Contents available at Iraqi Academic Scientific Journals

Iraqi Journal of Architecture and Planning

المجلة العراقية لهندسة العمارة والتخطيط

Journal homepage: www.IQJAP.org

The Origami Strategy in Architecture

استراتيجية الاوريغامي في العمارة

Abbas Ali Hamza Al –Kraza [a] *, Saja Khalid Khalaf [b]

[a] Department of Architectural Engineering, University of Technology, Baghdad, Iraq.

[b] Department of Architectural Engineering, University of Technology, Baghdad, Iraq.

Submitted: 29/05/2020 Accepted: 06/11/2020 Published: 18/11/2020

K E Y W O R D S

Origami, origami strategy, fold paper, folds, origami text.

A B S T R A C T

The New shapes have emerged for contemporary architectural texts through the exploitation of an ancient Japanese art called the art of origami, which means folding one piece of paper to form a variety of shapes without cutting or pasting this paper, and the passage of time, the importance of this art has emerged in the field of architecture and the increase in the number of buildings whose structures are designed This is why the research problem has arisen represented in "the lack of a theoretical concept that describes origami as a production strategy for the architectural achievement in general and the patterns of form-formulation within the framework of this strategy in particular. Architectural in general and patterns of formulation in the framework of this strategy in particular. The research consisted of three axes, the first axis included the cognitive framework of the origami strategy, and the second axis extracting the theoretical framework through criticism, discussion, and analysis of specialized architectural studies. Five main vocabulary words were extracted (references, patterns, mechanisms, characteristics, and goals of the origami achievement), while in the third axis it was done Introduce and analyze an applied example to clarify the strategy and then present the main conclusions and sources.

الكلمات المفتاحية

الاوريغامي ، استراتيجية الاوريغامي ، طي الورق , الطيات، المبنى الاوريغامي .

الملخص

ظهرت انماط شكلية جديدة لمباني معمارية معاصرة من خلال استغلال فن ياباني قديم يدعى فن الاوريغامي والذي يعني طي قطعة واحدة من الورق لتشكيل مجموعة متنوعة من الأشكال دون قطع أو لصق هذه الورقة، وبمرور الزمن وازدياد عدد المباني التي صممت هياكلها الانشائية وفق انماط فن الاريغامي برزت المشكلة البحثية المتمثلة في"عدم وجود تصور نظري يصف الاوريغامي كاستراتيجية انتاج للمنجز المعماري بصورة عامه وأنماط صياغة الشكل في إطار هذه الاستراتيجيه بصورة خاصه". ولتحقيق هدف البحث المتمثل في صياغة اطار نظري متكامل يصف الاوريغامي كاستراتيجية انتاج للمنجز المعماري بصورة عامة وأنماط صياغة الشكل في إطار هذه الاستراتيجيه بصورة خاصة. تكوّن البحث من ثلاث محاور تضمن المحور الاول الاطار المعرفي لأستراتيجية الاوريغامي، والمحور الثاني استخلاص الاطار النظري من خلال نقد دراسات معمارية متخصصة ومناقشتها وتحليلها. وقد تم استخلاص خمس مفردات رئيسية تمثلت في (مراجع وانماط وأليات وخصائص واهداف المنجز الاوريغامي)، اما في المحور الثالث فقد تم طرح وتحليل مثال تطبيقي لتوضيح الاستراتيجية ومن ثم طرح الاستنتاجات الرئيسية والمصادر.

* Correspondent Author contact: Dr_abbasali1972@yahoo.com
DOI: https://doi.org/10.36041/iqjap.v19i2.524
Publishing rights belongs to University of Technology's Press, Baghdad, Iraq.
Licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

1- المقدمة:

يعد الاوريغامي الفن الياباني القديم الذي يعني بطي الورق وتحويله الى أشـكال مجسـمة من اهم الفنون اليدوية، والفكرة الشـائعة عنه هو هواية للاطفال يتمكنون من خلالها تكوين اشكال بسيطة زهور حيوانات، يجمع مابين البساطة و التعقيد والهندسة والرياضيات, ويمكن ملاحظة امثلة بسيطة عليه في حياتنا اليومية مثل الصناديق الورقية للمعجنات واكياس الورق.

اما الامثلة المعقدة علية فتبرز في تقنياتهُ في الحقول المعرفية الاخرى ففي تكنولوجيا الفضـاء أسـتخدم في طي الالواح الشـمسـية في الاقمار الصناعية، و في حقل الطب تم اختراع الة دافنشي التي تعتبر ذراع جراحية الية يثبت في نهايتها ادوات جراحية صغيرة تستخدم في العمليات الدقيقة، والريبورتات الاوريغامية، فأمتاز بتطبيقاته المهمة في جميع الحقول المعرفية وخصوصا في حقل العمارة.

وأن اهمية هذا الفن في العمارة برزت في كون تصـميمه لايقتصـرُ على انماط وظيفية معينة بل يشـمل انماط وظيفية مختلفة مثل (الدور السكنية والمتاحف والمباني التعليمية والتجارية والصحية الخدمية والترفيهيه... الخ)، تتميز الهياكل الاوريغامية بانها خفيفة الوزن ذات استقرار ثابت وديناميكي وعمرها طويل وسهولة بنائها ومنخفضة التكلفة ذاتية الدعم وموادها صديقة للبيئة...الخ وهي الخصائص والمميزات التي دفعتنا لتناول استراتيجية تصميم هذا الفن في العمارة كموضوع بحثي مهم.

لذلك برزت اهمية البحث في صـياغة اطار نظري متكامل يصـف اسـتراتيجية الاوريغامي وحل المشـكلة البحثية للبحث المتمثلة في "عدم وجود تصور نظري يصف الاوريغامي كاستراتيجية انتاج للمنجز المعماري بصورة عامه وأنماط صياغة الشكل في إطار هذه الاستراتيجية بصـورة خاصـة» فتكون البحث من ثلاث محاور تضـمن المحور الاول الاطار التعريفي لأسـتراتيجية الاوريغامي، في المحور الثاني تم نقد عدد من الدراسـات المعمارية المتخصـصـة السـابقة لاسـتخلاص الاطار النظري ومناقشـتها وتحليلها، وقد تم اسـتخلاص خمس مفردات رئيسـية تمثلت في (مراجع المنجز الاوريغامي) و(انماط المنجز الاوريغامي) و (أليات المنجز الاوريغامي) و (خصـائص المنجز الاوريغامي) و (اهداف المنجز الاوريغامي)، اما في المحور الثالث فقد تم طرح وتحليل مثال لتوضـيح الاسـتراتيجية ومن ثم طرح الاستنتاجات الرئيسية والمصادر.

2- المحور الاول : الاطار المعرفي لفن الاوريغامي:

1.2 نبذه عن فن الاوريغامي :

الأوريغامي Origami هو فن ياباني يعني بطي الورق وتحويله الى أشكال مجسمة، وكلمة "أوريغامي" تنقسم الى جزئين " أوري " Ori وتعني الطي و غامي" Kami اوgami" وتعني نوع من الورق أكثر سمكا من المناديل، ويعتبر الهدف من فن الأورغامي في الأساس تحويل الورق المسطح الى مجسم ثلاثي الأبعاد بإستخدام تقنيات الطي والنحت ودمج هذه التقنيات بأشكال ورقية متنوعة لكن بشرط دون قص أو الصق لخلق تصاميم مركبة تتسم نوعا ما بالتعقيد (اشرف، 2016 ص12).

واصبح الاوريغامي معترف به عالميا كوسيلة للفن, حيث يسعى الكثير من الفنانين والمعماريين للتعبير من خلال فكر الأوريغامي لما له من خصائص فريدة مثل السلوك الديناميكي المتراوح بين التشكيل الثنائي والثلاثي الأبعاد و المتميز بصفة الإستمرارية بإستخدام ورقة واحدة أو مسطح واحد.

فن الاوريغامي مهم لانشاء اشكال وتراكيب معقدة على مستوى العمارة والفنون الاخرى (رحمة، 2015 ص1-2).

2. 2 انواع الانماط الاوريغامية

تم تصنيف انماط الاوريغامي بصورة عامة كما جاء في اغلب الدراسات السابقة إلى أربعة أنواع

(النمط تقليدي Traditional ،النمط الثابت Rigid ,النمط النمطي Modular, والطيّ الرطب Wet Fold) وكما يلي :

1.2.2 الاوريغامي التقليدي:

يلزم العمل مع الورق المربع الشكل وطيها حتى تصل إلى الشكل النهائي دون قطع أو لصق الورق. هذا النوع من الأوريغامي يتضمن معظم النماذج البسيطة و "الطفولية" للحيوانات والأشكال الأخرى

2.2.2 الاوريغامي الجاسئ

ذكرت الكثير من الدراسات السابقة بشكل خاص على طي الأوريغامي الثابت وبينت ان المادة في الاوريغامي الثابت تنحني فقط عند خطوط التجعيد ولاتتغير عند اي ضرف اخر, يشبه حالة عند وضع مفاصل او لحيم بين القطع الثابتة وان انواع الانشائات الاوريغامية في الغالب من النوع الثابت وتشمل ثلاث انواع وهي :

الفركتلات ذات البعدين أو الثلاثة التي يمكن بناؤها من وحدة واحدة أو وحدات ويمكن بسهولة بناء اسطوانه او الحلزون اللولبي مع قطع محددة يتم قفلها معًا لتشكل من عملية تكرارها صنع نموذجًا موحدًا والفسيفسائات والسطوح(اشرف,2016,ص12).

2. 3.2 الاوريغامي النمطي

يكون مصنوع من وحدات قطع متطابقة اي من عدد من الورق التي تتشابك وتتراكب لتشكيل النموذج النهائي و الوحدات المستخدمة عادة هي وحدات Sonobe ووحدات (Pentagon - Hexagon - Zig - Zag) Phizz التي أنشأها.

2. 4.2 الاوريغامي الرطب

التي أنشأتها أكيرا يوشيزاوا، التي أصبحت معروفة في الخمسينات، في هذا النوع من الأوريغامي يتم استخدام نوع خاص من الورق ، أكثر سمكًا ، ويتم عمل النمذجة عن طريق ترطيب الورق أثناء طيه ويعمل بحرية أكبر مثل المنحوتات التي تسمح بفروع أكثر حرية وأقل تعبيرًا.

3. الاوريغامي في الحقول المعرفية:

3-1 الأوريغامي في الطب

في حقل الطب هناك اكثر من استعمال لتقنيات فن الاوريغامي حيث تم استخدام بين فن طي الورق والعدد الجراحية حيث ان واحدة من أشهر أجهزة الجراحة الروبوتية الاورغامية هي «دافنشي– da Vinci» والتي تعتبر أذرع جراحية آلية يُثبت في نهايتها أدوات جراحية صغيرة تستخدم في عمليات دقيقة ومعقدة. هذه النهايات تم تطويرها بناءً على مفاهيم طي أشكال الأورغامي على يد باحثين في جامعة «بريجام يونج(Brigham Young University (BYU»

حيث يقوم نظام دافنشي الجراحي بإجراء العمليات الجراحية روبوتياً باستخدام القابضين الماسكان اللذان يحتويان على ابرللجراحة و للخياطة وما إلى ذلك. تصميم BYU الجديد مستوحى من نمط الأوريغامي المعروف باسم "Choppers". يسمح الأوريغامي بثني عدد الأجزاء الأصلية، وتكون الأجزاء أقل تعقيدًا مما يمنح القابض إمكانية التكبير أكثر. في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا وضعت روبوت اوريغامي يمكن ابتلاعه و السيطرة عليه وقابل للتوسع . وبمجرد وصول روبوت الأوريغامي إلى المعدة بعد البلع ، يتم توجيهه إلى الموقع المرغوب فيه بواسطة حقل مغناطيسي خارجي لتصحيح الجرح ، أو إزالة جسم غريب ، أو إيصال الأدوية. على الرغم من اختلاف التصميم بشكل كبير ، إلا أن الروبوت هو امتداد للعمل السابق على روبوت اوريغامي قابل للطي، يملأ روبوت الأوريغامي بكبسولة جليدية تذوب مرة واحدة في المعدة. يمكن أن تقوم روبوتات الأوريغامي المصغرة بإجراء العديد من إجراءات الجهاز الهضمي خاصةً عند استخدامها مع تقنيات التصوير ، حيث يمكنها التحرك بدرجة عالية من التحكم.(Graham,2013, p65)

3-2 الأوريغامي في حقل العمارة

لقد أثبت فن طي الأورغامي أنه أداة قيمة لتطوير التطبيقات الهندسية والتصاميم في الهندسة المعمارية على وجه الخصوص فهو بمثابة واجهة لاكتساب الخبرة المعرفية في التحولات المكانية وإيجاد الشكل او النموذج و كوسيلة للتاكد من صحة التصاميم الهيكلية في الهندسة المعمارية. وقد ألهمت هذه التطبيقات المحتملة العديد من أنواع العمارة منها بشكل موجز

- العماره المستجيبة : مجال آخر مهم لتطبيق دراسات اورغامي هو الهياكل المتجاوبة. عادة ما تستند هذه الهياكل على وحدات اوريغامي بدلا من الأسطح. تحتوي هذه الوحدات على عدد صغير من الوجوه مرتبة حول نقطة مركزية ، ويرجع ذلك أساسا إلى البساطة في

التنبؤ والتحكم في الأشكال الهندسية المفتوحة والمغلقة للوحدات. تستجيب هذه الوحدات للمحفزات ككل ولكنها تعمل كوحدات مستقلة هندسيًا .

- العمارة المعاد تدويرها: يكون المبنى القابل للطي تأثير أقل ضررا على البيئة من التقنيات التقليدية لأنها أكثر ملاءمة لإعادة الاستخدام والتعديلات وإعادة الاشغال .
- العمارة الثابتة : قد تأتي العمارة المستوحاة من الأورغامي أيضًا في حالة ثابتة من خلال استخدام المواد الثقيلة.وهو مايعنى بالعمارة الثابتة
- العمارة القابلة للتحول : هذا هو نوع آخر من الهندسة المعمارية مع فن الاوريغامي. ويتضمن المباني المؤقتة القابلة للتركيب والفك. هذا الشكل من أشكال استخدام الأوريغامي يستفيد بشكل أكبر من قدراته
- العمارة البايولجية : وتوفر الطبيعة القابلة للتمدد والطي للأورغامي وسيطًا قويًا للغاية في فهم العديد من وسائل النشر الموجودة في الطبيعة وبالتالي العلاقات الهيكلية بين المكونات المختلفة. (Megahed,2017,p69).

من خلال الاطار المعرفي تبين أهمية فن الاوريغامي في الحقول المعرفية بصورة عامة وفي حقل العمارة بصورة خاصة كأستراتيجية لانتاج المنجز المعماري لاكن لم تتوضح الكثير من المفردات المتعلقة في هذه الاستراتيجية بسبب النقص المعرفي لذلك برز هدف البحث في الحاجة الى صياغة اطار نظري شامل يصف الاوريغامي كاستراتيجية انتاج للنص المعماري المعاصر بصورة عامه وأنماط صياغة الشكل في ضوء هذه الاستراتيجية بصورة خاصة .

ولغرض تحقيق هذا الهدف سيتم اعتماد منهج وصفي تحليلي للمعرفة العملية السابقة من دراسات وبحوث واطاريح متعلقة بالموضوع ضمن هيكلية متسلسلة وكالتالي :

- بناء اطار نظري شمولي يوضح استراتيجية الاوريغامي بصورة عامة وارتباطها مع المفاهيم الاخرى ثم مناقشة دراسات من داخل حقل العمارة ثم استخراج مفردات بحثية مهمة .
- التطبيق على مشاريع معمارية
- طرح الاستنتاجات النهائية

4- المحور الثاني : استخلاص الاطار النظري (نقد الدراسات السابقة المتخصصة)

سيتم استخلاص الاطار النظري الخاص بأستراتيجية الاوريغامي من خلال مناقشة عدد من الدراسات المعمارية السابقة المتخصصة وتحليل اهم جوانبها واستخلاص المفردات التي تستند عليها استراتيجية الاوريغامي.

أ – دراسة (Liapi2002) "العمارة القابله للتغيير المستوحاة من فن الاوريغامي"

تناولت الدراسة العمارة المتغيرة وهي العمارة التي تغير شكلها واجزائها لتواكب الحالات الجديدة والمختلفة وتدعى عمارة ذات الهياكل القابلة للتغير وان هذه التغيرات في الهياكل هي ناتجة عن تقليد عملية الطي الغشائي التي تعمل بها معظم هياكل الكائنات الحية، وهي عملية تحول وتغيير تسمح للنباتات بأن تتحمل أكثر من تكوين شكلي يتلائم مع المكان المحيط ، ويعرف في الهندسة المعمارية كطريقة لتغيير تعريف الفضاء والمحيط به.

وبينت الدراسة سمات انماط الاوريغامي الهندسية حيث يتكون نمط نموذج اوريغامي مطوي من نظامين من الخطوط الجبال والوديان التي تمثل في التكوين الثلاثي الأبعاد، وتطرقت الدراسة الى الهياكل الاوريغامية المستوحاة من الطبيعة وبينت ان الطبيعة لا تزال هي المصدر الأوسع للإلهام لتصميم اي بنية قابلة للتحول والتغير و ان النماذج الاولية للعمارة المتغيرة (المنازل المتنقلة ,الاسواق الكبيرة ..الخ) كانت على شكل الهياكل الغشائية القابلة للتغير والتنقل والتي تمتلك مفاهيم مشابهه لمفاهيم التحول الطبيعية وبمرور الزمن اصبح من الممكن

انتاج هياكل غشائية باشكال مختلفة بواسطة الاوريغامي وتقنياته المتعدده ·مما سبق تناولت الدراسة العمارة المتحولة الاوريغامية التي تغير شكلها واجزائها لتواكب الحالات الجديدة والمختلفة حسب الضروف والمتطلبات المحيطة . وبينت الدراسة ان الهياكل الاوريغامية استوحت قوه هيكلها وحركتها والية عملها من الطبيعة من خلال تقليد اليات عمل كائنات طبيعية مثل براعم الزهرة ودوده الارض وغيراها . وبينت الدراسة سمات انماط الاوريغامي . تطرقت الدراسة بشكل عام الى الاورغامي المتحرك واهم سماته وعلاقتة بالطبيعة ولم توضح انماطه الاساسية .

ب- دراسة (Hemmerling 2010) بعنوان " استراتيجيات فن الاوريغامي في العمارة "

بينت الدراسة اهمية الطي الاوريغامي وبينت انه تم استكشاف الاستراتيجيات القابلة للطي في الهندسة المعمارية منذ التسعينيات إن لم يكن من قبل كوسيلة لتوليد المفاهيم المكانية والهيكلية من خلال تطبيق الأشكال الهندسية المعقدة.بينت الدراسة فائدة ستراتيجية الاوريغامي تمكننا من عمل نماذج مطوية بالورق تشبه المبنى الحقيقي بدلاً من النماذج الرقمية واحد من الفنانين والمنظرين الأكثر نفوذا في اوريغامي في عصرنا هو الفيزيائي الأمريكي روبرت جي لانج ساهم في العديد من المنشورات حول الاستراتيجيات القابلة للطي و حقق أيضًا تطورات كبيرة في صنع تطبيقات أوريغامي حقيقية لحل للمشاكل الهندسية·

وبين ان طيات الأوريغامي الأساسية هي طيات الوادي وطيات الجبل والطيات العكسية ، وطيات الاسكواش ، والاخاديد وان عدد الطيات و طية ميورا هي نوع من نموذج الأوريغامي الصلب القابل للطي المسطح ، والذي يتكون من مزيج من الطيات الأساسية ولديه مقاومة قوية في اتجاه واحد ومقاومة ضعيفة في الآخر، ووضحت الدراسة اهمية طي الاوريغامي المعماري في ثلاثة جوانب مهمة التصميم والإنتاج والأداء, حيث تمثل الورقة القابلة للطي تقنية تصميم كلاسيكية لبناء نماذج هندسية والتي يمكن اعتبارها امتدادًا للأبعاد بدءًا من الرسم ثنائي الأبعاد إلى نموذج ثلاثي الأبعاد·

فالطي كعملية تصميمية إنتاجية في التصميم المعماري هو تجريبي للغاية وغير خطي وموجه نحو العملية تعطي مخططاتها المكانية والهيكلية والتنظيمية نظرة ثاقبة على إمكانيات جديدة لنتائج غير متوقعة· وفي الانتاج هو عملية إنتاج فعالة وفعالة من حيث المواد ، والتي تؤدي إلى نموذج هيكلي يمكنه دعم نفسه نظرًا لاستقرار ثناياه ويمكن تكشفته أيضًا لتمكين إنتاج الأجزاء المفردة من الألواح المسطحة للمبنى المقصود أو المنتج في مقياس (1:1) الجانب الثالث الجانب الأكثر أهمية هو قابلية النموذج المطوي للتكيف اي الاداء، وبينت الدراسة إن قدرة النماذج المطوية الورقية على التكيف مع القوى الخارجية والداخلية عن طريق تغيير شكلها مع الحفاظ على مبدأ هندسي ثابت اصبح مصدر إلهام لتصميم نظام الجدار القابل للتكيف·

مما سبق نستنتج انه يمكن تحديد الهياكل المطوية على أنها أنظمة فعالة الاداء لأنها تتيح حلولًا فعالة من حيث التكلفة وقابلة للتكيف لمشاكل التصميم المعقدة وان استراتيجيات الطي التي تأخذ في نظر الاعتبار المبادئ الهيكلية وخصائص المواد لتخلق مباني مستدامة بسبب نهج متكامل للغاية سواء في النتائج أو في عملية التصميم و يتفاعل المبنى المتكيف مع الضروف الخارجية والمتطلبات الداخلية مشابهه للهياكل الطبيعية فنستنتج ان المباني الاوريغامية تشكل اماكن اكثر مرونة فيمكن ان تكون ثابتة او متحركة.

ج_ دراسة (Filipa Osorio,2014) بعنوان " هندسة الاوريغامي في العمارة"

تناولت الدراسة بصوره عامة فن الاوريغامي وتطوره عبر العصور ثم تطرقت الى انواعه حيث تم تصنيف الاوريغامي في الوقت الحالي إلى أربعة أنواع (اوريغامي تقليدي ، ثابت ، نمطي, والطيّ الرطب) وقد تم قبول وتعميم القواعد الخاصة بكل نوع و التي تحددت في جميع أنحاء العالم وكما يلي:

الاوريغامي التقليدي :Traditional يلزم العمل مع الورق المربع الشكل وطيها حتى تصل إلى الشكل النهائي دون قطع أو لصق الورق الاوريغامي الثابت :Rigid يكون من المقبول استخدام الورق الذي لا يكون شكله مربعًا ، ولكن يبقى ممنوع لصق أو قطع الورق ، ويجب أن يكون النموذج النهائي نتيجة لطي ورقة واحدة.

اوريغامي النمطي : Modular يكون مصنوع من وحدات قطع متطابقة اي من عدد من الورق التي تتشابك وتتراكب لتشكيل النموذج النهائي .الطي الرطب Wet Fold Origami ، التي أنشأتها أكيرا يوشيزاوا ، التي أصبحت معروفة في الخمسينات. في هذا النوع من الأورغامي يتم استخدام نوع خاص من الورق ، أكثر سمكًا ، ويتم عمل النمذجة عن طريق ترطيب الورق أثناء طيه (ص3) .

ثم تطرقت الدراسة الى اهم خصائص الرياضية والميكانيكية للاوريغامي ، وركزت الدراسة بشكل خاص على الأوريغامي الجاسئ التي تنص على ان المادة تنحني فقط عند خطوط التجعيد ولاتتغير عند اي ظرف اخر, وهذا النوع يشمل ثلاث انواع وهي : الفركتلات ذات البعدين أو الثلاثة التي يمكن بناؤها من وحدة واحدة أو وحدات الفسيفسائات والسطوح والفسيفسائات تكون عادة ما يتكرر فيها نمط الطي بانتظام في جميع أنحاء المخطط. ولها أهمية كبيرة في مرحلة ما قبل التجعيد حيث ان جميع الحواف التي ستتم نمذجتها مطوية ومكشوفة يتم تقسيمها اولا إلى عدد محدود من المضلعات ويتم ضبط كل من طيات الوادي وطيات الجبال قبل الانتقال إلى الطي النهائي, وعادة ما يعتمد هذا التجعيد على شبكات يمكن أن تكون مربعة ، مثلثة ، إلخ . واخرما تطرقت الدراسة اليه هو مميزات والهياكل الأوريغامية وهي تمتاز بالإمكانيات الجمالية والوظيفية معا ففي حالة الألواح الجاهزة فإن الاوريغامي الجاسئ له فوائد لأنه يسمح بمرور الهواء من خلال فتحات وسطية خلالها ومن الممكن تصميمها مع انحناء جميل يسمح بتشكيل الألواح المنحنية مع صلابة محسنة وخيارات أكثر رسمية تمتاز بخصائصها البنيوية والمرنة فيمكننا ان نعمل اكثر من شكل وتكوين للسطح الواحد الذي يكون ذو تحمل ذاتي قادر على ان يتغير الى اشكال مختلفة فهو لديه القدرة على الامتداد والتقلص والتكيف مع العديد في التكوينات على الرغم من أن المواد المستخدمة صلبة وليست لها خصائص مرن ، هياكل الأوريغامي تكون تصاميم تمتاز بسهولة نقلها و تخزينها .

مما سبق تبين ان الدراسة ركزت على عدة نقاط اساسية وبديهية تعتبر من اساسيات التي توضح فن الاوريغامي منها انواع الاوريغامي وكيفية عمله واهم الخصائص الرياضية والميكانيكية وكما بينت الدراسة أنواع الطيات الاساسية هي اثنين فقط هي الجبل والوادي وبشكل خاص تناولت الدراسة الاوريغامي الثابت وهميته وانواعة وبينت اهميته في حقل العمارة, ثم تطرقت الدراسة الى مميزات الهياكل الأوريغامية في مجال الهندسة المعمارية على وجه الخصوص.

د- دراسة (Tantawy 2015) بعنوان" تصميم العمارة الاوريغامية "

بينت الدراسة ان الاوريغامي او (الاصول) في الهندسة المعمارية تعد كواجهة لاكتساب الخبرة المعرفية في التصاميم المعمارية المصنوعة من الورق والتصميم الحسابي وإيجاد الشكل وما إلى ذلك وكوسيلة للتحقيق في التصميم الهيكلي من خلال أمثلة الهيكلية الحركية أو الهياكل المعمارية القابلة للانتشار، اذا تم تطبيق نظريات اوريغامي فمن الممكن إنشاء هياكل اوريغامية متنقلة يمكن طيها وحملها وستكون هذه الهياكل متعددة الاستعمال بحيث يمكن تغيير شكلها حسب الحاجة فتصبح أصغر لتستوعب عدد قليل من الناس وتتوسع عندما يكون هناك عدد أكبر من الناس، وبينت الدراسة ان اكثر انواع الاوريغامي استخداما في العمارة هو الاوريغامي الجاسئ right حيث يمكننا من انشاء مبنى معماري يمكن طيه ونقله في اي وقت، ويتكون من اي ألواح سميكة وصلبة وطيات مفصلية، ويجب التاكيد على الاعتبارات المناسبة من الناحية الهندسية والانشائية لان طي هذه الهياكل وتوسيعها بشكل متكرر يخلق ضغطًا على المواد مما يؤدي في النهاية إلى انهيارها. مما سبق بينت الدراسة اهمية الاوريغامي في عدة مراحل من التصميم ففي"مرحلة إنشاء المفاهيم ي سياق مفاهيمها أو في مرحلة إنشاء النموذج في سياق مبادئ التصميم الخاصة به اوفي مرحلة التصنيع للتصاميم عالية التطور، وبينت الدراسة اهداف الاوريغامي حيث يعد أداة قيمة لتطوير تطبيقات هندسية وتصاميم متنوعة و واجهة لاكتساب الخبرة المعرفية في التصاميم المعمارية المصنوعة من الورق والتصميم

الحاسوبي وإيجاد الشكل وما إلى ذلك ويعد وسيلة للتحقيق في التصميم الهيكلي من خلال أمثلة الهيكلية الحركية أو الهياكل المعمارية القابلة للانتشار, وبينت اليات الاوريغامي وهي والتكرار والطي ، وبينت ان تطبيقات الاوريغامي في حقل العمارة يعد من اهم واوسع التطبيقات التي لجأ لها المعماريون ولاسيما الاوريغامي الجاسئ.

هـ – دراسة (Björn, 2015) بعنوان " الهياكل المطوية وطريقة تصميم المنشئات الاوريغامية "

وضحت الدراسة اهمية الطبيعة حيث انه في الطبيعة يمكن العثور على مبادئ اوريغامي في الأوراق وأجنحة الحشرات وغيرها من الهياكل الرقيقة حيث يتم استخدام الطي الصلب الثابت. ففي الآونة الأخيرة تم استخلاص الكثير من التقدم المحرز في مجال الاوريغامي المستوحى من الطبيعة والمحاكاة البيولوجية، وتطرقت الدراسة الى قواعد ورموز انماط الطي ففي عام 1950 قام أكيرا يوشيزاوا بوضع الحجر الاساس لفن الأوريغامي من خلال تطوير لغة الرموز مثل السهام والخطوط التي تمثل الطيات المختلفة وهذا سهل التواصل ونقل المعلومات حول طي الأوريغامي وتمت مراجعة هذه اللغة في وقت لاحق من قبل صمويل راندليت وروبرت هاربين و النظام الذي يستخدم اليوم نظام يوشيزاوا– راندليت.

مما سبق بينت الدراسة ان مبادئ الاوريغامي اشتقت من مبادئ الاوريغامي الطبيعي كما في الاوراق للنباتات واجنحة الحشرات حيث كانت تعمل باليات الاوريغامي الثابت .عملت الدراسة على توضيح اساسيات الاوريغامي من خلال توضيح رموز والقواعد الاربع لانماط الطي . وتطرقت الدراسة الى هندسة الاوريغامي. وبينت الدراسة اهم انواع الاوريغامي المستخدم في العمارة وما تمتاز به من خصائص ومميزات تسهل استخدامها كهياكل معمارية تمتاز بالقوة والثبات والجمال والمرونة وتم اختيار هذه الأنماط لعده اسباب منها بسبب قدرتها على أن تتشكل في أشكال عالمية مختلفة بسبب التغييرات التي تحصل في نمط التجعد اما الخصائص الإنشائية لأن لديها صلابة معينة ويمكنها حمل أحمال الانحناء والضغط في بعض الأوضاع إذا تم تثبيت اتجاهات أخرى، كما تتخذ عدة اشكال بسبب قابليتها المرنة مما يجعلها مثيرة للاهتمام لإجراء مزيد يحتوي أيًا من الأنماط على أسطح مزدوجة مما يجعلها قابلة للبناء·

و– دراسة (Yomna 2016) بعنوان " تصميم واجهات اوريغامية خلوية متحركة"

ركزت الدراسة على إمكانيات التركيب الحركي الذي توفره تقنيات ألاوريغامي المختلفة باستخدام وحدات اوريغامية مربعة حيث تعد تقنيات الأوريغامي وطي الورق إحدى طرق التصميم المنهجية التي يمكن من خلالها تغيير شكل الهيكل او السطح هناك إمكانيات متعددة لاشكال الوحدات الاوريغامية المستخدمة لإنشاء اغلفة مباني متحركة فعالة ومستجيبة للبيئة ·

وقدمت الدراسة تقنية طي الاوريغامي كأداة لمعالجة الواجهات حيث تستخدم في الواجهات للتحكم في التضليل او لتوفير التهوية باستخدام واختار فريق الدراسة وحدة نمطية ثلاثية الأبعاد من تصميم kaleidocycle (نوع من الاوريغامي) لتصميم غلاف خارجي متحرك للمبنى متجاوب بيئيًا. وتعمل انظمة التضليل الشمسي الاوريغامية كعناصر ذكية متجاوبة تعمل بالطاقة الشمسية والتي تتمتع بقدرة كبيرة على توفير الطاقة وتقدم حلًا مميّزًا يمكن استخدامه خارجيًا للحدّ من اكتساب الحرارة مع توفير ضوء النهار المناسب ·وبينت الدراسة ان هناك طريقتين لاستخدام الاوريغامي المطوي في الواجهات وهي اما يستخدم كمعالجة ثابتة لتضليل الزجاج او دمجه مع أنظمة حركية ذكية. و كمثال على الاوريغامي الثابت مبنى بحثي طبيي حيوي في مستشفى نافارا بإسبانيا حيث تحمي واجهة الألمنيوم الثابتة المطوية من اشعة الشمس الغير مرغوبة والميزة المعمارية الرئيسية للمبنى هي اللوفرات الخارجية المبنية من ألواح الألومنيوم المثقبة بسمك 3 مم مرتبة اوريغامية ثابتة(ص400).

مما سبق تبين ان الاوريغامي يستخدم في واجهات المباني كاداة معالجة للتحكم في توفير الاضاءه والتهوية وهذه الانواع هي الاوريغامي الثابت والاوريغامي المتحرك , وطرحت عدة نماذج امثلة تبين اهمية هذه الانواع في الواجهات المعمارية المعاصرة وخصوصا المتحركة

.وبينت ان الوحدات الاوريغامية المربعة هيه من اهم الانواع المستخدمة وذالك لسهولة تقسيمها. وان للطي أسطح معقدة بشكل خاص اي سطح مطوي يمكن ان يتم اختباره قبل التصميم على ارض الواقع من خلال برامج حاسوبية·

ز- دراسة (Naglaa 2017) بعنوان "فن الاوريغامي وامكانياته لطلاب الهندسة المعمارية "

وضحت الدراسة أن هناك قواعد يجب اتباعها وهي قواعد الاشكال حيث تعتمد الطوبولوجيا على البديهيات الخاصة بنظريات هوزايتا ومايكاوا الاساسية وأنماط ميورا ونظرية كاواساكي ومع هذه البديهيات والنظريات يمكننا أن نستخدم الأوريغامي لبناء عدة نماذج تحت قواعد وأنظمة ثابتة مثل الاشكال الأفلاطونية ، الفركتلات، الفسيفسائات، نظام فورونيو الأسطح القابلة للتحول، وبينت الدراسة خصائص الاوريغامي الهندسية و الطوبولوجية (الاساسية) ففي ثمانينيات القرن العشرين تم تنظيم الخصائص الهندسية للأوريغامي وهي الأساس الذي تقوم عليه الأعمال الإبداعية الاوريغامية تتمثل في (التماثل النمو, تساوي الابعاد,التكرار) استناداً إلى هذه الخصائص ممكن استخدام الأوريغامي في بناء تصاميم هندسية مختلفة، وبينت الدراسة مميزات للهياكل الاوريغامية حيث ان الهياكل المطوية الاوريغامية لها ترابط قوي وعميق بالبناء من وجهة نظر ميكانيكية خصوصية هذه الهياكل هي ذات صلابة إضافية هذه الهياكل مناسبة بشكل خاص لتلبية متطلبات مبنى يحتاج إلى إضاءة وتهوية، ومجهزة بخواص ذاتية لدعم المبنى· كما وضحت الدراسة انماط الاوريغامي المهمة ، وبينت الدراسة التطبيقات المعمارية مستوحاة من اورغامي حيث في الهندسة المعمارية يعتبر الاورغامي بمثابة واجهة لاكتساب الخبرة المعرفية في التحولات الهيكلية وإيجاد النموذج و كوسيلة للتاكد من سلامة هيكلة التصاميم وقد ألهمت هذه التطبيقات الاورغامية أنواع كثيرة من العمارة كما في العمارة البايولجية و العمارة القابلة للتنقل والعماره ثابتة و العماره المستجيبة والعمارة المعاد تدويرها.

مما سبق نستنتج ان اهمية هذه الدراسة في انها وضحت اساسيات الاوريغامي التي تشمل الخصائص الهندسية والطوبولوجية وتقنيات وانماط وسمات المبنى الاوريغامي وبينت ان هذه الخصائص تمكننا من انتاج نصوص مبدعة في العمارة. وركزت الدراسة بصورة اساسية على اهمية الاوريغامي ومبادئه في العمارة من خلال عدة محاور، حيث يدخل في عملية التصميم وتكوين النماذج المعمارية واختبارها قبل تصميمها على ارض الواقع .

ح- دراسة (Alexandra 2017) بعنوان " سطوح الأوريغاميه المتحركه من المحاكاة إلى التصنيع "

وركزت الدراسة على نمط الاوريغامي الجاسئ القابل للطي واستخدامة كاسطح متحركة ووحدات يتم استخدامها في المباني المستجيبة لتلبية احتياجات وظيفة محددة أو متطلبات بيئية محيطة ، وبينت اقسام الاوريغامي الجاسئ وانواعه في العمارة فهو اما اثابت او متحرك وان المتحرك هو اكثر استخدام في العمارة خصوصا في الواجهات ويكون اما بشكل سطوح متحركة او وحدات متحركة، وان التركيز على هذا النوع الاوريغامي الجاسئ بسبب قواعده الواضحة للغاية التي تناسب تماما مع الهدف المعماري الحركي فهي هياكل ثابتة ومبهرة بشكل لا يصدق وتناولت الدراسة عدد كبير من الامثلة المعمارية التي استخدمت سطوح الاوريغامية المتحركة والعديد من الامثلة التي استخدمت وحدات اورغامي متحركة وبينت الدراسة أنه عند استخدام الأسطح الاوريغامية المتحركة , تكون أنماط التجعد التي يتم اختيارها في الغالب هي Miura-Ori و نمط رون ريش Ron Resch pattern وهي اكثر الانماط استعمالا في العمارة، وسمات النمط الجاسئ هي يجب أن يكون النموذج النهائي نتيجة لطي ورقة مستوية واحدة لاتتغير ابعادهاعند عمل طيات بها وتكون لها المساحة ذاتها في جميع الاوقات هذا يعني أن المادة لا يمكن أن تنحني ولا تتمد الا عند منطقة التجعيد إما الطيات تعمل كمفاصل بين الوجوه المسطحة يجب أن تكون مستقيمة ولا يمكن تغيير طولها أثناء عملية الطي كما لا يمكن لأي وجه أن يخترق وجهًا آخر، وانواعه في العمارة ثلاث انواع ثابت وثابت قابل للانتشار و متحرك قابل للانتشار.

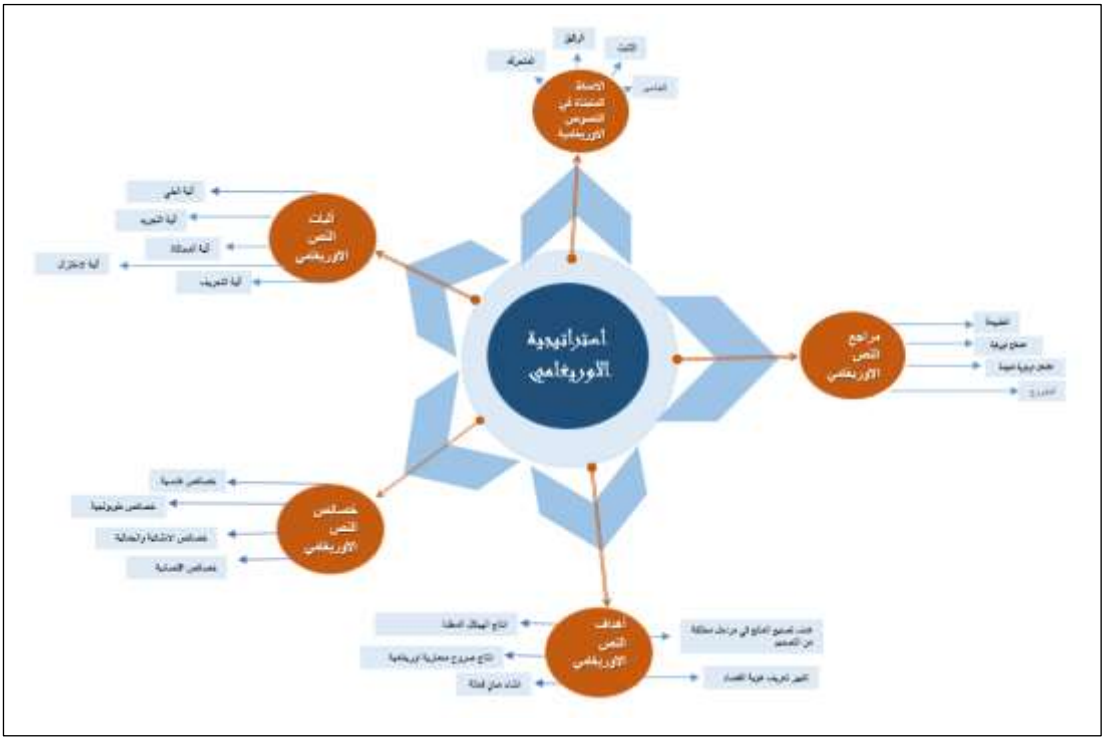
مما سبق نستنتج ان الدراسة ركزت بشكل اساسي على الأسطح القابلة للنشر من نوع الاوريغامي المتحرك وهو نوعين وحدات او سطوح وتبين أنه عند استخدام Rigid Origami لتصميم اشكال اوريغامية متحركة فإن الطريقة الأكثر شيوعًا هي استخدام وحدات ذات عدد قليل

من الأسطح بدلاً من استخدام أسطح ذات عدد كبير من الوجوه لتغطية المساحات الكبيرة وسعت الدراسة الى تحقيق استخدام السطوح لتغطية الفضائات الكبيرة.

من خلال الدراسات السابقة تم طرح مفردات مهمة بينت اهمية استراتيجية الاوريغامي في العمارة لكنها لم تكن متكاملة ومصنفة و جدول (1-1) يبين المفردات والجوانب المطروحة في الدراسات السابقة ، اما في الفقره التالية سنوضح بناء الاطار النظري .

5- استخلاص الاطار النظري

من خلال نقد وتحليل الدراسات السابقة تم استخلاص الاطار النظريلأستراتيجية الاوريغامي فتكون الاطار النظري من خمس مفردات رئيسية مهمة والشكل (1) يبين التمثيل الكرافيكي للمفردات المستخلصة التي تشكل استراتيجية الاوريغامي التي تتكون من خمس مفردات وهي :



الشكل (1) تمثيل كرافيكي للمفردات البحثية **المصدر: الباحثان**

5-1 المفردة الرئيسية الاولى : مراجع المنجز الاوريغامي تتضمن هذه المفردة اربع مفردات ثانوية تمثل مراجع للمنجز الاوريغامي:

- الطبيعة استلهام حركي من الطبيعة وتتمثل متغيراتها او مرشراتها الثانوية ب الحركة الحلزونية ، والحركة المتعرجة، والانفجار و التمدد والتقلص والتقعر والتحدب وغيرها .
- استلهام من النماذج الورقية حيث تتمثل هذه المفردة بالمراجع الورقية للمنجز الاوريغامي التي تمتاز بشكل متغير ومبدأ ثابت وتكيف مع المحيط ومتشكل بطريقة عشوائية مدروسة.
- الاشكال الرمزية المهمة والتي تكون اما من داخل حقل العمارة وتكون مرشراتها الثانوية متمثلة ببنية اجتماعية تراثية او رمز تاريخي او رمز لنمط معماري محدد او غيرها، او تكون من خارج حقل العمارة وتتمثل في اعراف او تقاليد او اشكال مرتبطة بالتراث او مرجع اخر .
- استلهام من المشروع ويكون مرجع المبنى الاوريغامي وفكرته هو المشروع نفسه

2-5 المفردة الرئيسية الثانية : ماهية الانماط المتبناة في المنجزات الاوريغامية

- ❖ الاوريغامي الجاسئ: والذي يكون في التصميم الهيكلي الكلي والذي يكون قسمين على مستوى مبنى في تصميم الواجهات او المخططات او على مستوى عمائر في العمارة المعاد تدويرها او البايولجية او المستجيبة او العمارة المتنقلة . اويكون في التصميم الداخلي الانشائي ومؤشراته الثانوية العمود والجدار ومادة الانهاء والانارة والمكتبة والسقوف الثانوية واماكن الجلوس والتحفيات وغيرها .
- ❖ الاوريغامي الثابت : والذي يكون اما هيكلاً متكاملاً مطوياً ثابتاً او جزءاً من مبنى مثل الجدران (القواطع) او الاسطح .
- ❖ الاوريغامي المتحرك والذي يكون اما وحدات او سطوحاً.
- ❖ الاوريغامي الرقيق الذي يكون بشكل مباني الخيام الاوريغامية.

3-5 المفردة الرئيسية الثالثة : اليات المنجز الاوريغامي

- ❖ الية التجريد والتي تعني تجريد اي شكل اما تجريداً كلياً او تجريداً جزئياً او تجريد عناصر
- ❖ الية المحاكاة والتي تكون اما محاكاة بشكل مباشر من خلال تقليد الاشكال الطبيعية مثل الاصداف البحرية وشكل الموجه والطائر واشكال اخرى او محاكاة بشكل غير مباشر والتي تعني تقليد الية عمل الكائن الطبيعي مثل جناح الحشره وبراعم الزهرة.

- ❖ الية الطي والتي تكون اما طي بواسطة حني الاشكال او تكسير الاشكال او تمويج الاشكال او طي العلاقات او طي العناصر.
- ❖ الية الاختزال وتكون اما اختزالاً جزئياً او اختزال عنصر او اختزال شكل او اختزالاً من نوع اخر.
- ❖ الية التحريف وتكون اما تحريف فكرة او تحريف عنصر او تحريفاً كلياً او تحريفاً جزئياً او تحريفاً من نوع اخر.

4-5 المفردة الرئيسية الرابعة : خصائص المنجز الاوريغامي

وتتضمن عدة انواع من الخصائص للمنجز الاوريغامي

- ❖ الخصائص الهندسية
- التماثل (التشابه) حول المحور او النقطة او المركز.
- النمو الذي يكون اما خطياً او مركزياً او حراً و التكرار الذي يكون اما حول محور اوحول نقطة او حلزونياً اوتساوي الابعاد او التدرج او الانعكاس.
- ❖ الخصائص الطوبولجية والتي تبين انه يتكون من نظامين من الخطوط الجبال والوادي.
- ❖ خصائص انشائية جمالية : وهي فعالية الاداء ذاتية الدعم ذات استقرار وثبات متانة عالية مستجيبة للظروف الجوية وتلبي متطلبات المبنى التهوية والاضاءه جمالية وتدبير وظيفي مميز.
- ❖ خصائص اقتصادية : سرعة انشاء وسهولة نقل وقليلة التكلفة ومواد مستدامة .

5-5 المفردة الرئيسية الخامسة : اهداف المنجز الاوريغامي

برزت مجموعة من اهداف الاوريغامي بصورة عامة وللاوريغامي في العمارة بصورة خاصة وهي كالتالي:

- ❖ يعتبر المبنى الاوريغامي مصنعاً في مراحل تصميمه المختلفة ، فالتصميم الاوريغامي يبرز بدايةً في مرحلة الفكرة التصميمية ثم في مرحلة انشاء الموديل او النموذج اليدوي ثم في المرحلة النهائية مرحلة التصميم الهيكلي الانشائي .

- ❖ يعتبر ذا تغيير لتعريف هوية الفضاء فهو اما تغيير وظيفي في االقواطع الجدارية والاثاث والسقوف او تغيير شكلي في الوحدات الاوريغامية
- ❖ يعتبر وسيطاً غنياً لانتاج الهياكل المعقدة سواءً كانت هياكل ثابتة او متحركة.
- ❖ وسيلة معاصرة لانشاء صروح معمارية اوريغامية تمزج مابين القديم والحديث لانتاج مبانٍ ذات اصالة وتحمل روح المكان او مباني عصرية بحته.
- ❖ وسيلة لانشاء مباني فعالة والتي تتميز انها مستدامة ومتكيفة مع الظروف البيئية.

وكما موضح في الجدول رقم (1) في الملحق. بعدما تم استعراض المفردات الرئيسية والثانوية لاستراتيجية الاوريغامي وقيمها الممكنة تم تنظيم ثلاث استمارات استمارة الوصف للمشاريع واستمارة التحليل للمشاريع واستمارة القياس، سنكتفي بذكر مثال تطبيقي مهم وذلك بسبب تقدينا بعدد الصفحات .

6- التطبيق العملي

في هذه الفقرة سنتطرق الى مثال معماري مميز مصمم وفق نمط اوريغامي معين ونحلل هذا المثال وفق مفردات التطبيق المنتخبة (مراجع الاوريغامي و اليات الاورغامي وانماط الاورغامي واهداف الاورغامي) واسباب اختيار المشروع هوه اعتباره من اهم المشاريع المعاصرة التي تحمل فكره تصميمه مستوحاة من طيات الاوريغامي وبسبب تقييد البحث بعدد صفحات معين لايمكننا ان نتطرق الى المشاريع الاخرى وطرق تحليلها والنتائج المستخلصة منها.

مشروع متحف الشكولاتة (Nestle Chocolate Museum)

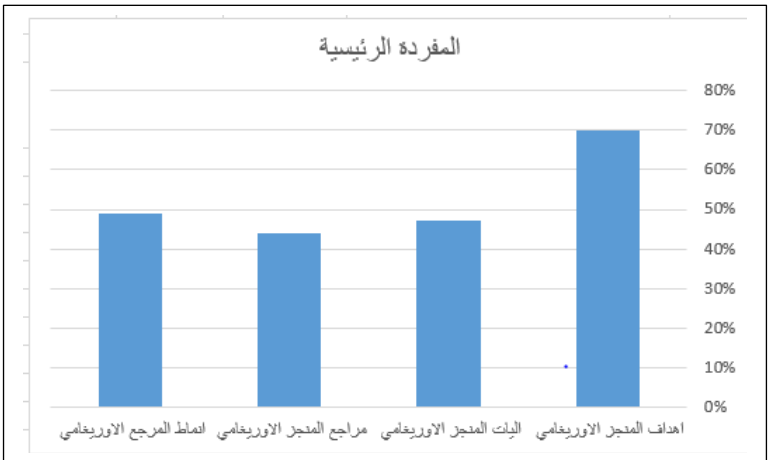
صمم ميشيل روجيند في تولوكا ,ولاية المكسيك مصنع نستله للشوكولاتة في مكسيكو سيتي (الموجود في باسيو تولوكان بالقرب من تولوكا) كان في حاجة إلى طريق داخلي للزوار ليشهدوا على إنتاج الشوكولاتة المفضلة لديهم ،قام المصمم ميشيل روجكيند ، المدير الرئيسي لشركة روجكيند في تصميم متحف للشوكولاتة في المكسيك في واجهة طولها 300 متر على طول الطريق السريع كصورة جديدة للمصنع. لذلك بدأت المرحلة الأولى في الشكل وتطلبت مساحة تبلغ 634 مترًا مربعًا تتكون من المدخل الرئيسي للأطفال ليتمتعوا بتجربة أكثر متعة وللبدء في رحلة إلى مصنع الشوكولاتة بمجرد دخولهم هذه المساحة المرحة والمذهلة و منطقة الاستقبال والمسرح الذي سيكون بمثابة حضور بشكل مباشر كيف يتم صنع النستله وايظا هناك متجر الذي يكون بمثابة متجر المتحف يمكن للشخص المتفرج ان يبتاع منه السكاكرومن ثم الممر إلى النفق داخل المصنع القديم.

- الفكرة التصميمية : المبنى عبارة عن شكل قابل للطي يكون مثيراً وجاذباً للأطفال ، أو شكل طائر اوريغامي ، أو ربما سفينة فضائية ، أو يمكن أن يكون "أليبريجي(الذي هو منحوتات مكسكية تراثية) وقد يبدو وكأنه شكل من تكسرات ولون نستله (KitKat) ذات اللون القرمزي , وهو يمثل استكشافات ا وحدس الناظر او الزبون له، والنتيجة المذهلة قوية مثل الأشكال الأوجه التي تحافظ عليه.
- متحف نستله للشوكولاتة هي لعبة على نطاق حضري تدعوك للقيام بجولة عاطفية وتمنحك حرية بالتنقل مابين المتحف القديم والمتحف الجديد او المصنع المتمم له والاطلاع على إبداع المصمم (ميشيل روجكيند) .
- يضم المبنى الجديد الذي تبلغ مساحته 600 متر مربع والذي تم بناؤه فوق الحديقة منطقة استقبال ، وهو مسرح يعد الزائرين الصغار لرحلة إلى عالم الشوكولاته ، والدخول إلى النفق الحالي الذي يدور حول مناطق الإنتاج داخل المصنع ، و متجر الشوكولاتة والأدوات في نهاية الجولة وبالتالي ، مثلثات الكاشفة مصنوعة من ظلال مختلفة من اللون الأبيض لإبراز الطائرات المختلفة. تفتح الردهة على منظر عام للأبراج ذات الجهد العالي واللوحات الإعلانية والطرق السريعة لإفساح المجال أمام مجموعات الزوار بين مكتب المعلومات والأرائك ذات شكل ألواح الشوكولاتة.

يحيط المسرح في هذه المساحة الصغيرة بالزوار لبضع دقائق ليعرضهم فعليًا على عالم الحلوى السائل. من هناك ، تبدأ الجولة من خلال الممرات والأنفاق وطوابق المراقبة على قاعات المصنع. قبل مغادرته ، يدعونا المتجر إلى إدامة اللحظة بأشياء نأخذها إلى المنزل . والصور في الملحق جدول (2) يوضح صور المشروع وجدول (3) استمارة التحليل لقيم تحقق المتغيرات لمشروع Nestle Chocolate Museum .

6- النتائج و الاستنتاجات

اظهرت النتائج الخاصة بالتطبيق وجود تفاوت في نسب تحقق المفردات حيث حققت مفردة اهداف المنجز الاوريغامي اعلى نسبة وهي (70%) اما مفردة انماط المرجع الاوريغامي حققت ثاني اعلى نسبة (49%) , ومفردة اليات المنجز الاوريغامي (47%) ومفردة مراجع المنجز الاوريغامي نسبة (44%) وهي اقل قيمة لمفردة محققة . كما في الشكل (2)



الشكل (2) نتائج الدراسة العملية لمفردات استراتيجية النص الاوريغامي في العمارة
المصدر : الباحثان

6-1 استنتاجات الاطار النظري والعملي

6-1 -1 الاستنتاجات للمفردة الرئيسية الاولى مراجع المبنى الاوريغامي

- ان مرجع النماذج الورقية مهم لمصممين المنجزات الاوريغامية بالاعتماد على متغيراتها الواجبه التحقق بشكل متساوي التي تمثلت بالاشكال العشوائية و المبدء الثابت والتقسيمات الورقية .
- برز دور كل من الاعراف والاشكال المرتبطة بالسياق والتقاليد كمتغييرات مهمة عند الرجوع الى الاشكال من خارج حقل العمارة . وبرز كل من الاستلهام من البنية الاجتماعية والرموز التاريخية والانماط المحدده كمتغيرات مهمة عندما يكون المرجع من داخل حقل العمارة .

6-1-2 الاستنتاجات للمفردة الرئيسية الثانية الانماط المتبناة في النصوص الاوريغامية

- نمط الاوريغامي الجاسئ من اهم الانماط الاوريغامية التي يعتمد عليها المصممون فهو يحقق للمصمم تصميماً خارجياً وتصميماً داخلياً متماسك معاصر ,
- تعد الواجهات والمخططات من اهم المتغيرات التي يركز المصممون عليها عند تصميم مبنى اوريغامي من نوع الجاسئ او الثابت
- الاوريغامي الثابت حقق نسبـاً أعلى من الاوريغامي المتحرك فأغلب المنجزات الاوريغامية المصممة تميل الى تصميم هيكل متكامل مطوي ثابت للوصول الى النتيجة المرجوه .

- الهياكل القشرية الاوريغامية من اكثر الهياكل التي تشكل تحدي معماري جمالي حقيقي .
- استراتيجية الاوريغامي تعتمد بشكل كبير على نمط الاوريغامي الجاسئ لانتاج مبان تمتاز بالمعاصره والتميز .

6-1-3 استنتاجات المفردة الرئيسية الثالثة اليات المبنى الاوريغامي

- برزت آلية الطي وآلية التجريد من خلال مجموعة من المتغيرات والقيم الممكنة كأليات واجبة التحقق تباعا، فتكسير الاشكال وحنيها وطي العلاقات والعناصر مقرون مع التجريد الكلي والجزئي وتجريد العناصر لغرض تحقيق استراتيجية الاورغامي وانتاج نص معاصر ذو مراجع رصينه.
- لانتاج منجز اوريغامي تكون الطبيعة هي المرجع الاساسي فيه يتم الجوء الى آلية المحكاة بنوعيها المباشر وغير المباشر بما تتضمنه من متغيرات وقيم ممكنه اساسية واجب تحققها .
- تبين انه لغرض انتاج منجز اوريغامي متكامل يتوجب استعمال آليات الطي والتجريد معا بصورة اساسية.
- ان استراتيجية الاورغامي تعتمد بشكل كبير على آلية الطي وآلية التجريد اكثر من اعتمادها على آلية الاختزال والتحريف والمحاكاة.

6-1-4 استنتاجات المفردة الرئيسية اهداف المبنى الاوريغامي

- المباني الاوريغامية صروح معمارية معاصرة ذات رموز وافكارعصرية تتميز عن المباني المحيطة (بالهيئة الخارجية ومواد الانهاء)، اكثر مما تراعي المباني المحيطة من خلال تغيير في المادة المصنوعة منها الواجهات او استخدام مواد عاكسة البيئة المحيطة.
- الهياكل الاوريغامية هياكل معقدة اما ثابتة الاجزاء او متحركة وتمتاز فضائاتها بالمرونة اما الشكلية او الوظيفية بما يلائم الوظيفة المراد تأديتها في الفضاء.

6-2 الاستنتاجات النهائية

- الاوريغامي ذو النمط الجاسئ من اكثر الانواع استخدام في العمارة فهو يصمم على مستوين التصميم الخارجي والداخلي ويفضل المصميمن تداخل النمط الجاسئ مع النمط الثابت لتحقيق مباني اورغامية ثابته تمثل صروح معمارية وهو المطلوب .
- ان المبنى الاوريغامي يمثل صرح معماري معاصر يتميز عن المبانى المحيط به بشكله وطريقة تصميمه ويمتاز هذه الصرح بأن مستدام ومتكيف مع الظروف المتغيرة ويلبي متطلبات المستخدم .
- آلية الطي بنا تتضمنه من متغيرات وقيم ممكنة هي الآلية الاساسية في التصميم الاوريغامي واجبة التحقق مع آلية التجريد , فتكسير الاشكال وحنيها وطي العلاقات والعناصر مقرون مع التجريد الكلي والجزئي وتجريد العناصر لغرض تحقيق استراتيجية الاوريغامي وانتاج منجز معاصر ذو مراجع رصينه
- وعندما يكون المرجع للمنجز الاوريغامي شكل رمزي مهم (من داخل اوخارج حقل العمارة) بالاضافة الى آلية الطي يتم الجوء الى آلية التجريد بمتغيراتها المهمة وآلية التحريف ,لكي يتم تحريف الاصل وتجريدة بما يلائم الفكرة التصميمية .
- تميز المبنى الاوريغامي بالمرونة من خلال قدرة فضائاته على التغيير الشكلي او الوظيفي مع الوطيفة المطلوبة وهو ما يحقق الراحة للمستخدم.
- ان من اهم الاهداف التي يجب ان يحققها المصمم هي انتاج مباني فعالة للغاية من خلال التركيز على متغيرات (الاستدامة و التكيف مع الظروف البيئية) .
- يتحقق الاوريغامي من النمط الجاسئ بنوعية (التصميم الخارجي والتصميم الداخلي) عندما يتم يتبني آلية التجريد الشكلي الذي مرجعه النمادج الورقية.

7- التوصيات

- يوصي البحث باستثمار نمط الاوريغامي الجاسئ لسهولة تصميمه وقدرته على انتاج النصوص الاوريغامية المبدعة.
- يوصي البحث في اعتماد اليات الطي والتجريد معا لانتاج نص اورغامي معاصر.
- يوصي البحث بتبنى وظيفة المشروع والنماذج الورقية كمراجع مهمة عند تصميم النصوص الاوريغامية.
- ادخال الاوريغامي على شكل دورات وورش لطلبة العمارة على وجه الخصوص لقابليته على التحفيزعلى التركيز و الابداع في انتاج الاشكال الجديده .
- يوصي البحث بتحقق تصميم مبنى اورغامي يمتاز بالمرونة من خلال قدرة فضائاته على التغيير الشكلي او الوظيفي مع الوظيفة المطلوبة وهو ما يحقق الراحة للمستخدم .
- الالتزام بالقواعد الاساسية لتصميم انماط الطي الاوريغامي عند الشروع بالتصميم .
- توصي الدراسة بتنويع الانماط المستخدمة في انتاج المبنى الاوريغامي ليتميز النص بالثراء والتنويع.

References:

Rhama,Ahmed,2015," **Hosting the art of paper folding in creating and creating models for industrial product design**" published research, Sudan University of Science and Technology - College of Applied Arts and Department of Industrial Design, p(1-2-12-13-15).

Ashraf, Omaima (2006), **"Origami thought influenced towards modern organic theory,"** published research, Journal of Architecture and Arts, 11th Issue, Part I and College of Applied Arts, 6 October University. (P-12).

Issa et al., 2001"**A methodology for designing a ceramic product in the light of origami rules"**, published research, Department of Applied Arts.(p 43).

Miura K**.** 1989 **" Folding a plane scenes from nature technology and ar**" Symmetry of structure, interdisciplinary Symposium Aug 13-19, Danvas G. &Nagy D. ed., Budapest, Hungary,.(P22-23-24)

Katherine A. Liapi,(2002) "**Transformable Architecture Inspired by the Origami Art**" University of Texas p(76-2) .

MARCO HEMMERLING, (2010). "**ORIGAMICS: Digital Folding Strategies in Architecture** "University of Applied Sciences P(90-92).

Diaaelden Tantawy, "**Origamic Architectural Form Design System**" nterior design department Faculty of Applied Arts- Helwan University p(72)– (2015)

Camilla and Björn 2015. "**Structural Folding A parametric design method for origami architecture**" , Master's thesis in Structural Engineering and Building Technology P(33-45) .

Filipa Osório, .(2018). Alexandra Paio, Sancho **Oliveira**" **Kinetic Origami Surfaces From Simulation to Fabrication**" Istanbul Technical University(P-21-34-56-44).

Yomna and Ayman,(2016) "**Origami Explorations A Generative Parametric Technique For kinetic cellular façade to optimize Daylight Performance**" 2Department of Architecture Engineering, Faculty of Engineering, Cairo University, Giza, Egypt p(11-2).

الملحق:

جدول (1) يوضح الجوانب المطروحة في الدراسات السابقة المصدر : الباحثان

الجوانب المطروحة / الدراسات السابقة	مميزات الهياكل الاورغامية	الانماط التصويص الاورغامية	ثبات النص الاورغامي	خصائص النص الاورغامي	مراجع النص الاورغامي	اهداف النص الاورغامي	اهمية النص الاورغامي	اشتراطات النص الاورغامي	انواع الهياكل الاورغامية	تقنيات الاورغامي
Katherine,2002	●	●		●	●		●	●		
Marco 2010		●	●			●			●	
Filipa 2014	●	●	●	●		●				
Daaelden 2015	●		●			●		●		●
Camilla2015	●	●			●			●		
Yomna2016	●	●		●		●	●			
Najlaa 2017	●	●	●	●		●			●	
Filipa 2018	●	●			●		●			

جدول (2) يوضح مفردات الاطار النظري المصدر : الباحثان

المفردة الرئيسية		المفردة الثانوية	القيم الممكنة	
المفردة الرئيسية	مراجع النص الاورغامي	الطبيعة	حركي (ميكانزم)	الحركة الحلزونية
				الحركة المتعرجة
				الانفجار
				التمد والتقلص
				التقعر والتحدب
				غيرها ..
		النماذج الورقية	مبدء ثابت والشكل المتغير	
			تقسيمات الورق	
			الاشكال العشوائية	
		الاشكال الرمزية المهمة	من داخل حقل العمارة	بنية اجتماعية تراثية
				رمز تاريخي
				رمز لنمط معماري محدد
				اخرى
			من خارج حقل العمارة	اعراف
				تقاليد
				اشكال مرتبطة بالتراث
				اخرى

		المشروع	وظيفة المشروع				
			سم المشروع				
			موقع المشروع				
المفردة الرئيسية الثانية	الانماط المتبناة في النصوص الاوريغامية	النمط الجاسئ (rigid)	التصميم الهيكلي	على مستوى مبنى	تصميم الواجهات		
					تصميم المخططات		
				على مستوى عمائر	العمارة المعاد تدويرها		
					العمارة البايولوجية		
					العمارة المستجيبة		
					العمارة المتنقلة		
			التصميم الداخلي	التصميم الانشائي	العامود		
					الجدار		
					مادة الانهاء		
				الديكور	الانارة		
					المكتبات		
					سقوف ثانوية		
					اماكن جلوس		
					التحفيات		
		الاوريغامي الثابت	هيكل متكامل مطوي ثابت				
			جزء من المبنى		جدران (قواطع)		
					اسطح مطوية (القشرة)		
					اطارات اللوح المطوية		
		الاوريغامي المتحرك	وحدات متحركة				
			سطوح متحركة				
		الاوريغامي الرقيق	الهياكل القشرية الرقيقة				
المفردة الرئيسية الثالثة	اليات النص الاوريغامي	الية الطي	حني الاشكال				
			تكسير الاشكال				
			تمويج الاشكال				
			طي العلاقات				
			طي العناصر				
		الية التجريد	تجريد كلي				
			تجريد جزئي				
			تجريد العناصر				
		الية المحاكاة	محاكاة بشكل مباشر		الطائر		
					الموجة		
					اصداف البحرية		
					شكل اخر		
			تقليد الية عمل		جناح الحشرات		
					حركة براعم الزهرة		
					غيرها		
			اختزال جزئي				

		الية الاختزال	اختزال عنصر	
			اختزال شكل	
			اخر	
		الية التحريف	تحريف فكرة	
			تحريف عنصر	
			تحريف جزئي	
			تحريف كلي	
			اخرى	
4	خصائص النص الاوريغامي	خصائص هندسية	التشابه (التماثل)	حول المحور
				حول النقطة
				حول المركز
			النمو	النمو الخطي
				النمو المركزي
				النمو الحر
			التكرار	تكرار خطي حول محور
				تكرار قطري
				تكرار حلزوني
			تساوي الابعاد	
			التدرج	
			الانعكاس	
		خصائص طوبولوجية	يتكون من نظاميين من الخطوط	خطوط الجبال
				خطوط الوديان
		خصائص أنشائية وجمالية	فعالية الاداء	
			ذاتية الدعم	
			الاستقرار والثبات	
			متانة عالية	
			مستجيبة للظروف	
			يلبي متطلبات الستخدم	اضاءه
				تهوية
			ذات جمالية عالية	
		خصائص اقتصادية	سرعة الانشاء	
			سهولة النقل	
			قليلة التكلفة	
			مواد مستدامة	
5	اهداف النص الاوريغامي	تصنيع المنتج في مراحل مختلفة من التصميم	مرحلة الفكرة التصميمة	
			مرحلة انشاء النموذج	
			مرحلة التصميم الهيكلي الانشائي	
				قواطع جدارية

		تغيير تعريف هوية الفضاء	التغيير الوظيفي	اثاث	
				سقف	
			التغيير الشكلي	تغيير في شكل الوحدات الاوريغامية	حسب توجه الشمس
					حسب توجه الرياح
				فتحات التهوية والاضاءه	
		وسيط غني لانتاج الهياكل المعقدة	هياكل ثابتة		
			هياكل متحركة		
		انتاج صروح معمارية اوريغامية	صرح اوريغامي معاصر		
			صرح اوريغامي مستوحى من تراث		
			تناغم الجزء المصمم مع المبنى الكلي		
			تناغم الجزء المصمم مع المباني المحيطة		
		انشاء مباني فعالة	مسندامة		
			متكيفة مع الضروف البيئية		

❖ **صور المثال التطبيقي**

التصميم الداخلي

شكل (2) صور مشروع متحف Nestle Chocolate Museum
المصدر : https://rojkindarquitectos.com/work/nestle-chocolate-museum

❖ **جدول رقم (3) استمارة التحليل لقيم تحقق المتغيرات لمشروع Nestle Chocolate Museum .**

مفردة مراجع الاوريغامي			
المفردة الثانوية	القيم الممكنة		تحليل المشروع حسب القيم المتحققة
الطبيعة	احركي (ميكانزم)		تعد فكرة مشروع المتحف الملحق بمصنع شكولاتة نستله المعروفة بالمكسيك تجربة جديدة للتصميم فقد اعتمد المصمم ميشيل روجكند في تصميم المبنى الاوريغامي الذي استغرق ثلاثة اشهر للإنشاء عدة مراجع للتصميم فهو شكل اوريغامي قابل للطي يكون مثيراً وجاذب للأطفال وتاره هو شكل طائر اوريغامي ، أو ربما سفينة فضائية ، أو يمكن أن يكون أليبريجي (اي شكل منحوتات مكسكية تراثية هزلية) والناظر الية عن بعد يشعر وكانه شكل من تكسرات ولون نستله (KitKat) ذات اللون القرمزي وتعتبر النستلة هي اساس الماركة المصمم لها المتحف حيث المتحف لعرض كيفية تصنيع النستلة من خلال عرضها في صالات المسارح فيحمل الشكل اكثر من معنى فهو مستوحى من النماذج الورقية الاوريغامية ومن رمز مهم خارج حقل العمارة
النماذج الورقية	تقسيم الورق		
	المبدأ الثابت والشكل المتغير		
	الاشكال العشوائية		
الاشكال الرمزية المهمة	من داخل حقل العمارة		
	من خارج حقل العمارة		
المشروع	من وظيفة المشروع		
مفردة الانماط المتبناة في النصوص الاوريغامية			
الاوريغامي الجاسئ (rigid)	التصميم الهيكلي	مبنى	الانماط المستخدمة في التصميم هي من نوع الاوريغامي الجاسئ من خلال التصميم الهيكلي للمبنى والتصميم الداخلي بما فيه ديكور وهيكل انشائي يظم الجدران والارضيات والسقوف اوريغامية متكسرة فمنطقة المتجر والمتحف والممر الرئيسي والممرات الفرعة كلها تجسد ذات الفكرة التصميمية فهو اوريغامي ثابت حيث الهيكل المتكامل مطوي
		عمائر	
	التصميم الداخلي		
الاوريغامي الثابت	هيكل متكامل مطوي		

	جزء من مبنى	استخدم المصمم الظل والضوء لابراز التكسرات الداخلية ويمثل الهيكل الاوريغامي الخارجي هيكل ثابت على ارجل خشبية ثابتة مرفوع عن الارض حتى الاضاءة المستخدمة هي اضاءة ذات اشكال اوريغامية
الاوريغامي المتحرك	سطوح متحركه	
	وحدات متحركة	
الاوريغامي الرقيق	الهياكل القشرية الرقيقة	
مفردة اليات المنجز الاوريغامي		
الية التجريد	تجريد كلي	الآليات المستخدمة في مشروع المتحف الذي صمم في المكسيك والذي يعتبر نص اوريغامي بحت هي الية الطي حيث تم استخدام الطيات المتكسرة في جميع أجزاء الهيكل الداخلي والخارجي. فهيكل المبنى الكلي عبارة عن طيات متكسرة ومنحنية والطيات المتكسرة تم اعتمادها داخل وخارج المبنى حتى العناصر الديكور والاثاث استخداما وفق التشكيل المطوي والآلية الثانية التي تم استخدامها هي آلية التجريد فالتجريد الكلي للمصادر المستعار منها الفكرة التصميمية يتجسد في تجريد نسلة الكتكات التي هية تعتبر معلم واقتباس من الشكل والتكسرات المجردة الفكرة التصميمية : المبنى عبارة عن شكل قابل للطي يكون مثيراً وجاذباً للأطفال ، أو شكل طائر اوريغامي ، أو ربما سفينة فضائية ، أو يمكن أن يكون "أليبريجي(الذي هو منحوتات مكسكية تراثية) وقد يبدو وكأنه شكل من تكسرات ولون نسلة (KitKat) ذات اللون القرمزي , وهو يمثل استكشافات ا وحدس الناظر او الزبون له . والنتيجة المذهلة قوية مثل الأشكال الأوجه التي تحافظ عليه.
	تجريد جزئي	
	تجريد عناصر	
الية المحاكاة	محاكاة بشكل مباشر للطبيعة	
	محاكاة بشكل غير مباشر للطبيعة	
الية الطي	حني الاشكال	
	تموبج الاشكال	
	تكسير الاشكال	
	طي العلاقات	
	طي العناصر	
الية الاختزال	اختزال جزئي	
	اختزال عنصر	
	اختزال شكل	
	اخر	
الية التحريف	تحريف فكرة	
	تحريف عنصر	
	تحريف جزئي	
	تحريف كلي	
	اخرى	
مفردة اهداف النص الاوريغامي		
انتاج صروح معمارية اوريغامية	صروح ذات رمزية معاصرة	تعتبر من اهداف النص الاوريغامي المتمثل بمتحف الشكولاتة الذي يعرض ماركة نستلة يمثل صرح مميز في المكسيك واول مشروع متحف ومصنع بهذا الشكل الاوريغامي المعاصر وذو اللون القرمزي المميز فهو مميز عن مباني البيئة المحيطة به والمبنى يعتبر مستدام وفعال ومتكيف مع الظروف البيئية في المنطقة وموادة جميعها مستدامه وقابله لاعادة التدوير ويعتبر هيكل معقد ثابت الاجزاء والمشروع مصنع في مراحل مختلفة من التصميم ففي مرحلة الفكرة التصميمة وتجسيدها
	صروح مميزه عن المباني المحيطة	
	صروح تراعي خصوصية المباني المحيطة	
انشاء مباني فعالة	مستدامة	
	متكيفة مع الظروف البيئية	
	هياكل ثابتة الاجزاء	

انتاج الهياكل المعقدة	هياكل متحركة الاجزاء	
تغيير هوية الفضاء حسب احتياج المستخدم	التغيير الوظيفي	
	التغيير الشكلي	
تصنيع المنتج في مراحل مختلفة من التصميم	مرحلة الفكرة التصميمة	
	مرحلة انشاء النمودج	
	مرحلة التصميم الهيكلي الانشائي	