توظيف التحليل الرقمي للقباب المعمارية الإسلامية في ابتكار منشآت معدنية بطابع تراثي مستحدث

Using digital analysis of Islamic architectural domes to create metal buildings with a modern heritage character

ا.د / وليد إبراهيم حسن

أستاذ تصميم المنشأت المعدنية الخفيفة بقسم تصميم الأثاث والإنشاءات المعدنية - كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان

Prof. Dr. Walid Ibrahim Hassan

Professor of Light Metal Structures Design, Department of Furniture and Metal Structures Design - Faculty of Applied Arts - Helwan University

drwel.1977@gmail.com

م.د / محمد زكريا محمد

مدرس بقسم تصميم الأثاث والإنشاءات المعدنية - كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان

Dr. Muhammad Zakaria Muhammad

Lecturer in the Department of Furniture Design and Metal Construction - Faculty of Applied Arts - Helwan University

mohamed.zakaria67@gmail.com

م./ منةالله عصام

مصمم حر

Researcher. Mennallah Essam

Freelance designer

manona_es@hotmail.com

الملخص

تعد القباب من افضل النماذج الهندسية الانشائيةفي العمارة الاسلامية. وتتنوعمجموعات البيانات القائمة في التحليل الهندسي على هندسة الشكل الاسلامي في القباب والتي تؤدي إلي إمكانية تنويع مخرجات شكلية متعددة ؛ وفي نفس الوقت يحكم التحليل الرقمي لهندسة القباب الاسلامية ما يمكن تسميته بالمجموعات البيانية والتي يتم تجميعها عبر بناء برمجي محكم بالذكاء الاصطناعي يوظفها التصميم لتحقيق أغراض شكلية أو فكرية محددة. وبالتالي فإن عملية التحليل الرقمي للقباب في العمارة الإسلامية يمكن أن ينتج من خلالها إبداعات فنية كثيرة. كما يمكن التطوير والابتكار في التصميمات الهندسية والخروج بنتائج جديدة مع الحفاظ على هوية الفن الإسلامي دون ان يتحول التجديد أو الابتكار إلى اتجاه آخر خارج سمات هذا الفن، حيث تكون النتائج قائمة بالاعتماد على نفس الخطوط الأصلية مع التنوع والانطلاق في الخطوط التصميمية الناتجة عنها. مما ينتج عمارة إسلاميه بطابع عصري جديد. ومشكلة البحث يمكن تحديدها في قصور استخدام أساليب التحليل الرقمي والنماذج البارامترية في تحليل القباب في العمارة الإسلامية في تصميم وتطوير المنشأت المعدنية لذلك تفرض الدراسة أن توظيف التحليل الرقمي للقباب في العمارة الإسلامية كمدخل تصميمي سوف يؤدي إلى الارتقاء بتصميم المنشأت المعدنيه في مصر, لذلك تهدف هذه الدراسة إلى توظيف التحليل الرقمي للنظم الشكلية للقباب في العمارة الإسلامية في تصميم المنشأت المعدنية.وتوصل البحث إلى أن التحليل الرقمي للقباب في العمارة الإسلامية ساهم في ابتكار منشأت معدنية خارجة عن المألوف واستحداث نظم بارمتريه تعطي تفرد وجمع بين العمارة الإسلامية والحداثة.

الكلمات المفتاحية
التحليل الرقمي – الإنشاء المعدني – القباب الإسلامية

Abstract:

Domes are one of the best structural engineering models in Islamic architecture. The numerical analysis of Islamic domes geometry governs data sets, which are collected through a tight software structure with artificial intelligence that the design employs to achieve specific formal or intellectual purposes. Thus, the process of digital analysis of domes in Islamic architecture can produces many artistic creations. It is also possible to develop and innovate in engineering designs and come up with new results while preserving the identity of Islamic art without turning renewal or innovation into another direction outside the features of this art, where the results are based on the same original lines with diversity and starting in the resulting design lines. Which produces Islamic architecture with a new modern character. The problem of the research can be identified in the insufficiency of using digital analysis methods and parametric models in analyzing domes in Islamic architecture in the design and development of metal structures. Therefore, the study imposes that employing digital analysis of domes in Islamic architecture as a design input will lead to improving the design of metal structures in Egypt. This study aims to monitor the considerations associated with the digital analysis of the formal systems of domes in Islamic architecture as well as the development of a design methodology for the formal construction of metal structures in Egypt by employing the characteristics of digital analysis of domes in Islamic architecture. Out of the ordinary and uniqueness combine Islamic architecture and modernity.

Keywords

Digital Analysis -Metal Constructions – Islamic Domes

المقدمة

اعتمدت العمارة الاسلامية في مبادئها التصميمية على فلسفة الدين الاسلامي حيث عملت على تأكيد المبدأ الرئيسي للإسلام وهو التوحيد والنظام الذي يتكامل معه هو نظام الطبيعة بايقاعتها الغزيرة المتمثلة في أشكالها المنتظمة والمائلة وحلقاتها المنسجمة التي لا تحتوي علي بداية أو نهاية فهو نظام يرمز إلي تكرار الخلق, التكرار بداخل الوحدة multiplicity within unity " وفلسفة التوحيد تؤثر إلي حد كبير علي الأشكال الهندسية المستخدمة في العمارة الإسلامية والمتمثلة في التوجه نحو مركز الدائرة حيث إن تقسيمات محيط الدائرة إلي عدد من الأجزاء المتجاورة هو أكثر الطرق التي تم استخدمها كتعبيرا عن فكرة التوحيد والتي ترمز إلي وحدة الذات الإلهية, وبالتالي اتجه الفنان المسلم إلي الأنظمة الهندسية التي تعتمد علي التقسيمات المنتظمة للدائرة" حيث حاكي الفنان المسلم الطبيعة فأبدع أشكال هندسية متماثلة حول مركزها (محقق مبدأ الوحدة) لترمز إلي الوحدة بداخل الوحدة unity within unity . والاشكال الهندسية للعمارة الإسلامية والأجدر تسميتها نظم هندسية لم تقم عشوائياً بل كانت نتاج دمج العلم مع الفن المبدع , حيث أثرت العلوم الإغريقية على الفن والعمارة الإسلامية وخاصة علوم الرياضيات "فلا يوجد هناك اى غموض يحيط بأصول الهندسة الاسلامية فهى من أصول اغريقية (الأصل،المنهج،المصطلح) مقتبسه من اقليدس، أرشميدس، أبولونيوس، ولقد كتب علماء الرياضيات المسلمين العديد من الأبحاث التى تشرح او تطور او تنتقد الأعمال الإغريقية بحيث توافق الفلسفة الإسلامية النابعة من التوحيد.....ولقد حظى كتاب Elements لاقليدس باهتمام بالغ أكثر من أى عمل رياضى آخر حيث تم ترجمته الى العربية فى عهد هارون الرشيد

وأعيد ترجمته فى عهد الخليفة المأمون وصدر منه عدة اصدارات تسمى (Recessions) فى أزمنة مختلفة وهى عبارة عن كتيبات تحتوى على اعادة صياغة لنظريات اقليدس.

وقد ادى الاعتماد على النظريات الرياضياتية أن جعل هندسة العمارة الاسلامية قابلة للتوسع والتكرار اللانهائي ما يتيح بناءها من خلال وحدة او نمط قابل للتكرار والامتداد لتكوين مسطحات ومستويات فراغية معقدة , ومن افضل النماذج الهندسية الانشائية في العمارة الاسلامية القباب.

والقبة في العمارة الإسلامية رمز للسماء، وخاصة في عمارة المساجد ، فمبنى المسجد يعبر عن انفتاحه في اتجاهين بتصميمه وتكويناته المعمارية في الاتجاه الأول رأسيا للاتصال بالسماء وللاتجاه الثاني أفقيا نحو الكعبة المكرمة للاتصال بكعبة المسلمين، وهو بذلك قد حقق الرمز باتصاله بالسماء على مستوى الجماعة بوساطة في فكرة التسامي إلى العلا في عمارة الجامع بالمئذنة, وتأتي عبقرية إنشاء القباب وجعلها حلا معماريا رائعا لكثير من المشكلات البيئية والهندسية من كون القبة في حقيقتها قوسا تم استخدامه بمهارة رائعة في العمارة على مر العصور وأحسن المسلمون استخدامه وتوظيفه بنائيا ورمزيا.

بينما يعد التحليل الرقمي هو إمكانية صياغة مجموعة المتغيرات في الوظائف القائمة علي قواعد هندسة الشكل حيث يعمل هذا الأسلوب علي إستخدام المعادلات لإحداث تغيير في الشكل المعماري ، فيقود ذلك إلي توليد مجال من الإحتمالات مما يفيد بشكل خاص في التحكم المنتظم في العلاقات الشكلية السطحية . كما يمكن أن يتولد كنتيجة لذلك عائلة من الاشكال المتنوعة من خصائص شكل أولي واحد لكنها تتنوع في أبعادها أو أشكالها ، فهي حالات Instances لنفس التصميم . ومن ثم يؤدي اسلوب التحليل الرقمي إلى أن تكون الهيئة الأساسية والعناصر الحاكمة للتصميم قد وضعت في إطار محددات معينة ثابتة ، لكن الأبعاد النهائية والتحديد الدقيق للأشكال الأولية الناتجة لهذه العناصر يتنوع من شكل أولي لآخر .

وبالتالي تتنوع مجموعات البيانات القائمة على هندسة الشكل الاسلامي والتي تقود إلي إمكانية تنويع مخرجات شكلية متعددة ؛ ففي بعض الحالات يمكن توليد الهيئات وفقاً لمجموعة معينة معرفة مسبقاً بالاعتماد على بنائية القانون الاساسي Rule structures لهندسة الشكل الاسلامي, وفي حالات أخرى يمكن ادماج اكثر من قانون او قاعدة شكلية لكي تؤدي إلي التحكم بمخرجات شكلية رقمية متنوعة مختلفة عن الأصل . كما يمكن أن يحكم هذه المجموعات البيانية بناء برمجي محكم يقودها التصميم لتحقيق أغراض شكلية أو فكرية محددة.

وبالتالي فإن عملية التحليل الرقمي للقباب في العمارة الإسلامية يمكن أن ينتج من خلالها إبداعات فنية كثيرة. كما يمكن التطوير والابتكار في التصميمات الهندسية والخروج بنتائج جديدة مع الحفاظ على هوية الفن الإسلامي دون ان يتحول التجديد أو الابتكار إلى اتجاه آخر خارج سمات هذا الفن، حيث تكون النتائج قائمة بالاعتماد على نفس الخطوط الأصلية مع التنوع والانطلاق في الخطوط التصميمية الناتجة عنها. مما ينتج عمارة إسلاميه بطابع عصري جديد.

لذلك **يمكن تحديد مشكلة البحث كما يلي:**

1. الحاجة إلى التوجه نحو ابتكار منشأت معدنية خارجة عن المألوف واستحداث نظم بارمتريه تعطي تفرد وجمع بين العمارة الإسلامية والحداثة في علاقات إبداعية تجذب المشاهد وتوجد علاقة ارتباطية ذات عاطفة بينه وبين المنشأ، فتحقق هذه المنشأت الغرض السيكولوجي والوظيفي لها.
2. قصور استخدام أساليب التحليل الرقمي والنماذج البارامترية في تحليل القباب في العمارة الإسلامية في تصميم وتطوير المنشأت المعدنية.

يهدف البحث إلى توظيف التحليل الرقمي للنظم الشكلية للقباب في العمارة الإسلامية في تصميم المنشأت المعدنية.

لذلك تفرض الدراسة أن توظيف التحليل الرقمي للقباب في العمارة الإسلامية كمدخل تصميمي ; سوف يساهم في تطوير المعالجات الشكلية للمنشئات المعدنيه في مصر.

وتتبع هذه الدراسة لتحقيق أهدافها وفرضياتها المنهج الوصفي الذي يهتم بوصف ظاهرة وهي التحولات في النظم الشكلية للقباب في العمارة الإسلامية والوصول إلى ضوابط ومحددات هذه الظاهرة والعوامل التي تتحكم فيها، كما يستهدف تصنيف البيانات والحقائق المرتبطة بالتحليل الرقمي لهذه القباب و تسجيلها و تحليلها واستخلاص النتائج والدلالات منها والتي تؤدى إلى إمكانية إصدار تعميمات بشأن توظيفها في تصميم المنشأت المعدنية.

أولاً/ المفاهيم المرتبطة بالتصميم البارامترى

تم استنتاج المفهوم الأساسي للتصميم البارامترى من خلال وصف وتفسير الظواهر طبيعية ضمن الإطار الرياضي المجرد وكان هذا المدخل التحليلي القائم على الرياضيات والفيزياء ناجحًا للغاية حيث اعتمد على تطور رياضيات حساب التفاضل والتكامل في القرن السابع عشر .ومع ملاحظة أن الظواهر الفيزيائية للعالم من حولنا قابلة للتكرار دون إشارة مباشرة إلى الواقع المادي .فإن متابعة واستنتاج هذه الظواهر ودلالالتها الرياضية يمكن تحقيقه باستخدام الرموز والمعادلات التي تمثل الترتيب الأساسي لانتظام الظواهر الممثلة ، بشكل عام فإن التصميم البارامترى يتم تشكيله بواسطة قيم المدخلات أو المحددات وتستخدم المعادلات لوصف العلاقات بين النماذج ومن ثم ، يمكن إنشاء الترابط بين الأشكال ويمكن تحديد سلوكها اثناء التحول (رياضيا وهندسيا) ، منذ حوالي عام ١٩٩٠ ، أثر التصميم البارامترى على تطوير التصميم الرقمي ، وبالتالي يمكننا التمييز بين نوعين أساسين من التصميم البارامتري وهما (التصميم البارامترى المفاهيمي) و(التصميم البارامتري البنائى) كما يمكن توضيح أهم المفاهيم المرتبطة بالتصميم البارامتري والتي لها علاقة بموضوع البحث على النحو التالي:-

١/١ التصميم البارامترى المفاهيمي Conceptual parametric design:

في التصميم البارامتري المفاهيمي ، يتم الإعلان عن المحددات التي توصف تصميم معين ، وليس الغرض هو الشكل ، من خلال تعيين قيم مختلفة للمدخلات ، يمكن إنشاء تكوينات مختلفة بسهولة عبر تحليل التمثيلات البارامترية والتوليدية للتصميمات ، سواء كانت تستند إلى الهندسة المتعامدة أو المنحنية فهي قوية نظرا لقدرتها على التقاط درجة عالية من التباين في عدد قليل من القيم العددية، وتعتمد بشكل اساسي على المفهوم القائم عليه فكرة النمذجة للتكوين التصميمي المراد تحقيقه وبالتالي تعد الفكرة او المفهوم هي الاطار الرئيسي الذي يقوم عليه بناء الشكل البارامتري.

٢/١ التصميم البارامترى البنائى Constructive parametric design :

فى التصميم البارامترى البنائى يشير التصميم إلى البيانات المضمنة في كائن ثلاثي الأبعاد محدد مسبقًا . وبالتالي يتم تحقيق هذا المفهوم البارامتري في حزم CAD المختلفة مثل Autodesk Revit أو Soft Plan أو Nemetschek أو ArchiCAD أو Chief Architect بدلاً من رسم الخطوط والأقواس وما إلى ذلك ، يمكن للمصممين إدخال مكونات مرسومة مسبقًا أو أبواب أو نوافذ أو عناصر تحميل أو سلالم أو أسقف إلخ... ، ينتج عن ذلك نماذج ثلاثية الأبعاد بدلاً من الرسومات ثنائية الأبعاد ، وهو أمر بنائي يتم تدريجياً لبناء النموذج البارامتري ويكون الهدف من التصميم البارامتري البنائي هو تقليل وقت الصياغة والتعديل للرسومات ثنائية الأبعاد .

٣/١ النموذج البارامترى

يعتمد النموذج البارامتري في مفهومه على التغيير في مدخلات القيم الحسابية في البرامج لإنتاج الشكل بواسطة المعادلات اللوغاريتمية، هذه التغييرات تنعكس على الشكل النهائي الناتج، وتتعلق المدخلات باختلاف المتغيرات الحقيقية مثل اتجاه الريح وزوايا الشمس وحركة السيارات وحركة المشاة إلخ..، ونظراً لأن المدخلات مرتبطة ببعضها البعض حسابياً وهندسياً، إذا تغيرت بعض المدخلات فإن جميع المدخلات الأخرى تتغير وتتكيف مع الوضع الجديد بناءً على القيم الحسابية المحددة ، ثم دور المصمم في اختيار ما هو مناسب منها، ليتم اعتماده في التصميم، ويطلق على العمارة الناتجة اسم العمارة البارامترية ، وتوفر هذه العملية التصميمية احتمالات لا نهائية بتغيير المعلومات المدخلة الى البرنامج.(محمد عبد الكريم على واخرون : ٢٠٢٠) ومن الامثلة على اتباع النمط البارامتري في التصميم الإنشائي والمعماري نجد محطة سكة حديد واترلو 1994 (Waterloo) ، الشهيرة بالسقف الزجاجي المنحني الذي يبلغ طوله 422 متر ويتكون من 37 قوس لتشكل الهيكل الانشائي وتعد مثال على استخدام نموذج بارامترى للتصميم الإنشائي والتي يتم دعمه بواسطة شبكة من الأعمدة الخرسانية الأسطوانية، حيث استخدام نموذج بارامتري لتصميم نظام يكون قابل للتعديل ويتغير باستمرار، وبالتالي بدلاً من تعيين قيم ثابتة مثل البعد أو الحجم أو الطول للنظام الانشائي، تم ادخال المعادلات والعلاقات البارامترية التى يمكن تغييرها فى أي وقت بناءً على معايير التصميم .

شكل (١) التصميم البرامتري لمحطة قطار وترلو Waterloo

يمكن استخدام النموذج البارامترى لإنتاج الشكل وتصميم الهيكل الانشائي، لذلك تحدد المدخلات (Inputs) متطلبات تصميم الهيكل الانشائي، ويمكن أن تكون المحددات أو المدخلات حجم العناصر الإنشائية, والطول ونوع المنشأ والارتفاع وقيود الموقع وما الى ذلك ،

ويتكون اي نموذج بارامتري من مجموعة من المكونات التوليدية (Generative Components (GC والتي تعد هي المنصة البارامترية المنفذة والتي يتم تجميعها لأغراض تحقيق أهداف التصميم المراد، نظام المكونات التوليدية هو " بيئة البرمجة البارامترية الموجهة نحو النموذج الذي يجمع بين أساليب التصميم المباشرة على أساس النمذجة ثلاثية الأبعاد، مع تقنيات البرمجة الرقمية البصرية والتقليدية. ونماذج التصميم الهندسي والسلوكي والمعرفي يتم تقسيم كائنات النمذجة إلى فئات (أو أنواع) من الكائنات (أو المكونات)."حيث يمكن أن يكون المكون بسيطا مثل الخط (بدائي

يكون المكون أيضا قيمة رقمية (معلمة واحدة) أو معادلة معقدة تربط عددا من المعلمات(المدخلات) البارامترية بخصائص للمكونات الهندسية ، وتظهر جميع التعديلات في المكونات التوليدية من خلال التمثيل المتوازي في الوقت الحقيقي والنمذجة. (MAI M. ABDELSALAM: 2011) اهتمام المعماريين باعتبارات إنتاج الشكل وفقاً للنماذج الرئيسية في العملية التصميمية الرقمية وما نتج عنه من أشكال معقدة أوجد تحدياً لإيجاد حلول انشائية مثالية، واستدعى ذلك ان يعمل كل من المهندس المعمارى والانشائي سوياً ضمن عمليات تصميمية موحدة بمساعدة التكنولوجيا الرقمية للتغلب على المشاكل الانشائية، وانتج ذلك علاقات جديدة بين الهيكل والنموذج في علميات التصميم المعماري الرقمي، فقد اتخذت توجهين رئيسيين وهما / الآول ان يقوم المعماري والمهندس الانشائي بالتصميم التفاعلي أثناء عملية إنتاج الشكل رقمياً وصولا الى المنتج النهائي المطلوب، الثاني :أن يقوم المهندس الانشائي بتصميم النظام الإنشائي ليكون التصميم المنتج مسبقا في الوسط الرقمي قابلا للإنشاء. (محمد عبد الكريم على واخرون : ٢٠٢٠) يؤكد التصميم البارامتري على استخدام النظام الذي يوفر مجموعة من العلاقات بين الكائنات التي تشكل كيانا أكبر. نظام يربط القواعد والعلاقات في التصميم المعماري وكذلك الهندسة الانشائية للحفاظ على النسب وتطبيق النظريات الأساسية للأسلوب المعماري. ومن ثم، يتم تحليل المبنى ، متحللا إلى نقاطه الأساسية التابعة التي تبني الشكل النهائي. لذلك إذا تم نقل نقطة أو حذفها ، فإن هذا التعديل ينعكس على النقاط أو الأشكال الهندسية الأخرى التابعة (التي تسمى جزءا إلى جزء من النظام) ، وينعكس أيضا على سلوك النموذج بأكمله أيضا (الذي يسمى جزءا إلى النظام بأكمله).

٤/١ التصميم التوليدي

التصميم التوليدي هو عملية تصميم تكرارية يحدد فيها المصمم النموذج الحسابي وأهداف التصميم الخاصة به ؛ بعد ذلك ، يقوم الكمبيوتر بأتمتة توليد مجموعة متنوعة من بدائل التصميم ، والتي تهدف إلى مساعدة المصمم على فهم التصميم بشكل أفضل والعلاقات بين البارامترات والأهداف التصميمية المرجو تحقيقها، وبالتالي المساعدة في تطوير التصميم أو العثور على حل للتصميم النهائي ، في الطرق التصميمية التقليدية يقترح المصمم تصميمًا ثم يقوم بتحليله باستخدام أدوات مختلفة لتحديد ما إذا كان الحل المقترح مناسبًا أم لا .يعمل هذا مع المشكلات المعروفة ولكنه يفشل في المشكلات الجديدة بسبب نقص الخبرة أو المشكلات المتعلقة بعدد كبير من الحلول الممكنة .كما انه قد لا يعرف المصمم أيضًا ما إذا كان الحل الموجود هو الأفضل أم أنه يمكن تحسينه .مع التكرارات ، يمكن إنتاج عينة صغيرة لمقارنة حلول التصميم المختلفة ، لكن هذا يستغرق وقتًا لا يمكننا تحمله في بعض الأحيان ، أما في نهج التصميم التوليدي، نحدد المشكلة وأهدافها في شكل نموذج حسابي ونترك الخوارزميات تولد بدائل تصميم متعددة، يؤدي ذلك إلى أتمتة العملية التكرارية لإنشاء وتحليل حلول التصميم، مما يؤدي إلى مجموعة واسعة من الحلول القابلة للتطبيق .بمساعدة عينة أكبر ، يمكننا اكتساب المعرفة حول سلوك وأداء

مشكلة التصميم ، مما يسمح لنا بتطوير النموذج الذي سيؤدي إلى الحل المناسب, تم استخدام مفاهيم التصميم التوليدي لتطبيقات مختلفة منها الهندسة الإنشائية والمعمارية والتصميم الصناعي، تم استخدام التصميم التوليدي للتحقيق في أنظمة الجمالونات الفراغية و المستوية المختلفة ، ولتحسين الهيكل الفراغي ، تم استخدام تقنيتين مختلفتين:

أ- **تحسين الطوبولوجيا والتحسين التطوري** ، تم استخدام هذه المبادئ لإنشاء تخطيطات هيكلية مختلفة وتقييمها وفقا لأهداف متعددة للعثور على تصميم هيكلي مثالي لمبنى وفقاً لمتغيرات متعددة.

ب- **استخدام تقنيات التصميم التوليدي لاستكشاف اختلافات الأشكال الإبداعية** ، وللبحث عن التصميمات الطوبولوجية ذات المسارات الشكلية والانشائية المثلى ، توظف الأبحاث الحديثة استخدام أساليب الذكاء الاصطناعي لإنشاء تصميمات إنشائية وشكلية وإبداعية، حيث استخدموا تقنيات التصميم التوليدي لإنشاء تصميمات مختلفة ثلاثية الابعاد .

على الرغم من أن التصميم التوليدي يشهد استخداما متزايدا في استكشاف التصميم ، إلا أنه لا تزال هناك بعض المفاهيم الخاطئة ، مثل مساواة التصميم التوليدي بتحسين الطوبولوجيا أو الذكاء الاصطناعى التي ستحل محل المصمم. لابد من تقديم إطار توليدي واضح وعملية ذات صلة بالاستخدام الحالي للنماذج الحسابية ونماذج بيمBIM. (Luka Gradišar et al., : 2021)

ثانياً/ توظيف التقنيات الرقمية في تحليل عناصر من العمارة الاسلامية :

يمكن الاستفادة من البرامج الرقمية المتطورة والحديثة والتى خصصت من اجل دراسة وتحليل العديد من الأنماط المعمارية ، مثال ذلك التحليل الرقمى للعناصر الهندسية واستخدام التحليل الرقمي في تحديد التفاصيل الدقيقة والنماذج الرياضية المستخدمة في تصميم الزخارف والنقوش الاسلامية المتنوعة، وايضا يتناول التحليل الرقمى تحليل النسب الهندسية مثل النسبة الذهبية المستخدمة في العمارة الإسلامية، يمكن استخدام التحليل الرقمي لدراسة تصميم وبناء القباب والأقواس في العمارة الإسلامية. يساعد البرنامج في تحليل التفاصيل المعمارية والهندسية للقباب والأقواس ، بما في ذلك التصميم الهيكلي ، وكذلك توزيع الحمل والإجهاد وتحليل التفاصيل الزخرفية.

الهندسة الإسلامية تتبع القواعد البصرية بشكل خاص والتي ينبغي أن تؤخذ بعين الاعتبار أثناء عملية التصميم أو التطوير، يمكن للمرء أن يرى الهندسة الإسلامية بسيطة في الشكل ولكن على وجه التحديد أنها تتألف من عدد من العلاقات المعقدة، وعندما تزداد القواعد والعلاقات، يزداد التعقيد في معالجة الهندسة بالشكل التقليدي. وهذا يتطلب المزيد من الوقت والجهد لتنفيذ أو تعديل بعض التصميمات، لذلك ، يتم استخدام استراتيجيات التصميم البارامترية للمساعدة في حل هذا التعقيد. يطور التصميم البارامتري الهندسة لتكون أكثر ارتباطا واعتمادا. وبالتالي يتم تقديم الهندسة في هيئة ذكية جديدة.

في برامج CAD التقليدية ، إذا تم حذف أحد الأشكال الهندسية ذات الصلة أو تغييرها ، فقد تفقد العلاقة النموذجية. ومع ذلك ، يمكن للهندسة القائمة على الذكاء الاصطناعي ، وكذلك التصميم البارامتري ، تحويل الخطوط والأقواس والأشكال والكتل الصلبة والأسطح إلى مجموعة من القيود الجبرية والهندسية التي يمكن أن تولد بسهولة تلك الأنماط وفقا لعلاقات ونسب محددة. وبالتالي ، يتم تقديم عدد من البدائل لاستخدام الحل الأنسب في وقت قصير.

بالتأكيد ، تقدم الهندسة القائمة على الذكاء الاصطناعي هندسة قائمة على القواعد ، حيث يمكن تعريف الهندسة من خلال مجموعة من القواعد والعلاقات. تربط الهندسة الذكية الأشكال الهندسية بالمتغيرات. من خلال إنشاء بيئة بارامترية يمكن من خلالها ربط الخطوط الهندسية والأقواس والدوائر والكتل الصلبة والسطح وتحويلها وتضمين علاقاتها بحدود وقيود بارامترية ثابتة أو متغيرة ، وبالتالي التحكم في المعالجات الهندسية ووضع حلول لانهائية وبالتالي زيادة الأشكال الجديدة

الإبداعية الخاضعة للقيود البارامترية. علاوة على ذلك، توفر الهندسة الذكية ، أو التصميم البارامتري ، تقدما لمفاهيم التصميم . (MAI M. ABDELSALAM: 2011)

يتم فحص الفرق بين التقليدي والتصميم باستخدام خوارزميات البرمجة المرئية البارامترية (Grasshopper) من خلال مقارنة "التصميم التقليدي" للزخارف الإسلامية باستخدام نمط شبكي سداسي أساسي ، وتعديل هذا المخطط باستخدام خوارزميات البرمجة المرئية البارامترية بناءً على ما يلي:

- تسمى «دوائر أبولونيوس» ، أو طوق أبولونيان أو شبكة أبولونيان، مع هذا النهج ، تحصل دوائر الزخرفة النباتية المتكررة على حجم متغير وتملأ مساحة المضلعات المحولة بدون تقاطعات ، وتشكل شبكة مميزة لبناء النموذج
- يتم النظر في مجموعة متنوعة من التشكيلات الهندسية الجمالية بناءً على هذه الطريقة في النطاق من المثلثات العادية إلى ١٦ تكراراً بارامترياً.
- كهيكل هندسي رئيسي، تم استخدام نجمة سداسية الرؤوس ، والتي يتم الحصول عليها عن طريق تدوير مثلث منتظم على المحيط السداسي والتعرف على النمط الأساسي .يتمثل الاختلاف الرئيسي بين خوارزميات البرمجة المرئية البارامترية وطرق التصميم المرئي التقليدي في طبيعة معالجة هياكل البيانات التي تحدد التصميم أو النمط الهندسي . وبالتالي ، فإن العنصر الأساسي في بناء التصميم الشكلي هو الوحدة البارامترية الزخرفية او عملية إبراز "نمط هندسي" بصريًا .هذه طريقة بسيطة وفعالة نسبيًا ، باستخدام الأساليب البارامترية لبناء الأنماط ، هناك صعوبات كبيرة في معالجة البيانات الهندسية للنمط التقليدي، ولكن في نفس الوقت نكتسب ميزة تصميم مهمة – تطور كبير في النمط الأصلي باستخدام خوارزميات البرمجة المرئية البارامترية عنه في النهج التقليدي ، يجب على المصمم إبراز بعض الأنماط أو الانتظام بشكل مرئي للتكرارات وطرق تغير علاقاتها البارامترية، لذلك يجب أن يتضمن برنامج الكمبيوتر أيضًا عناصر التعرف على الأنماط ، والتي تُستخدم بشكل أساسي لمهام الذكاء الاصطناعي(AI) . (Neil (Nadyrshine et al., : 2021

طور الفنانون الإسلاميون أنماطًا هندسية إلى درجة من التعقيد والرقي لم تكن معروفة من قبل ، في الوقت الحاضر يولد هذا التراث إمكانات عالية جدًا لإعادة انتاج الأنماط الإسلامية رقميًا (باستخدام التكنولوجيا الرقمية) ولإنتاج أنماط إسلامية متطورة تحافظ على نفس مفهوم الأنماط التقليدية ولكن في منظور جديد وحديث .

كل من التنوع والوحدة في الأنماط التي تم استخدامها في تصاميم الفن الإسلامي حيث مكن المهندس المعماري من استخدام عدة مواد أحيانًا في نفس الجدار أو اللوحة أو أي سطح مطبق آخر ، هذه الميزة الخاصة تجعل العديد من عناصر العمارة الإسلامية أو التفاصيل المعمارية قطعة فنية تركيبية من حيث تعريفاتنا المعاصرة هناك العديد من نماذج العمارة الإسلامية المعاصرة والأعمال المستوحاة من الفن الإسلامي، العديد من مؤرخي الفن يرى أن الخط العربي هو العنصر الأهم والأكثر انتشارًا في الفن الإسلامي ، حيث لطالما اعتُبر أرقى أشكال الفن لارتباطه بالقرآن، فلا شك أن استخدام التكنولوجيا الرقمية مع الخط العربي والتنوع الهائل في الأنماط والعناصر الإسلامية من شأنه أن يزيد بشكل كبير من الإمكانات البصرية التي قد تضيفها هذه العناصر إلى الأساليب الإسلامية المعاصرة .هناك محاولات لا حصر لها لعينات من الفن الرقمي اعتمدت على الأنماط الإسلامية أو الخط العربي، من قبل العديد من الفنانين المعاصرين حول العالم، يمثل الشكل ( ) جدارية معهد العالم العربى بباريس جدارية معاصرة متطورة من خلال تقنية خاصة في إنتاج جداريات جرافيتي معاصرة تكونت بالكامل ومستوحاة من الفن الإسلامي والخط العربي، تم استخدام الخط العربي كزخارف لتزيين سطح مبنى ولكن ليس بترتيب معين

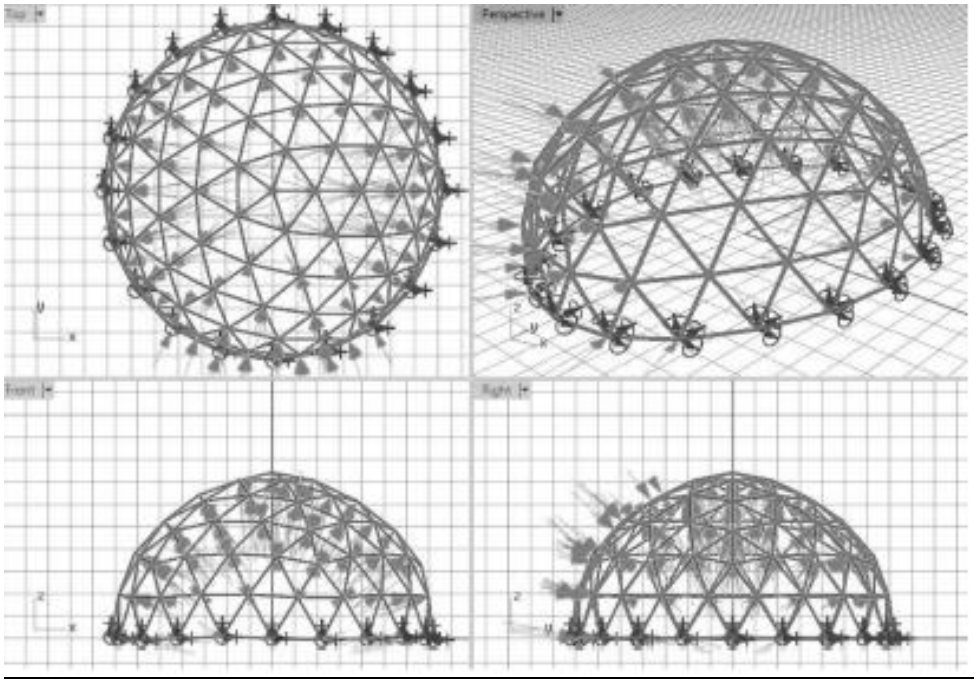
كما هو موضح في الزخرفة الإسلامية للجدارية التي تتشكل عادة كتكرار لفكرة معينة. (Akmal H. Abdelrahman: 2017)

شكل (٢) جدارية معهد العالم العربى – باريس

ثالثاً/ خطوات وآليات تحويل الشبكات الهندسيه الاسلاميه للقباب إلى نماذج براميتريه إنشائية :

١/٣ التحليل الانشائي للشبكة الهندسية للقبة : يسمح تحليل الشبكة الهندسية للقبة للمصممين والمهندسين بفهم سلوك القبة بشكل أفضل وتحسين التصميم وظيفيا وهندسيا وتحليل الشبكة الهندسية للقبة هو فحص وتقييم هيكل القبة والأحمال بالطرق الهندسية لضمان السلامة والكفاءة، هذا يشمل تحديد الأحمال مثل الاحمال الذاتية والأحمال الحية وأحمال الرياح الموجودة على القبة ، ثم تحليل بنية القبة باستخدام المخططات العلمية وفحص المقاطع العرضية والدعامات للقبة، كما يتم حساب الضغوط والتشوهات في القبة تحت أحمال مختلفة لتحسين هيكل القبة أو التصميم الانشائي إذا لزم الأمر لتحسين الكفاءة، لتحديد الشقوق ونقاط الضعف المحتملة واقتراح طرق العلاج .

مخطط (١) خطوات وآليات تحويل الشبكات الهندسيه الاسلاميه للهياكل الفراغيه للقباب إلى نماذج براميتريه إنشائية



شكل (٣) التحليل الانشائي للشبكات الهندسية للقباب

هناك عدد من البرامج المتقدمة التي يمكن استخدامها لتحليل الشبكات الهندسية للقباب :

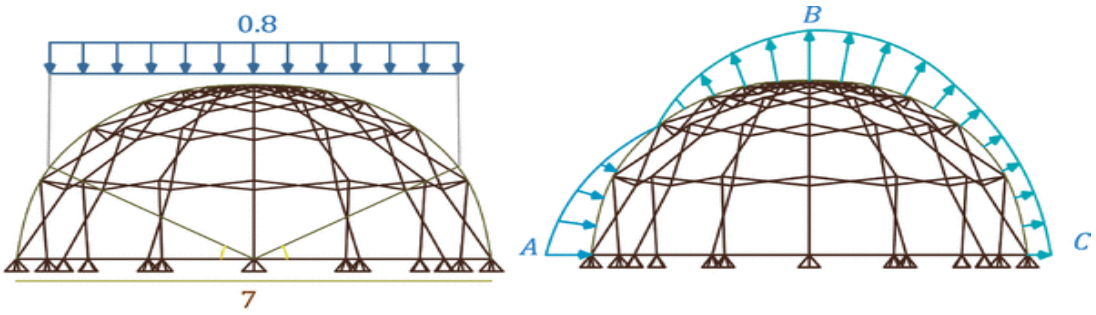
ومن أبرزها: ANSYS - هو برنامج هندسي قوي للغاية يمكن استخدامه لعمل تحليلات عددية معقدة على الهياكل مثل القباب ، وهو يقدم أدوات لتحليل المقاطع الأنبوبية والشبكات الثلاثية الأبعاد.

ABAQUS - يعد برنامج تحليل العناصر المحدودة (FEA) الشهير والقوي الذي يتضمن أدوات متقدمة لتحليل القباب والهياكل الانشائية الشبيهة.

برنامج ADINA - وهو أيضًا برنامج لتحليل العناصر المحدودة FEA متخصص في تحليل الهياكل ثلاثية الأبعاد والنمذجة والرسم.

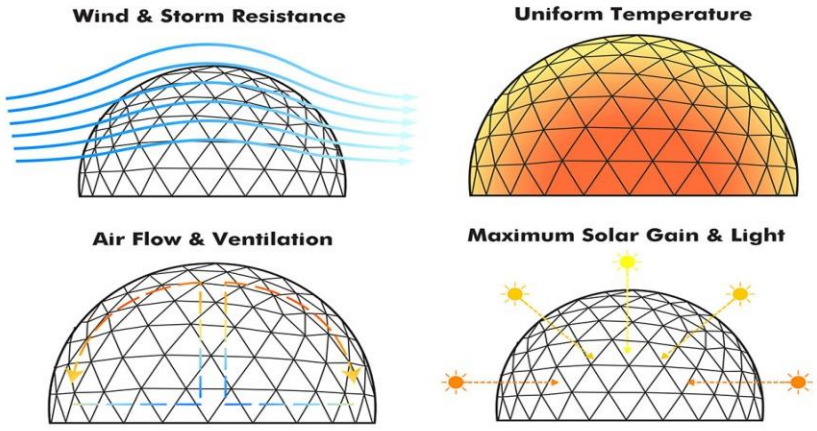
برنامج STAAD - وهو برنامج تصميم متطور صمم خصيصًا لتحليل الهياكل ويتميز بشبكة هندسية قوية لتحليل الأحمال على القباب. هذه البرامج تتيح التحكم في شبكات العناصر المحدودة، والمحاكاة الديناميكية .

٢/٣ إنشاء المعلمات الهيكلية للقباب : لابد من توافر بعض الاعتبارات منها المواد المستخدمة فى انشاء الهيكل الفراغى للقبة (صلب - الومنيوم -....) ، وتصميم الاساس الداعم للقبة كالأعمدة والركائز لبيان مدى الاستقرار وتحملها للأحمال مثل الأحمال الثابتة وحمل الرياح والحمل الحى، ودراسة الابعاد الهندسية للقبة مثل القطر والارتفاع ودراسة التفاصيل الهيكلية الانشائية مثل العناصر الرئيسية والوصلات والمفصلات .



شكل (٤) إنشاء المعلمات الهيكلية للقباب

٣/٣ التحليل الهندسى للقباب : لابد من توافر بعض العمليات التحليلية الهامة والضرورية مثال تحليل أبعاد القبة وتحليل أبعاد الأساسات والدعامات وسمك القبة والتغطيات ومدى ملائمة مواد الإنشاء المستخدمة للضغوط والأحمال وتحليل ميل القبة وفحص ثبات الميل حيث لابد من التأكد من أن القبة لا تتأثر سلبياً تحت تأثير القوى المختلفة، مثل الجانبية وقوة الرياح ، وايضاً تحليل الأحمال والاستقرار والذى يظهر مدى استقرار القبة تحت الأحمال المختلفة ، وتحليل الإجهاد للمادة فلابد من التأكد من أن الضغوط الناتجة في جميع أجزاء القبة لا تتجاوز مقاومة المادة وكذلك الكسب الحراري والضوئي ومدى تأثيره على استمرارية عمل القبة وظيفياً.



شكل (٥) التحليل الهندسى للقباب

٤/٣ التحليل البصرى للقباب : يعتمد التحليل الهندسي البصري للقباب الإسلامية على العديد من العوامل ، أهمها ما يلى:-

أ- الشكل العام للقبة حيث يتم تحليل الشكل العام والمنحنيات والانعكاسات للقبة لتحديد المركز الرئيسي ومركز الثقل الرئيسي والمركز السفلي للقبة.لبيان الاستقرار الشكلي والبصري لها.

ب- **الاركان والأعمدة** والتى تمثل جزءا مهما من التصميم الهندسي للقبة الإسلامية ، وأهمية هذه العناصر في توزيع وزن وأحمال القبة على الجدران يتم تحليل الأعمدة والأركان لتحديد زواياها ومراكزها وتأثيراتها على الهيكل العام للقبة وقبولها البصري والجمالي.

ج- **الزخارف الهندسية:** تحتوي القباب الإسلامية على العديد من الزخارف الهندسية المعقدة والمتشابكة التي تشكل جزءا مهما من التصميم البصري العام للقبة ويتم تحليل الزخارف الهندسية لتحديد الأنماط والتكرار والتناسق والانسجام في التصميم العام للقباب الإسلامية.

شكل (٦) التحليل البصري لعناصر القبة

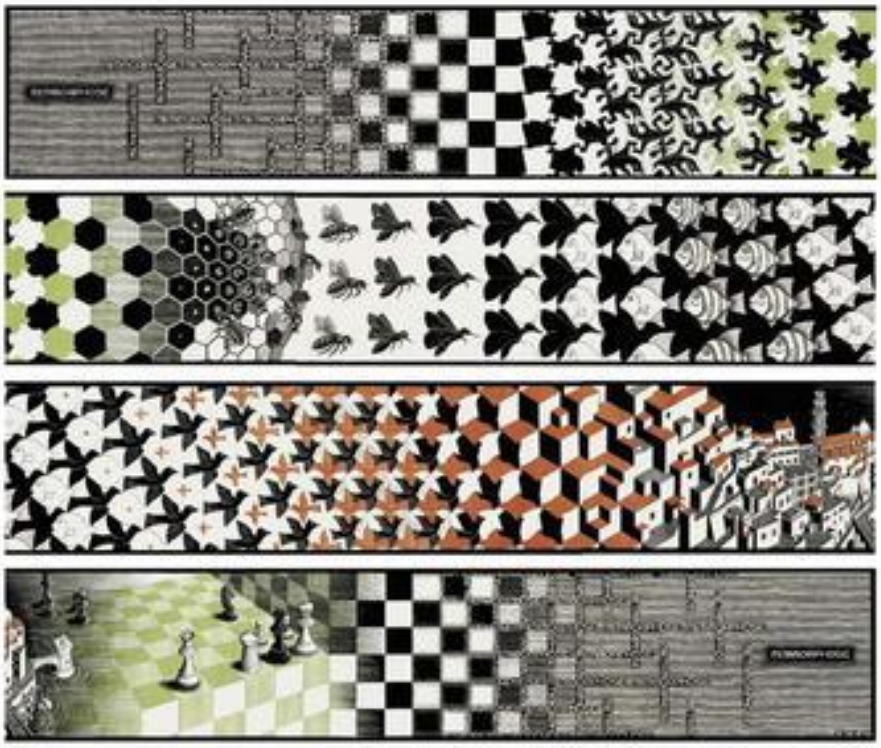
رابعاً/ لغة تصميم الانماط البارامترى والأنماط الإنشائية في القباب الاسلامية:

إن استنتاج لغة تصميم بارامترية للقباب الإسلامية لابد من انشاء المعلمات البارامترية والمتغيرات المحددة مسبقًا لبناء أنماط هندسية معقدة ومتنوعة تلك المعلمات التى تعتمد اساساً على مبادئ الرياضيات والهندسة والتى تمكن من انشاء عدد حصرى لا نهائى من التصميمات المعقدة النادرة باستخدام مجموعة من المتغيرات والقيود الهندسية، يتم إنشاء التصميم بتفاصيله الدقيقة والمعقدة بما في ذلك ميزات مثل طول القوس وزاوية الانحناء والأبعاد والنسب .بعد ذلك ، يتم استخدام المعلمات لإنشاء النمط النهائي من خلال نشر مجموعة محددة من المبادئ الهندسية والارتباطات الرياضية.

يتم النظر لاستخدام اللغة البارامترية في إنشاء القباب الإسلامية على أنها آلية مهمة لتسهيل توليد مجموعة من الاختلافات المبتكرة والمميزة في التصميم، تم إثبات فعالية هذه الأداة متعددة الوظائف في تسهيل إنشاء تصميمات جديدة بسهولة ولتحقيق التوازن المثالي بين التناظر والنسبة والتكرار في مجال التصميم الشكلي لها مما يمكن من تعديل التصميم الشكلي وتعديل المعلمات لتتوافق مع الظروف البيئية والمتطلبات الوظيفية والتفضيلات الجمالية ، من خلال استخدام لغات البارامترية ، يمتلك المصمم القدرة على بذل الجهد والكفاءة في تحقيق التنوع والتعقيد المرتبط بتصميم القبة الإسلامية .تمكن القدرات المعرفية والحدود اللانهائية للفلسفة الاسلامية من الانخراط في استكشاف مكثف لمختلف التكوينات والأشكال اللانهائية.

اتجه بعض الفنانين والمصممين المستشرقين في أعمالهم الفنية المستوحاة من الزخرفة الإسلامية إلى استخدام بعض السمات والخصائص المميزة لتلك الزخارف في محاولة لتطبيق الفكر الإسلامي والتأثر بخصائصه في أعمالهم الفنية؛ كاستخدام أسلوبي المديول والتوالد كخصائص مميزة للتصميم البارامتري من خلال اتخاذ عنصر زخرفي كوحدة قياس توضع في أنماط تكرارية مختلفة ومتشابكة، وما ينتج عنها من استنتاج أشكال وعناصر زخرفية جديدة تنبثق وتتولد من هذا التشابك التكراري مكونة بذلك النظام التوالدي، الذي يعتمد عليه الفن الإسلامي في عمل تصميماته الزخرفية، وقد أوجد هذا التوافق تقاربا فكرياً قوياً بين الفن الإسلامي والفكر البارامتري.

ويتضح ذلك في أعمال بعض الفنانين المستشرقين، ويعد المعماري الهولندي إيشرEscher (*)من أكثر هؤلاء الفنانين الغربيين المتأثرين بالفن الإسلامي ومن أهم من قام بتطبيق هذا الفكر البارامتري في أعماله الفنية من خلال استخدام أسلوب ما يمكن أن نطلق عليه مديولاً شبكيا ، كان متبعاً كذلك في الفن الإسلامي، حيث يتخذ الشبكية الهندسية كوحدة قياس تكرارية تتكون منها العناصر التصميمية ، فكان أسلوبه أشبه بالفسيفساء المعتمد علي الشبكية الهندسية التي يبني عليها التصميم كوسيلة لخلق التبادل بين الشكل والأرضية ، مما أتاح له إمكانية تغيير شكل هذه الشبكية في أسلوب تدريجي، والذي أدي بالتبعية لتغيير أشكال عناصر التصميم في أسلوب تحولي مرن ودقيق مكوناً بذلك المديول الشبكي التحولي الذي يؤول إليه الفكر البارامتري. فقد كانت أنظمة إيشر الشبكية قائمة على الرباعيات والمثلثات متساوية الأضلاع، بحيث يتم تقسيم كمتوازي متماثلة ؛ وغير متطابقة مضلعات إلى الشبكية تلك الأضلاع والمعين والمربع والمستطيل. ويمكن تقديم بعض من أعماله الخاصة بأسلوب التحول الذي أوضح من خلاله كيفية تطبيق الفكر البارامتري قبل ظهوره، ومن الامثلة جزء من لوحة»«Metamorphosis II(*) إذ تعرض فكرة التحول في شكل بانوراما، وتم تقسيمها لتوضيح عناصر التصميم وتدرج تحويلها.



شكل (٧) فكرة التحول في شكل بانوراما

- تحليل الوحدات الإسلامية الزخرفية باستخدام الأسلوب البارامتري

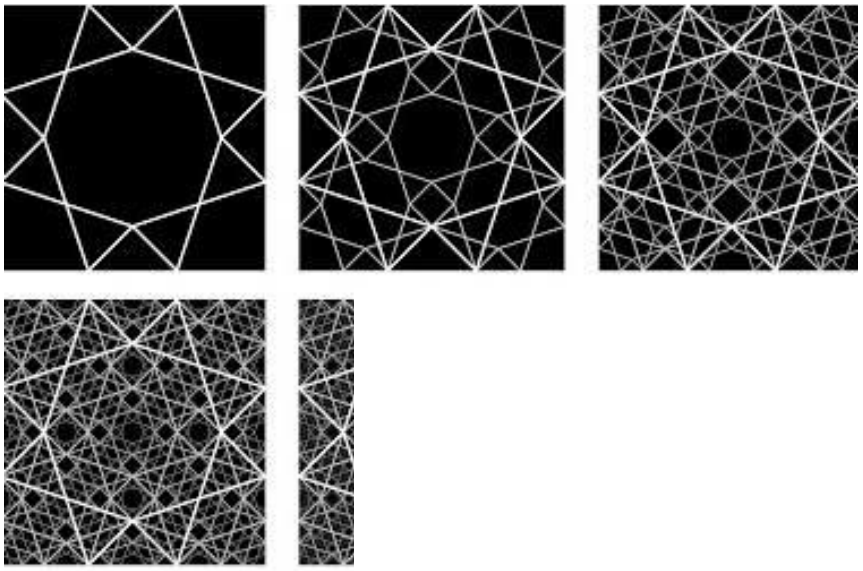
تعتمد هذه المرحلة على استخدام الأسلوب البارامتري في تحليل بنائية الأشكال الزخرفية الإسلامية هندسياً للتوصل إلى المعادلة الرياضية للبنائية الزخرفية، عن طريق البحث عن متغير داخل بنائية الوحدة الأساسية الزخرفية التي يقوم عليها الفن الإسلامي في إنشاء تصميماته المختلفة، والذي يمكن التحكم من خلال هذا المتغير في بنائيات تلك الوحدات، ويمكن الوصول إلى ذلك المتغير عن طريق تحليل هذه الوحدة الأساسية إلى شبكيتها الهندسية الأولية وصولاً للجزء الغير متماثل مع غيره، أي الجزء المتغير والذي يمكن أن نطلق عليه جزءا بارامترياً، ويتم تحليل تلك الوحدة الأساسية من **خلال عدة خطوات وهي:**

١/عمل إطار هندسي مضلع للوحدة الأساسية.

٢/تقسيم الإطار المضلع ومحتوى الوحدة الأساسية المكون من وحدات هندسية متكررة إلى مثلثات بعدد أضلاع المضلع .

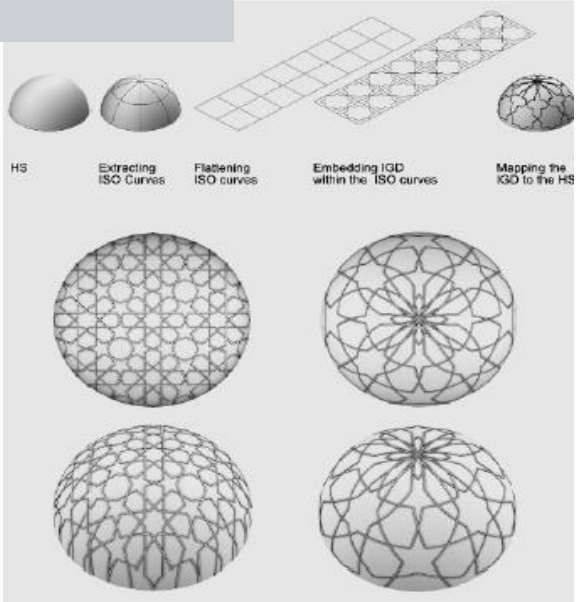
٣/ يتم اختيار أحد مثلثات المضلع، وتوضع نقطة على زاوية رأس الوحدة الأساسية، وتوصيلها بمركز المضلع لعمل خط ينصف مثلث المضلع، فينقسم إلى مثلثين متماثلين يحتوي كل منهما على جزء تكراري من الوحدةالأساسية مماثل للجزء الآخر.

٤/بعزل الجزء المتكون عن الوحدة الأساسية، إذ أنه أصغر وحدة تكرارية داخل الوحدة الأساسية، يتكون بذلك ما نطلق عليه (الجزء البارامتري للوحدة الأساسية التكرارية). (دعاء خالد حاتم واخرون: ٢٠٢٠)



شكل (٨) يبين مراحل الجزء الأول المكون للشكل الزخرفي لقبة متحف اللوفر باستخدام التقنية البارامترية

يعتمد اختيار طريقة لاشتقاق الهندسة ثلاثية الأبعاد على مشكلة التصميم. على سبيل المثال ، إذا كان الهدف هو تصميم قبة ، فإن رسم خرائط المنحنى سيحقق نتيجة مناسبة ، العملية الحسابية لاشتقاق تصميمات هندسية إسلامية غير مسطحة. تبدأ العملية باختيار تصميم هندسي إسلامي معين ليتم تمريره إلى طريقة ترحيل محددة واستنباط ناتج. هناك مجموعتان من المعلمات للعمل معها في هذا التدفق: معلمات التصميم التوليدي ومعلمات طريقة الترحيل.

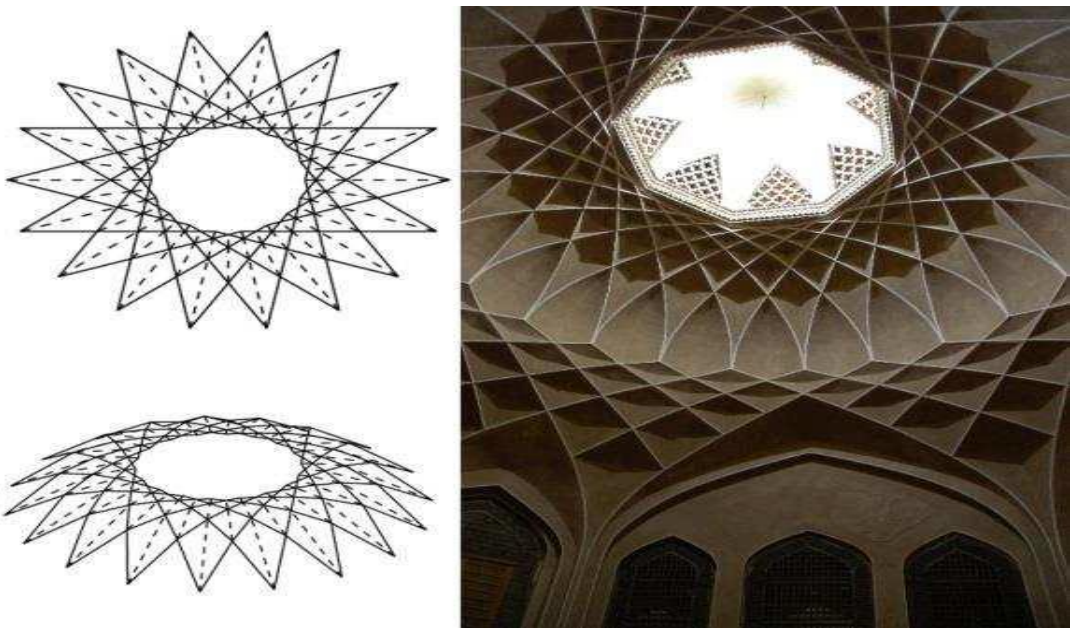


شكل (٩) طريقة رسم المنحنيات على نظام HS

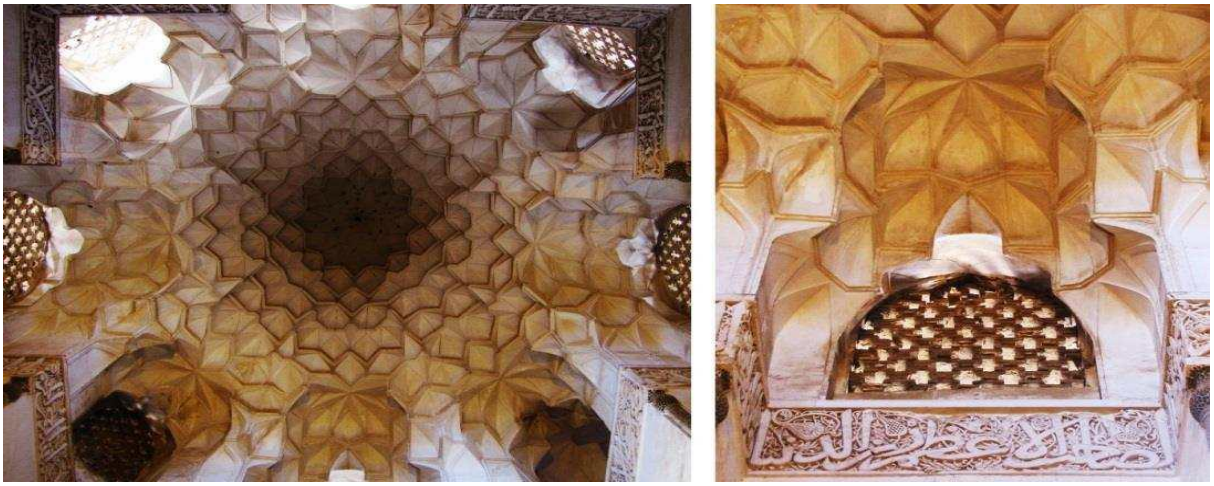
يتم تطبيق طريقة رسم المنحنيات على نظام HS شبيه بالقبة. / أعلى: يوضح عملية فتح السطح المكافئ، وإدخال التصميم المطلوب داخله ، وإعادة تعيين التصميم إلى نصف الكرة./ أسفل اليسار: عرض المنظور التغير الذي يحدث عند الحافة السفلية للنظام المنسق عند استخدام طريقة عرض المنحنى./ أسفل اليمين: استخدام Curves Mapping لملاءمة التصميم في نصف الكرة.

معلمات التصميمات الهندسية الإسلامية تبين نوع التناظر وعدد النقاط وإحداثيات النقاط وتقاطعات الخطوط المتعددة ، وكلها يمكن أن تستكشف مساحة التصميم الكامنة لتصميمات هندسية إسلامية ثنائية الأبعاد. تختلف معلمات طريقة الترحيل بناءً على الطريقة المستخدمة. فمثلاً ، المعلمات في Euclidean Point Extrusion هي إحداثيات Z للنقاط وشكل وصلات النقاط. ومع ذلك ، فإن المعلمات الموجودة في Curve Projection and Curve Mapping تعتمد بشكل أساسي على شكل النظام المنسق. عند الجمع بينهما ، تسمح مجموعتا المعلمات باستكشاف مساحة التصميم الهندسية الإسلامية على سطح غير مستوٍ. (MOSTAFA ALANI, SEMA ALAAM: 2022)

فى العمارة الاسلامية الايرانية تم استخدام تقنيات هندسة القبة وتتكون الفنون الإسلامية من عدة أجزاء ويمكن ملاحظتها في أعمال مثل التبليط وأعمال الجبس وغيرها وكذلك في قوالب النوافذ والأبواب الخشبية. وللأنماط الهندسية كجزء من الفنون الإسلامية لها أساس بارامترى ، في تصميم المباني التقليدية في إيران ، نجد العديد من الأمثلة على استخدام الهندسة الشكلية كمولد للهندسة المعمارية ، في كل من العناصر الهيكلية والأشكال والأنماط الزخرفية.(Ahad Nejad Ebrahimi: 2014)



شكل (١٠) تحليل النموذج المتكرر لقبة راسمي في حديقة دولت آباد ، يزد ، إيران ،



شكل (١١) مسجد نطنز جامع ، نطنز ، إيران ، جص معياري مقرنص

خامساً/ تطبيق لغة تصميم الانماط البارامترى والأنماط الإنشائية في ابتكار قباب إسلامية مستحدثة :

تم اتباع مرحلتين لعملية التطبيق وهي مرحلة التحليل الهندسي والبصري للقباب ثم مرحلة بناء التصميم البارامتري للقبة بالاستفادة من عناصر العمارة الاسلامية وذلك على النحو التالي:

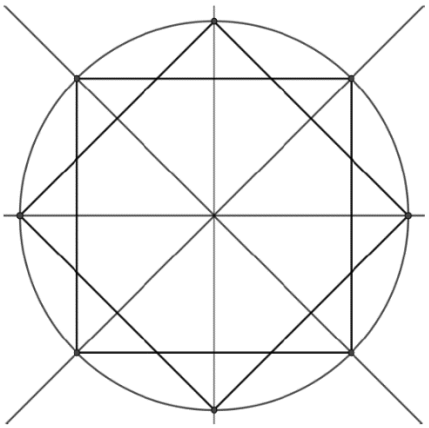
١/٥ مرحلة التحليل الهندسي والبصري للقباب:-

- التحليل الانشائي للشبكة الهندسية للقبة.
- إنشاء المعلمات الهيكلية للقباب.
- التحليل الهندسى للقباب.
- التحليل البصرى للقباب.

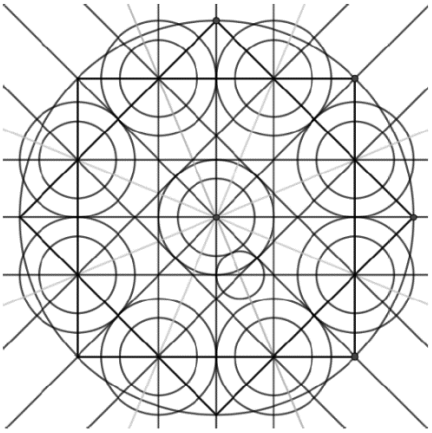
٢/٥ مرحلة بناء التصميم البارامتري للقبة بالاستفادة من عناصر العمارة الاسلامية :-

- اختيار النمط للشبكة الهندسية الاسلامية.
- إنشاء المعلمات والبارمترات الهيكلية للقباب.
- تحليل الوحدة الأساسية من خلال عدة خطوات للوصول للنمط الاساسي.
- البناء الهيكلي للقبة باستخدام المعلمات البارامترية النهائية.

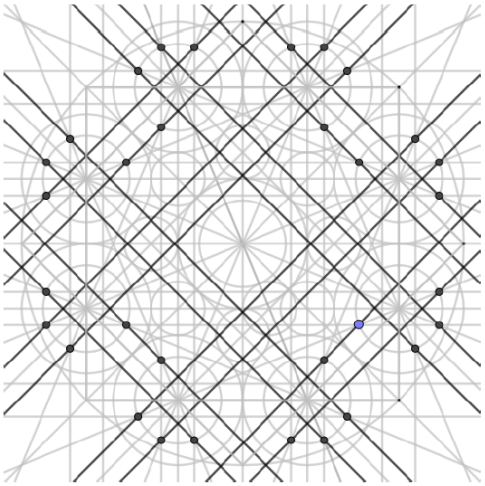
وتوضح الاشكال التالية محاولات تصميمية باتباع المراحل السابقة مما يؤكد أن التحليل الرقمي للقباب في العمارة الإسلامية ساهم في ابتكار منشأت قباب معدنية خارجة عن المألوف بسمات اسلامية وبنظم بارمتريه تعطي تفرد وجمع بين العمارة الإسلامية والحداثة:-



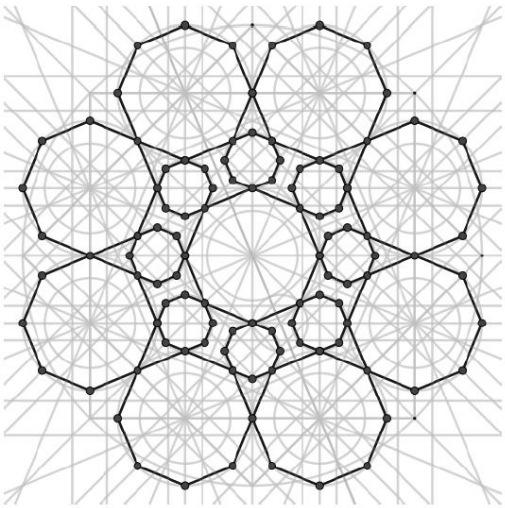
١



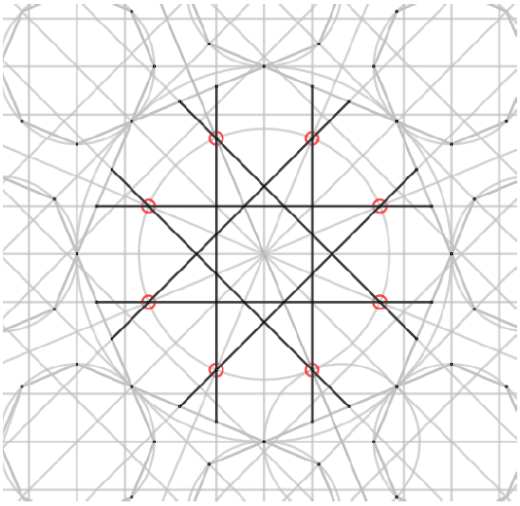
٢



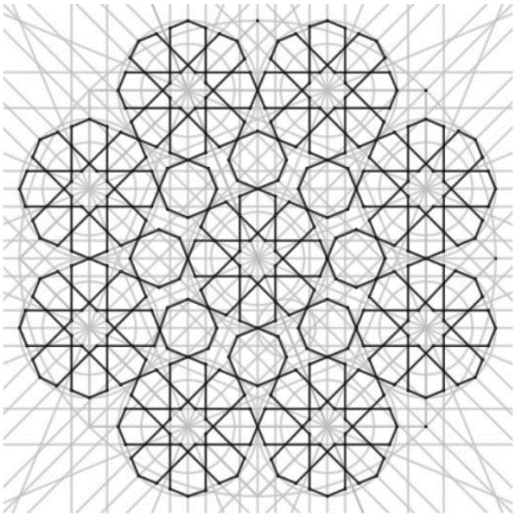
٣



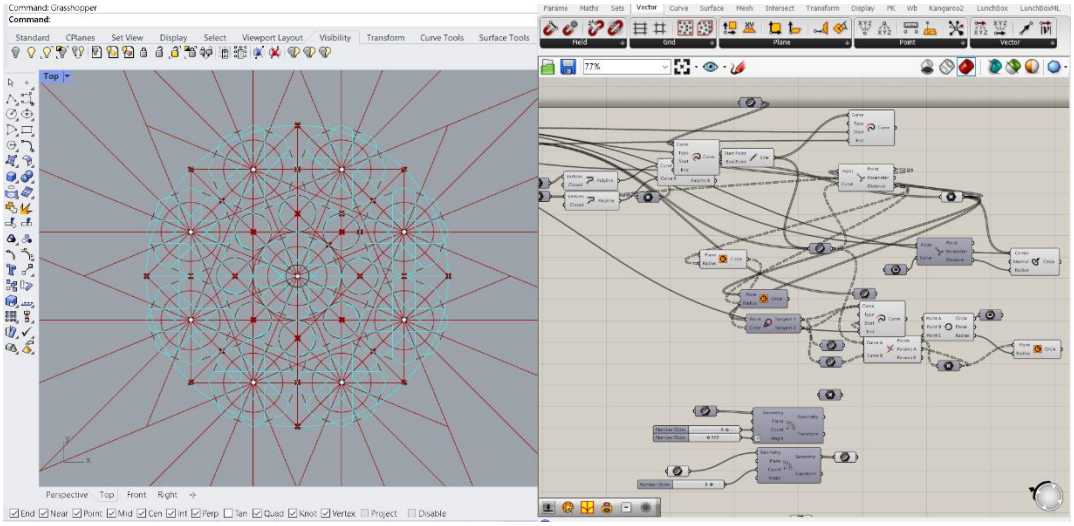
٤



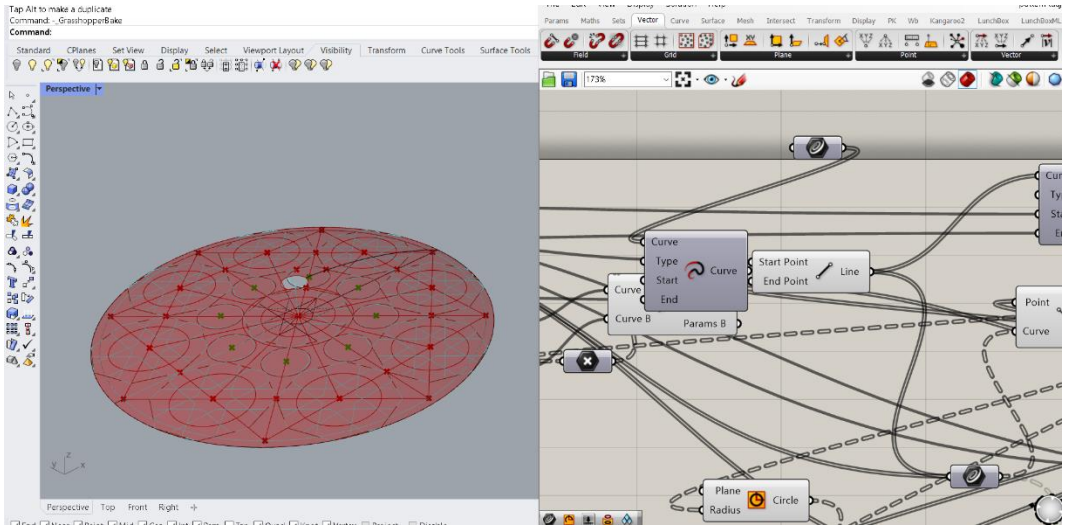
٥



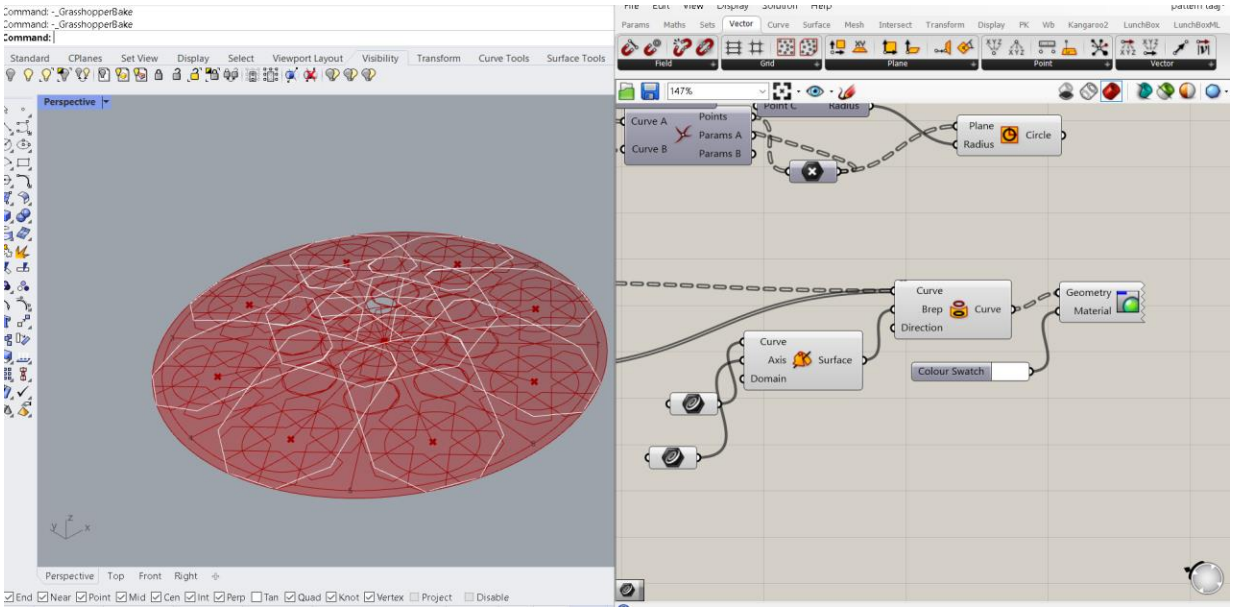
٦



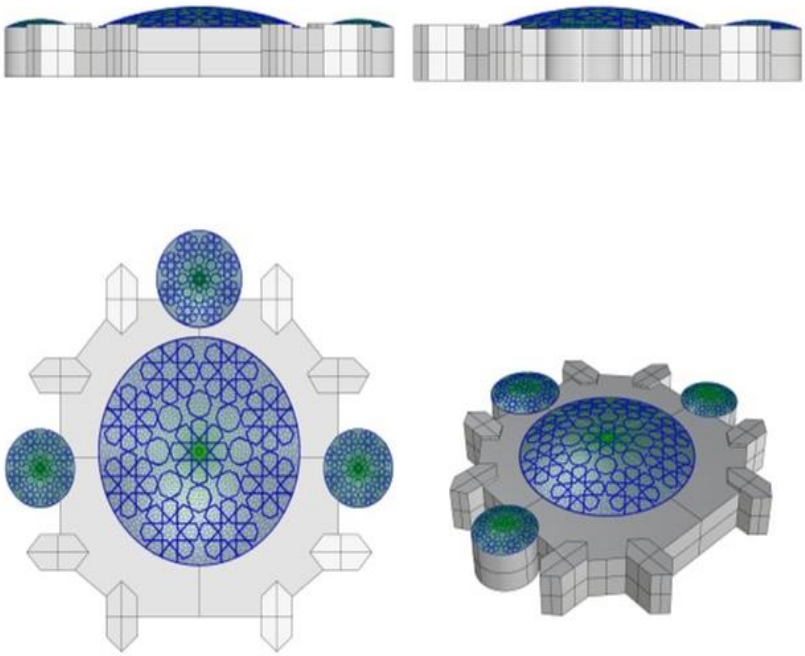
شكل توضيحي لمرحله من مراحل استنتاج الوحده بعد تحليلها (عمل الدارسه)



شكل توضيحي لمرحلة إسقاط الوحدة المستنتجة على السطح (عمل الدارسة)



شكل توضيحي للوحدة بعد إسقاطها على القبة



شكل يوضح المراحل التصميمية و التصميمات المقترحة من عمل الدارسة

نتائج البحث :

1. أن التحليل الرقمي للقباب في العمارة الإسلامية ساهم في ابتكار منشأت معدنية خارجة عن المألوف واستحداث نظم بارمتريه تعطي تفرد وجمع بين العمارة الإسلامية والحداثة
2. يعد التحليل الرقمي للقباب في العمارة الإسلامية هو إمكانية صياغة مجموعة المتغيرات في الوظائف القائمة علي قواعد هندسة الشكل للقبة حيث يعمل هذا الأسلوب علي إستخدام المعادلات لإحداث تغيير في الشكل التصميمي ، فيقود ذلك إلي توليد مجال من الإحتمالات مما يفيد بشكل خاص في التحكم المنتظم في العلاقات الشكلية السطحية . كما يمكن أن يتولد كنتيجة لذلك عائلة من الاشكال المتنوعة للقباب من خصائص شكل قبة أولي واحد لكنها تتنوع في أبعادها أو أشكالها.
3. عملية التحليل الرقمي للقباب في العمارة الإسلامية يمكن أن ينتج من خلالها إبداعات فنية كثيرة. كما يمكن التطوير والابتكار في التصميمات الهندسية والخروج بنتائج جديدة مع الحفاظ على هوية الفن الإسلامي دون ان يتحول التجديد أو الابتكار إلى اتجاه آخر خارج سمات هذا الفن، حيث تكون النتائج قائمة بالاعتماد على نفس الخطوط الأصلية مع التنوع والانطلاق في الخطوط التصميمية الناتجة عنها.
4. يعتمد النموذج البارامتري في مفهومه على التغيير في مدخلات القيم الحسابية في البرامج لإنتاج الشكل بواسطة المعادلات اللوغاريتمية، هذه التغييرات تنعكس على الشكل النهائي الناتج، وتتعلق المدخلات باختلاف المتغيرات الحقيقية حيث يمكن استخدام النموذج البارامترى لإنتاج الشكل وتصميم الهيكل الانشائي، ويمكن أن تحدد المحددات أو المدخلات حجم العناصر الإنشائية, والطول ونوع المنشأ والارتفاع وقيود الموقع وما الى ذلك.

5. طور الفنانون الإسلاميون أنماطًا هندسية إلى درجة من التعقيد والرقي لم تكن معروفة من قبل، وخاصة في هندسة القباب وبالتالي فإنه في الوقت الحاضر يمكن أن يولد هذا التراث إمكانات عالية جدًا لإعادة انتاج الأنماط الإسلامية للقباب رقميًا وبارامترياً وذلك لإنتاج أنماط إسلامية متطورة تحافظ على نفس مفهوم الأنماط الاصلية ولكن في منظور معاصر وحديث .
6. إن تطبيق لغة تصميم الانماط البارامترى والأنماط الإنشائية في تصميم القباب الاسلامية الحديثة يتم من خلال اتباع مرحلتين لعملية التطبيق وهي مرحلة التحليل الهندسي والبصري للقباب ثم مرحلة بناء التصميم البارامتري للقبة بالاستفادة من عناصر العمارة الاسلامية.

مراجع البحث :

أولا : المراجع العربيه

1. محمد عبد الكريم على ، سحر مرسي محمد، ،أحمد حليم حسين ، تقييم العلاقة بين الشكل والهيكل الإنشائي في العمارة الرقمية، Engineering Research Journal 168 (Decamber2020) AA1- AA12

- Muhammad Abd Alkarim Ali , Sahar Mursi Muhammad, ,'Ahmad Halim Husain , Evaluating the relationship between form and structural structure in digital architecture , Engineering Research Journal 168 (Decamber2020) AA1- AA12

2. دعاء خالد حاتم ، ضياء الدين عبد الدايم ، نسرين يوسف ، هند سعيد ، التصميم البارامترى كأحد الحلول التصميمية المعاصرة للزخرفة الاسلامية ، International Design Journal, Volume 10, Issue 2 , 2020

- Duea' Khaled Hatim , Dia' Eldin eabd aldaaym , Nasrin Yusef , Hind Saeid , Altasmim albaramtaraa ka'ahad alhulul altasmimiat almueasirat lilzakhrafat alaslamia, International Design Journal, Volume 10, Issue 2 , 2020

-

ثانيا: المراجع الأجنبيه :

3. Minou Gharehbaglou, Parametric Design pattern Language and ,Ahad Nejad Ebrahimi Geometric Patterns in Historical Domes in Persian Architecture, Ciência e Técnica Vitivinícola , vol.29 , n7 ,2014
4. Akmal H. Abdelrahman, Modern art Styles and Digital Technology in Developing contemporary Islamic Murals, International Design Journal, Volume 5, Issue 4, pp 1393-1401,2017.
5. Luka Gradišar, Robert Klinc, Žiga Turk and Matevž Dolenc, Generative Design Methodology and Framework Exploiting Designer-Algorithm Synergies, Buildings 2022, 12, 2194, MDPI, Basel, Switzerland
6. MAI M. ABDELSALAM, THE USE OF SMART GEOMETRY IN ISLAMIC PATTERNS Case Study: Mamluk Mosques,2011

7. MOSTAFA ALANI, SEMA ALAM, BEYOND FLAT SURFACES PARAMETRIC DERIVATIONS OF HISTORICAL ISLAMIC GEOMETRIC DESIGNS, Architecture and Planning Journal (APJ) - Volume 28 Issue 3 ASCAAD 2022(Architecture in the Age of the Metaverse – Opportunities and Potentials ISSN: 2789-8547

8. Nadyrshine Neil, Nadyrshine Lilia, Khafizov Rafik, Ibragimova Nailia and Mkhitarian Karine, Parametric methods for constructing the Islamic ornament, EDP Sciences. E3S WEB OF CONFERENCES (JAN 2021)

[i] * **وريتس كورنيليس إيشر** (بالهولندية: Maurits Cornelis Escher) (ولد في ١٧ يونيو ١٨٩٨ – ٢٧ مارس ١٩٧٢) هو رسام هولندي يعرف بلوحاته المستوحاة رياضيا مما جعله رائداً في مجال محاولة تمثيل المفارقات الرياضية عن طريق الفن. تظهر في لوحاته العديد من التركيبات المستحيلة ومحاولات استكشاف اللانهاية والعمارة وقضايا التبليط الرياضية.

* هي نقش خشبي للفنان الهولندي M.C. Escher. تم إنشاؤه بين نوفمبر ١٩٣٩ ومارس ١٩٤٠. يبلغ قياس الطباعة ١٩,٢ × ٣٨٩,٥ سم وتم طباعته من ٢٠ قطعة على ٣ أوراق مدمجة (ويكبيديا)

[i]