الأوريجامي كفكر فلسفي وتقنية تصميم مبتكرة لتعزيز الجماليات التشكيلية للواجهات المعمارية

Origami as a Philosophical thought and Innovative Design Technique to Enhance the Formal Aesthetics of Architectural Facades

م.د/ غادة محمد السيد محمد شطا

مدرس بقسم النحت والتشكيل المعماري والترميم - كلية الفنون التطبيقية - جامعة دمياط - مصر

Dr.ghadashatta@gmail.com

ملخص البحث: Abstract

يعتبر فن الأوريجامي من الفنون اليابانية التقليدية التي تعتمد على طي الورق لإنشاء أشكال هندسية معقدة، وقد تم تبني هذا الفن في العمارة الحديثة لتطوير تصاميم واجهات معمارية تجمع بين الجمال والوظيفية، كما يُعد مفهوم الأوريجامي أحد أكبر اتجاهات التصميم في العالم في السنوات القليلة الماضية، فالأوريجامي كفكر فلسفي يعتمد على مبادئ البساطة والتعقيد، حيث يمكن تحويل ورقة مسطحة إلى شكل ثلاثي الأبعاد معقد باستخدام الطي فقط، هذا التحول من السطح البسيط إلى الشكل المعقد يعكس مفهوم العمارة التي تبدأ بفكرة بسيطة تتطور لتصبح تصميماً معقداً ومتكاملاً، فمن خلال تطبيق هذه المبادئ على تصميم الواجهات المعمارية يمكن تحقيق أشكال مبتكرة تضيف بعداً جمالياً فريداً إلى المباني، وتعزز من قيمة الفضاءات الحضرية، لذلك تُعتبر تقنية الأوريجامي في التصميم أداة قوية لتحقيق الجماليات التشكيلية، حيث تتيح للمصممين استغلال الخواص الهندسية للطيات لخلق أنماط هندسية متكررة ومعقدة، هذه الأنماط لا تضيف فقط جمالاً بصرياً، بل تساهم أيضاً في تحسين الأداء الوظيفي للواجهات من خلال توفير التظليل الطبيعي، وتحسين التهوية، وتقليل استهلاك الطاقة، ويهدف هذا البحث إلى استكشاف استخدام فن الأوريجامي كفكر فلسفي وتقنية تصميم لتعزيز الجماليات التشكيلية للواجهات المعمارية، ويتبع البحث المنهج الوصفي التحليلي من خلال وصف وتحليل كيفية تحويل المبادئ الأساسية للأوريجامي إلى تصميمات معمارية عملية ومستدامة، ودراسة الفوائد والتحديات المرتبطة من خلال استعراض دراسات حالة وأمثلة واقعية وكذلك المنهج التطبيقي حيث قامت الباحثة ببعض التجارب التصميمية لاستخدام الأوريجامي كفكر تصميمي حديث في الواجهات المعمارية، وتوصل البحث إلي أن استخدام فن الأوريجامي كاتجاه تصميمي حديث في الواجهات المعمارية يقدم إمكانيات هائلة لتصميم هياكل معمارية نحتية مبتكرة تجمع بين الفن والعمارة.

كلمات دالة: Keywords

فن الأوريجامي Origami Art- التصميم الأوريجامي Origami Design – فن الكيريجامي Kirigami Art

Paper received June 18, 2024, Accepted Augus 10, 2024, Published on line November 1, 2024

المقدمة: Introduction

ظهرت أنماط تشكيلية جديدة للواجهات المعمارية المعاصرة مستوحاة من فن ياباني قديم يدعى فن الأوريجامي "Origami Art"، ويُعتبر فن الأوريجامي تقليداً يابانياً قديماً يُعنى طي قطعة واحدة من الورق لتشكيل مجموعة متنوعة من الأشكال الهندسية المعقدة دون قطع أو لصق هذه الورقة، بدأ الفنانون باستكشاف الأوريجامي في جميع أنحاء العالم كفن تشكيلي، مما أدى إلى تطوير تقنيات معقدة وأشكال مبتكرة، وبعد ذلك أصبح فن الأوريجامي يمثل تداخلاً فريداً بين التقاليد والابتكار، حيث يتجاوز حدود الورق ليشمل مجموعة من المواد والتقنيات، وأصبح مصدر إلهام للتصميمات الهندسية والمعمارية، وظهر في القرن العشرين العديد من النماذج التجريبية لتقنيات الأوريجامي في الواجهات المعمارية، واستمر تطور هذه التجارب إلى أن تمكن العديد من المصممين والمعماريين من الوصول إلى أسس ومعايير محددة في تقنيات الأوريجامي مما جعل منها أسلوب جديد لتشكيل الواجهات المعمارية، ويظهر من خلال البحث والتحليل ارتباط فكر الأوريجامي بمعظم الحركات الفنية والاتجاهات الحديثة في العمارة والتصميم من خلال الالتقاء في العديد من المفاهيم والمعايير التصميمية المشتركة، كذلك التشابه في السمات الإنشائية والمعمارية، لذلك يركز هذا البحث على كيفية الاستفادة من فن الأوريجامي كفكر فلسفي وتقنية تصميم مبتكرة لخلق واجهات معمارية ذو طابع نحتي، مما يعزز الجماليات التشكيلية ويوفر حلولاً هندسية مبتكرة.

مشكلة البحث: Statement of the Problem

يمكن من خلال الأسئلة الآتية التعرف على مشكلة الدراسة البحثية:

1- هل يمكن لفن الأوريجامي التحسين من تصميمات الواجهات المعمارية من حيث الجمال، الكفاءة والاستدامة؟

2- كيف يمكن لتصميمات الأوريجامي في الواجهات المعمارية أن توازن بين التشكيلات الجمالية النحتية والوظيفية العملية؟

أهداف البحث: Research Objectives

1- إلقاء الضوء على فن الأوريجامي كاتجاه تصميمي حديث لتعزيز القيمة الجمالية للواجهات المعمارية.

2- محاولة الكشف عن حلول مبتكرة ومستدامة باستخدام تقنيات الأوريجامي من خلال دمج الأشكال الهندسية النحتية المعقدة والمواد الحديثة للحصول على واجهات معمارية تجمع بين الفن والعمارة.

3- تحليل الفوائد والتحديات المرتبطة باستخدام أنماط الأوريجامي النحتية لتشكيل الواجهات المعمارية.

أهمية البحث: Research Significance

1- التأكيد على أن استخدام فن الأوريجامي في تصميم الواجهات المعمارية يفتح أفاقاً جديدة للإبداع في العمارة الحديثة.

2- الاستفادة من تطوير تقنيات جديدة في فن الأوريجامي لابتكار واجهات معمارية تحقق التوازن بين الجمال والوظيفية، وتدعم الاستدامة.

منهج البحث: Research Methodology

1- **المنهج الوصفي التحليلي:** والذي يتمثل في وصف وتحليل بعض النماذج المعمارية المعاصرة المستوحاة من فن الأوريجامي.

2- **المنهج التجريبي:** من خلال تقديم بعض التصميمات لأعمال وتكوينات معمارية نحتية مستوحاة من فن الأوريجامي تجمع بين التقنيات المعاصرة والفنون التقليدية.

فروض البحث: Research Hypothesis

1- فن الأوريجامي يقدم إمكانيات هائلة لتصميم هياكل معمارية نحتية مبتكرة تجمع بين الجمال والوظيفية.

2- يمكن تصميم واجهات معمارية مستوحاة من فن الأوريجامي قادرة على التكيف والتغير بناءً على الظروف البيئية المحيطة مثل الشمس والرياح، وغيرها.

Citation: Ghada Shatta (2024), Origami as a Philosophical thought and Innovative Design Technique to Enhance the Formal Aesthetics of Architectural Facades, International Design Journal, Vol. 14 No. 6, (November 2024) pp 65-77

الإطار النظري: Theoretical Framework

أولاً: فن الأوريجامي (تعريفه - نشأته - تطوره):

تعريف فن الأوريجامي:

الأوريجامي "Origami" هو فن ياباني يعني طي الورق وتحويله إلى أشكال مجسمة، وكلمة أوريجامي تنقسم إلى جزئين أوري "Ori" وتعني الطي وجامي "gami" وتعني نوع من الورق أكثر سمكاً من المناديل، ويعتبر الهدف من فن الأوريجامي في الأساس تحويل الورق المسطح إلى مجسم ثلاثي الأبعاد باستخدام تقنيات الطي والنحت، ودمج هذه التقنيات بأشكال ورقية متنوعة لكن بشرط دون قص أو لصق لخلق تصاميم مركبة تتسم نوعا ما بالتعقيد.

(عباس علي، 2020، صـ19)

وأصبح فن الأوريجامي معترف به عالمياً كوسيلة للفن، حيث يسعى الكثير من الفنانين والمعماريين إلى التعبير من خلال فكر الأوريجامي، لما له من خصائص فريدة مثل السلوك الديناميكي المتراوح بين التشكيل الثنائي والثلاثي الأبعاد والمتميز بصفة الاستمرارية باستخدام ورقة واحدة أو مسطح واحد.

(رحمة أحمد، 2015، صـ1-2)

نشأة فن الأوريجامي:

تنتمي أصول فن الأوريجامي في الوقت الحاضر إلى اليابان لكنه في الأصل يرجع إلى الصين، حيث تم إنتاج الورق في الصين في بداية القرن الثاني الميلادي حوالي 105م على يد تسي آي لون " Ts'ai Lun" خادم الامبراطور الصيني حينها، ثم بعد فترة قصيرة ظهر فن طي الورق، وكان يعرف باسم "Zhezhi" وتعني استخدام أي نوع من الورق لبناء وتشكيل نماذج ومجسمات ورقية، وبسبب المشاكل التقنية المبكرة لم يتم إنتاج الورق بكميات كبيرة ولم يكن مناسباً للطي، ولذلك لا توجد سجلات عن فن الأوريجامي في الحفريات الصينية والأدبيات ذات الصلة، مما أدى إلى عدم إمكانية تعقب أصول فن الأوريجامي، ثم تم نقل هذا الفن إلى اليابان في القرن السادس الميلادي على يد أحد الرهبان البوذيين ويدعى دوكايو"Dokauo"، وازدهر بعد فترة وجيزة من دخول صناعة الورق إلى اليابان، واستُخدم على نطاق واسع في الطقوس البوذية، وحوالي عام 1200م تطور فن الأوريجامي بسرعة في اليابان، وظهرت نماذج أوريجامي أكثر تعقيداً، والتي ظهرت في مناسبات رسمية مختلفة مثل مراسم الاحتفالات اليابانية في ذلك الوقت، حيث تم تبادل سيف وزهرة ورقية مطوية بطريقة طي خاصة لإثبات الصداقة، وبعد عام 1557م وبسبب التطور التدريجي لتكنولوجيا صناعة الورق، بدأ الأوريجامي في الانتشار على جميع مستويات المجتمع، وهو ما كان ذروة تطوره، وقد ظهر أول سجل مكتوب للأوريجامي في عام 1797م، عندما كتب راهب ياباني ونشر أول كتاب للأوريجامي في العالم بعنوان " Hiden Senbazuru Orikata"."

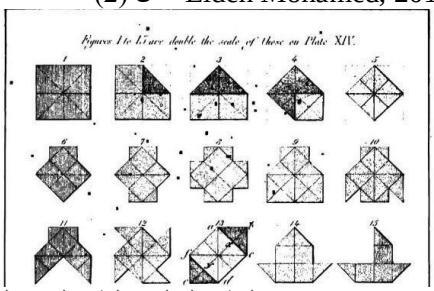
(Diaa Elden Mohamed, 2015, p67)

ومن الجدير بالذكر أن التجار والبحارة المسلمين لعبوا دوراً مهماً في نقل فن (طي الورق)، فالعرب الأندلسيون هم الذين طوروا الجوانب الهندسية للأوريجامي وأدخلوا عليه أشكالاً هندسية، ثم بدأ العرب في ذروة تطورهم الثقافي في تطوير فن الأوريجامي بشكل مستقل، وفي وقت متأخر كانت مساهمتهم الكبرى هي تطبيق مبادئ الرياضيات الهندسية الأوروبية على الأوريجامي واستخدام الأوريجامي لدراسة الرياضيات الهندسية، والتي كانت نقطة البداية للجمع بين الأوريجامي والرياضيات، وكان عام 1800م هو العام الأول الذي تم فيه دمج الأوريجامي في العلوم الطبيعية، وبدأت تصبح أداة مهمة للتدريس والبحث في الغرب.

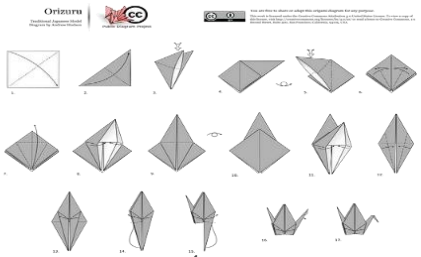
(Mona Sayed, 2020, p618)

وكما يلاحظ أنه حتى القرن التاسع عشر الميلادي لم يكن في أوروبا معرفة بفن طي الورق إلا لمحات قليلة، حتى ظهرت فكرة روضة الأطفال في أوروبا التي أسسها الألماني فريدريك فروبل "Frederic Froebel" حيث مارس الأطفال فن طي الأوراق.

شكل(1)، وكما يعتقد المؤرخون أن فن طي الورق تطور بشكل مستقل في أوربا عن نظيره الياباني، فنماذج الأوريجامي التي ظهرت في أوروبا ذات نمط تقاطعي (مربعات – مستطيلات – أقطار)، وفي أواخر القرن التاسع عشر عُقد أول مؤتمر دولي للأوريجامي في باريس، تلاه المؤتمران الثاني والثالث في الأرجنتين ونيويورك، وفي نهاية القرن التاسع عشر والقرن العشرين تطور فن الأوريجامي الحديث بسرعة وظهر العديد من الأساتذة المشهورين مثل أكيرا يوشيزاوا "Akira Yoshizawa" وسام راندليت "Sam Randlett"، وقد ابتكروا مصطلحات عالمية للأوريجامي، مما سمح للأوريجامي بالانتشار حول العالم. (Diaa Elden Mohamed, 2015, p68) شكل (2)



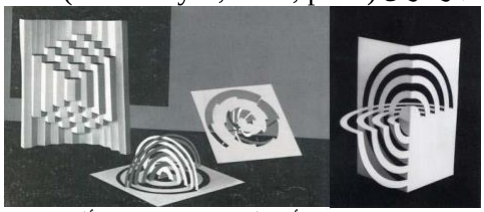
شكل (1) يوضح جزء من النظام التعليمي لطي الورق لفريدريك فروبل "Frederic Froebel"
(سناء عبد الجواد،2016، صـ1709)



شكل (2) يوضح تقنيات الطي لأكيرا يوشيزاوا " Akira Yoshizawa" وسام راندليت "Sam Randlett"
(سناء عبد الجواد،2016، صـ1709)

تطور فكر الأوريجامي:

لم يسمح فن الأوريجامي في البداية بأي قطع أو لصق، ولكن تم تخفيف معايير استخدام الأوريجامي بشكل كبير على مر السنين، فسنجد في العديد من الكتب الورقية بعض النماذج التي تنطوي على شكل من أشكال قطع أو لصق والتي تؤدى إلى توفير المزيد من الاستقرار في التصميم النهائي، ويعتبر الورق من الخامات الهشة، ولكن عند قطعه وثنيه بطرق معينة يمكن أن يتحول إلى تكوين قوى وصلب، وساد هذا الاتجاه منذ 1952م على يد جوزيف ألبير "Josef Albers"، وهو مصمم مشهور ينتمي إلى مدرسة الباوهاوس، حيث عُرف باهتمامه بالتعرف على الخامات ودراسة خصائصها عند التشكيل، مما أدى الى تشجيع طلابه على التلاعب بالأوراق من خلال عمليات الطى والقطع في المرحلة الأولى في مدرسة الباوهاوس.(Mona Sayed, 2020, p618) شكل (3)



شكل (3) يوضح بعض أعمال طلاب جوزيف ألبير " Josef Albers" في فن طي الورق (أشرف حسن، 2018، صـ86)

وفي النصف الثاني من القرن العشرين قاد التطور الحديث لفكر الأوريجامي إلى ضرورة اكتشاف قواعد جديدة وتكثيف تطوير وتوظيف الصفات الرياضية للأشكال المصنوعة بواسطة الطى،

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

والتي قادت إلى مزيد من الدراسة المعقدة لأشكال الأوريجامي من خلال التركيز على نتاج التدرج في خطوات عمل أشكال الأوريجامي والذي يساعد على الوصول إلى ما يعرف باتجاه الأوريجامي الحديث، حيث قطع فكر الأوريجامي شوطاً طويلاً من مجرد توظيفه في أشكال حيوانات ووحدات زخرفية صغيرة ورقية، ثم بدأ علماء الرياضيات عام 1980م بوضع وتطوير قوانين جديدة لمبادئ الطى وتحويل الأفكار إلى قوانين رياضيه يتم تطبيقها على الورق، ونتيجة ظهور علوم الحاسب الآلي والتي ساعدت في وضع أصول هندسية تشرح كيفية انشاء أجسام ثلاثية الأبعاد وتحويل مبادئ الطي من مجرد طي أشكال مسطحة إلى الطى المنحنى وهو ما يعرف الأوريجامي الحاسوبي "Computational Origami" شكل (4)، وقد تم تطبيق هذا الاتجاه من خلال عدم استعمال أي قطع أو لصق في مسطح الورق، ومن أهم رواد هذا الاتجاه دكتور دايفيد هوفمان "David Huffman" و كواساكى "Kawsaki".
(رحمة أحمد، 2015، صـ4)

شكل (4) يوضح منحوتة أوريجامية بعنوان "Natural Cycles" - توضح تقنية الأوريجامي الحاسوبي - للفنانين أريك ديمين Erik Demaine ومارتن ديمين Martin Demaine
(رحمة أحمد، 2015، صـ5)

ثانياً: التصميم الأوريجامي (مفهومه- أساسياته- أنماطه- تقنياته):

مفهوم التصميم الأوريجامي:

يُعرف التصميم الأوريجامي بأنه تشكيل قطعة ثنائية الأبعاد إلى شكل ثلاثي الأبعاد محدد ذو خصائص تشكيلية محددة بواسطة القطع والطي. وهو مجموعة من الأسطح المستوية في نظام معين، ولذلك يُقدم الأوريجامي على أنه مجموعه من (الأسطح، والأنظمة)، وفي تصميم الأوريجامي يتم استخدام الأسطح لإنشاء بناء أو هياكل مستقرة أو إنشاء حركة سطح ديناميكية والتي تعمل على دمج أجزاء في شكل كلي غير متماثل، وتصميم الأوريجامي هو تصميم ثلاثي الأبعاد نحصل عليه من خلال سطح ثنائي الأبعاد، كما يتطلب التصميم ثلاثي الأبعاد القدرة على التصور أو التخيل للشكل ذهنياً بشكل كامل وتغيراته في جميع الاتجاهات، وكذلك استكشاف تأثير الكتلة، وطبيعة المواد المختلفة، وعلاقة الفراغات والعمق، والشكل الأوريجامي يجمع بين الخطوط المستقيمة أو الخطوط المنحنية أو كلاهما والأسطح متعددة الأضلاع، وطي الورقة يؤدي إلى أشكال متنوعة يمكنها بسهولة أن تتحول إلى شيء استخدامي من خلال عملية بسيطة، كما يتسم التصميم الأوريجامي بمجموعة من السمات العامة تتلخص في: الوحدة Unity، البساطة Simplicity، التجريد Abstraction، الليونة Pliancy، النمطية Modularity.
(سناء عبد الجواد، 2016، صـ1711، 1712)

أساسيات التصميم الأوريجامي:

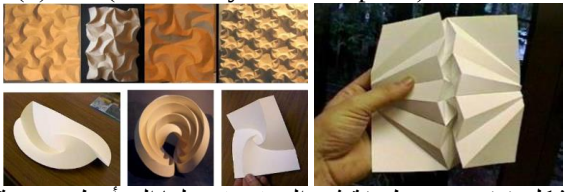
مبادئ التصميم هي الأدوات التي تُستخدم لتنسيق عناصر التصميم، حيث تتشكل أشكال الأوريجامي الشكلية أو شبه الشكلية من خلال النظر في مبادئ مثل التكرار والتدرج والإشعاع، والتي يتم الحصول عليها من خلال قواعد التماثل والتناظر، ولكن بالدراسة والتحليل نجد أن هناك علاقة قوية ووثيقة في جوهر كلا الاتجاهين، فكل منهما يعتمد على المنطق الرياضي وعمليات التكرار والتدرج والتماثل وأثرها الفعال في تطوير العملية الابتكارية لعملية التصميم، كما يعتمد الأوريجامي على عدد من القواعد العامة هي في الأصل مفاهيم اساسية في اساسيات التصميم، وتتخلص في:
(Mona Sayed, 2020, p619)

1- **التكرار "Reptation":** هو قاعده اساسية للتصميم اعتمدت عليها الطبيعة في بناء اشكالها، وهو يكون للخط والنقطة والشكل أو اللون، كما أن التصميم باستخدام قواعد الأوريجامي أعتمد على التكرار في كثير من اشكاله.
2- **التدرج "Gradation":** هو عملية تتابع للوحدة، أو الخط، أو الفراغ، أو اللون. يختلف عن التكرار في وجود نمط في التغيير – بالزيادة او النقصان – للانتقال من وحده للوحدة التي تليها.
3- **الإشعاع"Radiation":** هو يمثل ارتباط عناصر التصميم وانطلاقها من نقطة أو خط أو مساحة محدده، وهو يناسب تقنيات الطي من خلال تنوع الناتج عن تغير الخط الخارجي للشكل اثناء عملية الطي وأثره على التصميم.
4- **التماثل "Symmetry":** هو العلاقة بين الجزء والجزء وبين الجزء والكل، وهذه العلاقة تخضع لمنطق رياضي، وهناك نوعان أساسيان للتماثل هما التماثل الانعكاسي Reflection symmetryوالتماثل الدوراني Rotational symmetry.
5- **التساوي الهندسي"Isometry":** هو عملية هندسية تعمل على حفظ الأبعاد بين الخط أو الأشكال، وهو فعلياً شكل من اشكال التماثل، ويتكون من أربعة أنماط أساسية هي الانتقال والانعكاس والالتفاف والحركة المزدوجة من الانعكاس والانتقال معاً، وهو أيضا أحد نتائج تقنية الطي والثني المتكرر.
(أشرف حسن، 2018، صـ87، 88)

أنماط التصميم الأوريجامي:

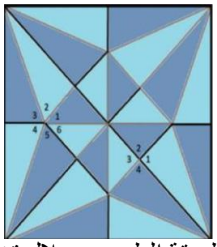
1- الطي الهندسي "Folding Geometries": لم يعد الأوريجامي مجرد تنفيذ أشكال جميلة من الكائنات والمجسمات، فمنذ عام 1980م بدأ علماء الرياضيات برسم القوانين القابلة للطي، وتحويل الكلمات والمفاهيم إلى قواعد جبرية ومبادئ الهندسة الحسابية التي تم تطبيقها بشكل كبير في تصميم الأوريجامي، حيث يعتمد على الحسابات الرياضية في تصميم الطيات، ومنها تم تطوير الكثير من المنتجات في مجالات متعددة بداية من التصميم المعماري وتصميم الأسقف المعدنية المتحركة وتصميم الوسائد الهوائية في السيارات ووحدات الأثاث، وتطوير أدوات مختلفة اعتمدت على حساب الأحمال رياضياً وتصميم الطيات بمنطق هندسي.
(Mona Sayed, 2020, p620)

2- الطي بالخطوط المنحنية" Embedded Folding Geometry": هو شكل آخر من اشكال الطي في الأوريجامي يمكن من خلاله الحصول على منحنيات وأسطح منحنية متنوعة، ومن أشهر الفنانين الذين قاموا بعمل منحنيات على الورق وطيها لتشكيل أسطح منحنية هما فيرناندو سيرا "Fernando Sierra" وبولي فريتي "Polly Verity"، وفيليب تشابمان" Philip Chapman"، ويمكن من خلال عمليات الطي لتكوين الاسطح المنحنية الانتقال من سطح مستوى إلى سطح منحني مفتوح ثم إلى سطح منحنى مغلق تماماً، ويمكننا تحقيق ذلك بطريقتين الأولى من خلال مسطح منحني يتم طيه Curve - Fold Tessellations أو طي الخطوط المستقيمة ولكن يكون الطي نفسه على شكل منحنى The fold-lines are straight، وآليات الطي والفرد نفسها تفتح مجالاً واسعاً للتطوير في المجال الهندسي والرياضي لما تحمله من مرونة وسرعة في عرض وتطوير الأفكار من خلال قصاصات الورق.(Mona Sayed, 2020, p621) شكل (5)



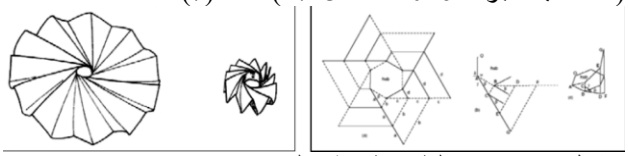
شكل (5) يوضح طريقة ثني الورق وتحويلها إلى أسطح منحنية "Embedded Folding Geometry"
(سناء عبد الجواد، 2016، صـ1713)

3- الطي لتكوين مجسمات " Flat Foldability": هو عبارة عن الطي بتغيير الزوايا لتحقيق تنوع في الأسطح والمستويات، والطى عن طريق إخفاء بعض المساحات لتشكيل المجسم بطريقة الحذف (Non-flat foldable form). (سناء عبد الجواد، 2016، صـ 1713) شكل (6)



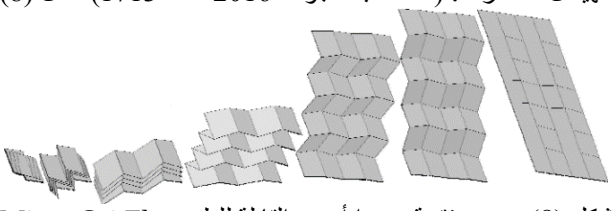
شكل (6) يوضح طريقة الطي من خلال تغيير الزوايا " Flat Foldability" (Mona Sayed, 2020, p622)

4- الطي بطريقة الالتفاف "Wrapping Fold": وفيه يتم الالتفاف حول مركز سواء نقطة، أو دائرة، أو مربع، أو محورهما. (سناء عبد الجواد، 2016، صـ 1713) شكل (7)



شكل (7) يوضح الطي بطريقة الالتفاف " Wrapping Fold " (Mona Sayed, 2020, p624)

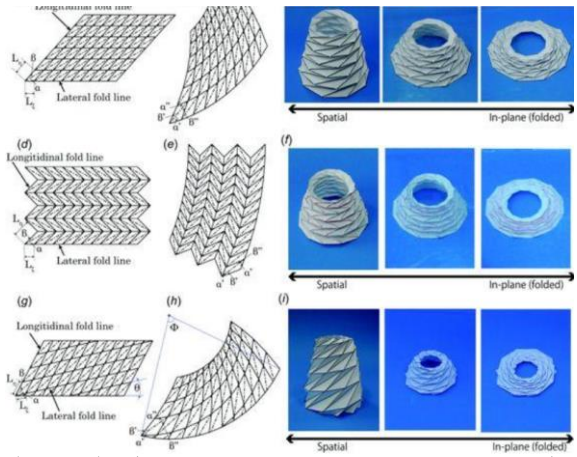
5- أوريجامي الفسيفساء"Origami Tessellations": في هذا النوع يتم تغطية المسطحات بوحدات تكرارية متماسكة لاتحتوي أي فراغات، وتتميز بثراء وتنوع الأسطح، واستخدمت على نطاق واسع في تصميم المظلات والأسقف المتحركة فيما يعرف العمارة الحركية (Kinetic Architecture)، وأشهرها ما يعرف بتقنية ميورا أوري القابلة للطي Miura Ori Flat Folding " Technique"، وهو نوعان (Flat foldable- Rigid foldable)، حيث استخدمت على نطاق واسع في العمارة وخاصة الهياكل المتحركة. (سناء عبد الجواد، 2016، صـ 1713) شكل (8)



شكل (8) يوضح تقنية ميورا أوري القابلة للطي Miura Ori Flat Folding Technique (Mona Sayed, 2020, p622)

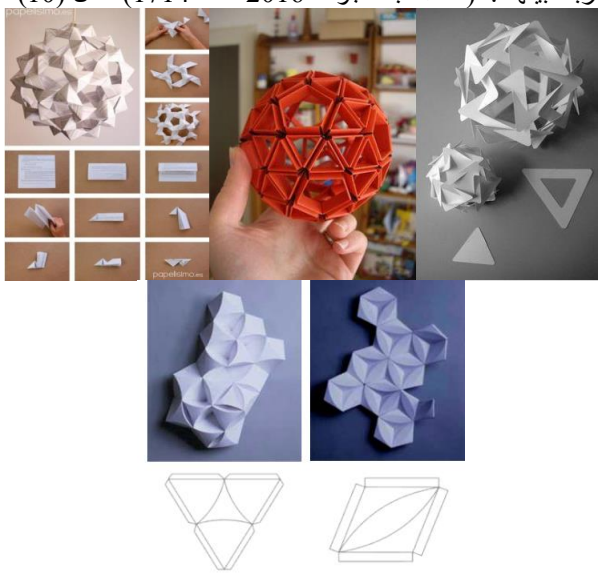
6- الأوريجامي المستوحى من الطبيعة " Nature-inspired Origami": الأوريجامي يعكس إمكانية إحداث متغيرات على شريحة من الورق المسطح لتحويلها إلى مجسم ثلاثي الأبعاد ومستوحى من الفراغات الهندسية من خلال بناء العناصر الطبيعية وتحليلها، ويهدف إلى تطوير الأشكال الوظيفية باستخدام ديناميكية الأوريجامي في الطي والفرد أو الشد وابتكار أشكال تتميز بالصلابة أو القوة وخفيفة الوزن من خلال محاكاة أنماط البناء في الطبيعة، كما يعتمد هذا النمط على بعض العناصر الطبيعية وتحليلها مستخدماً مساقطها الأفقية الناتجة عن قوانين هندسية ثابتة.
(أشرف حسن، 2018، صـ 80)

7- أوريجامي الأسطوانة الحلزوني" Helically Triangulated Cylinder": تم تحليل هذا النمط من الطي في عام 1994م بواسطة (Pellegrino and Guest)، ونفذ نماذج مماثلة مصمم الباوهاوس جوزيف ألبير Josef Albers وهي ناتجه عن عمليات من الطي والفرد العكسي(Fold & Unfold) . (Mona Sayed, 2020, p623) شكل (9)



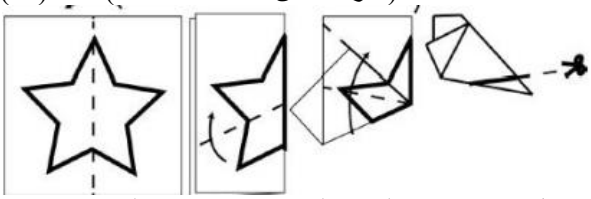
شكل (9) يوضح ثلاثة تصاميم بسيطة مرتبة بشكل حلزوني على شكل اسطوانة (Mona Sayed, 2020, p624)

8- الأوريجامي المعياري "Modular Origami": يعتمد على تكرار وحده قياسية بسيطة البناء تتجمع لتكوين أشكال أكثر تعقيداً، وهي تكون متطابقة كلياً في العمل أو متكررة بنمط محدد، ويتم على عدة مراحل باستخدام نظام الشرائح المتعددة، حيث يتم تصميم وطي كل وحدة بشكل منفصل وقياسي، ثم يتم تجميعهم بواسطة وحدة نمطية أخرى، أي أنها تقسم إلى وحدات لتصميم السطح ووحدات للربط بينهما. (سناء عبد الجواد، 2016، صـ 1714) شكل (10)



شكل (10) يوضح الأشكال الناتجة عن طيات الأوريجامي المعياري (Mona Sayed, 2020, p625)

9- الكيريجامي المعتمد على نظرية التقطيع" Kirigami based on cutting theory": وهو مصطلح ياباني يعنى قطع الورق، ومن أشهر من استخدم هذه التقنية طلاب مدرسة الباوهاوس في تصميماتهم، حيث قام جوزيف ألبير "Josef Albers" بتصميم الكثير من الأعمال بتلك التقنية، كما تستخدم أيضاً في التصميم المعماري حيث تتميز بإمكانية خلق تنوع في الأسطح.
(أشرف حسن، 2018، صـ 85) شكل (11)



شكل (11) يوضح الطي والقص باستخدام نمط الكيريجامي (أشرف حسن، 2018، صـ 85)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

تقنيات تصميم الأوريجامي " Origami Design Technique":

هناك أنواع مختلفة من الأوريجامي وتصنيفات متنوعة، بعضها يعتمد على تقنية الطي، أو نتيجة عملية الطي، أو مصدر التقنية، أو تصنيف هيكل الأوريجامي حسب عدد الشرائح الورقية المستخدمة في التشكيل، وهي إما باستخدام شريحة واحدة في التشكيل (Transformable) employable Planar Structures أو استخدام أكثر من شريحة من الورق في التشكيل أو البناء وهو ما يسمى (Modular Structure)، ومن التقنيات المستخدمة في التصميم الأوريجامي:

1- **الطي Folding:** هو التقنية الأساسية في الأوريجامي والتي يتم من خلالها التشكيل بالخط والثني والتجعيد، وهناك أربعة طرق لتطوير التصميم بطريقة الطي تعتمد في اختيارها على خبرة المصمم ورؤيته، وتتلخص هذه الطرق في:

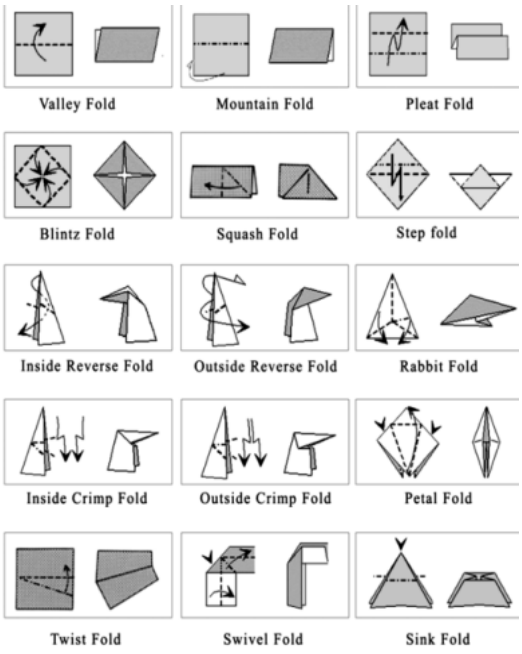
أ. **الطي اليدوي:** وهي طريقة أساسية للتعبير عن الأفكار الأولية بشكل سريع لأنها كثيراً ما تفتقد إلى الدقة والنمطية في النتائج بسبب عدم الاعتماد على القياسات الدقيقة.

ب. **الطي بالاستعانة بالأدوات الهندسية:** تستخدم فيها الأدوات الهندسية وأدوات القطع المختلفة، وتتم عن طريق رسم وقطع ما يلزم في التصميم، وتعتبر من الطرق التي تعطي نتائج سريعة جيده.

ج. **استخدام الحاسب الآلي في تصميم الطيات:** من أهم تتميز به هذه الطريقة هو التنوع والمرونة في تغيير وتعديل التصميم والتكبير والتصغير وامكانات الجذب والشد بأحد الاتجاهات ومتغيرات الشكل الناتجة عن كل تلك الأدوات.

د. **الطريقة المختلطة في الطيات:** وهي الأكثر انتشاراً، حيث يعتمد المصمم على الطرق الثلاث السابقة لتنفيذ تصميماته، ومعظم الأعمال تمت بهذه الطريقة المجمعة. (أشرف حسن، 2018، صـ90)

2- **الفرد Unfolding:** هو تقنية تُتبع بعد عملية الطي للحصول على مستويات متنوعة، حيث يتم فرد الورق بعد الطي فيحتفظ بتأثير الطيات. (سناء عبد الجواد، 2016، صـ 1712) شكل (12)



شكل (12) يوضح أنواع الطي والفرد الأساسية للأوريجامي
(سناء عبد الجواد، 2016، صـ 1712)

ثالثاً: الأوريجامي كاتجاه تصميمي للواجهات المعمارية (تطبيقاته - نتائجه - مستقبله):

قد تبدو هندسة الأوريجامي وكأنها اتجاه حديث، إلا أن جذورها تعود إلى الثمانينيات، حيث كان المهندس المعماري الياباني ماساهيرو شاتاني "Masahiro Chatani" من أوائل الرواد الذين قاموا بتكييف تقنيات الأوريجامي في الأشكال المعمارية، وأظهرت تجارب شاتاني المبكرة الإمكانات الهائلة لطيات الورق وتجاعيده للتعبير المعماري، وفتح ذلك طرقاً لترجمة تعقيد وجمال هندسة الأوريجامي إلى أساليب ومواد بناء جديدة، ومنذ تعديلات شاتاني الرائدة اكتسبت هندسة الأوريجامي اهتماماً وزخماً عالمياً بشكل مطرد، واليوم تعمل تصميمات المباني المصنوعة من الأوريجامي على دفع حدود الإبداع والأداء المعماري في جميع أنحاء العالم، وتنقسم الواجهات المعمارية الأوريجامية إلي:

1- **واجهات أوريجامية ثابته "Static Origami"**: غالباً ما يُستخدم هذا النوع كقوة هيكلية بدون حركة بمجرد طيها أو صنعها، ويستخدم هذا النوع إما في المباني المؤقتة أو لأغراض الاستدامة في المباني.

2- **واجهات أوريجامية متحركة "Dynamic Origami":** في المباني الديناميكية، هناك مجال لتصميم واجهة معمارية أكثر حركة واستجابة، بحيث تتغير واجهة المبنى أو في بعض الحالات هيكل المبنى نفسه كاستجابة لعوامل الموقع المحيط به. (أشرف حسن، 2018، صـ91-92)

بعض تطبيقات التصميم الأوريجامي في الواجهات المعمارية:

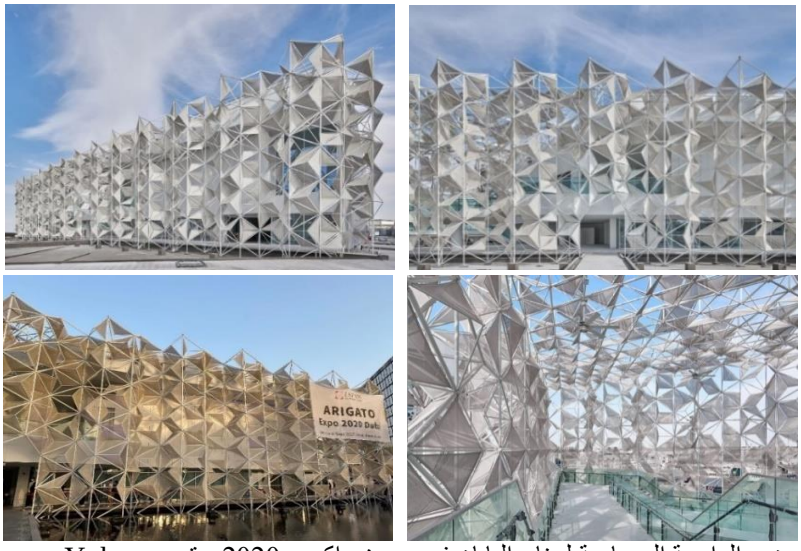
1- واجهة جناح اليابان بمعرض اكسبو 2020 دبي" Japan's Pavilion for Expo 2020 Dubai":

في معرض إكسبو 2020 في دبي، تم الكشف عن واجهة جناح اليابان الذي صممته شركة ناجاياما يوكو"Nagayma Yoko" وشركاه، ويركز هذا الجناح على موضوع الارتباط بين الأنماط اليابانية والعربية التقليدية الذي ينعكس من خلال أشكال هندسية نحتية ثلاثية الأبعاد، كما تجمع الواجهة ثلاثية الأبعاد بين أنماط الأرابيسك والأسانوها الياباني Asanoha، وتشير أيضاً إلى فن الأوريجامي الياباني التقليدي، وفيما يتعلق بالارتباط الثقافي أخذت نقطة البداية من أوجه التشابه التي يمكننا رؤيتها بين الأنماط الهندسية في الشرق الأوسط واليابان، حيث كان الهدف هو إظهار الارتباط بين الثقافتين من خلال تصميم شبكة هندسية ثلاثية الأبعاد مستوحاة من القواسم المشتركة بين الأنماط اليابانية والعربية التقليدية.

(Andrea Cutieru, https://www.archdaily.com)

وتمشيا مع تركيز إكسبو 2020 دبي على الاستدامة، يتضمن نظام التبريد في الجناح تقنيات صديقة للبيئة مستوحاة من تقاليد الثقافتين، حيث تحمي المادة الرقيقة للواجهة التي تشبه الورق الياباني الجناح من أشعة الشمس المباشرة، بينما تساعد بركة المياه الضحلة أمام المبنى على تبريد المنطقة.

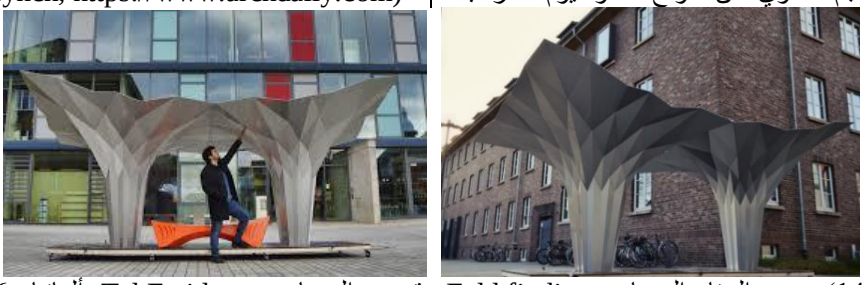
فقد تم اختيار المشروع لطابعه النحتي المميز وهندسته الفريدة حيث يجمع بين فكر الأوريجامي النحتي والهندسي لتكوين الهيكل المعماري للجناح مما يضفي عليه تأثيرات بصرية وجمالية من خلال الضلال الناتجة عن المنحنيات والطيات النحتية، وتم تسليط الضوء عليه باعتباره أحد المعالم البارزة في المهرجان، واستناداً إلى مفهوم النمط واستخدام تقنية الأوريجامي، ينفتح الجناح على محيطه، حيث ثير الواجهة الأوريجامية تفسيرات جديدة للمساحة والنشاط في الساحة، كما يتغير الجناح والمناطق المحيطة به طوال النهار وأثناء الليل مع اختلاف الإضاءة.(Andrea Cutieru, https://www.archdaily.com) شكل (13)



شكل (13) يوضح الواجهة المعمارية لجناح اليابان في معرض اكسبو 2020 - تصميم Nagayma Yoko - دبي
(Andrea Cutieru, https://www.archdaily.com)

2- الواجهة المعمارية لجناح الأوريجامي " Origami , Fold finding Pavilion":

المشروع عبارة عن جناح مستوحى من فن الأوريجامي المطوي من ألواح الألمنيوم الصلبة، من تصميم المعماري تال فريدمان " Tal Freidman"، حيث يقدم المشروع نهجاً جديداً لبناء هياكل مطوية ذاتية الدعم ذات قشرة رقيقة، ويحاول المشروع أخذ العناصر المميزة لطي الأوريجامي وتطبيقها على نطاق معماري، حيث تم إنشاء جناح كامل الحجم مطوي من ألواح الألومنيوم المركب المصممة بشكل أوريجامي لتُطوى على شكل زهرة، وباستخدام هذه المبادئ تم عمل تصميم لتقريب نمو الزهرة التي توضح آلية الدعم الذاتي ذات القشرة الرقيقة الفعالة، كما تم إنشاء وحدة متغيرة أساسية قابلة للطي يمكن التلاعب بها حدودياً من أجل تشكيل نمط سلس، ويتضح التشكيل النحتي في الجناح المعتمد علي تقنيات الأوريجامي لتكوين هيكل معماري ذو طابع فريد ومميز يجمع بين الجمال والوظيفية.
(Patric Lynch, https://www.archdaily.com) شكل (14)



شكل (14) يوضح الجناح المعماري Fold finding - تصميم المعماري Tel Freidman- ألمانيا - 2016م
(Patric Lynch, https://www.archdaily.com)

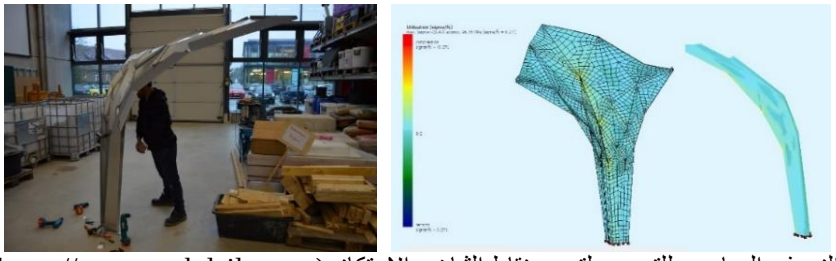
يحاول هذا المشروع استكشاف القيم الإنشائية والجمالية للهياكل المطوية المستوحاة من الأوريجامي، وهو أول هيكل مطوي بشكل كامل ذاتي الدعم يستخدم تقنيات طي الورق اليابانية التقليدية ويتم طيه حتى يستقر دون وجود بنية تحتية داعمة، وبالتالي فهو يشتمل على غلاف رقيق بسيط لا يمكن إضافة أو طرح أي شيء منه، باستخدام صلابة سطحه كأساس هيكلي له، ويستند النموذج على مبادئ الأوريجامي التي تم تصميمها بسماكة صفرية وتم تحسينها حسابياً من أجل معالجة سماكة المواد وقيود التصنيع مع إنتاج واجهة ذات مظهر سلس يشبه النموذج الأصلي ذو السماكة الصفرية، وعلى النقيض من الأوريجامي الكلاسيكي الذي تم تصميمه من نمط ثنائي الأبعاد، تم تصميم هذا المشروع بالكامل في الفضاء ثلاثي الأبعاد، حيث يتألف الشكل النهائي المستوحى من تقنيات الأوريجامي من وحدتي "زهرة" تم ربطهما معاً لتشكيل هيكل بوابة يشبه مخطط التوري الياباني[1] "Japanese Torri" في الثقافة اليابانية وخاصة في الشنتو Shinto.(Khaled Saeed, https://www.arch2o.com) شكل (15)

شكل (15) يوضح النموذج المبدئي لجناح Fold finding (Patric Lynch, https://www.archdaily.com)

يستمد الهيكل ثباته من صلابة الأسطح ومن خلال تثبيت زوايا الطيّ في المواقع الرئيسية، حيث يمكن الوصول إلى هيكل مستقر من الناحية الإحصائية، كما تم تقييم نموذج رياضي من أجل تشخيص نقاط الثبات، أما عن التحليل الهيكلي فقد تم تحليل نموذج حسابي باستخدام طريقة العناصر المحدودة، ونظراً للطبيعة المعقدة للصفائح المجعدة المركبة تم تطوير نهج فريد من نوعه على رأس الصيغ الأساسية لعناصر الأغلفة الرقيقة من أجل تقييم السماكة المتباينة بدلاً من التعامل معها كعنصر غلاف رقيق بسيط، وهذا يتطلب تحليلاً غير خطي. (Khaled Saeed, https://www.arch2o.com) شكل (16)

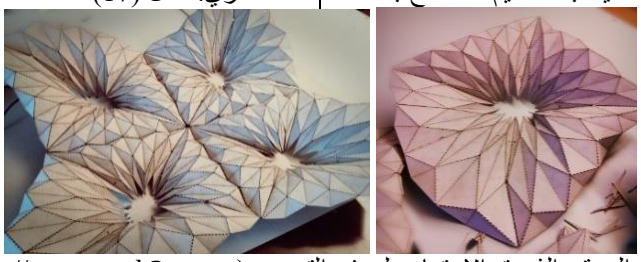
[1] التوري الياباني: هو هيكل من الخشب في الأغلب على شكل بوابة، يتم عن طريقه تحديد المداخل إلى المزارات الشنتوية، تتألف هذه الأروقة المفتوحة من عمودين منتصبين يحملان عارضتين أفقيتين، يتم في بعض الأحيان إضافة لوحة خشبية تحمل بعض الكتابات بين العارضتين. تستعمل عدة مواد في صنع التوري، إلا أن الخشب يبقى المادة المفضلة.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



شكل (16) يوضح النموذج الرياضي للتصميم لتحديد نقاط الثبات والإرتكاز (Patric Lynch, https://www.archdaily.com)

أما عن النموذج الورقي، فقد تم تصميم وبناء نماذج ورقية مختلفة، بدءاً من الورق الرقيق وزيادة سمك المادة تدريجياً حتى تم إنشاء نموذج أوريجامي يمكن استخدامه لاستيعاب تصميم الصفائح بسمك 4 مم، في هذا المشروع تم تطوير وحدة "الزهرة" التي تم تصميمها بناءً على قيود التصنيع، ومن ثم تحسينها من أجل سلامة الهيكل المعماري. شكل (17)



شكل (17) يوضح النموذج الورقي الذي تم الاعتماد عليه في التصميم (Khaled Saeed, https://www.arch2o.com)

3- الواجهة المعمارية لمبني Pleats.M:

تم التخطيط للمبنى المكون من طابقين والذي أطلق عليه اسم Pleats.M، ليكون الأول في سلسلة من مراكز الزواج لعلامة تجارية جديدة لحفلات الزفاف في مدينة سايتاما Saitama باليابان ، لذا طُلب من المعماري هيرونكا أوجاوا "Hironaka Ogawa" أن يبتكر هوية قوية للعلامة التجارية يمكن إعادة استخدامها في مواقع أخرى، ويوضح المهندس المعماري قائلاً: "لإضفاء الروعة على مركز الزفاف، قدمت فكرة الجدران ذات الطيات النحتية المستوحاة من فن الأوريجامي، حيث يمكن أن تتناسب الطيات مع أي شكل من خلال التمدد والتقلص، ولذلك فإن الجدران ذات الطيات مثالية ليس فقط لهذا المشروع، ولكن أيضاً للمشاريع المستقبلية في المواقع التي لم يتم تحديدها بعد".)

Amy Frearson, https://www.dezeen.com)

في البداية قام المعماري هيرونكا أوجاوا "Hironaka Ogawa" بتصميم واجهة معمارية مغلقة تماماً لكي تغلق الضوضاء الناجمة عن حركة المرور الكثيفة على الطريق العام مما يضفي طابعاً جذاباً غير عادي، فقام بتصميم واجهة معمارية من الجدران المطوية المستوحاة من فن الأوريجامي، حيث شكلت الجدران ذات الطيات الفريدة هيكل معماري ذات طابع نحتي مثير بصرياً.

(Daici Ano, https://www.dezeen.com)

بالإضافة إلى ذلك، تُحدث الطيّات ظلالاً تتغير ببطء مع تغير الشمس مما يزيد من خلق مظهر مختلف في كل موسم، حيث يتميز الجدار ذو الطيات بنمط معكوس على نظيره الخلفي، ولذلك حتى الجدار الواحد ذو الطيّات يُظهر مظهراً مختلفاً من الخارج والداخل في وقت واحد. (Daici Ano, https://www.dezeen.com) شكل (18)

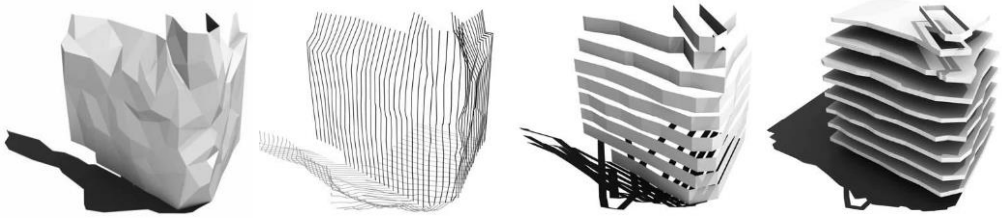
شكل (18) يوضح الواجهة المعمارية لمبني Pleats.M - تصميم المعماري هيرونكا أوجاوا "Hironaka Ogawa" - اليابان - 2012م
(Amy Frearson, https://www.dezeen.com)

4- الواجهة المعمارية لمبنى وزارة الصحة في بلباو Basque Health Department Headquarters in Bilbao" ":

يتميز مبنى وزارة الصحة في بلباو بإسبانيا والذي صممته شركة "Coll-Barreu Arquitectos" بواجهة زجاجية مطوية معقدة، تم تشييد المبنى في عام 2004م، ويحتوي على مستويات وزوايا تم إنشاؤها من خلال الطيات والتجاعيد بطريقة استراتيجية، حيث تتحكم هذه الواجهة المستوحاة من فن الأوريجامي في المناظر وأشعة الشمس التي تدخل المبنى كما تم تصميم السطح الزجاجي ذو الأوجه والطيات بطريقة فريدة مستوحاة من فن طي الورق مما يعطى المبني طابع نحتي من خلال الطيات والزوايا.

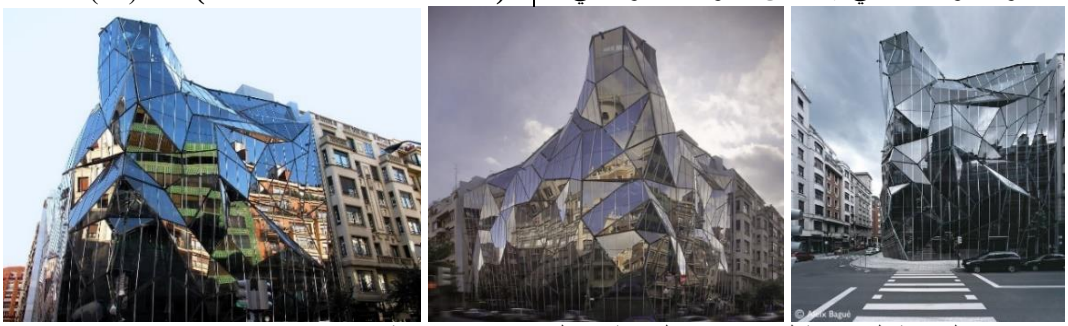
(Brezezicki Marcin, https://www.e-architect.com)

شكل (19)



شكل (19) يوضح خطوات تصميم الواجهة المعمارية لمبني وزارة الصحة عن طريق برامج الحاسب الآلي
(Brezezicki Marcin, https://www.e-architect.com)

هذا المنشور الزجاجي كواجهة ليس ملفتاً للنظر فحسب، بل إنه يعزز أيضاً تدفق الهواء دون عائق عبر الهيكل، مما يتجنب استخدام أنظمة تكييف الهواء، وهذا بالتالي يقلل من التلوث الضوضائي، فجمعت هذه الواجهة المعمارية بين الجماليات التشكيلية النحتية والوظيفية المعمارية. Marcin, https://www.e-Brezezicki architect.com) شكل (20)



شكل (20) يوضح الواجهة المعمارية لمبنى وزارة الصحة في بلباو - تصميم شركة Coll-Barreu Arquitectos -اسبانيا - 2004م (Isabelle Lomhot, https://www.e-architect.com)

5- الواجهة المعمارية لمجمع متاحف كارويزاوا Karuizawa: Museum Complex

تم تصميم مجمع متاحف كارويزاوا Karuizawa Museum في مدينة ناغانو Nagano باليابان من قبل أتيلية ياسوي هيديو "Yasui Hideo" وافتتح في عام 2011م، وقد صُممت الأشكال الهندسية المستوحاة من فن الأوريجامي لمجمع مباني المتحف لتتعايش بانسجام مع الريف الياباني الجبلي المحيط به، وتم دمج العناصر المعمارية اليابانية التقليدية بسلاسة مع الطيات الهندسية الحديثة.(Erika Kim, https://www.designboom.com)

فقد كان هدف ياسوي هيديو "Yasui Hideo" هو توليد تباين متعمد، وإنشاء مبنى من خلال الطي المستمر للأسطح مثل ورق الأوريجامي، وبالتالي فإن هذا التصميم الذي قام المهندس المعماري باستنساخه أولاً على الورق ثم عن طريق طي الغلاف المعدني للمبنى إلى أجزاء مثلثة مختلفة بني على مفهوم ثقافة الفن الياباني من أجل إنشاء هندسة معمارية تناسب المتحف الذي يحتوي على قطع فنية يتم تقييمها دولياً، هذه الحرف اليابانية مثل "الأوريجامي" أو "مروحة السنسو Sensu fan " أو "شاشة البايوبو Byobu screen" التي يتم إنشاؤها من قطعة واحدة فقط من الورق، ولها إمكانية لا نهائية للتشكيل بأشكال مختلفة، كما أنها تتشابه مع التصميم الهندسي الغربي، حتى أنها تؤدي إلى الفن الحديث بأصالتها وجمالها، فنجد هنا أن استخدام فن الأوريجامي أضاف لمسة إبداعية على الواجهة المعمارية من خلال استخدام الأشكال الهندسية والزوايا الحادة مما يخلق تأثيرات بصرية من خلال الطيات النحتية تعزز القيمة الجمالية. شكل (21)

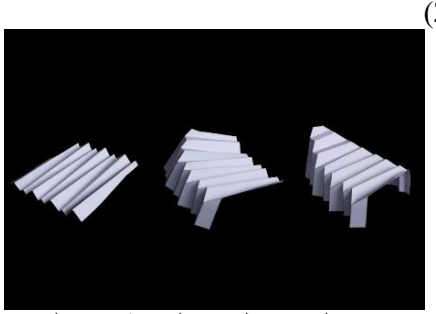
شكل (21) يوضح الواجهة المعمارية لمجمع متاحف كارويزاوا - تصميم أتيلية ياسوي هيديو "Yasui Hideo" - اليابان - 2011م (Erika Kim, https://www.designboom.com)

6- الواجهة المعمارية لمبنى كنيسة مؤقتة لراهبات سانت-لوب "Temporary chapel for the Deaconesses of St.Loup":

كانت كنيسة القديس لوب في بومبابل (سويسرا) أول بناء كامل الحجم بتصميم يعتمد على طرق توليد الأشكال المعمارية التي تم تطويرها في مختبر البناء الخشبي IBOIS، احتاجت راهبات دير القديس لوب إلى هيكل مؤقت للأنشطة الدينية لمجتمعهن خلال عملية تجديد واسعة النطاق للدار الأم، وقد وفّر هيكل الألواح المطوي من ألواح الخشب المصفح المتقاطع حلاً مثالياً، حيث سمحت أداة توليد النماذج بدمج التصميم الإنشائي والإنتاجي منذ البداية في عملية التخطيط، لذلك استغرق المشروع بأكمله أقل من 6 أشهر من البداية إلى النهاية وتم بناء الكنيسة في أقل من شهرين. (Meyer and others, 2015, p643)

في صيف عام 2007، مُنحت شركة Local architecture والمهندس المعماري دانيلو موندادا "Danilo Mondad" عقداً لتجديد تصميم البيت الأم لجماعة الراهبات في سانت لوب، فقام الفريق بتطوير هيكل المبنى باستخدام الألواح الخشبية، مما يجعل من الممكن تغطية مساحات كبيرة بمقاطع دقيقة، في البداية تم إنشاء الشكل باستخدام الحاسب الآلي حتى يتم حساب الهيكل الحامل ويحدد الأبعاد وينقل هذه المعلومات إلى الآلة التي تقطع الألواح الخشبية، والتي يبلغ سمكها 6 سم. (Meyer and others, 2015, p644)

شكل (22)



شكل (22) يوضح التصميم المبدئي لكنسية سانت لوب (Meyer and others, 2015, p643)

وكانت النتيجة هي الانتقال من مساحة أفقية إلى مساحة عمودية تتميز بإيقاع الطيات، حيث تمكّنت الألواح الخشبية الضخمة للكنيسة الصغيرة والتي تم ربطها بألواح معدنية مطوية مثبتة بمسامير على الألواح الخشبية، من بقاء الهيكل مستقيماً دون إطار خطي تقليدي، حيث جاء التصميم يخلق مساحة تتنوع أبعادها الأفقية والرأسية عبر سلسلة من الطيات الشبيهة بطيات الأوريجامي التي تعطي إيقاعاً للمبنى من الداخل والخارج، كما يولد الحجم المطوي مساحة أفقية عريضة عند المدخل قبل أن ينغلق ويرتفع ليصبح عمودياً باتجاه مركز الكنيسة، وتعكس كل طية في الواجهة الضوء بشكل مختلف، وبالتالي تؤكد على تدرج واستطالة الحجم. شكل (23)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

شكل (23) يوضح الواجهة المعمارية لمبنى كنيسة مؤقتة لراهبات سانت لوب- تصميم شركة Local architecture والمعماري Danilo Mondad - سويسرا- 2008م (Meyer and others, 2015, p643)

7- الواجهة المعمارية لكوخ الألواح المطوية في أوساكا "Folded-Plate Hut in Osaka":

شُيد الكوخ ذو الألواح المطوية من أجل مهرجان أكوا متروبوليس "Aqua Metropolis" في أوساكا 2009م، وهو واحد من العديد من الهياكل المؤقتة التي صممها مكتب ريويتشي أشيزاوا "Ryuichi Ashizawa" للهندسة المعمارية، ويقع في حديقة ناكانوشيما في أوساكا، تم تصميم الكوخ المستوحى من الأوريجامي والذي استضاف حفلات موسيقية ومسرحية، حيث يتألف من الألواح الخشبية القابلة للطي، وهي نظام يستخدم ألواح مسطحة أو مائلة في اتجاهات مختلفة ومتصلة على طول حوافها في الأعلى، وتُستخدم هذه التقنية عادةً للأسقف، حيث تستخدم الأسقف اللوحية المطوية مواد أقل وتوفر قدرة أكبر على تحمل الوزن مقارنة بألواح السقف الكبيرة، كما تستغرق أسطح الألواح المطوية وقتاً أقل للتركيب، مما يقلل التكلفة بشكل أكبر، فنجد أن استخدام فكر الأوريجامي في التصميم يمكن أن يقدم حلولاً مبتكرة لتعزيز جماليات الواجهات المعمارية من خلال دمج الأشكال الهندسية المعقدة والمواد الحديثة، فنجد أن الواجهة المعمارية للمبني تجمع بين الطابع النحتي والوظيفي. (Milena Stravici and others, 2015, p676) شكل (24)

شكل (24) يوضح الواجهة المعمارية لكوخ الألواح المطوية في أوساكا - تصميم ريويتشي أشيزاوا Ryuichi Ashizawa - اليابان - 2009م (Milena Stravici and others, 2015, p681)

8- الواجهة المعمارية لمبنى المركز الثقافي في مولهوز فرنسا "Cultural Center in Mulhouse":

أنجز المعماري بول لو كويرنيك "Paul le Quernec" مركزاً ثقافياً في مولهاوس Mulhouse بفرنسا، ورغبةً منه في تجنب مجرد إنشاء مبنى متجانس بين الأبراج السكنية، استخدم المهندس المعماري الفرنسي أشكالاً هندسية مثلثة في تكوين شكل المبنى نتج عنها كتلة ذو أوجه توفر خطوطها ذات الزوايا بنية ديناميكية نحتية، وباستخدام تقنيات الأوريجامي في الواجهة المعمارية نجد أن السطح الخارجي يؤثر على خلق حالة مركبة من الظل والضوء، بينما يحقق الصلابة لهيكل المشروع، ويتخلل الهيكل فتحات مربعة على السطح الخارجي للمبنى تفتح خطوط رؤية توفر نقاطاً مرجعية من داخل المبنى وخارجه.

(Andrea Chin, /https://www.designboom.com) 2013, شكل (25)

شكل (25) يوضح الواجهة المعمارية لمبنى المركز الثقافي في مولهوز - تصميم المعماري المعماري بول لو كويرنيك "Paul le Quernec" - فرنسا - 2013م (Andrea Chin, 2013,/https://www.designboom.com)

9- الواجهة المعمارية لمتحف النار في بولندا " Museum of fire in Poland":

يعد مبني متحف النار في بولندا من تصميم استوديو " OVO Grabczewscy Architekci"، جاءت واجهة المبنى بالكامل مغطاة بصفائح من النحاس اللامع ذي الحواف لخلق انطباع بوجود شعلة من اللهب، صمم استوديو OVO Grabczewscy Architekci متحف النار بعد أن طُلب منه إنشاء جناح ثقافي لمدينة تشوري في جنوب بولندا بالقرب من الحدود التشيكية والسلوفاكية، عندما تأسست المدينة التي تعود إلى القرون الوسطى في القرن الثاني عشر، تم تجريف غابة لإنتاج المساحة المفتوحة، وقد اشتق اسم المدينة من العملية التي استُخدمت لإنشاء هذه المستوطنة السلافية السابقة التي كانت تُدعى زار وتعني (النار أو الحرق أو اللهب) والتي كانت أساس التصميم، ومن الواضح أن المبنى يبدو وكأنه حريق أو ألسنة لهب، كما وصفه المصممان المشاركان في المشروع باربرا "Barbara" وأوسكار غرابشيفسكي " Oscar Grabczewski"، كما تضيء الأضواء العلوية الموضوعة حول محيط المبنى الواجهة العاكسة في الليل، واستخدمت أنماط الأوريجامي في تشكيل الواجهة المعمارية للمبني لخلق أشكال هندسية معقدة تضيف بعداً جمالياً وتشكيلياً فريداً لكتلة المبني. (Jessica Maris, 2015, https://www.dezeen.com) شكل (26)

شكل (26) يوضح الواجهة المعمارية لمتحف النار - تصميم أستوديو OVO Grabczewscy Architekci - بولندا - 2015م (Jessica (Maris, 2015, https://www.dezeen.com

نتائج استخدام الأوريجامي في تصميم الواجهات المعمارية:

1- **النتائج الجمالية لتصميم الواجهات المعمارية الأوريجامية:**

الواجهات المستوحاة من الأوريجامي توفر تصاميم جمالية نحتية فريدة وملهمة، مما يعزز من الجاذبية البصرية للمباني من خلال:

أ. التصميم الأوريجامي يقدم إمكانيات هائلة لتصميم واجهات معمارية نحتية مبتكرة تجمع بين الجمال والوظيفة.

ب. استخدام الأوريجامي يضيف لمسة إبداعية على الواجهات المعمارية من خلال استخدام الأشكال الهندسية المعقدة والزوايا الحادة، مما يخلق تأثيرات بصرية تعزز القيمة الجمالية.

2- **النتائج الانشائية لتصميم الواجهات المعمارية الاوريجامية:**

بالإضافة إلى الجماليات، تمنح أنماط طي الأوريجامي مزايا هندسية:

أ. تقوم الجوانب المائلة لهياكل الألواح المطوية بتوزيع القوى بكفاءة وصولاً إلى الأساسات، كما توفر الأشكال الهندسية المثلثة صلابة استثنائية تحت أحمال القص والانحناء.

ب. تتيح أنظمة الألواح والقشرة المطوية امتدادات خالية من الأعمدة تزيد عن 100 قدم، حيث إن التكامل الهندسي لأنماط الأوريجامي يخلق هياكل قادرة على تغطية واسعة النطاق باستخدام الحد الأدنى من المواد.

ج. الاستقرار الجوهري لهندسة الأوريجامي المثلثة والمتعددة الأضلاع يقاوم التشوه الناتج عن الرياح والزلازل، حيث تعمل الأنظمة المغطاة بالفسيفساء المتشابكة على إنشاء هياكل تشبه الهيكل الأحادي شديدة الصلابة.

د. يتيح الأوريجامي البناء الجاهز، حيث يتم نقل الهياكل بشكل مضغوط ويتم فتحها بسرعة في الموقع، وهذا يسمح بوجود الهندسة المعمارية القابلة للنقل أو المؤقتة. (Jorge C.Lucero, 2024, https://onefoldatatime.com)

3- **نتائج الاستدامة لتصميم الواجهات المعمارية الاوريجامية:**

تعمل تقنيات بناء الأوريجامي على تعزيز الاستدامة بطرق متعددة:

أ. الواجهات المطوية ذات البروزات والطيات لأشعة الشمس والحرارة والوهج، توفر الطيات الحركية تظليلاً ذاتياً لتقليل اكتساب الطاقة الشمسية وتقليل أحمال التبريد.

ب. هياكل السقف والجدران المطوية تلتقط الرياح وتوجهها، مما يسهل وضع الفتحة الإستراتيجية للتهوية المتبادلة وتدفق الهواء، وهذا يقلل من احتياجات التهوية الميكانيكية.

ج. تضيف الجيوب الهوائية الموجودة داخل الواجهات المطوية طبقات عازلة، مما يؤدي هذا إلى تحسين أداء عزل الجدران وكفاءة الطاقة بشكل كبير.

د. تتطلب الهندسة الهيكلية المطوية الفعالة حجماً وموادا أقل للبناء لإحاطة مساحة معينة، كما أن النشر السريع في الموقع يقلل أيضاً من مخلفات البناء. (Jorge C.Lucero, 2024, https://onefoldatatime.com)

المسار المستقبلي لتصميم واجهات معمارية أوريجامية:

1- **على مستوى النانو:** فإن المواد المركبة ذاتية التجميع، ستُمكن من بناء واجهات بناء ذكية ومتكيفة مع البيئة، حيث يوفر الجرافين والمواد ثنائية الأبعاد الأخرى إمكانات طي جديدة فائقة القوة.

2- **التصميم الحاسوبي:** ستسمح الخوارزميات الجديدة بالعثور السريع على الأشكال وتحسين الأشكال الهندسية المعقدة للأوريجامي، كما ستقوم برامج الحاسب الآلي بترجمة نماذج الأوريجامي مباشرة إلى تفاصيل بناء قابلة للتصنيع.

3- **تعدد الوظائف:** سوف ينتقل الأوريجامي إلى ما هو أبعد من الجاذبية البصرية إلى المنفعة متعددة الوظائف، وستعمل آليات الطي التي يتم التحكم فيها بشكل فعال على تمكين المساحات القابلة لإعادة التشكيل والتظليل القابل للتشغيل والتخزين المتكامل.

4- **التكامل السائد:** إن تخفيضات التكلفة إلى جانب فوائد الاستدامة ستجعل من الأوريجامي تكنولوجيا بناء سائدة، وسيتبنى المزيد من المطورين الطي لإنشاء هياكل مميزة وظيفيًا وبصرياً. (Jorge C.Lucero, 2024, https://onefoldatatime.com)

رابعاً: تطبيقات الباحث:

قمت بعمل بعض التصميمات لواجهات معمارية معاصرة مستوحاة من فن الأوريجامي تجمع بين التشكيلات النحتية الجمالية والوظيفية المعمارية، تم تطبيق التصميمات باستخدام بعض برامج الذكاء الاصطناعي، واعتمدت الباحثة في تطبيقاتها على الجمع بين تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي لمواكبة تحديات العصر وتصميم واجهات معمارية مبتكرة مستوحاة من فن الأوريجامي تجمع بين جماليات الفن ووظيفية العمارة.

1- تصميمات لواجهات معمارية باستخدام تطبيق الذكاء الاصطناعي Canva:

تعتمد فكرة التطبيق على ادخال المعلومات المفصلة عن التصميم المراد عمله، ويقوم التطبيق بتنفيذ التصميم من خلال المعلومات المدخلة إليه، ويتميز هذا التطبيق بتنوع المخرجات، ففي كل مرة يتم إدخال بيانات مختلفة أو تغيير صياغتها، ينتج تصميمات متنوعة في الشكل والتكوين المعماري وكذلك جماليات الطيات النحتية، ومن هذه النماذج ما يلي:

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

أ- قمت بكتابة تصميم لواجهة معمارية لمبني عام مستوحى من فن الأوريجامي المعاصر يجمع بين العمارة وفن النحت، فظهرت التصميمات التالية:

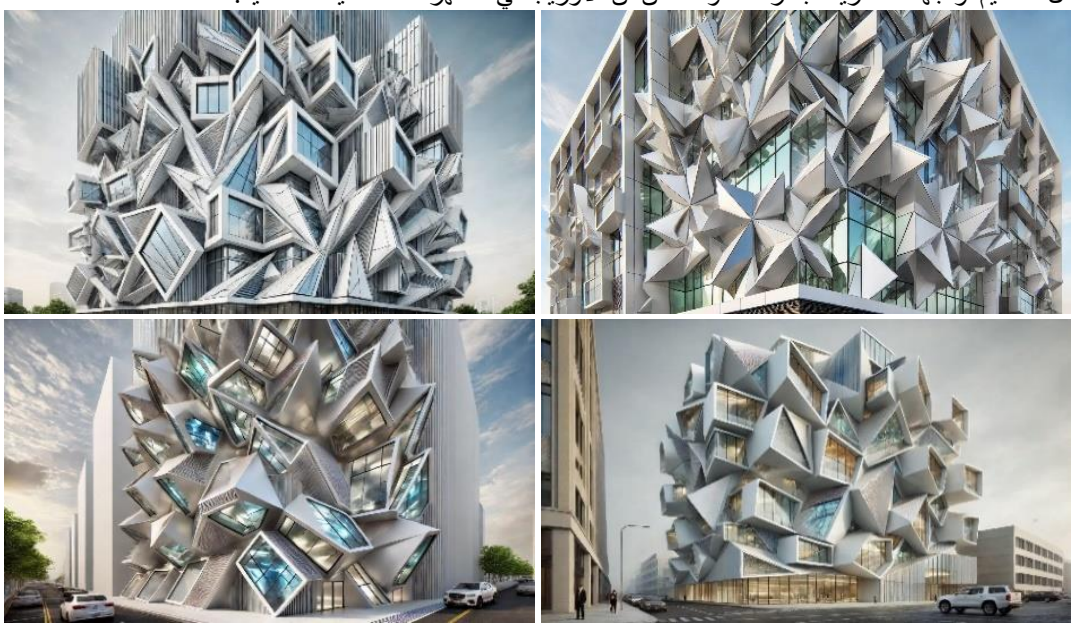
ب- ثم قمت بإدخال المزيد من التفاصيل، تصميم لواجهة معمارية تجمع بين الفن والوظيفية مستوحاة من فن الأوريجامي وتبرز الجماليات التشكيلية النحتية في الواجهة المعمارية من خلال الطيات والزوايا الحادة، فظهرت التصميمات التالية:

ج- وبعد ذلك قمت بتغيير صياغة البيانات المدخلة إلي تصميم مبني نحتي معماري مستوحي من تقنيات الطي المعاصرة يجمع بين جماليات فن النحت من خلال الطيات والظلال ووظيفية العمارة، وظهرت النتيجة في التصميمات التالية:

2- تصميمات لواجهات معمارية باستخدام تطبيق الذكاء الاصطناعي DALL.E:

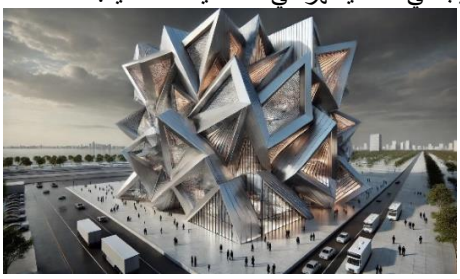
يختلف هذا التطبيق في نتائجه عن التطبيق السابق، حيث إن نتائجه أكثر تفصيلاً من حيث إظهار الخامات والكتلة المعمارية، ولكن نتائجه أقل تنوعاً، فنجد أن رغم اختلاف البيانات المدخلة إليه أو تغيير صيغتها، إلا أن نتائج التصميمات تتشابه إلى حد ما في تكوين كتلتها المعمارية، ومن هذه النماذج ما يلي:

أ- قمت بإدخال تصميم لواجهة معمارية مبتكرة مستوحاة من فن الأوريجامي، فظهرت التصميمات التالية:



ب- ثم قمت بكتابة تصميم مبتكر ومعاصر لواجهة معمارية تعتمد على تقنية الطي الأوريجامي باستخدام خامات معاصرة ومستدامة ويبرز الجماليات النحتية للواجهة المعمارية، وكانت النتائج أنه أوضح الخامات التي يمكن استخدامها في تنفيذ التصميم المعماري بما يحقق القيمة الوظيفية والجمالية له، كما يظهر في الشكل التالي:

ج- وبعد ذلك قمت بكتابة تصميم مبتكر لتكوين نحتي معماري مستوحى من فن الأوريجامي بطريقة معاصرة ويبرز جماليات التشكيل النحتي في التكوين المعماري من خلال الطيات، ونجد أن النتائج في كل مرة تتسم بالأشكال الهندسية حادة الزوايا لتخلق تأثيراً بصرياً مدهشاً يشبه طي الورق في فن الأوريجامي، كما يظهر في التصميمات التالية:



مقترحات التنفيذ:

تقترح الباحثة لتنفيذ هذه التصميمات استخدام خامات ذكية ومستدامة، حيث يمكنها أن تعزز من جماليات وكفاءة الواجهات المعمارية المستوحاة من فن الأوريجامي، فمن خلال الجمع بين تقنيات التصميم التقليدية والمواد الحديثة يمكن تحقيق توازن مثالي بين الجمال والوظيفية والاستدامة في العمارة المعاصرة، ومن المواد المقترحة لتنفيذ الهياكل المعمارية للتصميمات ألواح الألومنيوم أو التيتانيوم المرنة والتي تتميز بالمرونة والقوة ومقاومتها للتآكل، ويمكن طيها وتشكيلها بسهولة وقابلة لإعادة التدوير، كما يمكن استخدام الخرسانة القابلة للطي وهي نوع من الخرسانة المرنة التي يمكن طيها وتشكيلها مثل طيات الأوريجامي وتتميز بأنها متينة، مقاومة للعوامل البيئية، كما تقترح الباحثة استخدام الزجاج الذكي وهو زجاج قابل للتحكم في درجة شفافيته، يمكنه التكيف مع الظروف البيئية لتوفير التظليل أو الإضاءة، مع استخدام اضاءه LED خفية تبرز الجماليات التشكيلية النحتية للواجهة المعمارية، مما يخلق واجهة ديناميكية ومتفاعلة مع البيئة المحيطة.

النتائج: Results

1- يُظهر استخدام فن الأوريجامي في تصميم الواجهات المعمارية الحديثة كيف يمكن للفنون التقليدية أن تُدمج مع التقنيات الحديثة لخلق تصاميم مبتكرة ومستدامة.
2- فن الأوريجامي كاتجاه تصميمي حديث في الواجهات المعمارية يقدم إمكانيات هائلة لتصميم هياكل معمارية نحتية مبتكرة تجمع بين الجمال والوظيفية.
3- من خلال استغلال مبادئ الأوريجامي التقليدية وتطبيقها على مواد حديثة وهياكل معمارية معقدة، يمكن للتصميم الأوريجامي أن يوفر حلولاً جمالية ووظيفية متكاملة تلبي احتياجات العصر الحديث.
4- من خلال مواجهة التحديات الهندسية وتطبيق حلول مبتكرة، يمكن للأوريجامي أن يصبح أداة قوية في تصميم العمارة الحديثة.

التوصيات: Recommendations

1- توصي الباحثة بتعزيز تطبيق تقنيات الأوريجامي في تشكيل الواجهات المعمارية لما له من إمكانيات كبيرة في تحسين الجماليات البصرية، والكفاءة الطاقية، والاستدامة البيئية، والابتكار في التصميم، والتفاعل مع المستخدمين.
2- توصي الباحثة بالقيام بالمزيد من الدراسات التفصيلية لمشاريع واجهات معمارية تستخدم أنماط الأوريجامي النحتية لتحليل الأداء والفوائد والتحديات.
3- ضرورة التوعية بأهمية التعاون بين المهندسين المعماريين، والفنانين، والمصممين لتطوير تصميمات لواجهات معمارية مبتكرة تجمع بين الفن والوظيفة.

المراجع: References

1- عباس على حمزة الخرزي - سجى خالد خلف: استراتيجية الأوريغامي في العمارة، بحث منشور، المجلة العراقية لهندسة العمارة والتخطيط، المجلد 19، العدد الثاني، 2020م.
2- رحمة أحمد محمد: توظيف فن طي الورق في ابتكار وإبداع نماذج لتصميم المنتجات الصناعية: تطبيقات على وحدات الإضاءة، بحث منشور، مجلة العلوم والتقانة: في العلوم الإنسانية، المجلد 16، العدد 5، 2015م.
3- سناء عبد الجواد عيسى: منهجية لتصميم المنتج الخزفي في ضوء قواعد الأوريجامي، بحث منشور، مجلة التصميم الدولية، المجلد 5، العدد 4، 2016م.
4- أشرف حسن إبراهيم - أميمة إبراهيم قاسم - ريهام محمد محمود قاسم: تأثر فكر الأوريجامي باتجاه النظرية العضوية الحديثة، بحث منشور، مجلة العمارة والفنون، المجلد 3، العدد 11، الجزء الأول، 2018م.
5- Diaa Elden Mohamed Amin Tantawy: Origamic Architectural Form Design System, International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR), Volume 21, No 2, 2015.
6- Mona Sayed Ramadan: Origami art and its effect on the creative process enriching the design of glass sculpture for architecture, Journal of Architecture: Arts and Humanities, Vol 7, No 36, 2022.
7- Andreea Cutieru: Japan Pavilion Unfolds an Intricate Tridimensionality Facade for Expo

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

15- Meyer, J-G. Duchanois, J-C. Bignon and A. Bouali: Computer Design and Digital Manufacturing of Folded Architectural Structures Composed of Wood Panels, Emerging Experience in Past, Present and Future of Digital Architecture, Published research, Proceedings of the 20th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA) / Daegu 20-22 May 2015.
16- Milena Stavrici - Albert Wiltsche - Thomas Bogensperger: Generative Design for Folded Timber Structures, Published research, Proceedings of the 20th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA), 2015.
17- Andrea Chin: Paul le Quernec realizes cultural center in Mulhouse, France, Online article, Designboom magazine, October 2013. https://www.designboom.com/architecture/paul-le-quernec-realize-cultural-center-in-mulhouse-france-10-22-2013/#:~:text=paul%20le%20quernec%20has%20realized,the%20remainder%20of%20the%20site. (27\06\2014).
18- Jessica Mairs: Copper panels give a flame-like appearance to Museum of Fire in Poland, Online article, Dezeen magazine, January 2015. https://www.dezeen.com/2015/01/30/copper-panel-facade-museum-of-fire-poland-ovo-grabczewscy-architekci/ (30\06\2024).
19- Jorge C. Lucero: Origami Building Designs: The Inspiring Power of Paper Folding in Architecture, Online article, 2024. https://onefoldatatime.com/origami-building-designs#:~:text=Origami%2Dinspired%20designs%20offer%20advantages,forms%20in%20various%20architectural%20elements. (13\06\2024).
2020 Dubai, Online article, ArchDaily magazine, April 2021. https://www.archdaily.com/959767/japan-pavilion-unfolds-an-intricate-tridimensional-facade-for-expo-2020-dubai (15\06\2024).
8- Patrick Lynch: Origami Pavilion Creates Shelter with 8 Folded Aluminium Sheets, Online article, ArchDaily magazine, February 2016. https://www.archdaily.com/781664/origami-pavilion-creates-shelter-with-just-3-folded-aluminum-sheets (16\06\2024).
9- Khalid Saeed: Fold finding – Origami pavilion, Online article, Arch20 magazine. https://www.arch2o.com/foldfinding-origami-pavilion-tal-friedman/ (16\06\2024).
10- Amy Frearson: Pleats.M by Hironaka Ogawa, Online article, Dezeen magazine, March 2013. https://www.dezeen.com/2013/03/12/pleats-m-wedding-centre-by-hironaka-ogawa/ (18\06\2024).
11- Daici Ano: Pleats-M / Hironaka Ogawa & Associates, Online article, Archdaily magazine, July 2013. https://www.archdaily.com/338149/pleats-m-hironaka-ogawa-associates (18\06\2024).
12- Brzezicki Marcin: The architectural design of light-permeable facades - a summary of recent trends and observations, Published research, Technical Transactions, Vol.12, 2019.
13- Isabelle Lomholt: Basque Health Department Headquarters Bilbao, Online article, E-architect magazine, October 2017. https://www.e-architect.com/bilbao/basque-health-department-headquarters (20\06\2024).
14- Erika kim: Yasui Hideo Atelier: Karuizawa museum complex, Online article, Designboom magazine, February 2012. https://www.designboom.com/architecture/yasui-hideo-atelier-karuizawa-museum-complex/ (22\06\2024)