلة التشكيل او الحفر CNC 1000 عنصر فريد مثل إنتاج 1000 قطعة متطابقة." (كولارفيتش 2001). يمكن اعتبار التخصيص الشامل باستخدام التقنيات الرقمية بمثابة إنتاج ضخم لمكونات التصميم المخصصة بشكل فردي ، مما يوفر زيادة ملحوظة في إنشاء وتخصيص التصميمات الفريدة دون أي زيادة في التكاليف.

شجع التصنيع الرقمي على ثورة في التصميم ، مما تسبب في قفزة في الاختراع والابتكار لأنه يجعل من الممكن تخصيص تعقيد هندسة المباني للبناء. كما ذكر Iwamoto في كتابه Digital Fabrications: Architectural and Material Techniques ، "أثارت الابتكارات الرقمية خيال جيل جديد من المصممين."

### 5-3 التصنيع الرقمي والتصميم الأدائي Digital fabrication and performative design

يتم استخدام التصنيع الرقمي بشكل متزايد لكل من النماذج الأولية للتصميم أثناء عملية التصميم بدءًا من مراحل التصميم المبكرة ، حيث إنها مفيدة لاختبار قابلية البناء وخصائص المواد والخصائص الهندسية والصفات الجمالية ، فضلاً عن الإنشاءات واسعة النطاق. كما هو موضح في الفصل السابق ، تساعد محاكاة أداء المبنى في التحقق من بدائل التصميم والأداء العام للمبنى. وبالتالي ، من خلال الجمع بين نهج التصميم التوليدي الرقمي وأدوات محاكاة أداء البناء مع تقنيات النماذج الأولية السريعة للتصنيع الرقمي في عملية حلقة التغذية الراجعة للتصميم ، يتمتع المهندسون المعماريون بقدرات في الوقت الفعلي لإنشاء بدائل تصميم مختلفة ، وتحسين الأداء المستهدف ، والانتهاء من التحف المتدرجة للدراسة ومراجعة وتقييم حلول

التصميم كما هو موضح في صورة رقم (108). ومع ذلك، فإن تفاصيل نهج التصنيع الرقمي خارج نطاق هذه الأطروحة في الوقت نفسه، وسوف تركز على أنظمة وتقنيات التصميم التوليدي التي سيتم مناقشتها في الأقسام التالية.(2016) ,Hassan, Asmaa Gamal Abdellfattah Elsayed




**شكل (7)**

**يوضح تصميم توليدي متكامل / أداء / عملية حلقة ملاحظات تصميم التصنيع**

**النتائج:**

1- التصميم الخوارزمى الرقمى في التصميم يعتبر اسلوب توضيحي ارشادي يعتمد على تغيير منهجية عملية التصميم وتغييرأدواتها للوصول إلى حلول تصميمية فريدة تحمل ملامح وسمات فكرية جديدة. والتصميم وفقا لمعلومات التصميم.

2- التصميم الخوارزمى الرقمى يفتح آفاق جديدة للفكر التصميمي الذي لم يعد يعتمد على ذاتية المصمم في قواعد التشكيل، ولكن يعتمد على المعادلات الرياضية والتحليل العلمي.

3- أصبح كلا من التصميم المعماري والتصميم الداخلي منصهرا في بوتقة التصميم الخوارزمي الرقمى، فأصبح من غير الممكن فصل رؤية وتأثر كلا منهما على الآخر، الأمر الذي يستوجب نظرة شمولية لعملية التصميم تقوم على العلاقة العضوية.

4- يتيح التصميم الخوارزمى الرقمى للمصممين تصور واستكشاف مجموعة واسعة من الاحتمالات التصميمية المختلفة.

5- يتيح التصميم الخوارزمي الرقمى أيضا إتمام المهام المتكررة التي تستغرق وقتا طويلاً والتي كان يجب تنفيذها من قبل يدويا، مثل النمذجة المتكررة أو عمليات التصنيع.

6- تكمن القوة الفكرية للتصميم الخوارزمى الرقمى في قدرتها على استنتاج طرق جديدة وتوسيع حدود العقل البشري.

**التوصيات:**

1- يوصى الباحث بضرورة استخدام التصميم الخوارزمي الرقمى ، والاستفادة من إيجابياته، وتطبيقه من خلال برامج الحاسب الآلي المختلفة.

2- ضرورة الاطلاع المستمر على ما يستجد من مناهج للتصميم أو تكنولوجيا الإنتاج والتصنيع لتحديث الفكر التصميمي في الأكاديميات المتخصصة في تعليم التصميم.

## المراجع


1- حبشى، لؤى كمال عباس. (2014) . الأتجاه الطوبولوجى كمنهجية أبداعية فى تصميم العمارة الداخلية ، رسالة دكتوراه ، كلية الفنون الجميلة ، جامعة الأسكندرية .

2- عبد الله، يمنى خالد إبراهيم محمد. (2016) : " الأتجاه البارامترى فى التصميم الداخلى وتطبيقه على المعارض التجارية الدولية "، رسالة ماجستير ، كلية الفنون التطبيقية . جامعة حلوان.

3- El Iraqi, Ahmed Medhat, (2008 ) . Form Generation in Architecture using Tools Based on Evolutionary & Mathematical Functions, M.Sc. Degree in Architecture , Ain Shams University.

4- Fernandes, Rita Margarida Serra, ( 2013 ) ,"Generative Design: A New Stage in The Design Process", Master of Science Degree in Architecture, tecnico lisboa, page 9.

5- Feist , Sofia Teixeira de Vasconcelos,( 2017 ) , "A-BIM: Algorithmic-based Building Information Modelling",Master, tecnico lisboa, page 13-14.

6- Hemmerling, Marco & Cocchiarella, Luigi, (2018), "Informed Architecture: Computational Strategies in Architectural Design", e book, , Page33-34.

7- HANSMEYER, Michael and DILLENBURGER, Benjamin, (2013) , " MESH GRAMMARS Procedural Articulation of Form, , page 826.

8- Hassan, Asmaa Gamal Abdellfattah Elsayed, (2016) ,"PARAMETRIC DESIGN OPTIMIZATION FOR SOLAR SCREENS: AN APPROACH FOR BALANCING THERMAL AND DAYLIGHT PERFORMANCE FOR OFFICE BUILDINGS IN EGYPT", Faculty of Engineering at Cairo University,, page 49 – 51.

9- Sabin -Cristian ȘERBAN, (2013), "Process, Algorithm and Generative Language in Architecture", "Ion Mincu" University of Architecture and Urbanism. The University of Architecture, , page 21-22.

10- Terzidis, Kostas, Algorithmic Design: A Paradigm Shift in Architecture? PhD, School of Design, Harvard University, page 202.