Journal of
Engineering Sciences
Faculty of Engineering
Assiut University
مجلة
العلوم الهندسية
كلية الهندسة
جامعة أسيوط
journal homepage: http://jesaun.journals.ekb.eg

إستنباط مفردات التصميم البارامتري لتحقيق مستهدفات التصميم المعماري

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

إسلام حسام الدين مصطفي كامل [١]
أ.د. مجدي محمد رضوان حامد [٢]
أ. د. عمرو سيد حسن عبد الله [٣]

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 إستخدامه في مصر علي الرغم من إستخدامه 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 أومعرفة المفردات التي تعتمد عليها البارامترية 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 كفائته بإستخدام مختلف طرق التشكيل ومختلف المفردات المعمارية في تحقيق جميع الأهداف التصميمية، ويوصي البحث بإستخدام مسطرة القياس لمعادلة التصميم المعماري في التعرف علي المباني البارامترية وتحليلها في ضوء الأنماط والقواعد للوصول إلي المفردات البارامترية لتحقيق مختلف المستهدفات التصميمية.

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

١. المقدمة:

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

[١] باحث بقسم الهندسة المعمارية- قسم الهندسة المعمارية- كلية الهندسة- جامعة أسيوط(islamhosam3020@gmail.com) .
[٢] أستاذ دكتور بقسم الهندسة المعمارية – قسم الهندسة المعمارية - كلية الهندسة – جامعة أسيوط(mradwan@aun.edu.eg) .
[٣] أستاذ مساعد بقسم الهندسة المعمارية - قسم الهندسة المعمارية- كلية الهندسة- جامعة أسيوط (Dr.amrsayed@aun.edu.eg)

https://doi.org/10.21608/JESAUN.2022.127592.1112
This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

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 بدورهما علي الجانب الإقتصادي. بالنسبة للجانب التقني فالتصميم البارامتري يرتبط إرتباطاً 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 البارامترية في نمذجة الأشكال وتحليل مفردات الواجهات وفق الظروف الجمالية والمناخية. دراسة (أندريا زاني وآخرون. ٢٠١٦)[١] ودراسة (حجازي، محمد. ٢٠١٦)[٢] ودراسة (يوشن سونج وأخرون، ٢٠١٦)[٣]. ولإستخدام هذه التقنيات يلزم علي المصمم البارامتري أن يكون لديه المهارة في إستخدام الرياضيات والتفكير الحسابي المتمثل في المعادلات البارامترية لدورها البارز في برامج التصميم الرقمي والبارامتري مما يمنح المصمم القدرة علي تمثيل مجسمات وكتل ذات بني معقدة تتصف بالفرادة، دراسة (وناس، أيسر، ٢٠١٥)[٤]. حيث دعت دراسة (جاين وأخرون. ٢٠٠٧)[٥] إلي إمكانية توفيرالنماذج البارامترية 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 متقن، 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 البارامترية الموجودة في جميع أنحاء العالم. حيث وضحت دراسة (حامد، عبير، ٢٠١٦)[٦] أن التصميم البارامتري يعبرعن تطور تقني لشكل وأسلوب التصميم. وأكدت دراسة (وناس،أيسر، ٢٠١٦)[٧] أن التصميم البارامتري مصدر إثراء لتصميم المجسمات والكتل المعمارية للمباني المختلفة، وإمكانية تأثره في ظاهرة التحول الشكلي للمجسمات إلي جانب إمكانية إحداث تطور في سلوك البنية التشكيلية لها من خلال الأسس البنائية البارامترية. 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 البارامترية المستخدمة هي أشكال حرة هادفة إلى 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

---

(1) **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)

(3) **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)

(5) **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 الحداثة 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] إلي أن نهج التصميم البارامتري يساعد علي تحسين المباني وتحقيق الراحة الحرارية في الأماكن المغلقة عند إنخفاض إستخدام الطاقة.

من الأدبيات السابقة توصل البحث إلي فجوة بحثية تًحدد ملامح المشكلة البحثية، وعليه تتحدد مشكلة البحث في الاتي:

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

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

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

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

٢. مفهوم التصميم البارامتري.

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

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

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

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

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

(٤) **مجدى، إسلام**: "التصميم البارامتري كمدخل لإستلهام الطبيعة في تصميم المنتجات"، (٢٠١٩)

(٥) **أحمد، سماء**: "التصميم البارامتري كأداة لتنمية الإبتكار في تصميم الحلي"، (٢٠١٦)

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

ويكون نوع المدخلات البارامترية إما قيم عددية أو علاقات وخصائص شكلية تبدأ بالرجوع إلي حالة مشابهة أو بتعريف النموذج البدئي، وعرفت دراسة (السعيد، شيرين، ٢٠٢٠)[١] البارامتري بأنه نظام جديد ظهر في التصميم المعماري والداخلي يعتمد علي المعلومات الداخلة للحاسوب ليتم التعرف علي المجسم بشكل دقيق وهو أسلوب حديث يدمج بين النحت والعمارة، ويتميز النمط البارامتري بأنه يتكون من خطوط ناعمة متدفقة مثل النسيج مما يعطي التصميم شكلاً فريداً. وعرفت دراسة (بركات، يارا، ٢٠١٨)[٢] البارامتري 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 البارامتري 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 البارامتري.

٣. مبادئ وأنماط التصميم البارامتري.

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

٣-١ مبادئ التصميم البارامتري:

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

٣-١-١ *الإصدار أو النُسخة Versioning:*

يُشير مصطلح الإصدار أو النُسخة "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 وتحوير 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 مزيجًا مميزًا من الهيكل المنظم بإحكام والتنوع الشكلي[٤]

٣-١-٢ *التكرار Iteration :*

يُعرف مفهوم التكرار بشكل عام علي أنه إعادة تمثيل أو صياغة عملية ما من أجل الحصول علي 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 البارامتري علي تصميم الوحدات المعمارية الخزفية"، (٢٠٢٠)

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

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

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

نقطة البداية للتكرار التالي.[١]، ويشـــير مصـــطلح 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، وبالإضـــافة إلي إنتاج عملية التنوع، يُمكن أن يكون التكرار أداة قوية لعملية تحســين التصميم وتقليل الوقت والجهد اللازمين لتحقيق هذا التحسين.[٢] كما بالشكل (١)

أما على مستوي الخصـائص البصـرية، يتسـم مبدأ التكرار في عملية التصـميم البارامتري بوجود سـمة مشـتركة أو بعد مشـترك بين العناصـر أو الوحدات التكرارية لكي تكون مجموعة من العناصـر مرتبة وفق نمط معين بحيث تسـمح لكل عنصر بالاحتفاظ بتفرده الخاص على الرغم من بقاؤه منتمياً لنفس المجموعة، وتلك السمات المشتركة هي الحجوم والهيئة والأشكال والخصائص التفصيلية.[٣]

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

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

إن مفهوم التخصـيص الشـامل هو عملية قائمة علي مبدأ إنتاج وتصـنيع وحدات نمطية ومتكررة لها نفس الخصـائص وهذا يؤدي إلي خفض التكلفة، وبما أن التصـــميم البارامتري قائم علي وحدة التكوين ومبدأ التكرار، لذا فهو يرتبط بشـــكل دائم ومتكرر بعملية التصـــنيع الرقمي القائمة علي التحكم في المتغيرات من قبل المصـــممين باســـتمرار، ويُطلق علي دمج مصـطلحي التصـميم البارامتري والتصـنيع الرقمي بالتخصـيص الشـامل.[٥]، ففي ظل الطفرة الهائلة في التصـنيع وأعمال التشييد والبناء، وصلت التكنولوجيا الرقمية إلي حد أصبح فيه الحاسوب هو المتحكم الرئيسي في عمليات التصميم والتشييد. فنري في الإمارات والصـين واليابان وغيرهم من الدول اسـتخدام التكنولوجيا في تصـنيع وإنتاج مباني ومجسـمات وأثاث ببرمجيات تنتهج التصنيع ثلاثي الأبعاد، ووصل الأمر إلي استخدام الآلات في عملية التنفيذ وذلك عن طريق قراءة التصميم بلغة الأكواد والمعادلات الرياضـية، فالحاسوب لا يفهم الفراغات المعمارية بأسمائها ولكنه يعتمد علي الأرقام والمتغيرات، وبما أن التصـــميم البارامتري يعتمد علي التقنيات الحاســـوبية والمعادلات الرقمية التي تعتبر بمثابة المدخلات للنموذج البارامتري داخل العملية التصـميمية، فإن البرمجيات المرتبطة بعملية التصـنيع تستطيع التواصـل مع البرمجيات التي تعتمد عليها المنهجية البارامترية عن طريق لغات البرمجة والأكواد والمعادلات الرياضـــية، وبما أن التصـــميم البارامتري من خصـائصـه وسـماته الشـكلية وحدة التكوين، لذا فإن المؤسـسـات التي تعتمد علي برمجيات التصـنيع الرقمي في الإنشـاء والتصنيع تساهم بشكل فعال ومباشر في خفض تكاليف الإنتاج والتصنيع للعملاء والمصممين في حالة الإنتاج الضخم الذي يعتمد علي الوحدة والتكرار. كما بالشكل (٢)

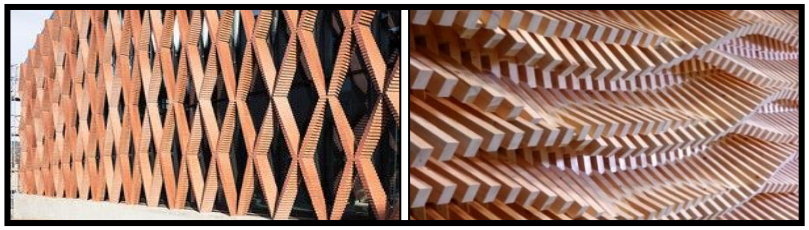
(1) **Helen Timperley,et al**. "Teacher Professional Learning and Development: Best Evidence Synthesis Iteration [BES]", (2013)

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

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

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

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

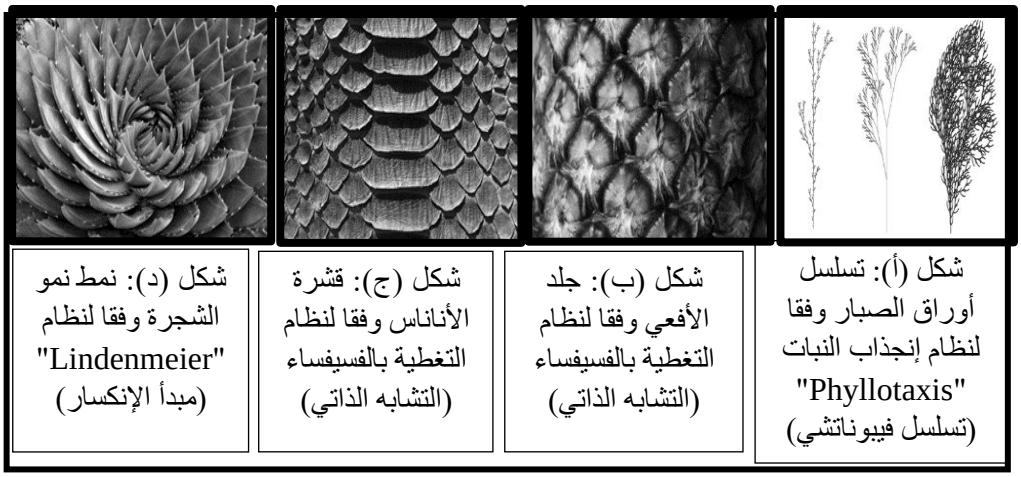


شكل (٢): نماذج من الواقع لعملية التصنيع الرقمي في الإنتاج البارامتري[١].

٣-١-٤ التمايز التدريجي Gradual Differentiation:

يعتمد مبدأ التمايز التدريجي على ميزة العمل البارامتري المُعدّل والمتكرر والمخصص للكتلة والذي يسمح بحدوث الاختلاف داخل نمط أو إيقاع مستمر. فلا يقتصر مبدأ التفاضل المتكرر والمستمر للكتل 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 الموضوعة بالنموذج البارامتري وهذا على الجانب التقني المتعلق بالمحاكاة.[٢]

عند النظر إلى أصل هذا المبدأ يجد البحث أن مبدأ التمايز التدريجي ارتبط ارتباطا 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 البارامترية 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 وتشترك 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[٣].

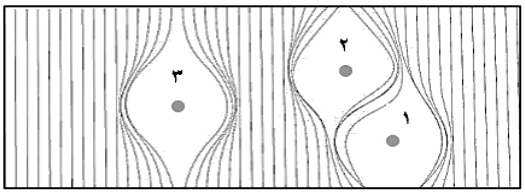
(1) **Gramazio Kohler**: "Open Day for the Master of Advanced Studies in Architecture and Digital Fabrication at ETH Zürich." (2021)
(2) **Wassim**: "Parametric Design in Architecture", (2013).
(3) **Kim, et al**: "A Study on the Gradual Differentiation in Parametric Design", (2018).

٣-٢ أنماط التصميم البارامتري:

إن لنهج التصـــميم البارامتري العديد من الأنماط التي تحدد ملامح وهوية العمل البارامتري، ويوضـــح البحث مفهوم بعض من هذه الأنماط والتي تُمثل الأنماط البارامترية 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:

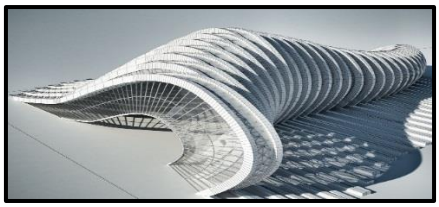
يُعتبر النمط السائد في معادلات التصميم البارامترية. فعند التفكير فيما يؤثر على شكل الشيء أو المبنى، يتم التفكير في القوى المختلفة التي تدفعه وتجذبه، حيث تغير هذه المتغيرات والقوي بشـكل إيقاعي الاتجاه أو الشـكل أو الشـدة بناءً على موقعها في مجال القوة ووجود أو عدم وجود قوى مختلفة تعمل عليها.[١]، بمعني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



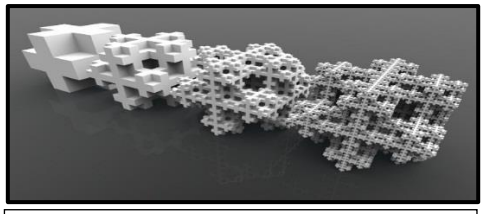
شكل (٤): تأثير النقاط (موطن القوة) علي الخطوط بارامترياً. المصدر: برنامج

٣-٢-٢ التكرار والمعاودة Repetition and Recursion:

يُعتبر نمط التكرار Repetition فعلًا بسـيطًا لنسـخ عنصـر عدة مرات. ففي الأنظمة البارامترية، يمكن أن يصـبح التكرار أكثر إثارة وحركية، لأن العنصـر المتكرر يمكنه الحفاظ على الهيكل الأسـاسـي لسـابقه دون الحاجة إلى أن يكون مطابقًا تمامًا له الأمر الذي يبعد الرتابة والملل عن المنتجات المصـممة بارامترياً. أما المعاودةRecursion فهي حالة خاصـة من التكرار، لا تختلف كثيراً عنه ولكن يتم فيها التكرار من خلال تنفيذ نفس العملية على نفسـها لإنشـاء التكرار التالي. ويمكن تعريف نمط المعاودة على أنه عملية تكرار العناصر بطرق مشابهة.[*] كما بالشكل (٥)



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



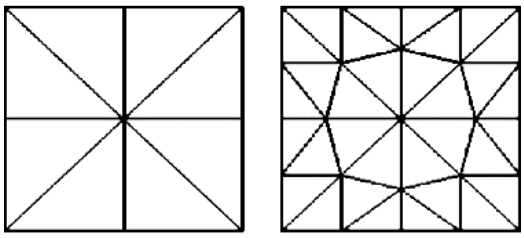
شكل (ب): نمو متكرر لمجسم، إستخدام نمط المعاودة في بناء مستعمرة.

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

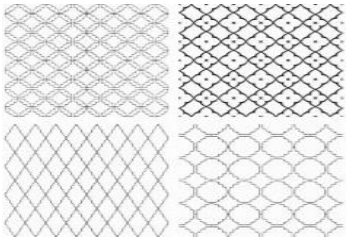
[1] **Moran:** "Parametric Design and Visual Programming", (2020).
(*) IBID
(*) IBID

3-٢-٣ التبليط والتقسيم الفرعي Tiling and Subdivision:

في التصميم البارامتري، يمكن أن تتنوع أي جوانب من البلاط Tile عند تكراره. وبشكل آخر يمكن تعريف نمط التبليط 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) إلي مثلثات، ثم تقسيم المثلثات إلي أخري أصغر.



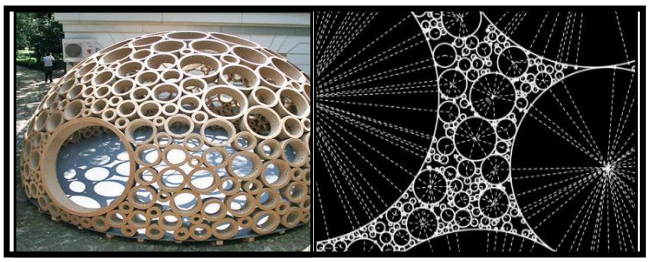
شكل (أ): مسطحات ثنائية الأبعاد مقسمة إلي موديولات/بلاطات مختلفة.

شكل (٦): الفرق بين نمطي التبليط والتقسيم الفرعي[*] .

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 ليمكن تصنيعها رقميًا على آلات CNC أو قواطع الليزر. فالتقسيم الفرعي Subdivision هو عملية تقسيم للوحدات الموديولية الناتجة عن التبليط Tiling.[١]كما بالشكل (٦)

3-٢-٤ التعبئـــــــة Packing:

يرتبط مفهوم التعبئة Packing ارتباطا وثيقًا بمفاهيم التبليط 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 للفراغ الموجود.[*] كما بالشكل (٧)



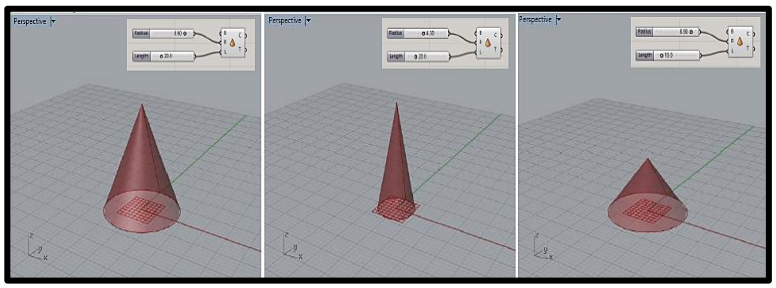
شكل (٧): نمط التعبئة لوحدة موديول الدائرة وتحويلها لمجسم خيمة[*] .

3-٢-٥ التحكـــم والتحـــول Controlling and Transforming:

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

(1) **MORAN:** "Parametric Design and Visual Programming", (2020).
(*) IBID

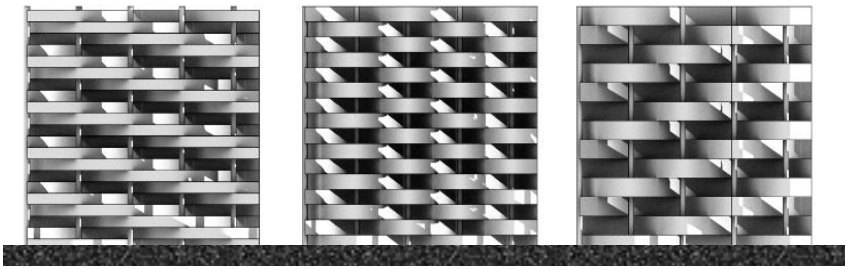
خلالها[*] . ويوضـــح الشـــكل (٨) التعامل مع المتغيرات كقطر قاعدة المخروط الدائرية وارتفاعه أو كلاهما معاً وهكذا، وتأثير ذلك على الشكل النهائي للمجسم المخروطي.



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

3-٢-٦ *النسج والحياكة Weaving:*

يُنشئ النسج نسيجًا من تشابك عنصرين بزاوية قائمة مع بعضهما البعض، حيث تعطي هذه الطريقة قوة هيكلية للسطح. ففي تقنيات النسجWeaving، تنثني 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 بشـــكل كبير وعلى نطاق واســـع في التصـــميم المعماري، وخاصـــة في تطوير الواجهات[١]. كما بالشكل (٩)



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

3-٢-٧ *التفـــــرع Branching:*

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

(1) **MORAN:** “Parametric Design and Visual Programming”, (2020).
(*) IBID
(2) https://www.iasefmdrian.com/research “FracTree: Fractal Based Branching Canopy”

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

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 تحويرها وتطويرها بارامترياً أو مفردات ناتجة عن العملية البارامترية تختص بها العمارة البارامترية. 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 البارامترية وطرق إنتاج الشكل بالأنماط البارامترية المختلفة وأيضاً علاقة هذه الأنماط بالتصميم في ضوء العمارة الرقمية والتقنيات الحاسوبية.

٤-١ 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.

٤-٢ 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:

<u>الحالة الدراسية (١): مشروع أبراج البحر، أبو ظبي، دولة الإمارات:</u>

التعريف بالمشروع: يتكون من برجين بارتفاع ١٥٠ متراً – ٢٩ دور - يضم عدداً ضخماً من المظلات الديناميكية والتي يبلغ عددها ٢٠٠٠ عنصرا 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.[٢]

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 الملهمة هي الزهور التي تفتح وتغلق استجابة للمتغيرات البيئية.

(1) https://www.iasefmdrian.com/research "FracTree: Fractal Based Branching Canopy"
(2) https://newatlas.com/al-bahar-towers/26139/

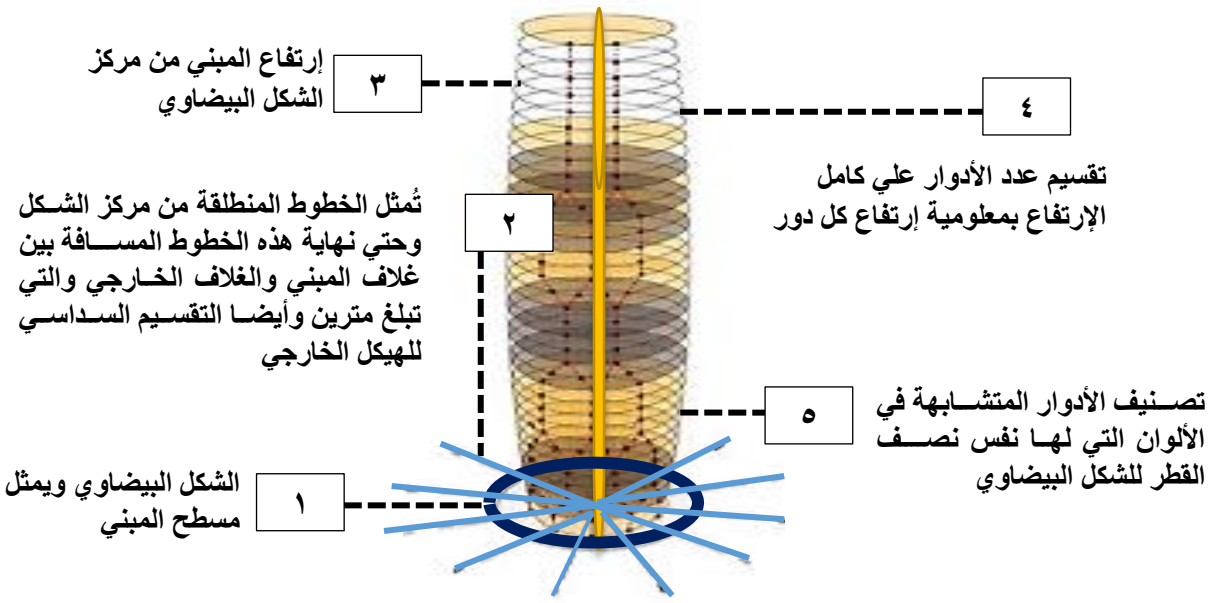
وبناء عليه تم اختيار المشربية كمفردة من مفردات العمارة العربية الإسلامية والتي لها دور رئيسي في عملية التحكم البيئي للفراغ المعماري.[١]

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 علي كامل الارتفاع وفق ارتفاع كل دور.

ج- تغيير أنصاف الأقطار لبعض الأدوار داخل المعادلة لُتعطي الانتفاخ المطلوب كما بالشكل (١١).



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

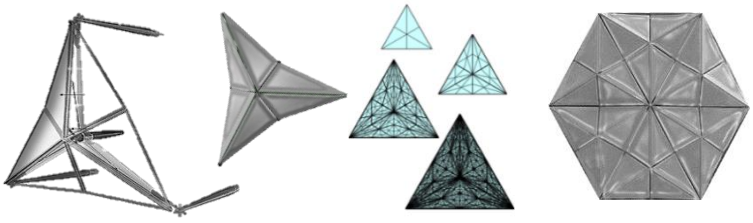
أُستخدم في هذا المبنى نجمة إسلامية مألوفة للعين تُعتبر من الزخارف الإسلامية البسيطة. وهي ناتجة من الشكل السداسي الهندسي الذي أعتبر من أساسات التكوين في الزخارف الإسلامية الهندسية.[٢]

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.

(١)**رفيق، آلاء:** "أليات تطبيق متطلبات العمارة الذكية علي المباني الإدارية-(مبني هيئة التقاعد الفلسطينية-حالة دراسية)"، (٢٠١٧)
(٢)**محمد، رشا:** "التراث الاسلامى المعماري بين الابداع والتقنية واثره علي العمارة الزجاجية في الجزيرة العربية"، (٢٠١٥)



شكل (١٢): يوضح الوحدة والنظام الموديولي للمشربية المصممة بارامترياً[١].

ج- تتكون كل وحدة تظليل في الواجهة الخارجية الديناميكية من مجموعة من العناصـــر التي لكل منها دور في تصـــميم 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 للتأكل. ويعتبر مركز المثلث هو محور الارتكاز والحركة العمودية على الغلاف الداخلي للمبني. كما بالشكل (١٣)
- الوحدات الثنائية مثلثة الشكل مرتبطة بالمستوي الثاني لنقطة الإرتكاز من جهة وبنهايات العصب الرئيسي من جهة أخري والتي تنغلق وتنتفح وفقا للحركة العمودية، وهي مصـــنوعة 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 علي التنظيف الذاتي. كما بالشكل (١٣)
- أُستخدمت شبكة ألياف زجاجية مغلفة وذلك لتحقيق مستويات مناسبة من الشفافية، وهي ذات طلاء له القدرة علي تحمل درجات حرارة عالية وذاتية التنظيف.[٢] أما باقي العناصر كالفواصل ونقاط الإرتكاز فصُنعت من مادة التفلون وهي مادة لها خصـــائص حمل عالية وتوفر مقاومة جيدة لمختلف أنواع المياه العذبة والمالحة والأكســـدة وتحمي من التأكل، والحشوات مصنوعة من السيليكون الأسود لمقاومة الأشعة فوق البنفسجية والعوامل الجوية الأخري.

شكل (١٣): منظور للغلاف المزدوج الخارجي المستجيب Responsive Skin والألياف الزجاجية المستخدمة في الواجهة الخارجية للمبني[٣].

<u>الحالة الدراسية (٢): مشروع برج كيان-إينفينيتي، دبي، دولة الإمارات:</u>

التعريف بالمشـــروع: يعتبر برج كيان أطول برج لولبي في العالم، يقع في منطقة مرســـي دبي ويتكون من عدد ٧٥ طابقاً بإرتفاع يبلغ ٣٠٧ متراً ومسطح ٣١٦١ متر مربع، تم البدأ في تنفيذ هذا البرج في عام ٢٠٠٦ وإفتتاحه في عام ٢٠١٣.[٤]

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

(٢)**رفيق، آلاء:** "أليات تطبيق متطلبات العمارة الذكية علي المباني الإدارية-(مبني هيئة التقاعد الفلسطينية-حالة دراسية)"، (٢٠١٧)

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

(4) https://www.skyscrapercenter.com/building/cayan-tower/464

هدف التصـميم: الهدف من التصـميم الحلزوني للمبنى هو أن تتمتع كل وحدة سـكنية بإطلالة على البحر والمرسـى، دون وجود أعمدة إنشائية داخل الفراغات المعمارية، وبالتالي خلق إحساس حقيقي بالمساحة والضوء، وتصفية ضوء الشمس المباشر وتقليل أحمال الرياح الواقعة علي المبني.[١]

نوع المشروع: مبني سكني.

فكرة المشـروع: تمثّلت الفكرة التصـميمية للمبني في تصـميم مبني حلزوني "مُلتّف"، وأُسـتوحي التصـميم من الشـكل الحلزوني والدوران الكلي للحمض النووي *DNA*. كما بالشكل (١٤)

شكل (١٤): الحمض النووي DNA [2].

الدراسـة التحليلية للمشـروع: إن الجانب البارامتري في التصـميم لهذا المبني هو التعامل مع متغيرات التصـميم للمسـاقط الأفقية، ويعتبر المتغير الأسـاسـي الذي يعتمد عليه تصـميم المبني هو زوايا الدوران لكل دور بحيث يحقق التصـميم البيئي الأمثل والذي يضمن تقليل أحمال الرياح الواقعة علي المبني في جميع الإتجاهات. أما بالنسبة للفتحات فصُممت عن طريق وضـع ألواح مصـنوعة من التيتانيوم وهي بمثابة "المشـربية". كما تم وضـع عصـب خرسـاني دائري يعتبر بمثابة محور الدوران لجميع الأدوار ليتحقق واحد من أهداف التصـــميم 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 (العصـب)، وجود سـتة أعمدة رئيسـية لا تعيق التصـميم الداخلي للفراغات لمقاومة الإلتواءات الناتجة عن الدوران، وأن تكون الزاوية التي تنحصـر بين الطابق الأرضـي والأخير هي ٩٠ درجة، أي أن الطابق الأرضـي يُمثل الزاوية (صـفر)، والطابق الأخير يُمثل الزاوية (٩٠)، وبالنظر إلي عدد الطوابق فإن كل طابق يدورعن سابقه بزاوية مقدارها ١,٢٠ درجة. كما بالشكل (١٦)

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

(1) https://www.slideshare.net/sagararora54/report-of-cayan-tower?from_action=save
(2) https://www.pinterest.com/pin/dna-architecture-p2--476044623091910880/
3() https://www.architectmagazine.com/design/cayan-tower-opens-in-dubai_o

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

ويوضـــح هذا المثال أن التصـــميم البارامتري ليس نهج معماري يهتم فقط بالشـــكل الخارجي أو بالنواحي الجمالية للشكل الجيومتري وليس المقصـود بالضـرورة أن يكون التكوين مبهراً بتعقيدات كتلية، ولكنه أيضـاً يتعامل فقط مع محددات أسـاسـية كوظيفة معمارية بيئية وإنشـائية والتي بدورها تضـمن شـكل مجسـم وإنتاج منشـأ يُحقق الفكرة التصـــميمية المقترحة والتي بدورها تُحقق جمال التكوين والتشـــكيل الكتلي المطلوب. حيث إعتمد هذا المبني في تصـميمه علي نمط التحكم والتحول Controlling & Transforming فقط كطريقة تشكيل لأن الفكرة التصـميمية المقترحة (الحمض النووي)، في حد ذاتها توحي بالديناميكية والحركة والإنســيابية والمرونة، ولا يحتاج التصـــميم الإيقوني إلي دمج أنماط أخري معقدة قد تؤثر علي وظيفة المبني السكني الرئيسية.

الحالة الدراسية (٣): مشروع متحف اللوفر، أبو ظبي، 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 مسـتوحاة من المنازل المنخفضـة في المنطقة المحلية. تم تصـميم متحف اللوفر أبوظبي على مستوى المرتبة الفضية في الريادة في تصميمات الطاقة والبيئة (LEED). إذ ينشئ المتحف نظاماً بيئياً مُصغـراً من خلال تقنيات التصـميم وفق معطيات الطاقة الشـمسـية المسـتوحاة من الروح الثقافية الإماراتية بما في ذلك مفهوم العمارة الإقليمية التقليدية، وتقنيات تصـــفية المياه من الرواســـب المعدنية، والطاقة وأنظمة التكييف عالية الكفاءة والإضـــاءة والتجهيزات الصحية. وتشمل التقنيات الأخرى إستخدام تأثير التظليل الشمسي لسقف القبة والتظليل الذاتي للمباني، ومنافذ السقف للتهوية المحسّنة للسماح بدخول ضوء النهار دون زيادة حرارة المبنى أو تدفق الرياح، والكتلة الحرارية المكشوفة مثل الأرضيات الحجرية والتغطية التي تسمح بالتبريد الليلي.[٢]

هدف التصـميم: تصـميم مبني يتوائم مع الصـحراء والشـمس والسـماء والبحر، وترك المجال لنفاذ الضـوء والرياح، وتقليل درجة الحرارة وعزله عن البيئة الخارجية.[٣]

نوع المشروع: مبني رمزي (متحف).

فكرة المشروع: إنقسمت الفكرة التصـميمية إلي شقين، أحدهما خاص بتصـميم المساقط الأفقية والآخر تصـميم القبة. فبالنسبة لتصـــميم المشـــروع، إســـتمد المعماري "جان نوفيل" فكرتة من التقاليد الإماراتية والبيئة قديماً حيث المدن العربية ذات

(1) https://architizer.com/projects/cayan-tower/
(2) https://www.louvreabudhabi.ae/ar/about-us/architecture.
(3) https://byarchlens.com/the-louvre-by-john-nouvel-2017/

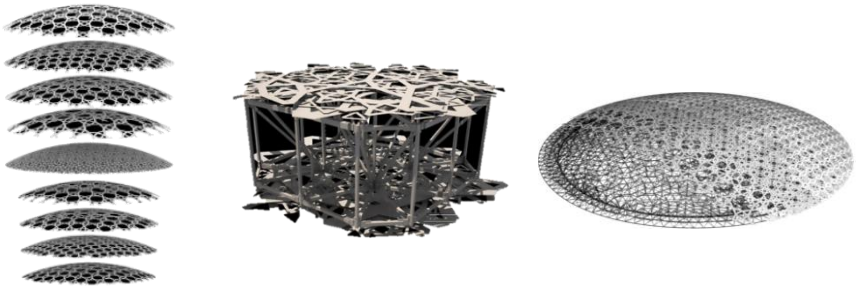
الشـوارع الضـيقة والمباني منخفضـة الإرتفاع والقنوات المائية التي تتخلل المتاحف والتي تشـبة قنوات الري عند العرب قديماً (الأفلاج) وتم إسـتخدام مياه البحر فى السـيطرة علي المناخ الداخلي. أما بالنسـبة للهيكل الخاص بالقبة فقد أُسـتخدمت النجمة الإسلامية وفكرة المشربيات كمفردة معمارية مُستخدمة تسمح بنفاذ الضوء.

كما أُستوحيت فكرة نفاذ أشعة الشمس عبر القبة من "النخيل" في دولة الامارات العربية المتحدة حيث تتخلل الأشعة أوراق النخيل لتعطي شعاعآ من النور والظل علي الأرض داخل المتحف ليعطى شكل جمالي، كما تم وضع مجسم تجريدي داخل المتحف لنخلة بدون سـعف كدلالة على أن السـقف مسـتوحي من سـعف النخلة ويُكوّن الظلال مثل سـعف النخيل في الواحات.[١] كما بالشكل (١٧)

الدراسة التحليلية للمشروع: إن الجانب البارامتري لهذا المشروع إقتصر علي تصميم القبة وذلك لهدف بيئي بحت وليس هدف آخر. ومن مفهوم القبة نجد أن الشـكل الهندسـي الرئيسـي هو الدائرة كقاعدة لها، وتختلف المتغيرات الآخري وفقاً للشـكل والتكوين النهائي وهذه المتغيرات هي قطر القاعدة وإرتفاعها. ولكن في هذا المثال البيئي إختلف نهج التصـميم عن المألوف وتمثلت القبة في مجموعة من الطبقات، هذه الطبقات المقصـود منها التكسير المستمر لأشعة الشمس لدخول كمية معينة من الضـوء والأشـعة، تم حسـابها ببرمجيات التصـميم البيئي مثل تطبيق Kangaroo الملحقة ببرمجيات التصـميم البارامتري مثل تطبيق Grasshopper. وعدد هذه الطبقات ثمانية طبقات، تم تقسـيمها علي مجموعتين، مجموعة علوية وتشمل أربعة طبقات وأخري سفلية وتشمل أربعة طبقات أخري، بينهما مسافة محددة، والهدف من ذلك إختراق كل شعاع ضوئـي للطبقات الثمانيـة التي تتشكل منها القبـة، حيث يظهر الشعاع ثم يختفي بطريقة تتشكل معها الآف 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 علي الفراغ الداخلي[٢].

وتم تحديد المفردة الأساسية التي أستخدمت بطرق التشكيل البارامترية بالإستدلال علي وحدة التكوين للشكل الجيومتري، وهي النجمة الإسـلامية. هذه المفردة المعمارية الإسـلامية قد أستخدمت في العديد من الوظائف مثل المشـربيات، والحدائق والنافورات التي توحي بالعمارة الإسـلامية وهكذا، وعليه فإعتمد المصـممون هذه المفردة كمفردة إسـلامية متجانسـة مع الطابع الثقافي والهوية العربية لبيئة المشروع.



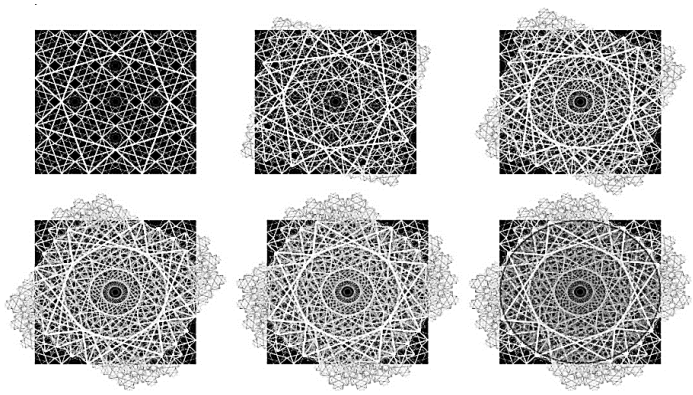
شكل (١٨): الطبقات الثمانية المكونة لهيكل القبة[٣].

(1) https://al-ain.com/article/louvre-abu-dhabi-jean-nouvel.
(2) https://thespaces.com/louvre-abu-dhabis-giant-dome-creates-a-rain-of-light/
(3) https://al-ain.com/article/louvre-abu-dhabi-jean-nouvel.

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

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

ب- أما الجانب الثاني فهو طرق التشـكيل، فمن الصـعب جداً الوصـول إلي تصـميم مختلف لكل طبقة علي حدة، وقد تم التعامل مع المشاكل الناتجة عن هذا الإختلاف عند تركيبهم، وعند دراسة الأنماط المستخدمة للنجمة الإسلامية، يجد البحث أنه تم إسـتخدام أكثر من طريقة تشـكيل للطبقة الواحدة، فقد أسـتخدم نمط التبليط Tiling أولاً لتحقيق الموديولية بالنجمة الإسلامية، ثم تم إستخدام نمط التقسيم الفرعي Subdivision وذلك لتقسيم الأسطح إلي وحدات أصغر في طبقات أخري، كما بالشـكل (١٩)، كما تم إسـتخدام نمط التعبئة Packing لملئ الفراغات البينية بالمفردة الإسـلامية بين الناتج النهائي لنمطي التبليط والتقسـيم الفرعي،Tiling & Subdivision وفي النهاية تم إسـتخدام نمط التفرع Branching في الطبقة الأخيرة ليظهر داخل الفراغ المعماري بأن وحدات النخيل هي التي كونت بفروعها هذه الطبقات كفلسـفة تصـميمية محددة منذ البداية.



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

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

<u>الحالة الدراسية (٤): مشروع مركز الألعاب الأولمبية، هوانغزو، الصين:</u>

التعريف بالمشـروع: يتكون المشـروع من ملعبين مسـتدامين، وتبلغ مسـاحة المركز ٤٠٠ ألف متر مربع. ويضـم المركز الرياضي ملعبًا رئيسيًا بحجم أولمبي يتسع لـ ٨٠ ألف مقعدًا إلى جانب ملعب تنس يتسع لـ ١٠ آلاف مقعد وحمامات سباحة ومساحة للبيع بالتجزئة.[٢]

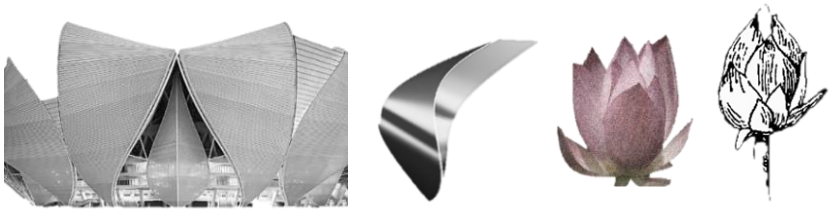
(1) https://thespaces.com/louvre-abu-dhabis-giant-dome-creates-a-rain-of-light/

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

هدف التصـميم: كانت التحديات الحقيقية في هذا المنشـأ هي تحقيق مبدأ الإسـتدامة وإسـتغلال المحددات الجغرافية والبيئية وظروف الموقع، أيضاً مراعاة التكلفة الإنشائية عن طريق تقليل كمية الحديد "الفولاذ" المستخدمة كعنصر أساسي في مثل هذه المنشآت.[١]

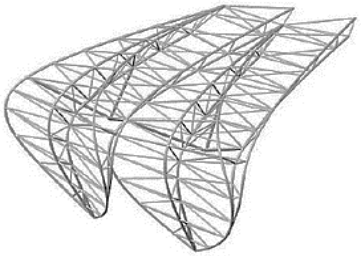
نوع المشروع: مشروع أيقوني ترفيهي (مدينة ألعاب أولمبية/منشآت رياضية)

فكرة المشـروع: يعتمد تصـميم المشـروع على إسـتخدام 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.[٢] كما بالشكل (٢٠)



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

الدراسة التحليلية للمشروع: في ضوء الفلسفة التصميمية المستوحاة من الطبيعة، تم إستخدام ورقة زهرة اللوتس كمفردة معمارية ووحدة تكوين رئيسـية للمشـروع، وقد تم إسـتخدامها بطريقتين مختلفتين لكل ملعب، لتتناسـب كل طريقة منها مع وظيفة كل ملعب، ف ملعب كرة القدم لا يحتاج إلي تغطية علوية ولكنه يحتاج إلي تفاعل المشـــاهدين بالملعب مع البيئة الخارجية والتمتع بالمناظر الخارجية لنهر "كوانتانج". أما الصـــالة المغطاة فهي تحتاج إلي تغطية علوية وترابط بين الحوائط الخارجية والسقف، فتم إستخدام فكرة إنحناء 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 الرئيسـي وذلك لتوفير مجال رؤية واضـح للمشـاهدين، وربط الطبيعة الخارجية ومنظر نهر كوانتنج بالداخل مما يعطي إحساساً بالراحة والتواصل البصري والنفسي بين المشاهد والطبيعة وبين المبني والمشاهد.

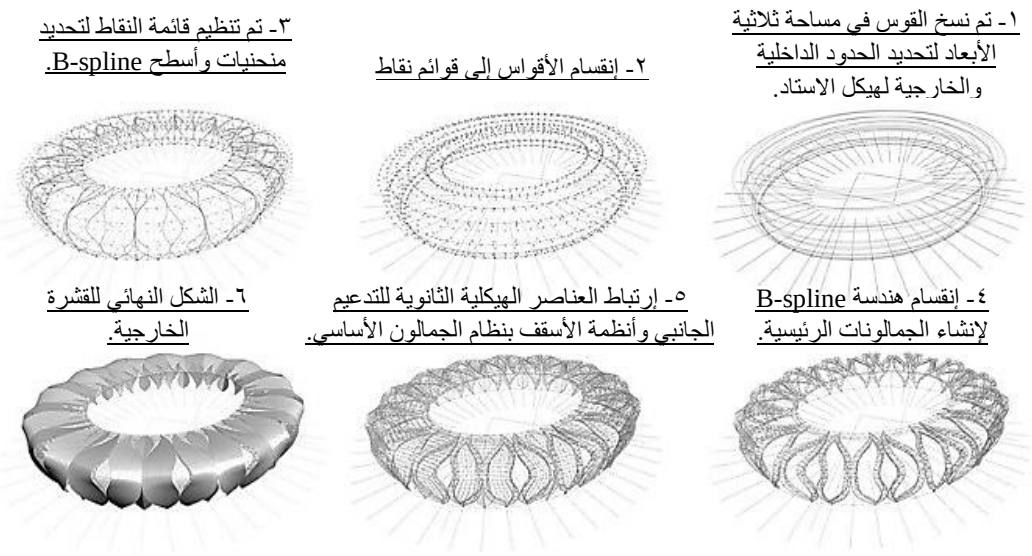


شكل (٢١): بتلات زهرة اللوتس المجردة إنشائياً للإستادات بمدينة الألعاب الأولمبية في الصين[٤].

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

(1) https://www.architecturaldigest.in/content/flower-inspired-stadium-china-stands-principles-sustainability/
(2) https://www.dezeen.com/2020/03/05/hangzhou-olympic-sports-center-nbbj-chinese-architecture/
(3) **Nathan**: "The Hangzhou Tennis Center: A Case Study in Integrated Parametric Design", (2011)
(4) http://www.nbbj.com/work/hangzhou-stadium/

وحدة التكوين علي محيط المسـاقط الأفقية للملاعب، أما بالنسـبة للقواعد والمبادئ فقد تم إسـتخدام مبدأ النُسـخة والتكرار والتخصـيص الشـامل 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 البارامترية الأدوات اللازمة لتحديد مناطق الأسطح ذات المنحنى المزدوج وتطابق الألومنيوم على هذه الأسطح بدقة. بالإضـافة إلى ذلك، سـاعدت هذه البرامج في تصـنيع الألواحعن طريق فتح الأسطح لتسوية الألواح وتقطيعها بواسطة ماكينات CNC، أيضـا إسـتخدام مبدأ التمايز التدريجي والذي يعتبر إسـتخدامه واضـحاً في إسـتخدام مفردات الطبيعة في التصميم المعماري.



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

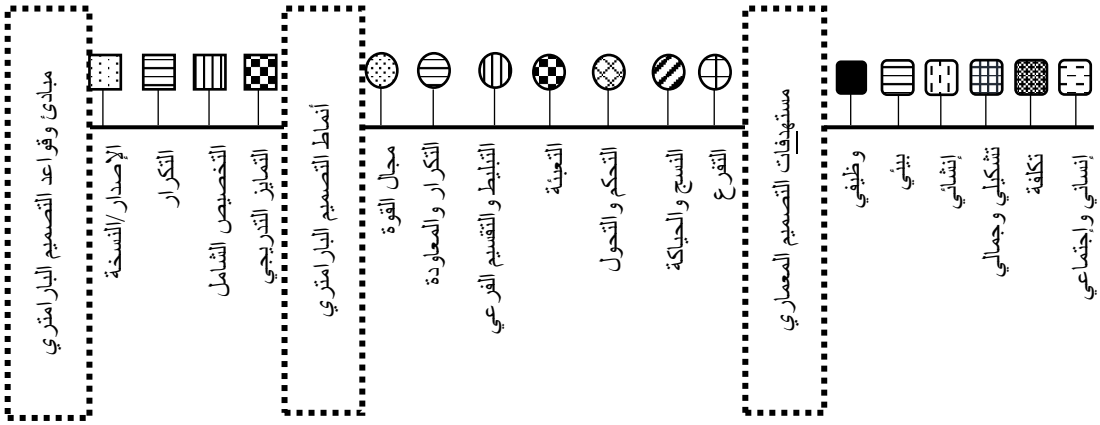
٥. الدراسة التحليلية في ضوء معادلة التصميم المعماري.

تعتمد منهجيات التصـميم المعماري بشـكل عام علي معادلة رئيسـية مكونة من أربعة ثوابت، وبالتالي تنطبق علي النهج البارامتري كنهج تصميمي والمُصاغة كما بالشكل (23) في الآتي:

شكل (23): مكونات معادلة التصميم المعماري

وبناء عليه وضـع البحث مسـطرة قياس مكونة من أركان معادلة التصـميم المعماري للخروج بنتائج إسـقاط هذه المعادلة علي جميع نماذج الدراسة التحليلية كما بالشكل رقم (24).

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



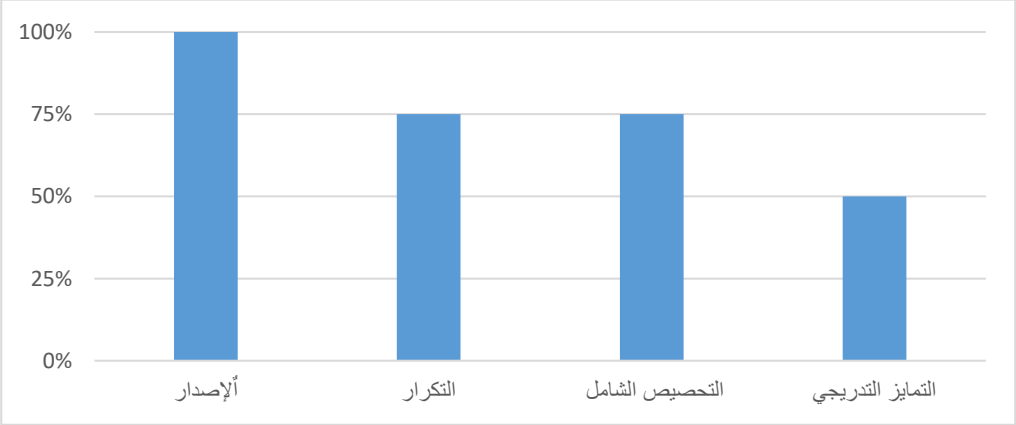
شكل (24): مكونات مسطرة قياس معادلة التصميم المعماري في ضوء البارامترية.

ويوضح جدول (١) تطبيق هذه المسطرة علي الأمثلة الواردة بالبحث من حيث إستخراج القواعد والأنماط البارامترية التي تحقق مختلف أهداف التصميم:

جدول (١): تحليل نماذج مصممة بالنهج البارامتري (المبادئ والأنماط والأهداف).

	مشروع أبراج البحر	برج كيان-إنفينيتي	مبني متحف اللوفر	مركز الألعاب الأولمبية
نـوع المبنـــي	إداري	سكني	أيقوني/رمزي	أيقوني/ترفيهي(رياضي)
المبادئ (القواعد)				
الأنمـــــاط				
الهدف الرئيسي				
أهداف أخـــري				

ويقوم البحث بتحليل العلاقة بين القواعد وأنواع المباني والأهداف وفق جدول (١) في الأتي:



شكل (٢٥): العلاقة بين قواعد التصميم البارامتري ونسبة تحقيقها في أنواع المباني بالدراسة

تشير الأشكال البيانية السابقة بشكل رقم (٢٥) إلي الآتي:

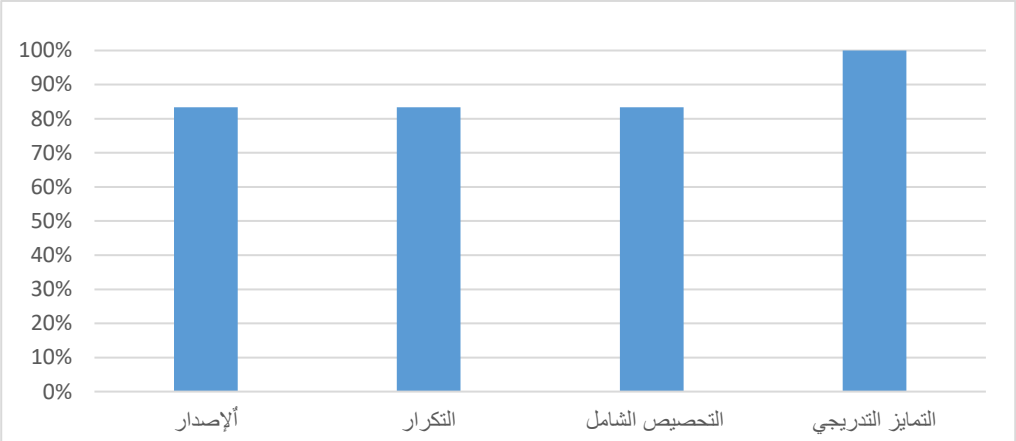
أ- يعتمد التصميم البارامتري علي قاعدة أساسية في مختلف أنواع المباني وهي الإصدار، حيث حقق هذا المبدأ نسبة ١٠٠٪ لإجمالي مباني دراسة الحالة.

ب- يستخدم مبدأ التكرار بنسبة ٧٥٪ من إجمالي مباني دراسة الحالة، حيث تتخلّف المباني السكنية عن إستخدام هذا المبدأ عند إستخدام قاعدة التمايز التدريجي التي تعتمد علي مفردات الطبيعة. ولكن أُستخدم مبدأ التكرار بشكل

تقليدي لفتحات النوافذ وذلك بإستخدام 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 المبدأين والصلة المباشرة بين الإنتاج بالجملة والنمط التكراري.

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



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

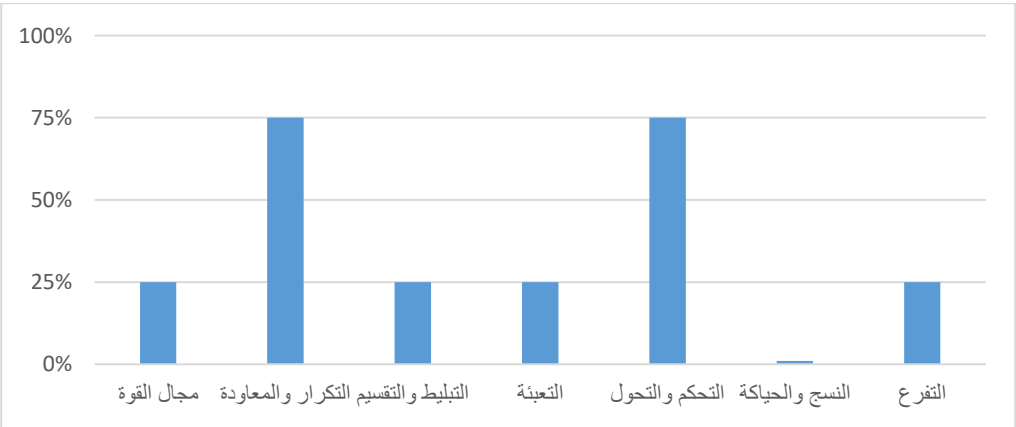
تشير الأشكال البيانية السابقة بشكل رقم (٢٦) إلي الآتي:

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

ب- يشترك مبدا الإصدار مع مبدأي التكرار والتخصيص الشامل في مدي إستخدامهم 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 إستخدام مفردات الطبيعة في تحقيق مختلف مستهدفات التصميم.

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



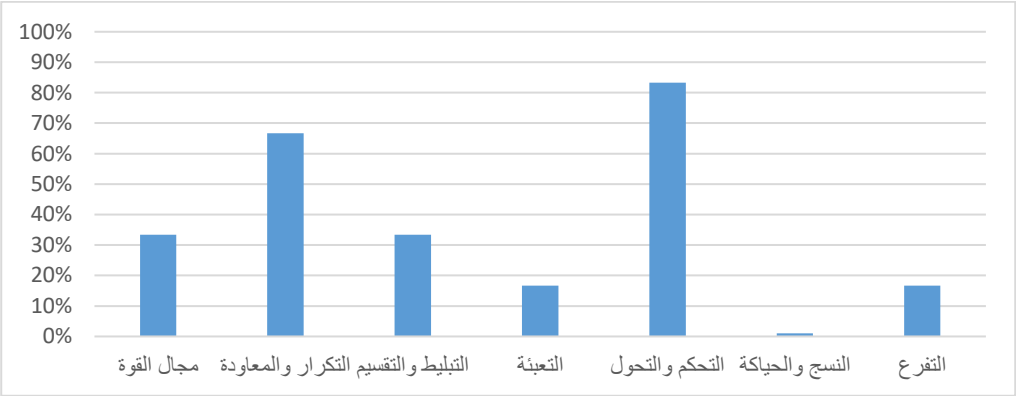
شكل (٢٧): العلاقة بين أنماط التصميم البارامتري ونسبة تحقيقها في أنواع المباني بالدراسة

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 دلاله 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 الأخري.



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 تتعدي ٦٥٪ ويدل ذلك علي أهمية نمط التكرار كطريقة تشكيل وسمة تتسم بها العمارة البارامترية.

ج- تُحقق باقي الأنماط أهداف تصميمية مختلفة حيث تتفاوت النسب بين ١٥٪ إلي ما يقارب ٣٥٪، فنجد أن نمط مجال القوة والتبليط والعتبئة والتفرع يشتركوا في تحقيق إعتبارات تصميمية بيئية، بجانب تحقيقهم لأهداف أخري جمالية أو تشكيلية.

أما فيما بتعلق بالمفردات المعمارية، فيناقشها البحث بالتحليل في جدول (٢) وفق معايير محددة، ويتم التحليل في الأتي:

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

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

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

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

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

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

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

أ- يرتبط نمط التحكم والتحول إرتباطاً وثيقاً بمبدأ ألإصدار ويعتمد علي إمكانيات النُسخة المستخدمة في التقنيات الحاسوبية البارامترية 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 أيضا 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 إستخدام مفردات الطبيعة والكائنات الحية وغيرها نجاحاً كبيراً في تحقيق أهداف التصميم وتطبيقها علي نوعيات مباني مختلفة.

٦. نتائج الدراسة.

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

٦-١ ***النتائج العامة والشاملة للبحث:***

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 إستخدام مسطرة القياس بالدراسة التحليلية في تحليل أي منشأ أو عمل بارامتري للوصول إلي نتائج تدعم المفردات المستخدمة بارامتريا في ضوء القواعد وطرق التشكيل البارامترية.

ب- إستخدام عناصر الطبيعة كمفردات معمارية يحقق معظم أهداف التصميم المعماري، حيث تعتبر مصر دولة تاريخية وغنية بالتراث الثقافي والبيئي، علي سبيل المثال للتوضيح، يُمكن إستخدام زهرة اللوتس كمفردة معمارية بارامترية كما هو الحال في مدينة الألعاب الأولمبية بالصين، أيضاً يُمكن إستخدام 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 إستخدام مفردات الطبيعة في ضوء البرمجيات الحاسوبية التي تستخدم نمط التحكم والتحول كطريقة تشكيل.
- تحقيق عاملي التكلفة والإنشائية في المشروعات الكبري كما هو الحال في ملعب هوانغزو بالصين (مدينة الألعاب الأولمبية)، عن طريق إستخدام 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 المدي البعيد.

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

لذا فإن اللجوء إلي النهج البارامتري يعمل بشكل كبير علي 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 المبني	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 علي إستخدام 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 إلي الآتي:

- دراسة الطبيعة والهوية المصرية وذلك لإستخدام مفردات الطبيعة والعمارة المصرية الفرعونية الخاصة والعربية عامة بارامترياً، لُتصبح مفردات بارامترية تُحقق هدف تصميمي محدد.
- يُفضل إستخدام فكرة المشربية كمفردة بيئية تحتاجها المباني المصرية بشدة، ولكن تُستخدم كغلاف خارجي بعيداً عن غلاف الواجهة الرئيسي الزجاجي. حيث أثبتت فكرة المشربية نجاحها وتأثيرها علي العامل البيئي والإقتصادي والإجتماعي والوظيفي في مختلف أنواع المباني كالمباني السكنية والمباني شاهقة الإرتفاع والمباني الرمزية كالمتاحف والمباني الإدارية متعددة الطوابق.
- إستخدام المواد الحديثة كالفولاذ والتيتانيوم والألومنيوم والتفلون والألياف الزجاجية وال UPVC لتناسب النهج البارامتري كنهج معاصر.
- تُعتبر عملية التصميم البارامتري بشكل عام منظومة متكاملة لا تتجزأ 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 البارامترية من حيث الخصائص والسمات هي إستخدامها بطرق التشكيل الخاصة بالبارامترية.

٦-٢ ***نتائج خاصة بتأثير قواعد التشكيل والأنماط البارامترية علي المباني وفقاً لمختلف أهداف التصميم:***

أ- تختلف جميع المنشات البارامترية في طرق التشكيل وفقاً للهدف المطلوب، فتجد الدراسة أن الوظيفة البيئية وخاصة في تصميم الغلاف الخارجي للمباني، يتم إستخدام 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 إستخدام نمط التحكم والتحول

دون إستخدام أنماط تشكيلية أخري 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 بارامتري.

ج- الأهداف التشكيلية أو الجمالية ليست هدفاً رئيسياً في البارامتري ولكنه أمر يتم تحقيقه بشكل أو بآخر وفق الفكرة التصميمية والقواعد التي يتسخدمها المصمم وأنماط التشكيل المناسبة لتحقيق الفكرة.

د- يتم إستخدام 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 إستخدام مزيد من هذه الأنماط إذا زادت الأهداف التصميمية.

ه-يعتمد نهج التصميم البارامتري 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 وإستخدامهم في المنشآت، وذلك لإعتماد مبدأ التخصيص الشامل بقوة علي عملية التكرار والنمطية.

ز- ليس بالضرورة إستخدام مفردات الطبيعة في نهج التصميم البارامتري، وإعتبار مفردات الطبيعة فلسفات تصميمية تخدم أفكار ومنتجات التصميم البارامتري وليس أمر أساسي أو ضروري في عملية التصميم البارامتري، ويظهر ذلك في نسبة تطبيق مبدأ التمايز التدريجي في مختلف أنواع المباني البارامترية، وعلي الرغم من ذلك، فإن إستخدام هذا المبدأ يحقق بشكل كبير وفعال معظم أهداف التصميم المعماري.

ح- لا تعتمد المباني المصممة بالنهج البارامتري علي مبدأ واحد فقط ولكن تستخدم مجموعة من المبادئ والقواعد في مختلف أنواع المباني والأهداف التصميمية، وتشترك جميعها في مبدأ الإصدار/ النُسخة وذلك يدل علي مدي أهمية برمجيات الحاسوب البارامترية في العملية التصميمية، حيث يجب علي المصمم إنشاء نموذج بارامتري 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 لجدوي إقتصادية، ويستنتج البحث أن هذا الأمر يساعد بشكل كبير في إنتاج منشآت ذات طابع معماري متميز ومُحقق للوظيفة بتكلفة مناسبة للجدوي الإقتصادية 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 إستخدام 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 البارامتري، ومع إستخدام نمط التحكم والتحول الذي يتعامل مع متغيرات المجسم، يتم تحقيق الهدف التصميم المطلوب كما في مبني كيان ومبني أبراج البحر بدولة الإمارات.

ج- يُمكن إستخدام 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 تنفتح وتنغلق 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 إعتمدت العملية التصميمية علي إستخدام سمة مميزة من سمات العمارة البارامترية

ألا وهي الديناميكية، وذلك من خلال التحكم في التكوين للمجسمات (الأبراج) وإعطاء إيحاء 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 البارامتري 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 الجيومتري (عناصره وأبعاده).

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

ج- يهتم التصميم البارامتري 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 وجزءًا 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 الجيومتري 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 وفقًا 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 المَعالج بمواد خاصة بالرطوبة والحرارة.

ح- يختلف التصميم البارامتري عن التصميم التقليدي في إمكانيته 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 مثلا. أما العمارة البارامترية فتستطيع أن تجد مفردات متنوعة ولا نهائية لأنها مقتبسة من الطبيعة تارة ومن الثقافات المجتمعية تارة ومن الطرز المعمارية الأخري بأسلوب معاصر تارة أخري.

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 أخري 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 لقلة 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 المعماريين 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 أخري كالمباني الإدارية أوالمستشفيات 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 ومدي 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 مدي 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 بابيلون 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 البارامتري 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 الحداثة علي التشكيل اللانمطي للفراغات المعمارية"، مجلة كلية الهندسة، الإصدار (٤٠)، العدد (٢)، جامعة المنصورة، مصر، (٢٠١٥)

مجدي، إسلام: "التصميم البارامتري كمدخل لإستلهام الطبيعة في تصميم المنتجات"،مجلة العمارة والفنون، العدد (١٤)، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، مصر، (٢٠١٩)

محمد، رشا: "التراث الاسلامى 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 البارامتري 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 البارامتري 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), 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), (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 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.