مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

P-ISSN: 1996-983X

E-ISSN: 2960-1908

Vol 25 Issue 2 2021/1/11

الفراغ المعماري كثورة في تشكيل واجهات العمارة الرقمية

بحث مستل من رسالة الماجستير "تشكيل الفراغ في العمارة الرقمية"

أ.د. باسم حسن هاشم الماجدي

الجامعة التكنولوجية / قسم هندسة العمارة ، بغداد

90004@uotechnolog

المهندسة شمس عبد الامير كافي

ديوان محافظة القادسية

shamms51@yahoo.com

المستخلص :

تطوَّرت العمارة عبر العصور كأشكال وعلاقات ومواد وآليات وفقا لمعطيات كل عصر وصولا الى عصر التكنولوجيا الرقمية، حيث ادى التغيير في النسب والأبعاد الجمالية للتشكيل المعماري المعاصر بفعل امكانات الرقمنة الى ايجاد خصائص تشكيلية مبتكرة باستعمال التشكيل الفراغي في الواجهات وادخال الفراغ كعنصر تشكيلي وجمالي، مما ادى الى ظهور مفاهيم وافكار ابداعية جديدة تناقض الافكار التقليدية وتتماشي مع روح العصر، ادت الى حصول ثورة في عالم الشكل المعماري على مستوى (الافكار المعمارية وتوليد الاشكال والمواد والنظم الانشائية المستعملة)، نتيجة لذلك ظهرت قواعد جديدة ومبتكرة لايجاد الشكل المعماري على مستوى التصميم والتنفيذ لتحقق أهداف الشكل الابداعية كالتجديد والتفرد وذلك من خلال اكتشاف الخصائص الشكلية الكامنة لكل من الكتلة والفراغ ، سعيا وراء التغيير والتجديد الشكلي والتأثير المناسب على وجدان المتلقي، وفي ضوء ذلك تبلورت المشكلة البحثية التي تمثلت بـ (قصور المعرفة حول اثراستعمال الفراغ المعماري كعنصر تشكيلي في واجهات العمارة الرقمية المعاصرة على قواعد التشكيل الفراغي الرقمي). وجاء هدف البحث للكشف عن اثراستعمال الفراغ المعماري كعنصر تشكيلي في واجهات العمارة الرقمية المعاصرة على قواعد التشكيل الفراغي الرقمي والكشف عن سمات وخصائص الانشاء الفراغي المتحقق، فانتهج البحث منهج البحث الوصفي التحليلي في طرح المعرفة النظرية المستخلصة من الدراسات السابقة في بناء الاطار النظري يصف الفراغ الرقمي وخصائصه التشكيلية وطبيعة النتاجات المتولدة منه والمؤلف من المفردات الرئيسية (العوامل المؤثرة في تشكيل الفراغ، خصائص الانشاء الفراغي الرقمي، قواعد التشكيل الفراغي الرقمي)، وتطبيقه على نماذج معمارية عالمية وعربية ومحلية معاصرة وبمقياس نوعي يهدف لمعرفة تأثير المفردات على العينات المنتخبة ونسبة فاعليتها في خصائص الانشاء الرقمي، والتحقُّق من فرضية البحث الرئيسة التي نصت على امكانية توليد نموذج رقمي فراغي ذي خصائص معاصرة باعتماد التكامل في كافة عناصر التصميم ومعاييره كافة والتنفيذ الرقمية، اذ لا يمكن تصميم انشاء فراغي رقميا وتنفيذه بالطرق التقليدية، والعكس كذلك اي لا يمكن تنفيذ انشاء فراغي رقميا وهو مصمم بطرق التوليد التقليدية، وقد اوضحت الاستنتاجات بروز قواعد إضافية للتشكيل المعماري غير التي ظهرت في عصر الثورة الصناعية ادت الى كسر القواعد التقليدية مثل النسب والنمطية والوظيفية وتحرر التشكيل المعماري من سيادة الأشكال البسيطة ، فلن يكون التوحيد القياسي على حساب التعدد والتنوع في التشكيل ضرورة حتمية، وظهور قواعد تشكيل جديدة تسمى(قواعد التشكيل الرقمية).

الكلمات الرئيسية: – الفراغ المعماري، الواجهات، قواعد التشكيل الرقمي، الانشاء الفراغي.

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

P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

Vol 25 Issue 2 2021/1/11

Architectural void is a revolution in the formation of the facades of digital architecture

Prof. Basim Hassan Hashim Almajidi1 Eng. Shams Abdul Ameer Kafi
2 University of Technology / Department of Architecture, Al-Qadisiyah Governorate

90004@uotechnology.edu.iq shamms51@yahoo.com

Abstract:

Architecture has evolved through the ages as forms, relationships, materials and mechanisms according to the data of each era and up to the era of digital technology, where the change in proportions and aesthetic dimensions of contemporary architectural formation due to the capabilities of digitization has created innovative plastic properties using the void formation in the facades and the introduction of void as a formative and aesthetic element, which led to The emergence of new creative concepts and ideas that contradict traditional ideas and are consistent with the spirit of the times, led to a revolution in the world of architectural form at the level of (architectural ideas and the generation of shapes, materials and construction systems used), as a result of which new and innovative rules emerged to find the architectural form at the level of design and implementation to achieve the goals of the shape Creativity, such as regeneration and exclusivity, through discovering the formalities inherent in both mass and void, in pursuit of change and formal renewal and the appropriate effect on the recipient's emotion. Digital Vacuum Modulation Rules).

The aim of the research was to uncover the effect of the use of architectural void as a formative element in the interfaces of contemporary digital architecture on the rules of digital void formation and to reveal the

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

P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

Vol 25 Issue 2 2021/1/11

characteristics and characteristics of the achieved void construction. Fine and the nature of the products generated from it and the author of the main

vocabulary (factors affecting the formation of void, the characteristics of digital void creation, the rules of digital void formation), and its application to contemporary global, Arab and local architectural models on a qualitative scale aimed at knowing the effect of vocabulary on the selected samples and the percentage of their effectiveness in the properties of digital creation And to verify the main research hypothesis, which stipulated the possibility of generating a digital spatial model with contemporary characteristics by adopting integration in all elements and standards of digital design and implementation, as it is not possible to design and create digital spaces spatially using traditional methods, and vice versa, that is, it is not possible to implement digital spatial creation which is designed in ways Traditional obstetrics, and the conclusions showed that additional rules for architectural formation other than production emerged J appeared in the era of the industrial revolution that led to the breaking of traditional rules such as proportions, stereotypes and functionalities and the liberation of architectural formation from the rule of simple forms, standardization at the expense of multiplicity and diversity in formation will not be an imperative, and the emergence of new rules of formation called (digital formation rules).

Keywords: architectural void, interfaces, Digital formation rules, void construction.

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 25 Issue 2 2021/1/11

1. المقدمة :

وفَّرت التكنولوجيات الرقمية في العمارة المعاصرة امكانية اخراج فراغات غير مادية جديدة وثلاثية الابعاد وذلك فتح للمصمم مجالات فكرية جديدة، فهناك اهتمام متزايد باستعمال "الفراغات المعمارية" في الواجهات والناشئة من خلال استكشاف إبداعي للعلاقة المتبادلة الممكنة بين الكتلة والفراغ من خلال طرق مختلفة كالتداخل المكاني المبتكر والحذف والاستقطاع وغيرها، فادى ذلك الى ظهور الهياكل الفراغية او ما يسمى بالانشاء الفراغي ، وبهذا برزت الحاجة إلى توضيح ارتباط الفراغ بالواجهات وبيان اثر تشكيل الفراغ على خصائص واجهات العمارة الرقمية المعاصرة، وعليه تمثلت مشكلة البحث بما يلي: (قصور المعرفة حول اثر تغير النسب الجمالية والانشائية للفراغ المعماري في واجهات العمارة الرقمية المعاصرة على قواعد التشكيل الفراغي الرقمي)، ولغرض حل مشكلة البحث قسم منهجهُ الى خمسة محاور اختص أولها ببناء الاطار المفاهيمي للبحث وذلك بدراسة المفاهيم الأساسية للبحث "ماهية الفراغ المعماري، واجهات العمارة الرقمية المعاصرة"، والثاني: تضمَّن بناء الإطار المعرفي لتشكيل الفراغ المعماري في الواجهات، وركز الثالث على بناء الإطار النظري من خلال تحليل الأدبيات والدراسات السابقة،أما الرابع: فتناول المشاريع المنتخبة لغرض التطبيق، خامسا وأخيرا: تضمَّن طرح الاستنتاجات والتوصيات.

2. الإطار المفاهيمي للبحث :

يناقش المحور ماهية الفراغ المعماري من ناحية، وواجهات العمارة الرقمية من ناحية اخرى من اجل فهم اثر الفراغ على خصائص الواجهات ومن ثم بيان اثر ذلك على قواعد التشكيل في نتاجات العمارة الرقمية المعاصرة.

2.1 ماهية الفراغ المعماري ومحدداته :

يوجد مفهومان للفراغ فلسفي والاخر رياضي ، فالمفهوم الاول عرف الفراغ بالعلاقة المحسوسة بين الاجسام، اما المفهوم الثاني فالفراغ فيه يتعلق بالتوجيه والقياس وهو من اساسيات علم الهندسة.(سراج الدين،2017،ص32) وفي النحت يعتبر الفراغ نوعا من أنواع الشكل "Form" فالفراغ ليس بشيء مختلف عن الشكل ولكنه شكل أثيري.(محمد، 2013، ص5) والفراغ في حد ذاته عنصر مرن، ينشأ من تفاعل العناصر المادية، ويستعمل هذا العنصر كوسيلة من وسائل التشكيل الفراغي في العمارة فهي تعتمد على تكوين الحجم في الفراغ ، وتنظيمه من الخارج بعكس العمارة التي تنظم من الداخل والخارج.(المعموري ،2014 ،ص1) حدد "Ching" مجموعة من المحددات الأفقية والرأسية لتحديد الفراغ المعماري، حيث صنفها إلى محددات أفقية ومحددات رأسية، وقد وضح دور كل من هذه المحددات في التأثير على تصميم الفراغ وشكل مكوناته وهيئته المعمارية.(Ching ,1996, p16) ان الحدود هي التي تدير العلاقة بين الخارج والداخل، فالفراغ المفتوح هو فراغ ضمن حدوده، يكون الفراغ أكثر فعالية كلما تكون الحدود بين الداخل والخارج ذائبة وغير مادية. (العيسوي،2014،ص1) ويعد الشكل من اهم محددات الفراغ اذا لا يمكن ادراك الفراغ الا بوجود الشكل فالشكل والفراغ هما اهم العناصر التشكيلية في العمارة، ويعرف الفراغ بانه المساحة داخل الاطار كلها او المتضمنة فيه او ما نراه كتجربة مرئية خارجه او انه شكل مرئي غير ملموس بأبعاد ومقاييس معينة وتصنف الفراغات اعتمادا على مواقعها الى انواع منها :

- فراغات خارجية مفتوحة: تحدد وتحيط بالكتلة الخارجية للمبنى .
- فراغات داخلية مغلقة (تسمى بالفضاء) يحيط الشكل بها ببنية معقدة او بسيطة.
- فراغات متوسطة شبه مفتوحة كائنة بين الاشكال متداخلة معها. (موضوع البحث) (تميم ، 2017،ص30)

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

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

P-ISSN: 1996-983X

E-ISSN: 2960-1908

Vol 25 Issue 2 2021/1/11

يركِّز البحث على النوع الثالث الذي يشمل الفراغات المتوسطة التي تكون ضمن التشكيل المعماري اي بالمستوى الثلاثي الابعاد، ويعدُّ الفراغ مولداً لعلاقة التشكيل الحجمية بين عناصر التصميم المختلفة، ويتأثر تصميم الفراغ وهيئته التشكيلية بمحدداته، بل يمكن القول: إن التغيير في هذه المحددات ولو بأقل التغييرات سينتج هيئة معمارية مختلفة، فتتغير هيئة الفراغ والإحساس بها بالشكل والمقدار الذي يتم به تغيير مكونات وعناصر هذا الفراغ ، كما أنها تكسب الفراغ خواصه وصفاته المختلفة.

2.2 واجهات العمارة الرقمية المعاصرة :

تغير تشكيل الواجهات على مر الزمن وصولا الى عصر الثورة الرقمية التي امتازت بظهور التشكيلات الفراغية في الواجهات "Void forms" التي تعرف بكونها مجموعة من العلاقات المكونة لنظام كلي حسب "النظرية الابداعية للتكوينات الفراغية" فالأشكال المجسمة ذات الأبعاد الثلاثية مضافا لها بعد الفراغ في تطور واعي من خلال التجريب والتعلم مع الحفاظ على الحدود والإطار العام للعلاقات التركيبية التشكيلية الفراغية. وهنالك مبادئ تعتمد في تشكيل الفراغ في الواجهات هي:

أ- مبادئ ثابتة خاصة بالتشكيلات الفراغية في الواجهة: متمثلة في القيم التشكيلية والقيم التعبيرية للفراغ.
ب- مبادئ متغيرة: تطويع تقنيات المواد التقليدية، وظهور مواد جديدة. (البدري،2015، ص15)

يتبلور تشكيل واجهات العمارة الرقمية من خلال فكرة خلق شكل بسيط ثم اجراء التعديل (Modifier) لإجراء التحولات الملائمة كالانحناء والتشظية والالتواء والحذف والاضافة والتفريغ وغيرها من العمليات لتوليد واجهات تمتاز بالديناميكية والعبثية والفوضى، ويتم التعديل على الواجهات من خلال تشكيل فراغات ضمن الواجهة، هذه التقنيات هي مفتاح التحريك الرئيس أو تشويه النموذج، وتقوم البرامجيات الحاسوبية بتبسيط وحوسبة الحالات بانتقالات ناعمة متحركة ومشتقة زمنيا بين الطرفين.(Kolarevic. 2003 . P254) اذ تتشكل الواجهات بشكل متوافق مع التغيرات الهندسية للنموذج الفراغي، فشكل الجسم في الحالة الأولى يظهر مختلفا عن الاطار النهائي. (El Daly, 2009 , p97) في واجهات العمارة الرقمية يتم خلق ارتباط بين الداخل والخارج عن طريق استخدام أشكال منحنية ذات فراغات ضمن الواجهة، وهذا يعطي ديناميكية بصرية ويحقق التفاعل الطوبولوجي الذي يدمج المبنى بالطبيعة ، فيتم استبدال الأشكال الإقليدية بأشكال غير إقليدية باستخدام خصائص التعيينات الرياضية،وتسمى هذه الطريقة بالأنظمة الديناميكية. Luisa,2013,p3-(5) وبذلك تمتاز الواجهات بخصائص ابداعية كالمسامية والخلالية التي تتولد بفعل التغيير بنسب الفراغات في الواجهات المصمتة من حيث الشكل والنسب والحجم وموقها وتشكيلها في تكوينات واجهات المباني وتأثيرها على المظهر الانشائي للواجهة، وتعتبر الوسيلة الاهم في ارتباط داخل المبنى بمحتواه الخارجي.(عبود،2018،ص7) والفراغ الخلالي في الواجهة يطالب بحوار بين المبنى والطبيعة ، بين الطبيعة والانسان ، بين الانسان والمبنى ، بين المبنى والشكل وبين المبنى والزمان، اذ يكون الفراغ الخلالي في حالة مستمرة من التقلبات والتقاطعات، فيظهر كنقطة جذب في الواجهة. (Mouch,2009,P39-50) وهنالك أسس لتشكيل الفراغ في الواجهة تشمل:

- تُصاغ الفراغات بإفكار إبداعية تحقق تلاشي الكتلة من خلال الحذف من الشكل (غياب الشكل) او الاختزال بالمواد او الهيكل او معلمات توليد النتاج.
- يتم ايجاد الفراغ من خلال تغيير خواص المواد المصمته أو باستخدام مواد تتناسب مع التشكيل الفراغي.
- تحقق الفراغات قيم إبداعية من خلال هيئة الفراغ المختلفة والاعتماد على المسافات والنسب التشكيلية والجمالية.
- اعتبار الصوت والضوء من عناصر الشكل الفراغية لما لها من قدرة على تحقيق الفكر الفراغي.
- دمج عدة أنظمة من العلاقات المتداخلة لتحقيق التشكيل الفراغي المتفرد والإمتاع الحسي البصري للمتلقي.
- ضرورة إحتواء التشكيلات الفراغية على القيم التشكيلية والتعبيرية. (البدري،2015، ص16)

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

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

P-ISSN: 1996-983X

E-ISSN: 2960-1908

Vol 25 Issue 2 2021/1/11

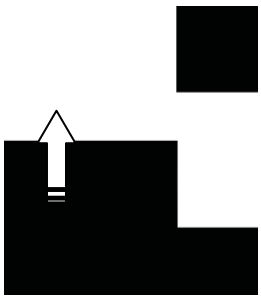
يتضح لنا مما تقدم ان التطور عبر الزمن وصولا الى عصر الثورة الرقمية ادى الى تلاشي الحدود بين الداخل والخارج وصولا الى دخول الفراغ كعنصر اساسي في تشكيل الواجهات وسمي الانشاء الذي يدخل الفراغ في تشكيله بـ (الانشاء الفراغي الرقمي).

3. الإطار المعرفي للبحث :

يناقش المحور اثر تشكيل الفراغ المعماري في الواجهات من عدة مجالات أساسية وهي: معرفة العوامل المؤثرة في تشكيل الفراغ المعماري وصولا الى الانشاء الفراغي الرقمي وبيان اثر ذلك على ايجاد المفاهيم والافكار والحلول وما تحدثه من ثورة على كل ماهو سائد ونمطي من افكار معمارية قديمة واشكال نمطية بالاضافة الى الثورة على استخدام المواد التقليدية والنظم الانشائية القديمة، بالتالي يؤدي ذلك الى توليد قواعد تشكيل فراغي جديدة تُستعمل في واجهات العمارة الرقمية المعاصرة.

1.3 تشكيل بنية الفراغ المعماري في الواجهات:

ان كلمة بنية لا تعني فقط "صورة" الشيء أو "هيكله " أو "وحدته المادية" أو "التصميم الكلي" الذي يربط أجزاءه فحسب، وإنما هي أيضا القانون الذي يفسر تكوين الشيء ومعقوليته، دون الوقوف على المعنى الموجود تحت إدراكنا بل وصولا إلى إدراك العلاقات المادية الظاهرية التي تحقق الترابط بين عناصر المجموعة الواحدة. (مينيرفا،2014،ص57) تتشكل بنية الفراغ من خلال التضاد مابين الثنائيات (الصلد فارغ) (void /Solid) او العلاقة بين الصلد والصلد (solid/solid) حيث انه يعرف كمنطقة انتقالية تخلق مابين الصلد والفراغ وبين الصلد والصلد ، ما بين الماضي والحاضر بين الليل والنهار ، وما بين المصطنع والطبيعي ، و يظهر الفراغ كشكل متفرد من خلال بعض من المفاهيم كالتباعد الذي يظهر في عنصرين صلدين وكما يقول ايزنمان (التباعد في مقابل التشكيل) موضحها في مقالته بعنوان (Processes of the Interstitial) يتم سحب الصلد من حالته التصويرية من خلال حالة التباعد، بما معنى يمكن ان يكون فراغ واقع في فراغاً اخر فتكون متداخلة داخل فراغ واقع في فراغ اخر خالقة بذلك فراغ مشكل من خلال ذلك" ، حيث ان الحركة movement هي التي تعرف علاقة الصلد بالصلد solid/solid والصلد بالفراغ solid/void سواء تكون بالتباعد او بالازاحة والسحب او بالازالة او بالتلاقي بين الكيانات ، لذا فأن هذه الاليات هي امر بالغ الاهمية في تشكيل الفراغ في واجهات العمارة المعاصرة. (Mouch,2009, p25_27)



الشكل (1-1-أ) يوضح علاقة(الصلد / الفراغ) يتشكل الفراغ من ازالة اوسحب العنصر الصلد

الشكل (1-1-ب) يوضح علاقة (الصلد / الصلد) الفراغ الموجود من خلال تداخل بين عنصرين صلدين

اما التغيير في مفهوم بنية الفراغ فيكون من خلال عدة جوانب منها :

- حضور الشفافية والنفاذية البصرية بتحقيق فراغات متدفقة غير محددة العناصر والمعاني.
- الغاء فكرة ثنائية الداخل والخارج من خلال مفهوم التداخل وعلاقة الفراغ والزمن.

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 25 Issue 2 2021/1/11

- التعامل مع تكوينات تتجاوز حدود التناظر والاستقرار. (Mouch,2009)

تغيَّرت بنية الفراغ لدى "فرانك جيرى" من حيث الشكل والتكوين والتحول من البساطة والوضوح والنظام إلى الفوضى الخلاقة والتعقيد في الشكل وعدم إنتظام الكتل المحددة للفراغ ، حيث لا يتم الاعتماد على أية قواعد فى تصميم للفراغات سواء فى البعدين أو الثلاثة أبعاد. (خليل،2011،ص150) **مما تقدَّم يتضح أن التغيير في بنية الفراغ واستعماله في الواجهات يمثل استحضار للمعنى الرمزي لأنه يعبر عن فكرة في بال المصمم، مما أدى الى ابتكار نمط تصحيحي منبثق يعمل ضمن الابعاد الثلاثة من المبنى دون كسر التكوين الرئيسي له، وتنعكس هذه الأفكار لدى المتلقي على تعددية المعنى للنتاج المتحقق، فبذلك يتجاوز الفراغ الحاجات المادية الى تحقيق احتياجات حسية وشعورية.**

2.3 العوامل المؤثرة في تشكيل الفراغ المعماري في الواجهات:

تتشكل الفراغات من خلال التقاطع الفراغي (تداخل مكاني) الذي يعتمد على قواعد رسم معينة عن طريق إزاحة للشكل، حيث ان تقاطع الحدود بين الداخل والخارج هي التي تشكل الفراغ، والتراكب والتداخل في الشكل يكشف عن القلق البصري في تقاطع الفراغ ، ويتم تمييز الفراغ بمنطقة التقاطع بين الحدود المبنية والفراغ باستخدام التجريد الديناميكي المثير، ان هذا التقاطع يكشف عن كيفية قطع الفراغ من خلال ازالة مناطق معينة من الواجهة، اذ يشكِّل الفراغ من نقاط الشد والتعقيد والضعف، وهذا يكسب المتلقي تجربة جديدة وممتعة في توليد حجم الفراغ "غير المروض" من العمارة المعاصرة فتظهر أنواع مختلفة غير معروفة وغامضة من الفراغ وتكون حدود الفراغ غير متناسقة إلى حد كبير، مما يعطي ديناميكية واستمرارية للواجهة ويتحدى إدراكنا المعتاد. ومن العوامل المؤثرة في تشكيل الفراغ المعماري ضمن الواجهة هي: (نسب الفراغ، وابعاد الفراغ، وموقع الفراغ، والشكل الهندسي للفراغ، وعلاقة الفراغ مع الشكل ، وتقاطع الحدود بين الداخل والخارج). (Eugenia,2011,P6-7) **يعدُّ تشكيل الفراغ المعماري في الواجهة من أهم العناصر التي يتقن المعماري صنعها ويتلاعب بنسبها ومواصفاتها، فلكل فراغ ابعاد جمالية او هندسية ذات متعة بصرية وعاطفية وفكرية خاصة، ويتجلى دور الفراغ في كونه وحدة تشكيل اساسية ومنظم لعلاقات الربط بين العناصر، بالاضافة الى كونه منظم لعلاقة العناصر مع المؤثرات الخارجية، وهو المسؤول عن ترتيب العناصر وفقاً لأهميتها وبالتالي رسم الهيئة الخارجية للعمل المعماري، باعتبار الفراغ كوحدة تشكيل معمارية فهو يشكل التصميم في حالاته المختلفة سواء المفتوح أو المغلق، أو في حالته الثنائية (فرغ-حجم)، ويؤثر الشكل الهندسي للفراغ وابعاده وموقعه على خصائص التشكيل النهائية للنتاج المعماري.**

3.3 التكنولوجيا الرقمية وتشكيل الفراغ:

اثرت التكنولوجيا الرقمية على عملية التشكيل المعماري فيتم توليد الشكل حاسوبيا وتحديد خصائصه بمفهومين هما: الحوسبة والحاسوبية ، إذ تدل الحاسوبية على فعل الادخال أو المعالجة أو خزن للمعلومات في الحاسوب وانظمته، توظف الرقمنة لايجاد اشكال مسبقة التصور في ذهن المصمم تتعامل مع الحاسب كأداة، بالاعتماد على عمليات معالجة الأشكال حاسوبيا .(Tezidies,2006,p: xi) اما الحوسبة فتشير الى اجراء حسابي لتحديد هدف أو شكل ما بطرق رياضية أو منطقية، وتتضمن عمليات غير محددة بسبب طبيعتها الاستكشافية، وترتكز على (المنطق والخوارزميات والاستقراء والاستكشاف)، تتضمن انعكاساتها المتشعبة حل للمشكلة والادراك ومحاكاة للذكاء ويشمل التصميم الحوسبي للعمارة على (التوليد الحاسوبي – نمذجة رقمية (نمذجة المعلومات) – التحسين الذاتي – التحليل/تحليل القوى (الشكل

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 25 Issue 2 2021/1/11

يتبع القوى) – المحاكاة - الارض والجاذبية – التزامن (الزمن كعنصر رابع للفراغ المعماري). (المرشدي،2017،ص18) كما تشتمل إستراتيجية سميث كأحد أساليب التصميم على خمس مراحل: (صياغة جدول أعمال التصميم والانتظار والتصور والتطوير والتقييم) والميزة التي تبرز من بين هذه الأساليب هي "رفع النشاط الإبداعي الذي يتم دون وعي إلى مستوى الوعي أو إجبار العقل غير المنتج". (Tülay,2016,p4) كما ادى دخول التكنولوجيا الرقمية في التصميم المعماري الى إيجاد اشكال وفراغات حرة ومعقدة يصعب تمثيلها بالوسائل التقليدية، اذ وفرت التكنولوجيا الرقمية وسائل وادوات فاعلة للتعبير عن الافكار لتظهر اشكالا فراغية جديدة مثلت تحولًا في ايجاد الاشكال والتعبير عنها بنموذج معماري جديد تنصهر فيه الكتلة والفراغ بعلاقات جديدة لتظهر اشكالا متنوعة، فكل ما يحويه المجسم الفراغي من نقطة او خط او سطح او جسم هو عنصر ولكل عنصر معلومات تحدد هيئته وموقعه، فالتشكيلات المعقدة لا يمكن التعبير عنها الا عن طريق النماذج ثلاثية الابعاد، ليتحرر التشكيل المعماري من الفراغات والخطوط المستقيمة الممثلة ببعدين، وتشكيل فراغات على المستوي الثلاثي الابعاد تمكن المعماري من التعامل مع الشكل بإبعاد عليا مثل (الزمن) ليصبح الشكل كقطعة قابلة للتشكيل والنحت. (المرشدي،2017،ص14) ويفهم التشكيل الرقمي على انه مجموعة من الطرق التى تقوم بتوظيف الحاسبة ليس كأداة اظهار العرض ولكن كأداة مولدة لإيجاد الشكل وتحوله، والهدف هو جعل الحاسبة كأداة للتصميم من أجل ايجاد نظام مولد يساعد فى التصميم المعماري، حيث تكمن الصعوبة في ايجاد الحدود والمتغيرات التي تحدِّد العملية التصميمية حيث انه لا بد من وجود علاقة تعاونية بين العقل البشرى وأنظمة الحاسوب وهذا التعاون من الممكن تحقيقه فقط من خلال اللجوء لاستعمال استراتيجيات لوغاريتمية التي تؤكِّد على علاقة تكاملية بين الشخص والحاسوب. (عبد الجليل،2018،ص6) **مما سبق يتبين لنا ان التكنولوجيا الرقمية اثرت تأثيرا كبيرا على امكانات وادوات وقواعد التشكيل القياسية والنمطية، وادت الى ظهور تشكيلات غير مألوفة وذات خصائص تشكيلية معاصرة.**

4.3 الانشاء الفراغي الرقمي:

يتميَّز المنشأ الرقمي بإزالة الحدود بين الداخل والخارج، يعد الفراغ الرقمي احد الادوات التطبيقية للواقع الافتراضي وهو جزء من الحقيقة التخيلية للمبنى، فهو الذي يخلق الانشاءات الفراغية الثلاثية الابعاد تبعا لعاملي الزمن والحركة، اذ يعرف التشكيل الرقمي بانه العمليات التوليدية المؤسسة على القيم البراميترية، ويعرف الانشاء الرقمي بانه الانشاء الذي يعتمد على استخدام اللغة الرقمية والحاسوب كأساس للتصميم، فجاء كتعبير عن التجارب التي تجمع بين النحت والعمارة، وبذلك مثل الانشاء الفراغي الرقمي توجه جديد في العمارة المعاصرة.(Leach.2004) ويتشكل الانشاء الفراغي الرقمي بحالتين: (استاتيكية ساكنة وديناميكية فعالة). (خليل،2012،ص5) فيصمم الفراغ الرقمي الساكن في المنشأ بتنظيم عناصر الفراغ في علاقة شكلية، لا يعطي إحساسا بالاتجاه ولا يوحي بأي حركة فيه، لكنه يكون مؤثرة بحجمه فقط.(مسوح،2015،ص31) ويتشكل الفراغ من حذف او استقطاع جزء أو عنصر معين من التكوين اي باستخدام النحت والتفريغ لايجاد انشاء فراغي رقمي متفرد. (القنواتي ،2015، ص46) اما بالنسبة للفراغ في حالته الديناميكية فيصمم بتنظيم عناصر الفراغ بشكل حر بعيد عن أي قيود شكلية ، ويعطي الفراغ الديناميكي المتلقي شعورا بالإثارة أي أن الفراغ كله موجه للإيحاء بالحركة والتنوع والمرونة وبالاعتماد على القوة والحركة في الزمن، فالقوة تعد الشرط أو السبب في كل حركة ولاسيما الالتواءات والتشوهات والفراغات في الشكل التي تقدم أنموذجا ديناميكيا ورقميا يعتمد على التحريك والتركيب الصوري.(مسوح،2015،ص34) اذا يغني اظهار موديول العناصرالإنشائية الخارجية الواجهات وينظم التكوين ويساعد على تحديد الشكل الغير قياسي للجدران المنحنية بتأكيدها على الإنحناءات الثلاثية الأبعاد ، فتلعب نظم الانشاء المعاصر دورا وظيفا وتعبيريا مميزا وتؤثر على الفراغ المعماري، فتكامل التصميم الانشائي والتصميم المعماري يعمل علي خلق فراغ معماري خالي من المشاكل ويحقق الهدف

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 25 Issue 2 2021/1/11

والوظيفة المرجوة منه.(عبد الباقي،2018،ص89) **لقد أدى التطور التكنولوجي في مواد وأنظمة الإنشاء إلى أن يكون الإنشاء أداة للتعبير المعماري بدلا من كونه عائقا ومحددا لعناصر الإبداع المعماري، وبالتالي تعاظم الدور الإنشائي في العملية الإبداعية والرمزية في العمارة، فيتم اختيار عناصر الإبداع الإنشائي للمساعدة في الوصول إلى انشاء فراغي رقمي يعبر عنه بطريقة إبداعية.**

5.3 النسب الجمالية والانشائية للفراغ المعماري الرقمي: تعد الفتحات المعمارية أحد أهم مفردات العمارة التى تربط الداخل بالخارج والتي تسمى بالفراغات، وتعمل فى التأثير على خواص التشكيل البصري للواجهات المعمارية ، وهي تكسب الواجهات قيما وظيفية وتشكيلية متجددة، ولكي نتفهم استجابتنا للجمال في الفراغ، فإنه يلزم ان نفهم كيفية تفاعل الإنسان مع الفراغات، ففي مجال العمارة يمكن تعريف الجمال بأنه المتعة التي تحدث من التشكيل المعماري المتفرد والتنظيمات الناشئة من التكوينات المعمارية في الفراغات. (المنشاوي ،2016،ص12) ويمكن تقسيم الجمال في العمارة إلى ثلاث أقسام رئيسية هي:

1-الجمال الحسي للفراغات: وهو الجمال الآتي من الإحساس المادي، فكل إنسان تؤثر فيه الألوان وتدرجاتها والأشكال وايقاعاتها.
2-الجمال العاطفي للفراغات: وهو الجمال الذي يتم إدراكه من خلال ما يرتبط به الشكل المعماري من رموز ومعان ودلالات.
3-الجمال الفكري للفراغات: وهو الجمال الناتج عن التفكير، ويمثل حالة متقدمة تتجاوز المفهوم الفردي للجمال المرتبط بالمحتوى الفكري للشكل المعماري ومدلولاته وله جانبين هما:

أ-جمال فكري تجريدي: وهو الجمال المدرك من خلال الشكل المعماري وحده، بدون النظر إلى الغرض منه.
ب-جمال فكري وظيفي: وهو الجمال الذي يتأتى من خلال فهم وادراك الغاية النفعية التي يؤديها الشكل المعماري. (دبس وزيت،2009،ص 63)

يمكن تمييز مقياس الفراغ بسهولة بواسطة العناصر المادية والنظام البنائي والتقسيمات الجزئية المرتبطة بكامل الفراغ حيث وفرت التكنولوجيا الرقمية من تقينات ونظم ومواد بناء من توفير امكانيات هائلة في تشكيل الفراغات من خلال تغير النسب والابعاد النمطية والسائدة واعطاء الحرية للمصمم باعتماد نسب وابعاد تحقق الجمال على كافة مستويات التصميم ولاتلتزم بقواعد محددة. (مسوح،2015،ص34) يكتسب الفراغ معانيه الرمزية من خلال نسب الأبعاد إلى بعضها ومن خلال علاقة الفراغات أيضا، فإن اشتقاق الأبعاد من بعضها وارتباط كل ضلع من الأضلاع المحددة للفراغ بالأضلاع الأخرى بنسبة ما هو أمر يعطي انطباعا بالامكانية الابداعية العالية والجمال.(القنواتي،2015،ص6)

يتضح لنا مما تقدم أن التحكم في مواد وطرق الانشاء ادى الى تحقيق الابداع التشكيلي للعلاقة بين ثنائية الشكل والفراغ في العمارة، واثر ذلك على نسب وابعاد الفراغ المعماري في واجهات العمارة الرقمية، اذ تغيرت ابعاد المنشأ الرقمي لارتباطها بالزمن الذي يعد بعدا رابعا للعمارة، من الابعاد التقليدية المتمثلة بـ (الطول*العرض* الارتفاع) الى الابعاد الرقمية المتمثلة بـ (الطول*العرض* الارتفاع*الزمن) ومن ثم التاثير على هيئة الفراغ النهائية التي تعطى الاحساس بأهمية المصمم ومقدرته على خلق الشكل والفراغ.

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 25 Issue 2 2021/1/11

6.3 اثر الفراغ الرقمي في تشكيل واجهات العمارة الرقمية:

أدى دخول بعض الاتجاهات الجديدة حقل العمل المعماري كنتيجة مباشرة للثورة الرقمية، إلى تمكين المصممين من إيجاد كتل ذات فراغات كان من الصعب التعبير عنها بالوسائل القديمة، فقد وجد المعماري فى عصر الثورة الرقمية الأداة التى يستطيع بها التعبير عن أفكاره المعمارية، فالعمارة تشكيل ثنائي العناصر بين الكتل والفراغات ولكل عنصر خصائصه التشكيلية المميزة. (تميم،2017،ص15) اذ ارتبط تشكيل الفراغ في واجهات العمارة الرقمية بجانبين؛ تشكيلي وجمالي، فيعتبر الفراغ كرمز جمالي في واجهات العمارة الرقمية، فالفراغ رمز جمالي مأخوذ من الفنون النحتية، وتمييزنا للفراغ على انه رمز جمالي يستوجب علينا أن نتجرد مما تعودنا رؤيته من أشكال قد تغيب قراءة المضمون غير المرئي الذي يريد المصمم الإشارة إليه عن طريق الفراغ. (شلتوت،2018،ص7-8) فيشير الشكل الموجب (الكتلة) الى مدرك حسي وبصياغات جمالية لها مضمون تشكيلي، اما الشكل السالب (الفراغ) فيشير الى مدرك معنوي بتشكيل منظومة متباينة تجمع بين السالب والموجب وبإيقاع منتظم يمتاز بالشفافية نتيجة لحركة الفراغ، ومن خلال النحت على الواجهات المعمارية يتشكل الفراغ.(وزيري،2005،ص95) مما جعل الفراغ عنصرا أساسياً في الواجهة وبنسبة تخفف من الحجم لإبراز جماليات البعد الفراغي، وايجاد تشكيل معماري غير مألوف يعطي الإيحاء بالحركة والسكون معا، بنظام قوي وتجريد مطلق. (شلتوت،2018،ص10) **مما سبق يتبين لنا ان تشكيل الفراغ ادى الى تفجير طاقات عديدة على مستوى الشكل والمضمون في مجال العمارة، بالاضافة الى ان تشكيل الفراغ يعد رمزا جماليا يضفي التمييز والتفرد للنتاج ويساعد المعماري على الابداع في تصميم نتاجاته وذلك ادى الى ثورة في عالم الشكل المعماري على مستوى الواجهات.**

1.6.3 الفراغ كثورة في تشكيل واجهات العمارة الرقمية:

إن التطور الذى حدث فى مواد ونظم الإنشاء الحديثة بفعل الامكانات التي وفرتها الثورة الرقمية قد ساعد على إحداث بعض التطورات فى المفاهيم الرئيسية لمنظومة تشكيل الفراغ المعمارى في الواجهات، كما ساعد المعمارى فى إحداث ثورة فى تشكيل فراغاته بحرية معتمدا على المواد الجديدة كمنبع هام من منابع التشكيل المعماري لواجهات العمارة المعاصرة، فاصبح هناك فكر جديد في صياغة الفراغات المعمارية فكان نتاج ذلك تطور فى منظومة تشكيل الفراغ وظهور مفاهيم جديدة لتشكيل الفراغ في واجهات العمارة المعاصرة عدت بمثابة ثورة في عالم الشكل المعماري على كل ماهو تقليدي ونمطي.(محمد واخرون،2016،ص5) وشملت هذا الثورة مايلي:(الثورة على الأشكال النمطية السائدة، الثورة على الافكار المعمارية التقليدية، الثورة على الطبيعة المادية التقليدية، الثورة على الانظمة الانشائية القديمة، الثورة على الجاذبية الارضية).

اولا: الثورة على الاشكال النمطية السائدة:

لعل من أهم الإتجاهات التى أفرزتها الرقمنة هى الثورة على الحدود والثوابت النمطية لتشكيل الفراغ ومحاولة الخروج عن كل ما هو مألوف للفراغ فى الأبعاد المختلفة.(محمد واخرون،2016،ص6) فادى خلق الفراغ في واجهات العمارة المعاصرة الى خضوع التشكيل المعماري الى قواعد رقمية غير القواعد التي كانت سائدة سابقا. (خليل،2012،ص10) لذا امكن إيجاز أهم مظاهر الثورة على الأشكال النمطية السائدة فيما يلي:

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 25 Issue 2 2021/1/11

- الثورة على النسب والابعاد القياسية
- الثورة على الخط المستقيم
- الثورة على الزوايا الحادة والنمطية
- الثورة على الافقية والراسية في التشكيل
- الثورة على العلاقات بين عناصر تشكيل الكتلة
- التحرر من الضوابط والمحددات

اذا فالثورة على الخطوط المستقيمة الصريحة واللجوء لاستعمال الخطوط المنحنية والأشكال الحرة الأكثر جمالا فى التعبير عن الفكرة التصميمية التى يريد بها المعمارى التوافق مع العنصر الوظيفي للمنشأ، وكذلك التغيير الحاصل في نسب وابعاد تشكيل الفراغ والكتلة والعلاقة بينهما (Solid-Void)، كل هذه التغييرات في التشكيل المعماري ادت الى تحقيق الاتصال البصري بين الداخل والخارج وتفاعلية الانشاء مع الطبيعة من جهة والمستخدم من جهة اخرى وتحقيق البهجة والمتعة والابهار وايجاد انماط من النتاجات ثلاثية الابعاد ورباعية الابعاد في واجهات العمارة المعاصرة منها: (الاشكال الفراغية والاشكال الديناميكية والاشكال الحرة والاشكال الصريحة والاشكال مفككة).(الهيبة،2013،ص2-3)

ثانيا: الثورة على الافكار المعمارية التقليدية:

ادى اعتماد الفكر التكنولوجي الى ظهور مفاهيم جديدة ومبتكرة لتوليد الافكار المعمارية مما ادى الى حصول ثورة على الافكار المعمارية التقليدية وتحقق ذلك من خلال اعتماد (الحاسوبية والحوسبة، العالمية والعولمة) اي ان التصميم يتم من خلال إنشاء النماذج المعمارية بواسطة مجموعة من القواعد أو الخوارزميات باستخدام الحاسوب، حيث ساهم استخدام الحاسوب الالي وتقنيات المعلومات باحداث تغييرا في جوانب التصميم المختلفة على مستوى الشكل (Form)، أو الوظيفة (Function)، أو الإنشاء (Construction). (خليل،2012،ص1) اذ احدثت الرقمنة وتقنياتيا تغييرا جذريا في لغة العمارة على المستوى المادي والفكري بالخروج عن الأعراف السابقة بانموذج معماري جديد تنصهر فيه الكتلة والفراغ بعلاقات متبادلة تنتج اشكالا متنوعة وتظهر جماليات تعبيرية بالواجهات، حيث لا يقتصر دور التقنيات الرقمية كأدوات ووسائل بل كشريك أساسي في عملية ايجاد الشكل. (المرشدي،2017،ص18)

ثالثا: الثورة على الطبيعة المادية التقليدية:

ساعد التطور الذى حدث فى مواد ونظم الإنشاء المصمم المعمارى فى التحرر من القيود التى كانت تحد من تطور القدرة الإبداعية للمصمم عند إستخدام المواد التقليدية، فجاءت التشكيلات المعمارية المعاصرة معبرة عن التحرر من هذه القيود والثورة على الطبيعة الجامدة للمادة وتطويعها بما يتناسب مع تطور الفكر المعمارى للمصمم.(خليل،2012،ص2) وقد ظهر تأثير ذلك على الفراغ من خلال: (تطبيقات النانو واعتماد المواد الرقمية المبتكرة ورقمنة المواد التقليدية) اذا كان لتطور مواد البناء الفضل فى إستخدام المعمارى لهذه المواد بدرجة كبيرة من الجرأة وحرية الإبداع مثل الصلب المعالج والخرسانة الظاهرة والملونة والمواد المعدنية اللامعة مثل التيتانيوم والفولاذ والزجاج المسلح بالألياف البلاستيكية والمواد البلاستكية المشتقة من البوليمرات و "PTFE" والسليكون وغيرها. (محمد واخرون،2016،ص6)

رابعا: الثورة على الانظمة الانشائية:

ساهمت التكنولوجيا الرقمية في إبتكار نظم إنشائية حديثة تعد بمثابة ثورة على الانظمة الانشائية القديمة مثل القباب الجيوديسية والهياكل الفراغية والهياكل المفرطة والهياكل الاطارية المعدنية المشدودة والأغشية الخفيفة، مكنت المعماري من إظهار عناصر الإنشاء الرئيسية سواء فى الفراغ أو الكتلة

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 25 Issue 2 2021/1/11

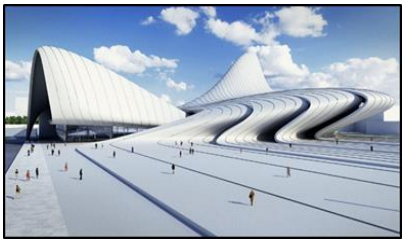
واستعمالها كعناصر نهائية فى المنشأ دون إخفائها أو تكسيتها بمواد أخرى. (محمد واخرون،2016،ص6) فتطورت الانظمة الانشائية بالشكل الذي يتيح للمعماري اطلاق خياله لابتكار أشكال لم تكن متاحة من قبل، من خلال تدعيم المنشأ بالأنظمة الانشائية الحديثة المعتمدة على التداخل بين النظام الهيكلي الخرساني مع الحديد الصلب.(خليل،2012،ص3) بالتالي ادت الى ايجاد انشاء فراغي رقمي يمتاز بما يلي: (مرونة الانشاء ، ديناميكة الانشاء، اخفاء عناصر الانشاء ،اظهار عناصر الانشاء).

ساعد استعمال المواد والنظم الإنشائية الجديدة المعماري فى الخروج من المألوف الى اللامألوف وتغيير حالة الفراغ من حالة السكون البصرى إلى الحالة الديناميكية، فالفراغات المتحركة او الفراغات الديناميكية والكتل الغير ساكنة، كل هذه المصطلحات من الممكن التعبير بها عن الحالة البصرية للفراغات فى المنظومة الجديدة للفراغ التى تبدو فيها الفراغات بالحركة وعدم الاستقرار البصرى.(محمد واخرون،2016،ص6) وعند دراسة طرق تشكيل الواجهات هندسياً فالمفاضلة بينها تكون على أساس الناحية الجمالية والنواحي النفسية من جهة، والنواحي الاقتصادية و الإنشائية من جهة أخرى. (النمرة، 2006م، ص53) اذ أثرت مواد البناء وأساليب الإنشاء المعاصرة على تطور محددات الفراغ المعمارى، حيثٌ ظهرت أشكال جديدة تتميز بالمرونة والاختلاف المتعدد فى شكل الفراغ. (رأفت ،1997،ص396)

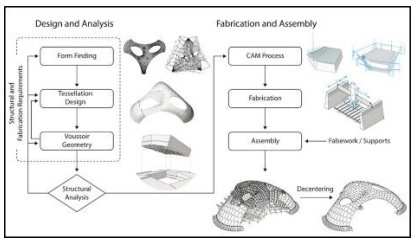
خامسا: الثورة على الجاذبية الارضية:

شغلت فكرة الثورة على الجاذبية الأرضية ومحاولة التغلب على الإرتباط البصرى بين الكتل والفراغات المعمارية الكثير من المعماريين في محاولة منهم لعمل إنفصال بصرى بين المبنى وسطح الأرض، وكانت أولى هذه المحاولات للمعمارى لوكوربوزية فى فيلا سافوى بإستخدام الخرسانة المسلحة وبظهور المواد الجديدة مثل الحديد الصلب والكابلات المعدنية والنظم الإنشائية الحديثة مثل:

Arch-supported structure Cable net - Frame structure - Horizontal cantilever) structure - space truss) بدأت فكرة الفصل بين المنشأ وسطح الأرض تدخل إلى حيز التنفيذ، وظهر مفهوم الثورة على الجاذبية كعنصر مهم فى تشكيل الكتل والفراغات وكان من أهم عناصره:(محمد واخرون،2016،ص8) (انفصال الكتلة عن سطح الارض اتصال الكتلة مع سطح الارض الثورة على اتزان الكتلة) ومن العناصر التصميمية التى لم يعد لها وجود فى تشكيل الكتلة والفراغ هو الإتزان البصرى والإدراكى للكتل والفراغات المعمارية، فسابقا إضطر المعمارى للإلتزام بالثبات اللازم لإتزان الكتل بصريا مقيدا بالإمكانات الإنشائية للمواد المستخدمة أنذاك، أما بعد ظهور المواد والنظم الانشائية الحديثة بدأ المصمم فى الثورة على محاور الإتزان الرئيسية للكتلة والفراغ فظهرت الكتل والفراغات غير متزنة بصريا على الرغم من إتزانها إستاتيكيا.(محمد واخرون،2016،ص8)



شكل(1-2) الثورة على الاشكال النمطية السائدة



شكل(1-3) الثورة على الانظمة الانشائية

شكل(1-4) الثورة على الجاذبية الارضية

مما سبق يتضح لنا أن التغيير الحاصل ولد قواعد جديدة للتشكيل المعماري غير تلك التي كانت سائدة سابقا ومن ثم تحول مفهوم التشكيل العادي الى مفهوم (التشكيل الرقمي) الذي سيصار الى بيان اهم قواعده على المستويين: التصميمي والتنفيذي.

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 25 Issue 2 2021/1/11

5.3 قواعد التشكيل الفراغي الرقمي:

اختلفت تعريف قواعد الشكل "shape grammar" ما بين اعتبارها كنظم انتاج او خورازميات او طريقة في توليد الاشكال، عرفها نايت" "Knight" بانها مجموعة من القوانين التي تطبق خطوة بخطوة لتوليد لغة او مجموعة من التصاميم، فتكون قواعد الشكل وصفية و توليدية. (Knight,1999,p20) ويعرفها ستايني "Stiny" بكونها نظم خوارزمية، تستعمل لتحليل التصاميم الموجودة بالفعل أوانشاء تصاميم جديدة وتساعد في توليد تصاميم مبتكرة من خلال جهد الحوسبة مع الاشكال والقوانين (Stiny,2006,p12) فمكنت الوسائل والادوات الرقمية المعماري من ايجاد أشكال ذات علاقات وارتباطات بين عناصر الشكل واختباره من النواحي الهيكلية والانشائية في بيئة رقمية، فتعتمد قواعد التشكيل الرقمية على دور الرقميات في ايجاد الشكل وتحولاته وخضوعها لتحولات متعددة الأبعاد تستند الى حسابات رياضية، تتصف هذه الاشكال بانها ذات تشكيلات فراغية تمتاز بالتفرد لتعكس مفاهيم جديدة في الشكل منها الديناميكية والنفاذية والشفافية. (Schodeck&Other,2005,p:50) تصنف قواعد التشكيل الرقمي الى مايلي:

اولا/ قواعد ايجاد الشكل المعماري:

تتضمن عملية ايجاد الشكل المعماري العديد من القواعد والبرامج والانظمة الرقمية التي تعتمد على الاستخدام الامثل لامكانات الرقمنة، اذ يوكد (leach)على ازاحة مفهوم الشكل(form) إلى عملية التشكيل (formation) التي تربط بين التكوين والتشكيل المادي في الوسط الرقمي. التي تشمل (الفكر التكنولوجي والبرامج المعمارية الرقمية والانظمة الرقمية)، اذ يتمثل الفكر التكنولوجي بفكر المصمم الذي يرتكز على ثلاث مستويات: (ايجاد مفاهيم، ايجاد افكار، ايجاد حلول). (Leach.2009 . p 35) اما البرامج الرقمية المعمارية فتشمل (التصميم الرقمي والتصميم البارامتري والتصميم الخوارزمي وغيرها) اي بالاستعانة بالحاسوب لخلق الشكل المعماري ويرتكز ايجاد الشكل في عملية التشكيل على التفاعلية بين المصمم والتقنيات الرقمية في بيئة ممكنة وتوظف هذه التقنيات عمليات هندسية منظمة في ايجاد الشكل، ويتعامل فيه المصمم مع أجسام وهيئات مسبقة التصور مع اجراء التعديلات عليها ومعالجتها رقميا. (Oxman 2006 p248) اما الانظمة الرقمية فقد فصلت إلى (الخوارزميات والخورازميات الوراثية والمشبكات والانظمة اللوغارتيمة والانظمة الخوارزمية والخلايا الفورونية ونظام ليندنماير).(El-Gewely 2010) ومن اهم قواعد التشكيل في العمارة الرقمية هي التخلي عن فكرة أن النموذج يجب أن يكون له خصائص إقليدية، بمعنى أن النتاج المعماري يتم الحصول عليه من خلال اعتماد الانظمة الرقمية والمخططات الرياضية.(Luisa,2013,p11)

ثانيا/ قواعد ايجاد الهيكل الانشائي:

تتمثَّل بخرق القواعد الاساسية للانشاء التقليدي واعتماد الانشاء الرقمي، ويتحقق توليد الشكل في اطار التصميم الانشائي باعتماد آليات معينة لإيجاد أشكال تعمل على حمل الأثقال وتكوين واجهات تختلف عن تلك المقتربات التي تعنى بما هو مرئي في الشكل، لإيجاد النماذج الهندسية الملائمة للواجهات ذات الهيئة المعقدة والانشاء الفراغي (Schodeck & Other , 2005 , p35) وتنقسم على محوريين:

أ: التنظيم الذاتي (Self Organization):

يعرف التنظيم الذاتي كعملية تقع عبر الزمن لها حركية تنتج متسعا لمتغيرات في نسق النظام وبنيته، ولها دور في تحوير سلوك النظام وتتضمن خصائص التنظيم الذاتي: بنية ثلاثية الأبعاد، ووفرة زائدة وتمايزا، وتدرجا وتنميطا، ولها سلوك لا يمكن التنبؤ به، إذ تتطور المواد الطبيعية لتكون بنى معقدة

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 25 Issue 2 2021/1/11

من المادة. (Weinstock. 2006. P40) وتقدم استراتيجيات التصميم التي تعتمد على الهندسيات اللغوية وعلى الخلويات متعددة السطوح التي تملأ الفراغ بانظمة انشائية عالية القوة والمرونة، وتوزيع وتمايز الأحجام ضمن البنية الكلية لتحقيق القوة والنفاذية ضمن الواجهات. (Hensel. 2006 . p15)

ب: تحسين الشكل (Optimization of shape): لخلق النظم الانشائية (نظام التصميم الهيكلي التوليدي) باستعمال "eifForm" برنامج لتحليل التصميم الهيكلي وصولا الى الحل الافضل باستخدام تقنيات حاسوبية لخلق النظم الانشائية.(Shelden,2002,p42) فيكون تحسين الشكل من خلال تحقيق حالة من التوازن بين الأحمال الخارجية والقوى الداخلية في هيئة الشكل النهائية وباقل المواد، فاحيانا يصاغ الشكل بالاعتماد على تحليل القوة المؤثرة فيه (الشكل يتبع القوة)"Form Follow Forces" فهو يسمح للمصممين بإيجاد اشكال متزنة وهو نهج فيزيائي فكلما عظمت نسبة كثافة القوة كلما كبر الطول الثابت للعنصر وبالعكس. (Schodeck&Other,2005,p:53) وفي احيانا اخرى يصاغ الشكل بالاعتماد على الراحة الحركية فهو نوع من اليات التحسين لإيجاد شكل الهيكل بهدف العثور على تشكيلات فيها كل القوى في حالة توازن، وآلية للتشكيل في الواجهات الغشائية من خلال نمذجة فيزيائية محاكيه تتضمن شبكة رقمية مثبتة بمواضع محددة تستقر في حالة توازن تحت تأثير الأحمال. (Szalapaj, 2005 , p67)

ثالثا/ تكامل العملية التصميمة معماريا وانشائيا:

هناك علاقة ثنائية الاتجاه بين التعقيد الهندسي والأداء الهيكلي من خلال التقنيات الرقمية الجديدة في التصنيع، حيث أن كل من هذه المجالات يوفر أرضية خصبة لتحسين الجودة والاستدامة والبهجة في البيئة المبنية، فيتم تقديم مجموعة من الاستراتيجيات الحسابية التي توحد الحرية الإبداعية في الشكل مع قوة الأداء، وتقدم طرق جديدة لاستخدام سلوك الهيكل لتوجيه التصنيع الرقمي للتصاميم عالية الأداء، الهدف هو تمكين المصممين من توسيع حدود الشكل الهيكلي المبتكر من خلال التوليف الخلاق بين التصميم المعماري والانشائي في ثلاثة مجالات رئيسية هي: الأدوات والتقنيات الحسابية للتصميم والأداء، اي ان تكامل العملية التصميمية معماريا وانشائيا باستخدام نموذج أولي لنظام يسمى "StAr" المشتق من (StAr =Structure +Architecture). وكذلك يتحقق التكامل باستخدام نظام BIM اي نظام نمذجة المباني معلوماتيا، أساس هذا النظام هو أستخدام عناصر مطابقة لعناصر البناء ولها طبيعة مبنية على المعلمات. (Eastman, 2011 , p31) من الأدوات التي تستخدم لتصميم الهياكل الرقمية عالية الأداء هي:

- اداة IGDT : من الأمثلة المبكرة المهمة هي أداة التصميم الجيني الذكي التي تم تطويرها بواسطة فون.
- اداة ParaGen: نسخة أحدث على صيغة بارامترية لتقليل متغيرات التصميم وتنوع التصاميم المبتكرة.
- اداة FIT :أداة تصميم تعتمد على الويب تتضمن إعدادًا مرنًا للمشكلات وزيادة وسائل تفاعل المصمم.

مما تقدم يتضح لنا ان التكامل بين عملية التصميم المعماري والتصميم الانشائي والمنظومة الإنشائية لتكنولوجيا البناء اصبح ضرورة حتمية للاستفادة من تقنيات الثورة الرقمية في رفع الكفاءة الإنشائية للمبنى والاستفادة منها في العملية التصميمية لما تحققه من حرية في تشكيلات الكتل غير المسبوقة الاستعمال وكذلك المواد والإبداعات الخيالية للنظم الإنشائية.

رابعا/ قواعد التنفيذ الرقمي: ت

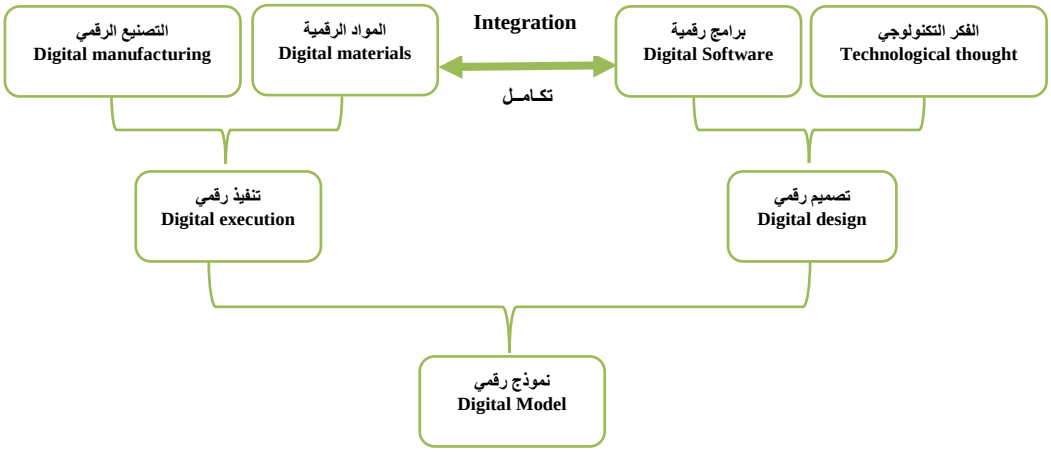
شمل قواعد التنفيذ الرقمي الاستغلال الامثل لامكانات الرقمنة في مستويين هما: طرق التصنيع الرقمي واعتماد المادية الرقمية الجديدة، فشمل التصنيع الرقمي منظومة التنفيذ الذي يحقق التشكيل المعماري الرقمي بتكنولوجيا الحاسب الآلي كانعكاس مباشر للثورة الرقمية مثل (تقنية التنفيذ عن بعد، التصنيع المسبق الصب، تقنية الطباعة ثلاثية الابعاد، تقنية 4D ، تقنية التصنيع القطعي، التجميع الرقمي وغيرها)، فتعددت مجالات الاعتماد عليه بدءاً من الفكرة التصميمية و حتى تحويلها لبيئة رقمية ثم إلى

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 25 Issue 2 2021/1/11

وحدات قابلة للتنفيذ بما في ذلك عمليات التصنيع والإدارة الخاصة بها، يلي ذلك عمليات الإشراف ومتابعة التنفيذ واستخدام معدات بناء مؤتمتة يتم التحكم فيها من بعد وكل متغيرات التنفيذ ليتم التحكم فيها عن بعد وبما يضمن عدم حدوث أي عوائق وتفادي كافة المخاطر فتعد فمرحلة التنفيذ عن بعد هي المرحلة المتوقع انتشارها في هذا القرن لما لها من اختصار في الوقت والتكلفة بشكل مؤثر وبما توفره من امكانيات عالية في التنفيذ فضلاً عن أهمية جودة المنتج المعماري. (عبير،2007،ص10) اما المادية الرقمية فقد تطورت بتطور متطلبات الإنشاء وما يحتاجه من ابتكار مواد جديدة، وما ينتج عنها من شكل إنشائي إلى بزوغ الفكرة المعمارية. (نوبي،2005،ص11-12) إن بعض مواد البناء قد أعطت أفقا جديدة للأفكار المعمارية فبعض المواد الجديدة مثل الفولاذ و الألمنيوم و التيتانيوم ساعدت خواصها المتقدمة ومرونتها الكبيرة في اكساء مساحات مختلفة الأشكال والتي يصعب اكساؤها بمواد البناء التقليدية. (Sebestyen,2003) اذ أدى الالتحام الطبيعي المتزايد بين الأهداف التكنولوجية والأنشطة العلمية إلى إمكانيات هائلة لإنتاج مواد جديدة أكثر كفاءة، مثل إنتاج مواد أخف وزناً، أو أنقى تكويناً، أو أكبر تحملاً، أو أسهل تشكيلاً، أو أرخص ثمناً، أو أكثر قدرة على توفير بدائل، فالعديد من المواد الجديدة قد حلت مكان مواد طبيعية نادرة أو محدودة وكان لظهور المواد الجديدة بإمكانياتها التشكيلية وخواصها دوراً هاماً فى ابتكار أشكال كان من الصعب تصورها فى الماضى. (Samira,2007,p226)

يتبيَّن مما سبق بازدياد امكانية تكنولوجيا المواد والنظم الانشائية تزداد العناصر الإنشائية والمعمارية خفة وشفافية، كما أن بعض العناصر تصبح قادرة على تغيير صفاتها لتحقق أهدافا تشكيلية وتكنولوجية، ولتوليد نموذج رقمي متفرد يؤدي الى خضوع التشكيل المعماري لقواعد إضافية غير التي ظهرت في عصور سابقة مثل النسب والنمطية والوظيفية، ويحقق التكامل في كافة عناصر التصميم والتنفيذ، يكون من خلال اعتماد التصميم الرقمي لكل من (الشكل و الهيكل) لتشكيل نموذج رقمي معاصر ، ثم تنفيذه رقميا من خلال استعمال المواد الرقمية وطرق التصنيع الرقمي المعاصرة والمتطورة وصولا الى النموذج رقمي.



مخطط (1-1) يوضح التكامل في عملية التشكيل الرقمي (المصدر:اعداد الباحثان)

5. بناء الاطار النظري: يتناول هذا المحور طرح مجموعة من الدراسات السابقة لأستخلاص مفردات الإطار النظري الرئيسة والثانوية وقيمها الممكنة، وكما موضحة في الجدول (1) التالي:

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 25 Issue 2 2021/1/11

جدول 1 : يوضح الادبيات السابقة ومفرداتها الرئيسية والثانوية وقيمها الممكنة، (المصدر: أعداد الباحثان).

ت	اسم الدراسة	الطرح المعرفي	اهم مفردات الدراسة
1	دراسة (نوبي) 2007	تناولت الدراسة بداية ظهور الفراغ المعماري ضمن تشكيل الكتلة في نتاجات عمارة الحداثة، الذي بدأ باختزال العناصر وتوليد فراغات غير مفسرة كان سببها الاختزال والبساطة فقط، واكدت ان ظهور الفراغ المعماري بشكل واضح ومفسر كان في نتاجات عمارة التفكيك من خلال اعتماد التفكيك واللا ترابط الذي ادى الى تشكيل فراغات اثرت وبشكل مباشر على هيئة المبنى، والذي تولد بفعل التكنولوجيا التي ساهمت وبشكل كبير في تحقيق فكرة الانشاء الفراغي، وركزت على تحقيق الاندماج والانسيابية من الداخل الى الخارج، بالاضافة الى تحقيق الديناميكية في تشكيل هيئات المباني الخارجية.	محددات الفراغ تطور الفراغ التكنولوجيا الرقمية المواد الرقمية الاختزال الانشاء الفراغي
2	دراسة (Donlad) 2009	بينت الدراسة ان صيغ خلق الفراغ الخلالي وتشكيله يكون اما فكرياً فيظهر كناتج تداخل مكاني من خلال التقارب او يظهر كناتج فراغي من خلال غياب للشكل، او يكون بصيغة شكلية فتظهر من خلال ثلاث آليات وهي التضاد وآلية خلق الشكل المنفرد وآلية الازاحة، وتوضيح الجانب الفكري والجانب الشكلي لصيغ خلق هذا الفراغ من خلال العلاقة المتميزة بين solid/void وبين solid /solid ودور الشكل form كحوار بينهما لتحقيق الديناميكية الكامنة بين عنصرين متناقضين.	الخلالية والشفافية تفرد النتاج اعادة التشكيل التخلي عن التوحيد القياسي
3	دراسة (Pavoni) 2010	توضح الدراسة أهمية تحقيق المتعة في الفراغ، من خلال دراسة الثابت والمتحرك، والفراغ والمكان مع إيجاد مفهوم رابط لهما هو الفراغ المدمج الذي يخلق الجوهر البصري والديناميكية للتكوين في الواجهة، وتعاملت مع طرفي كل ثنائية (الفراغ-المكان) و (الإيجابي-السلبي) و (الإخفاء-الإظهار) من خلال فصل الفراغ في النتاجات المعمارية المعاصرة.	الفراغ المدمج ربط الداخل بالخارج الثنائيات (كتلة – فراغ) الديناميكية
4	دراسة (Eugenia) 2011	بحثت الدراسة عن اصول الفراغ الخلالي حيث نسبت جذوره الى افلاطون، وبينت الدراسة ان هذا النوع من الفراغات بدأ بالظهور في العمارة مع ظهور مفاهيم التفكيكية ومابعد التفكيكية، وايضا وضحت ان التكنولوجيا واستخدام الحاسوب هما من اهم الوسائل التي ساعدت على ظهور هذه الفراغات التي تنتج من التفاعل بين مكونات المشروع والبيانات المستخدمه في تصميمة وصولا الى النتاج المعماري.	الشكل الهندسي للفراغ قواعد التنفيذ الرقمي التقنيات الرقمية التصميم الرقمي الابتعاد عن الافكار التقليدية
5	دراسة (مينيرفا) 2014	ركزت الدراسة على التشكيل الفراغي وعلاقتة بالجمال والمعرفة لدى كل من المصمم والمتلقي، ومدى تحول منظومة التشكيل الفراغي ومحدداته عبر المراحل الزمنية المختلفة وحتى عصر الثورة الرقمية ، وبينت ان الترابط بين الشكل والفراغ ساعد في نشوء الفلسفات المعمارية المختلفة، وادى الى تغييرات في نسب وأبعاد الفراغ المعماري وصولا الى اهم سمات النتاجات ذات التكوين الفراغي الرقمي التي اعطت توضيحا في مدى اختلاف محددات الجمال وتشكيل الفراغ في النتاجات العربية عن محددات الجمال والتشكيل في المنتج المعماري الغربي.	ابعاد الفراغ شكل الفراغ التشكيل الفراغي التوليد الحاسوبي المادية الرقمية النسب الجمالية للفراغ المعماري

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

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

P-ISSN: 1996-983X

E-ISSN: 2960-1908

Vol 25 Issue 2 2021/1/11

بناءاً على ما سبق يمكن بلورة مفردات الاطار النظري الرئيسية والثانـــوية والقيم الممكنة حيــث تم استخلاصها من الاطار المعرفي والأدبيات السابقة، وكما موضح في الجدول رقم (2) التالي:

جدول 2 : يوضح المفردات الرئيسية والثانوية للإطار النظري، (المصدر: أعداد الباحثان)

الجدول (2) الاطار النظري الشامل للنسب الجمالية والانشائية للفراغ في واجهات العمارة الرقمية (المصدر: اعداد الباحثان)			
المفردات الرئيسية	المفردات الفرعية	القيم الممكنة	
العوامل المؤثرة في خصائص الانشاء الفراغي	هندسة الفراغ على المستوي الثلاثي الابعاد	موقع الفراغ	فراغ مركزي
			فراغ جانبي
			فراغ مفتوح للاعلى
		الشكل الهندسي للفراغ	فراغ مهيكل
			فراغ مشكل
		نسب الفراغ	الكتلة اكبر من الفراغ
			الفراغ اكبر من الكتلة
		ابعاد الفراغ	الطول *العرض* الارتفاع* الزمن بعدا رابعا
		علاقة الفراغ مع الشكل	علاقة تكامل
			علاقة تناقض
خصائص الفراغ في النتاج الرقمي	ثورة في عالم الشكل المعماري	الثورة على الأشكال النمطية السائدة	اشكال فراغية
			اشكال ديناميكية
			الثورة على النسب والابعاد القياسية
			الثورة على الخط المستقيم
			الثورة على الزوايا الحادة والنمطية
			الثورة على الافقية والراسية في التشكيل
			الثورة على العلاقات بين عناصر تشكيل الكتلة
			التحرر من الضوابط والمحددات
		الثورة على الافكار المعمارية التقليدية	اعتماد الفكر التكنولوجي
			ظهور مفاهيم مبتكرة لتوليد الافكار
			الحاسوبية والحوسبة
			العالمية والعولمة
		الثورة على الطبيعة المادية التقليدية	تطبيقات النانو
			اعتماد المواد الرقمية المبتكرة
			رقمنة المواد التقليدية
		الثورة على الانظمة الانشائية القديمة	الانشاء الفراغي الرقمي
			اخفاء عناصر الانشاء
			اظهار عناصر الانشاء
			مرونة الانشاء
			ديناميكة الانشاء
		الثورة على الجاذبية الارضية	انفصال الكتلة عن سطح الارض
			اتصال الكتلة مع سطح الارض
			الثورة على اتزان الكتلة
قواعد التشكيل الفراغي الرقمي	قواعد ايجاد الشكل الفراغي	الفكر التكنولوجي	
		البرامج المعمارية الرقمية	
		الانظمة المعمارية الرقمية	
	قواعد ايجاد الهيكل الفراغي	الاليات الرقمية لايجاد الهياكل	
		البرامج الانشائية الرقمية	
		الانظمة الانشائية الفراغية للهياكل	
	قواعد التنفيذ الرقمي	اعتماد تقنيات التصنيع الرقمي	
		توظيف تكنلوجيا البناء الرقمية	
		اعتماد المادية الرقمية ورقمنة المواد التقليدية	
	قواعد عامة	تكامل العملية التصميمية معماريا وانشائيا	

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

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

P-ISSN: 1996-983X

E-ISSN: 2960-1908

Vol 25 Issue 2 2021/1/11

5. التطبيق: تتطلَّب الدارسة العملية الخضوع للقياس النوعي؛ حيث سيتمُّ تقييس جميع المفردات الاطار النظري الخاص بالتشكيل الفراغي في واجهات العمارة الرقمية من خلال معرفة مدى تحقق مفرداته في المشاريع المنتخبة، وذلك بالاعتماد علـــى الرمز (1) للإشارة إلى تحقق قيمة المتغير والرمز (0) للإشارة إلى عدم تحققه.

1.5 التطبيق على العينات: لغرض التحقق من فرضية البحث التي جاءت بالصيغة التالية:**" اعتماد استراتيجية تشكيل الفراغ الرقمية على الجمع بين اليات التشكيل الرقمية التي توظف لخلق انشاء فراغي محقق للحاجات في واجهات العمارة المعاصرة "** ، سيصار الى التطبيق على عينات معمارية ذات طابع مختلف بهدف ايجاد مساحة واسعة لبيان تأثير الفراغ على تشكيل الواجهات وبالتالي خصائص الانشاء الفراغي الرقمي، وقد تم انتخـــاب عينات ضمن سياقات مكانية (عالمية وعربية ومحلية) لتوضيح امكان الاثر فيها رغم تغيير الازمان.

1.1.5 مشروع برج بنك بودابست

المشروع	**مشروع برج بنك بودابست - المصمم: هاني راشد**	**رمز العينة**
الموقع	**مدينة بودابست - شارع فاسي – هنغاريا السنة/2006**	**A**
وصف المشروع		

تم تصميمه مشروع برج بنك بودابست بتشكيل برجين ملتويين يخرجان من الأرض حيث تمنح فكرة التفرد والتزامن الطريق لتجاور الأشكال والفراغ باعتماد الية التضاد بين الفارغ والصلد (solid- void) ، والعمل على أن يكون كيانا فرديًا لإبراز نهر الدانوب و مدينة بودابست فاستوحى شكل الفراغ من الشكل الطبيعي للنهر، وتم اعتماد استراتيجية هيكلية مبتكرة باستخدام التلاعب بعناصر الهيكل والتحسين الإبداعي، يوفر إطلالات على صورتي الالتواء والتناقص المتجهتين نحو السماء، فتخلق البنية المعمارية لأبراج بودابست حضورًا مدهشًا وحيويًا في أفق مدينة بودابست، اما دور الفراغ فجاء كحاجة جمالية لتحقيق شفافية عالية للنتاج وتحقيق التواصل الحسي والبصري.(MARIJA BOJOVIC– 2014) اذ انطلق المصمم من فكرة ابراز النهر او عكسه في الواجهة من خلال الفراغ الذي اصبح بعد رابعا الى النتاج لجعله مفتوح للأعلى و ليس له حدود. (https://www.archdaily.com/)

2.1.5 مشروع مبنى برواز دبي

المشروع	**مبنى برواز دبي**	**رمز العينة**
الموقع	**زعبيل -الامارات العربية المتحدة - دبي السنة/2018**	**B**
وصف المشروع		

المشروع هو إطار متكامل ترجع فكرة إنشاءه الى تجميع كل معالم دبي في إطلالة واحدة لكي تبرز معالم الإمارة بشكل فريد، وتكون هيئته على شكل برواز بأربع جهات متساوية القياس، ليشكل الفراغ القائم بين الضلعين صورة جميلة لمدينة دبي واضحة المعالم من علو شاهق، بحيث ينقل من جهة معالم ومباني شارع الشيخ زايد، لترمز إلى مدينة دبي الحديثة، فيما تضم الجهة الثانية من البرواز معالم لمناطق ديرة وأم هرير والكرامة التي ترمز إلى دبي القديمة. (https://www.archdaily.com/) تم تصميم البرواز بمقاييس هندسية خاصة تضمن سلامة البناء الهيكلي، وقد تم اعتماد النسبة الذهبية في بنائه، إذ يعد بشكله وتصميمه أحد أكثر المباني فرادة على مستوى العالم، ويشكل معلماً بارزاً وإضافة للتطورات الحاصلة في الإمارة،تم استخدام الفراغ للعرض الرقمي من خلال الإسقاطات التفاعلية وتكنولوجيا الواقع الافتراضي. (https://www.archdaily.com/)

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

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

P-ISSN: 1996-983X

E-ISSN: 2960-1908

Vol 25 Issue 2 2021/1/11

3.1.5 مشروع متحف المستقبل في دبي

المشروع	مشروع متحف المستقبل في دبي	رمز العينة
الموقع	دبي السنة/2020	c
وصف المشروع		

من أكثر المباني تقدماً في العالم بتصميمه الفريد، وطابعه المتميز الذي تجسده انسيابية الخطوط العربية، تضم بنية الهيكل 2400 قطعة من الصلب المتقاطع قطرياً، ويحيط به غلاف من الفولاذ المقاوم للصدأ، ومزين بالخط العربي فإن الجزء الصلب من الهيكل يمثل المعرفة التي نعايشها اليوم، فيما يمثل الفراغ المجهول، اي كل ما لا نعرفه بعد (المستقبل). تم تصميمه بارامتريا بعملية مبنية على التفكير الخوارزمي، تسمح بمعالجة متغيرات محددة ونمذجة معلومات البناء، بتقنية ثلاثية الأبعاد، مع استخدام مجموعة من التقنيات مثل الواقع المعزز والواقع الافتراضي. يعد المتحف مثال عن الاستدامة فهو حاصل على شهادة "LEED " ، وتم استخدم أدوات نمذجة متطورة لتخطيط الهيكل الفريد والمنحني الذي يتكون من آلاف المثلثات الفولاذية المتشابكة. (https://arabic.cnn.com/travel/article/2019/06/12/dubai-museum-uture-icon)

جدول 3: تطبيق المفردات على العينات (A، B، C)، (المصدر:إعداد الباحثين).

المفرات الرئيسية	المفردات الفرعية	المتغيرات والقيم الممكنة	تحقق القيمة في المشاريع A	B	C	مجموع القيم	نسبة القيم الممكنة	مناقشة النتائج
العوامل المؤثرة في خصائص الانشاء الفراغي	موقع الفراغ	فراغ مركزي	0	0	1	1	%33	تحقق ضعيف
		فراغ جانبي	0	0	0	0	%0	عدم تحقق
		فراغ مفتوح للاعلى	0	1	0	1	%33	تحقق ضعيف
	الشكل الهندسي للفراغ	فراغ مهيكل	1	0	1	2	%66	تحقق متوسط
		فراغ مشكل	1	1	1	3	%100	تحقق قوي
	نسب الفراغ	الكتلة اكبر من الفراغ	1	0	1	2	%66	تحقق متوسط
		الفراغ اكبر من الكتلة	0	1	0	1	%33	تحقق ضعيف
	ابعاد الفراغ	الطول *العرض* الارتفاع* الزمن	1	1	1	3	%100	تحقق قوي
	علاقة الفراغ مع الشكل	علاقة تكامل	0	1	1	2	%66	تحقق متوسط
		علاقة تناقض	1	0	0	1	%33	تحقق ضعيف
	مجموع القيم المتحققة لكل عينة		5	5	6	16	%53	
	النسبة المتحققة لكل عينة		50	50	60			
خصائص الفراغ في الانشاء الرقمي	الثورة على الافكار المعمارية التقليدية	اشكال فراغية	1	1	1	3	%100	تحقق قوي
		اشكال ديناميكية	1	0	1	2	%66	تحقق متوسط
		الثورة على النسب والابعاد القياسية	1	0	1	2	%66	تحقق متوسط
		الثورة على الخط المستقيم	0	0	1	1	%33	تحقق ضعيف
		الثورة على الزوايا الحادة والنمطية	1	0	1	2	%66	تحقق متوسط
		الثورة على الافقية والراسية في	1	0	1	2	%66	تحقق متوسط

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

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

P-ISSN: 1996-983X

E-ISSN: 2960-1908

Vol 25 Issue 2 2021/1/11

		التشكيل الثورة على العلاقات بين عناصر تشكيل الواجهة	1	0	1	2	%66	تحقق متوسط
		التحرر من الضوابط والمحددات	1	0	1	2	%66	تحقق متوسط
		مجموع القيم المتحققة لكل عينة	7	1	8	16	%66	
		النسبة المتحققة لكل عينة	88	12.5	100			
	الثورة على الأشكال النمطية السائدة	اعتماد الفكر التكنولوجي	1	1	1	3	%100	تحقق قوي
		ظهور مفاهيم مبتكرة لتوليد الافكار	1	0	1	2	%66	تحقق متوسط
		الحاسوبية والحوسبة	1	1	1	3	%100	تحقق قوي
		العالمية والعولمة	0	1	1	2	%66	تحقق متوسط
		مجموع القيم المتحققة لكل عينة	3	3	4	10	%83	
		النسبة المتحققة لكل عينة	75	75	100			
	الثورة على الطبيعة المادية التقليدية	تطبيقات النانو	0	0	0	0	%0	عدم تحقق
		اعتماد المواد الرقمية المبتكرة	0	1	1	2	%66	تحقق متوسط
		رقمنة المواد التقليدية	1	0	0	1	%33	تحقق ضعيف
		مجموع القيم المتحققة لكل عينة	1	1	1	3	%33	
		النسبة المتحققة لكل عينة	33	33	33			
	الثورة على الانظمة الانشائية القديمة	الانشاء الفراغي الرقمي	1	1	1	3	%100	تحقق قوي
		اخفاء عناصر الانشاء	1	0	1	2	%66	تحقق متوسط
		اظهار عناصر الانشاء	0	1	0	1	%33	تحقق ضعيف
		مرونة الانشاء	0	0	1	1	%33	تحقق ضعيف
		ديناميكة الانشاء	1	1	1	3	%100	تحقق قوي
		مجموع القيم المتحققة لكل عينة	3	3	4	10	%66	
		النسبة المتحققة لكل عينة	60	60	80			
	الثورة على الجاذبية الارضية	انفصال الكتلة عن سطح الارض	0	0	1	1	%33	تحقق ضعيف
		اتصال الكتلة مع سطح الارض	0	0	0	0	%0	عدم تحقق
		الثورة على اتزان الكتلة	1	0	1	2	%66	تحقق متوسط
		مجموع القيم المتحققة لكل عينة	1	0	2	3	%33	
		النسبة المتحققة لكل عينة	33	0	66			
قواعد التشكيل الفراغي الرقمي	قواعد ايجاد الشكل الفراغي	الفكر التكنولوجي	1	1	1	3	%100	تحقق قوي
		البرامج المعمارية الرقمية	1	1	1	3	%100	تحقق قوي
		الانظمة المعمارية الرقمية	0	1	1	2	%66	تحقق متوسط
		مجموع القيم المتحققة لكل عينة	2	3	3	8	%88	
		النسبة المتحققة لكل عينة	66	100	100			
	قواعد ايجاد الهيكل الفراغي	الاليات الرقمية لايجاد الهياكل	0	1	1	2	%66	تحقق متوسط
		البرامج الانشائية الرقمية	0	1	1	2	%66	تحقق متوسط
		الانظمة الانشائية الفراغية للهياكل	1	1	1	3	%100	تحقق قوي
		مجموع القيم المتحققة لكل عينة	1	3	3	7	%77	
		النسبة المتحققة لكل عينة	33	100	100			
	قواعد عامة	تكامل العملية التصميمية معماريا وانشائيا	1	1	1	3	%100	تحقق قوي
		مجموع القيم المتحققة لكل عينة	1	1	1	3	%100	
		النسبة المتحققة لكل عينة	100	100	100			
	قواعد التنفيذ الرقمي	اعتماد تقنيات التصنيع الرقمي	1	1	1	3	%100	تحقق قوي
		توظيف تكنلوجيا البناء الرقمية	0	1	1	2	%66	تحقق متوسط
		المادية الرقمية ورقمنة المواد التقليدية	1	1	1	3	%100	تحقق قوي
		مجموع القيم المتحققة لكل عينة	2	3	3	8	%88	
		النسبة المتحققة لكل عينة	66	100	100			

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 25 Issue 2 2021/1/11

2.5 تحليل النتائج ومناقشتها: توضح الفقرة أهم ما اشارت اليه نتائج التطبيق على العينات المنتخبة:

1.2.5 النتائج المرتبطة بمفردة العوامل المؤثرة في خصائص الانشاء الفراغي:

بينت النتائج تفوق مفردة **(ابعاد الفراغ)** بتحقيق نسبة (100%) فيما حققت مفردة **(موقع الفراغ)** اقل نسبة (22%) وتوزَّعت قيمها الممكنة بين (0%) للفراغ الجانبي و(33%) للفراغ المفتوح للاعلى و(33%) للفراغ المركزي، فيما حققت مفردة **(الشكل الهندسي للفراغ)** نسبة (83%) توزعت قيمها الممكنة بين (100%) للفراغ المشكل و(66%) للفراغ المهيكل، تليها **(نسب الفراغ)** بنسبة (50%) توزَّعت قيمها الممكنة بين (66%) عندما تكون الكتلة اكبر من الفراغ و(33%) عندما يكون الفراغ اكبر من اكتلة، و**(علاقة الفراغ مع الشكل)** بتحقيق نسبة (50%) ايضا والتي بدورها تصنف الى (علاقة تكامل، وعلاقة تناقض) ، إذ حققت علاقة التكامل نسبة (66%)، فيما حققت علاقة التناقض نسبة (33%)، اما بالنسبة لتحقق نتائج المفردة لكل مشروع من المشاريع المنتخبة فنلاحظ اختلاف في النتائج المتحققة ، فاظهرت النتائج تشابه في النتائج للعينات المنتخبة (A، B) بتحقيق نسبة (50%)، لك مشروع فيما حققت العينة (C) نسبة (60%)، **وبذلك يتبين ان العينة (C) هي الاكثر ابداعا لكونها اشتملت على الجمع باكبر قدر ممكن من عوامل تشكيل الفراغ لتحقيق انشاء فراغي يمتاز بالتفرد والابداع.**

2.2.5 النتائج المرتبطة بمفردة خصائص الفراغ في الانشاء الرقمي:

كشفت نتائج خاصية الفراغ كثورة في عالم الشكل المعماري عن تفوق خاصية **(الثورة على الأشكال النمطية السائدة)** بتحقيق اعلى نسبة (83%) مقابل اقل نسبة لكل من **(الثورة على الطبيعة المادية التقليدية)** و **(الثورة على الجاذبية الارضية)** وهي (33%) لكل منها، فيما حققت كل من **(الثورة على الافكار المعمارية التقليدية والثورة على الانظمة الانشائية القديمة)** نسبة (66%) لكل منها، وكما موضح في المخطط (1-2)، اما بالنسبة لتحقق نتائج المفردة لكل مشروع فاظهرت النتائج تحقيق اعلى نسبة من الخصائص للعينة (B،C) ، تليها العينة (A) التي حققت اقل نسبة، **مما يدل على ان العينات (C،B) ادت الى خلق ثورة في عالم الشكل المعماري من خلال الجمع بين خصائص الفراغ المتمثلة بـ (الثورة على الافكار المعمارية التقليدية، الثورة على الأشكال النمطية السائدة، الثورة على الطبيعة المادية التقليدية، الثورة على الانظمة الانشائية القديمة، والثورة على الجاذبية الارضية).**

3.2.5 النتائج المرتبطة بمفردة قواعد التشكيل الفراغي الرقمي:

كشفت نتائج المفردة عن تفوق **(القواعد العامة)** المتمثلة بتكامل العملية التصميمة معماريا وانشائيا بتحقيق اعلى نسبة (100%) مقابل (77%) لـ **(قواعد ايجاد الهيكل الفراغي)**، فيما حققت كل من **(قواعد ايجاد الشكل الفراغي وقواعد التنفيذ الرقمي)** نسبة (88%) لكل منها كما في موضح في المخطط (1-3)، اما بالنسبة لتحقق نتائج المفردة لكل مشروع من المشاريع المنتخبة فنلاحظ اختلاف في النتائج المتحققة ، فاظهرت النتائج تحقيق اعلى نسبة للعينة (C)، تلتها العينة (A) ثم العينة (B) بتحقيق اقل عدد من قواعد التشكيل الفراغي الرقمي، **وهذا يبين ان العينة (C) امتازت بالاستخدام الامثل لقواعد التشكيل الفراغي الرقمي لتحقق انشاء رقمي يمتاز بالشفافية وديناميكية الانشاء بالاضافة الى التفرد والتزامن وخصائص تشكيلية اخرى.**

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

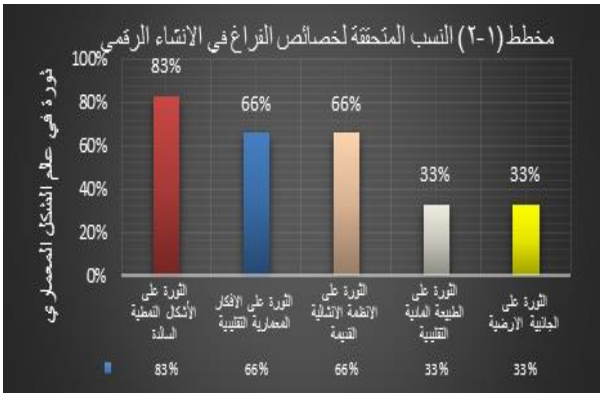
مجلة المخطط والتنمية

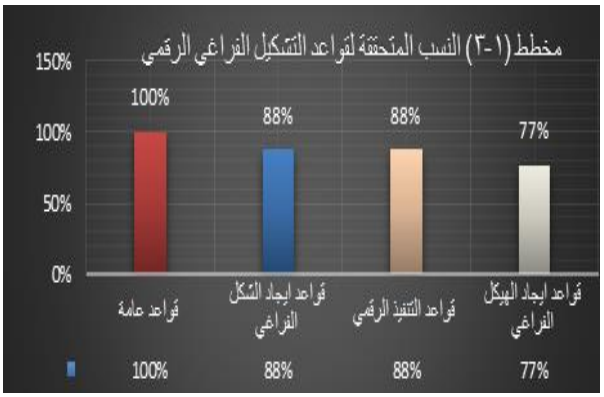
Journal of planner and development

P-ISSN: 1996-983X

E-ISSN: 2960-1908

Vol 25 Issue 2 2021/1/11





6. الاستنتاجات:

1.6 استنتاجات الجانب النظري:

- الفراغ حيز الي من اي شي واحيانا يكون محدد بعناصر واحيانا يكون فراغا غير منتهي، فعندما لايحدد الفراغ بعناصر فيرتبط بالزمن الذي يعد بعدا رابعا للفراغ ويصبح نقطة جذب للمبنى.
- يمثّل الفراغ المشكل في الواجهات بعدا رابعا للعمارة والمتمثل بالزمن فالعمارة تتلاشى بدون طول وعرض وارتفاع فالأبنية ذات التشكيلات الفراغية خرجت من فكرة المكان الى فكرة الزمان، اذ تغيرت أبعاد الفراغ المعماري من (طول * عرض * ارتفاع) لتصبح بأربع محددات (طول * عرض * ارتفاع* زمن).
- تنتج بنية الفراغ من تداخل مكاني باستخدام الانغلاق او الانفتاح او الاخفاء والاظهار بين الكتلة والحجم فيكون الفراغ المشكل ذو شفافية عالية ويساهم في تحقيق الاندماج بين الداخل والخارج.
- وفّرت الرقمنة امكانات جديدة في التشكيل الرقمي من تكنولوجيا واليات وقواعد تشكيل ادت الى تغيير في نسب وابعاد الفراغ المعماري لايجاد تشكيلات معمارية ذات فراغات رقمية تحقق "الانشاء الفراغي".
- تساهم الفراغات الرقمية في جعل العناصر المعمارية اكثر خفة وشفافية، كذلك تميز النتاجات بانعدام وتلاشي الحدود بين الداخل والخارج، والتحرر من النسب والنمطية في عصر الثورة الرقمية.
- بروز قواعد إضافية للتشكيل المعماري غير التي ظهرت في عصر الثورة الصناعية ادت الى كسر القواعد التقليدية مثل النسب والنمطية والوظيفية وتحرر التشكيل المعماري من سيادة الأشكال البسيطة فلن يكون التوحيد القياسي "Standardization" على حساب التعدد والتنوع في التشكيل المعماري ضرورة حتمية وظهور قواعد تشكيل جديدة تسمى (قواعد التشكيل الرقمية).
- ادى ظهور الهياكل الفراغية (الانشاء الفراغي) الى ظهور نوعين من التشكيلات الفراغية: (الفراغ المهيكل – الفراغ المشكل)، فالفراغ المهيكل يتشكل بالاعتماد على الهيكل الانشائي ، اما الفراغ المشكل فيعتمد على الكتلة كمحدد ومكون له (استخدام قواعد التشكيل الرقمية لايجاد الشكل الفراغي).

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

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

P-ISSN: 1996-983X

E-ISSN: 2960-1908

Vol 25 Issue 2 2021/1/11

2.6 استنتاجات الجانب العملي:

- يعدُّ الفراغ الرقمي جزء من الحقيقة التخيلية للمبنى، فهو الذي يخلق الصياغات الفراغية الثلاثية الابعاد تبعا لعاملي الزمن والحركة، ويعد احد الادوات التطبيقية للواقع الافتراضي، ويتشكل الفراغ الرقمي بحالتين استاتيكية ساكنة وديناميكية فعالة.
- ساهم التطور فى مواد ونظم الإنشاء المصمم المعماري فى التحرر من القيود التى كانت تحد من تطور القدرة الإبداعية للمصمم عند إستخدام المواد التقليدية فى البناء، فجاءت التشكيلات المعمارية المعاصرة معبرة عن التحرر من هذه القيود والثورة على الطبيعة الجامدة للمادة وتطويعها بما يتناسب مع تطور الفكر المعمارى للمصمم من اجل الوصول إلى انشاء فراغي مناسب يعبر عنه بطريقة إبداعية ويحقق حاجات انشائية في النماذج المعمارية من خلال تخفيف وزن المبنى وتحقيق الاتزان والاستقرار وتوليد نتاجات اقتصادية وذات كفاءة عالية.
- ظهور مفهوم الثورة على الجاذبية كعنصر مهم من عناصر المنظومة الحديثة فى تشكيل الكتل والفراغات، حيث بدأ المصمم فى الثورة على محاور الإتزان الرئيسة للكتلة والفراغ فظهرت الكتل والفراغات غير متزنة بصريا على الرغم من إتزانها إستاتيكيا.
- فتحت تقنيات البرامج الجديدة عالما من احتمالات التلاعب الهندسية للشكل، اذ تمكن الوسائط الرقمية من استبدال الإحداثيات الثابتة للأشكال وتلاعب بالمعلمات والشفرات المكونة للنموذج والتأثير في نقاط التحكم، والأوزان، والعقد والفراغات من اجل الوصول الى تشكيلات اكثر ديناميكية.

7. التوصيات:

- يوصي البحث بالاستفادة من مفردات الإطار النظري في تمكين طلاب الأكاديمية من اعتماده في تشكيل واجهات تصاميمهم المعمارية.
- يوصي البحث باعتماد الفراغ المعماري كعنصر تشكيل اساسي في واجهات العمارة الرقمية لما يحققه من خصائص للنتاج.
- يوصي البحث باستثمار قواعد ايجاد الشكل الرقمية من اجل الثورة على على الأشكال النمطية السائدة وكذلك الثورة على الافكار المعمارية التقليدية.
- توصي الدراسة باستثمار الاليات والتقنيات الرقمية في التصميم والانشاء والتشغيل للمباني والاستفادة من مدى التجريب الواسع الذي أتاحته العوالم الافتراضية في ايجاد نماذج معمارية تشكيلات فراغية لان وجود الفراغ يضفي خصائص متفردة للنتاج المتحقق.
- يوصي البحث بضرورة الالمام المعرفي من قبل المعماريين المحليين بقواعد التشكيل الرقمي التي توفرها الرقمنة لايجاد قواعد تشكيل رقمية تخدم حاجة المجتمع وخصوصية العمارة المحلية.

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

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

P-ISSN: 1996-983X

E-ISSN: 2960-1908

Vol 25 Issue 2 2021/1/11

المصادر:

- البدري، هند، " التكوينات الفراغية التجريديه كنظريه ابداعيه ودورها الجمالى فى تطوير مفاهيم الخزف المعاصر" المؤتمر الدولي الثاني، التنمية المستدامة للمجتمعات بالوطن العربي، 2015.
- تميم ،عبد الرحمن عثمان ، "الأبراج المستدامة والتشكيل المعماري المستدام المتكامل"، رسالة ماجستير ، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا ، 2017.
- خليل، محمد حسن، "تأثير تكنولوجيا المعلومات علي تطور الفكر المعماري" رسالة ماجستير، جامعة الازهر، كلية الهندسة، قسم هندسة العمارة،2011.
- خليل، وائل صلاح الدين بهلول، "تأثير الثورة الرقمية على مجال الوظيفة والتشكيل المعماري" بحث منشور، جامعة مصر للعلوم والتكنولوجيا، كلية الهندسة ، قسم الهندسة المعمارية، 2012.
- دبس وزيت، حسام، "الديكور المسرحي والعمارة الداخلية في القرن العشرين" رسالة دكتوراة، جامعة دمشق، 2009.
- سراج الدين، دعاء يوسف احمد،" ملائمة الفراغ المعمارى وأثره علي المعاقين حركيا" رسالة ماجستير، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا ، كلية العمارة والتخطيط ، 2017.
- شلتوت، منال عبد الحميد، "الطاقة الكامنة لديناميكية الف ا رغ كمصدر جمالي في الخرط العربي" بحث منشور، مجمة العمارة والفنون، العدد العاشر، 2018.
- عبد الباقي، عبد الباقي جبارة، "العلاقات المتبادلة بين الشكل الإنشائي والشكل المعماري في التكوينات الحرةالمنحنية" رسالة ماجستير، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا، قسم هندسة العمارة، 2018.
- عبد الجليل، وجدان ضياء،"توليد الشكل وعلاقته بالهيكل في العمارة الرقمية" بحث منشور، مجلة جامعة بابل، العلوم الصرفة والتطبيقية والعلوم الهندسية، المجلد 26، العدد 2، 2018.
- عبود، عطاء حسن، "التشكيل المسامي في العمارة المعاصرة" بحث منشور، المجلة العراقية لهندسة العمارة والتخطيط، المجلد 14، حزيران2018.
- علي رأفت ، "الإبداع الفني في العمارة" ، مطابع الشروق، القاهرة 1997 .
- العنبكي، جنان حسن مظلوم، "فضاء المابين في العمارة" رسالة ماجستير، الجامعة التكنولوجية ، قسم هندسة العمارة،2013.
- العيسوي، حسن، "جيومترية الفراغ المفتوح"مقالة منشورة، 2014.
- القنواتي،سيما، "دور الفراغ في التشكيل المعماري واهميته" رسالة ماجستير في الهندسة المعمارية، جامعة دمشق،سوريا،2014.
- محمد ، عبير سامي يوسف "العمارة ما بعد الثورة الرقمية – رؤية جدلية نحو بعد جديد لمستقبل التصميم المعماري وتكنولوجيا البناء" - المؤتمر الدولي الثالث للجمعية العربية للتصميم المعماري بمساعدة الحاسب (أسكاد) ، تجسيد العمارة التخيُّلية، الإسكندرية، مصر،2007.
- محمد، عمر، "المجسم الفراغي بين الطلاقة التشكيلية والخامات غير التقليدية" بحث منشور، بوابة البحث،2013.
- محمد، محمد عطية عطية، واخرون، "تأثير تطور مواد ونظم الإنشاء على تطور صياغة منظومة تشكيل الفراغ المعمارى" بحث منشور، مجلة جامعة الازهر، العدد 38 ، يناير 2016.
- المرشدي، سراج جبار كاظم، "اثر التكنولوجيا الرقمية على الشكل المعماري المعاصر" رسالة ماجستير،الجامعة التكنولوجية،قسم هندسة العمارة،2017.
- مسوح، عماد عبدو، "الفراغ المعماري وانعكاسه على الارتقاء بالفكر التصميمي" بحث منشور،مجلة جامعة البعث ، المجلد 37 ،العدد1 ،2015.
- المعموري، حمدية كاظم روضان، مقالة منشورة، جامعة بابل،كلية الفنون الجميلة،2014.

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

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

P-ISSN: 1996-983X

E-ISSN: 2960-1908

Vol 25 Issue 2 2021/1/11

- المنشاوي، احمد نبيه، "تأثير تكنولوجيا البناء والبيئة على الفراغ المعمارى ودورها فى تحقيق الراحة الحرارية " بحث منشور، جامعة الازهر، قسم الهندسة المعمارية، العدد 38، يناير 2016.
- مينيرفا، فاضل، "أثر الطروحات الفلسفيّة على تشكيل الفراغ المعماري" رسالة ماجستير، جامعة حلب، قسم الهندسة المعمارية،2014.
- النمره، نادر، "تقنيات تنفيذ المشاريع الهندسية" فلسطين ، ط ا،غزة 2006 .
- نوبي ، محمد حسن ،"الفراغ المعماري من الحداثة إلى التفكيك – رؤية نقدية " ، بحث منشور في: مجلة العلوم الهندسية، كلية الهندسة، جامعة أسيوط، مصر، المجلد 35 ، العدد، 3، مايو 2007.
- نوبي، محمد حسن،"قيم الابداع في التصميم المعماري" مجلة تقنية البناء، وزارة الشؤون البلدية والقروية، العدد السادس، الرياض، ابريل،2005.
- الهيبة، خالد محمود، "العمارة المعاصرة والتكنولوجيا :رؤية نقدية لتأثي ا رت التكنولوجيا الرقمية على التوجهات المعمارية السائدة مع مطلع القرن الحادي والعشرين" بحث منشور، جامعة ام القرى، العدد 1 ، 2013.
- وزيري، يحيى، "موسوعة عناصر العمارة الإسلامية"، مكتبة مدبولي، ج 1، ط 2 ،2005.

Refrence :

- Ching , Francis D.K. “Architecture Form ,Space, and Order” 2nd edition, New York ,1996.
- Eastman , Chuck & Others , " BIM Handbook" , Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey , 2011
- El Daly, Hazem Mohamed," Revisiting Algorithms In Architectural Design ", Doctoral Thesis, Ain Shams University, Faculty of Engineering, Department of Architecture, 2009.
- EL Gewely, Maha H. “ALGORITHM AIDED ARCHITECTURAL DESIGN (AAAD)” Misr International University (MIU), Cairo, Egypt, Conference Paper · October 2010.
- Eugenia ،Fratzeskou ،”Revealing Interstitial Void” Digital Diagramming, Publishing, 2011.
- Hensel, Michael, "Computing Self-Organisation: Environmentally Sensitive Growth Modelling", Architectural Design, Profile No 180, Vol 76, No 2, March April, 2006.
- Jamal, Samira Jameel,” TECHNOLOGICAL CULTURE REPERCUSSIONS AND ITS EFFECT ON THE FUTURE OF ARCHITECTURE” Journal of Engineering Sciences, Assiut University, Vol. 36, No. 1, pp. 219- 231, January 2008.
- Knight ،T. “APPLICATIONS IN ARCHITECTURAL DESIGN ،AND EDUCATION AND PRACTICE” ،Department of Architecture School of Architecture and Planning Massachusetts Institute of Technology Cambridge ، USA ،1999 .

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

P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

Vol 25 Issue 2 2021/1/11

- Kolarevic , Branko, Digital Architectures, University of Pennsylvania, USA, ACADIA: Eternity, Infinity and Virtuality, 2003.
- Leach, N., “Swarm tectonic” In: Leach, N.; Turnbull, D & Williams C., Editor. Digital Tectonics, John Wiley & Sons, London,2004.
- Leach, Neil, “Digital Morphogenesis”. In: Architectural Design ,Volume 79, Issue 1,2009.
- Luisa ,Bravo “City Space Architecture” Bologna, Italy,2013.
- Mouch, Donlad, “Magnifying the Interstice: exploring the dialogue between architecture's in-betweens”, University of Cincinnati, 2009.
- Oxman, Rivka, “Theory and Design in the First Digital Age”, In: Design Studies 27 229-265, Great Britain, 2006.
- Schodek ,D. & Bechthold, M. & Griggs, K. & Kao, K. & Martin, B. and Steinberg M. , “Digital Design And Manufacturing G: CAD/CAM Applications In Architecture And Design”, 1st Edition, USA, 2005.
- Sebestyen, Gyula, “New Architecture and Technology”, Architectural Press. May, 2003.
- Shelden, Dennis R., Digital Surface Representation and the Constructibility of Gehry's Architecture, Doctoral Thesis of philosophy in the field of architecture: design and computation ,2002.
- Stiny" ،G" ،“Shape: Talking about seeing and Doing” ،MIT Press ،U.S.A. 2006.
- Szalapaj , Peter, "Contemporary Architecture and the Digital Design Process ",1st Edition, 2005.
- Terzidis, Kostas, ‘ Algorithmic Architecture’ Architectural Press, 2006.
- Tülay, Şamlıoğlu & Kuloğlu, Nilgün , ““CONCEPTS” IN THE PROCESS OF DESIGNING THE VOID IN THE FORM” Karadeniz Technical University, Department of Architecture,2016.
- Weinstock, Michael, "Self-Organisation and Material Constructions", Architectural Design, Profile No 180, Vol 76. No 2, March/April, 2006.
- https://arabic.cnn.com/travel/article/2019/06/12/dubai-museum-future-icon.
- https://www.archdaily.com/ .

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