Al-Academy Journal
Issue 113
Journal homepage: https://jcofarts.uobaghdad.edu.iq
ISSN(Online) 2523-2029/ ISSN(Print) 1819-5229
DOI: https://doi.org/10.35560/jcofarts1432

Topological analysis of the industrial product body

Liqaa Ghazi Hamad [a1]

[a] *Iraq- Ministry of Education / General Directorate of Vocational Education*

ARTICLEINFO

Article history:
Received 5 May 2024
Received in revised form 27 May 2024
Accepted 27 May 2024
Published 15 September 2024

Keywords:
Topology
Routing
Liquidity

ABSTRACT

Topology is concerned with studying design structures through different dimensions, which allows the designer to control the behaviors of those structures. Therefore, the concept of dimensions is considered one of the basics of the composition of the industrial product and its attempt to control the material in the design. Therefore, directing these dimensions is one of the tools of engineering topology. Which expresses a basic concept in the study of surfaces by distinguishing between what is external and internal.

Research problem: What are the contemporary design strategies that can be adopted according to the principles of topology, which contribute to the analysis and organization of elements and structures in design in a way that makes them more effective and attractive?

Research goal: Determine the characteristics of topological formation techniques in the form of the industrial product and their effectiveness in improving the quality of the design. The theoretical framework also included: identifying the nature of topology and the extent of its importance in the design system, what is the formal concept of the industrial product topology, and what are the most important techniques of topological design. The most important results and conclusions reached by the researcher were:

1-Flexibility is considered one of the most important characteristics of topological design within the dichotomy of stability and change, and then the characteristic of integration between the formal level and the functional level for shapes characterized by infinity, then comes the fluidity characteristic that takes into account the desire of the individual and changes with the change of time and place.

2-The techniques varied according to the diversity of characteristics, so folds and twists became a form of topological techniques that the designer deals with. There are no regular shapes, no defined edges and flat surfaces.

[1]*Corresponding author.*
E-mail address: fsaad7435@gmail.com
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

DOI: https://doi.org/10.35560/jcofarts1432
Liqaa Ghazi Hamad: Topological analysis of the industrial product body.
Al-Academy Journal - Issue 113 -ISSN(Online) 2523-2029 /ISSN(Print) 1819-5229

الخصائص الطوبولوجية لهيئة المنتج الصناعي

م.م لقاء غازي حمد [1]

الملخص:

تُعنى الطوبولوجيا بدراسة البنى التصميمية من خلال أبعاد مختلفة مما يتيح للمصمم التحكّم بسلوكيات تلك البنى ، لذلك يُعدُ مفهوم الأبعاد أحد أساسيات تكوين المنتج الصناعي ، ومحاولته السيطرة على المادة في التصميم ،ومن ثَمّ فإنّ توجيه هذه الأبعاد إحدى أدوات الطوبولوجيا الهندسية ؛ والذي يعبّر عن مفهوم أساس في دراسة السطوح من خلال التمييز بين ما هو خارجي وداخلي .

مشكلة البحث: ما الاستراتيجيات التصميمية المعاصرة التي يمكن أن تُعتمد على وفق مبادىء الطوبولوجيا ،والتي تسهم في تحليل ،وتنظيم العناصر، والهياكل في التصميم بطريقة تجعلها أكثر فاعلية وجاذبية ؟.

هدف البحث:.تحديد خصائص تقنيات التشكيل الطوبولوجي في هيئة المنتج الصناعي وفاعليتها في تحسين جودة التصميم .

تضمّن الاطار النظري : التعرّف على ماهية الطوبولوجيا ،ومدى أهميتها في النظام التصميمي ، وما المفهوم الشكلي للمنتج الصناعي (طوبولوجيا)، وما أهم تقنيات التصميم الطوبولوجي . ؟ أمّا أهم النتائج والاستنتاجات التي توصّلت إليها الباحثة فكانت :

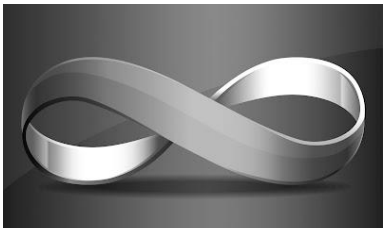
1- تُعدّ المرونة من أهم خصائص التصميم الطوبولوجي ضمن ثنائيّة الثبات والتغيير ، ومن ثم خاصية التكامل بين المستوى الشكلي والمستوى الوظيفي لأشكال إتسمت بالما لانهاية ، لتأتي خاصيّة السيولة التي تراعي رغبة الفرد ، وتتغير مع تغيّر الزمان والمكان.

2- تنوّعت التقنيات تبعا لتنوع الخصائص ،فأصبحت المنطويات والملتويات هيئة تقنيات طوبولوجية ،يتعامل معها المصمم ،فلا وجود للأشكال المنتظمة ،ولا وجود للحواف المحددة ،والسطوح المستوية .

الكلمات الافتتاحية : الطوبولوجيا ، التوجيه، السيولة .

ما الطوبولوجيا؟.

الطوبولوجيا :هي خصائص السطوح غير قابلة للتوجيه ،وهي تعبير واضح وصريح عن الأشكال المستمرة بالتغيير ،والتي تصيغ رموزاً لسطوح لا نهائية ،ولكنها محدودة الجوانب ، فمثلا الإسطوانة شكل هندسي ،على سبيل المثال تمتلك سطحاً ذا وجهين في الفضاء ، في حين أن شريط موبيس يمتلك سطحاً غير قابل للتوجيه (Rashid, 2022, p. 2)لكونه يحتوي على وجه واحد فقط وكما في شكل (1).



شكل 1

شريط موبيوس وعلامة المالانهاية Infinity

https://thoughtsmix.blogspot.com/2016/03/mobius-strip.html

ويفسر معظمنا الرمز الرياضي الدال على المالانهاية Infinity ، (Cristofolini, 2015, pp. 787-796).1858

ولو قام المصمم بأخذ شريط لدائني قابل للطي ،والثني، وألالتواء ونقوم بلفه بمقدار (180) ثم نلصق أحد طرفيه ، لتحويله الى شريط ذي وجه واحد ،وهو المفهوم نفسه لشريط موبيس.

وامعاناً في الغرابة فإنّ الفكرة نفسها خطرت على بال عالم الرياضيات الألماني "جوهان بينديكت ليستنج" قبلها بثلاثة أشهر، ولسوء حظ ليستنج فإنّ الشريط الشهير سُمّي باسم موبيوس ،وليس ليستنج .

عندما قمنا باحضار الشريط اللدائني المسطح فإنّ هذا يعني ضمناً أن له وجهين، وجه من الأعلى، ووجه من الأسفل، وهذا ما يُطلق عليه "قابل للتوجيه" ، أي يمكن ثنيه، وتوجيهه إلى اتجاهين (أعلى وأسفل).

إنّ تصميم المنتجات الصناعية هي مجموعة أفكار ورؤى علمية تحاول قدر الإمكان أن تستنبط تقنياتها من آخر التطورات النظرية والعلمية ،وبموا كبة ماهو آني بما يتلاءم مع رغبات المستخدم وتطلعاته.

[1] وزارة التربية / المديرية العامة للتعليم المهني

إذ استطاع معظم المصممين العالميين الإفادة من هذا التطبيق العلمي الصريح في تصميم المنتج الصناعي شكلا ومضمونا ، إذ تُعدّ خصائص السطوح غير القابلة للتوجيه إحدى أبرز المواضيع في القرن العشرين لمجموعة متنوعة من التفسيرات الفنية ، والتي ترمز إلى الأشكال الدورية والمستمرة ، إذ تصيغ هذه الرموز أشكالا لسطوح لانهائية ولكن محدودة الجوانب (A. Sev, 2011, p. 32)، ومن ثَمّ تمتد الحركة فيها بإتجاه واحد نحو نقطة البداية ، تصميميا ترمز هذه السطوح إلى النسبية المكانية بين الخارج والداخل.أُطلق على الطوبولوجيا اسم "هندسة الألواح المطاطية " التي يمكن أن تُظهر عملية تطويع النقاط والحواف ، ومن ثَمّ تكتسب درجات أعلى من الحرية والإنسيابية في التصميم كما في شكل (2) إذ يتأمل المصمم ، ثم يصمم وكأنها صفيحة مطاطية ، يتم التحكم بها من خلال ثنيها ،أو طيّها، أو شدّها من دون تمزيقها أو كسرها.

شكل (2)
اعلى درجات الحرية والانسيابية في التصميم الطوبولوجي لتصميم الوحد المكتبية
/https://ohmyfreakingoodness.com/category/design

فالتحولات الطوبولوجية التي تحصل تعبّر عن نظام تصميمي مرن، وديناميي قادر على الانحناء ،والطي ،واللف ، مما يمثل الخاصية الرئيسة للفكرة البديهية للحركة المرنة والتي تنطوي على مفهوم التحول والتطور التقني .

طوبولوجيا ، (Topology)هي كلمة يونانية من شقين (Topos logos) أي علم المكان. علم يدرس الأشكال الهندسية بطريقة مختلفة عن علم الهندسة (Al-Yousef, 2017, p. 23)، فالطوبولوجيا تتجاهل الأحجام ،والمساحات ،والزوايا وهي جزء أساس من علم الهندسة ،إذ يدرس هذا العلم المستطيل ،والمربع وغيره من الأشكال ، المساحة والحجم وقياسات الزوايا، أمّا في الطبولوجيا فيتجاهل المصمم كل هذه الأمور نتيجة للتطور التقني للخامة ، إذ لا تهمنا المساحات وقياسات الزوايا، فالمربع والمستطيل هما الشيء نفسه طبولوجيا، كذلك متوازي الأضلاع ،وشبه المنحرف ،كل الأشكال الرباعية هي ذاتها طوبولوجيا ، واليوم المنتج الصناعي يأخذ اشكالا حرة ،لا تُعدّ ولا تُحصى بما يتلاءم مع نوع الطاقة وتقنية الربط والخامة.....إلخ.

ومن هذا المنطلق لو نظرنا إلى أبعد من ذلك بتجاهلنا للزوايا يصبح -أيضاً -المثلث كالمربع والمخمّس والشكل السداسي. كل هذه الأشكال تمثل شكلاً واحداً لتصميم المنتج الصناعي في الطوبولوجيا. إذا هل تقول الطبولوجيا: إنّه لا فرق نهائياً بين الأشكال الهندسية ؟ بالطبع لا، ولكن الأمور التي نأخذها بعين الاعتبار في الطوبولوجيا مختلفة عن الهندسة (Musa, 2007, p. 6). الطوبولوجيا تهتم بطبيعة تمدد الشكل واستمراريته، أي تعدّ أن الشكل لا يزال هو ذاته مهما تعرّض للمط من دون تمزيق .

المفهوم الشكلي للطوبولوجيا :

وضع إقليدس كتابه الشهير "العناصر" الذي شرح فيه مبادئ الهندسة المستوية في القرن الثالث قبل الميلاد ،وبسبب سهولته وبساطته بقي كتابه مرجعًا وحيدًا في الهندسة أكثر من ألفي عام، لكن مع بداية القرن التاسع عشر، ومع انفجار العلوم ،ومن بينها الرياضيّات برزَت الحاجة لهندساتٍ وفضاءات جديدة ، فنشأت هندساتٌ دُعيت بالهندسات اللاإقليديّة وهي هندساتٌ حطّمت بعض بديهيّات إقليدس، لكن أكثر الفروع الرياضيّة الجديدة غرابةً هو "الطوبولوجيا" وهو فرعٌ معقّد نوعًا ما، لكن يمكن تفسيره بكلمات بسيطة : هو علمٌ يدرس السطوح، ويأخذ بالحسبان الاستمراريّة بينها، بينما لا تفرّق الطوبولوجيا بين عدد أضلاع أو زوايا مضلّع ما، فالمربّع والمثلّث والدائرة في الطوبولوجيا ليست سوى شيء واحد. (Filiz Tavsana, 2015, pp. 5-7)

من الأمور الرئيسة التي تُدرَس في الطوبولوجيا فيما إذا كان شكلان متعادلين طبولوجيًّا أو لا، وهنا يُنظر لعدد الفجوات في هذين الجسمين فإذا كان العدد نفسه كان الجسمان متكافئين طبولوجيًا، مثلًا المكعّب والكرة متعادلان طبولوجيًا ،لأنّ كلّ منهما لا يحوي أيّة فجوة، وكذلك فإنّ العدد 8 والحرف B متعادلان طبولوجيًا ،لأنّ كلّ منهما يحوي فجوتين. (Kozlov, Knots as a Principle of Form in Modern Art and Architecture, 2018, pp. 367-380)

تشمل الطوبولوجيا في تصميم المنتج الصناعي العديد من المفاهيم الأساسيّة مثل:الداخل، والخارج، والترابط ، والانقطاع، والحدود، والعُقَد.. وهي مفاهيم نظنّ أنّنا أتقنّاها في العملية التصميمية لكنّها تأخذ شكلًا جديدًا في الطبولوجيا من خلال مايلي:

1- الداخل والخارج علاقتان متلازمتان لاحدود للفصل بينهم .
2- الترابط هي سمة افتراضية فالشكل الطوبولوجي مترابط شكليا ،وإذا حصل العزل فلا يمكن أن نقول: بأن هذا التصميم طوبولوجي كما في شكل (3).
1- لايوجد اي انقطاع في الشكل الطوبولوجي فسمة الاستمرارية هو مايميز الشكل الطوبولوجي .
2- الحدود الخارجية هي حدود بدون حافة أو تأطير للمنتج الطوبولوجي .
3- برغم الالتواء، والمد ،والثني فالمنتج الطوبولوجي هو منتج بدون حدود ثابتة .

شكل (3)
الطوبولوجيا والإنقطاع في تصميم الكرسي
https://i.pinimg.com/originals/b4/e5/29/b4e529d90bcafd2bead046fc978450bc.jpg

يُوصف علماء الطبولوجيا بأنّهم لا يميّزون بين فنجان القهوة وكعكة "الدونات"، إذ يُعدّ فنجان القهوة والدونات متكافئين طبولوجيًا، لأنّ كلّ منهما يحوي فجوة واحدة، أي إنّنا نستطيع تشكيل أحدهما اعتبارًا من الأخر بضغطه ،وتشويه أبعاده من دون المساس بالفجوة ، كما يهتم التصميم الطوبولوجي بوظيفة الأداة، أو الجهاز أو الاثاث المشتق من شكله بدلاً من المادة المصنوع منها. ومن ثَمّ الطوبولوجيا هي فرع من الرياضيات يصف خصائص الأشياء التي تتعرض لتغيرات مستمرة (مثل التمدد والانحناء والالتواء) كما في شكل (4).

ويهتم بدراسة التحليل والتركيب و خصائص الأنظمة المختلفة للمنتجات ، بحيث تبقى هذه الخصائص متشابهة تحت عمليات التصميم الصناعي للمنتج من دون أن يقوم بعملية تشويه للمنتج ،أوصعوبة الاستخدام من المستخدم، بل يقوم المنتج بإداء وظيفته بكل سهولة ويسر .

شكل (4)
التمدد والالتواء والانحناء في تصميم وحدة الجلوس
https://www.dezeen.com/2011/09/30/matilda-2011-at-designjunction/

(Ali, 2007, pp. 205-223) و كأن المفهوم يخبرنا أن التصميم الذي نتعامل معه كأنه تصميم مطاطي ، **ولم يقتصر التصميم الطوبولوجي على وظيفة واحدة و إنّما أصبحت تقنية التصميم الطوبولوجي تحتوي على إتجاهات عدّة (تمدد ،انحناء، التواء....)،إذن التصميم الطوبولوجي له خصائص الفضاءات الثابتة ،تحت أي تشوه مستمر . يطلق عليها أحيانًا "هندسة الصفائح المطاطية" لأن المنتجات يمكن أن تتمدد ،وتنكمش مثل المطاط، من دون تغيير، أي نظام أساس . بل يمكن تشكيل أنظمة طوبولوجية عدّة بمنتج واحد.**

كما تبنت شركات عالمية رائدة ألتصميم الطوبولوجي لتحسين النهج التصميميّ مما يساعد في إنشاء هياكل مبتكرةٍ، خفيفة الوزن، عالية الأداء ،ومتعددة الوظائف، يصعب الحصول عليها باستخدام طرائق التّصميم التقليدية، يهدف بشكل عام إلى إيجاد شكل أكثر كفاءة للهيكل، فالشّكل الذي تنتجه هذه التّقنية يكون الشّكل الأمثل للحالة المدروسة ،ويكون نتيجةً لمحدداتٍ معينةٍ خاصةٍ

بحالة الوظيفة والمادة التي صُممت منها ،ومن ثَمّ نلاحظ المرونة الحاصلة لتقنيات الربط بما يتلاءم مع تقنية الطوبولوجيا ،ففي الشكل رقم (5) نلاحظ منتجات شركة أبل بتصميم طوبولوجي بالإنحناء الحاصل للتصميم .

وقد هدفت شركة أبل من خلال تصميم منتجاتها بتقنية طوبولوجية كما في شكل (5)الى :

1- تحقيق توازن مثالي بين الشكل والوظيفة .
2- إدماج أحدث التقنيات والبرمجيات بشكل يعزّز الأداء والتوافق بين العناصر .

وأيضا شركة سامسونك تبنّت التصميم الطوبولوجي كما في شكل (6) من خلال :

1- تبسيط التجربة : عن طريق تبسيط رابطة المستخدم وتحسين تفاعله .
2- تصميم الهيكل الخارجي : تحقيق خفة الوزن وتحسين الأداء .

شكل (5)
تقنية الطوبولوجيا والهاتف المنطوي على شكل خاتم من شركة أبل
https://www.mymac.com/forget-the-apple-watch-here-comes-the-apple-smart-ring/

شكل (6)
التقنية الطوبولوجية بتصميم هاتف Samsung
https://www.forbes.com/sites/jaymcgregor/

DOI: https://doi.org/10.35560/jcofarts1432
Liqaa Ghazi Hamad: Topological analysis of the industrial product body.
Al-Academy Journal - Issue 113 -ISSN(Online) 2523-2029 /ISSN(Print) 1819-5229

خصائص التصميم الطوبولوجي:

1- المرونة (Flexibility)

تعبّر المرونة عن سهولة التغيير في الشيء حتى يتناسب مع الظروف الجديدة، أمّا تصميمياً فهي تهتم بإستمرارية عمل المنتج برغم تغيّر الاشتراطات الوظيفية ،والاحتياجات والمتطلبات من وقت إلى آخركما في شكل (5)، وذلك من خلال إعادة التشكيل بشكل منظّم للوصول للخيار الأفضل الذي يجد حلولاً مرنة وعصرية تلبّي احتياجات المستخدمين المتجددة .

شكل (5)
تشكيلات خطية طوبولوجية معقدة تعكس القدرة على التحكم بالعلاقات التصميمة
https://i.pinimg.com/originals/09/40/11/094011e78656d2629a68f0920afefd4f.jpg

يفسرها برنس Prins بأنها قدرة المنتج على الاستجابة لأحداث وتأثيرات معيّنة من خلال تغييرات وظيفية، أو فضائية، أو مادية (Salman, 21/06/2022, p. 125)مع الأخذ بعين الإعتبار نواحيها الإقتصادية، بحيث تكون هذه الأحداث متوقعة الحدوث ولكن من دون معرفة زمان حصولها.

أمّا بيكون Picon فيشير في دراسته إلى أن الطوبولوجيا تدور حول إعادة صياغة ظواهر مثل المرونة، و من ثم نمذجتها بقوانين السلوك، إذ تبرز بوصفها أحد الأمثلة لإحتفاظ المصممين بخيالهم المشكّل للتفرّد، وقدرتهم على التحكّم ، والإبتكار، فالمرونة التصميمية هي خاصية طوبولوجية تتيح إمكانية تعديل وتغيير النظام الوظيفي والشكلي للمنتج ، بهدف الاستجابة والتلاؤم والتكيّف مع متغيرات الزمان والمكان بما يلبّي الاحتياجات والمتطلبات الوظيفية الجديدة للمستخدم ،أو المتوقعة خلال العمر الفيزيائي للمنتج ، ويضمن استمرارية استخدام هذا المنتج بجودة عالية أطول مدة زمنية ممكنة .

تقع المرونة ضمن ثنائية الثبات والتغيّر، فهي خاصيّة منظمة للفعل الإنسيابي يمكن إدراكها من خلال فيزيائية النتاج التصميمي ، وفي كونها فعلاً مستمراً ملازماً لتكوين ونمو،وإستمرارهذا النتاج.

2- التكامليّة Complementarity

شكل (6)
التكاملية ما بين المستوى الشكلي والمستوى الوظيفي في البعد الطبولوجي
https://www.thegreenhead.com/2016/01/magic-flying-carpet-chair.php

يفسّر التكامل بأنه تحقيق الكمال، والكلية ،والإكمال ،والوحدة ، وهو الانضمام إلى شيء آخر لتشكيل وحدة، أو كلّ شامل لإظهار مزيج من الخصائص التكاملية (Mohamed, 2015, pp. 78-363).

ومن خلال قاموس المورد فُسّر بأنه الاتحاد، أو التوحّد بين أفراد المجتمع ،أو منظمة معنيّة بمجاميع مختلفة ، ويعني التشكيل الكليّ المتوحد مع شيء آخر للوصول إلى الكلّ . إنّ المنتج الصناعي يتشكّل من منظومات بنائية عدّة تحقق بترابطها هيئة المنتج وشكله الفيزيائي ، وإن علاقات الارتباط بين هذه المنظومات تحدّد نجاح أي نتاج للوصول به إلى التكامل ، إلى أن التكامل الطوبولوجي في تصميم المنتج يتحقق بتلاشي الإختلافات، و نجاح التواصل بين التوجّهين المتمثلين بالمستوى التقني و التصميم الإنشائي في وقت مبكر من عملية التصميم كما في شكل (6).

إرتبطت الخاصية التكامليّة الطوبولوجية بمستويين من الحركات في تصميم أي منتج صناعي :

1- **المستوى الشكلي** : الشكل الطوبولوجي هو شكل يتّسم بالاستمرارية والمالانهاية خطّي واضح.

2- **المستوى الوظيفي**: الوظيفة الطوبولوجية هي الاستمرارية والترابط بين الوظائف الأساسية، والثانوية ،والساندة ،والمكمّلة .....إلخ .

3- السيولة Liquidity

السيولة ردّ فعل على الطبيعة المعقّدة للتطورات ، إذ تم إستخدامها بديلاً للقيود التي تسببها إستراتيجية التصميم التي تستند إلى عدم التجانس ، والصراعات الشكليّة الصعبة ،أو إعادة البناء القائم على تكرار اللغة التصميمية للحصول عليها من خلال التحليلات التاريخية ، أو التصرف في نوع من الإقليمية عبر إتباع التقاليد ،والأنماط المتشابهة، التصاميم السائلة هي شكل من أشكال التحوّلات المستمرة ، ومن ثَمّ فإن الوقت هو أحد العناصر الرئيسة المؤثّرة فيها، إذ إنّ تدفق الوقت يسهم في تحوّل الأشكال، و تفسير التحوّلات بأنها التغيّرات المصاحبة لجانب واحد من كيان المنتج الصناعي ،وله دلالة على الجوانب الأخرى ، بشكل مستمر ، أو الفضاء الموسيقى القابل للتوجيه، ومن ثمّ فإن المنتجات السائلة هي بنية تمتلك الموسيقى، وهي منفتحة على التفكير الشعري، وتستخدم الأدوات الشعريّة لتتطور بسلاسة ، مع إيقاع في المكان .

تعبّر السيولة الطوبولوجية عن الحركة الناشئة من الفضاء المتغيّر بوصفها تشكيلات خطيّة معقّدة تعكس الحرية والقدرة على التحكّم بالعلاقات الناتجة سواء المكانية أو الاجتماعية ،أو البيئة (https://www.britannica.com/topic/liquidity-ratio).

السيولة في الطوبولوجيا تمتلك القدرة على التعبير عن المفاهيم التي تنشأ من القوة والفضاء المتغيّر في تشكيل تصميمي جديد يتصف بالحرية ، حيث سهولة تنقّل التركيب الساكن إلى النزوح والحركة، فالنمط الناتج يعكس تشكيلات غير خطيّة معقّدة بما يؤدّي لظهوربِنى، وفضاءات، وأساليب جديدة .

إنّ السيولة بوصفها خاصيّة طوبولوجية ترفض كلاً من الإنتاج المتكرر، أو الاتجاه نحو النهايات المحدّدة مسبقاً، فهي تقدّم نماذج للتشكيل المستمر نتيجة للعلاقات بين الأشكال المكانيّة ، والاجتماعيّة، والماديّة، والتشغيليّة ، فتنظّم كيفية إرتباط المواصفات والفضاءات، والوظائف، والسلوكيات بسلاسة ، ومن ثَمّ تشترك السيولة الطوبولوجية في التصميم الصناعي بنوع من عدم وضوح الحدود المكانيّة والزمانيّة .

أهم التقنيات الطوبولجية

أ- المنطويات - manifolds

الطوبولوجيا تهتم في المادة القابلة للتطويع ذات المرونة العالية ،والتي يستطيع المصمم من خلالها تصميم أشكال قابلة الطي ، أشكال كهذه تُسمّى بالمنطويات manifolds إذ يُطلق هذا المصطلح على كل شيء يبدو كسطح ،ولكنّه يصبح في أبعاد على شكل آخر بعقد متنوعة لتكوين اتجاه آخر ، فمثلاً اعتقد القدماء أن الأرض مسطّحة، لأنهم رصدوها ضمن مستوى قريب ،ولكن في الأبعاد الأعلى هي ليست مسطّحة (L. Beghini, 2014, pp. 726-716)

شكل 7
المنطويات وتقنيات تصميم الطوبولوجيا
https://www.dezeen.com/2013/06/10/windo/wseat-lounge-by-mike-maaike

هناك بعدان للمنتج الصناعي، بُعد ذاتي، وبُعد خارجي ، والبعد الذي غالباً ما نتحدث عنه هو البعد الذاتي ،وهذا يعني أن المنحني هو منطوي أحادي البعد، والسطح هو منطوي ثنائي البعد ،ولكن هل يمكن تصنيف المنطويات طبقاً للأبعاد وتقديم طريقة للتحقق منها ،ومعرفة في أي صنف يمكن وضعها؟ إنّ هذه المسألة باختصار لايوجد لها حلّ حتى الآن يمكن القول : إنّها مفهومة بشكل كامل في الأبعاد الصفرية، والواحدية ، والثنائيّة، وأيضاً بشكل جيد في خمسة أبعاد وأعلى (J. ZHU, 2021, pp. 91-110) ، ولكنّها تبدو غامضة جداً في ثلاثة ، وأربعة أبعاد، والشيء نفسه ينطبق على المنتج الصناعي .

المنتج الصناعي مكوّن من ثلاثة أبعاد ، ونرى انعكاسات الأجسام الثلاثية الأبعاد ، والتي هي في الأصل ثنائيّة الأبعاد، ولكنّنا لا نألف بعداً رابعاً ، ولا نستطيع أن نتخيّل

الأجسام ذات الأربعة أبعاد، لكنّنا نستطيع أن نرى انعكاسها على عالم ثلاثيّ الأبعاد.

كما أن العالم الثلاثي الأبعاد عبارة عن مجموعة عوالم ثنائيّة الأبعاد (مستويات) ،متراصّة فوق بعضها البعض ، و العالم الرباعي الأبعاد عبارة عن مجموعة عوالم ثلاثية الأبعاد نتيجة الانطواء فوق ، وجنب، وخلف بعضها البعض ، وهذه أشكال انعكاسات للبعد الرباعي الأبعاد في العالم ثلاثي الأبعاد (J. ZHU, 2021, pp. 91-110) كما في الشكل (7)

إذن آلية هذا النظام أعطت البعد الرابع للمنتج المنطوي من خلال زواية الانحناء والاتجاهات المتغيّرة .

بتعبير أدق المنطويات باختصار هي فضاء طوبولوجي يتمتع بخاصية أن كلّ نقطة لها حيز متماثل لمجموعة فرعية مفتوحة من الفضاء الاقليدي ، كما تشتمل المنطويات أحادية البعد على خطوط ودوائر، وتّسمّى الفتحات ثنائية الأبعاد -أيضًا- بالسطوح مثل المستوى والكرة ، والطائرة ، والمستوى الإسقاطي الحقيقي.

كما يعد مفهوم الانطواء محوريًا في العديد من أجزاء المنتج الصناعي الحديث ، لأنه يسمح بوصف الهياكل المعقّدة من حيث الخصائص الطوبولوجية المفهومة للمساحات الأبسط.وهناك أربع منطويات من منحنيات الدالة الجبرية تمكّن المصمم من أن يبدع في العمليّة التصميمية وهي : الدوائر، القطع المكافئ، القطع الزائد، المكعب (Dunn, 2012, p. 987)

ب- .**الملتويات Spirochetes:**

الألتواء هو خاصية هندسية للمقطع الذي يتكّون من علاقة بين زاوية الألتواء وعزم محوري (والعزم يعني مقدرة القوة على إحداث حركة دورانية لجسم حول محور ما) (Rashid, 2022, p. 76)

ثابت الالتواء ، أو معامل الالتواء هو خاصية هندسية للمقطع العرضي للمادة التي يتعامل معها المصمم طوبولوجيا ، إنه يشارك في العلاقة بين زاوية الالتواء وعزم الدوران المطبق على طول محور نعدّه شريطاً على سبيل المثال ، للحصول على شكل مرن خطي متجانس .

يصف ثابت الالتواء، بالإضافة إلى خصائص المادة وطولها، على صلابة الالتواء للمادة المراد تصميمها ،وذلك بافتراض أن المقطع المستوي قبل الالتواء يبقى مستويًا بعد الالتواء، ويبقى القطر خطاً مستقيماً ، هذا الافتراض صحيح فقط في المنتجات ذات الاساس الهيكلي التي تحتاج مثل المقاطع العرضيّة الدائريّة ، وهو غير صحيح لأي شكل آخر يحدث فيه الالتواء.

أمّا للمقاطع العرضية غير الدائرية ، فلا توجد معادلات تحليلية دقيقة لإيجاد ثابت الالتواء ومع ذلك، تم العثور على حلول تقريبية للعديد من الأشكال تحتوي المقاطع العرضيّة غير الدائريّة دائمًا على تشوّهات ملتويّة تتطلب طرقًا عدديّة للسماح بالحساب الدقيق لثابت الالتواء ..

شكل (8)

ثابت ألالتواء في خامةرقائق الخشب

https://i.pinimg.com/originals/e4/a4/4a/e4a44ae4a525a2e55200f4d45abe40e8.jpg

تزداد الصلابة الالتوائية لألياف المادة ذات المقاطع العرضية غير الدائرية بشكل ملحوظ، إذا تم تقييد إعوجاج المقاطع الطرفيّة، على سبيل المثال، بوساطة كتل طرفيّة صلبة (Chu, 2004, pp. 74-97) كما في الشكل (8)

ينبع مفهوم عزم القوة انطلاقًا من مفهوم القوة في الفيزياء، وهي أي فعلٍ يسبب حركة جسمٍ ما ، أو الحفاظ على حركته أو تشويهها، وقد تم شرح مفهوم القوة بشكلٍ واسعٍ في قوانين نيوتن الثلاثة الموجودة في كتابه Principia Mathematica [*]، إذ إنّ قانون نيوتن الأول ينص على أن الجسم عندما يكون في حالة الراحة ، أو في حالة حركة ثابتة بخطٍ مستقيمٍ سوف يبقى بهذه الحالة حتى تُطبق عليه قوةٌ خارجيةٌ ما، ومبدأ نيوتن الثاني هو عندما تُطبق قوةٌ خارجيةٌ ما على جسمٍ فهي سوف تسبب تسارعًا لهذا

[*] **Principia Mathematica** مبادئ الرياضيات (غالبًا ما يتم اختصارها (PM) عبارة .
أسس الرياضيات كتبه الفلاسفة الرياضيات ألفريد نورث وايتهيد وبرتراند راسل وتم نشره في الأعوام 1910 و1912 و1913.
(https://play.google.com/store/apps/details?id=com.pm_international&hl=ar&gl=US)

الجسم باتجاه القوة المطبقة، وقيمة هذا التسارع تتناسب طرديّاً مع قيمة القوة الخارجية وعكسيّاً مع كتلة المادة، أمّا قانون نيوتن الثالث فهو ينصّ على أنه عندما تُطبق قوةٌ على الجسم فإن هذا الجسم سيولد رد فعلٍ معاكسٍ لهذا الفعل (لكل فعلٍ رد فعلٍ)، وهذا ما يشرح سبب قيام القوة بتشويه الجسم (تغيير شكل الجسم) سواء سببت تحريك الجسم أم لا.

في النظام التصميمي الطوبولوجي يمكن ملاحظة أن تطبيق عزم الدوران على منتج ما يمكن أن يسبّب ما يلي (Nowak, 2015, pp. 47-55) :

- يمكن للقوى تغيير شكل المنتج ، وهذا الفعل يُسمّى التشوّه .
- يمكن للقوى تغيير حركة المنتج .
- يمكن للقوى تغيير الاتجاه الذي يتحرّك فيه المنتج ، كما في الشكل (9)

ومن ثَمّ فإن عزم القوة في العملية التصميمية هو مقدارُ إمكانية القوة على جعل المنتج الطوبولوجي يدور حول نقطةٍ ، أو محورٍ معيّنٍ، وينتج هذا العزم عن تطبيق القوة على المنتج من دون مرورها في مركز الدوران، ولا يوجد لهذا العزم قوةٌ مساويةٌ أو معاكسة له.

شكل رقم (9)
تغيير ألاتجاه وتغيير الشكل وتغيير الحركة في تقنية ألالتواء الطوبولوجي
https://digitaltmuseum.no/011061474655/python-stol

أهم النتائج :

1- يتعامل المصمم مع المادة المراد تصميمها بتصميم طوبولجي قابل للتوجيه ، أي يمكن ثنيه وتوجيهه إلى اتجاهين حيث تُصاغ بأشكال لانهائية .
2- النظام الطوبولوجي في التصميم هو علاقة متبادلة بين الداخل والخارج ليتم الترابط الشكلي ، ومن ثم الترابط الوظيفي ، وإذا حصل العزل فلا يمكن أن يكون تصميماً طوبولوجياً .
3- تُعدّ المرونة من أهم خصائص التصميم الطوبولوجي ضمن ثنائية الثبات والتغيّر ، ومن ثم خاصيّة التكامل بين المستوى الشكلي والمستوى الوظيفي ، لأشكال إتسمت بالمالانهاية ،لتأتي خاصيّة السيولة التي تراعي رغبة الفرد، وتتغير مع تعيّر الزمان والمكان.
4- تنوّعت التقنيات تبعاً لتنوع الخصائص ، فأصبحت المنطويات والملتويات تقنيات طوبولوجية يتعامل معها المصمم ، فلا وجود للأشكال المنتظمة ، ولا وجود للحواف المحدّدة ، والسطوح المستويّة .

أهم ألاستنتاجات

1- إنّ الطوبولوجيا في تصميم المنتج الصناعي هي تعزيز للجوانب المظهرية والجمالية، إضافة للجوانب التقنية .
2- إدماج أحدث التقنيات ، والبرمجيات بشكل يعزّز الأداء الطوبولوجي .
3- تحقيق خفة الوزن بتوزيع الأوزان بما يتلاءم مع الانطواء، والالتواء .

Conclusions:

1. Topology in industrial product design is an enhancement of the visual and aesthetic aspects, in addition to the technical aspects.
2. Integrating the latest technologies and software in a way that enhances the topological performance.
3. Achieving light weight by distributing weights in a way that is compatible with folding and twisting.

References:

1. A. Sev, B. B. (2011). *"A Recent Trend in Tall Building Design: Twisted Forms",* . e-Journal of New World Sciences Academy, vol. 6, no 4, .
2. Ali, M. &. (2007). *Structural Developments in Tall Buildings: Current ،Trends and Future Prospects.* Architectural Science Review, Vol. 50.3, Doi: 10.3763/asre.
3. Al-Yousef, I. J. (2017). *Risala Al-Imara, Baghdad.* Baghdad: Dar Al-Walaa for Printing and Publishing.
4. Chu. (2004). *Metaphysies of genetic architecture and computation.* Perspecta, vol. 35.
5. Cristofolini, L. (2015). *In vitro evidence of the structural optimization of the human skeletal bones.* J. Biomech., vol. 48, no. 5, .
6. Dunn, N. (2012). *Digital fabrication in architecture.* Laurence King Publishing.
7. Filiz Tavsana, E. S. (2015). *Biomimicry in Furniture Design.* ، ،Trabzon, Turkey: aKaradeniz Technical University, Faculty Of Architecture, Department Of Architecture, .
8. *https://play.google.com/store/apps/details?id=com.pm_international&hl=ar&gl=US.* (n.d.).
9. *https://www.britannica.com/topic/liquidity-ratio* . (n.d.).
10. J. ZHU, H. Z. (2021). *A review of topology optimization for additive manufacturing: Status and challenges.* Chinese J. Aeronaut: vol. 34, no. 1.
11. Kozlov, D. (2018). *Knots as a Principle of Form in Modern Art and Architecture.* 2nd . International Conference on Art Studies.
12. L. Beghini, A. B. (2014). *Connecting architecture and engineering through structural topology optimization.* Eng. Struct., vol. 59.
13. L. Cristofolini. (2015). *In vitro evidence of the structural optimization of the human skeletal bones.* : J. Biomech., vol. 48, no. 5.
14. Mohamed, B. R. (2015). *The Concept of Alienation in Digital Architecture Design.* Journal of Applied Arts and Sciences 2.
15. Musa, G. H. (2007). *Introduction to Topology.* Iraq: Dar Al Masirah for Publishing and Distribution.
16. Nowak, E. G. (2015). *Verunsi tessellation in shaping the architectural form from fist rod structure.* PhD Interdiscip. J., vol. 1.
17. Rashid, A. M. (2022). *Topology in the formation of the contemporary architectural produc.* IRAQ: Unpublished master's thesis submitted to the Department of Architectural Engineering, University of Technology.
18. Salman, A. M. (21/06/2022). *Topological analysis of architectural production in the Department of Architecture.* Iraq, Baghdad,: Department of Architecture, University of Technology. Submitted: 08/09/2021 Accepted: 23/01/2022 Published: .