



## إستنباط مفردات التصميم البارامتري لتحقيق مستهدفات التصميم المعماري

Received 22 January 2022; Revised 27 April 2022; Accepted 27 April 2022

### الملخص:

يُطلق علي التصميم البارامتري العديد من المعاني منها التصميم الحدودي والنمذجي والتصميم القياسي أو التصميم المتغير جميعها تؤدي إلي المعني الخاص بالبارامتري. ويعتبر التصميم البارامتري نهج تصميم معماري يستخدم المفردات في ضوء مجموعة من القواعد والأنماط التصميمية التي تحقق أهداف التصميم في وجود فكرة تصميمية، ويجد البحث أن المشكلة تتمثل في أن مثل هذا النهج المعاصر في التصميم يندر استخدامه في مصر علي الرغم من استخدامه بشكل كبير وعلي نطاق واسع حول العالم وفي دول تشترك مع مصر في الموروث الثقافي والطبيعة والحالة البيئية، ولكن التعقيد المصاحب لإستخدام تقنيات البرمجة في التصميم دون دراسة أو معرفة المفردات التي تعتمد عليها البارامتري وقواعد التشكيل المرتبطة يؤثر بشكل مباشر علي الفكر التصميمي وبدوره يؤثر علي التكلفة لإحتياجه إلي تقنيات تنفيذ متنوعة وحديثة. وعليه يهدف البحث إلي إستنباط المفردات التي يتعامل معها النهج البارامتري والتعرف علي القواعد والأنماط الخاصة بهذا النهج التصميمي المعاصر. حيث تتناول الورقة البحثية المفاهيم المختلفة للتصميم البارامتري، والمبادئ الرئيسية التي يعتمد عليها والأنماط الأساسية التي يستطع المعماري من خلال التعرف عليها الإستدلال علي ملامح المبني البارامتري. وتوصلت الدراسة إلي أن النهج البارامتري قد ثبتت كفاءته بإستخدام مختلف طرق التشكيل ومختلف المفردات المعمارية في تحقيق جميع الأهداف التصميمية، ويوصي البحث بإستخدام مسطرة القياس لمعادلة التصميم المعماري في التعرف علي المباني البارامتري وتحليلها في ضوء الأنماط والقواعد للوصول إلي المفردات البارامتري لتحقيق مختلف المستهدفات التصميمية.

إسلام حسام الدين مصطفى كامل<sup>1</sup>  
أ.د. مجدي محمد رضوان حامد<sup>2</sup>  
أ.د. عمرو سيد حسن عبد الله<sup>3</sup>

### الكلمات الرئيسية

التصميم البارامتري، النمط، محاكاة الطبيعة، التصنيع الرقمي، الموديول، التكرار.

### 1. المقدمة:

إن التصميم البارامتري هو نهج تصميمي نتج من مفاهيم العمارة البارامتريّة، قائم علي التعامل مع مفردات العمارة عن طريق تجريدها إلي مجموعة من المتغيرات رياضياً، ويتم تشكيل هذه المفردات في إطار نموذج بارامتري باستخدام تقنيات الحاسوب البارامتريّة فيتم توليد العديد من الأشكال وتحويل المفردات التقليدية إلي أشكال غير نمطية مما يُعزز القدرة الإبداعية والتخليّة لدي المصمم، وذلك لتحقيق الأهداف التصميمية وفق مفاهيم غير تقليدية نابعة من الطبيعة والكائنات

<sup>1</sup> باحث بقسم الهندسة المعمارية- قسم الهندسة المعمارية- كلية الهندسة- جامعة أسيوط (islamhosam3020@gmail.com).

<sup>2</sup> أستاذ دكتور بقسم الهندسة المعمارية - قسم الهندسة المعمارية - كلية الهندسة - جامعة أسيوط (mradwan@aun.edu.eg).

<sup>3</sup> أستاذ مساعد بقسم الهندسة المعمارية - قسم الهندسة المعمارية- كلية الهندسة- جامعة أسيوط (Dr.amrsayed@aun.edu.eg)

الحية وغيرها، حيث تباينت أدبيات الدراسة في إظهار جوانب عديدة للتصميم البارامتري وإستخدامات التقنيات الحاسوبية التي تختلف عن الطرق التقليدية للتصميم المعماري، إذ أفرزت جوانب متنوعة من الناحية التقنية والتصميمية والتي يؤثر دورهما علي الجانب الإقتصادي. بالنسبة للجانب التقني فالتصميم البارامتري يرتبط ارتباطاً مباشراً بالبرمجيات الحاسوبية علي خلاف الطرق التقليدية في التصميم التي قد تستخدم الطرق اليدوية أثناء التصميم، ولكن الإرتباط المباشر بين التصميم البارامتري والتقنيات الحاسوبية لا يعني التعقيد الذي يجعل الأمر مستحيلاً. فقد أثبتت بعض الأبحاث أن تقنيات الحاسوب المقترن بالتصنيع والتصميم والتنفيذ بأنه طريقة مبتكرة وفعالة ودقيقة في التصميم والتحليل. وهذه التطبيقات الحاسوبية لها دور فعال في أكثر من مجال كعملية التشكيل المعماري وتوثيق المباني التراثية والإنشاء والمحاكاة البيئية في مرحلة التصميم، كما أوصت هذه الدراسات بشكل قوي في إستخدام هذا النهج في التصميم الخارجي للواجهات من أجل تحسين ضوء النهار والطاقة، وأيضاً أوضحت مدي أهمية إستخدام أنظمة الحاسوب والتطبيقات البارامتريّة في نمذجة الأشكال وتحليل مفردات الواجهات وفق الظروف الجمالية والمناخية. دراسة (أندريا زاني وآخرون. ٢٠١٦) [١] ودراسة (حجازي، محمد. ٢٠١٦) [٢] ودراسة (يوشن سونج وآخرون، ٢٠١٦) [٣]. ولإستخدام هذه التقنيات يلزم علي المصمم البارامتري أن يكون لديه المهارة في إستخدام الرياضيات والتفكير الحسابي المتمثل في المعادلات البارامتريّة لدورها البارز في برامج التصميم الرقمي والبارامتري مما يمنح المصمم القدرة علي تمثيل مجسمات وكتل ذات بني معقدة تتصف بالفراغة، دراسة (وناس، أيسر، ٢٠١٥) [٤]. حيث دعت دراسة (جاين وآخرون. ٢٠٠٧) [٥] إلي إمكانية توفير النماذج البارامتريّة لتحقيق المرونة الهندسية وتدعيم عملية تحسين التصميم وإستخدام أدوات التصميم البارامتري لإنشاء وإدارة المعلومات الهندسية. أما بالنسبة للجانب التصميمي فيحقق التصميم البارامتري المرونة والإنسيابية والقيم الجمالية والوظيفية بشكل متنق، ويتوافق مع الإهتمامات العالمية الحديثة ويواكب مبادئ مستحدثة كمبدأ الإستدامة، كما نجح في تصميم العديد من الأنشطة بكفاءة مثل الأماكن الإدارية والتجارية والسياحية والسكنية وغيرها، وهذا ملموس في المباني البارامتريّة الموجودة في جميع أنحاء العالم. حيث وضحت دراسة (حامد، عبير، ٢٠١٦) [٦] أن التصميم البارامتري يعبر عن تطور تقني لشكل وأسلوب التصميم. وأكدت دراسة (وناس، أيسر، ٢٠١٦) [٧] أن التصميم البارامتري مصدر إثراء لتصميم المجسمات والكتل المعمارية للمباني المختلفة، وإمكانية تأثيره في ظاهرة التحول الشكلي للمجسمات إلي جانب إمكانية إحداث تطور في سلوك البنية التشكيلية لها من خلال الأسس البنائية البارامتريّة. لذا يلزم علي المصممين مواكبة التقنيات الحاسوبية ومنهجيات التصميم المعاصرة التي تعتمد علي الفكر الحديث كالتصميم البارامتري، لأن هذا الفكر يؤثر بشكل كبير وفعال علي الفراغات المعمارية ومحدداتها وعلاقة هذه المحددات ببعضها البعض وتكوين المباني الناتجة عنها وتحريرها من القيود المكتسبة من الطرز التقليدية ومنهجيات التصميم التقليدية، دراسة (عادل، سمير، ٢٠١٥) [٨]. وأضافت دراسة (نصير، رحاب، ٢٠١٥) [٩] أن الأشكال البارامتريّة المستخدمة هي أشكال حرة هادفة إلي بلوغ الكمال المطلق والتحرر من طرق التصميم التقليدية. والأمر هنا لا يتوقف عند تصميم كتل مبهرة أو مجسمات معقدة أو إظهار بعض المهارة في إستخدام البرمجيات الحاسوبية ولكن هذا النهج من التصميم هو طريقة للتخطيط والتصميم أكثر فائدة وفعالية من الطرق التقليدية، وهذه الطريقة تمكّن المصمم من القيام بالعديد من التكرارات ومراقبة التغييرات أثناء عملية التصميم، دراسة

(١) **Andrea, et al:** "Computational design and parametric optimization approach with genetic algorithms of an innovative concrete shading device system", (2016)

(٢) **حجازي، محمد:** "إمكانات التصميم الحسابي في الإرتقاء بالعمارة العربية المحلية"، (٢٠١٦)

(٣) **Yuchen, et al:** "Parametric Models of Facade Designs of High-Rise Residential Buildings", (2016).

(٤) **وناس، أيسر:** "خوارزميات التصميم البارامتري كمدخل لإثراء المفاهيم البنائية للشكل المعقد"، (٢٠١٥)

(٥) **Gane, et al:** "Conceptual Design of High-rises with Parametric Methods", (2007)

(٦) **حامد، عبير:** "مفهوم البارامتري وتطبيقاته في التصميم الداخلي والأثاث"، (٢٠١٦)

(٧) **وناس، أيسر:** "التصميم البارامتري وأثره في فينومينولوجيا التحول الشكلي في ضوء تطور السلوك التشكيلي للمجسمات"، (٢٠١٦)

(٨) **عادل، سمير:** "تأثير فكر الحدائث علي التشكيل اللانمطي للفراغات المعمارية"، (٢٠١٥)

(٩) **نصير، رحاب:** "رؤية مستقبلية للتصميم الداخلي والأثاث في ضوء مفاهيم العمارة الإستعارية البيئية"، (٢٠١٣)

(ويليام سيوتو وآخرون. ٢٠١٥) [١]. كما أن هذا النهج التصميمي ينظم ويحسن من سير العمل في عملية التصميم المعماري، أي يتحكم في المنظومة التصميمية ككل، وعليه فإن تكنولوجيا المحاكاة المعمارية وتقنيات التحسين البارامترية هامة جداً لتصميم مبني وحل مشكلات تصميمية مختلفة كالتصميم البيئي وخلافه، دراسة (ما كينجسونج وآخرون. ٢٠١٦) [٢]، وعلي ذكر التصميم البيئي والذي ينال الإهتمام الأكبر عالمياً في الفترة الحالية والمستقبلية أشارت دراسة (إكسي وانغ وآخرون. ٢٠١٥) [٣] إلى أن نهج التصميم البارامترية يساعد علي تحسين المباني وتحقيق الراحة الحرارية في الأماكن المغلقة عند انخفاض استخدام الطاقة.

### من الأدبيات السابقة توصل البحث إلى فجوة بحثية تُحدد ملامح المشكلة البحثية، وعليه تتحدد مشكلة البحث في الآتي:

ندرة استخدام نهج التصميم البارامترية علي الرغم من وجود الكتب والأبحاث المنشورة في الدوريات الدولية التي يستطع المصمم استخدامها كمراجع في تطبيق نهج التصميم البارامترية علي المباني في مصر لمختلف المتطلبات التصميمية، وما زال الفكر التقليدي هو الغالب علي العملية التصميمية. الأمر الذي أدى إلي غياب تطبيق منهجية التصميم البارامترية علي المباني بمصر في ظل وجود ثوابت ومتغيرات وأنماط تتسم بها العمارة البارامترية مما أدى إلي وجود قصور ورتابة بالعملية التصميمية لمختلف المباني وظهور العديد من المشكلات لحالة المباني بمصر والتي كان من الممكن تفاديها ومعالجتها بإتباع نهج التصميم البارامترية.

ويكمن تحديد هدف البحث في الإجابة على السؤال البحثي الآتي: كيف يمكن تطبيق منهجية التصميم البارامترية علي المباني في مصر؟، وعليه فإن البحث يهدف بصفة أساسية إلي: إستنباط مفردات منهجية التصميم البارامترية التي تحقق مختلف المستهدفات التصميمية المعمارية.

ويفترض البحث بشكل أساسي: أن اللجوء إلى النهج البارامترية يعمل علي تحسين عملية التصميم لمختلف أنواع المباني بمصر، حيث يُتوقع من تطبيق هذا النهج الحصول علي مباني عالية الجودة ذات تصميم متميز علي المدى البعيد وإنتاج مباني أكثر كفاءة من حيث الشكل والاستخدام والاستدامة.

واعتمد البحث علي منهجية أساسية لتحقيق الهدف، حيث يعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي والذي يعتمد علي تحليل مجموعة من النماذج البارامترية لمختلف أنواع المباني - ثم نهج استنباطي لتحديد مفردات هذا النهج. وتقوم الدراسة بتحليل بعض المباني التي صُممت باستخدام النهج البارامترية بهدف استنباط مفردات هذا النهج التصميمي ودوره في تحقيق مستهدفات التصميم المعماري، وبذلك فإن الورقة البحثية تتكون من النقاط الآتية:

## ٢. مفهوم التصميم البارامترية.

ناقشت العديد من أدبيات الدراسة مفاهيم مختلفة للتصميم البارامترية يتم تناولهم في الآتي:

في دراسة (مجدي، إسلام، ٢٠١٩) [٤] عرف البارامترية بأنه عملية تصميم قائمة على العمليات الحسابية والتفكير الرياضي باستخدام الحاسوب وذلك بتعريف العلاقات المناسبة بين مكونات التصميم، وأوضح أهمية النهج البارامترية في قدرته على تعديل عناصر التصميم وفقاً للتغيرات التي تطرأ عليه والقدرة على إنتاج أشكال معقدة وبناءات جديدة في سلوكها وأنماطها وعلاقاتها. وعرفت دراسة (أحمد، سماء، ٢٠١٦) [٥] البارامترية بأنه يتعامل مع المعادلات التي يصعب إتباعها وخاصة في التصميمات التي تتبع التكرارية وتتسم بالرتابة والتي من الصعب علي المصمم التعامل معها يدوياً لحاجتها إلى حسابات معقدة ودقيقة. أيضاً عرّفت دراسة (القزاز، ضحي، ٢٠١٨) [٦] البارامترية بأنه عملية تطوير للنموذج الحاسوبي أو وصف المشكلة التصميمية مستنداً علي تمثيل العلاقات بين الكيانات المختلفة التي تسيطر عليها المتغيرات،

(١) William, et al: "Parametric Approach as a Tool for Decision-making in Planning and Design Process. Case study: Office Tower in Kebayoran Lama", ( 2015 )

(٢) Ma, et al: "Parametric Office Building for Daylight and Energy Analysis in the Early Design Stages", (2016).

(٣) Xi, et al: "Parametric study on the performance of green residential buildings in China", (2015).

(٤) مجدي، إسلام: "التصميم البارامترية كمدخل لإستلهام الطبيعة في تصميم المنتجات"، (٢٠١٩)

(٥) أحمد، سماء: "التصميم البارامترية كأداة لتنمية الإبتكار في تصميم الحلّي"، (٢٠١٦)

(٦) القزاز، ضحي: "مواصفات إنشاء النموذج البارامترية في تصاميم العمارة الرقمية"، (٢٠١٨)

ويكون نوع المدخلات البارامترية إما قيم عديدة أو علاقات وخصائص شكلية تبدأ بالرجوع إلى حالة مشابهة أو بتعريف النموذج البدئي، وعرفت دراسة (السعيد، شيرين، ٢٠٢٠) [١] البارامترية بأنه نظام جديد ظهر في التصميم المعماري والداخلي يعتمد على المعلومات الداخلة للحاسوب ليتم التعرف على الجسم بشكل دقيق وهو أسلوب حديث يدمج بين النحت والعمارة، ويتميز النمط البارامترية بأنه يتكون من خطوط ناعمة متدفقة مثل النسيج مما يعطي التصميم شكلاً فريداً. وعرفت دراسة (بركات، يارا، ٢٠١٨) [٢] البارامترية بأنه اتجاه فكري معاصر يصف الإجراءات الهندسية المرتبطة بالحاسوب وعلاقته بتجديد الشكل ووضع الحل البنائي والتغير في التصميم. من الأدبيات السابقة يستنبط البحث أن التصميم البارامترية هو نهج معاصر لا يجوز للمصمم المعماري تجاهله، له خصائص شكلية ووظيفية تختلف عن التقليدية في التصميم، أيضاً له سلوك وأنماط وقواعد خاصة به، لذا يستند البحث على التعرف على الأنماط والقواعد التي تميز النهج البارامترية.

### ٣. مبادئ وأنماط التصميم البارامترية.

للنهج البارامترية مبادئ وأنماط أساسية التي تُعرّف هوية التصميم البارامترية من حيث طرق التشكيل والعلاقات الشكلية وبيئة عمل نهج التصميم البارامترية، يتم تناولهم في الآتي:

#### ٣-١ مبادئ التصميم البارامترية:

يعتمد نهج التصميم البارامترية على مجموعة من المبادئ أو القواعد التي يلتزم بها أو ببعض منها أي عمل بارامترية ويوضح البحث مفهوم كل منهم في الآتي:

#### ٣-١-١ الإصدار أو النسخة *Versioning*:

يُشير مصطلح الإصدار أو النسخة "Versioning" إلى عملية إنشاء مجموعة من التنويعات حول موضوع تصميمي ما، فهو مصطلح تم اقتباسه من مجال تطوير برمجيات الحاسوب بشكل عام وتوظيفها في برمجيات الحاسوب الخاصة بالمجال المعماري. [٣] ويلعب الإصدار دوراً في النظريات المعاصرة للتصميم المعماري، حيث سُمح بإدخال العمليات الحسابية بواسطة الحاسوب بإجراء عمليات رياضية معقدة وتصورها، والتي كانت معقدة للغاية في وقت سابق. كما أصبح استخدام الرياضيات وتحديداً علم التفاضل بمثابة حجر الأساس في البرمجيات الخاصة بالنمذجة ثلاثية الأبعاد والتي ساهمت بشكل فعال في إنتاج وتحويل مجسمات معمارية، وعليه تحولت الهندسة المعمارية وبنية الأشكال من هندسة نمطية بسيطة إلى بنية متسلسلة وإصدارات تصميمية. ولا تقتصر الفكرة الأساسية لمبدأ الإصدار على التباين البسيط بين تكرارات التصميم ذات المتغيرات المختلفة، حيث يعمل الإصدار على نطاق صغير ضمن بنية التصميم الناتج عن التصميم الرقمي. ويعتبر الإصدار هو جوهر النموذج الرقمي، وتُستمد أصالته من التكرار المحدد الذي يعطي التصميم الناتج عن الحاسوب مزيجاً مميزاً من الهيكل المنظم بإحكام والتنوع الشكلي [٤]

#### ٣-١-٢ التكرار *Iteration*:

يُعرف مفهوم التكرار بشكل عام على أنه إعادة تمثيل أو صياغة عملية ما من أجل الحصول على نتيجة، بحيث يقترب التسلسل للعملية من نقطة النهاية أو قيمة النهاية، وتعتبر كل إعادة للعملية بمثابة تكرار واحد وتكون نتيجة كل تكرار هي

(١)السعيد، شيرين: "مدي تأثير التطور الرقمي للتصميم البارامترية علي تصميم الوحدات المعمارية الخزفية"، (٢٠٢٠)

(٢) بركات، يارا: "إشكالية التطبيقات البارامترية كمدخل لإتجاه البارامترسيزم"، (٢٠١٨)

(٣) Wassim: "Parametric Design in Architecture.", (2013).

(٤) Ingeborg, et al: "Versioning: Architecture as series", (2008).

نقطة البداية للتكرار التالي.[<sup>١</sup>]، ويشير مصطلح التكرار في مجال تطوير البرمجيات إلي إعادة أو تكرار مجموعة من الخطوات، وفي حالة التصميم بالنهج البارامتري يسمح مبدأ التكرار بإنشاء تباين وتنوع في كل مسار أو منهجية عمل عبر نفس مجموعة المتغيرات والتعليمات، وبالإضافة إلي إنتاج عملية التنوع، يُمكن أن يكون التكرار أداة قوية لعملية تحسين التصميم وتقليل الوقت والجهد اللازمين لتحقيق هذا التحسين.[<sup>٢</sup>] كما بالشكل (١)

أما على مستوى الخصائص البصرية، يتسم مبدأ التكرار في عملية التصميم البارامتري بوجود سمة مشتركة أو بعد مشترك بين العناصر أو الوحدات التكرارية لكي تكون مجموعة من العناصر مرتبة وفق نمط معين بحيث تسمح لكل عنصر بالاحتفاظ بتفرده الخاص على الرغم من بقاؤه منتزحاً لنفس المجموعة، وتلك السمات المشتركة هي الحجم والهيئة والأشكال والخصائص التفصيلية.[<sup>٣</sup>]



شكل (١): نماذج من الواقع توضح مبدأ التكرار في التصميم البارامتري[<sup>٤</sup>].

### ٣-١-٣ التخصيص الشامل *Mass-Customization*

إن مفهوم التخصيص الشامل هو عملية قائمة علي مبدأ إنتاج وتصنيع وحدات نمطية ومكررة لها نفس الخصائص وهذا يؤدي إلي خفض التكلفة، وبما أن التصميم البارامتري قائم علي وحدة التكوين ومبدأ التكرار، لذا فهو يرتبط بشكل دائم ومكرر بعملية التصنيع الرقمي القائمة علي التحكم في المتغيرات من قبل المصممين باستمرار، ويُطلق علي دمج مصطلحي التصميم البارامتري والتصنيع الرقمي بالتخصيص الشامل.[<sup>٥</sup>]، ففي ظل الطفرة الهائلة في التصنيع وأعمال التشييد والبناء، وصلت التكنولوجيا الرقمية إلي حد أصبح فيه الحاسوب هو المتحكم الرئيسي في عمليات التصميم والتشييد. فنري في الإمارات والصين واليابان وغيرهم من الدول استخدام التكنولوجيا في تصنيع وإنتاج مباني ومجسمات وأثاث ببرمجيات تنتهج التصنيع ثلاثي الأبعاد، ووصل الأمر إلي استخدام الآلات في عملية التنفيذ وذلك عن طريق قراءة التصميم بلغة الأكواد والمعادلات الرياضية، فالحاسوب لا يفهم الفراغات المعمارية بأسمائها ولكنه يعتمد علي الأرقام والمتغيرات، وبما أن التصميم البارامتري يعتمد علي التقنيات الحاسوبية والمعادلات الرقمية التي تعتبر بمثابة المدخلات للنموذج البارامتري داخل العملية التصميمية، فإن البرمجيات المرتبطة بعملية التصنيع تستطيع التواصل مع البرمجيات التي تعتمد عليها المنهجية البارامتريّة عن طريق لغات البرمجة والأكواد والمعادلات الرياضية، وبما أن التصميم البارامتري من خصائصه وسماته الشكلية وحدة التكوين، لذا فإن المؤسسات التي تعتمد علي برمجيات التصنيع الرقمي في الإنشاء والتصنيع تساهم بشكل فعال ومباشر في خفض تكاليف الإنتاج والتصنيع للعملاء والمصممين في حالة الإنتاج الضخم الذي يعتمد علي الوحدة والتكرار. كما بالشكل (٢)

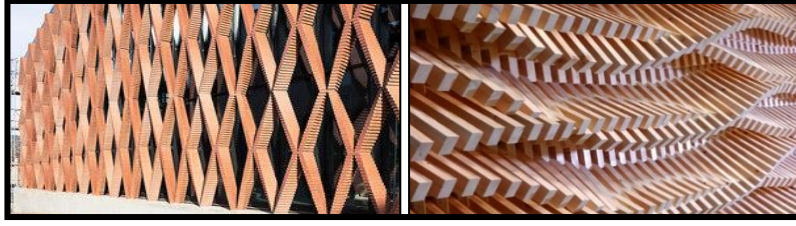
(١) Helen Timperley, et al. "Teacher Professional Learning and Development: Best Evidence Synthesis Iteration [BES]", (2013)

(٢) Wassim: "Parametric Design in Architecture", (2013).

(٣) العيسوي، حسن: "مقدمات في أساسيات التصميم المعماري"، (٢٠١٨)

(٤) <https://www.iaacblog.com/programs/parametric-facade-revolving-brick-serai/>

(٥) Mateus: "Mass Customization: a critical perspective on parametric design, digital fabrication and design democratization", (2018).

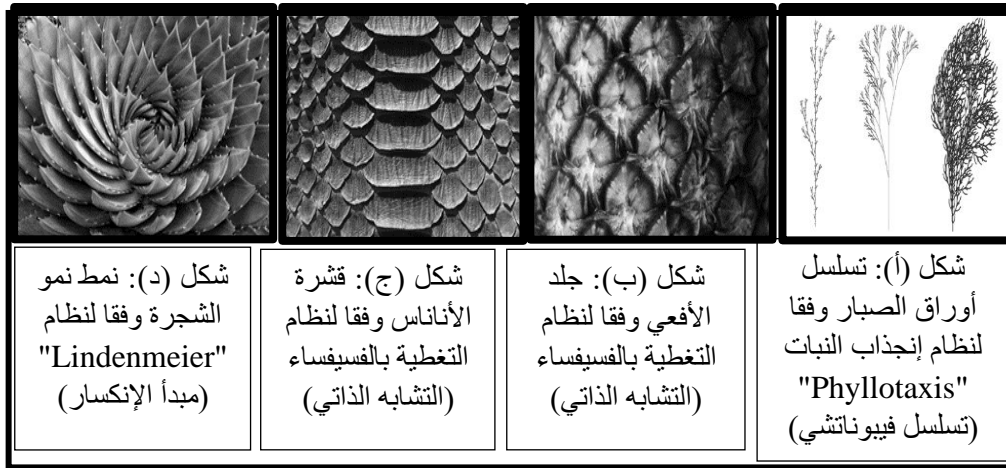


شكل (٢): نماذج من الواقع لعملية التصنيع الرقمي في الإنتاج البارامتري<sup>[١]</sup>.

### ٣-١-٤ التمايز التدريجي *Gradual Differentiation*:

يعتمد مبدأ التمايز التدريجي على ميزة العمل البارامتري المُعدّل والمتكرر والمخصص للكثلة والذي يسمح بحدوث الاختلاف داخل نمط أو إيقاع مستمر. فلا يقتصر مبدأ التفاضل المتكرر والمستمر للكثلة على عملية التنوع فقط، حيث أن الحالات المتنوعة بارامترات داخل مجموعة أو منحنى أو مجال شامل تحافظ على استمراريتها في النماذج الأخرى قبلها وبعدها أثناء الاستجابة بشكل فريد للتغيرات الواقعة عليها وفق الثوابت الموضوعية بالنموذج البارامتري وهذا على الجانب التقني المتعلق بالمحاكاة.<sup>[٢]</sup>

عند النظر إلى أصل هذا المبدأ يجد الباحث أن مبدأ التمايز التدريجي يرتبط ارتباطاً مباشراً وقوياً بالطبيعة، ويُقصد بالطبيعة هو كل ما تم خلقه حولنا من كائنات حية ونباتات وأزهار وأشجار وغابات وغيرها. وهناك العديد من الظواهر والخصائص التدريجية الموجودة في الطبيعة والتي تنعكس بشكل كبير وواضح على هوية العمارة البارامتريّة ومنتجاتها والأفكار والفلسفات التصميمية الداخلة في معظم منتجاتها، وبالتالي على محددات النهج البارامتري الخاص بهذا النوع من العمارة. وعند تجريد مختلف عناصر ومفردات الطبيعة حولنا نجد أنها تتفق وتتشرك في مجموعة من الخصائص والسمات فيما بينها ومن ضمن هذه الخصائص هي وحدة التكوين الجيني والعضوي لها والتي تحمل خصائص معينة وطرق تشكيل وتأثير مختلفة. كما بالشكل (٣)



شكل (٣): أنظمة التمايز التدريجي في الطبيعة<sup>[٣]</sup>.

(١) **Gramazio Kohler**: "Open Day for the Master of Advanced Studies in Architecture and Digital Fabrication at ETH Zürich." (2021)

(٢) **Wassim**: "Parametric Design in Architecture", (2013).

(٣) **Kim, et al**: "A Study on the Gradual Differentiation in Parametric Design", (2018).

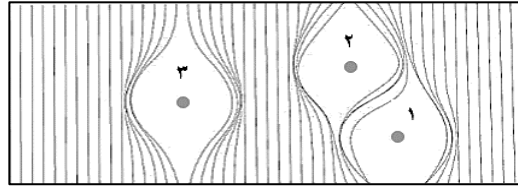


## ٣-٢ أنماط التصميم البارامتري:

إن لنهج التصميم البارامتري العديد من الأنماط التي تحدد ملامح وهوية العمل البارامتري، ويوضح البحث مفهوم بعض من هذه الأنماط والتي تُمثل الأنماط البارامتريّة الأساسية والتي قد لا يخلو أي عمل أو منتج بارامتري من استخدامها، ويستعرض البحث هذه المفاهيم في الآتي:

## ٣-٢-١ مجال القوة Force Field:

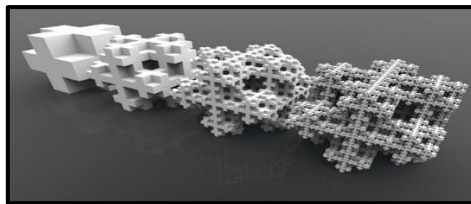
يُعتبر النمط السائد في معادلات التصميم البارامتريّة. فعند التفكير فيما يؤثر على شكل الشيء أو المبنى، يتم التفكير في القوى المختلفة التي تدفعه وتجذبه، حيث تغير هذه المتغيرات والقوى بشكل إيقاعي الاتجاه أو الشكل أو الشدة بناءً على موقعها في مجال القوة ووجود أو عدم وجود قوى مختلفة تعمل عليها. [١]، بمعنى أنها تعتمد على مواطن التأثير أو عناصر التجاذب، فهي بمثابة المغناطيس، له حالتين إما التأثير بالتنافر أو بالتجاذب، وهذا النمط يظهر في معظم المجسمات والمباني البارامتريّة وأغلفتها الخارجية. وقد تكون مواطن التأثير نقاط أو خطوط أو مجسمات حيث يتم تعريفها في النموذج البارامتري بأنه موطن تأثير فكلما يقترب منه شيء فيفيض ويغزر وكلما ابتعد عنه يقل. ويمكن اعتبار هذا النمط طريقة تشكيل يتم بها معرفة هوية المنشأ البارامتري. وهذا الأمر يعطي العديد من المقترحات الشكلية والجمالية والوظيفية كما يوحي أيضاً بالديناميكية وإحساس الحركة. كما بالشكل (٤)



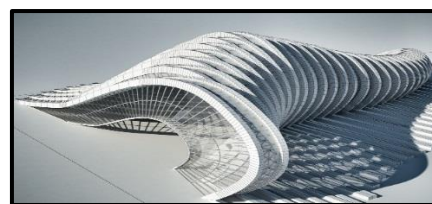
شكل (٤): تأثير النقاط (موطن القوة) علي الخطوط بارامترياً. المصدر: برنامج

## ٣-٢-٢ التكرار والمعاودة Repetition and Recursion:

يُعتبر نمط التكرار Repetition فعلاً بسيطاً لنسخ عنصر عدة مرات. ففي الأنظمة البارامتريّة، يمكن أن يصبح التكرار أكثر إثارة وحركية، لأن العنصر المتكرر يمكنه الحفاظ على الهيكل الأساسي لسابقه دون الحاجة إلى أن يكون مطابقاً تماماً له الأمر الذي يبعد الرتابة والملل عن المنتجات المصممة بارامترياً. أما المعاودة Recursion فهي حالة خاصة من التكرار، لا تختلف كثيراً عنه ولكن يتم فيها التكرار من خلال تنفيذ نفس العملية على نفسها لإنشاء التكرار التالي. ويمكن تعريف نمط المعاودة على أنه عملية تكرار العناصر بطرق مشابهة. [٢] كما بالشكل (٥)



شكل (ب): نمو متكرر لمجسم، استخدام نمط المعاودة في بناء مستعمرة.



شكل (أ): مجسم لخيمة/بوابة مُوضح بها نمط التكرار بالنهج البارامتري.

شكل (٥): الفرق بين نمطي التكرار والمعاودة [٢].

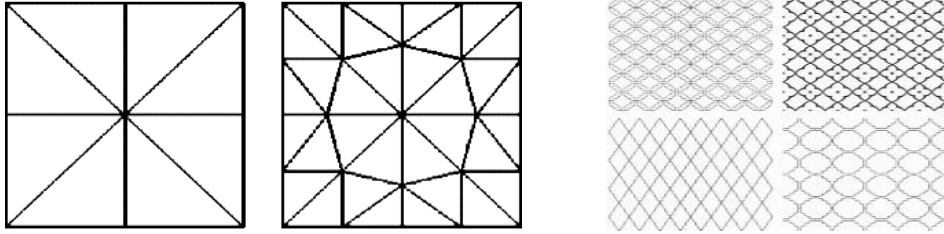
<sup>1</sup>( Moran: "Parametric Design and Visual Programming", (2020).

(\*) IBID

(\*) IBID

### 3-2-3 التبايط والتقسيم الفرعي *Tiling and Subdivision*

في التصميم البارامتري، يمكن أن تتنوع أي جوانب من البلاط Tile عند تكراره. وبشكل آخر يمكن تعريف نمط التبايط Tiling بأنه إمكانية التعامل مع المسطح ثنائي الأبعاد على أنه مجموعة من الأشكال الهندسية أي تقسيمه إلى بلاطات (موديول)، وقد يكون الموديول (مربع - مثلث - مسدس - دائرة. إلخ).



شكل (ب): تقسيم وحدة موديولية (مربع) إلى مثلثات، ثم تقسيم المثلثات إلى أخرى أصغر.

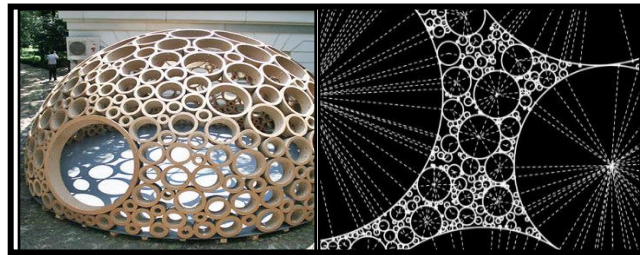
شكل (أ): مسطحات ثنائية الأبعاد مقسمة إلى موديولات/بلاطات مختلفة.

شكل (٦): الفرق بين نمطي التبايط والتقسيم الفرعي<sup>١\*</sup>.

أما التقسيم الفرعي Subdivision فهو عملية فصل السطح المستمر إلى مكونات أصغر عن طريق تتبع الخطوط أو قطعها عبر السطح. ففي كثير من الحالات، يحتاج المصممون الذين يعملون على الأسطح والأشكال الملساء إلى تقسيمها من أجل كشفها إلى مكونات مستوية ليتمكن تصنيعها رقمياً على آلات CNC أو قواطع الليزر. فالتقسيم الفرعي Subdivision هو عملية تقسيم للوحدات الموديولية الناتجة عن التبايط Tiling. [١] كما بالشكل (٦)

### 3-2-4 التعبئة *Packing*

يرتبط مفهوم التعبئة Packing ارتباطاً وثيقاً بمفاهيم التبايط والتقسيم الفرعي فنمط التعبئة منوط بوضع العديد من الأشياء (الوحدة الموديولية) في مساحة، بحيث يتبقى القليل منها أو لا شيء منها حيث تبحث المكونات (الموديول) في أنظمة التعبئة عن مساحة فارغة لتحتلها بالمقياس المناسب للفرغ الموجود. [٢\*] كما بالشكل (٧)



شكل (٧): نمط التعبئة لوحدة موديول الدائرة وتحويلها لمجسم خيمة<sup>١\*</sup>.

### 3-2-5 التحكم والتحول *Controlling and Transforming*

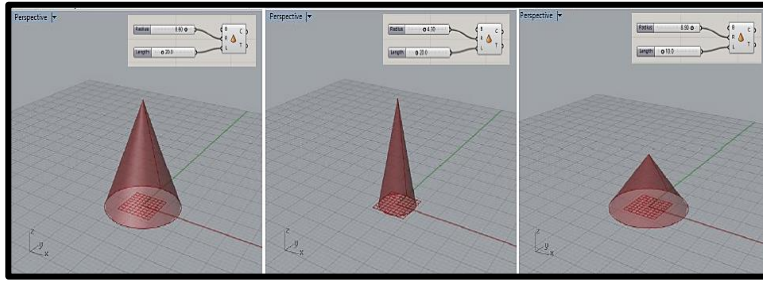
تسمح الأنظمة البارامتريّة للمصممين بإنشاء منصات تتحكم في التصميم عن طريق تعديل عدد قليل من متغيرات التحكم الخاصة بها. فالمفهوم الأساسي وراء نمط وحدة التحكم هو أنه يفصل ويوضح العملية التي سيتغير النموذج الرئيسي من

(<sup>١</sup>) MORAN: "Parametric Design and Visual Programming", (2020).

(\*) IBID



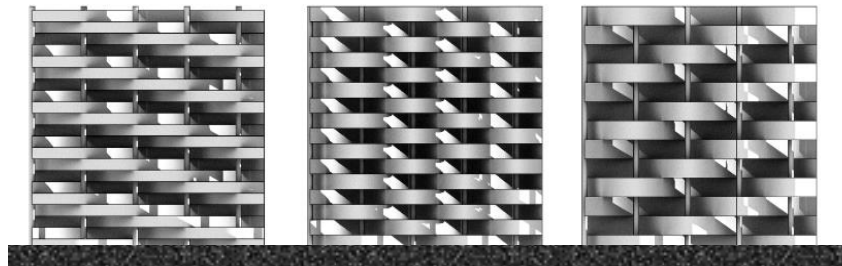
خلالها [\*]. ويوضح الشكل (٨) التعامل مع المتغيرات كقطر قاعدة المخروط الدائرية وارتفاعه أو كلاهما معاً وهكذا، وتأثير ذلك على الشكل النهائي للمجسم المخروطي.



شكل (٨): التحكم في المتغيرات والقيم العددية للمخروطا [\*].

### ٦-٢-٣ النسيج والحياكة Weaving:

يُنشئ النسيج نسيجاً من تشابك عنصرين بزواوية قائمة مع بعضهما البعض، حيث تعطي هذه الطريقة قوة هيكلية للسطح. ففي تقنيات النسيج Weaving، تنتهي وتتشابك العناصر ذات الشكل الشريطي، مما يؤدي إلى إنشاء هياكل ثنائية أو ثلاثية الأبعاد تستفيد من قوة وصلابة المادة المستخدمة. وعلى الرغم من أن هذه التقنيات قد تم تطبيقها بشكل أساسي في عالم الفنون والحرف، إلا أنه يمكن تطبيقها بشكل كبير وعلى نطاق واسع في التصميم المعماري، وخاصة في تطوير الواجهات [١]. كما بالشكل (٩)



شكل (٩): نمط النسيج/الحياكة وتأثيره على تصميم المبنى والواجهات [\*].

### ٧-٢-٣ التفرع Branching:

التفرع هو آلية نمو طوبولوجي أساسية في الطبيعة لتعظيم مساحة السطح، وتغيير الموارد والاستجابة للقوى الهيكلية، فالأنظمة المتفرعة بطبيعتها متشابهة ذاتياً ومتكررة لذا فإنها تميل إلى أن تكون كسورية [١]. \* Fractal وتعتبر الشجرة أحد الأمثلة الشائعة للكسيرات والتفرعات المتشابهة ذاتياً، في تصميم الدعامات المتفرعة حتى قبل تطوير مفهوم الهندسة السورية. ويسمح التطبيق المتعمد للهندسة الكسورية للمهندسين المعماريين بتصميم نموذج حسابي للهيكل المتفرع الذي يمكن تغيير شكله من خلال التحكم في متغيرات التصميم، مثل الزوايا المتفرعة والأرقام المتفرعة وعوامل القياس. هذا النموذج الحسابي للشجرة المعتمدة على كسورية مفيد لعملية تحسين الشكل أيضاً والذي يسمح باستخدام هذا النمط في توفير المساحات الشاسعة كالمطارات والمعارض [٢].

(١) MORAN: "Parametric Design and Visual Programming", (2020).

(\*) IBID

(٢) <https://www.iasefmdrian.com/research> "FracTree: Fractal Based Branching Canopy"



شكل (١٠): مجموعة من الأشكال التي توضح نمط التفرع في التصميم البارامتري<sup>[1]</sup>.

#### ٤. تحليل لنماذج مباني مصممة بالنهج البارامتري.

ينقسم الجزء التحليلي بالبحث إلى شقين: الشق الأول هو جزء تحليلي خاص بنماذج الدراسة ويُناقش فيه الجانب البارامتري فقط في العملية التصميمية. أما الشق الثاني من التحليل فهو تحليل الجانب البارامتري في ضوء معادلة التصميم المعماري والمكونة من (مفردات وطرق تشكيل وقواعد). وتعتمد عملية التصميم المعماري علي اختيار الطابع المعماري والذي يتكون من مجموعة من المفردات التي يتم تشكيلها بطرق مختلفة للوصول إلى الهدف التصميمي، لذا فإنه من خلال تحليل النماذج المعمارية يمكن الوصول إلى بعض المفردات سواء كانت مفردات تقليدية قد تم تحويلها وتطويرها بارامترياً أو مفردات ناتجة عن العملية البارامتريّة تختص بها العمارة البارامتريّة. وتم اختيار مجموعة من المباني المصممة بالنهج البارامتري موجودة على أرض الواقع لتتيح للبحث الدراسة والتحليل والخروج بالمفردات التي تساعد في التصميم بالنهج البارامتري. وتُركز الدراسة التحليلية على تحديد الحالات الدراسية المختارة، بهدف إستنباط المفردات التي تتعامل معها العمارة البارامتريّة وطرق إنتاج الشكل بالأنماط البارامتريّة المختلفة وأيضاً علاقة هذه الأنماط بالتصميم في ضوء العمارة الرقمية والتقنيات الحاسوبية.

#### ١-٤ معايير الاختيار:

تم اختيار ثماني مشروعات متنوعة في الاستخدام الوظيفي والشكل الخارجي والتكوين، أيضاً مختلفة في العوامل البيئية فيما بينها، واختيار مشروعات تتشابه في العوامل البيئية والاجتماعية مع مصر. أيضاً اختيار مباني فريدة حاصلة على العديد من الجوائز لتأثيرها في المجتمع والبيئة المحيطة بها بشكل خاص ومجال العمارة الحديثة بشكل عام.

#### ٢-٤ الحالات الدراسية:

تم الاختيار والتركيز على أهم أربعة نماذج للحالات الدراسية بشكل مفصل داخل الورقة البحثية بما يتطابق مع الحالة البيئية والاجتماعية ومعايير التنوع الوظيفي والتكويني، وسيتم تحليل الحالات الدراسية كما يلي:

#### الحالة الدراسية (١): مشروع أبراج البحر، أبو ظبي، دولة الإمارات:

**التعريف بالمشروع:** يتكون من برجين بارتفاع ١٥٠ متراً – ٢٩ دور - يضم عدداً ضخماً من المظلات الديناميكية والتي يبلغ عددها ٢٠٠٠ عنصراً من هذه المظلات للبرجين، ويضم أحد البرجين المقر الجديد لمجلس أبو ظبي للاستثمار، أما الأخر فيضم المكاتب الإدارية الخاصة بالمركز الرئيسي لأحد البنوك الإسلامية بدولة الإمارات.<sup>[٢]</sup>

**هدف التصميم:** تصميم غلاف خارجي يتكيف بيئياً ويستجيب للعوامل الخارجية (الشمس والرياح).

**نوع المشروع:** مبني إداري.

**فكرة المشروع:** الدمج بين العمارة الإسلامية والاستلهام من الطبيعة حيث يعتبر المبني كالكائن الحي، يتنفس ويتأثر ويستجيب مباشرة لأية عوامل خارجية لذا كانت الفكرة الملهمه هي الزهور التي تفتح وتغلق استجابة للمتغيرات البيئية.

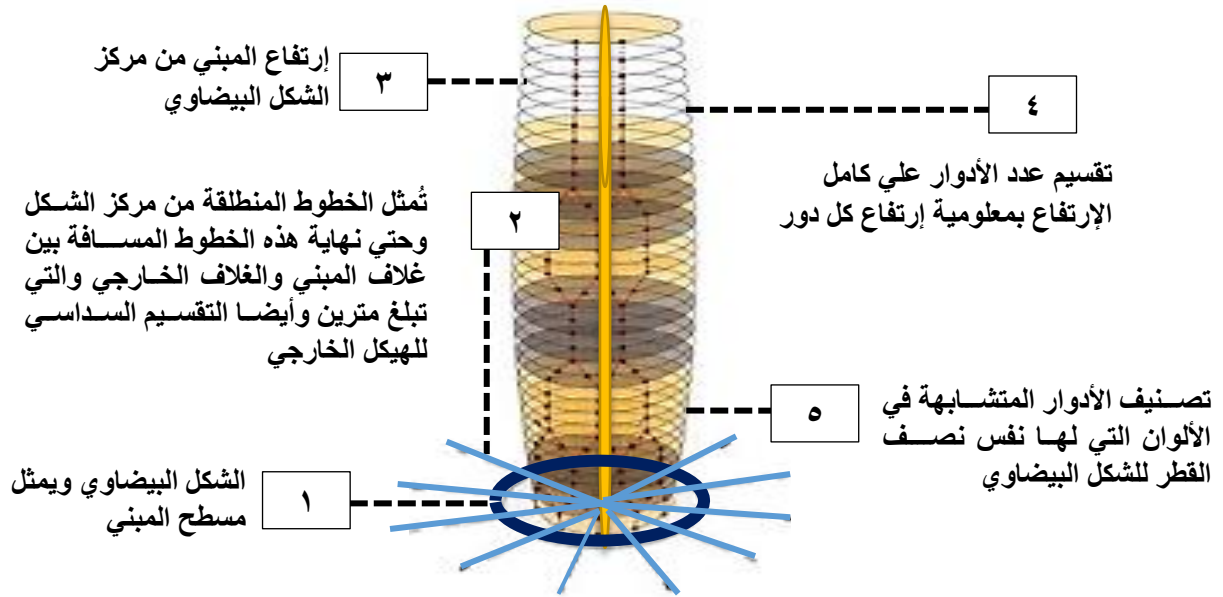
(١) <https://www.iasefmdrian.com/research> “FracTree: Fractal Based Branching Canopy”

(٢) <https://newatlas.com/al-bahar-towers/26139/>

وبناء عليه تم اختيار المشربية كمفردة من مفردات العمارة العربية الإسلامية والتي لها دور رئيسي في عملية التحكم البيئي للفراغ المعماري.[<sup>١</sup>]

الدراسة التحليلية للمشروع: تم تصميم المبني في مجموعة من الخطوات عن طريق إنشاء نموذج بارامتري معتمداً على نمط التحكم والتحول البارامتري في الخطوات التالية:

- أ- استخدام شكل هندسي (الشكل البيضاوي)، تم تحديد نصفي قطريه وفقاً لمساحة الدور لكل برج.
- ب- إدخال البارامترات الخاصة بالمبني كارتفاع المبني وعدد الأدوار وارتفاع الدور من مركز الشكل البيضاوي، وبالتالي تم توزيع عدد الأدوار المطلوبة على كامل الارتفاع وفق ارتفاع كل دور.
- ج- تغيير أنصاف الأقطار لبعض الأدوار داخل المعادلة لتعطي الانتفاخ المطلوب كما بالشكل (١١).



شكل (١١): خطوات التصميم داخل النموذج البارامتري لهيكل المبني عن طريق القيم والمعادلات الرياضية.

(المصدر: برنامج Grasshopper)

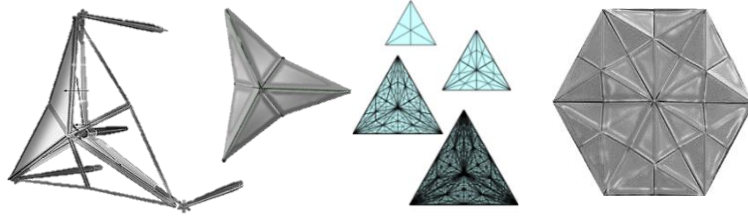
أستخدم في هذا المبني نجمة إسلامية مألوفة للعين تُعتبر من الزخارف الإسلامية البسيطة. وهي ناتجة من الشكل السداسي الهندسي الذي أعتبر من أساسات التكوين في الزخارف الإسلامية الهندسية.[<sup>٢</sup>]

كما تم استخدام بعض الأنماط البارامترية مع بعضها البعض في تصميم تشكيل الغلاف الخارجي لتحقيق مستهدف تصميمي بيئي وتصميم غلاف يستجيب للعوامل البيئية المختلفة (الشمس والرياح). وتم تصميم الغلاف في مجموعة من الخطوات عن طريق إنشاء نموذج بارامتري آخر مرتبط بالنموذج البارامتري الأول الخاص بتصميم المبني، واعتمد الخطوات التالية:

- أ- استخدام نمط التبليط Tiling السداسي كموديول رئيسي للغلاف الخارجي، ثم استخدام نمط التقسيم الفرعي Subdivision للشكل وتقسيمه إلى موديول أصغر (مثلثات). كما بالشكل رقم (١٢)
- ب- استخدام نمط مجال القوة Force Field بوضع الشمس واتجاه الرياح كنقاط أو عوامل تأثير، وذلك لتستجيب وتتفاعل معها هذه الوحدات الموديولية لتحقيق المستهدف التصميمي البيئي.

(<sup>١</sup>)رفيق، آلاء: "أليات تطبيق متطلبات العمارة الذكية على المباني الإدارية-مبني هيئة التقاعد الفلسطينية-حالة دراسية"، (٢٠١٧)

(<sup>٢</sup>)محمد، رشا: "التراث الإسلامي المعماري بين الأبداع والتقنية واثره على العمارة الزجاجية في الجزيرة العربية"، (٢٠١٥)



شكل (١٢): يوضح الوحدة والنظام المودولي للمشربية المصممة بارامترياً<sup>[١]</sup>.

ج- تتكون كل وحدة تظليل في الواجهة الخارجية الديناميكية من مجموعة من العناصر التي لكل منها دور في تصميم الوحدة التظليلية وأيضا تختلف مواد تصنيعها وفقا للعوامل الخارجية وهي:

● الخطوط الرئيسية لمتوسطات المثلث هي بمثابة العصب الرئيسي للوحدة المصنوعة من الفولاذ المقاوم للصدأ، وتحتوي في نهايتها على كابولي يربط بينها وبين الواجهة الزجاجية الداخلية وهو أيضا مصنوع من الفولاذ المقاوم للصدأ ويتميز بقوته العالية ومقاومته للتآكل. ويعتبر مركز المثلث هو محور الارتكاز والحركة العمودية على الغلاف الداخلي للمبنى. كما بالشكل (١٣)

● الوحدات الشنانية مثلثة الشكل مرتبطة بالمستوي الثاني لنقطة الارتكاز من جهة وبنهايات العصب الرئيسي من جهة أخرى والتي تتغلق وتنتفح وفقا للحركة العمودية، وهي مصنوعة من الألومنيوم المطلي بمادة البولي فينيل فلورايد (PVDF) والتي تتميز بقوة وصلابة عالية، مقاومة للفطريات، مقاومة للحرارة العالية والمنخفضة، خفيفة الوزن وسهلة التشغيل، مقاومة للحريق وسهلة الصيانة ولديها قدرة عالية على التنظيف الذاتي. كما بالشكل (١٣)

● أستخدمت شبكة ألياف زجاجية مغلقة وذلك لتحقيق مستويات مناسبة من الشفافية، وهي ذات طلاء له القدرة على تحمل درجات حرارة عالية وذاتية التنظيف<sup>[٢]</sup>. أما باقي العناصر كالفواصل ونقاط الارتكاز فصُنعت من مادة التفلون وهي مادة لها خصائص حمل عالية وتوفر مقاومة جيدة لمختلف أنواع المياه العذبة والمالحة والأكسدة وتحمي من التآكل، والحشوات مصنوعة من السيليكون الأسود لمقاومة الأشعة فوق البنفسجية والعوامل الجوية الأخرى.



شكل (١٣): منظور للغلاف المزدوج الخارجي المستجيب Responsive Skin والألياف الزجاجية المستخدمة في الواجهة الخارجية للمبنى<sup>[٣]</sup>.

### الحالة الدراسية (٢): مشروع برج كيان-إينفينيتي، دبي، دولة الإمارات:

**التعريف بالمشروع:** يعتبر برج كيان أطول برج لولبي في العالم، يقع في منطقة مرسى دبي ويتكون من عدد ٧٥ طابقاً بإرتفاع يبلغ ٣٠٧ متراً ومسطح ٣١٦١ متر مربع، تم البدء في تنفيذ هذا البرج في عام ٢٠٠٦ وإفتتاحه في عام ٢٠١٣<sup>[٤]</sup>.

(١) <https://www.skyscrapercenter.com/abu-dhabi/al-bahar-tower-2/9130/>

(٢) رفيف، آلاء: "أليات تطبيق متطلبات العمارة الذكية على المباني الإدارية-(مبنى هيئة التقاعد الفلسطينية-حالة دراسية)"، (٢٠١٧)

(٣) <https://www.skyscrapercenter.com/abu-dhabi/al-bahar-tower-2/9130/>

(٤) <https://www.skyscrapercenter.com/building/cayan-tower/464>



**هدف التصميم:** الهدف من التصميم الحلزوني للمبنى هو أن تتمتع كل وحدة سكنية بإطلالة على البحر والمرسى، دون وجود أعمدة إنشائية داخل الفراغات المعمارية، وبالتالي خلق إحساس حقيقي بالمساحة والضوء، وتصفية ضوء الشمس المباشر وتقليل أحمال الرياح الواقعة علي المبنى.[<sup>1</sup>]

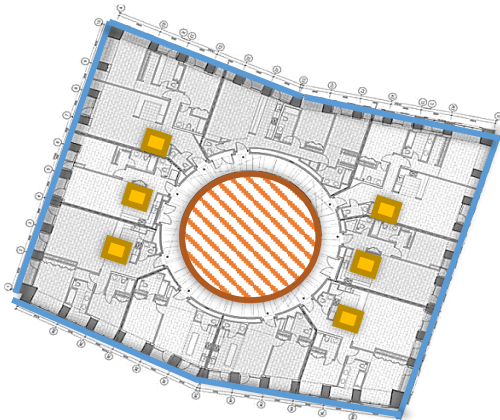
**نوع المشروع:** مبني سكني.

**فكرة المشروع:** تمثلت الفكرة التصميمية للمبني في تصميم مبني حلزوني "مُلْتَف"، وأستوحى التصميم من الشكل الحلزوني والدوران الكلي للحمض النووي DNA. كما بالشكل (١٤)



شكل (١٤): الحمض النووي DNA [<sup>2</sup>].

**الدراسة التحليلية للمشروع:** إن الجانب البارامتري في التصميم لهذا المبني هو التعامل مع متغيرات التصميم للمساقط الأفقية، ويعتبر المتغير الأساسي الذي يعتمد عليه تصميم المبني هو زوايا الدوران لكل دور بحيث يحقق التصميم البيئي الأمثل والذي يضمن تقليل أحمال الرياح الواقعة علي المبني في جميع الإتجاهات. أما بالنسبة للفتحات فصُممت عن طريق وضع ألواح مصنوعة من التيتانيوم وهي بمثابة "المشربية". كما تم وضع عصب خرساني دائري يعتبر بمثابة محور الدوران لجميع الأدوار ليتحقق واحد من أهداف التصميم للمبني وهي عدم وجود أعمدة داخل الفراغات المعمارية. كما بالشكل (١٥) وتتكون متغيرات التصميم الأساسية من: مستطيل منكسر الأضلاع من جانب الطول وقطر محور الدوران (العصب)، وجود ستة أعمدة رئيسية لا تعيق التصميم الداخلي للفراغات لمقاومة الإلتواءات الناتجة عن الدوران، وأن تكون الزاوية التي تنحصر بين الطابق الأرضي والأخير هي ٩٠ درجة، أي أن الطابق الأرضي يُمثل الزاوية (صفر)، والطابق الأخير يُمثل الزاوية (٩٠)، وبالنظر إلي عدد الطوابق فإن كل طابق يدور عن سابقه بزاوية مقدارها ١,٢٠ درجة. كما بالشكل (١٦)



□ الشكل الهندسي لمبني كيان (مستطيل منكسر الطول)

▨ العصب الإنشائي لمبني كيان (محور الدوران)

■ الأعمدة الداخلية داخل المبني وعددها ستة أعمدة فقط

شكل (١٥): العناصر الإنشائية الأساسية للدور المتكرر لبرج كيان [<sup>٣</sup>].

(<sup>1</sup>) [https://www.slideshare.net/sagararora54/report-of-cayan-tower?from\\_action=save](https://www.slideshare.net/sagararora54/report-of-cayan-tower?from_action=save)

(<sup>2</sup>) <https://www.pinterest.com/pin/dna-architecture-p2--476044623091910880/>

(<sup>3</sup>) [https://www.architectmagazine.com/design/cayan-tower-opens-in-dubai\\_o](https://www.architectmagazine.com/design/cayan-tower-opens-in-dubai_o)



شكل (١٦): المسقط الأفقي للدور المتكرر وتأثير الدوران علي الشكل الخارجي [١].

ويوضح هذا المثال أن التصميم البارامتري ليس نهج معماري يهتم فقط بالشكل الخارجي أو بالنواحي الجمالية للشكل الجيومتري وليس المقصود بالضرورة أن يكون التكوين مبهراً بتعقيدات كنائية، ولكنه أيضاً يتعامل فقط مع محددات أساسية كوظيفة معمارية بيئية وإنشائية والتي بدورها تضمن شكل مجسم وإنتاج منشأ يُحقق الفكرة التصميمية المقترحة والتي بدورها تُحقق جمال التكوين والتشكيل الكنتلي المطلوب. حيث يعتمد هذا المبني في تصميمه علي نمط التحكم والتحول Controlling & Transforming فقط كطريقة تشكيل لأن الفكرة التصميمية المقترحة (الحمض النووي)، في حد ذاتها توحي بالديناميكية والحركة والإنسيابية والمرونة، ولا يحتاج التصميم الإيقوني إلي دمج أنماط أخرى معقدة قد تؤثر علي وظيفة المبني السكني الرئيسية.

### الحالة الدراسية (٣): مشروع متحف اللوفر، أبوظبي، دولة الإمارات:

**التعريف بالمشروع:** إن متحف اللوفر أبوظبي أشبه بنموذج مدينة مصغرة تحيط بها المياه، ويضم ٢٣ مبنى من هذه المباني قاعات العرض، وهي جميعها مستوحاة من المنازل المنخفضة في المنطقة المحلية. تم تصميم متحف اللوفر أبوظبي علي مستوى المرتبة الفضية في الريادة في تصميمات الطاقة والبيئة (LEED). إذ ينشئ المتحف نظاماً بيئياً مُصغراً من خلال تقنيات التصميم وفق معطيات الطاقة الشمسية المستوحاة من الروح الثقافية الإماراتية بما في ذلك مفهوم العمارة الإقليمية التقليدية، وتقنيات تصفية المياه من الرواسب المعدنية، والطاقة وأنظمة التكييف عالية الكفاءة والإضاءة والتجهيزات الصحية. وتشمل التقنيات الأخرى استخدام تأثير التظليل الشمسي لسقف القبة والتظليل الذاتي للمباني، ومنافذ السقف للتهوية المحسنة للسماح بدخول ضوء النهار دون زيادة حرارة المبني أو تدفق الرياح، والكتلة الحرارية المكشوفة مثل الأرضيات الحجرية والتغطية التي تسمح بالتبريد الليلي. [٢]

**هدف التصميم:** تصميم مبني يتواءم مع الصحراء والشمس والسماء والبحر، وترك المجال لنفاذ الضوء والرياح، وتقليل درجة الحرارة وعزله عن البيئة الخارجية. [٣]

**نوع المشروع:** مبني رمزي (متحف).

**فكرة المشروع:** إنقسمت الفكرة التصميمية إلي شقين، أحدهما خاص بتصميم المساقط الأفقية والآخر تصميم القبة. فبالنسبة لتصميم المشروع، إستمد المعماري "جان نوفيل" فكرته من التقاليد الإماراتية والبيئة قديماً حيث المدن العربية ذات

(١) <https://architizer.com/projects/cayan-tower/>

(٢) <https://www.louvreabudhabi.ae/ar/about>

(٣) <https://byarchlens.com/the-louvre-by-john-nouvel-2017/>



الشوارع الضيقة والمباني منخفضة الارتفاع والقنوات المائية التي تتخلل المتاحف والتي تشبه قنوات الري عند العرب قديماً (الأفلاج) وتم استخدام مياه البحر في السيطرة على المناخ الداخلي. أما بالنسبة للهيكل الخاص بالقبة فقد استخدمت النجمة الإسلامية وفكرة المشربيات كمفردة معمارية مستخدمة تسمح بنفاذ الضوء.

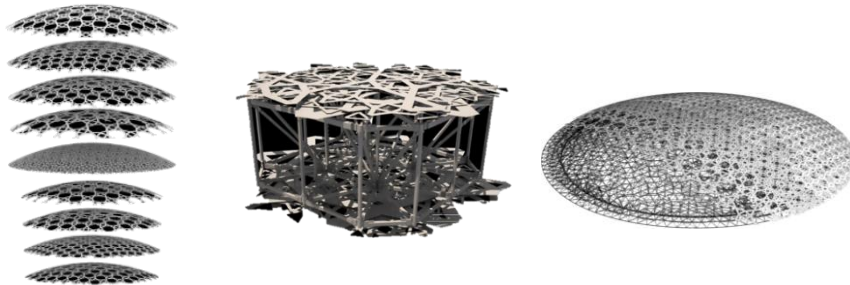
كما أستوحيت فكرة نفاذ أشعة الشمس عبر القبة من "النخيل" في دولة الامارات العربية المتحدة حيث تتخلل الأشعة أوراق النخيل لتعطي شعاعاً من النور والظل على الأرض داخل المتحف ليحفظ شكل جمالي، كما تم وضع مجسم تجريدي داخل المتحف لنخلة بدون سعف كدلالة على أن السقف مستوحى من سعف النخلة ويكوّن الظلال مثل سعف النخيل في الواحات. [١] كما بالشكل (١٧)

**الدراسة التحليلية للمشروع:** إن الجانب البارامتري لهذا المشروع إقتصر على تصميم القبة وذلك لهدف بيئي بحت وليس هدف آخر. ومن مفهوم القبة نجد أن الشكل الهندسي الرئيسي هو الدائرة كقاعدة لها، وتختلف المتغيرات الأخرى وفقاً للشكل والتكوين النهائي وهذه المتغيرات هي قطر القاعدة وإرتفاعها. ولكن في هذا المثال البيئي إختلف نهج التصميم عن المألوف وتمثلت القبة في مجموعة من الطبقات، هذه الطبقات المقصود منها التفسير المستمر لأشعة الشمس لدخول كمية معينة من الضوء والأشعة، تم حسابها ببرمجيات التصميم البيئي مثل تطبيق Kangaroo الملحقة ببرمجيات التصميم البارامتري مثل تطبيق Grasshopper. وعدد هذه الطبقات ثمانية طبقات، تم تقسيمها على مجموعتين، مجموعة علوية وتشمل أربعة طبقات وأخرى سفلية وتشمل أربعة طبقات أخرى، بينهما مسافة محددة، والهدف من ذلك إختراق كل شعاع ضوئي للطبقات الثمانية التي تتشكل منها القبة، حيث يظهر الشعاع ثم يختفي بطريقة تتشكل معها آلاف النجوم مكونة سيول من التأثيرات الضوئية واضحة للمستخدمين حتى من مسافات بعيدة للغاية. كما بالشكل (١٨)



شكل (١٧): لقطات منظورية من الداخل والخارج توضح هيكل القبة وتأثير تصميمها على الفراغ الداخلي [٢].

وتم تحديد المفردة الأساسية التي استخدمت بطرق التشكيل البارامتري بالاستدلال على وحدة التكوين للشكل الجيومتري، وهي النجمة الإسلامية. هذه المفردة المعمارية الإسلامية قد استخدمت في العديد من الوظائف مثل المشربيات، والحدائق والنافورات التي توحى بالعمارة الإسلامية وهكذا، وعليه فإعتمد المصممون هذه المفردة كمفردة إسلامية متجانسة مع الطابع الثقافي والهوية العربية لبيئة المشروع.



شكل (١٨): الطبقات الثمانية المكونة لهيكل القبة [٣].

<sup>1</sup> (<https://al-nouvel-jean-dhabi-abu-ain.com/article/louvre-https://al>)

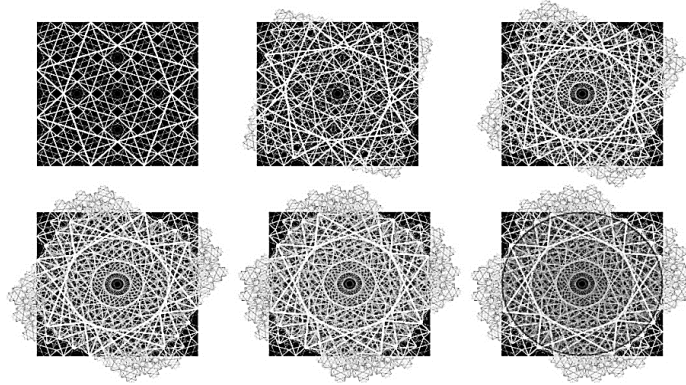
<sup>2</sup> (<https://thespaces.com/louvre-abu-dhabis-giant-dome-creates-a-rain-of-light/>)

<sup>3</sup> (<https://al-ain.com/article/louvre-abu-dhabi-jean-nouvel>)

ويعتبر تصميم كل طبقة علي حدة ليس حكراً علي البارامترية، فيستطع المعماري تصميم كل طبقة في ظل تحديد المفردة بالطرق التقليدية في التصميم، ولكن يكمن التعقيد والتحدي التصميمي في جانبيين هما:

أ- الجانب الأول هو التعامل مع ثمانية طبقات والخروج بالمنتج النهائي لكل قبة، ومن ثم باقي الطبقات، أيضاً التعقيد التصميمي في إنتاج جيومتري يحقق مستهدف بيئي بمعادلات وقيم حسابية، كل ذلك يحتاج إلي الوقت والمجهود الذهني والبرمجي إذا ما صمم بالطريقة التقليدية، ولكن التصميم البارامتري قد تعامل مع كل هذه المتغيرات داخل نموذج بارامتري واحد وتوضيح التأثيرات علي كل طبقة وكمية الضوء الداخلة للفراغ إذا ما تم تغيير متغير ما أو متغيرين مع بعضهما أو أكثر من متغير.

ب- أما الجانب الثاني فهو طرق التشكيل، فمن الصعب جداً الوصول إلي تصميم مختلف لكل طبقة علي حدة، وقد تم التعامل مع المشاكل الناتجة عن هذا الاختلاف عند تركيبهم، وعند دراسة الأنماط المستخدمة للنجمة الإسلامية، يجد البحث أنه تم استخدام أكثر من طريقة تشكيل للطبقة الواحدة، فقد استخدم نمط التبليط Tiling أولاً لتحقيق المودولية بالنجمة الإسلامية، ثم تم استخدام نمط التقسيم الفرعي Subdivision وذلك لتقسيم الأسطح إلي وحدات أصغر في طبقات أخرى، كما بالشكل (١٩)، كما تم استخدام نمط التعبئة Packing لملئ الفراغات البينية بالمفردة الإسلامية بين الناتج النهائي لنمطي التبليط والتقسيم الفرعي، Tiling & Subdivision وفي النهاية تم استخدام نمط التفرع Branching في الطبقة الأخيرة ليظهر داخل الفراغ المعماري بأن وحدات النخيل هي التي كونت بفروعها هذه الطبقات كفلسفة تصميمية محددة منذ البداية.



شكل (١٩): استخدام نمط التبليط ثم التقسيم الفرعي لتصميم هيكل القبة [١].

أيضاً هناك طريقة أخرى في التصميم قد تكون مستخدمة، فبدلاً من استخدام نمط التبليط والتعبئة، Tiling and Packing يُمكن استخدام النجمة الإسلامية داخل محيط الدائرة لكل طبقة من طبقات القبة، بحيث تلامس نقاط هذه النجمة محيط الدائرة، ثم استخدام نمط التقسيم الفرعي Subdivision مباشرة فقط أو نمط التعبئة Packing مباشرة فقط أيضاً، ماعدا الطبقة الأخيرة التي تتفاعل مباشرة مع الفراغ الداخلي، تم استخدام نمط التفرع Branching.

#### الحالة الدراسية (٤): مشروع مركز الألعاب الأولمبية، هوانغزو، الصين:

التعريف بالمشروع: يتكون المشروع من ملعين مستدامين، وتبلغ مساحة المركز ٤٠٠ ألف متر مربع. ويضم المركز الرياضي ملعباً رئيسياً بحجم أولمبي يتسع لـ ٨٠ ألف مقعداً إلى جانب ملعب تنس يتسع لـ ١٠ آلاف مقعد وحمامات سباحة ومساحة للبيع بالتجزئة. [٢]

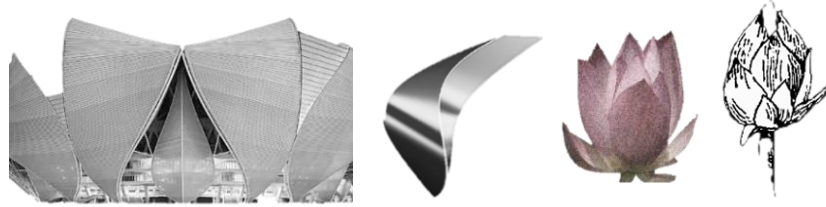
(١) <https://thespaces.com/louvre-abu-dhabis-giant-dome-creates-a-rain-of-light/>

(٢) <https://www.arch2o.com/case-study-computational-design-hangzhou-tennis-center/>

**هدف التصميم:** كانت التحديات الحقيقية في هذا المنشأ هي تحقيق مبدأ الإستدامة وإستغلال المحددات الجغرافية والبيئية وظروف الموقع، أيضاً مراعاة التكلفة الإنشائية عن طريق تقليل كمية الحديد "ال فولاذ" المستخدمة كعنصر أساسي في مثل هذه المنشآت.[<sup>١</sup>]

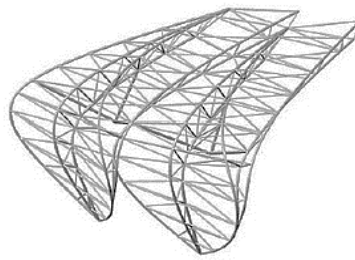
**نوع المشروع:** مشروع أيقوني ترفيهي (مدينة ألعاب أولمبية/منشآت رياضية)

**فكرة المشروع:** يعتمد تصميم المشروع على إستخدام جمال الطبيعة والمتمثل في إختيار إما زهرة زنبق الماء، أو زهرة اللوتس من البحيرة الغربية كمصدر إلهام مفاهيمي، وتجريد الشكل إلى سلسلة من الهياكل المعيارية "أوراق زهرة اللوتس" التي تحيط بالمشروع.[<sup>٢</sup>] كما بالشكل (٢٠)



شكل (٢٠): بتلات زهرة اللوتس كفكرة معمارية متوافقة مع الطبيعة[<sup>٣</sup>].

**الدراسة التحليلية للمشروع:** في ضوء الفلسفة التصميمية المستوحاة من الطبيعة، تم إستخدام ورقة زهرة اللوتس كمفردة معمارية ووحدة تكوين رئيسية للمشروع، وقد تم إستخدامها بطريقتين مختلفتين لكل ملعب، لتتناسب كل طريقة منها مع وظيفة كل ملعب، ف ملعب كرة القدم لا يحتاج إلى تغطية علوية ولكنه يحتاج إلى تفاعل المشاهدين بالملعب مع البيئة الخارجية والتمتع بالمناظر الخارجية لنهر "كوانتانج". أما الصالة المغطاة فهي تحتاج إلى تغطية علوية وترابط بين الحوائط الخارجية والسقف، فتم إستخدام فكرة إحناء جسم الورقة (البتلة) كوحدة ترابط بين الحائط والسقف. وتم تجريد هذه البتلة لتكون بمثابة العنصر الإنشائي الرئيسي للمشروع. ويعتبر الفولاذ هو العنصر الأساسي في المشروع، وتتكون بتلة الزهور من طبقتين هما الأعصاب أو أعضاء الجمالونات وهي مصنوعة من الفولاذ كما بالشكل (٢١)، والطبقة الثانية هي التكسيات التي تغطي البتلة وهي مصنوعة من الألومنيوم. أما العنصر الثانوي في المشروع هو الزجاج وهو يملأ الفراغات الناتجة عن التكوين الكامل للملعب الرئيسي وذلك لتوفير مجال رؤية واضح للمشاهدين، وربط الطبيعة الخارجية ومنظر نهر كوانتنج بالداخل مما يعطي إحساساً بالراحة والتواصل البصري والنفسي بين المشاهد والطبيعة وبين المبني والمشاهد.



شكل (٢١): بتلات زهرة اللوتس المجردة إنشائياً للإستادات بمدينة الألعاب الأولمبية في الصين[<sup>٤</sup>].

وإعتمد تصميم البتلات لكل ملعب علي نمط التحكم والتحول ، حيث يجد البحث إختلافاً واضحاً بين البتلات المكونة لملعب كرة القدم وملعب التنس وتغطية ملعب التنس، أيضاً إعتمد التصميم علي نمط التكرار والمعاودة والواضح في تكرار

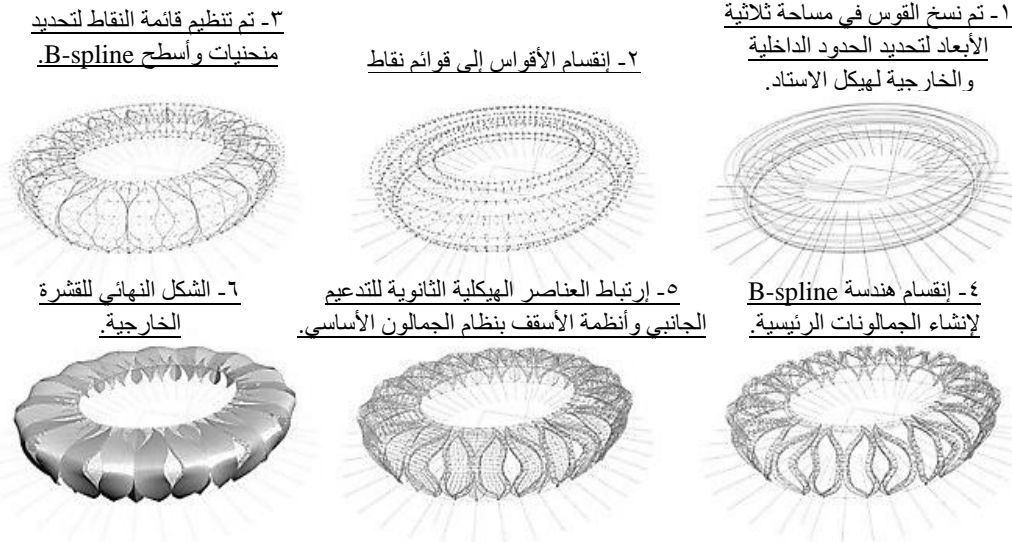
(<sup>١</sup>) <https://www.architecturaldigest.in/content/flower-inspired-stadium-china-stands-principles-sustainability/>

(<sup>٢</sup>) <https://www.dezeen.com/2020/03/05/hangzhou-olympic-sports-center-nbbj-chinese-architecture/>

(<sup>٣</sup>) Nathan: "The Hangzhou Tennis Center: A Case Study in Integrated Parametric Design", (2011)

(<sup>٤</sup>) <http://www.nbbj.com/work/hangzhou-stadium/>

وحدة التكوين علي محيط المساقط الأفقية للملاعب، أما بالنسبة للقواعد والمبادئ فقد تم إستخدام مبدأ النسخة والتكرار والتخصيص الشامل وذلك لخفض تكاليف إنتاج الوحدات وخفض كمية الحديد لتقليل إنبعاث ثاني أكسيد الكربون الناتج من الحديد كما بالشكل (٢٢)، حيث تم إستخدام التصميم البارامتري لتسهيل عملية حساب عدد وكمية ألواح الألومنيوم. وتمتلك البرمجيات البارامتريّة الأدوات اللازمة لتحديد مناطق الأسطح ذات المنحنى المزوج وتطابق الألومنيوم على هذه الأسطح بدقة. بالإضافة إلى ذلك، ساعدت هذه البرامج في تصنيع الألواح عن طريق فتح الأسطح لتسوية الألواح وتقطيعها بواسطة ماكينات CNC، أيضاً إستخدام مبدأ التمايز التدريجي والذي يعتبر إستخدامه واضحاً في إستخدام مفردات الطبيعة في التصميم المعماري.



شكل (٢٢): تحويل السطح البارامتري الناتج من قوس دائري إلى نقاط تحكم NURBS [١].

#### ٥. الدراسة التحليلية في ضوء معادلة التصميم المعماري.

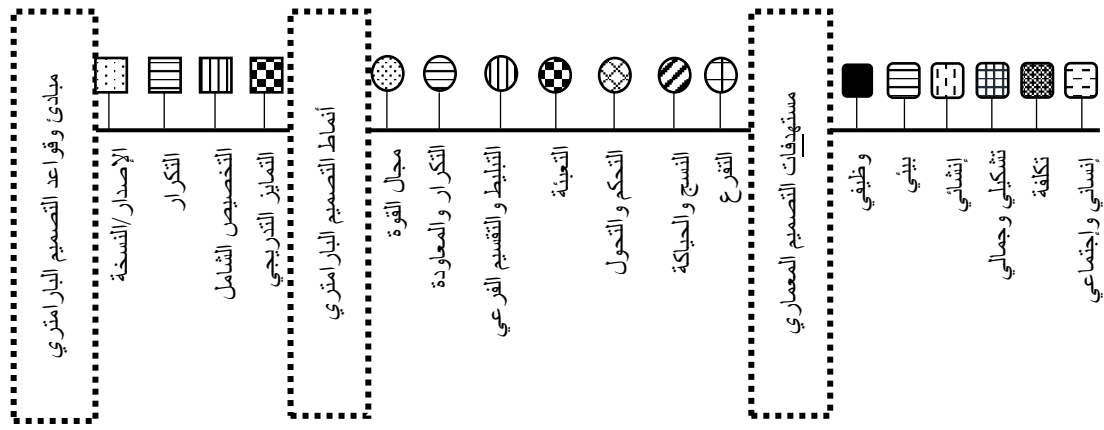
تعتمد منهجيات التصميم المعماري بشكل عام علي معادلة رئيسية مكونة من أربعة ثوابت، وبالتالي تنطبق علي النهج البارامتري كنهج تصميمي والمصاغة كما بالشكل (23) في الآتي:



شكل (23): مكونات معادلة التصميم المعماري

وبناء عليه وضع البحث مسطرة قياس مكونة من أركان معادلة التصميم المعماري للخروج بنتائج إسقاط هذه المعادلة علي جميع نماذج الدراسة التحليلية كما بالشكل رقم (24).

(١) <https://www.arch2o.com/case-study-computational-design-hangzhou-tennis-center/>



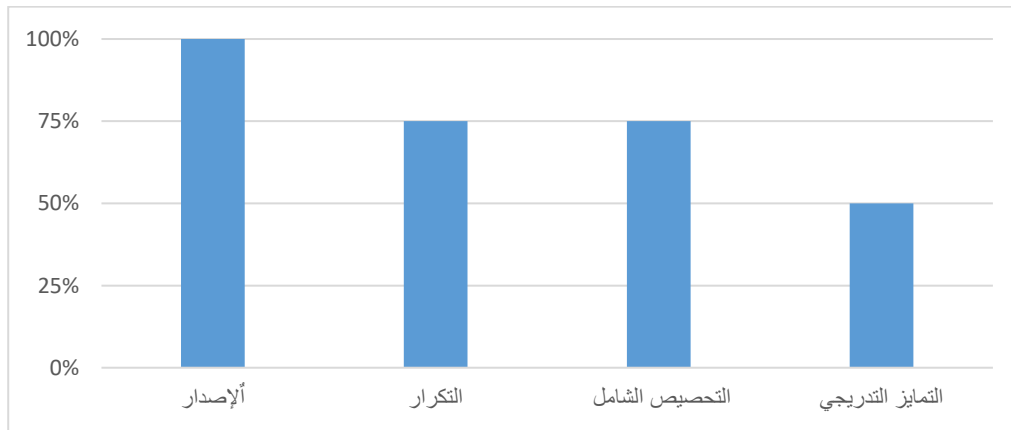
شكل (24): مكونات مسطرة قياس معادلة التصميم المعماري في ضوء البارامتريّة.

ويوضح جدول (1) تطبيق هذه المسطرة علي الأمثلة الواردة بالبحث من حيث إستخراج القواعد والأنماط البارامتريّة التي تحقق مختلف أهداف التصميم:

جدول (1): تحليل نماذج مصممة بالنهج البارامتري (المبادئ والأنماط والأهداف).

مركز الألعاب الأولمبية	مبنى متحف اللوفر	برج كيان-إنفينيتي	مشروع أبراج البحر	نوع المبني
أيقوني/ترفيهي(رياضي)	أيقوني/رمزي	سكني	إداري	المبادئ (القواعد)
				الأنماط
				الهدف الرئيسي
				أهداف أخرى

ويقوم البحث بتحليل العلاقة بين القواعد وأنواع المباني والأهداف وفق جدول (1) في الآتي:



شكل (25): العلاقة بين قواعد التصميم البارامتري ونسبة تحقيقها في أنواع المباني بالدراسة

تشير الأشكال البيانية السابقة بشكل رقم (25) إلي الآتي:

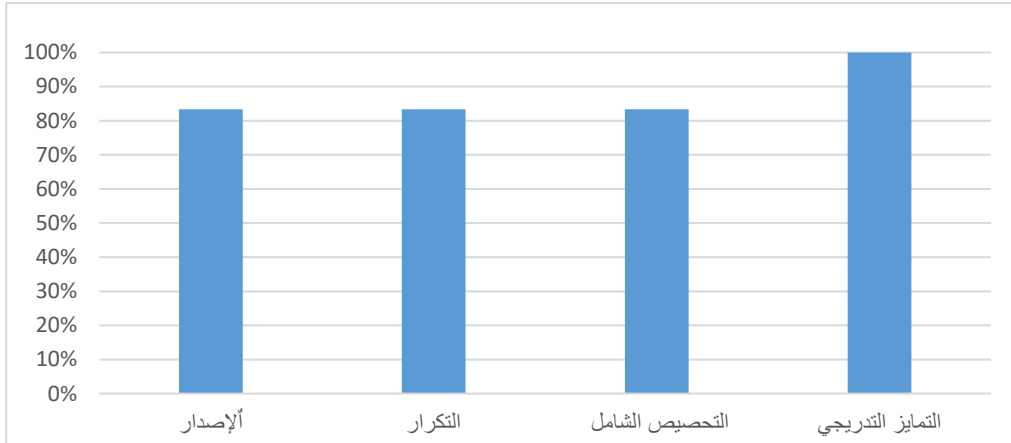
- يعتمد التصميم البارامتري علي قاعدة أساسية في مختلف أنواع المباني وهي الإصدار، حيث حقق هذا المبدأ نسبة 100% لإجمالي مباني دراسة الحالة.
- يستخدم مبدأ التكرار بنسبة 75% من إجمالي مباني دراسة الحالة، حيث تتخلف المباني السكنية عن إستخدام هذا المبدأ عند إستخدام قاعدة التمايز التدريجي التي تعتمد علي مفردات الطبيعة. ولكن أستخدم مبدأ التكرار بشكل



تقليدي لفتحات النوافذ وذلك باستخدام المشربيات التقليدية بمواد حديثة (التيتانيوم) بعد الإنتهاء من العملية البارامترية للمبني.

ج- يُستخدم مبدأ التخصيص الشامل بنفس نسبة مبدأ التكرار وهي ٧٥٪ نظرا للترابط بين مفهوم هاذين المبدئين والصلة المباشرة بين الإنتاج بالجملة والنمط التكراري.

د- يُستخدم مبدأ التمايز التدريجي بنسبة ٥٠٪ وهي نسبة متوسطة تدل علي أنه ليس بالضرورة استخدام مفردات الطبيعة، أو بمعنى آخر تعتبر مفردات الطبيعة جزء من أجزاء التفكير البارامترية وفق متطلبات وإعتبارات تصميمية وظيفية أو شكلية، ولكن لا يعتمد عليها نهج التصميم البارامترية بشكل أساسي في التصميم.



شكل (٢٦): العلاقة بين قواعد التصميم البارامترية ونسبة تحقيق مستهدفات التصميم المعماري

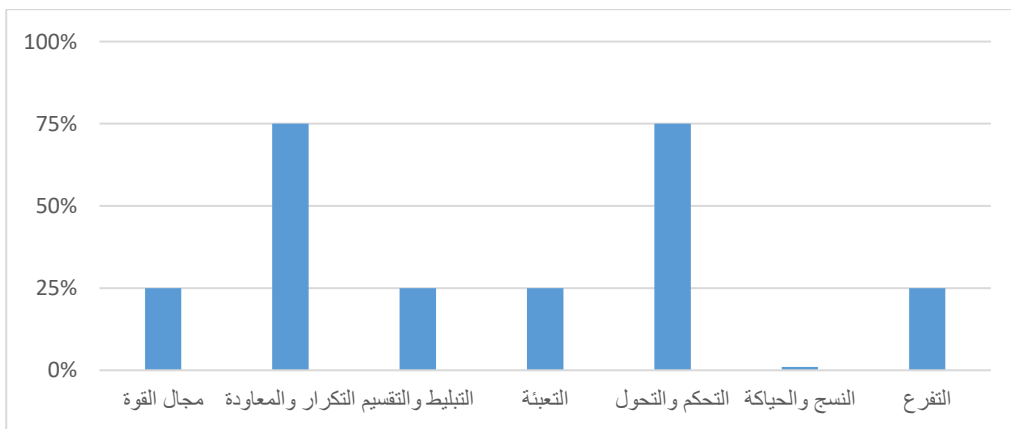
تشير الأشكال البيانية السابقة بشكل رقم (٢٦) إلي الآتي:

أ- يعتمد كل متطلب تصميمي علي معظم قواعد النهج البارامترية، فنجد أنه عند تحقيق أهداف بيئية أو إنشائية أو جمالية أو إقتصادية، يتم استخدام الأربعة قواعد التي يعتمد عليها النهج البارامترية بشكل أساسي. أما الأهداف الوظيفية والإجتماعية فليس بالضرورة فيها استخدام جميع القواعد وإنما يمكن بحد أدني استخدام قاعدتين فقط.

ب- يشترك مبدأ الإصدار مع مبدئي التكرار والتخصيص الشامل في مدي استخدامهم لتحقيق الأهداف التصميمية المختلفة حيث حققوا نسبة تقارب ٨٥٪ من إجمالي تحقيق أهداف التصميم.

ج- ينفرد مبدأ التمايز التدريجي بنسبة ١٠٠٪ في تحقيق الأهداف التصميمية، وهذه النسبة تدل علي نجاح استخدام مفردات الطبيعة في تحقيق مختلف مستهدفات التصميم.

ويقوم البحث بتحليل العلاقة بين الأنماط وأنواع المباني والأهداف وفق جدول (١) في الآتي:

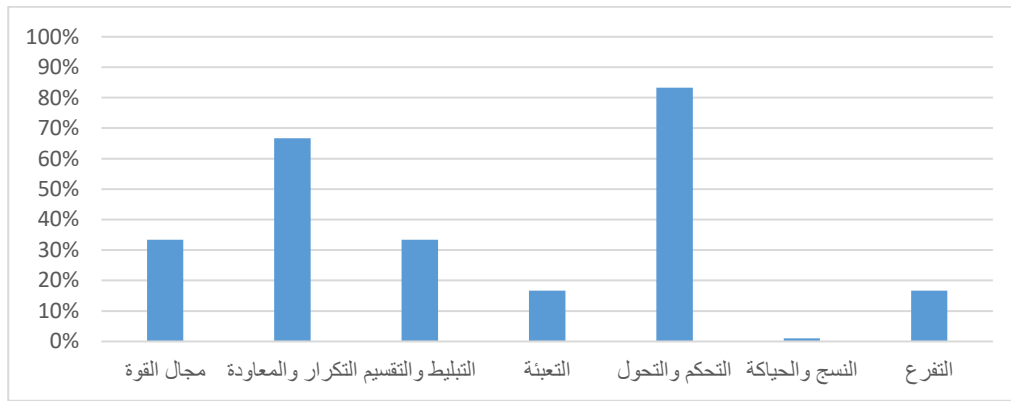


شكل (٢٧): العلاقة بين أنماط التصميم البارامترية ونسبة تحقيقها في أنواع المباني بالدراسة



تشير الأشكال البيانية السابقة بشكل رقم (٢٧) إلي الآتي:

- أ- يعتبر نمط التحكم والتحول من أهم الأنماط وطرق التشكيل المستخدمة في التصميم البارامتري، حيث يستخدم بنسبة ٧٥٪ من إجمالي المباني بالبحث، ويعتمد نمط التحكم والتحول علي البرمجيات الحاسوبية وهذا الأمر يدعم قوة الحاسوب في النهج البارامتري، الأمر الذي له دلالة علي أهمية قاعدة الإصدار كمبدأ للنهج البارامتري والتي تُستخدم بنسبة ١٠٠٪ في جميع المباني
- ب- أما نمط التكرار والمعاودة فإن نسبة ٧٥٪ تشير إلي أهمية عملية التكرار بالنسبة للتصميم البارامتري، ويرتبط هذا النمط بمبدأ التخصيص الشامل والتي تمثل نسبته أيضاً ٧٥٪ من إجمالي مباني الدراسة.
- ج- تعتبر باقي الأنماط بمثابة طرق تشكيل تخدم وظائف معينة وتُستخدم وفق نوع المباني وإعتبارات التصميم الأخرى.



شكل (٢٨): العلاقة بين أنماط التصميم البارامتري ونسبة تحقيق مستهدفات التصميم المعماري

تشير الأشكال البيانية السابقة بشكل رقم (٢٨) إلي الآتي:

- أ- يُحقق نمط التحكم والتحول معظم الأهداف التصميمية بنسبة تقارب ٨٥٪، ويدل ذلك علي أهمية البرمجيات الحاسوبية بالنسبة للنهج البارامتري في تحقيق متطلبات التصميم المختلفة.
- ب- يحقق نمط التكرار والمعاودة أغلب أهداف التصميم المعماري بنسبة تتعدى ٦٥٪ ويدل ذلك علي أهمية نمط التكرار كطريقة تشكيل وسمة تتسم بها العمارة البارامتريّة.
- ج- تُحقق باقي الأنماط أهداف تصميمية مختلفة حيث تتفاوت النسب بين ١٥٪ إلي ما يقارب ٣٥٪، فنجد أن نمط مجال القوة والتبايل والتعبئة والتفرع يشتركون في تحقيق إعتبارات تصميمية بيئية، بجانب تحقيقهم لأهداف أخرى جمالية أو تشكيلية.
- أما فيما يتعلق بالمفردات المعمارية، فيناقشها البحث بالتحليل في جدول (٢) وفق معايير محددة، ويتم التحليل في الآتي:

جدول (٢): تحليل مفردات نماذج دراسة الحالة وخصائصها:

مركز الألعاب الأولمبية	مبنى متحف اللوفر	برج كيان-إنفينيتي	مشروع أبراج البحر	معيان التحليل
ورقة (بتلة) زهرة اللوتس	المشربية	الطوابق - المشربية	المشربية	المفردات المعمارية
ورقة (بتلة) زهرة اللوتس	النجمة الإسلامية	مستطيل منكسر الضلعين - مستطيل	السداسي	الخصائص الشكلية
هندسي (منحني) رأسي	هندسي (دائرة)	هندسي يصاحبه تكوين حركي رأسي	حركي عمودي وأفقي	خصائص التكوين

مركز الألعاب الأولمبية	مبنى متحف اللوفر	برج كيان-إنفينيتي	مشروع أبراج البحر	معيار التحليل
وحدات ذاتية الإستدامة	وحدات ذاتية الإستدامة	وحدات ذاتية الإستدامة	وحدات حركية ذاتية الإستدامة	خصائص هيكل المفردة
الفولاذ المقاوم للصدأ والألومنيوم والزجاج	الفولاذ المقاوم للصدأ والألومنيوم	التصميم الجيومترى: الخرسانة المسلحة المشربية: التيتانيوم	الفولاذ، ألومنيوم المطلي بمادة البولي فينيل فلورايد، النفلون، السيليكون الأسود، ألياف زجاجية	المادة

ويستعرض البحث في جدول (٣) كل ما سبق تحليله في الأشكال والجداول السابقة لتوضيح العلاقات بين أطراف معادلة التصميم المعماري، متمثلة في الآتي:

جدول (٣): تحليل لأطراف معادلة التصميم المعماري ونماذج دراسة الحالة:

نسبة التحقيق للأهداف التصميمية	الأهداف التصميمية المحققة			المفردات المعمارية	نسبة التحقيق علي المباني	أنواع المباني بالبحث				الإصدار
	إنشائي	بيني	وظيفي			مباني ترفيهية	مباني رمزية	مباني إدارية	مباني سكنية	
	إنشائي	تكلفة	جمالي							
<b>قواعد التصميم البارامتري</b>										
٪٨٥	○	○	○	المشربية/البلاطة الخرسانية/الزهور	٪١٠٠	○	○	○	○	الإصدار
٪٨٥	○	○	●	المشربية/بتلات الزهور	٪٧٥	○	○	○	●	التكرار
٪٨٥	○	○	●	المشربية/بتلات الزهور	٪٧٥	○	○	○	●	التخصيص الشامل
٪١٠٠	○	○	○	البلاطة الخرسانية/بتلات الزهور	٪٥٠	○	●	●	○	التمايز التدريجي
<b>أنماط التصميم البارامتري</b>										
٪٣٣,٣	●	○	●	المشربية	٪٢٥	●	●	○	●	مجال القوة
٪٦٦,٧	○	○	○	المشربية/بتلات الزهور	٪٧٥	○	○	○	●	التكرار والمعاودة
٪٣٣,٣	●	○	●	المشربية	٪٢٥	●	●	○	●	التبليط والتقسيم الفرعي
٪١٦,٧	●	○	●	المشربية	٪٢٥	●	○	●	●	التعبئة
٪٨٣,٣	○	○	○	المشربية/البلاطة الخرسانية/الزهور	٪٧٥	○	●	○	○	التحكم والتحول
-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	النسج والحياكة
٪١٦,٧	●	○	●	المشربية	٪٢٥	●	○	●	●	التفرع
● لا يحقق ○ يحقق										

من الجدول السابق يستعرض البحث بعض العلاقات التي قد تفيد المصمم المعماري عند استخدامه للنهج البارامتري في الآتي:

- أ- يرتبط نمط التحكم والتحول إرتباطاً وثيقاً بمبدأ الإصدار ويعتمد علي إمكانيات النسخة المستخدمة في التقنيات الحاسوبية البارامتريية في إنتاجية الأشكال. وقد أثبتت النسب نجاحهما في التطبيق علي مختلف المباني، والتحقيق لمختلف أهداف التصميم.
- ب- يرتبط نمط التكرار والمعاودة إرتباطاً وثيقاً بمبدأ التخصيص الشامل الذي يعتمد علي الإنتاجية بالجملة والذي يحقق أهداف إقتصادية كبيرة، وقد أثبتت النسب أيضاً نجاحهما في التطبيق علي مختلف المباني والتحقيق لمعظم الأهداف التصميمية.
- ج- يرتبط نمط التكرار والمعاودة أيضاً بمبدأ التكرار حيث تتساوي نسبتهما في التطبيق علي أغلب مباني دراسة الحالة.
- د- يحقق مبدأ التمايز التدريجي الضي يعتمد علي استخدام مفردات الطبيعة والكاننات الحية وغيرها نجاحاً كبيراً في تحقيق أهداف التصميم وتطبيقها علي نوعيات مباني مختلفة.

## ٦. نتائج الدراسة.

من الدراسة التحليلية السابقة للأمتلة والجداول والأشكال السابقة، يُقسم البحث النتائج إلي ثلاثة أجزاء، الجزء الأول فيشمل النتائج العامة للدراسة، الجزء الثاني يتعلق بأثر قواعد التشكيل والمبادئ والأنماط البارامتريية علي العملية التصميمية للمباني وإنتاجية الأشكال طبقاً للأهداف التصميمية، أما الجزء الثالث والأخير فيتعلق بالمفردات المستخدمة بعد تجريد وتحليل نماذج الدراسة لتوضيح كيفية استخدام المفردات في تحقيق منشآت مصممة بالنهج البارامتري، ويستعرض البحث هذه النتائج في الآتي:

### ٦-١ النتائج العامة والشاملة للبحث:

- أ- توصل البحث إلي مجموعة من النتائج العامة والتي قد تعتبر بمثابة حجر الأساس الذي يساهم بشكل كبير في إمكانية تطبيق النهج البارامتري علي المباني في مصر، ويستعرضها البحث في الآتي:
  - أ- يمكن استخدام مسطرة القياس بالدراسة التحليلية في تحليل أي منشأ أو عمل بارامتري للوصول إلي نتائج تدعم المفردات المستخدمة بارامترياً في ضوء القواعد وطرق التشكيل البارامتريية.
  - ب- استخدام عناصر الطبيعة كمفردات معمارية يحقق معظم أهداف التصميم المعماري، حيث تعتبر مصر دولة تاريخية وغنية بالتراث الثقافي والبيئي، علي سبيل المثال للتوضيح، يُمكن استخدام زهرة اللوتس كمفردة معمارية بارامتريية كما هو الحال في مدينة الألعاب الأولمبية بالصين، أيضاً يُمكن استخدام العديد من الطرق للمشربية كمفردة من العمارة الإسلامية.
  - ج- أثبتت دراسات الحالة وهي نماذج لمباني من الواقع نجاح تطبيق عملية التصميم البارامتري في تحقيق معظم أهداف التصميم المعماري، وهي متمثلة في الآتي:
    - تحقيق الوظيفة في المباني السكنية (مبني كيان cayan) عن طريق استخدام مفردات الطبيعة في ضوء البرمجيات الحاسوبية التي تستخدم نمط التحكم والتحول كطريقة تشكيل.
    - تحقيق عاملي التكلفة والإنشائية في المشروعات الكبرى كما هو الحال في ملعب هوانغزو بالصين (مدينة الألعاب الأولمبية)، عن طريق استخدام مفردات الطبيعة في ضوء نمطي التحكم والتكرار.
    - تحقيق المستهدفات البيئية مما يحقق بيئة مستدامة والتي تؤثر بدورها علي عامل التكلفة حيث تُوفر الإستدامة نفقات التشغيل والصيانة علي المدى البعيد.

- تحقيق الأهداف الجمالية والاجتماعية والبيئية كما هو الحال في متحف اللوفر بأبو ظبي. وعليه فإنه يُفضل استخدام النهج البارامتري لقوة تأثيره من الناحية الجمالية والتشكيل، ويرجع ذلك إلى إقتنائه لطرق تشكيل معاصرة وفريدة من نوعها تعتمد على التقنيات الحاسوبية والتي تُعطي دقة هندسية كبيرة ومقترحات تصميمية وتشكيلية عديدة.

لذا فإن اللجوء إلى النهج البارامتري يعمل بشكل كبير على تحسين عملية التصميم لمختلف أنواع المباني في مصر وإنتاج مباني أكثر كفاءة من حيث الشكل والإستخدام والإستدامة، ويمكن صياغة ما سبق في الجدول التالي:

نوع المبنى	الهدف التصميمي	المفردة	قواعد التصميم	طرق التشكيل (الأنماط)
سكني	وظيفي	الطبيعة (الحمض النووي)	الإصدار والتمايز التدريجي	التحكم والتحول
إداري	بيئي	المشربية	الإصدار والتكرار والتخصيص الشامل	مجال القوة والتكرار والتحكم والتحول والتبليط والتقسيم الفرعي
رمزي	جمالي وإجتماعي وبيئي	المشربية	الإصدار والتكرار والتخصيص الشامل	التكرار والتعبئة والتفرع
ترفيهي	الإنشائي والتكلفة	الطبيعة (بتلات الزهور)	جميع القواعد	التحكم والتحول/ التكرار والمعاودة

ج- لتطبيق نهج التصميم البارامتري في مصر يلزم الأخذ في الإعتبار لدي المصمم بعض المعايير الهامة والتي تؤثر في قراراته على استخدام طرق التشكيل كمجال القوة والتكرار والتفرع والتقسيم الفرعي والتبليط وخلافه، وهذه الطرق تُستخدم وفق القواعد الأساسية التي ناقشها البحث، أما بالنسبة للمفردات في ضوء النهج البارامتري توصل البحث إلى الآتي:

- دراسة الطبيعة والهوية المصرية وذلك لإستخدام مفردات الطبيعة والعمارة المصرية الفرعونية الخاصة والعربية عامة بارامترياً، لتُصبح مفردات بارامتريّة تُحقق هدف تصميمي محدد.
- يُفضل استخدام فكرة المشربية كمفردة بيئية تحتاجها المباني المصرية بشدة، ولكن تُستخدم كغلاف خارجي بعيداً عن غلاف الواجهة الرئيسي الزجاجي. حيث أثبتت فكرة المشربية نجاحها وتأثيرها على العامل البيئي والإقتصادي والإجتماعي والوظيفي في مختلف أنواع المباني كالمباني السكنية والمباني شاهقة الارتفاع والمباني الرمزية كالمتاحف والمباني الإدارية متعددة الطوابق.
- استخدام المواد الحديثة كال فولاذ والتيتانيوم والألومنيوم والتفلون والألياف الزجاجية وال UPVC لتناسب النهج البارامتري كنهج معاصر.
- تُعتبر عملية التصميم البارامتري بشكل عام منظومة متكاملة لا تنجزاً من حيث علاقة المفردات بطرق التشكيل والقواعد، حيث يُمكن بأشكال هندسية بسيطة (كالمثلث والمربع والدائرة وغيرها) أن تُستخدم كمفردات عند تحويلها لمجسمات ثلاثية الأبعاد مصنوعة من مواد حديثة، ولكن ما يُعطيها الهوية البارامتريّة من حيث الخصائص والسمات هي إستخدامها بطرق التشكيل الخاصة بالبارامتريّة.

## ٦-٢ نتائج خاصة بتأثير قواعد التشكيل والأنماط البارامتريّة على المباني وفقاً لمختلف أهداف التصميم:

أ- تختلف جميع المنشآت البارامتريّة في طرق التشكيل وفقاً للهدف المطلوب، فتجد الدراسة أن الوظيفة البيئية وخاصة في تصميم الغلاف الخارجي للمباني، يتم استخدام نمط التبليط والتقسيم الفرعي ونمط مجال القوة كما في مشروع أبراج البحر ومبني متحف اللوفر، أما إذا كان الهدف وظيفي يختص بالمساقط الأفقية فقط فإنه قد يتم استخدام نمط التحكم والتحول

- دون استخدام أنماط تشكيلية أخرى كما في برج كيان وتصميم مباني أبراج البحر، أيضاً نمط التحكم والتحول يُعتبر النمط الأساسي في تصميم وحدة التكوين كما في مشروع مدينة الألعاب الأولمبية والتي تُحقق هدف إنشائي فقط بتكلفة منخفضة.
- ب- يُعتبر نمط التحكم والتحول من الأنماط الأساسية اللازمة في أي عملية تصميم بارامترية.
- ج- الأهداف التشكيلية أو الجمالية ليست هدفاً رئيسياً في البارامترية ولكنه أمر يتم تحقيقه بشكل أو بآخر وفق الفكرة التصميمية والقواعد التي يتسخدمها المصمم وأنماط التشكيل المناسبة لتحقيق الفكرة.
- د- يتم استخدام مجموعة من الأنماط البارامترية التي قد تختلف في وظائفها وأدوارها وفقاً للهدف، وهذه المجموعة لا تزيد عن ثلاث أو أربع أنماط في المنشأ الواحد. وقد يلجأ المصمم إلي استخدام مزيد من هذه الأنماط إذا زادت الأهداف التصميمية.
- ه- يعتمد نهج التصميم البارامترية علي التقنيات الحاسوبية بمختلف إصداراتها قبل وأثناء وبعد العملية التصميمية، وهي ناجحة بشكل كبير في تحقيق مختلف أهداف التصميم المعماري.
- و- يتوافق مبدأي التكرار والتخصيص الشامل في نسبهم من حيث الأهداف واستخدامهم في المنشآت، وذلك لإعتماد مبدأ التخصيص الشامل بقوة علي عملية التكرار والنمطية.
- ز- ليس بالضرورة استخدام مفردات الطبيعة في نهج التصميم البارامترية، وإعتبار مفردات الطبيعة فلسفات تصميمية تخدم أفكار ومنتجات التصميم البارامترية وليس أمر أساسي أو ضروري في عملية التصميم البارامترية، ويظهر ذلك في نسبة تطبيق مبدأ التمايز التدريجي في مختلف أنواع المباني البارامترية، وعلي الرغم من ذلك، فإن استخدام هذا المبدأ يحقق بشكل كبير وفعال معظم أهداف التصميم المعماري.
- ح- لا تعتمد المباني المصممة بالنهج البارامترية علي مبدأ واحد فقط ولكن تستخدم مجموعة من المبادئ والقواعد في مختلف أنواع المباني والأهداف التصميمية، وتشترك جميعها في مبدأ الإصدار / النسخة وذلك يدل علي مدي أهمية برمجيات الحاسوب البارامترية في العملية التصميمية، حيث يجب علي المصمم إنشاء نموذج بارامترية داخل إصدار يتوافق مع المستهدف التصميمي.
- ط- تشترك أغلب النماذج بشكل كبير في مبدأ التكرار ومبدأ التخصيص الشامل وذلك يدل علي أن هاذين المبدأين متلازمين معاً بشكل كبير لأن التخصيص الشامل يعتمد علي التصنيع الرقمي والإنتاج المتكرر وذلك لجدي اقتصادية، ويستنتج البحث أن هذا الأمر يساعد بشكل كبير في إنتاج منشآت ذات طابع معماري متميز ومُحقق للوظيفة بتكلفة مناسبة للجدي الاقتصادية للمشروع.

### ٦-٣ نتائج متعلقة بالمفردات المعمارية المختلفة المستخدمة بعد تجريد وتحليل نماذج الدراسة:

- أ- المشربية عنصر/مفردة يتعامل مع المستهدفات التصميمية الخاصة بالبيئة كالشمس والرياح، وقد يتم استخدام الفكرة العامة للمشربية بطرق وأنماط بارامترية مختلفة، وبالتالي إنتاج أشكال جيومترية وتصميمات معقدة لها بمواد مختلفة حديثة، تختلف عن الفكرة التصميمية للمشربية التقليدية المصنوعة من الأخشاب ولها موديول نمطي تكراري.
- ب- البلاطات الخرسانية التي تُمثل أدوار المبني تعتبر عامل أساسي وفعال كعنصر تكراري ووحدة تكوين للمنشآت بشكل عام، وقد تم التعامل مع هذه المفردة في ضوء أفكار وفلسفات تصميمية من الطبيعة تُحقق مبدأ التمايز التدريجي كمبدأ أساسي للتصميم البارامترية، ومع استخدام نمط التحكم والتحول الذي يتعامل مع متغيرات الجسم، يتم تحقيق الهدف التصميم المطلوب كما في مبني كيان ومبني أبراج البحر بدولة الإمارات.
- ج- يُمكن استخدام عناصر الطبيعة كأفكار تصميم ومفردات معمارية لتحقيق الهدف المطلوب، ففي مشروع أبراج البحر بأبو ظبي، تم التعامل مع الغلاف الخارجي بمفردة المشربية في ضوء عنصر من الطبيعة وهو الزهرة والتي تتفتح وتتعلق أوراقها مع ضوء الشمس، أما في مشروع مركز الألعاب الأولمبية بالصين، فتم التعامل مع أوراق الزهرة كمفردة معمارية في حد ذاتها كطابع عام للمشروع.
- د- لم تعتمد العملية التصميمية للأبراج سواء كانت أبراج البحر أو برج كيان علي مفردة معمارية معينة لها خصائص أو سمات تقليدية أو بارامترية، ولكن اعتمدت العملية التصميمية علي استخدام سمة مميزة من سمات العمارة البارامترية

ألا وهي الديناميكية، وذلك من خلال التحكم في التكوين للمجسمات (الأبراج) وإعطاء إحياء بالحركة والاتساع للمبني نتيجة التكرار والإمتداد.

ه- لم تؤثر الفلسفة والفكرة التصميمية علي عاملي الوقت والتكلفة علي الرغم من التحديات التصميمية التي واجهت المعماريين أثناء التصميم الإنشائي والمعماري مع تحقيق الشكل الخارجي المطلوب والمتمثل في إضافة البعد الرابع (الحركة) علي واجهات الأبراج.

## ٧. خلاصة البحث.

توصل البحث إلي مجموعة من النقاط المستنبطة من الدراسة النظرية والتحليلية، متمثلة في الآتي:

أ- وضح البحث مفهوم شامل للتصميم البارامترية في ضوء المفاهيم المختلفة التي تم تناولها في أدبيات الدراسة، وتم صياغته بأنه عملية تصميم قائمة علي العمليات الحسابية والمعادلات البارامترية، تعتمد علي التفكير الحسابي بإستخدام تكنولوجيا الحاسوب وذلك عن طريق تعريف العلاقات المناسبة بين مكونات التصميم المختلفة والعلاقات بين هندسة الشكل الجيومترية (عناصره وأبعاده).

ب- يقوم مفهوم "البارامترية" علي مبدأ إيجاد الشكل عن طريق البرمجة، ويستطيع المصمم التعامل مع الفكرة أو المنتج النهائي قبل وأثناء وبعد عملية التصميم وربط المتطلبات التصميمية ضمن مراحل وضع وصياغة الفكرة.

ج- يهتم التصميم البارامترية بوصف المشكلة التصميمية بالإعتماد علي المتغيرات المحددة لها والمتعلقة بالأداء وسهولة البناء أو الإعتبارات البيئية أو متطلبات التكلفة أو إحتياجات المستخدم الجمالية والشكلية، عن طريق تعريف الوظائف والمتطلبات وذلك بإستخدام ثلاث تصنيفات هي الوظيفة والهيكل والسلوك، والتي تُشكل معاً النموذج البدئي للتصميم.

د- تعتمد المفردات البارامترية بشكل عام علي شقين وهما المتغيرات التي تنتج عنها الأشكال، والقواعد البارامترية التي تنشأ عن طريق العلاقات بين العناصر المختلفة الداخلة في التصميم.

ه- قد جعلت حقيقة أن تقنيات الحاسوب والتي أصبحت عاملاً أساسياً وجزءاً من عملية التصميم من حساب التكلفة والعمليات المعمارية والإنشائية أمراً سهلاً وسريعاً في التعامل مع التعقيدات المختلفة والمشكلات التصميمية المتعددة والتي تواجه المصممين عند إنجاز تصميماتهم وتحقيق المتطلبات والأهداف، فضلاً عن تقديم فرصة إتاحة الاقتراحات البديلة التي تساعد المصمم في تغيير أفكاره والوصول إلي الإبداع علي مستوي الشكل الجيومترية والوظيفة.

و- في هذا البحث، تم إجراء تحليل لمبادئ وأنماط الشكل والهيكل للوصول إلي مفردات وطرق تشكيل التصميم البارامترية المختلفة على عينات منتقاة من مناطق مختلفة من العالم؛ حيث تُظهر العينات المذكورة أنه تم إستخدام أشكال هندسية مختلفة قد تكون لمفردة معمارية واحدة مثل المشربية أو أكثر، وأنه تم إستخدام مواد مختلفة وفقاً لوجهة نظر المصمم. وبشكل عام، يتم تسهيل توليد وتنويع أشكال هندسية مختلفة في العينات المختارة من خلال تشكيل أسطح هندسية مختلفة؛ حيث لوحظ أن المعايير المطلوبة من التصميم، مثل المرونة المطلوبة، والمتانة، والتوافق تم أخذها في الاعتبار أثناء التصميم.

ز- أيضاً يُلاحظ أن مفاهيم البيئة والاستدامة لها الأولوية القصوي في مختلف أنواع وإستخدامات ووظائف المباني، وخاصة في ظل الظروف البيئية الحرجة التي يمر بها العالم في هذه الفترة، ويتم دعم التصميم والإنتاج بواسطة تكنولوجيا الحاسوب، وبالتالي إستخدام مواد تستطع مقاومة العوامل والتغيرات البيئية المختلفة كالفولاذ والتيتانيوم والألومنيوم المعالج بمواد خاصة بالرطوبة والحرارة.

ح- يختلف التصميم البارامترية عن التصميم التقليدي في إمكنيته من التعامل مع كافة المتغيرات المحيطة سواء كانت هذه المتغيرات قيم حسابية تؤثر علي الأشكال والمجسمات أو متغيرات معمارية كمعايير تصميمية أو متطلبات تشكيلية ووظيفية.



ط- العمارة البارامترية إذا ما حاولنا إستخراج مفردات محددة لها سوف نجد العديد من هذه المفردات والتي تختلف فيما بينها في الخصائص ومحددات التشكيل والتصميم المفاهيمي، ولأنها لا تقتصر علي عدد معين من المفردات لتحديد طراز لها، فعلي سبيل المثال قد نجد في العمارة الإسلامية مفردات تشكيل كالنجمة الإسلامية و المشربيات والأرش وغيرها من المفردات الخاصة بها، ولكن من الصعب أن تجد مفردات من العمارة الإسلامية مستخدمة في نوع آخر من أنواع العمارة كالعمارة الرومانية أو الكلاسيكية مثلاً. أما العمارة البارامترية فتستطيع أن تجد مفردات متنوعة ولا نهائية لأنها مقتبسة من الطبيعة تارة ومن الثقافات المجتمعية تارة ومن الطرز المعمارية الأخرى بأسلوب معاصر تارة أخرى.

ي- يمكن القول بأن النهج البارامتري ناجح وبشكل كبير وفعال في التعامل مع العديد من المتغيرات التصميمية المعقدة الناتجة عن المحاكاة البيولوجية والعضوية وتجريد عناصر الطبيعة في أشكالها ووظائفها لخدمة العمارة، كما أنه ليس بالضرورة وجود مفردات بعينها تمثل وجود العمارة البارامترية.

ك- إن إستخدام مفردات الطبيعة في حد ذاتها بعد عملية التجريد مع إستخدام مفردات لأنماط وطرز معمارية أخرى في ضوء خصائص وسمات العمارة البارامترية بمنهجية التصميم البارامتري، تُحقق الأهداف المرجوة لمختلف مشروعات البناء. كما تعتبر بعض المفردات الناتجة عن إستخدام المحاكاة للطبيعة هي في حد ذاتها بمثابة طرق تشكيل تحاكي خصائص التصميم البارامتري كالمرونة، الإنسيابية، الديناميكية والنمط التكراري.

## ٨. الدراسات المستقبلية.

نظراً لقلّة الدراسات والبحوث في مجال التصميم البارامتري، وندرة الأمثلة من المباني التي تنتج من النهج البارامتري خاصة في مصر، يوصي البحث بعمل المزيد من الدراسات التي تزيد من فهم المماريين للتصميم البارامتري وتشجعهم علي الإبداع لعمل عمارة مبتكرة ومتجددة، وعليه يستعرض البحث بعض الدراسات المستقبلية في هذا المجال منها ما يلي:

- أ- إستنباط المفردات المعمارية لأنواع مباني أخرى كالمباني الإدارية أو المستشفيات أو مختلف المباني الخدمية ذات الطابق الواحد أو متعددة الطوابق.
- ب- تقييم نهج التصميم البارامتري في تحقيق مختلف الأهداف التصميمية، وذلك عن طريق تحليل أداء المباني ومدى كفاءتها وفق نوع المبني والوظيفة المطلوب تحقيقها من المنتج البارامتري.
- ج- تحليل بعض من نماذج البحث بشكل تقني وتفسير المعادلات البارامترية المستخدمة داخل النموذج البارامتري، وتوضيح مدى التعقيد الحسابي والخوارزمي داخل النموذج البارامتري، وذلك لإستخراج قواعد بارامترية تقنية، وتوضيح الخطوات الحاسوبية بدءاً من الفكرة وصولاً إلي المنتج النهائي.

## ٩. المراجع.

إعتمد البحث علي مجموعة من المصادر منها العربية والأجنبية ومن شبكة الإنترنت كالتالي:

### أولاً: المراجع العربية:

- السعيد، شيرين: " مدي تأثير التطور الرقمي للتصميم البارامتري علي تصميم الوحدات المعمارية الخزفية"، مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية، الإصدار (٥)، العدد (٢٠)، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، مصر، (٢٠٢٠)
- القزاز، ضحي: "مواصفات إنشاء النموذج البارامتري في تصاميم العمارة الرقمية"، مجلة جامعة بابلون للعلوم الهندسية، الإصدار (٢٦)، العدد (٩)، جامعة الموصل، العراق، (٢٠١٨)
- العيسوي، حسن: "مقدمات في أساسيات التصميم المعماري"، (٢٠١٨)
- أحمد، سماء: "التصميم البارامتري كأداة لتنمية الإبتكار في تصميم الحلي"، مجلة التصميم الدولية، المؤتمر الدولي الرابع لكلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، مصر، (٢٠١٦)

- بركات، يارا: "إشكالية التطبيقات البارامترية كمدخل لإتجاه البارامترسيزم"، مجلة التصميم الدولية، الإصدار (٨)، العدد (٣)، كلية الفنون التطبيقية، جامعة دمياط، مصر (٢٠١٨)
- حامد، عبير: "مفهوم البارامترية وتطبيقاته في التصميم الداخلي والأثاث"، كلية الفنون التطبيقية، جامعة دمياط، مصر، (٢٠١٦)
- حجازي، محمد: "إمكانات التصميم الحسابي في الإرتقاء بالعمارة العربية المحلية"، المنصة الرقمية للفنون والعمارة الإسلامية، كلية الهندسة، جامعة قناة السويس، مصر، (٢٠١٦)
- رفيق، آلاء: "آليات تطبيق متطلبات العمارة الذكية علي المباني الإدارية-(مبني هيئة التقاعد الفلسطينية-حالة دراسية)"، رسالة ماجستير، عمادة البحث العلمي والدراسات العليا، كلية الهندسة، الجامعة الإسلامية بغزة، (٢٠١٧)
- عادل، سمير: "تأثير فكر الحدائة علي التشكيل اللانمطي للفراغات المعمارية"، مجلة كلية الهندسة، الإصدار (٤٠)، العدد (٢)، جامعة المنصورة، مصر، (٢٠١٥)
- مجدي، إسلام: "التصميم البارامترية كمدخل لإستلهاام الطبيعة في تصميم المنتجات"، مجلة العمارة والفنون، العدد (١٤)، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، مصر، (٢٠١٩)
- محمد، رشا: "التراث الاسلامي المعماري بين الابداع والتقنية واثره علي العمارة الزجاجية في الجزيرة العربية"، مجلة العمارة بجامعة حلوان، مصر، (٢٠١٥)
- نصير، رحاب: "رؤية مستقبلية للتصميم الداخلي والأثاث في ضوء مفاهيم العمارة الإستعارية البيئية"، رسالة دكتوراه، قسم التصميم الداخلي والأثاث، كلية الفنون التطبيقية، جامعة ٦ أكتوبر، مصر، (٢٠١٣)
- وناس، أيسر: "التصميم البارامترية وأثره في فينومينولوجيا التحول الشكلي في ضوء تطور السلوك التشكيلي للمجسمات"، مجلة بحوث في التربية الفنية والفنون، العدد (٤٧)، كلية التربية الفنية، جامعة حلوان، مصر، (٢٠١٦)
- وناس، أيسر: "خوارزميات التصميم البارامترية كمدخل لإثراء المفاهيم البنائية للشكل المعقد"، المجلة العلمية لجمعية إمسيا التربية عن طريق الفن، العدد (٤)، (٢٠١٥)

#### ثانياً: المراجع الأجنبية:

- Andrea Zani, Michele Andailoro, Luca Deblasio, Pierpaolo Ruttico, Andrea G.Mainini:** "Computational Design and Parametric Optimization Approach With Genetic Algorithms of an Innovative Concrete Shading Device System", International High- Performance Built Environment Conference – A Sustainable Built Environment Conference Series (SBE16), iHBE 2016, Politecnico di Milano, Department of Architecture, Italy (2016).
- Gramazio Kohler:** "Open Day for the Master of Advanced Studies in Architecture and Digital Fabrication at ETH Zürich." Gramazio Kohler Research and Digital Building Technologies - ETH Zurich. (2021)
- Gane, Vector:** "Conceptual Design of High-rises with Parametric Methods", ([www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)), Uploaded by John Haymake, (2007).
- Helen Timperley, Aaron Wilson, Heather Barrar, and Irene Fung.** "Teacher Professional Learning and Development: Best Evidence Synthesis Iteration [BES]", p. 238. Retrieved 4 April (2013).
- Ingeborg M. Rocker, M.Horne:** "Versioning: Architecture as Series", First International Conference on Critical Digital: What Matter(s)?, School of Design, Harvard University, Cambridge, USA. (2008).
- Kim Yong-Hak, Ahn Seong-Mo:** "A Study on the Gradual Differentiation in Parametric Design", Journal of the Korean Institute of Interior Design Vol.27 No.2 Serial No.127 \_ 04, Korea, (2018).
- Ma Qingsong, Hiroatsu Fukuda:** "Parametric Office Building for Daylight and Energy Analysis in the Early Design Stages", Procedia - Social and Behavioral Sciences 216, Japan, (2016).

**Mateus van Stralen:** "Mass Customization: a Critical Perspective on Parametric Design, Digital Fabrication and Design Democratization", Sigradi2018, 22nd Conference of the Ibero American Society of Digital Graphics, Brazil, (2018).

**Moran Mizrahi:** "Parametric Design and Visual Programming", Presentation at ([www.docplayer.net](http://www.docplayer.net)), (2020).

**Nathan Miller:** "The Hangzhou Tennis Center: A Case Study in Integrated Parametric Design", ACADIA Regional 2011: Parametricism: (SPC), (2011)

**Wassim Jabi:** "Parametric Design for Architecture", a Book by Wassim Jabi, (2013).

**William Suyoto, Aswin Indraprastha, Heru W.Purbo:** "Parametric Approach as a Tool for Decision-making in Planning and Design Process. Case study: Office Tower in Kebayoran Lama", Procedia - Social and Behavioral Sciences 184, School of Architecture, Planning and Policy Development, Institute Technology Bandung, Indonesia, (2015).

**Xi Wang, Hasim Altan, Jian Kang:** "Parametric Study on the Performance of Green Residential Buildings in China", Frontiers of Architectural Research Volume 4, Issue 1, March, United Kingdom, London, (2015).

**Yuchen S. Sung, Yingjui Tseng:** "Parametric Models of Facade Designs of High-Rise Residential Buildings", IACSIT International Journal of Engineering and Technology, Vol. 8, No. 4, Singapore, (2016).

ثالثاً: مواقع الإنترنت:

<https://basic-design-2-15.blogspot.com/2018/12/2.html> . Accessed September 2021

<https://www.iaacblog.com/programs/parametric-facade-revolving-brick-serai/> Accessed September 2021

<https://www.iasefmdrian.com/research>. Accessed September 2021

<https://newatlas.com/al-bahar-towers/26139/> Accessed February 2021

<https://www.skyscrapercenter.com/abu-dhabi/al-bahar-tower-2/9130/> Accessed February 2021

<https://www.louvreabudhabi.ae/ar/about-us/architecture>. Accessed March 2021

<https://byarchlens.com/the-louvre-by-john-nouvel-2017/> Accessed March 2021

<https://al-ain.com/article/louvre-abu-dhabi-jean-nouvel>. Accessed April 2021

<https://thespaces.com/louvre-abu-dhabis-giant-dome-creates-a-rain-of-light/>. Accessed April 2021

<https://www.arch2o.com/case-study-computational-design-hangzhou-tennis-center/>. Accessed June 2020

<https://www.architecturaldigest.in/content/flower-inspired-stadium-china-stands-principles-sustainability/>. Accessed July 2020

<https://www.dezeen.com/2020/03/05/hangzhou-olympic-sports-center-nbbj-chinese-architecture/> Accessed July 2020

<https://www.skyscrapercenter.com/building/cayan-tower/464> Accessed October 2020

<https://www.pinterest.com/pin/dna-architecture-p2--476044623091910880/> Accessed October 2020

<https://www.slideshare.net/sagararora54/report-of-cayan-tower> Accessed November 2020

[https://www.architectmagazine.com/design/cayan-tower-opens-in-dubai\\_o](https://www.architectmagazine.com/design/cayan-tower-opens-in-dubai_o) Accessed December 2020

<https://architizer.com/projects/cayan-tower/> Accessed December 2020

## **Induction of Parametric Design Vocabularies for Achieving Architectural Design Features**

Parametric design is called many meanings, including boundary design, modelling, standard design or variable design all lead to parametric meaning. Parameter design is an architectural approach that uses vocabulary in the light of a set of rules and design patterns that achieve design objectives in the presence of a design idea. And research finds that the problem is that such a contemporary approach to design is rarely used in Egypt, although it is widely used around the world and in countries that share with Egypt the cultural heritage, nature and environmental condition, But the complexity of using programming techniques in design without studying or knowing the vocabulary on which the parameter and the associated formation rules depend directly affects design thinking and, in turn, affects the cost because it needs various and modern implementation techniques.. Therefore, the research aims to derive the vocabulary of the parametric approach and to identify the rules and patterns of this contemporary design approach. The paper addresses the different concepts of parameter design, the main principles on which it relies and the basic patterns on which the architect can identify the features of the parameter building. The study found that the parametric approach has been proven to be efficient using various modes of formation and various architectural vocabulary in achieving all design objectives. The research recommends using the benchmark for architectural design equation in identifying and analyzing parametric buildings in light of patterns and rules to reach the parametric vocabulary to achieve different design Features.