كلية الهندسة بشبرا
FACULTY OF ENGINEERING AT SHOUBRA
ERJ
ISSN:1687-1340

ENGINEERING RESEARCH JOURNAL (ERJ)
Volume (52) , Issue (2)
April 2023, pp:120-129
https://erjsh.journals.ekb.eg

مناهج التشكيل فى العمارة البارامترية

Formation methods in Parametric Architecture

محمد عبده محمود إدريس*
قسم الهندسة المعمارية ـ كلية الهندسة ـ جامعة سيناء ـ فرع القنطرة.
* Corresponding Author
E-mail:**Mohamed**.abdo@su.edu.eg

الملخص. تعتمد عمليات التشكيل فى العمارة على مناهج تشكيل تقليدية متنوعة استخدمت من خلال مناهج واتجاهات تصميمية مختلفة، تناول البحث أشهر هذه المناهج فى عرض تعريفى مختصر ومن ثم بعض أمثلة التشكيل المعمارى باستخدام هذه المناهج التقليدية، ثم ينتقل البحث إلى عرض تعريفى للمنهج البارامترى وهو أحد أهم مناهج التصميم المستحدثة نتيجة التطور التكنولوجى الكبير فى تقنيات الاتصالات والمعلومات والذى صاحبه تطور ملحوظ فى ممارسة عمليات التصميم والتنفيذ، يلى ذلك عرض لأدوات التشكيل البارامترى المستخدمة فى عمليات التشكيل فى المنهج البارامترى مع أمثلة لتشكيلات معمارية تمت باستخدام هذه الأدوات البارامترية وبدراسة وتحليل هذه الأمثلة أمكن استنتاج علاقتها بمناهج التصميم التقليدية حيث خلص البحث إلى أن أدوات التصميم البارامترية تعد نموذجاً مطورا أكثر دقة لمناهج التشكيل التقليدية، ويوصى البحث بالاستمرار والاهتمام بدارسة مناهج التشكيل التقليدية كمبادئ ونظريات لمناهج وادوات التشكيل المستحدثة.

الكلمات المفتاحية. مناهج التشكيل ـ مناهج التصميم ـ منهج التصميم البارامترى ـ ادوات التشكيل البارامترية ـ العمارة البارامترية.

1. مقدمة

تبدأ الانجازات والأعمال بصفة عامة بالفكر ثم يتحول هذا الفكر إلى خطوات ملموسة ليتجسد فى النهاية إلى واقع ما أيا كانت صورة هذا التجسيد تبعا لطبيعة الفكر والهدف والمجال. ولتحقيق أفضل إنجاز وكفاءة ممكنة فى عملية تحويل الفكر إلى واقع يجب اتباع منهج تطبيقى مجرب يضمن أو يساعد على تنفيذ وإتمام هذه العملية على مراحل وخطوات ممنهجة ومرتبة للخروج بأفضل صورة تجسد أو تعبر عن هذا الفكر. وهو ما ينطبق تماما على عمليات التصميم المعمارى حيث تستخدم مناهج التشكيل فى أحد مراحل التصميم لنقل المشروع من مرحلة الفكر أو الفكرة التصميمية إلى مرحلة التوثيق بالرسومات المعمارية بصياغة ممنهجة. تتعدد هذه المناهج وتوفر أساليب متنوعة للتشكيل ومرنة بما يتيح البدائل التشكيلية اللازمة لمعظم أو كل الاتجاهات المعمارية ومناهج التصميم المختلفة. وقد جربت هذه المناهج فى عصور مختلفة فى العديد من الطرز والاتجاهات والمناهج وصولا لعمارة ما بعد الحداثة وأثبتت الدراسات التحليلية والنقدية المتخصصة بعمليات التشكيل كفاءة ومرونة وشمولية هذه المناهج بدرجة كبيرة تتوقف على كفاءة الممارسة واختيار المعمارى للمنهج الصحيح المناسب للفكرة وتمكنه من تطبيقه واستخدامه فى صياغة الأفكار التصميمية بأعلى كفاءة ممكنة. ومع تطور التكنولوجية حدث تطور كبير للأفكار التصميمية حيث أتاحت انطلاق الفكر خارج حدود الأشكال والمواد والخامات والنظم الانشائية التقليدية كما تطورت المناهج والأدوات والقدرات المستخدمة واللازمة فى عملية التصميم لتحويل هذه الأفكار إلى واقع. وهو ما أفرز بعض الاتجاهات المعمارية ومناهج التصميم الجديدة كمنهج التصميم البارامترى الذى استخدم فى الكثير من عمليات التصميم على مستوى العالم وهو ما يدفع نحو معرفة صلاحية استخدام مناهج التشكيل التقليدية فى هذا المنهج التصميمى وعلاقتها بأدوات التصميم البارامترى، كأحد المؤشرات على جدوى وأهمية الاستمرار فى دراسة وتطوير مناهج التشكيل التقليدية فى المستقبل.

1.1 المشكلة البحثية

ظهور بعض مناهج التصميم المستحدثة كالتصميم البارامترى والذى ساعد على انتاج الكثير من التشكيلات والأشكال الحرة التى صنفت أو سميت بالعمارة البارامترية والتى انتشرت لدرجة جعلتها أحد التوجهات المهمة والمنتشرة فى التصميم المعمارى فى الوقت الراهن وعلى مستويات مختلفة بدأ بتصميمات ومشروعات طلاب العمارة فى مرحلة الدراسة وحتى أحدث وأشهر المشروعات الحديثة فى العالم ومرورا بالكثير من المشروعات على مستوى فاعاليات ومسابقات العمارة. بالتالى أصبح من الضرورى معرفة ما إذا كان هناك صلة أو دور لمناهج التشكيل التقليدية المختلفة بهذا المنهج التصميمى المستحدث والجدوى من دراستها واستخدامها فى عملية التشكيل فى منهج التصميم البارامترى وكذا معرفة علاقة مناهج التشكيل التقليدية بأدوات التصميم البارمترى كمؤشر مساعد للمعماريين والباحثين وطلاب العمارة فى عمليات التشكيل باستخدام منهج التصميم البارمترى.

2.1 هدف البحث

الوصول إلى علاقة أدوات التشكيل فى التصميم البارامترى بمناهج التشكيل المعمارى التقليدية، ومعرفة الترابط بينهما كأحد المؤشرات على أهمية استمرار الطلاب والباحثين والمصممين فى دراسة وممارسة وتطوير مناهج التشكيل التقليدية فى الحاضر والمستقبل.

3.1 منهجية البحث

ـ عرض تعريفى مختصر لمناهج التشكيل التقليدية التى تستخدم فى عمليات التصميم وأسباب استخدامها بصفة عامة.
ـ عرض أمثلة لاستخدام مناهج التشكيل التقليدية فى العمارة فى عصور واتجاهات تصميمية متنوعة.
ـ عرض تعريفى لمنهج التصميم البارامترى وأدوات التشكيل البارامترية المستخدمة فيه وأمثلة لتشكيلات معمارية تمت باستخدام هذه الأدوات.
ـ تحليل بعض التشكيلات التى تمت بالأدوات البارامترية واستنتاج علاقتها بمناهج التشكيل التقليدية.

ـ استقراء ارتباط مناهج التشكيل التقليدية كأسس ومرتكزات لعمليات التشكيل بأدوات التشكيل البارامترية.

2. الهدف من عمل التكوينات والتشكيلات المعمارية

تتعدد وتتنوع الأهداف من عمل التكوينات والتشكيلات بصورة عامة بين تحقيق معايير وظيفية أو مادية أو معنوية وجمالية. أما فى العمارة ولطبيعتها الخاصة كأم للفنون ووسط وفراغ حاوى لمعظم الأنشطة والممارسات الانسانية وتجسيد واقعى للتاريخ والحضارات وكخلفية دافعة للمستقبل فإن التشكيلات المعمارية تستهدف دائما تحقيق أعلى مايمكن فى كل تلك المعايير. حيث يصاغ التشكيل المعمارى ليحقق أعلى معدلات استيعاب وتحفيز الوظائف المستهدفة من المشروع والتى تشمل على المعايير الفراغية والمادية والمعنوية للمستخدمين كما تستهدف عمليات التشكيل المعمارى تحقيق أعلى معدلات الجمال طبقا للمعايير المجتمعية والثقافية والفنية للفئات الغالبة من المستخدمين والمشاهدين، بالاضافة إلى تحقيق أعلى كفاءة مادية سواء على مستوى البيئة المحيطة أو على المستوى الاقتصادى. لذلك فبالرغم من أن عمليات التشكيل والقرارت التصميمية المتعلقة به تبدو من الوهلة الأولى أسهل مراحل عملية التصميم إلا أنها فى الواقع من أكثرها تعقيدا وشمولية وتحتاج إلى الإلمام بالكثير من الأبعاد والأهداف والمعايير لكل قرار فيها وذلك لتحقيق الأهداف المنوطة بالتصميم بأعلى نسبة ممكنة والتى تساهم بالتالى فى تحقيق أعلى نسب نجاح للمشروع على جميع الجوانب وهو ما يعد مقياساً لنجاح عمليات التصميم والتشكيل المعمارى عموما وتميز به التصميم البارامترى حديثا، حيث يمكنه تحقيق هذه الأهداف بصورة أكثر دقة وسهولة.

3. مناهج التشكيل التقليدية

استخدمت الأشكال المختلفة فى مجالات العمارة والعمران والفنون وغيرها طبقا لمناهج تصميم أو تشكيل مختلفة منها ما بقى ثابتا على مر العصور وفى أمكنة وأزمنة عديدة ومنها ما تطور مع تطور العلوم والثقافات والتكنولوجيا بالإضافة إلى ما استحدث مع استحداث الادوات والقدرات المختلفة، ومن أشهر مناهج التشكيل وأكثرها استخداما فى عمليات التصميم المختلفة (Crouch,2000)، (الصيفى، 1992) المناهج الموضحة بتشكيلات رمزية فى الشكل رقم (1) وهى كمايلى:

ـ التناول المباشر: وهو استخدام شكل أو رمز معين بصورته النظرية الصريحة كنعصر رئيسى للتكوين.

ـ الحذف والإضافة : وهو استخدم شكل ما كعنصر رئيسى فى عملية التكوين مع حذف جزء منه أو إضافة جزء او شكل ما عليه.

ـ التكرار : هو تكرار شكل ما كوحدة تصميمية بنفس الوضع والمقياس على مسافات متساوية.

ـ التدرج : هو استخدام وحدة تصميمية بتكرار متدرج فى المقياس مع ثبات اتجاه ووضع استخدامها.

ـ التناظر : هو استخدام احد الاشكال أو مجموعة منها بصورة ما مع تكرارها منعكسة على محور ما.

ـ التكامل : هو باستخدام أحد الاشكال مع تغير وضعها وموضعها أو حجمها لتشكل تكوينا واحدا متكاملا.

ـ الدورانية : هى استخدام أحد الاشكال فى مواضع متعددة متكررة تبعا لحركة دورانية حول نقطة ما خارج أو داخل الشكل المستخدم.

ـ التباين : وهو تغير لون أو حجم أو اتجاه أو نوع الوحدة المستخدمة أو تغيير جميعهم معا مع ثبات لون أو حجم أو اتجاه أو نوع النظائر المستخدمة فى التشكيل.

ـ الخطى : وهو استخدام مجموعة من الأشكال أو الوحدات التصميمية أو مجموعات منها وتجميعهم بصورة أو علاقة خطية.

ـ الشبكى : وهو التشكيل من خلال انماط خطي شبكية أو وحدات تصميمة مكررة فى اتجاهين أوأكثر.

ـ الاشعاعى : وهو استخدام وحدات أو خطوط تصميمية منطلقة من نقطة أو وحده مركزية.

ـ الاتجاهى : وهو اسنخدام مجموعات من الأشكال أو الوحدات التصميمة المختلفة أو المتباينة بتدرجات فى اتجاه واحد أو نحو نقطة واحده.

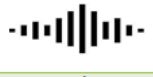
ـ الإيقاعى : وهو التشكيل بوحدات متدرجة فى الحجم والموضوع بصورة خطية أو دورانية أو تلقائية بمعدلات متغيرة.

ـ العضوية : وهى التشكيل باتباع أحد الأنماط البيئية المقتبسة من الطبيعة.

ـ التلقائية : وهو استخدام الشكل أو أشكال وتكرارها بأوضاع وأحجام متنوعة معتمدة على إحساس ومشاعر المصمم وحالة التناول.

ـ الدمج : هو الجمع بين بعض أو كل هذه المناهج التصميمية فى عمل تصميم أو تكوين ما.

هذا بالإضافة إلى بعض مناهج وأساليب تشكيل أخرى جميعها تساعد المعمارى على الوصول إلى بدائل تشكيلية متنوعة تناسب مناهج واتجاهات التصميم المختلفة.

الاستخدام المباشر	الحذف والاضافة	التكرار	التدرج
التناظر	التكامل	الدورانية	التباين
الخطى	الشبكى	الإشعاعى	الإتجاهى
			
الإيقاعى	العضوية	التلقائية	الدمج

شكل (1) أشهر مناهج التشكيل فى عمليات التصميم. مصدر الشكل: الباحث، مصدر الصور: www.pinterest,com

شكل (2) استخدام مناهج التشكيل فى التشكيل المعمارى. مصدرالشكل:الباحث، مصدرالصور: www.pinterest,com

4. استخدام مناهج التشكيل فى العمارة

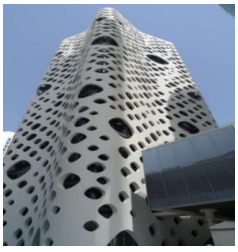
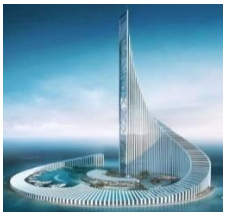
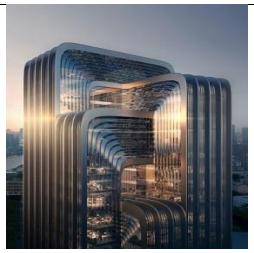
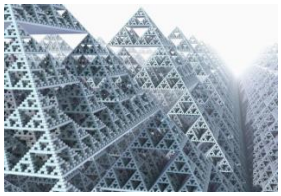
استخدمت مناهج التشكيل التقليدية فى مجالات وأنشطة متنوعة ومختلفة ولاسيما فى العمارة، حيث تمت معظم عمليات التشكيل المعمارى فى عصور وحضارات مختلفة باستخدام هذه المناهج كما يظهر فى الأمثلة التالية فى الشكل رقم (2) والذى يحوى تشكيلات متنوعة ناتجة عن هذه المناهج كما يلى:

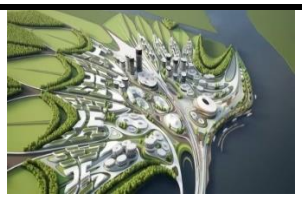
5. العمارة البارامترية

البارامتر هو مصطلح من أصل يونانى مكون من مقطعين (بارا - متر) وهو بمعنى الوسيط أى وسيط القياس أو المعيار أو الحد، ويستخدم المصطلح فى الرياضيات والإحصاء وعلوم الحاسب والطب والهندسة واللغويات للتعبير عن المقدر أو القيمة الوسيطة بين الثابت والمتغيروبين المجهول والمعلوم. أما فى العمارة فقد بدأ استخدامه فى ستينات القرن الماضى باسم التصميم البارامترى للتعبير عن استعارة تفاصيل الطبيعة وقياساتها، وبعد ظهور علم المورفولوجيا الذى مكن من دراسة تفاصيل وهيئات أشكال الكائنات الحية وقياس وتحديد دور كل تفصيلة تطور استخدام المصطلح للتعبير عن التصميم بمجموعة من المعادلات والمحددات، والتى تمكن من تحديد كل تفاصيل وعناصر تكوين التصميم والتحكم فى مدى فاعليته وردود الأفعال المتبادلة بين عناصر التصميم، وفى تسعينيات القرن الماضى ومع تطور برامج الكمبيوتر التى تستخدم فى عمليات التصميم والمحاكاة تطور استخدام التصميم البارمترى من كونه منهج نظرى لينتقل لمرحلة التطبيق ليصبح منهج تصميم متكامل يمكن من خلال مخرجاته الوصول لأفضل النتائج فى جميع المحاور القياسية المستهدفة من العمل المعمارى. باستخدام هذا المنهج تم تصميم بعض الأعمال المعمارية التى اثبتت نجاحا كبيراً فى تحقيق معدلات عالية فى الجوانب البيئية والوظيفية والجمالية وغيرها وهو ما دفع الكثير من المعماريين ودارسى العمارة نحو دراسة واستخدام هذا المنهج التصميمى الجديد ليصبح أحد أحدث وأهم مناهج التصميم المعمارى الحديثة. وهو ما أسفر عن ظهور العديد من التصميمات والأعمال المعمارية المنتجة به والتى تم تداولها أو وصفها بالعمارة البارامترية.[13]

6. ادوات التشكيل البارامترية

تتم عملية التصميم المعمارى البارامترى من خلال مجموعة من المعادلات والمعطيات والمصفوفات تطبقها برامج الكمبيوتر التى تستخدم فى عمليات التصميم المعمارى، والتى تساعد على حل العلاقات المعقدة بين الأشكال والعناصرالمختلفة وتحليل القوى وردو والأفعال والتأثيرات ومحاكاة جميع القرارات التصميمية من خلال عملية النمذجة الرقمية، والتى تساعد على تقييم العناصر والقرارات المعمارية من جميع النواحى الفراغية والبيئية والإنشائية والتنفيذية والجمالية. تطبق هذه البرامج عمليات النمذجة أو المحاكاة بواسطة مجموعات من الخوارزميات والمعادلات الرقمية، كل حزمة من هذه المجموعات تخرج أحد البدائل التصميمية المحتملة فى الإطار التصميمى الذى وضعه المصمم. تسمى هذه الحزم أو المجموعات بأدوات التصميم البارامترى لكونها أدوات يمكن استخدامها أو تطبيقها لإخراج وتشكيل البدائل التصميمة المحتملة كما أنها تساعد على اتخاذ القرار التصميمى الأفضل بقياس وتقييم المعايير الفزيائية ونسبية تأثير قرارات المصمم الجمالية والتشكيلية عليها. ومن أهم أدوات التشكيل فى التصميم البارمترى ما أمكن تصنيفه فى الشكل رقم (3) والذى يوضح الأدوات البارامترية المختلفة ويصنفها طبقا للمنهج الذى يعتمد عليه عند تطبيقها مع مثال لأحد احتمالات التشكيل الناتجة عن كل أداة كالتالى: [6]

الاستمثال (Optimization): أى الوصول للأمثل ويهدف إلى إيجاد أمثل الحلول التصميمية فى تحقيق النظام المستهدف، وتتم عملية الاستمثال باتباع نوعين من الاتجاهات حتمية وعشوائية	**اتجاهات حتمية** (deterministic Patterns): وهى عملية تطوير التشكيل طبقا للمجالات أو الاتجاهات المؤثرة عليه من خلال تتبع بعض المؤثرات وهى نوعين	**مجالات القوة** (Force field): وهى الواقعة على الكتلة كالضغط والشد وغيرها، بحيث يجسد مردود هذا التأثير فى التشكيل بأسلوب حركى مصدر الصورة: www.amlu.com	
		حركة السرب (Swarming): يستهدف من خلالها الوصول لأفضل تشكيل لعناصر التكوين باعتبارها مجموعة عناصر مترابطة تتبع اتجاه قوى الجذب أو الطرد الواقعة على أى عنصر من المجموعة، حتى ولو أدى ذلك إلى تغير جذرى أو غير متوقع نتيجة قوة أو قوى ما، تماما مثلما يمكن أن يتغير اتجاه حركة سرب من الطيور عند رصد أحد أعضاء السرب لطعام أو ماء والاتجاه نحوه بصورة مباشرة فورية أو تخير اتجاهه للهروب من قوى طاردة او مصدر خوف فيتبعه السرب. مصدر الصورة:www.worldlandscapearchitecture.com	
		اتجاهات عشوائية (Random Patterns): وهى عملية تطور أو نمو تحدث عشوائيا أو تلقائيا لتكون وحده أو منظومة أو مجموعة ما تحقق الهدف أو المعايير التصميمية المستهدفة ثم تتكرر لتتحول إلى نمط، ويتم هذا التطور بآليات مختلفة منها الآلية الخلوية والتى يمكن بها تشكيل نظام متكامل معقد من خلال عملية تطور وحده مفرده بسيطة بقواعد بسيطة ثم تتكرر هذه العملية لتتحول إلى نمط نسبى للتطور. مصدر الصور: www.researchgate.net	
		- التكرار (Repetition): وهو نسخ عنصر ما عدة مرات، كما يمكن أن يتكرر هذا العنصر بناء على مجموعة من المتغيرات مثل المسافة أو الاتجاه. مصدر الصور:www.architonic.com	ذ
التعاودية (Recursion): وهى عملية تطبيق لفكرة تشكيلية مع تكرارها بتسلسل متدرج، ولها أنماط مختلفة		**النمط الهندسى** (Fractal): وهو تعاودية للتشكيل باستخدام وحدة هندسية باسلوب خاضع لقيم هندسية تتكرر بتسلسل مثل تكرار شكل هندسى على محيطه بعدد معين بنصف ضلع أو قطر الشكل السابق ومن ثم تكرار نفس المنظومة حول كل شكل منهم بنفس القيمة النسبية مصدر الصور:www.dezeen.com	
		السلسلة والتسلسل (Series and Sequences): وهو تعاودية بأداء متدرج النسب والعلاقات بإجراء تسلسلى يكون فى مجموعه سلسلة متكاملة بعلاقات نسبية فى الخجم والاتجاه. مصدر الصور:www.dezeen.com	 
		سيربنسكى (Sierpinski): وهو عملية تعاودية كسورية تتم بنفس مبدأ مربع سربنسكى المقسم لتسع أجزاء ثم يحذف أحد الأجزاء كالمربع المركزى مثلا ثم يتم عمل نفس الاجراء داخل كل جزء بتقسيمه وحذف المربع المركزى ومن ثم يتم تكرار نفس العملية داخل كل وحدة من الوحدات المتبقية. مصدر الصور: www.momaa.org	

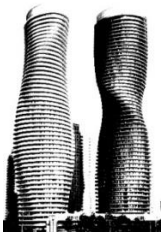
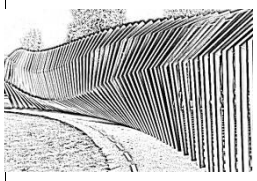
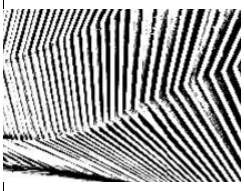
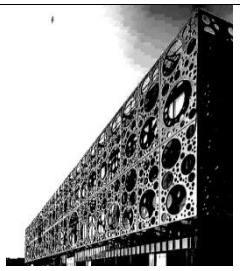
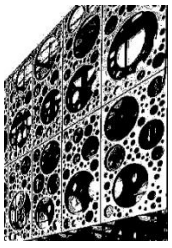
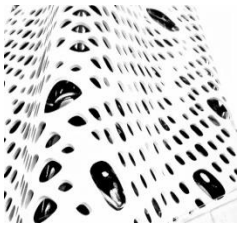
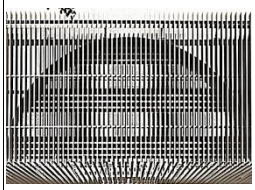
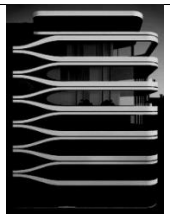
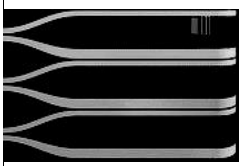
النسيج (Weaving)**:** وهو تداخل عناصر خطية رأسية مع أخرى أفقية بنفس طريقة النسيج بحيث يشكل أحدهما خطوطا مستمرة كما فى لُحمة النسيج والاخرى تتشابك معها فى الاتجاه الاخر دخولا وخروجا دون تقاطعات لتجمعها وتسمى السداة كما فى عمليات النسج. مصدر الصور: www.dezeen.com		
انتشار التفاعل (Reaction Diffusion)**:** وهى عملية تفاعل بين مكونات أو عناصر مختلفة أو أجزاء منها تنتشر بصورة طبيعية تبدو عشوائية وتتحرك مولدة مجموعة من الأنماط المتنوعة. مصدر الصور: www.dezeen.com		
التقسيم (Subdivision)**:** هو فصل سطح كبير متصل إلى مكونات أصغر. مصدر الصور: www.pixels.com		
- التعبئة (Packing)**:** هى عملية ملء الفراغات بالعناصر والمكونات المناسبة بحيث تترك فراغات محدودة أو ربما لا تترك وبصورة أخرى يمكن اعتباراها عملية تطور وتكاثر داخل فراغ أو سطح محدود. مصدر الصور: www.archilovers.com		
التغطية / التبليط (Tiling)**:** وهو استخدام الأشكال لتغطية المسطحات أو التكوينات الكبيرة ويتم ذلك باستخدام أحد أسلوبين إما التغطية بالمضلعات سواء كانت موحدة ومتطابقة أو غير متطابقة، منتظمة أو غير منتظمة أو بأسلوب فورونوى وهو التغطية بأشكال وتكوينات عضوية. مصدر الصور: www.wdwnt.com		

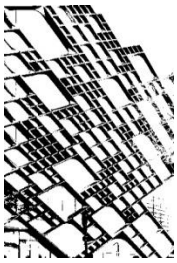
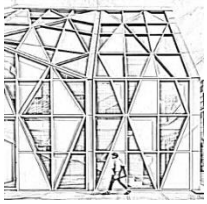
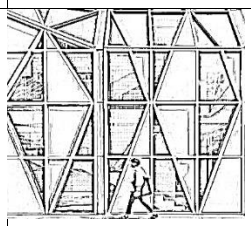
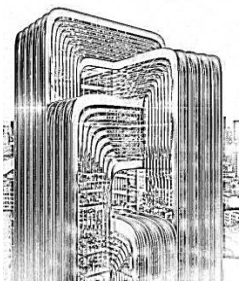
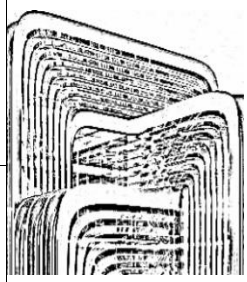
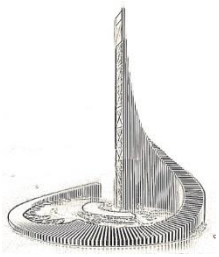
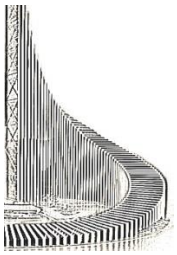
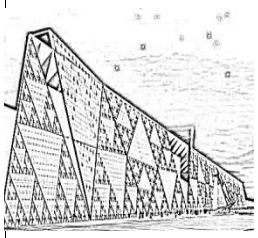
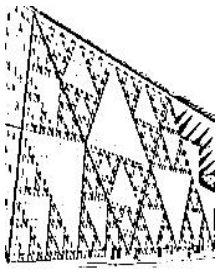
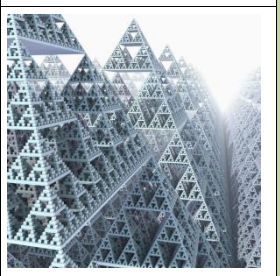
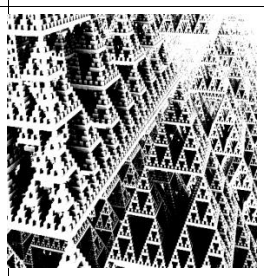
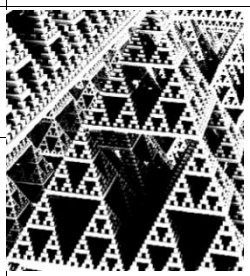
شكل (3) تصنيف أدوات التشكيل البارامترية. مصدر الشكل: الباحث

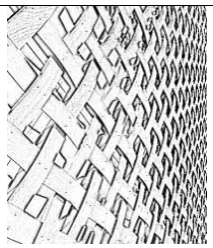
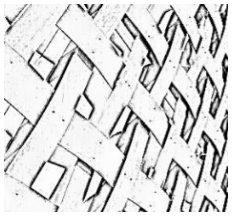
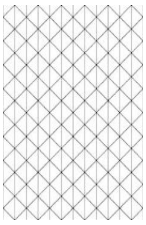
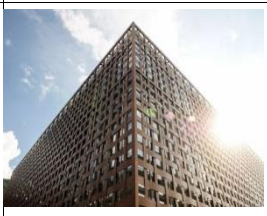
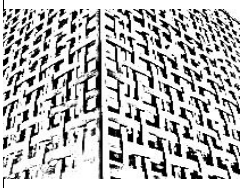
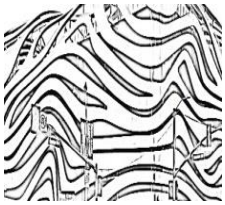
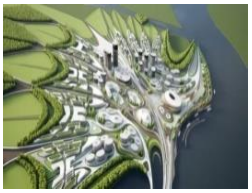
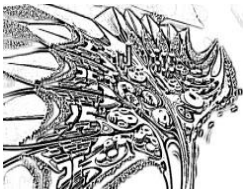
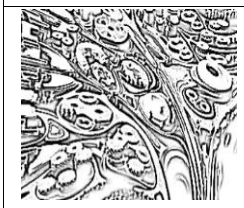
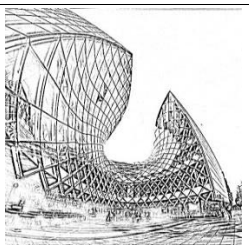
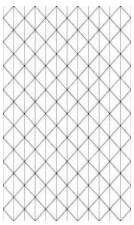
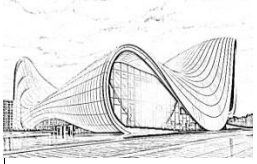
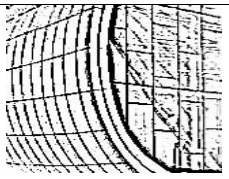
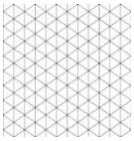
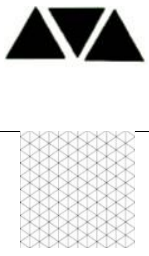
إذا فإن منهج التصميم البارامترى يعتمد فى عملية التشكيل على أدوات بارامترية مستحدثة تبعا له ولما يطبقه من تقنيات. وفيما يلى يتناول البحث بالدراسة والتحليل هذه الأمثلة الناتجة من أدوات التشكيل البارامترى لاستنتاج العلاقة بين هذه الادوات ومناهج التشكيل التقليدية التى استخدمت ومازالت تستخدم فى عمليات ومناهج التصميم المعمارى.

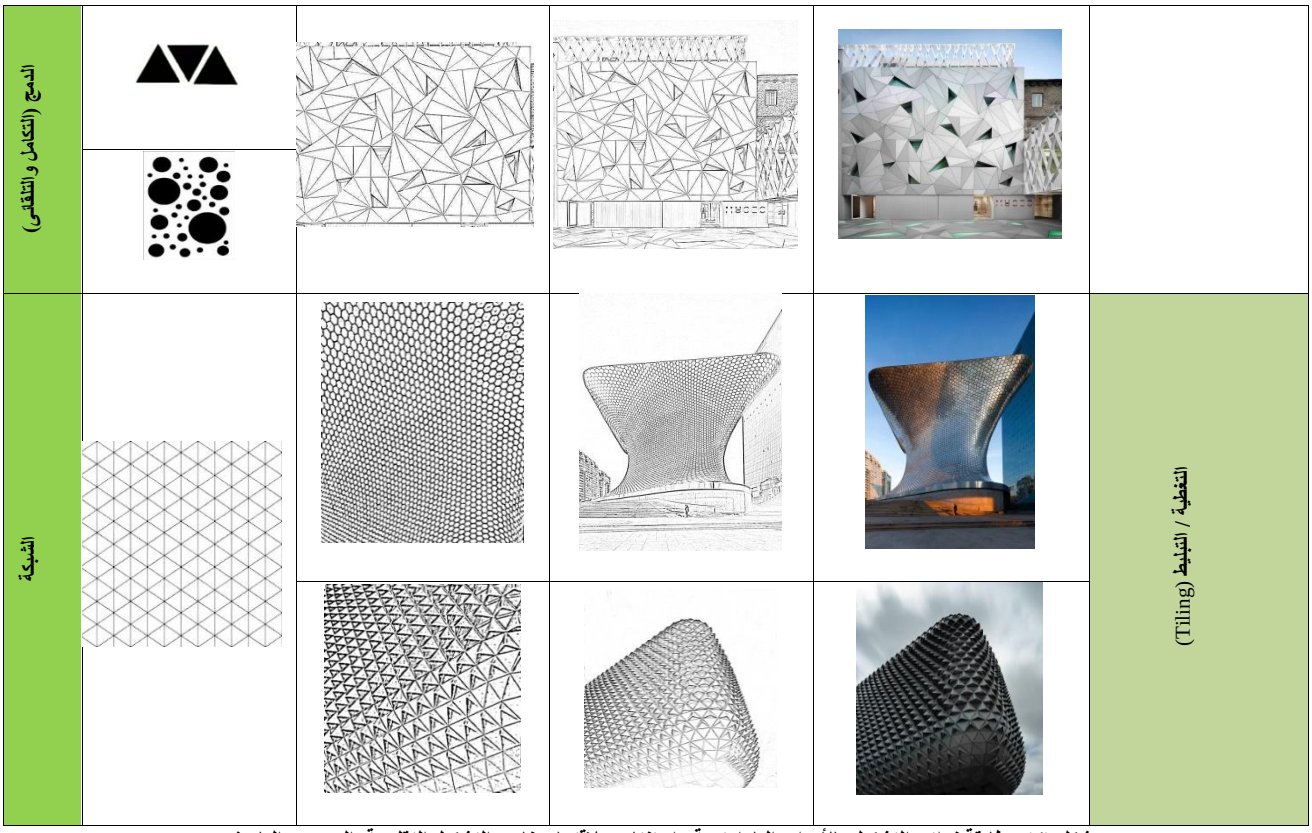
7. مناهج التشكيل فى الادوات البارامترية

ظهرت أدوات التشكيل البارامترية مع ظهور وتطور برامج التصميم والتطبيقات المستخدمة فى التصميم بالمنهج البارمترى، ومن دراسة المنهج البارامترى يتبين انه يعتمد فى الأساس على تطبيق مجموعة من المعادلات والمصفوفات التقليدية القديمة والتى ظهرت وتطورت مع ظهور وتطور علم الرياضيات والمنطق، لذا يصبح من المحتمل أن ينتج عن عملية تطبيق تلك المعادلات والحسابات والتحليلات المنطقية القديمة مجموعة من التشكيلات المرتبطة بمناهج التشكيل التقليدية القديمة التى كانت بمثابة تطبيق حسى لمضمون هذه العمليات الحسابية والمنطقية سابقا ودمجها مع بعض المعايير الطبيعية والمعنوية المستنتجة من الطبيعية والتى تعتمد أيضا عمليات التشكيل البارامترية على فهمها وتحليلها. فى الشكل رقم (4) تحليل لأمثلة التشكيلات الناتجة عن الأدوات البارامترية ومطابقتها مع التشكيلات الرمزية المعبرة عن مبادئ مناهج التشكيل التقليدية لاستنتاج ارتباطهما كما يلى:

الأداة البارامترية والتشكيل الناتج عن استخدامها			خطوط التشكيل		المنهج التشكيلى المطابق	
الاستمثال (Optimization)	اتجاهات حتمية (deterministic Patterns)	مجالات القوة (Force field)				الدمج (الاتجاهى والايقاعى)
		حركة السرب (Swarming)				الإيقاعى
	اتجاهات عشوائية (Random Patterns)					التلقائية
						التلقائية
	التكرار (Repetition)					التكرار
						

التعاودية (Recursion)	النمط الهندسي (Fractal)				الدمج (التشبكي و التكامل)
					
	السلسلة والتسلسل (Series and Sequences)				الدمج (التكامل و التدرج)
					الدمج (التدرج والدورانية)
	سيربنسكي (Sierpinski)				المج (التشبكي والتكرار والتدرج والتكامل)
					

النسيج (Weaving)					الشبكى
					
انتشار التفاعل (Reaction Diffusion)					العضوى
					
التقسيم (Subdivision)					الشبكة
					
التعبئة (Packing)					الدمج (الشبكى والتكامل)



شكل (4) مطابقة نواتج التشكيل بالأدوات البارامترية واستنتاج علاقتها بمناهج التشكيل التقليدية. المصدر: الباحث،

8 ـ الخلاصة

ـ تعتبر أدوات التشكيل البارامترية إصدارا إلكترونيا دقيقا مطورا من مناهج التشكيل التقليدية.

ـ مازالت مناهج التشكيل التقليدية تحظى بدور أساسى فى عمليات التشكيل وتوفر الأسس اللازمة لصياغة وتشكيل الأفكار المعمارية باتجاهاتها المختلفة.

ـ ساعدت الآليات والأدوات التى أتاحتها ثورة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات على تدقيق وتوثيق ومنطقة الجانب الفنى والتشكيلى فى عمليات التصميم.

ـ من المقارنة بين مخرجات عمليات تطبيق المعادلات والحسابات البارامترية ومخرجات الحس الفنى والتشكيلى لدى المعمارى خصوصا والانسان عموما يتبين أن هذا الجانب لدى الانسان هو محصلة فهمه وإحساسه وإدراكه لمكونات ومعطيات البيئة وعناصرها بمختلف أنواعها.

ـ مثلت الظواهر والسلوكيات الطبيعية للبيئة ومكوناتها مرجعا أساسيا لبعض أدوات التشكيل البارامترية وهو ما يدل على أن الطبيعة حولنا لازالت قادرة على إمدادنا بالكثير من المعطيات والمناهج والأساليب والمضامين التى يمكن فهمها وأستنتاجها من خلال المزيد من الدراسات والأبحاث ومن ثم إستخدامها وتطبيقها فى مجالات العمارة المختلفة.

7ـ التوصيات

ـ الاستمرار فى تدريب طلاب العمارة وممارسى المهنة بصورة مستمرة على مناهج التشكيل وآليات تطبيقها فى عمليات التصميم المعمارى.

ـ الاستمرار فى دراسة وتحليل مناهج التشكيل التقليدية لاستنتاج ما يمكن التوصل إليه من أساليب مطورة مشتقة منها.

ـ دراسة وتحليل مناهج وأساليب التصميم المستحدثة فى ظل الطفرة التكنولوجية وأدواتها وآليات استخدامها واستنتاج مرجعياتها النظرية والمنهجية لتأطير ومنهجة تطبيق هذه الأساليب للممارسين الجدد والمصممين المبتدئين ودارسى العمارة.

ـ دراسة وتحليل الأعمال والتشكيلات المعمارية الناتجة عن مناهج التصميم والتشكيل المستحدثة وتقييم مردودها الإنسانى والمجتمعى سلبا وإيجابا وطرح النتائج للطلاب والدراسين لتحقيق ممارسة واعية أكثر فهما لمعماريى ومصممى عمارة المستقبل

المراجع العربية

[1] **أحمد، محمد عبد الفتاح.** 2000 "التشكيل المعمـــــارى بين القيم التراثية والقيم المعاصرة نحو منهجية فكرية لمنطق التواصل" (رسالة ماجستير) قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة.

[2] **إدريس، محمد عبده.** 2006 " العمارة والعمران فى إطار العولمة " (رســـالة ماجستير)، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة الأزهر.

[3] **إدريس، محمد عبده.** 2018 " عولمة العمارة " (ورقة بحثية)،العدد 47 ـ المجلة العلمية كلية الهندسة، جامعة الأزهر.

[4] **البس، عبد الحميد أحمد.** 1993 "اتجاهات العمارة بعد الحديثة وأثرها فى الحركة المعمارية فى مصـــر" المؤتمر المعمارى الدولى الثالث، كلية الهندســـة، جامعة الأزهر.

[5] **الدالى، حازم محمد طلعت.** 2005 "العمـارة فى عصـر تكنولوجـيا المعلومات" (رسـالة ماجستير)، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة عين شمس.

[6] **الدالى، حازم محمد طلعت.، حســنى، ســمير صــادق.، شــوقى، أيمن.** 2022 "تصنيف أدوات التصميم البارامترى" (ورقة بحثية) العدد 62 ـــ المجلة العلمية كلية الهندسة ـ جامعة الأزهر.

[7] **الصيفي، ايهاب بسمارك.** الاسس الجمالية والانشائية للتصـميم 1992"فاعليات العناصـــر الشـــكلية لمبتدئ الدراســـة في مجالات الفن والتصـــميم. الكاتب المصرى،القاهرة.

[8] **شـوقى، إسـماعيل.** 2006 التصـميم عناصـره واسـسـه في الفن التشـكيلى. دار النهضة العربية للنشر والتوزيع، القاهرة.

- المراجع الأجنبية

[9] Ball, P. (2016). Patterns In Natures. United States of America: The University of Chicago Press.

[10] Burry, J. B. (2010). The New Mathematics of Architecture. United Kingdom: Thames& Hudson.

[11] Crouch, Christopher. (2000). Modernism in Design and Architecture, New York: St. Martins Press

[12] Dufour, J-M, J Neves. (2019). In C. R. Hrishikesh D. Vinod, Handbook of Statistics (Vol. 41, pp. 3-31). North Holland: Elsevier.

[13] Jabi, W. (2013). Parametric Design for Architecture. London: Laurence King Publishing.

[14] Krawczyk, R. J. (2000). Evolution of Mathematically Based Form development. in Bridges 2000 Conference, Mathematical Connections in Art, Music, and Science.

[15] Krawczyk, R. J. (January 2003). Architectural Interpretation of Cellular Automata. Chicago, IL, USA: College of Architecture, Illinois Institute of Technology.

[16] Lasch, A. (2006). Tooling. Canada: Princeton Architectral Press.

[17] Woodbury, R. (2010). Elements of Parametric Design. USA and Canada: Routledge

- مواقع الانترنت :

www.amlu.com-

www.archilovers.com-

-www.architonic.com:

www.dezeen.com-

-www.momaa.org

-www.pixels.com

-www.researchgate.net

-www.wdwnt.com

-www.worldlandscapearchitecture.com