Art and Architecture Journal

Volume 5, Issue 1, 2024, P41 - 54

Print ISSN 2805-2838
Online ISSN 2805-2846

تحليل النظم الشكلية والتحولات الرقمية في العمارة الطوبولوجية وتوظيفها في التصميمات الداخلية

Analyzing topological architecture's form systems and digital transformations and using them in interior designs

سوزان حسن عبد الحميد

مدرس بكلية الفنون والتصميم قسم الديكور - عمارة داخلية جامعة فاروس بالإسكندرية

الملخص:

اعتمدت الأفكار التصميمية الحديثة على مجموعة من المفردات والتقنيات الرقمية وظهرت العمارة الطوبولوجية لتمثل تحقيق التكامل بين التصميم والتكنولوجيا من خلال الابتكار تصميمات تطورية واجراء عمليات تحول وتغير في الشكل من بحث الوظيفة والهيكل البنائي للشكل الناتج فظهرت العمارة الطوبولوجية وكان لها اثر واضح في التصميم الداخلي كاتجاه فعال نحو التصميم الرقمي واستخدام تقنيات النمذجة في تحليل الاسطح الطوبولوجية وانشاء أشكال أكثر مرونة وفعالية ويوضح التصميم الطوبولوجي التكامل بين التصميم والتكنولوجيا حيث يقوم بعمل أشكال مبتكرة تحقق التحول في الشكل الذي يعتمد على قواعد الهندسة الطوبولوجية حيث ان التحول والتغير الناتج من تحليلات دقيقة للشكل مما ينتج اشكال متطورة تستند الى أنظمة وبرامج تدعم الافكار التصميمية لتنتج تصميمات تتميز بالمرونة والقابلية الشكلية للتحول واختيار خامات تتوافق مع العوامل والمتغيرات المختلفة حيث أتاحت خلق تشكيلات تصميمية داخلية ديناميكية تربط بين الزمن والحركة وتولد أشكال عالية الدقة والتعقيد والتركيب حيث أن الاتجاه الطوبولوجي يمكننا من خلاله تحقيق ادراك للنظم الشكلية الطوبولوجية بشكل فعال ومرن داخل حيزات العمارة الداخلية.

ويستخدم مفهوم الخوارزميات في الطوبولوجيا لحل مشاكل متعددة في مجال التصميم الداخلي، مثل تحديد تشكيل الهياكل التصميمية الهندسية المعقدة والأشكال المختلفة.و تصف الخوارزميات هنا التصميم الرقمي المستخدم لحل هذه المشكلات التصميمية بمرونة وفاعلية.

الكلمات المفتاحية:

الهندسة الطوبولوجية , النمذجة, التحولات الشكلية, الأسطح الطوبولوجية ، التحسين الطوبولوجي.

1.المقدمة

تتعرض الدراسة لمفهوم النظام الشكلي الطوبولوجي والمحاكاة لأساليب التصميم لخلق نموذج شكلي مرن ومطابق لمعايير الاداء القياسية والوظيفية باستخدام عمليات وادوات تصميمية رقمية متطورة وتدعم النماذج الطوبولوجية أنظمة ذكية قادرة على التشكل والتحول الشكلي Metamorphosis من النمط التقليدي الى الاشكال المركبة والمعقدة غاية الدقة حيث يساعد تحليل النظم الهيكلية للتصميم على تحسين الاداء الوظيفي لحيزات العمارة الداخلية من خلال تحليلات دقيقة من محددات الفراغ الداخلي وعناصره المتنوعة والتي تتغير بشكل دائم وعليه يجب تطويع التصميم لكي يتوائم مع تلك المتغيرات وتحقيق التفاعل مع المؤثرات الداخلية والخارجية للاشكال التي تنتج من تحليل وتوليد الاشكال NURBS Surfaces عن طريق التفاعل الحيوي و التحول الكتلي للوصول الى حلول مبتكرة وحديثاً من خلال تقنيات النمذجة الرقمية للوصول الى فراغ متجاوب يدعم فكرة التحول من خلال ادوات رقمية حديثة تتيح توليد نماذج ثلاثية الابعاد يسهل تشكيل الأسطح فيها حيث اتاحت الهندسة والطوبولوجية عملية التحول والتغير لأشكال تطورية مركبة .

اعتبر المصممون أن عملية التحسين الطوبولوجية هي أداة فعالة لتنفيذ الاشكال البسيطة والمعقدة منها عن طريق برامج ووسائل تصميمية لا كمية تتفاعل مع المدخلات حيث تتجاوز الأبعاد الكارتيزية وتخلق تصميم يجمع بين الشكل والمضمون.

ومع ظهور الثورة الرقمية اتجهت التصميمات نحو اعادة صياغة أساليب للتصميم والتشكيل في الحيز الداخلي واجراء عمليات التحول باستخدام برمجيات متطورة تربط المصممين بمفردات التكنولوجيا وأدواتها الحديثة التي اعتمدت على دراسة الكتلة والفراغ في الحيزات الداخلية مكونة أشكال ثلاثية الأبعاد.

وقد تحققت فكرة التجريد للأنماط المختلفة طبقا لمبادئ التكنولوجية حيث يتم تفعيل وتخليق الفراغات والطوبولوجية عن طريق خوارزميات دقيقة تنتج تصميمات داخلية تخضع لمعايير تصميمية محددة وفعالة وظيفياً وأدائياً وليس شكلياً فقط حيث تتحدد الخامات المستخدمة والهيكل البنائي للشكل المراد تصميمه من خلال عمليات متطورة للتحسين الطوبولوجي Topology Optimization.

Art and Architecture Journal
Volume 5, Issue 1, 2024, P41 - 54
Print ISSN 2805 -2838
Online ISSN 2805 -2846

ويمكن تحديد مفردات وعناصر تحليل النظم الشكلية والتحولات الرقمية في العمارة الطوبولوجية من خلال مجموعة من المحاور البحثية والتي تتضمن :

- تحليل الأشكال والأسطح باستخدام الهندسة الطوبولوجية.
- دراسة مفهوم الخوارزميات في الطوبولوجيا لحل المشاكل التصميمية .
- تطبيقات التحولات الشكلية الطوبولوجية في التصميم الداخلي.
- التقنيات الرقمية المرتبطة بتحسين التصميم طوبولوجياً.
- استراتيجيات تحليل النظم الشكلية الطوبولوجية في التصميم الداخلي.

2.مشكلة البحث وتساؤلاته:

يمكن تحديد مشكلة البحث من خلال حصر الفجوة بين المصممبن والأدوات الرقمية الحديثة حيث يستخدم أغلب المصممين الطرق النمطية التقليدية والتي يصعب فيها التعامل مع الأشكال المركبة والمعقدة مع التطور الواضح في أساليب النمذجة وتقنيات الحاسب الالي التي شهدت مؤخرا طفرة نوعية من أساليب ونظم شكلية فعالة في التشكيل والتصميم وعليه لربط تلك المعلومات والتحليلات والأساليب يجب تشجيع المصممين علي التعمق في دراسة الأدوات الرقمية وكيفية توظيفها بشكل ديناميكي في تصميمات العمارة الداخلية ، وتشتمل تساؤلات البحث:

ماهية مفهوم العملية التصميمية الطوبولوجية ؟

ماهو الدور الأنماط الشكلية والوظيفية التي تحكم العلاقات بين الأشكال البسيطة و المعقدة ؟

ماهي تقنية التحسين الطوبولوجيا ودورها في إنشاء أشكال عضويةٍ مميزةٍ ومبتكرةٍ بالتكامل مع تقنية التصميم التوليدي وفكرة إيجاد الشكل ؟

كيف تتحقق الأنظمة الشكلية الطوبولوجية باستخدام التقنيات الرقمية المتطورة؟

3.أهمية البحث:

1.ايجاد منهجية تصميمية لتشكيل البنية الطوبولوجية حيث تحول تصور الحيز الداخلي من الحيز النمطي الي الحيز الافتراضي بناءً على متطلبات التصميم.

2.استخدام الانظمة والتقنيات الرقمية للوصول إلى تصميم أشكال غير نمطية ومركبة باستخدام البرمجيات والبيئات الافتراضية.

3.ايجاد حلول للمشكلات التصميمية عن طريق المعالجات الطوبولوجية بما يتوافق مع تحقيق الفاعلية والمرونة والاستمرارية في التصميم.

4.فهم استخدام عمليات التصميم الرقمية والتي شكلت دور هام وفعال في الوصول الى معايير الاداء والفاعلية المطلوبة.

5.تقييم عملية التحسين الطوبولوجية تعتمد علي أسلوب تصميمي يهدف إلى إيجاد حل مناسب لمتطلبات التصميم ويلبي بشكل شامل متطلبات جميع المهام الوظيفية للشكل.

6.تحليل استراتيجيات النظم الشكلية الطوبولوجية في التصميم الداخلي.

4.أهداف البحث:

1.دراسة أليات تطويرالأشكال البسيطة و المعقدة حيث تصف الخوارزميات هنا التصميم الطوبولوجي المستخدم لحل العديد من المشكلات التصميمية .

2.تحديد عناصرالتصميم الشكلية والوظيفية بشكل واضح من خلال الأساليب الحديثة وأنظمة التحول والتغيير من التقليدية إلى الطوبولوجية.

3.تاكيد المتغيرات والانظمة الطوبولوجية التي ساعدت علي تحسين فاعلية الاداء في التصميم ويمكن ان نحدد مجموعة من العمليات التحليلية والتصميمية.

4. تحديد الخصائص الدقيقة للتصميم وتظهر دراسة الأشكال التي يمكن تحويل بعضها البعض الي أشكال أكثر دقة وتعقيد.

5.استنتاج المعالجات التصميمية الطوبولوجية كأداة لتطوير النماذج التصميمية وتحليل الأشكال التصميمية المعقدة.

5.منهج البحث:

المنهج الوصفي التحليلي حيث يستعرض تحليل النظم الشكلية والتحولات الرقمية في العمارة الطوبولوجية من خلال وصف وتحليل مجموعة من النماذج وعمل التحليل المقارن لها وعلاقتها كاتجاه فعال بالتصميم الرقمي . واستخدام تقنيات النمذجة في تحليل الاسطح الطوبولوجية وانشاء أشكال أكثر مرونة وفعالية . وأليات التطبيق الرقمية التي تمكن التصميم الطوبولوجي من تحقيق التكامل بين التصميم والتكنولوجيا حيث يقوم بعمل أشكال مركبة ومعقدة تحقق التحول في الشكل الذي يعتمد على قواعد الهندسة الطوبولوجية بشكل دقيق .

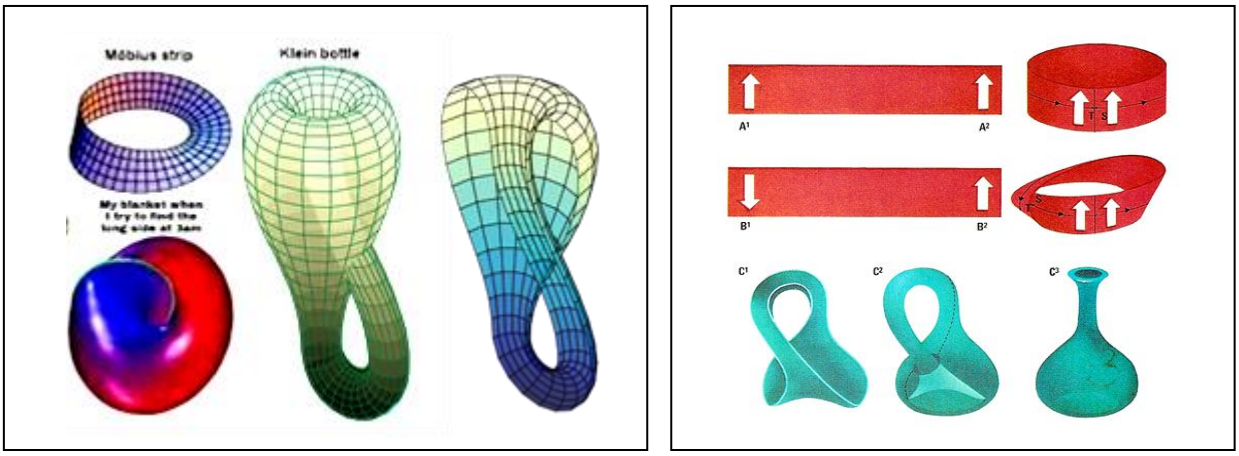
Art and Architecture Journal
Volume 5, Issue 1, 2024, P41 - 54
Print ISSN 2805-2838
Online ISSN 2805-2846

6.مفهوم الطوبولوجيا

1.6.تعريف الطوبولوجيا (Topology) أو علم الفراغ أو علم المكان كلمة يونانية (من topos وتعني مكان وlogos تعني دراسة المجموعات المتغيرة التي لا تتغير طبيعة محتوياتها.
هى "الهندسة اللاكمية أو اللامقدارية" ، و هي فرع من الرياضيات يهتم بدراسة موقع الشيء بالنسبة للأشياء الأخرى (ليس بالمسافة أو بالحجم). فهو علم بيئى متنقل يميل إلى نقل المفاهيم والأفكار من أحد مجالات الفكر والنشاط البشري إلى مجال آخر. وأنتج هذا مزيج من الأفكار والرؤى التي تحدد الظروف والشروط التشكيلية، التي حددها Marcos Novak بمصطلح Trans-modernity "الحداثة التحولية".

2.6.دراسة علم الاسطح الهندسية :

(دراسة علم السطح) وتأتي كلمة طوبولوجى مشتقة من الكلمة اليونانية TOBBOS "توبوس" و هى تعنى مكان أو موضع أو فراغ و كلمة LOGOS بمعنى دراسة ، و أول من استخدمها الرياضى الالمانى "لبستنج " 1847 ليعنى "هندسة الموقع " والطوبولوجى من النظريات (التركيبات الحديثة فى الرياضيات) التى نشأت فى القرن التاسع عشر وتبلورت فى القرن العشرين . على الرغم من أن له جذوره في التحليل والإحصاء، إلا أنه كان مستقلاً عن ذلك وأصبح الآن أداة تقوم بكل العمليات الحسابية والعلوم والتصميم.
وهذا ما دفع بعض علماء الرياضيات والمصممين إلى تسميته بالهندسة المطاطية، لأنه هو دراسة الأشكال الهندسية والعلاقات المكانية التي لا تخضع لتغيرات مستمرة في الشكل أو طريقة ارتباط المكونات ببعضها البعض أو تنظيمها.
تغيرت الهندسة المعمارية بشكل كبير في النصف الثاني من القرن التاسع عشر. يعتبر تحليل بوانكاريه لسيتوس (الترجمة اللاتينية من اليونانية)، الذي نشر عام 1895، البداية الحقيقية لمجال الهندسة المتعلقة بالهندسة المعمارية وهذا المفهوم يسمى الطوبولوجيا.
يُطلق على علم الطوبولوجيا أيضًا "هندسة اللوح المطاطي"geometry of the rubber sheet" وبما أن البنية الهندسية مرنة، فهي تسمح بجميع التغييرات الممكنة للأشكال والأسطح **NURBS** Surfaces (Non-Uniform Rational Basis Spline)حيث يتم ترتيب الأسطح بجميع الأشكال الممكنة دون تكسير أو تقطيع بل من خلال مجموعة من المتغيرات والتحولات الرقمية.
حدد بوانكاريه الطوبولوجيا لأنها تمنحنا جودة في خصائص الأشكال الهندسية ليس فقط في الفراغات ولكن أيضًا الحيزات ثلاثية الأبعاد ككل ومن أشهر الأشكال الطوبولوجية هو شريط موبيوس، وهو شريطٌ له خاصية الـ (non-orientable) له سطحٌ واحدٌ وحافّةٌ واحدةٌ.



شكل (1) يوضح بعض الأشكال الطوبولوجية مثل شريط موبيوس Möbius strip/ loop وزجاجة كلاين Klein bottle وقوقعة موبيوس Möbius

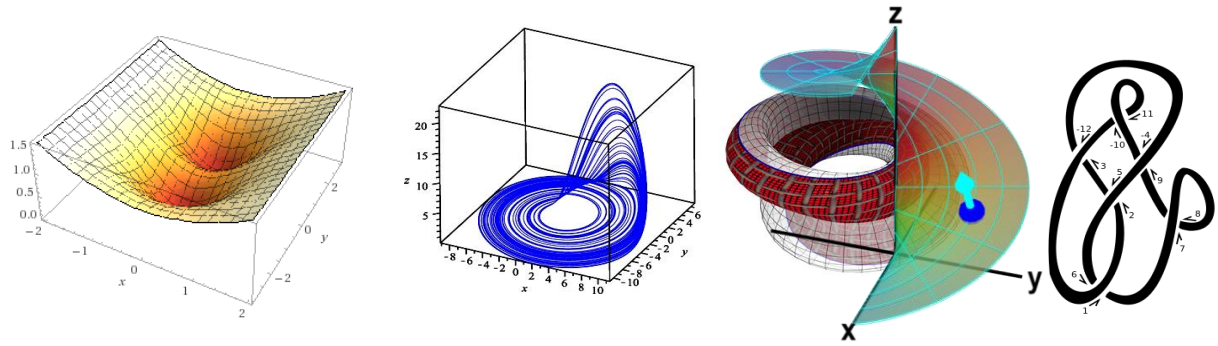
3.6.هندسة النظم الشكلية المعقدة:

وأضافت هندسة الأنظمة المعقدة والهندسة الكسورية ونظرية الفوضى وجميع الصور البنيوية التي اكتشفها علماء الرياضيات باستخدام التقنيات الحسابية في العقود الثلاثة الماضية مجموعة واسعة من النظم الشكلية المعقدة والمتحولة .
وضح ماركوس نوفاك Marcos Novakأن الطوبولوجيا لا تعني الأسطح المنحنية كما هو متعارف عليه الآن، بل هي دراسة الهياكل والافكار التصميمية المتحولة التي لا تتغير بتغير الأشكال والأشياء. ولذلك فإن التشكيل التصميمي الطوبولوجية لا تتغير كحل هندسي كبير.ومن ثم فإن الطوبولوجيا هي دراسة خصائص الأرقام الهندسية التي لا تزال غير متغيرة في ظل التحولات والتغيرات الشديدة التي تتسبب في فقدانها جميع خصائصها القياسية والإسقاطية، مثل الشكل والحجم.

Art and Architecture Journal
Volume 5, Issue 1, 2024, P41 - 54
Print ISSN 2805-2838
Online ISSN 2805-2846

لقد اهتم مصممي العمارة الداخلية بدراسة وتحليل المفاهيم الطوبولوجية لعقود من الزمن؛ لكن الأمر استغرق بعض الوقت حتى ظهرت التطورات الرقمية التي سمحت بتصوير الأشكال والمجسمات ورسمها وتحليل حركاتها، مما يوفر دعمًا عمليًا على البرمجيات الرقمية. ويساعد المصممين فبدلاً من البدء بالاختزال والتغييرتم التاكيد علي المرونة والأسطح المنحية فائقة السيولة ، وهو معنى "الحدث Event " والتطورEvolution الشكلي والوظيفي لمفردات العمارة الداخلية ، أي المعنى الخاص للعمليات process التي تتضمن كل المفردات الشكلية للسيولة ومرونة للأسطح وتعتبر وصفاً دقيقاً لمفهوم "العمارة الطوبولوجية".

[علوم التعقيد والنظرية العقدية] [المنحنيات المعقدة والمركبة] [الديناميكيات اللاخطية] [التحولات الطوبولوجية]



شكل (2) يوضح العمليات والعلوم التي تتضمنها العملية التصميمية الطوبولوجية من تحليل للعلوم والنظريات العقدية والمنحنيات المركبة والاسطح اللاخطية والتحولات في الأسطح الديناميكية المنحنية.

يشير التصميم الطوبولوجي إلى النظام الذي يمثل التصميمي الديناميكي المتحول وفقًا لتعقيد الشكل والنظام الرقمي ، ومرونة الأشكال داخل الحيزات التي يسهلها التصميم بمساعدة الكمبيوتر وبرامج التصميم، مما يؤدي إلى التصميم الطوبولوجي المرن والمتحول.والطوبولوجيا هي تغيير شكلي وتقني له تأثير عملي كبير. في السنوات الأخيرة، ظهرت تصميمات تتمتع بمهارات تصميمية جيدة وتحلل باستمرار كيفية اكتشاف المساحات والطوبولوجيا وكيفية استخدامها من خلال التحليل الطوبولوجية باستخدام برامج مختلفة حيث يتم توليد تصميمات تمتاز بالدقة سواء كانت أسطح بسيطة أو معقدة.

7. تحليل الأشكال الطوبولوجية في حيزات العمارة الداخلية :

توفر الأشكال الطوبولوجية في العمارة الداخلية فهم لعناصر التصميم الداخلي حيث تعطي فهمًا أفضل للمساحة الداخلية.وتأتي البنية الطوبولوجية تحول تصور الحيز الداخلي من الحيز النمطي الي الحيز الافتراضي. ويؤدي التقدم في التكنولوجيا الرقمية إلى تصميم البرامج والبيئات الوظيفية والتفاعلية.

شكل (3) يوضح استخدام التحليل الطوبولوجي في التشكيل لحيز سلم داخلي .

وتغيّر الأشكال الطوبولوجية حول الحيز الداخلي من فراغات مصمتة إلى حيزات ديناميكية متفاعلة ومتجاوبة مع الوسط الخارجي لها . وتؤدي التطورات في التقنيات الرقمية إلى تصميم أشكال غير نمطية ومركبة باستخدام البرمجيات الافتراضية.

Art and Architecture Journal

Volume 5, Issue 1, 2024, P41 - 54

Print ISSN 2805 -2838
Online ISSN 2805 -2846

7 .1. تحليل الأشكال في الطوبولوجيا يتأثر بعدة عوامل ومؤثرات ذاتية وخارجية:

1. **تصنيف الأشكال**: هناك العديد من التصنيفات في الطوبولوجيا، مثل الهياكل البيولوجية، والهياكل الهندسية، والهياكل الجبرية. ويختلف التحليل الهيكلي تبعا لمستوى التصميم.
2. **الأبعاد**: يمكن أن تكون الأشكال سواء ثنائية أو ثلاثية الأبعاد داخل البرنامج الطوبولوجي و يختلف تحليل الشكل حسب الفراغات المتنوعة.
3. **الخوارزميات**: يتطلب تحليل الأنماط الخاصة باستخدام خوارزميات خاصة لتحليل الأنماط واستخراج المعلومات المهمة. هناك العديد من الخوارزميات المستخدمة في تحليل الأشكال، مثل خوارزميات الاستشعار الوظيفي وخوارزميات الاستشعار الكهرومغناطيسي.
4. **المعلومات المتاحة**: يتأثر التحليل الوظيفي أيضًا بالمعلومات المتوفرة حول الفراغ. على سبيل المثال، إذا كانت البيانات متفرقة أو غير دقيقة، فقد يكون من الصعب تحديد السمات الشكلية والوظيفية للشكل التصميمي وعلاقته بالفراغ الداخلي.
5. **الأهداف التصميمية**: يعتمد التحليل الطوبولوجي أيضًا على الأهداف التي يجب تحقيقها من خلال التحليل. على سبيل المثال، قد يكون الهدف هو تحديد الشكل العام للتصميم أو تحديد الخصائص الدقيقة للتصميم مثل المساحة أو الطول أو العرض.

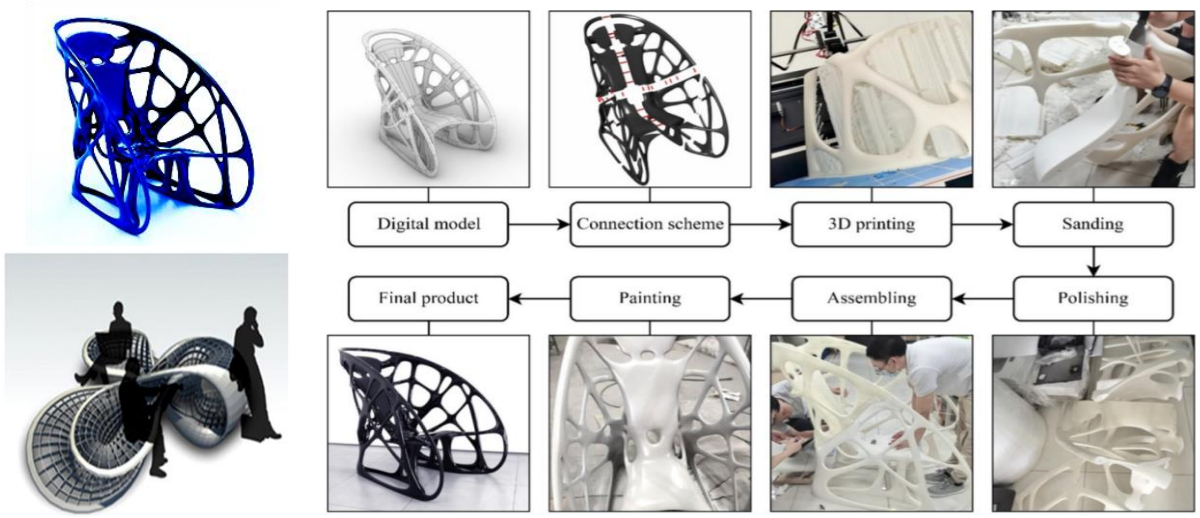
وتظهر دراسة الأشكال التي يمكن تحويل بعضها البعض باستخدام تحويلات رياضية معقدة. وتشمل هذه التحويلات الانحناء والتمدد والانفصال والتقليب والتدوير والتموج والانسيابية وغيرها.

وتعتبر الأشكال المقارنة مهمة جداً في العديد من المجالات مثل الهندسة والفيزياء والكيمياء وعلم الأحياء وعلم الحاسوب والروبوتيات وتطبيقات أخرى. وتشمل بعض الأشكال المقارنة المثلث والدائرة والمجموعات المتصلة والأسطح الكروية والأسطح الإسفنجية والشبكات والرسوم البيانية.

7 .2. تصنيف الأشكال في الطوبولوجيا :

في الطوبولوجيا، يتم تصنيف الأشكال بناءً على خصائصها وتصنيفاتها، بعض التصنيفات تشمل:

1. الخطوط المغلقة: وهي الخطوط التي لا تتصل ببعضها ولا يوجد بها فجوات ويتضمن خطوطًا بسيطة مثل الخطوط والدوائر وخطوطًا أكثر تعقيدًا مثل القطع الناقص والقطع المكافئ.
2. الخطوط المفتوحة: الخطوط الغير متصلة ولكنها تحتوي على فتحة واحدة أو أكثر. وتشمل هذه الأشكال البسيطة مثل الخطوط والدوائر والأشكال الأكثر تعقيدًا مثل الأشكال الثمانية والأشكال الرباعية الدائرية.
3. السطح: هو بناء ثنائي الأبعاد يمكن اعتباره في حد ذاته مثال للأسطح البسيطة ويليه السطح ثلاثي الأبعاد. ومن الأمثلة على ذلك المخروط.



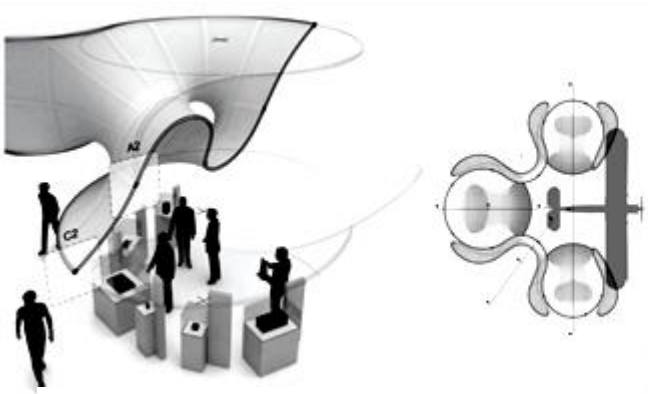
شكل (4) يوضح عملية التحويل الرقمية ثلاثية الابعاد لعناصر التصميم الشكلي لكرسي بداية من عمل نموذج رقمي للشكل ووصولا للهيكل الشكلي النهائي. Source :https://www.science.org/ Jue Chair: A 3D printed chair designed using topology optimization

Art and Architecture Journal
Volume 5, Issue 1, 2024, P41 - 54
Print ISSN 2805 -2838
Online ISSN 2805 -2846

4. المسطحات: وهي أشكال ثلاثية الأبعاد لها خاصية "التماثل" بالنسبة للمجموعة الحرة. ومن الأمثلة على ذلك الدائرة.
5. المتشعبات: وهي الفراغات الطوبولوجية التي تعتبر إقليدية في الحيز الداخلي، أي أنها تشبه الفراغ الإقليدي على نطاق أصغر.

6. التماثل: هو مفهوم رياضي يتعلق بتصنيف الأشكال والأسطح NURBS Surfaces (Non-Uniform Rational Basis Spline)حسب بنيتها حيث أنها تنطوي على فحص أساس الشكل والسطح وتحقيق التماثل يعد من أهم سمات التصميم الطوبولوجي.

شكل (5) يوضح نموذج للتشكيل الشريطي واستغلال الاسطح المنحنية في التصميم.



شكل (6) يوضح التكوينات الشكلية في الفراغ وعلاقتها بمستخدمي الحيز ومستوي الحركة والتشكيل البصري.

7. ثلاثي الأبعاد: يمكن إنشاء أشكال تصميمية مميزة من خلال دمج زوايا الأشكال ثلاثية الأبعاد لإنشاء أشكال ليست قياسية. وبشكل عام، التصنيف في الطوبولوجيا هو مجال معقد وتقني يتطلب مهارات رياضية متقدمة وعليه يتم من خلال برمجيات رقمية معقدة.

8. **مفهوم الخوارزميات في الطوبولوجيا وتجريد الأشكال:**

التجريد الطوبولوجي هو عملية إزالة بعض السمات المميزة لشكل أو هيكل فراغي، مع التركيز فقط على العناصر الأكثر أهمية أو الأساسية.

وتتم عملية التجريد عن طريق تحويل الأبعاد والزوايا والمسافات إلى بعض المحددات الأساسية التي تحدد الجزء المهم الذي يجب النظر فيه، مثل وحدة هندسية وأبعاد وإحداثيات أساسية. والتجريد الطوبولوجي مهم في تحليل الفراغ الداخلي حيث يدرس انماط التشكيل في الحيزات لأنه يسمح للمصممين بفهم أفضل للأنماط الشكلية والوظيفية التي تحكم العلاقات بين الأشكال البسيطة و المعقدة. بالإضافة إلى ذلك، يساعد التجريد في توفير نموذج بسيط وأساسي للفهم السريع للمكونات ، بحيث يمكن استخدامه كأداة لتطوير النماذج التصميمية وتحليل الأشكال التصميمية المعقدة.

Art and Architecture Journal

Volume 5, Issue 1, 2024, P41 - 54

Print ISSN 2805 -2838
Online ISSN 2805 -2846

شكل (7) يوضح شريط موبيوس وتحليله الي تشكيلات فراغية تتوائم مع نسب جسم الانسان حيث يتم إنشاء النموذج من خلال الأسطح المنحنية باستخدام الحاسب الآلي، والذي يمتد بين الأوجه المشدودة ذات المنحنى المزدوج.

Source: Arch2O-Anthropometric Pavilion-Arphenotype2

يستخدم مفهوم الخوارزميات في الطوبولوجيا لحل مشاكل متعددة في مجال التصميم الداخلي، مثل تحديد تشكيل الهياكل التصميمية الهندسية المعقدة والأشكال المختلفة. تصف الخوارزميات هنا التصميم الحسابي المستخدم لحل هذه المشكلات. على سبيل المثال، يمكن استخدام خوارزميات الطوبولوجيا لتحليل الأشكال الهندسية المعقدة باستخدام:

1. **التصميم البارامترى**: تستخدم هذه الخوارزمية معلمات لإنشاء تصميمات يمكن تعديلها وتخصيصها بسهولة لتلبية متطلبات محددة.

2. **التصميم التوليدي**: تستخدم هذه الخوارزمية تقنيات معقدة لإنشاء تصميمات يمكن تعديلها وتخصيصها بسهولة لتلبية متطلبات محددة.

3. **التصميم القائم على القواعد**: تستخدم هذه الخوارزمية القواعد الهندسية لإنشاء تصميمات تلبي المتطلبات والقيود التصميمية.

4. **التصميم الخوارزمي**: يستخدم الخوارزميات لإنشاء تصميمات بناءً على مجموعة من القواعد الهندسية والتصميمية.

5. **التحسين الطوبولوجي:** تُستخدم هذه الخوارزمية لتحسين الهيكل التصميمي من خلال البحث عن أبسط وأقوى هيكل يلبي المتطلبات التصميمية.

9. تقنيات التحسين الطوبولوجية في التصميم :

أن تطوّر الأدوات الرقمية في وقتنا الحاضر أثّر على تصميم الشكل وأساليب التصميم الحديثة، واستخدام هذه الأساليب والأدوات يتزايد بشكلٍ ملحوظ ويزداد الوعي بأهميتها وإمكانياتها في المجال المعماري عامة وفي التصميم الداخلي خاصة ، فهو يتيح للمصممين إنشاء أشكال ثلاثية الأبعاد مهما بلغ تعقيدها ، مع سهولة التعديل عليها والتحكم فيها في جميع مراحل العمل من خلال الخوارزميات الحسابية.
من بين كل التقنيات ، أثارت تقنية تحسين الطوبولوجيا انتباه المصممين بسبب قدرتها على إنشاء أشكال عضويةٍ مميزةٍ ومبتكرةٍ بالتكامل مع تقنية التصميم التوليدي وفكرة إيجاد الشكل .

Art and Architecture Journal
Volume 5, Issue 1, 2024, P41 - 54
Print ISSN 2805 -2838
Online ISSN 2805 -2846

9 .1.تعريف تقنية التحسين الطوبولوجية [Topology Optimization]

التحسين هو أسلوب تصميمي يهدف إلى إيجاد حل مناسب لمتطلبات التصميم ويلبي بشكل شامل متطلبات جميع المهام الوظيفية للشكل، على سبيل المثال ضمان أقل استهلاك ممكن للطاقة في المبنى وتقليل كمية المواد غير الوظيفية في الشكل المراد تطويره بشكل معين لا يفقده فكرته التصميمية ،ويعمل علي تقليل وقت المعالجة، والكفاءة والفعالية أثناء عملية الأداء، عملية تطوير التغييرات والتفاصيل الخاصة بكل حالة وتؤثر النتائج بشكل مباشر علي امكانيات التصميم شكليا ووظيفيا.

شكل (8) يوضح التشكيل في التصميم لكرسي من خلال الأدوات الرقمية وملاحظة مدي تاثير تلك البرمجيات الخوارزمية على تصميم الشكل والوظيفية في التصميم .Source: https://www.mdpi.com

9 .2.التقنيات الرقمية المرتبطة بتحسين التصميم طوبولوجيا :

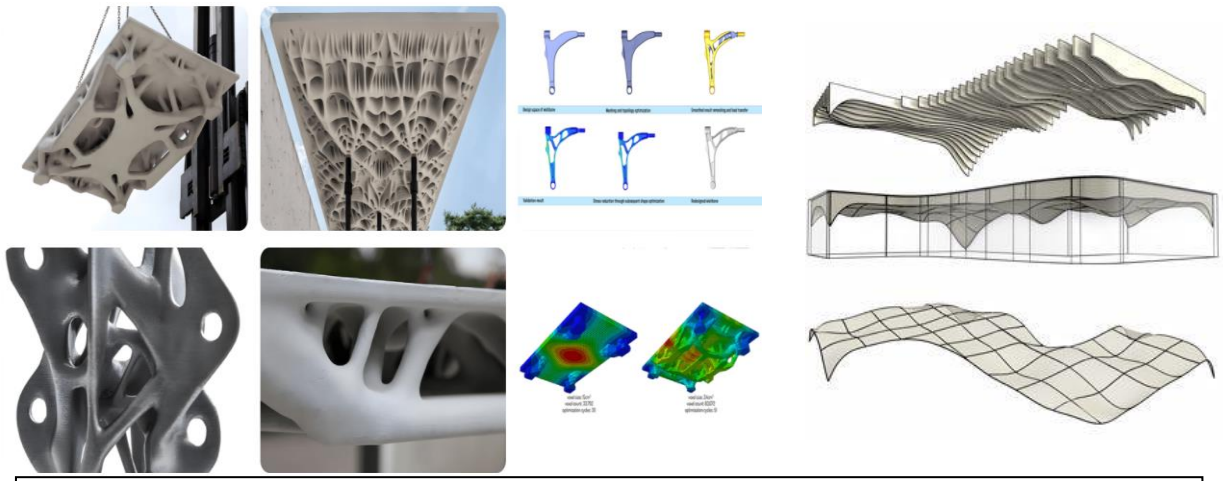
تعتبر الطوبولوجيا طريقة متقدمة تساعد في إنشاء طرق مبتكرة وبسيطة ومتعددة الوظائف وعملية يصعب العثور عليها باستخدام الطرق التقليدية وطرق التشكيل النمطية.

تستخدم التكنولوجيا الطوبولوجية في العديد من المجالات، بما في ذلك التصميم المعماري والهندسة المعمارية العامة وفي التصميم الداخلي بشكل خاص وتعتبرتقنيات الطوبولوجيا الأكثر استخدامًا هي:

Evolutionary Structural Optimization(ESO)

The Bidirectional Evolutionary Structural Optimization (BESO)

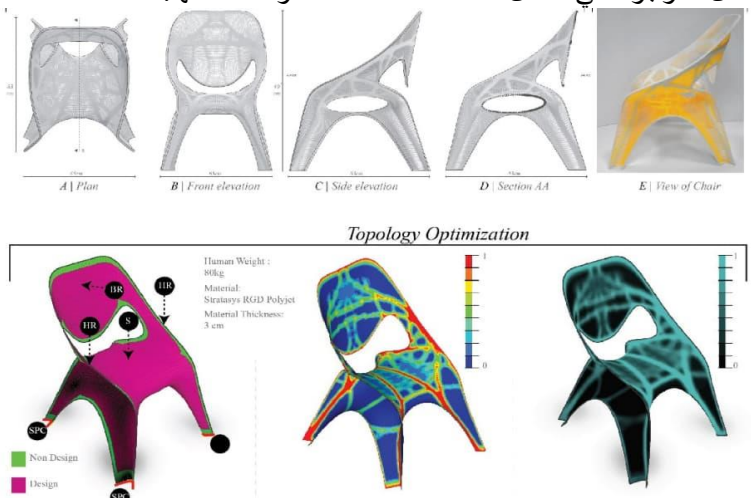
إن استراتيجيات التحسين الطوبولوجي لهذه التقنيات مستوحاة من الأشكال الطبيعية للخشب، والأشجار والعظام.



شكل (9) يوضح عملية التحسين الطوبولوجية للأسطح المنحنية من خلال تطوير نمذجة الشكل حيث يتم تشكيل الاسطح والمنحنيات بشكل دقيق ومرن من خلال NURBS يقوم بتشكل وتحوير الاسطح المنحية ليخلق مجموعة تشكيلات تصميمية جديدة مرنة.

Art and Architecture Journal
Volume 5, Issue 1, 2024, P41 - 54
Print ISSN 2805 -2838
Online ISSN 2805 -2846

الطوبولوجيا التصميمية هي طريقة رياضية تهدف إلى تحسين توزيع الأسطح بطريقة معينة، وإزالة الاشكال والاسطح غير النشطة من النظام والحفاظ على الموارد النشطة، مع الحصول على أقصى استفادة من الأداء.هناك العديد من العوامل التي تؤثر على أداء هذه التقنية:- الأحمال الموجودة في الشكل- الخامات المستخدمة وخصائصها.



شكل (10) يوضح التحول الكتلي Metamorphosis حيث يستخدم التقنيات الرقمية وبرامج الحاسب عالية الدقة في تحليل الشكل والقيام بتجريده وتحليل أبعاده ومن ثم التحول والتغير في الشكل ليناسب الخامة ويحقق اعلي اداء تصميمي ووظيفي مطلوب تحقيقه.
Source: https://newprairiepress.org/cgi/

9 .3.أهم مميزات عملية التحسين الطوبولوجية :

1- ***السرعة***:الطوبولوجيا هي عملية حسابية وتوفر خوارزمية الحساب للاشكال والاسطح سرعة وكفاءة غير متوفرة في طريقة التصميم التقليدية.
2- ***تقليل كمية المواد المستخدمة***:الشكل الناتج يكون خفيف الوزن ويستخدم خامات أقل، حيث يتم إزالة جميع المواد غير المطلوبة في النموذج المقدم بعد التحليل اللازم.
3- ***الاستدامة***:التصميم التقليدي يستهلك الكثير من الطاقة ومن خلال استخدام تحسين التصميم وتقليل استخدام المعدات، فإننا نوفر الطاقة في استخدام الخامات المصنعة منها التصميمات باستخدام تكنولوجيا الإنتاج دون هدر.

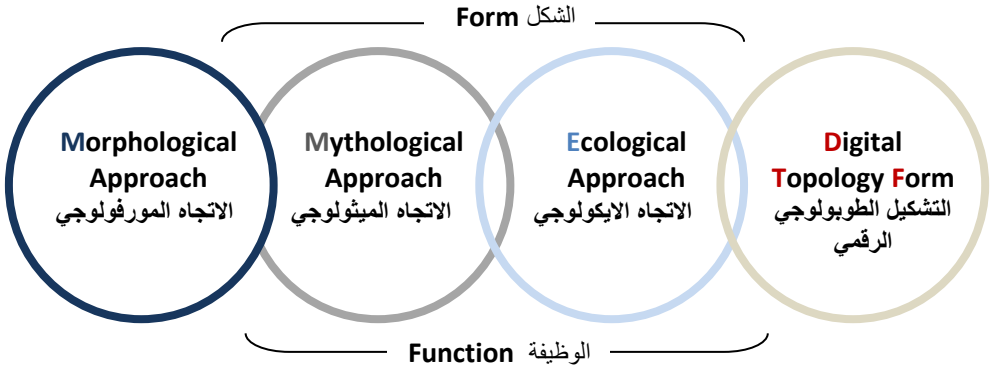
9 .4سلبيات وعيوب عملية التحسين الطوبولوجية :

1-*حدود التطبيق والتنفيذ:*
طرق التنفيذ التقليدية للتصميم قد لا تكون أفضل حل للتصاميم المبتكرة، لذلك من الأفضل تطبيق الادوات التكنولوجية باستخدام التقنيات الرقمية مثل الطباعة ثلاثية الأبعاد، والتي قد لا تكون متاحة للجميع أو لها تكلفة عالية نسبياً .
2-*صعوبة استخدام البرامج الرقمية :*
لا يزال التحسين الطوبولوجي والتصميم الرقمي غير مستخدم بشكل واسع من المصممين نتيجة معوقات معرفتهم بأليات تعريف واستخدام الأدوات الرقمية المتطورة، لذا هناك حاجة الي فهم كيفية عمل التصميم الرقمي قبل استخدام أدواته في تصميماتهم.

9. استراتيجيات تحليل النظم الشكلية الطوبولوجية في التصميم الداخلي :

تستخدم النظم الطوبولوجية في التصميم بشكل رئيسي لعمل تحليل وتوليد للاشكال في التصميم حيث يتفاعل الشكل مع المضمون مكونا تحليلات شكلية وتفاعليات متحولة بين العناصر المختلفة في العملية التصميمية حيث يتمكن المصممين من خلال الطوبولوجي من تحسين فاعلية الاداء في التصميم.

Art and Architecture Journal
Volume 5, Issue 1, 2024, P41 - 54
Print ISSN 2805 -2838
Online ISSN 2805 -2846



ويمكن ان نحدد مجموعة من العمليات التحليلية والتصميمية التي تتضمنها استخدام الطوبولوجي في التصميم وتتمثل في:

1. تحليل النظم الشكلية للتصميم التي تساعد على تحسين الاداء الوظيفي للفراغات الداخلية.
2. تحليل الاشكال الهندسية الموجودة والمكونة للحيزات الداخلية.
3. تحليل العناصر الرئيسية للحيز من محددات راسية وافقية وتحديد العلاقات البينية بينها.
4. تحليل المسارات الداخلية والحركة داخل المكان والعلاقات الوظيفية .
5. تحليل انظمة الاضاءة والتهوية والتكييف.
6. تحليل العلاقة بين الفراغات والبيئة الطبيعية المحيطة من ما ينتج علاقة تكاملية واضحة ومتجاوبة.
7. تحليل العناصر الخارجية وذلك بتحليل وبيان تاثير المتغيرات الخارجية او علاقتها بالمتغيرات الداخلية فيتم الربط بين الشكل الداخلي والفراغات الداخلية والعناصر ومفردات الشكل الخارجي.

ان الافكار التصميمية المعاصرة تم تطبيقها من خلال اساليب تعتمد على المحاكاة الرقمية في التصميم من محاكاة أساليب التشكيل لمعايير الاداء وتعزيز التصميم بتعديله حسب النتائج المقترحة والتي تؤدي الى تحسين وأحداث مجموعة من التغيرات في مراحل التصميم يسهل تطبيقها من هيئة الشكل وابعاده وتفاصيل الشكل ونوع الخامات المستخدمة والنموذج الشكلي الادائي الذي ينتج عن ذلك يعتبر نموذج متحول مرن وذكي.

وتتميز التصميمات الناتجة عن التحليل الطوبولوجي للأشكال بمجموعة من الخصائص أهمها :

1. المرونة Flexibility:

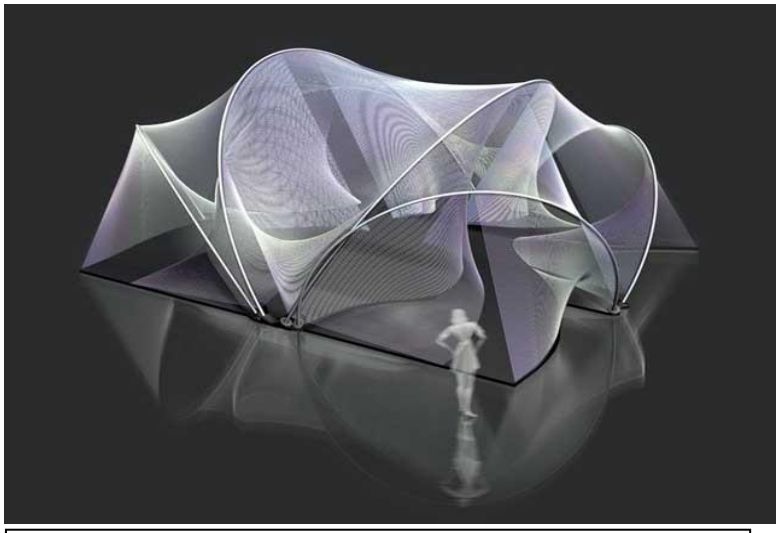
ويظهر التغيير واضحا في التصميم الداخلي حيث تتم التشكيل فيه والجمع ما بين عناصره الشكلية والوظيفية بشكل واضح من خلال الأساليب الحديثة وأنظمة التحول والتغييرفي الاسطح NURBS Surfaces (Non-Uniform Rational Basis Spline) من التقليدية إلى الطوبولوجية.

وتتيح الثورة الرقمية ومفردات التكنولوجيا الحديثة إدراك وإنشاء أشكال جديدة محتملة، والأهم من ذلك، أنماط جديدة ممثلة بقائمة من الأشكال المحددة التي تتسم بالمرونة وتقدم أساليب تصميمية ومعمارية توضح بشكل متناغم مع الطبيعة اللامحدودة للفراغات وعملية تحقيق المرونة في الشكل ومدي توافقها مع متطلبات التصميم الحديث الذي يتطلب مستوى أعلى من التغيير والتميز.

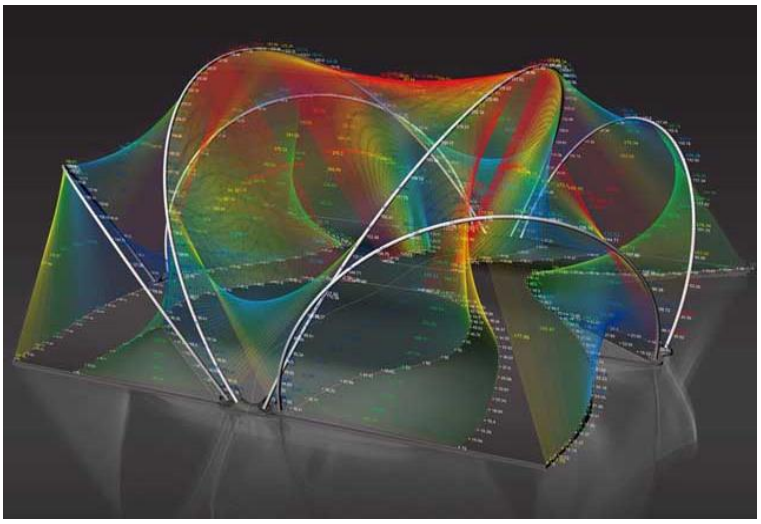
Art and Architecture Journal

Volume 5, Issue 1, 2024, P41 - 54

Print ISSN 2805 -2838
Online ISSN 2805 -2846



شكل (12) يوضح المشروع تعريف النظام المادي والذي يعتمد على الأسطح المنحنية، حيث تم اختزال الأسطح إلى تجسيد القواعد كخيوط مرنة يمكن استخدامها لتعديل مستويات الشفافية والتعرض والتحول في الأسطح بالإضافة إلى معالجة الاتصال البصري للشكل .



شكل (13) يوضح التحليل للأسطح تبعا للمتغيرات الرقمية لمشروع
Pavilion for the 11th Prague Quadrennial, OCEAN NORTH, Scheffler + Partner, 2007

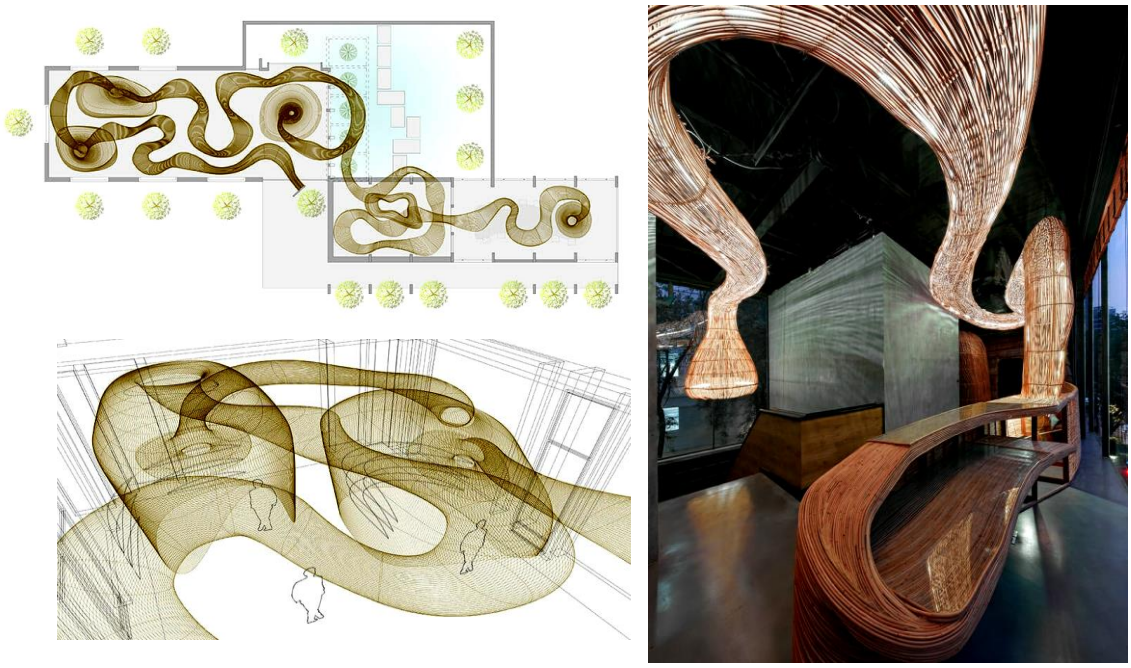
2. السيولة Fluidity :

تعددت الدراسات بما يتوافق مع تحقيق الفاعلية والمرونة والاستمرارية في التصميم وذلك عن طريق استخدام عمليات تصميم رقمية والتي شكلت دور هام وفعال في الوصول الى معايير الاداء والفاعلية المطلوبة وقد استطاعت تلك التصميمات لتحقيق اساليب القياس فيها من تحويل وتغيير وتقييم للشكل النهائي ومن خلال عمليه التحسين الطوبولوجي استطعنا ان نحدد الخطوات الاستراتيجية التي وفقا لها نستطيع ان نحقق السيولة في التصميم وسهولة ومرونة التصميم وتجاوب التصميم مع عناصر ومفردات العمارة الداخلية المحيطة.

Art and Architecture Journal

Volume 5, Issue 1, 2024, P41 - 54

Print ISSN 2805 -2838
Online ISSN 2805 -2846



شكل (14) يوضح تحليل طوبولوجي للأسطح واستخدامه في عمل تصميم شريطي مرن يمتاز بالسيولة والمرونة داخل الفراغ ليخلق تشكيل يتوافق مع محددات الفراغ الداخلي الرأسية والأفقية وتحقيق الشمولية.
Source: http://www.enterprojects.net

3. التكامل والتجانس Integrity :

تعتبر الموائمة بين الفكر التصميمي وتكنولوجيا الخامات وإدارة العمليات الرقمية متطلب أساسي لنجاح التصميم ونتيجة الدمج بين الثلاث ركائز المختلفة والتي تساهم فقط في تعزيز الابتكار.

10. *النتائج :*

- البنية الطوبولوجية تحول تصور الحيز الداخلي من الحيز النمطي الي الحيز الافتراضي بناءً على متطلبات التصميم.
- وتؤدي التطورات في التقنيات الرقمية إلى تصميم أشكال غير نمطية ومركبة باستخدام البرمجيات والبيئات الافتراضية.
- يساعد التجريد في توفير نموذج بسيط وأساسي للفهم السريع للشكل ، بحيث يمكن استخدامه كأداة لتطوير النماذج التصميمية وتحليل الأشكال التصميمية المعقدة .
- تعتبر الطوبولوجيا طريقة متقدمة تساعد في إنشاء طرق مبتكرة وبسيطة ومتعددة الوظائف وعملية يصعب العثور عليها باستخدام الطرق التقليدية وطرق التشكيل النمطية.

Art and Architecture Journal
Volume 5, Issue 1, 2024, P41 - 54
Print ISSN 2805 -2838
Online ISSN 2805 -2846

- إيجاد حلول المشكلات التصميمية عن طريق المعالجات الطوبولوجية بما يتوافق مع تحقيق الفاعلية والمرونة والاستمرارية في التصميم وذلك عن طريق استخدام عمليات تصميم رقمية والتي شكلت دور هام وفعال في الوصول الى معايير الاداء والفاعلية المطلوبة.
- تتيح الثورة الرقمية ومفردات التكنولوجيا الحديثة إدراك وإنشاء أشكال جديدة محتملة، والأهم من ذلك، أنماط جديدة ممثلة بقائمة من الأشكال المحددة التي تتسم بالمرونة وتقدم أساليب تصميمية تفاعلية مرنة .
- عملية التحسين الطوبولوجية تعتمد علي أسلوب تصميمي يهدف إلى إيجاد حل مناسب لمتطلبات التصميم ويلبي بشكل شامل متطلبات جميع المهام الوظيفية للشكل.

11.التوصيات :

- ضرورة استخدام المعالجات التصميمية الطوبولوجية كأداة لتطوير النماذج التصميمية وتحليل الأشكال التصميمية المعقدة.
- تحليل وقياس النظم الشكلية الطوبولوجية في التصميم الداخلي مما يطور من نظام الشكل بشكل فعال ومرن.
- تطوير أليات التشكيل للمفردات التصميمية الطوبولوجية البسيطة و المعقدة حيث تصف الخوارزميات هنا التصميم الحسابي المستخدم لحل العديد من المشكلات التصميمية .
- تحليل نماذج التصميمات الطوبولوجية وتوليد للاشكال في التصميم الداخلي حيث يتفاعل الشكل مع المضمون مكوناً تحليلات شكلية وتفاعليات متحولة بين العناصر المختلفة خلال العملية التصميمية.
- اعتماد أليات المحاكاة الرقمية في التصميم من محاكاة أساليب التشكيل لمعايير الاداء وتعزيز التصميم بتعديله حسب النتائج المقترحة.
- ضرورة الربط بين عناصرالتصميم الشكلية والوظيفية بشكل واضح من خلال الأساليب الحديثة وأنظمة التحول والتغيير من التقليدية إلى الطوبولوجية.
- تاكيد المتغيرات والانظمة الطوبولوجية التي ساعدت علي تحسين فاعلية الاداء في التصميم ويمكن ان نحدد مجموعة من العمليات التحليلية والتصميمية التي تتضمنها استخدام الطوبولوجي في التصميم.

12.المراجع:

1. LUNA, A LANGUAGE OF CONTEMPORARY ARCHITECTURE AN INDEX OF TO TOPOLOGY AND TYPOLOGY, TAYLOR & FRANCIS,2023
2. Riham Kassem , Ashraf Husan Ibrahim ,Omayma Ibrahim , The evolution of form-finding in architecture and interior design, Arab International Journal of Digital Art and Designs,2023
3. Neal Ford, Rebecca Parsons, Patrick Kua, Pramod Sadalage, Building Evolutionary Architectures, 2nd Edition, O'Reilly Media, Inc.,2022
4. MUNKRES, TOPOLOGY 2ND ED, PEARSON EDUCATION MALAYSIA,2020
5. Maha Elsayed , Topology as a Way of Creativity and Innovation in the Design Process, mjaf.journals.ekb,2018
6. Doaa Abdelrahman goda, The Effect of Using the Algorithm System on the Generate Ideas in Interior Design and Furniture, mjaf.journals.ekb,2018
7. Cort Ross Dinesen, Stephan GunzelInger, Berling Hyams, Celia Lury, Morten Meldgaard, Anders Michelsen, Peter Murphy, Henrik Oxvig, Luciana Parisi, Ulrik Schmidt, Guro Sollid, Georges Teyssot, Frederik Tygstrup, Architecture Drawing Topology, AADR (Spurbuchverlag) ,2017
8. Cort Ross Dinesen ,Inger Berling Hyams ,Morten Meldgaard ,Michelsen, Anders Ib ,Henrik Oxvig, Architecture, Drawing, Topology, Art Architecture Design Research – AADR,2017
9. John J. Uicker,Bahram Ravani and Pradip N. Sheth, Topology and Kinematic Architecture, Published online by Cambridge University Press: 05 April 2013
10. Michele Emmer, Mathematics and Culture II Visual Perfection: Mathematics and Creativity, Nov 2010

Art and Architecture Journal

Volume 5, Issue 1, 2024, P41 - 54

Print ISSN 2805 -2838
Online ISSN 2805 -2846

11. Emmer, M. , From Topology to Virtual Architecture. In: Emmer, M. (eds) Mathematics and Culture V. Springer, Berlin, Heidelberg,2007
12. Di Cristina, G. , Architecture as Topological Transformation. In: Emmer, M. (eds) Mathematics and Culture V. Springer, Berlin, Heidelberg,2007
13. G. Di Cristina, ed., Architecture and Science, Wiley Academy, Chichester ,2001
14. https://royaldanishacademy.com/case/topology-optimisation-2009
15. https://www.arch.hku.hk/gallery/arch/institute-of-topology/
16. https://parametric-architecture.com/biomorphic-topologies-studio-andreas-palfinger/
17. https://topologystudio.com.au/project/