international DESIGN JOURNAL
Print ISSN 2090-9632
Online ISSN 2090-9640

تحقيق قيم الإبداع في التصميم الداخلي المستلهم من تقنيه الطي

Achieving Creative Values in Interior Design Inspired by Folding Techniques

آية حسن محمد يوسف عفيفي
المدرس بقسم الديكور-عمارة داخلية -كليه الفنون والتصميم -جامعه فاروس -الأسكندرية، aya.hassan@pua.edu.eg

ملخص البحث

العمارة القابلة للطي المستمدة من فن الأوريغامي تستفيد من مبادئ الطي الدقيقة والدقة الهندسية التي تُستخدم في فن الأوريغامي . قالعمارة القابلة للطي استخدمت الكثير من تقنيات الطي التي أثرت فى التصميم الداخلي والاثاث علي نطاق واسع فى السنوات الاخيره للتوصل الى حلول وظيفية وابداعيه في الفراغات الداخلية، فهي تمكننا من تحويل الاشكال ثنائية الابعاد الى ثلاثية الابعاد بالأضافه إلي تحويل مواد لوحيه أو مسطحه إلي مجسمات. فيكون للطي قدره علي تحديد هيكليه الأشكال الهندسيه مما يمكننا من بناء هياكل ابداعية قابلة للتكيف مع الظروف الوظيفية او البيئية للفراغ . وبفضل القدرة على الطي والتعديل، يمكن تعديل التصميمات وتكييفها بسهولة لتلبية متطلبات مختلفة، مما يعزز من مرونة الاستخدام والاستفادة الأمثل من المساحات المتاحة. فتطبيقات العمارة القابلة للطي تمتد من الفضاءات التجارية والسكنية إلى المسارح والمعارض، مما يعزز من الإمكانيات الإبداعية والتشغيلية في التصميم المعماري الحديث. وربما أكثر خاصيه للطي هي أستمرار المكان والسطح والشكل الذي يقوم بعمله مما يؤدي الي مرونه تختلف عن معظم طرق الأستخدام الأخري ومن الممكن أن لا نفهم الطي علي أنه مدخل تمثيلي يقدم علاقه مباشره، ديناميكيه أي مستمره بين عناصر التصميم بل أيضا طريقه توالديه لها قيمه بالنسبه للمصمم. .ومع توسعات تطبيقات تقنية طي لتشمل تشكيل نماذج أكبر حجمًا وأكثر سماكة وقوة. فقد استندت العملية التصميمية إلى هذا النهج لتحقيق قيم الإبداع في التصميم الداخلي المستلهم من تقنية الطي. كما تم التركيز على التعامل مع عناصر التصميم الداخلي بطريقة ديناميكية، مما أتاح حل مشكلات التصميم الداخلي المستوحى من فن الطي من خلال منظور عالمي يتماشى مع مبادئ الفكر المعاصر.

كلمات دالة

العمارة القابلة للطي، الاوريجامي، التصنيع الرقمي، طي الفسيفساء، الطي التكاثري.

Folding Architecture, Origami, Digital Fabrication, Tessellated Floding, Proliferative Floding

Paper received August 28, 2024, accepted on November 7, 2024, Published on line January 1, 2025

المقدمة: Introduction

ظهورعمارة الطى منذ بداية التسعينات بحدود 1992–1993، نتيجه توجه جديد لدى المعماريين التفكيكيين الذي سرعان ما اطلق عليه اسم عمارة الطى Folding Architecture . والطى هى التسمية التى اعطاها ايزنمان Eisenman 1للتقنية الشكلية الأساسية والجديدة التى يوظفها فى توليد التصاميم المعمارية .

ويرى أصحاب هذا التوجه الجديد انه خلال العقدين الأخيرين من القرن العشرين اهتمام المعماريون بشكل رئيسى بانتاج أنظمة شكلية متناقضة متكسرة، متجزأة، متغايرة الخواص والعناصر، كمحاولة منهم لتجسيد الاختلافات الموجودة فى البيئات الاجتماعية والحضارية والمادية فى تضاربات شكلية .(Iwamoto, 2009) متبعين المنهجيه القائمه على سياسيه الاختلاف وابراز التناقضات والبعد عن كل ما هو قديم او مورث ولقد تحول بعد ذلك الى اتجاه عام ومذهب فكرى خاص ودخل هذا المصطلح عالم العماره الحديثه من حيث كون العماره ام الفنون.

كما أن المتغيرات التى جاء بها عصرنا الحالى عصر المعلوماتية والاتصال والمواصلات وعصر الوسائط Media، أدت الى تغيير الكثير من المفاهيم مثل مفهوم الحقيقة، التكرار والأصالة، المكان، والزمان والتى كان بدورها تأثير كبير على العمارة والبيئة الحضرية وساهمت فى احداث هذه التوجهات الجديدة . ولقد اعتمدت العملية التصميمية على هذا النهج والتي تمثلت في تحقيق قيم الفكر الإبداعي للتصميم الداخلي المستمد من تقنية الطي،وكيفية التعامل مع مفردات التصميم الداخلي بشكل ديناميكي بحيث مكن من حل مشكلات التصميم الداخلي المستلهم من فن الطي من خلال منظور عالمي يتفق مع مبادئ الفكر المعاصر.

مشكلة البحث: Statement of the Problem

ظهورالعمارة القابلة للطي وتطبيقها فى العديد من المنشات ادت الى ظهور اشكال غير تقليديه للفراغات الداخليه مما يتطلب دراستها وتحدد سماتها وتاثير فلسفتها وافكارها على تصميم الشكل والفراغ فى العماره الداخليه فالاتجاه الان هو انشاء فراغ جديد يخاطب الاجيال المعاصره فراغ ذو طاقه تعبيريه تحث الشخص العادى على التفاعل معه فراغ يعبر عن الجماليلت الكونيه التى اكتشفتها علوم التعقيد ويطبق معاييرها ولغتها الطبيعيه.

تساؤلات البحث:

هل ينجح هذا الاتجاه فى تكوين لغه واضحه فى التصميم الداخلى وقابله للاستخدام فى كل شئ وفى شتى المجالات؟ هل ينجح فى تحقيق الجوانب الوظيفه المرجوه من التصميم؟

هدف البحث: Research Objectives

تحليل اساليب العمارة المطوية والتعرف على الياتها ومحاولة استنباط بعض المعايير المنهجية منها والتي يمكن تطبيقها على العماره والتصميم الداخلى.وتوضيح لسماتها وفلسفتها على الفراغ الداخلى وتوضيح جماليات هذا الأتجاه وتطبيقاته بالفراغات العامه ثم استخلاص النتائج والتوصات التى ينتهى اليها هذا البحث.

مسلمات البحث:

عماره الطي من الأتجاهات المعماريه الحديثه وتعتبرواحده من اهم التطورات المعاصره فى مجال العماره والتصميم الداخلى.

فرض البحث: Research Hypothesis

يقوم البحث علي استنباط معايير مواكبة للاتجاهات الحديثة في التصميم الداخلي الذي يؤدي الى تقديم حلول وظيفية جديده ومتنوعة تحقق مثالية الاداء مع وجود علاقه تبادله بين عماره الطي وتشكيل الفراغ الداخلى.

1"بيترايزنمان"معماري أمريكي. يُعتبر من رواد العمارة التفكيكية. من أشهر اعماله نصب الهولوكوست في برلين ومركز وكسنر للفنون في كولومبوس، أوهايو بالولايات المتحدة. تتميز اعماله بشكل عام بأنها تحتاج إلى القراءة عنها قبل مشاهدتها، وصعوبة الفهم لعامة الناس.

CITATION Aya Yusuf (2025), Achieving Creative Values in Interior Design Inspired by Folding Techniques, International Design Journal, Vol. 15 No. 1, (January 2025) pp 469-479

منهج البحث: Research Methodology

يتبع البحث المنهج الوصفي التحليلي للوصول الى هدف البحث، بتحديد مكونات البحث فى الدراسة النظرية لمفهوم العمارة القابلة للطي ثم استنباط معايير جديدة للتصميم الحيزات والفرغات بأستخدام العماره الداخليه القابلة للطي ثم تطبيق تلك المعايير على عدد من الدرسات وصفية عن طريق أمثلة.

حدود البحث: Research Limits

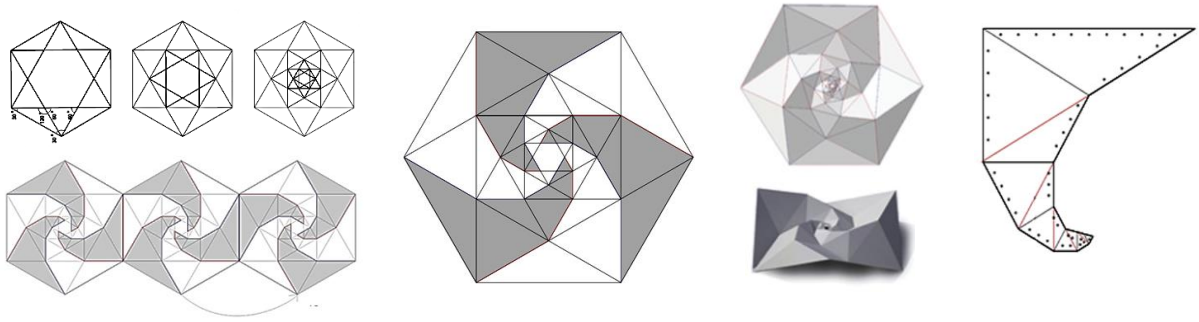
يشتمل البحث علي دراسة الطرق التصميمية الحديثة إلي جانب تكامل التصميمات مع العناصر والخامات المكملة في التصميم الداخلي للفرغات الداخليه لعماره الطي.

الإطار النظري: Theoretical Framework

1- مفهوم الطى Folding فى العمارة :

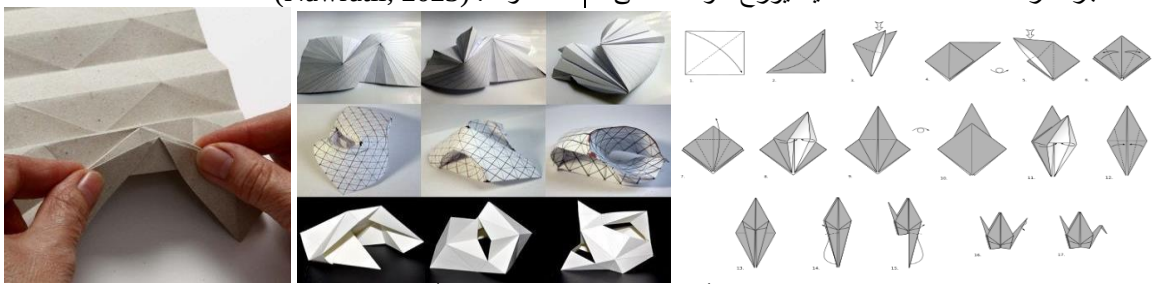
في العمارة يعبر مفهوم الطي عن تقنية من تقنيات فن الأوريجامي وهو عبارة عن عملية ثني طبقة فوق طبقة أخرى، فالأوريجامي هو(فن طي الورق)، واللفظ مشتق من اليابانية حيث يستعمل هذا الفن تقنيات عديدة لطي الأوراق، مما ينتج عنه أشكال وتصميمات مختلفة، بدأ من الأشكال المسطحة مرورا بالأشكال الفراغية المجسمة وإنتهاءاً بالأشكال المعقدة.

وربما تظهر عملية الطي في مضمونها على أنها عملية لتكرار الأشكال لكن نظريا تعتبر عملية ذاتية ولا يتم فيها حذف أو إضافة لأي عناصر أخرى مكونة للشكل كما أنها تعتبر عملية دقيقة تعبر عن الانتقال من بُعد إلى أخر أو من مسطح ثنائي الأبعاد إلى ثلاثي الأبعاد. وهي ليست مجرد حركة معمارية أو طراز وهى مسمى ظهر فى الأفق أو ظاهرة معماريه ترجع الي التطورات الحديثة فى الفن والعمارة فى فى العصر الجارى. ويتم من خلالها استخدام الكتل المائلة والمستويات المتداخلة والأشكال التجريدية. فهي نتيجة للوصول إلي نمط هندسي متكرر من الممكن أن يوصف بالخوارزميات (النظريات) في دراسة الأسطح الهندسة، ويتم التحكم بها وتعديلها من خلال Control Points، يتحكم في درجة انحناء أو الأنكسار أو الأنضغاط، يتحكم في توزيع وكثافة النقاط علي الخط مما يزيد انحنائه او أنكساره، هكذا فينتج عنها أشكال متغيرة متماسكة.



شكل (1) يوضح نموذج لشكل سداسي موضح به مراحل الطي للوحده وتكرار النمط

يعتبر الطى الوسيلة التقنية التى يستعملها بعض المعماريون لترجمة هذه المفاهيم المتغيرة ولإنتاج حالات من التفرد للمكان والزمان. فالطى هو فن لرؤية شئ غير مرئى، شئ ما ليس موجودا الأن، لأن الخطوط غير المنتظمة والمستويات الملتوية الناتجة من عملية الطى والتى تثنى السطح لا تترجم فضاءاً شفافاً وإنما ترينا فضاءً مترابطاً يبدو وكأنه ينساب ويسيل على ما يجاوره، وبذلك يعطى إمكانيات لقراءات جديدة ولذلك فالاقحام القسرى للوحدات لا يعرف الفضاءات كمجرد فراغات ممتلئة فخط الطية يوزع الوحدات فى استمرارية غير متماسة بحيث تصبح كل وحدة متميزة متفردة،أي بها مبالغة في التشكيلات الغريبة والتي تؤدي إلي عدم القدرة علي التعرف علي هوية التصميم وصعوبة التعرف علي العلاقات الانشائية التي تحكم التكوين والتصميم . الذي قد يتجه الى التعقيد والتجزئه في الكتلة بجانب التلاعب في الأسطح الخارجية او الغلاف الخارجي للشكل . مما يحول السطح الي إشكال يصعب تمييزها ويعطي إحساس أن العناصر المعمارية للكتل خارجة عن شكلها المألوف. (Nawratil, 2023)



شكل (2) يوضح عمليه ومفهوم الطي المعبرعن فن الأوريجامي وإنتاج العديد من الأشكال الهندسية المتداخلة عن طريق فن طي الورق.

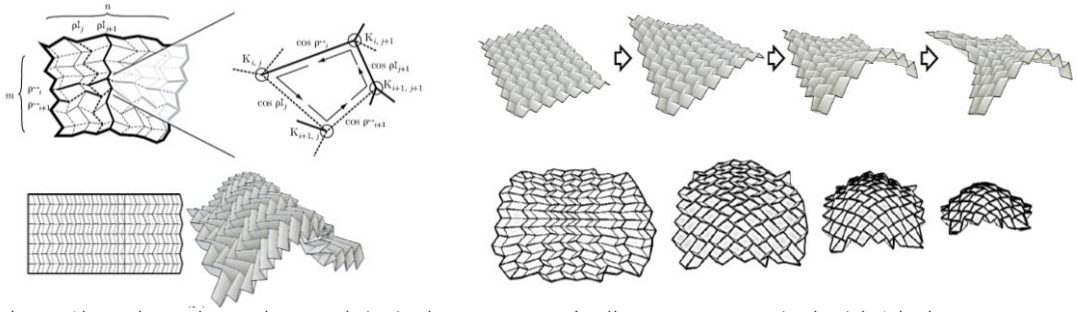
2- خصائص عماره الطي:

وبظهور تكنولوجيا الكمبيوتر والقدرة الصناعية الهائلة الموجودة الأن التي أدت الى ظهور أى تصميم بغض النظر عن مدى تعقيده نجد أن تقنية الطي تندرج تحت مصطلح التصنيع الرقمي Digital Fabricationوهي عملية متكاملة لإنتاج المجسمات وذلك عن طريق تحويل التصاميم ثلاثية الأبعاد إلى بيانات رقمية تحتوي على الأوامر والاحداثيات التي تفهمها الآلات كتقنيات التشكيل والتقسيم والتحديد والطي، وقد تم إنتاج تشكيلات متعددة منها، واستعان المصممون بهذا الأسلوب في إنتاج تصميمات منفردة وغير تقليدية يصعب تكرارها أو تنفيذها بدون معاونة الحاسب الذي أتاح للمصممين مجلاً واسعاً في تغير أوضاع وتشكيلات الكتل وثنياتها مع إستخدام الإنكسارات المتعددة بالكتلة في إبراز التصميم بديناميكيه بدون مركزيه أو محوريه مع أستخدام الخطوط المعقدة والزوايا الحادة المتداخلة.

(Yoshizawa–Randlett system, 2024)

فالطي هو مفهوم نظري في العماره وتكتيك شكلي وعمليه ماديه بشكل أكثر حرفيه ولقد ناقش GregLynnعام 1933 أن "لو كان هناك تأثير واحد ينتج عن عماره الطي، فسيكون القدره علي دمج العناصر الغير مرتبطه داخل خليط مستمر جديد" وخلال الـ15 عام الماضيه تقريبا، أحتضن المعماريون تقنيه الطي وصنعوا تدريجيا أسطح ومساحات وأشكال متصله.

This is an Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium,provided the original work is properly cited.



شكل (3) يوضح نموذج لعملية الطي لسطح هندسي بتكرار للشكل حيث يوضح الخطوط المعقدة والزوايا الحادة المتداخلة، يتم التحكم بها وتعديلها من خلال Control Points، يتحكم في درجة انحناء أو الأنكسار تبعا للخوارزميات الخاصه بدراسه السطح

3- مصادر الأستلهام لعمارة الطى :

تكمن مصادر هذه العمارة فى مجموعة من المؤثرات والعوامل منها:

أ- المورفولوجيا والاستعانة بالرياضيات :

النظريات المستندة على الرياضيات :

نظرية التحول الشكلى ل دارسى تومبسون Thompson

نظرية الاخفاق التام ل رينيه توم Rene Thom .

ب- مفهوم الطى للديليوز (فلسفة تقوم علي لعب التمايز الإبداعي).

ج- الهندسة غير المظبوطة (اللاإقليدية).

4- مبادئ عماره الطي:

4-1- الخروج عن المألوف:

يعتبرمن أهم المبادئ والأساس لأي عملية إبداع فنيه، فنرى أن المعماريين والمصممين في هذا الإتجاه تحرروا من جميع القيود ووضعوا حلولاً أتسمت بالطلاقة الإبداعية لتكون حلول مبدعه ومبتكرة.

4-2- هدم كل أسس الهندسة الاقليدسية:

يعتبر ذلك أيضاً من أهم مبادئ هذا الإتجاه، فهذا الفكر بعد كل البعد عن الأفقية والرأسية والزوايا المتعارف عليها في التصميم (30،45،60،90)، فهو إتجاه يعتمد على تفكيك أجزاء التصميم وإعطاؤه صورة ديناميكية تتحدى الجاذبية الأرضية عن طريق وضع الكتل في البعد الثالث بزوايا وميول غير مستقرة تعطى التصميم إحساسا دائما بالحركة والديناميكية.

4-3-البعد عن التماثل:

بسبب استخدام الكتل الغيرتقليدية فهذا الاتجاه يبعد تماماً عن التماثل والاتساق،فعدم التماثل في حد ذاته من سمات الإبداع لأنه يفرض على المصمم وضع حلول مختلفة لتحقيق التوازن البصري دون الحاجة للتماثل.

4-4- الاستخدام الأمثل لتكنولوجيا التصنيع الرقمي:

حيث يستخدم الحاسب الآلي في عمل الإفراد لكثير من الكتل المستخدمة كما يستخدم هنا الحاسب كوسيلة تصميم وليس للرسم فقط، وأيضاً استغلال التكنولوجيا في كيفيه وضع حلول مبتكره، بالإضافه لدور التكنولوجيا في عملية التنفيذ نفسها وإستخدام أحدث الخامات وتسخيرها لخدمه تصميماته وتنفيذ غرضه في بناء كتله ديناميكية غير مستقره.

5- دور التطور التكنولوجي في أعداد التصميمات لعماره الطي:

أن التكنولوجيا المعاصرة أضافت إمكانيات جديدة للإنسان لم تكن موجودة من قبل مما ضاعف قدرة الإنسان علي الأبداع الفني،وقد ظهرت بعض القيم الجمالية الجديدة المرتبطة بالتكنولوجيا مثل الدقة والأنسيابية والبساطة والأقتصاد وغيرت من بعض القيم الجمالية مثل الأنسجام والتوازن والتناسب وجعلت من الممكن صياغة أعمال فنية تعتمد علي خلق صور جديدة. فأصبح يتم النظر إلي الألة علي أنها أمتداد لليد الأنسانية مثلما النظر للحاسب الألي علي أنه أمتداد للوعي الأنساني.

وتتمكن التكنولوجيا الرقميه من تدويروتنفيذ أنماط الطي المركبه مما يعطي المصمم مجال كبير من الخيارات التصميميه التي تعمل علي ترجمه وتحويل أي مسطح ثنائي البعد إلي شكل ثلاثي الأبعاد. ونجد أن الطي له تاريخ طويل في تصميم مجالات أبداعيه أخري. (lwamoto، 2009)

6- الجوانب الرئيسيه للتقنيات المتقدمة التي تساهم في في تطوير عمارة الطي بطرق مبتكرة وفعالة:

تطورت وتغيرت عملية التفكير من خلال وضع معادلات ومحددات لخلق تصميمات تقوم على اسس هندسية ومفاهيم ذات منطق رياضي مستوحاة من الطبيعة، يتم إدخال هذه المعلومات للحاسب الالي ويقوم بترجمتها ورسمها بسهولة ويقوم المصمم بإختبار المجسم الذي تم تصميمه بإستخدام البرامج وذلك لإكتشاف نقاط الضعف ليعيد معالجتها قبل التنفيذ كما مكن الحاسب الآلي المصمم من بناء المجسمات ليتمكن المصمم من تصورها في الفراغ والتعامل مع المجسمات وخاصة ذات البنية المعقدة التي كان من المستحيل ادراك بنيتها سابقا وتتبع نظامها البنائي. ومن أهم هذه التقنيات :

6-1-البرمجيات وعملية التصميم الرقمية:

ان عملية التصميم الرقمي هى عملية مركبة حيث يتفاعل المصمم مع الحاسب الآلى عن طريق برمجيات حديثه مثل AutoCAD وRhino مع توفر أدوات متقدمة لإنشاء وتعديل نماذج الطي المعقدة. يمكن لهذه البرامج محاكاة وتصور التعديلات بسهولة، مما يساعد المصممين على تجربة أشكال وتصميمات جديدة قبل تنفيذها.

6-2- نمذجة المعلومات للبناء (BIM) :

استخدام تقنيات BIM فهي مجموعة من الأدوات والتقنيات التي تستخدم للتخطيط والتصميم بشكل أكثر كفاءة ودقة. تركز تقنيات BIMعلى توفير نموذج ثلاثي الأبعاد شامل، ويتضمن المعلومات التي تسمح بدمج التصميمات الطي مع الجوانب المختلفة لعمليات التصميم .وهذا يساعد في تقليل الأخطاء والتكاليف الغير متوقعة.

6-3- الطباعة ثلاثية الأبعاد :

الطباعة ثلاثية الأبعاد تتيح تصميم نماذج مادية لتصميمات الأورجامي بشكل أسرع وأكثر دقة ويمكن استخدامها لاختبار الأشكال والوظائف قبل تنفيذها في التصميمات الفعلية.

6-4- تحليل الأداء :

برامج التحليل الهندسي يمكن أن تحلل كيف تتفاعل تصميمات الأورجامي مع القوى المختلفة مثل الوزن والضغط والرياح. هذا يساعد في تحسين الأداء الهيكلي والاستدامة للتصميمات الداخليه والخارجيه.

6-5- التصنيع الرقمي:

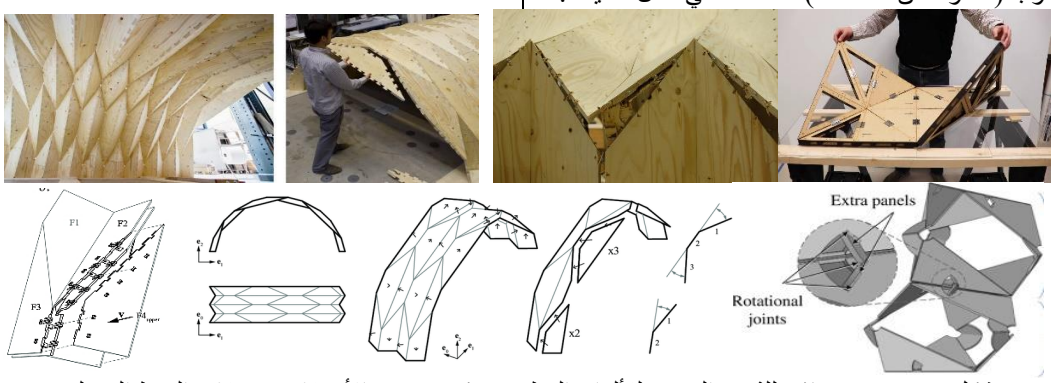
يتم عن طريق مجموعه من التقنيات والعمليات التى تتحكم من خلالها المعلومات الرقميه كعمليات التقطيع بالليزر و CNC (التحكم الرقمي بالحاسوب) والتجميع لتحقيق هيكل او شكل معين وتمكن من تصنيع تصميات النمط الأورجامي بدقة عالية. هذا يعزز القدرة على بناء تصميمات معقدة تعكس التصاميم الرقمية بدقة، فلقد استطاع التصنيع الرقمى احداث ثوره هائله فى مجال العمارة والتصميم الداخلى .

6-6- الأبحاث والابتكار:

الأبحاث الحديثة في مجال علوم المواد والتكنولوجيا توفر إمكانيات جديدة لتطوير المواد التي يمكن أن تكون أكثر مرونة وخفة، مما يسمح بتطبيقات جديدة لتصميمات الأورجامي في العمارة الداخليه.

7-كيف تعمل وتساهم التكنولوجيا في تحسين تصميمات الأورجامي

فقد تم دعم الأمكانيات الغير محدوده للطي كأستراتيجيه لأستخدام الأدوات عن طريق برنامج تصميمي رقمي ويشمل ذلك عدد من البرامج بوظائف محددة في واجهتها والتي تحول الأسطح حره الشكل Free Form Surface إلي ألواح نمطيه غير مطويه UnFloded Patern Sheetsمعده للتصنيع الرقمي وتستخدم البيانات الخاصه بالألواح الغير مطويه مع ماكينات القطع وخاصه قواطع الليزر Laser Cutters رغم أن قواطع البلازما Plasma ونوافير المياه Water Jet تدخل في هذه العمليه أحياناً. وميزه قواطع الليزر هي أنها تثقب الماده اللوحيه بدلا من القطع من خلال سمك وجعل الطيات أسهل في العمل بينما تقوم قواطع أخري بعمل سلسله من الثقوب (خطوط من الفتحات) للمساعده في عمل الطيات.

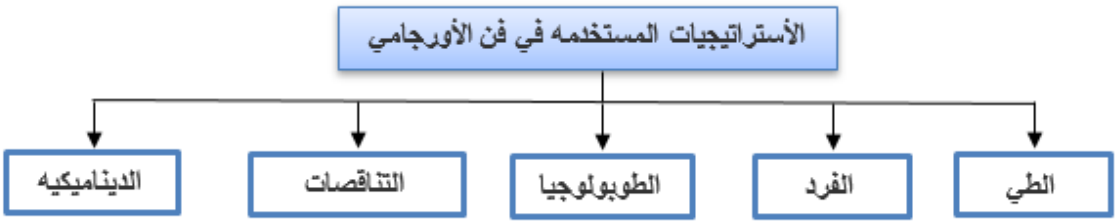


شكل (4) يوضح نماذج للثني والتجعيد للألواح المطويه وفكره تجميع الأضلاع بوصلات الربط المختلفه.

8- استراتيجيات تطبيق فن الأورجامي وتأثيره بعماره الطي والتصنيع الرقمى:

استخدام عمليات التصنيع الرقمى كادوات توالدية وتمثيليه تنطبق على عمل نظم ذكيه للتصميم . وهذه العمليات أثرت في الشكل التصميمي، وتحويل سطح مستو الي مسطح ثلاثي الابعاد عن طريق عمل علاقات بين أشكال هندسية لتكوين السطح سواء كان مسطح منكسرأومنحني مما يخلق علاقات وطرق ربط وتعاشيق جديدة مبتكرة لتراكب هذه الأشكال الهندسية ويكون للطى القدره على تحديد هيكلة الأشكال الهندسية مما يؤدى إلى وجود تطورات تصميمية أكثر. (Robeller, 2015)

فلقد تطور مفهوم السطح في العمارة الداخلية المستمدة من فكر الطي ليصبح السمة الرئيسية في هذا المجال، حيث ارتبطت الأسطح في علم فن الأوريجامي بالتقنيات البيانية والتشكيل الرقمي المستخدم بعماره الطي وتطبيقه في عمليات التصميم الداخلي لتتجسد من خلال تفعيل بعض المبادئ كالاستمرارية والإنحناءات وتكوين الطبقات ويتم ذلك من خلال بعض الأستراتيجيات المستخدمة في فن الأوريجامي مثل: (Robeller, 2015)



شكل (5) يوضح ديجرام للأستراتيجيات المستخدمه في فن الأورجامي لتطبيقها بعماره الطي.

9- السمات والتشكيلات المميزة للتصميمات الناتجه من تقنية الطي في مجال العمارة الداخلية:

تتسم التصميمات المستلهمة من فكر الطي بالقدرة علي التشكيل بشكل يحقق اتزان الأسطح مع أستخدام الخامات مستحدثة لها قابليه للطي حيث يمكن تشكيل أشكال عديدة للتكيف مع الحيز المحيط. ولن يتحقق ذلك الا من خلال بعض العمليات اللازمة للتصميم لإتمام عملية الطي التي تجعل كل تصميم مختلفا تماما عن التصميم المعتاد التقليدي، وهي:

جدول (1)

العمليات التي يتعرض لها الشكل						
الأنحناء	الأنكسار	الأطاله	الأنضغاط	الأنتقال	الدوران	التحول
التحريف	الدمج	التخليص	التكرار	القطع	الحذف	الأضافه

10- أنظمة التصميم المستخدمة في عمارة الطي والتصميم الداخلي:

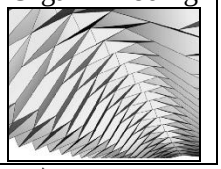
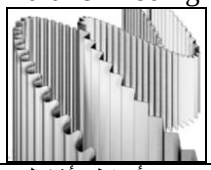
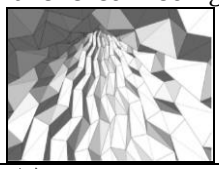
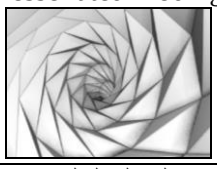
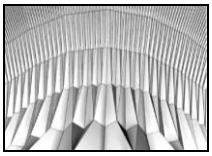
إن مفهوم الطي يعد بمثابة تطور ديناميكي حر يمكن من خلاله استنباط تصميم مبتكر من خلال عده مراحل متتابعة، أهمها تحليل المشاكل الموجودة في الفراغ الداخلي ومن ثم تجميع الأفكار المبتكرة التي من شأنها معالجة تلك المشاكل من خلال استخدام أدوات تقنية الطي من خلال استخدام طرق التصنيع الرقمية التي تساعد على خلق النماذج المركبة للمشروع بالكامل وإمكانية محاكاة الحلول التصميمية بشكل واقعي.

(Paulino, 2017)

ولكل ماكينة وظيفة معينة تصلح لخامة معينة يتم برمجتها مسبقا وإختبار أدائها من خلال برامج الحاسب الآلي من حيث الخامات المستحدثه،التي تتطلب معالجه السطح عن طريق الثني والتجعيد وطرق أخري يكون اللوح ذو طبيعه مرنه وبناء علي ذلك يستخدم ورق سميك Thick Paper ومعدن لوحي Sheet Metal واللدائن(البلاستيك) Plasticرغم أن اللدائن تحتاج لتسخين لتصبح مناسبه لعمليه الطي وهناك بعض الخامات المستحدثه في عماره الطي كالزجاج والألومينيوم والأسمنت الليفي والألياف الزجاجيه وغيرها لتنفيذ التصميمات النتاتجه من عماره الطي. (Evgueni T. Filipov, Yi Zhu , 2024)

This is an Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium,provided the original work is properly cited.

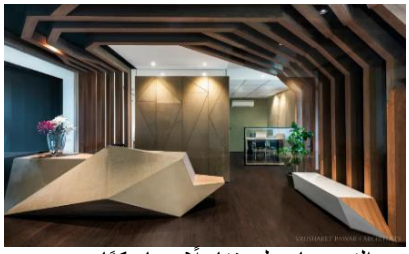
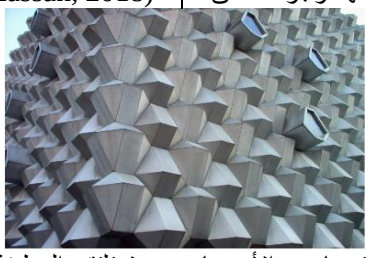
10-1- أنماط طي الأسطح والتصاميم الشرائطيه والمجعده:

أ- طي الأورجامي Orgami Floding	ب- الطي المتوازي Parallel Floding	ج- طي الألواح Paneliezed Floding	د- طي الفسيفساء Tessellated Floding	ج- الطي التكاثري Proliferative Floding
				

شكل (6) يوضح أنماط وأشكال وأستخدمات فكره عماره الطي بالتصميم الداخلي لخلق تجربه جديده بالتصميم.

10-2- الية منطق الشكل المعماري وتوليد الاشكال:

إن الصفة المميزة لمنهجية التصميم المعماري خصوصا في عصر الثورة الرقمية وعصر الكمبيوتر تركزت في ما يسمى بالمنطق التصميمي لترابط الأشكال، فهناك اليات جديدة في توالد وتطور سريع جدا لذلك يمكن ان نطلق على ما يمكن تمييزه وحصره باسم " اليات تأثير الثورة الرقمية على الشكل المعماري " ويمكن اجمالها من خلال مجموعة اليات من أهمها وجود منطق للشكل المعماري وتطوير لغة الشكل من خلال سرعة تكرارر الاشكال الهندسية والتعامل معها وفق معادلات رياضية، مع أتباع الية الشكل يتبع رؤية المعماري فلقد ظهرت دراسات تركز على اهميه اطلاع المهندس المعماري للتنوع البصري الذي حوله في بيئته لإبداع الشكل المناسب وأن يجمع بين المعالجات البيئية والانشائية والتكنلوجيا المتقدمة في تصميماته. (Prof. Dr. Saad Hassan, 2018)

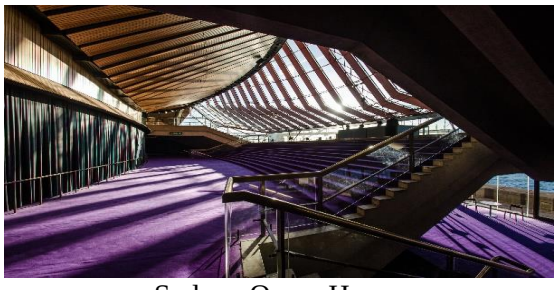
شكل (7) يوضح بعض النماذج المستوحاه من الأورجامي حيث تلتقي الوظيفة مع الفن مما يخلق تفاعلًا ديناميكيًا .

11- تأثر التكنولوجيا الرقمية وفن الأورجامي علي التصميم الداخلي والمعمارى لعماره الطي :

يمكن القول بأن حتي مطلع القرن 19 تناول المعماريون العماره من منطق الأنشاء والجمال، فنجد أن التطورات التي طرات بفضل الثوره الرقميه والتطور التكنولوجي وظهور أتجاهات معماريه جديده . (Park, 2000)

أدي الي أنعكاس ذلك علي العماره والتصميم الداخلي بصورة ما،و هذا الأنعكاس يظهر بوضوح علي أركان مثلث التصميم وهي الوظيفة والتشكيل والثبات، ومحددات التصميم الداخلي من حوائط وأسقف وأرضيات كما تؤثر أيضاً علي الأثاث الداخلي بمفرداتة المختلفة. وهذة العوامل لها تأثير مباشر علي الأبداع التشكيلي في العمارة الداخلية وتطورها عبر العصور المختلفة. (Haolei Jianga, 2022)

وأن الطي مثل كل البنايات المفاهيميه النظريه الأخري يتجاوز بالضروره نطاق العماره الشكلي وبالرغم من ذلك أنتج نطاق من الأعمال التي شكلت التصميم المعاصر بشكل لا يمكن أنكاره، فلو تم طي الأرضيات لتصبح جدران واسقف، فإن المادة يجب أن تطوي أيضاً، إن الأمثله علي ذلك كثيره، فجدران الخشب الرقائقي المنحنيه في قاعه سيدني والتغطيه الهيكليه لمحطه ميناء يوكوهاما العالمي كلها أمثله علي جعل الماده تؤدي بطريقه متسقه مع العماره الكليه. (Shah, 2024)

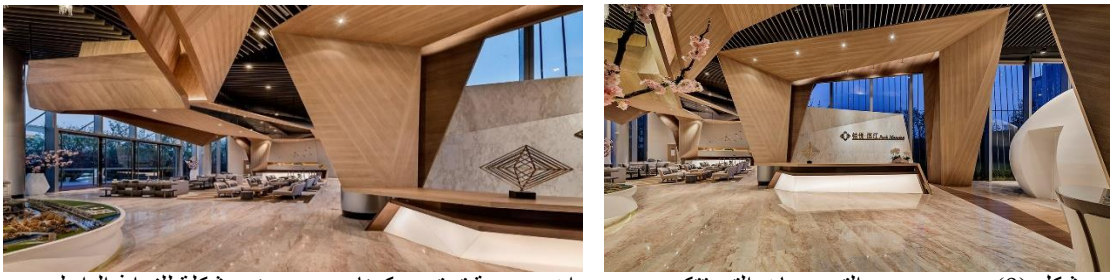

Sydney Opera House

Yokohama International Port Terminal

شكل (8) يوضح التغطيه الهيكليه "لمحطه ميناء يوكوهاما العالمي Yokohama International Port Terminal وجدران الخشب الرقائقي المنحنيه في" قاعه سيدني

ونظرا لظهور الأتجاهات فكرية الجديدة كعماره الطي التي أوجدت وسائل تعبيرجديدة ومبتكرة في التصميم الداخلي. فقد كشفت عن أمكانيات هائله للأشكال الغير منتظمه الناتجه من الثوره الرقميه حيث يمكن أن يتحقق بها هيئات فراغيه مثيره وجذابه، والتي لا يمكن إنتاجها أو تخيل أشكالها بدون الدعم المتكامل من التقنية الرقمية المساعدة في تصميم هذه الأشكال، إضافه الي أحداث صوره لدي المستخدمين تضيف متعه أستثنائيه أثناء أستخدام الفراغ.

حيث تتكون أغلب التصميمات من أشكال هندسية مثل المستطيلات والمربعات والمثلثات التي تتكون من خطوط يمكن طيها لتكون وحدات مجسمة تستخدم كعناصر محددة ومشكلة للفراغ وهناك احتياجات وظيفية تقود العملية الفكرية للتصميم حتى الوصول الى مرحلة ظهور التصميمات النهائية لتتوافق مع النظريات الهندسية لتقنية الطي (Lin, 2024).



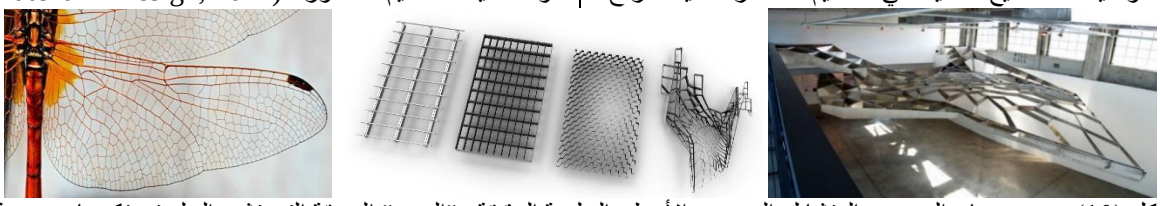
شكل (9) يوضح بعض التصميمات التي تتكون من وحدات مجسمة تستخدم كعناصر محددة ومشكلة للفراغ الداخلي.

12- أثر تطبيق عمارة الطي والكتل الناتجه من تكرارالأشكال علي الفكر التصميمي للعمارة الداخلية:

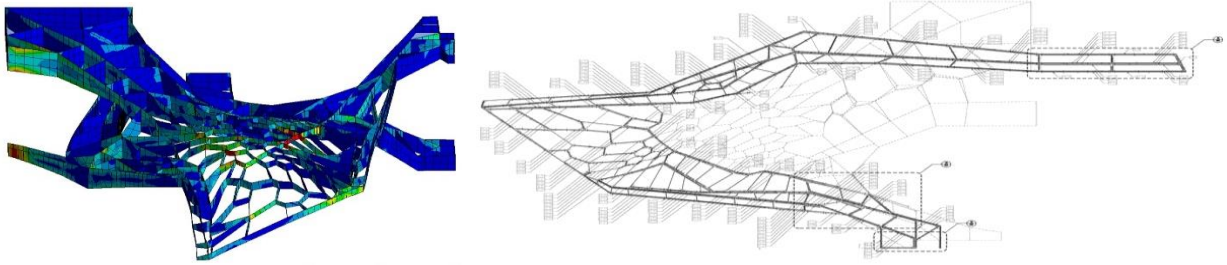
إن التصميمات الناتجه عن العماره الداخليه المستلهمه من تقنية الطي وأثر تكرار الأشكال الناتجه من الفكر الأورجامي ما هي الا عبارة عن التخطيط لتصميم مبتكر في الفراغات الداخلية بناء على معطيات معمارية معينة وإخراج هذا التخطيط لحيز المراد تصميمه وتنفيذه من خلال جمع عناصرالتشكيل المستمدة من فكر الأوريجامي بحيث يتم وضع الحلول المناسبة لخلق مجال مناسب للحركة ولأداء الوظائف داخل الفراغ،فعندما يتدخل الفكر التصميمي المستلهم من تقنية الطي مع خبرات المصمم في معالجة الفراغ بجميع أبعاده، يؤدي ذلك إلى التكيف مع المساحة المطوية المتواجدة وجعلها صالحة لتلبية الاحتياجات التشغيلية اليومية. وهناك بعض النماذج توضح أهم الأهداف التي تساعد علي خلق هذا الفراغ معتمده علي الأشكال الغير منتظمة للتصميم للخروج من القالب التصميمي المتوازن، وتحقيق الديناميكية عن طريق تصميم العديد من المسطحات المطوية داخل الفراغ.و الدمج بين فن الأوريجامي وفكر الطي مع النشاط الخاص بالفراغ لخلق تصميم مبتكر، مع التنويع في استخدام الخامات المختلفة من زجاج أو خرسانة مع معرفه خصائص الماده الفيزيائية مثل المرونة والقوة.و الاستعانة بتقنية آلات التحكم الرقمي بالحاسب الآلي مع متابعة أحدث التطورات في التكنولوجيا مثل الطباعة ثلاثية الأبعاد، النمذجة الرقمية، وتقنيات التصنيع الحديثة في تصميم عناصر تحديد الفراغ من أسقف وأرضيات وحوائط مع تلبيه التصميمات الأغراض المطلوبة منها (مثل المساحات الوظيفية) ومدى توافقها مع الجماليات المطلوبة. التأكد من أن التصميم يمكن تنفيذه بشكل عملي ويحقق الأهداف المحددة، وهناك بعض النماذج لدراسات حالة وتوجهات مستقبلية كالتالي:

12-1- نموذج الطي : السقف اليعسوبي Floding Dragon fly tom wiscombe

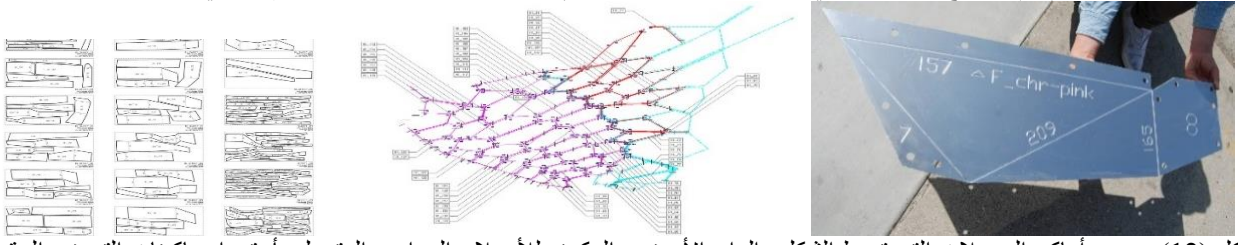
في هذا المثال يعمل التشكيل علي محاكاه تكوين اليعسوب ويتم محكاه أجنحه اليعسوب من خلال العمليات التطوريه التي تطوي علي الديناميكا الهوائيه والأداء المركب وتراكم للمواد العضويه وتدفق جريان الدم باليعسوب وهي تتالف من أنماط سداسيه الشكل والتي تتسم بالمرونه، ويبدأ التصميم للسقف بمحاكاه اليعسوب وينتهي بالهندسة المعمارية، حيث أجرى فريق التصميم بحثًا وتحليلاً لجناح اليعسوب، واستخدامها في عمل تحولات جمالية للسقف عند تحليل سلوكه المركب. وتم تصنيع مكونات المشروع من صفائح الألمنيوم المطحونة مقاس ⅛ بوصة وتم وضعها في طبقات بناءً على معايير التحميل الهيكلي. تم بناء بعض مناطق اليعسوب من 1-2 طبقه، بينما تم إنشاء مناطق أخرى بما يصل إلى 14 طبقة، خاصة بالقرب من الدعامات. تم ربط النموذج البارامترى برسم مخطط مباشر ثنائي الأبعاد، مما أدى إلى إنتاج تحديثات فورية للمكونات المعبأة المسطحة بناءً على المعايير الهيكلية المتغيرة وحساسية التصميم المتطورة. (Matcham+Design, 2024)



شكل (10) يوضح جناح اليعسوب المتشابك الغريب والأسطح الخلوية الرقيقة و"الحزم" العميقة التي تشبه السلم في تكوينات هجينة.



شكل(11) يوضح المسقط الأفقي للسقف والتشكيل البارمتري وطبقات البناء المكونه للتصميم النهائي للسقف.



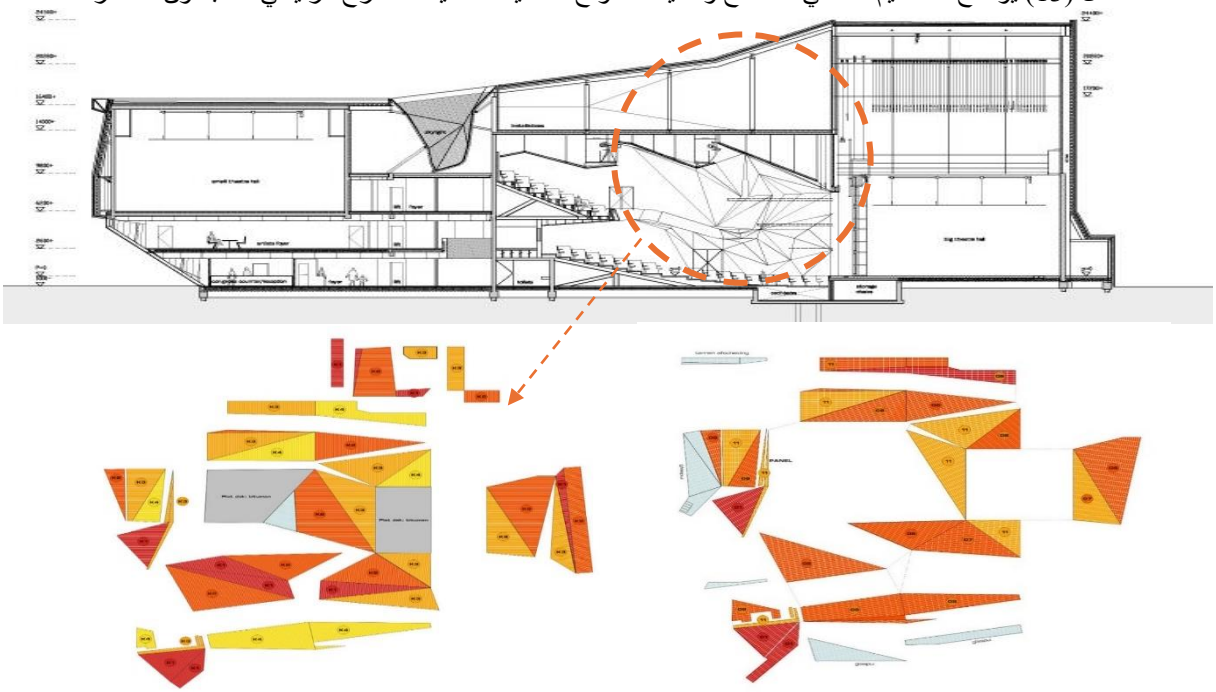
شكل (12) يوضح أماكن الوصلات التي تربط الشكل والواح الأومنيوم المكونه للأضلاع السداسيه المتصله بأستخدام ماكينات التصنيع الرقمي.

12-2- نموذج مسرح أغورا ومركز المؤتمرات في ليليستاد، هولندا Agora theater & congress center

This is an Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium,provided the original work is properly cited.

يعد مسرح أغورا مكانًا مليئًا بالألوان في تصميم كل من الجدران الداخلية والخارجية له، تم تنفيذ الهندسة المعمارية للمسرح بالتفاعل بين المهندس المعماري والجسم والجمهور عن طريق تعدد أستخدام الطيات بالتصميم الداخلي والخارجي،فخطوط التصميم للمسرح واضحه لكونها كبيره وفي اتجاهات مختلفة للحصول على صورة ظلية أكثر توازنًا؛ وتتميز جميع الواجهات بزوايا حادة ومستويات بارزة، ومغطاة بألواح فولاذية وزجاج، غالبًا ما يكون على شكل طبقات، بظلال من اللونين الأصفر والبرتقالي. (UNStudio B + M, Den Haag, 2007)

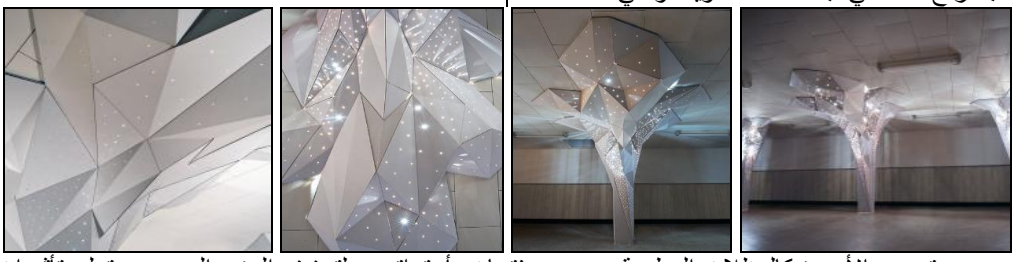
شكل (13) يوضح التصميم الداخلي للأسطح والطيات لألواح التكسيه الداخليه فالمسرح الرئيسي كله باللون الأحمر



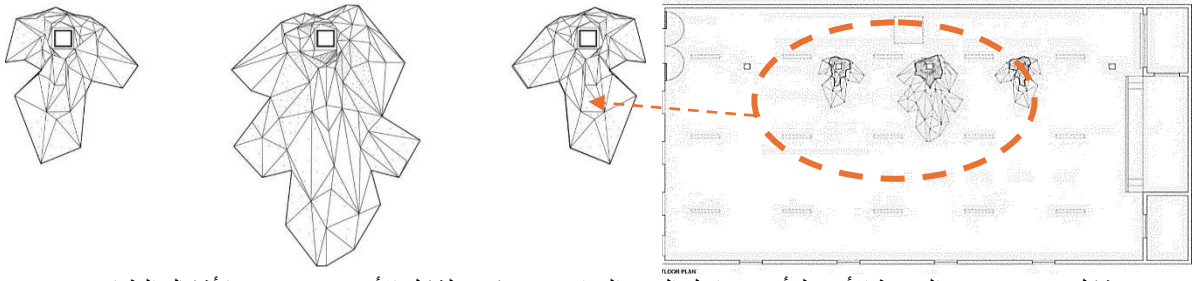
شكل (14) يوضح القطاع الجانبي للمسرح وألواح الفولاز باللونين االأصفر والبرتقالي المستخدمه بطيات الأورجامي في التصميم الداخلي، وتوفر هذه الثنايات أماكن يستمر فيها مشهد العرض وكأنها نافذة كبيرة مائلة في الداخل، وتزداد بها كثافة الألوان.

12-3- نموذج نادي التصنيع الرقمي SCAD Digital Fabrication Club (L)Abnormal

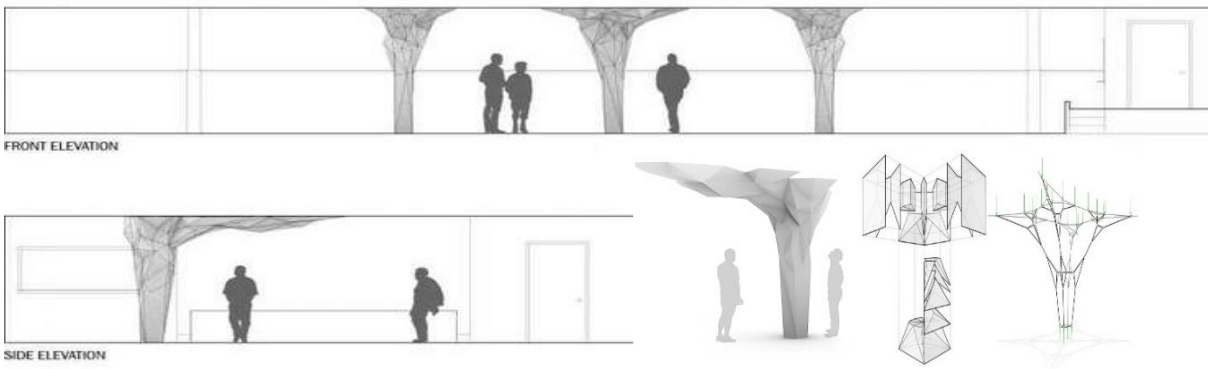
يعد هذا النموذج دراسه في الزخرفه الحديثه حيث تم تغطيه ثلاث أعمده موجوده بالفراغ الداخلي بمظلات مطويه والتي أضافت هندسه ديناميكيه للمكان علي هندسه الشكل وأستخدمت الأضاءه التي تبدأ من القاعده الي التاج العلوي. (Arch2O_magazine, 2024)



شكل (15) يوضح تصميم الأعمدة كالمظلات المطوية مع وضع فتحات بأستراتيجيه لتخفيف الوزن البصري وتوليد تأثيرات الأضاءه.



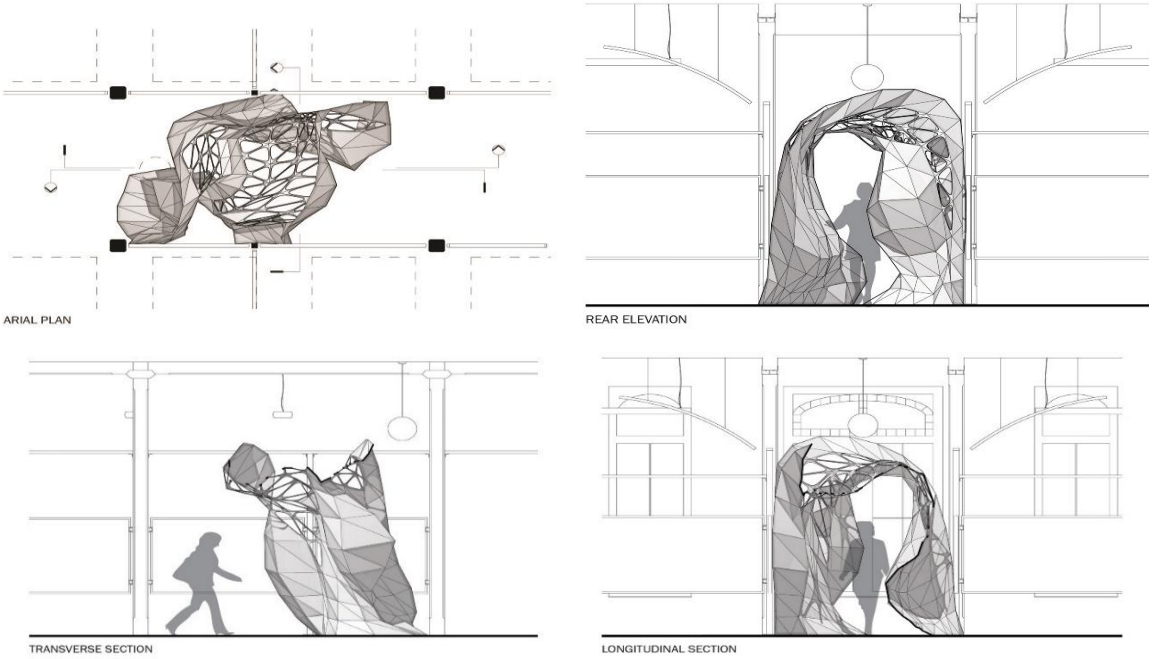
شكل (16) يوضح المسقط الأفقي للأعمده داخل الحيز الفراغي مع تكبير لشكل الأعمده موضح بها أشكال الطيات.



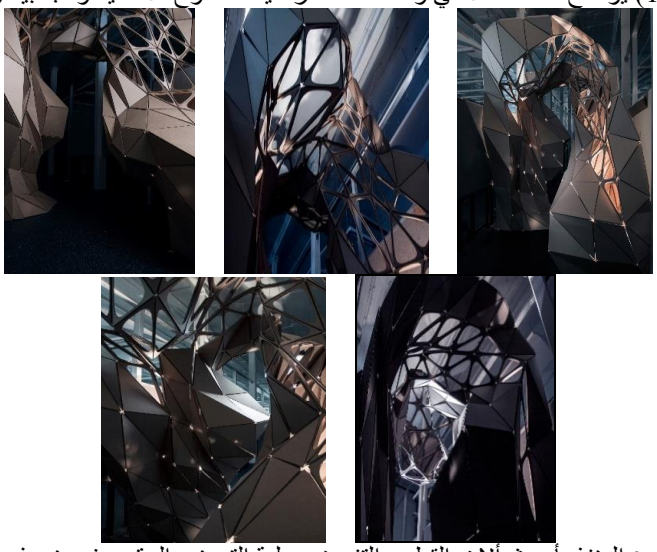
شكل (17) القطاع الراسي الأمامي والجانبي للأعمدة داخل الحيز الفراغي مع توضح أبعاد العمود بالنسبة للأنسان.

4-12- نموذج القاطوع المنطوي (نموذج القوس المعقد) قاطوع من تصميم كلية سافانا للفنون والتصميم

يوضح هذا النموذج تصميم لقاطوع يلفت الأنتباه بالفراغ الداخلي وتحديد الحركه في الممر، فتم تصميم عن طريق تقسيم الألواح الصلبه المستخدمه بالتصميم إلي أجزاء مثلثه مصمته ومفرغه مما أضاف حيويه بالتصميم، ويتكون التصميم من شبكه معقده من الأسطح علي هيئه بلاطات وتم تقسيم الكتله الي أسطح مثلثه الشكل ويتخللها فتحات للتخفيف من وزنها ماديا وبصريا كما ساهمت هذه التقسيمات من تخلل الضوء هذه الفتحات. والمنطق التصميمي لهذا السطح يعيد سمات الهندسه المعماريه الكلاسيكيه للزخرفه ويعد تشكيل القوس المعقد نموذجا لتطوير الأشكال الطوبولوجيه من خلال النظر الي الداخل تجاه تاريخ الهندسه المعماريه والي الخارج في أتجاه تصميم المستقبل. (jeanjaminet، 2013)



شكل (18) يوضح المسقط الأفقي والقطاعات الرأسية للقاطوع الأمامية والجانبية والخلفية.

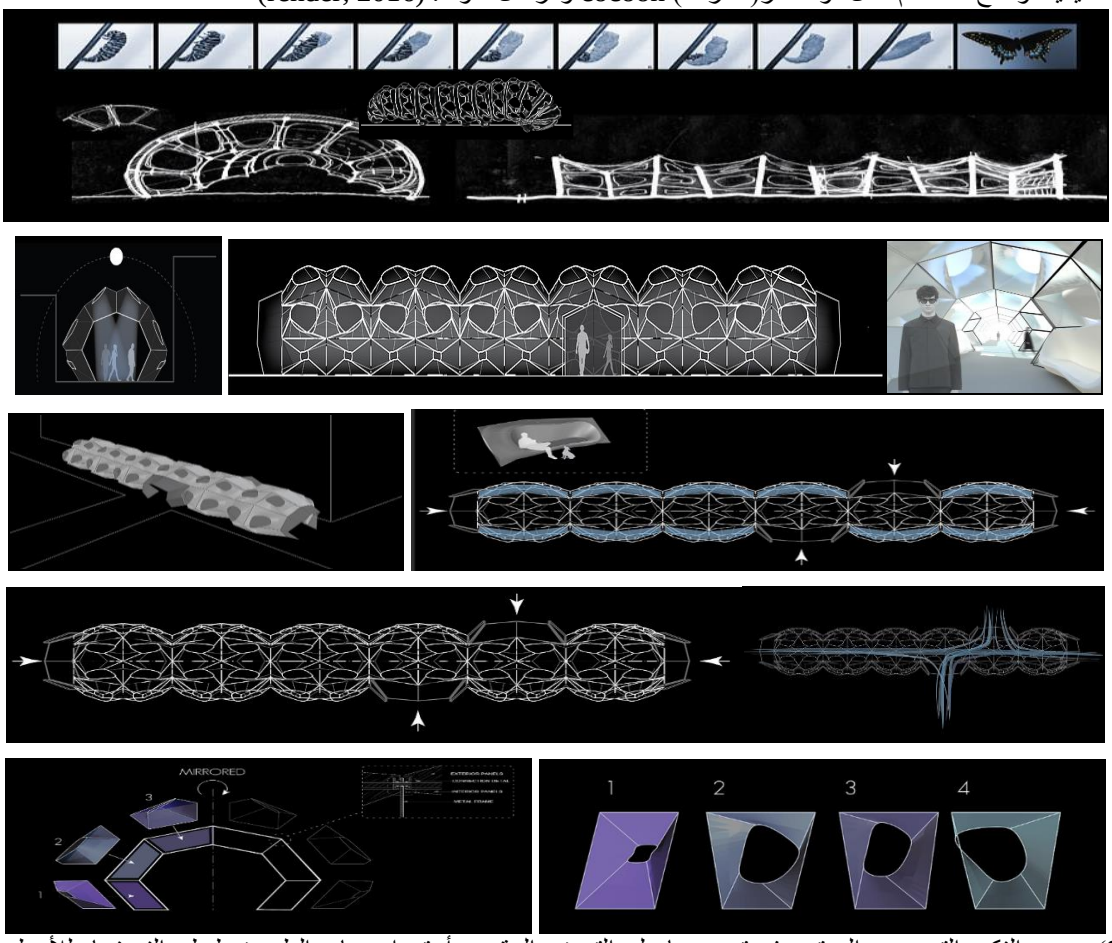


شكل (19) يوضح شكل القاطوع المنفذ بأحدث ألات القطع والتفريغ بعملية التصنيع الرقمي فهو نموذج لتطور الأشكال الطوبولوجية.

This is an Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium,provided the original work is properly cited.

12-5- نموذج لممر ومدخل لأحد النوادي

الفكرة التصميمية توضح أستخدام شكل دودة القز(الشرنقه) cocoon ومراحل نموها. (render, 2016)



شكل (20) يوضح الفكره التصميميه المعتمده في تصميمها علي التصنيع الرقمي وأستخدام عماره الطي بنمط طي الفسيفساء للأسطح وموضح القطاع الأمامي للممر وشكل البوبات الرئيسيه والمسقط الأفقي ومسارات الحركة وأماكن الجلوس بالممر وطريقة تركيب الألواح المعدنية المكونة لهيكل الممر.

12-6- نموذج: لمحطه ركاب في مطار ويلينغتون الدولي من قبل شركة وارن وماهوني Warren & Mahoney بالتعاون مع Studio Pacific Architecture

تصميم المحطة الداخلي مستوحى من البيئة والأشكال والزاوية التي تشبه الأوريجامي لتربط المحطة بالصخور المحيطة بالساحل. (Studio Pacific Architecture, Warren and Mahoney, 2010)

شكل (21) يوضح سقف المطار الدولي بحيث تربط الهياكل المكسوة بالنحاس ثلاثة مباني موجودة بالمطار.

12-7- نموذج: لاستوديو في نورثكوت، أستراليا.

كانت شركة Assemble تهدف إلى إنشاء مساحة عمل منخفضة التكلفة وملهمة ومرنة ولكن نظرًا لمجال خبرة الشركة. كان على الاستوديو أيضًا أن يكون بمثابة عرض ثلاثي الأبعاد لقدرات التصميم الخاصة به. ولهذا السبب توصل الفريق إلى هذا السقف المستوحى من الأوريجامي والذي يتميز بطيات وأشكال هندسية فكان السقف الأصلي مليئًا بالأنابيب ومجاري الهواء ووحدات تكييف الهواء وأجهزة كشف الدخان وأجهزة إنذار الحريق. ورغبةً منهم في إخفاء هذه المتاهة من الأنابيب، مع السماح للأنظمة بالعمل بشكل صحيح، قام الفريق بتجربة طي أشكال الأوريغامي المنحوتة المختلفة من الورق فأدت هذه العملية إلى ظهور خمسة أشكال مثلثة تنعكس وتتكرر ثماني مرات على طول السقف تم تصميم الأثاث بالكامل خصيصًا وهو على عجلات بحيث يمكن نقله بسهولة وإعادة تشكيل المساحة الداخلية للمناسبات وورش التصميم.

(Giuseppe, 2013)

شكل (22) يوضح السقف الذي يتكون من طيات خشبية مثلثة الشكل تشبه الأوريغامي.

8-12- نماذج لبعض قطع الأثاث الداخلي :

لإضافة الحداثة النحتية للفرغات الداخليه عن طريق تصميمات مستوحاه من عماره الطي بأستخدام الأسطح متعددة الأوجه في جميع أنحاء الفرغات الداخليه والتي تكمل الديكور الصناعي ولكنها تضيف أيضًا لمسة عصرية إلى المساحة.(Ganea, 2015)

قامت شركة DH Liberty بتصميم مكتب AnalogFolk في لندن. كان الحل أضافه لمسة عصرية إلى المساحة هو إدخال هذه الأسطح متعددة الأوجه في جميع أنحاء الفراغ.

مصنع عطور Frivole Prestige في فروتسواف بولندا، تصميم سلسلة من العناصر الذهبية المضلعة في جميع أنحاء المكان كوسيلة لاستكمال نظام الألوان الداكنة الذي أصبح عنصر رئيسي محددا في الداخل

توفر أريكة Cay من Alexander Rehn مجموعة متنوعة من الزوايا المختلف المستلهمه من فن الأوريجامي التي تمكن المستخدم من الجلوس عليها بشكل مريح

كرسي Silla Linon ذو هيكل خشبي ومعدني صممه ألبرتو فيتيليو بتقاطع القضبان المعدنية الرفيعة في الإطار بزوايا مختلفة تبرز الأشكال المتعددة الأضلاع ويمنح الكرسي مظهرًا فريدًا

وحدة تخزين تحتوي على مجموعة متنوعة من الفتحات، بعضها مفتوح وبعضها مغلق ويمكن طيها بزوايا غريبة تذكرنا بالحرف الورقي

وحدة الحائط متحرك Partion صممت بشقه كجزء من عملية التجديد فالهيكل متعدد الوظائف يفتح ويغلق للكشف عن المطبخ والغرفة المجاورة

طاولة وبارFaz صممها Ramon Esteve مستوحاة من الأشكال المعدنية الموجودة في الطبيعة وتتميز ببعض التشابه مع بعض إبداعات الأوريجامي

شكل (23) يوضح أستخدمات كثيره بالتصميم الداخلي لبعض قطع الأثاث المستوحي من فن الأوريجامي كمصدر إلهام لعماره الطي فقاموا بتصميم بعض القطع الأكثر إثارة للاهتمام

النتائج: Results

من الدراسة التحليليه والتطبيقية نستنتج مايلي

1- دراسه الحيز الفراغي ومحتوياته وكيفيه الوصول للشكل والفكر التصميمي والأتجاه العام للتصميم الداخلي من خلال معاير تكنولوجيه يستخدمها المصمم للوصول الي تصميم فني متكامل وتوظيف عناصره.
2- تنوع الاليات المستخدمة في العمليةُ التصميمّيةُ والتي تعتمد على التكنولوجيا وتقنيات الطي سواء بشكل مباشر أو بشكل غيرٌ مباشر.
3- يتطلب تصميم الأورجامي أكشاف تأثير الكتله علي الفراغ وطبيعه المواد المختلفه الي جانب الضروره في التفكير ثنائي وثلاثي الأبعاد في وقت واحد للشكل النهائي للتصميم مع تطبيق استراتيجيات فن الأورجامي.

التوصيات: Recommendations

1- العمل والبحث في الاتجاهات الفنية والهندسية الحديثة ذات الأصول التاريخية القديمة مثل فن الاوريجامي وعلوم الرياضيات وغيرها لتوظيف التصميمات الناتجه من فن الأورجامي وعماره الطي والتكنولوجيا الرقمية في التصميم الداخلي للارتقاء بمنظومة التصميم الداخلي.
2- التوجه نحو إجراء التجارب التطبيقية التي تتعلق بالتصميم الداخلي من الناحيه الجماليه والوظيفيه والنفعيه لتحقيق منظومه جديده في عالم التصميم الداخلي متبناه من عماره الطي، حتى نحصل على جيل من المصممين الداخليين المبدعين لهم القدرة على مواجهة التحولات الكبيرة التي ستصاحب ما بعد الثورة الرقمية في المستقبل.

This is an Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium,provided the original work is properly cited.

e/pii/S0094114X22004591?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=8bd4958b9b6b7945
11- Park, J.-H. (2000). Subsymmetry analysis of architectural designs: some examples (Vol. 27). doi:10.1068/b2462
12-Paulino, G. H. (2017, october 11). Nonlinear mechanics of non-rigid origami: An efficient computational approach. Proceedings of the Royal Society A: Mathematical Physical and Engineering Sciences. royalsocietypublishing, 473. doi:GHP,0000-0002-3493-6857
13-Prof. Dr. Saad Hassan. (2018, July). Evolutionary Design Systems in Modern Architecture. Arab Association for Islamic Civilization and Art, Article 43, Volume 3(11). doi:10.12816/0046918
14-render, c. i. (2016, february 12). www.aliinadesign.com/digital-fabrication. Retrieved from aliinadesign: https://www.google.com/search?q=www.aliinadesign.com%2Fdigital-fabrication&sca_esv=63153777c7903089&sca_upv=1&udm=2&biw=1093&bih=513&ei=vaTaZvCmHqmU9u8PubeBmA0&ved=0ahUKEwiw-fHh262IAxUpiv0HHblbANMQ4dUDCBE&uact=5&oq=www.aliinadesign.com%2Fdigital-fabricati
15- Robeller, C. (2015, February). Thesis for Dr. Sc. (PhD) : Integral Mechanical Attachment for Timber Folded Plate Structures. researchgate. doi:10.5075/epfl-thesis-6564
16-Shah, A. P. (2024, April 23). thearchitectsdiary. Retrieved from https://thearchitectsdiary.com/: https://thearchitectsdiary.com/origami-in-architecture-15-ways-to-unfold-creativity/
17-Studio Pacific Architecture, Warren and Mahoney. (2010). https://www.archdaily.com/. Retrieved 8 2024, from archdaily: https://www.archdaily.com/796785/the-rock-studio-pacific-architecture-plus-warren-and-mahoney
18-UNStudio B + M, Den Haag. (2007). www.archdaily.com. (Manufacturers: Hunter Douglas Architectural (Europe), Hafkon, Hunter Douglas) Retrieved August 2024, from ArchDaily: https://www.archdaily.com/100224/theatre-agora-unstudio

References :المراجع

1- Arch2O_magazine. (2024, 8). www.arch2o.com. Retrieved from Arch2O: https://www.arch2o.com/scad-digital-fabrication-club-l-abnormal/
2- en.wikipedia.org. (2024, April 9). Retrieved from Wikipedia, the free encyclopedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Yoshizawa%E2%80%93Randlett_system#
3- Evgueni T. Filipov, Yi Zhu . (2024, march 20). designboom. (University of Michigan) Retrieved from https://www.designboom.com/: https://www.designboom.com/architecture/foldable-origami-structure-fiberboards-bridges-moon-habitats-engineers-university-michigan-03-20-2024/
4- Ganea, S. (2015, July 30). homedit. Retrieved 8 20, 2024, from www.homedit.com: https://www.homedit.com/faceted-designs/
4-Giuseppe. (2013, August 13). designboom. Retrieved 8 20, 2024, from https://www.designboom.com/: https://www.designboom.com/architecture/assemble-studio-features-geometric-origami-ceiling/
5- Haolei Jianga. (2022). Parametric design of developable structure based on Yoshimura origami. Sustainable Structures. doi:: 10.54113/j.sust.2022.000019
6- jeanjaminet. (2013, april 12). https://jeanjaminet.wordpress.com/. Retrieved from designspiration: https://jeanjaminet.wordpress.com/2013/04/26/test-post/
7- Lin, K. (2024). architectureprize. Retrieved from https://architectureprize.com/: https://architectureprize.com/winners/winner.php?id=2672
8- lwamoto, L. (2009). Digital fabrications : Architectural and Material Techniques . New York : Princeton Architectural press.
9- Matcham+Design. (2024). tomwiscombe.com. (American Cement Building) Retrieved from TOM WISCOMBE ARCHITECTURE: https://tomwiscombe.com/DRAGONFLY
10-Nawratil, G. (2023). Origami-like quasi-mechanisms with an antiprismatic skeleton. Mechanism and Machine Theory, 181(105214), 1. Retrieved from https://www.sciencedirect.com/science/articl