International Design Journal

Volume 11
Issue 5 *Issue 5*

Article 27

2021

Digital Fabrication Systems between Theory and Practice, with Applications in Metal Roofing Systems

Ahmed Salah Abdel Azim Mohamed
Assistant Lecturer, Faculty of Applied Arts, Helwan University, Egypt, ahmed_salah@a-arts.helwan.edu.eg

Medhat Mabrouk Zidan
Professor of Design, Department of Furniture Design and Metal Construction, Faculty of Applied Arts, Helwan University, Egypt, medhat.zidan63@yahoo.com

Mohamed Mohamed Yehia
Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Helwan University, Egypt

Follow this and additional works at: https://digitalcommons.aaru.edu.jo/faa-design

Part of the Art and Design Commons

Recommended Citation

Mohamed, Ahmed Salah Abdel Azim; Zidan, Medhat Mabrouk; and Yehia, Mohamed Mohamed (2021) "Digital Fabrication Systems between Theory and Practice, with Applications in Metal Roofing Systems," *International Design Journal*: Vol. 11 : Iss. 5 , Article 27.
Available at: https://digitalcommons.aaru.edu.jo/faa-design/vol11/iss5/27

This Article is brought to you for free and open access by Arab Journals Platform. It has been accepted for inclusion in International Design Journal by an authorized editor. The journal is hosted on Digital Commons, an Elsevier platform. For more information, please contact rakan@aaru.edu.jo, marah@aaru.edu.jo, u.murad@aaru.edu.jo.

نظم التصنيع الرقمى بين النظرية والتطبيق "تطبيقاً على أنظمة الأسقف المعدنية

Digital Fabrication Systems between Theory and Practice, with Applications in Metal Roofing Systems

أحمد صلاح عبد العظيم محمد
المدرس المساعد بكـــلية الفـنون التـــطبـــيقية، جامعة حـلوان، مصر، ahmed_salah@a-arts.helwan.edu.eg

أ.د/ مدحت مبروك زيدان
أستاذ التصميم بقسم تصميم الأثاث والإنشاءات المعدنية، كـــلية الفـنون التـــطبـــيقية، جامعة حـلوان، مصر، medhat.zidan63@yahoo.com

د/ محمد محمد يحيي
أستاذ مساعد بقسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة حـلوان، مصر.

ملخص البحث Abstract:

يُعد التقدم الهائل في تكنولوجيا الحاسب الآلي وتكنولوجيا الاتصالات وتداول المعلومات مصدراً ملهماً ومؤثراً في الاتجاهات التصميمية الحديثة والذي أدي إلي توسيع القدرات التصميمية وتيسير إعداد تصميمات لأشكال معقدة بسرعة ودقة متناهية. فدائماً ما تكون عملية التصميم والتصنيع مرتبطين ارتباطاً وثيقاً بداية من مرحلة توليد الأفكار الأولية ووصولاً الي المنتجات النهائية وخاصة في الأشكال المنحنية وذات التعقيد الشكلي يكون من الصعب تنفيذها بالطرق التقليدية مما أدي الي البحث عن وسائل وطرق جديدة تساعد علي إعداد تصميماتها وتنفيذها. وقد أدي الانتشار واسع النطاق الي جانب انخفاض تكلفة اجهزة الحاسب الآلي الي تزايد استخدامه في التصميم بدلاً من الوسائل اليدوية، كما أن الحاسب الآلي بما يتمتع به من قدرة فائقة علي التعامل مع البيانات الكثيرة والمتعددة والمتداخلة بشكل سريع باستخدام الخوارزميات الرياضية والتي يسرت بدورها علي المعماريين استخدام أساليب متعددة وبرامج ساعدت علي إعداد أنواع كثيرة ومختلفة من التصاميم وتطويرها واظهار المشاكل فيها قبل البدء في التنفيذ مما ساعد علي توفير الوقت والجهد والمال. فبمساعدة الحاسوب أمكن تصميم وإنتاج نماذج افتراضية من خلال القوالب الجاهزة بالحجم الكامل من خامات الألومنيوم والحديد والبلاستيك. فالتنوع في برامج التصميم والتصنيع التي أتاحها التقدم التكنولوجي الحديث قد فتح المجال أمام المصممين والمصنعين في اعداد أشكال هندسية وتصاميم عالية الإبتكار والجودة وأمكن باستخدام تلك البرامج ترجمة تلك الأشكال والتصميمات لمجسمات ثلاثية الأبعاد. ومن هنا يبرز مفهوم وأهمية نظم التصنيع الرقمي كحلقة وصل بين عملية التصميم وعملية التصنيع وهذا ما يعطي البحث الحالي أهميته والتي تتبلور أهدافه في استكشاف دور نظم التصنيع الرقمي في تصميم وتصنيع وإنتاج النظم المعدنية مع التطبيق علي أنظمة الأسقف المعدنية الزجاجية حيث انبثقت مشكلة البحث الحالي من الحاجة الي مواكبة التطور التقني في عمليات التصميم والتصنيع للأنظمة المعدنية لتحقيق فاعلية الأداء والجودة والتي يمكن تحقيقها بالاستفادة من مميزات نظم التصنيع الرقمي. وقد استخدم البحث المنهج الوصفي في الدراسات النظرية كما استخدم المنهج التجريبي في الدراسات التطبيقية.

كلمات دالة Keywords:
التصنيع الرقمي
Digital Fabrication
الثورة الصناعية الرابعة
4th Industrial Revolution
أنظمة الأسقف المعدنية
Metal Roofing Systems

Paper received 19th June 2021, Accepted 7th August 2021, Published 1st of September 2021

مقدمة Introduction

تـأثرت الاتجاهـات التصـميمية والإنتاجيـة فـي عصـر المعلومـات بعوامل تقنيـة وإقتصـادية وسياسـية ... فالعامل التقني المتمثل في التقدم الهائل في تكنولوجيا الحاسب الآلي، وتكنولوجيا الإتصالات وتداول المعلومات من خلال نظم السيبرنيتيك Cybernetic التي تشكل حالياً وسيطاً يحوى بداخله جميع وسائط الإتصالات الأخرى المطبوعة والمسموعة المرئية.

لقـد أنكمـش العـالم مكانـاً وزمانـاً بفعـل التكنولوجيـا الرقميـة Digitization وسـقطت الحـواجز بـين البعيد والقريـب وكـادت التكنولوجيا الرقميـة Digitization بنتائجها من الواقع الافتراضي أن تسقط الحاجز بين الواقعي والوهمي، وبين الحاضر والغائب.

وفي مرحلة جديدة من التطور ظهر جيل جديد من الآلات والنظم الذكية المبنية على تمثيل المعرفة فى صورة رمزية، و معالجتها بطريقة تجريبية، والتي يتناغم فيها الذكـاء الإنساني مع منظومة الآلة في مزيج " حيوي آلي " من خلال تكنولوجيا فائقة تتعامل مع عناصر غير مادية كالأرقام والرموز، والواقع المحتمل والإفتراضي والخيالي، وتوالى ظهور الأنظمة الذكية التى تُميز وتحلل وتبرهن النظريات وتساعد في إتخاذ القرارات، وصولاً إلى أنظمة ذات قدرات ذاتية لتطوير نفسها مع المستجدات.

ويُعد التصنيع الرقمي أحد هذه التقنيات الوليدة للتطور في علوم الحاسب وتطبيقاتها في عمليات التصنيع والانتاج والذي جاء كنتيجة لنشأت هندسة التحكم التلقائي والتي تستهدف المحاكاة الرقمية من خلال التفاعل بين الأنظمة الرقمية والميكانيكية والأوتوماتيكية مع تكنولوجيا عالية الحساسية، وتعتمد تقنيات التصنيع الرقمي على ترجمة بيانات رقمية إلى فعل ميكانيكي من خلال ماكينات التصنيع الرقمية.

وعلى ذلك يهتم هذا البحث بدراسة نظم التصنيع الرقمى بين النظرية مع عمل دراسة تجريبية بالتطبيق على نظم الاسقف المعدنية من خلال وحدة هرمية تكرارية.

مشكلة البحث Statement of the Problem:

تنبثق المشكلة البحثية من الحاجة إلى مواكبة التطور التقني في عمليات التصميم والتصنيع لتحقيق أكثر الطرق فاعلية من حيث الجودة والاداء والتي يمكن تحقيقها من خلال نظم التصنيع الرقمي.

أهداف البحث Objectives:

يهدف البحث إلي استكشاف دور نظم التصنيع الرقمي في النظم الإنشائية والعمارة مع التطبيق على الأسقف المعدنية.

الفروض Hypotheses:

إن إتباع منهج علمي للتصميم والتصنيع الرقمي سوف يؤدي إلى الارتقاء والتطور الفعال في عملية تصنيع الأسقف المعدنية.

منهج البحث Methodology:

تسير الدراسات النظرية والتطبيقية في نطاق منهجية مُحددة من

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

خلال كلا من :-
ا- المنهج الوصفى في الدراسات النظرية. ب- المنهج التجريبي في الدراسات التطبيقية.

الاطار النظري Theoretical Framework :

المحور الأول: مفهوم وخصائص التصميم بين النظرية والتصنيع.

أ- المفهوم والبناء الفكري للنظرية:

في اللغة العربية، فإن لفظ النظرية مشتق من النظر، الذي يحمل في دلالاته معنى التأمل العقلي. وكلمة Théoria اليونانية تحمل معاني التأمل والملاحظة العقلية. وفي الفرنسية فإن كلمة Théorie تفيد أن النظرية هي بناء (أو نسق) متدرج من الأفكار، يتم فيه الانتقال من المقدمات إلى النتائج.

وقد تطور استخدام اللفظة Theory فيما بعد في اللغة الإنجليزية فأصبحت تعني نموذج عقلي Mental scheme لتصور الشيء أو لمنهجيه توليد هذا الشيء عن طريق التنبؤ والملاحظة، ويتكون هذا النموذج العقلي من عبارة نظامية Systematic statement تشمل القواعد والمبادئ التي يجب إتباعها.

ويدل مفهوم النظرية على الرؤية الفكرية الشخصية والأحكام الفردية التي قد يتبناها شخص معين حول قضية ما أو مسألة ما. لذا يشترط أن تكون النظرية مرتبطة بالممارسة والعمل. ومن هذا نستنتج أن مفهوم النظرية في الدلالة الشائعة يحمل بعدا براجماتيا. (ماهيتاب حسن البنا: 2010).

ومن ثم فإن النظرية تعد بناء فكري يربط منطلقات بنتائج. فالنظرية تبنى وتشيد على مجموعة من الفرضيات التي توجه بدورها التجربة. وتجدر الإشارة إلى أن النظرية تقودها كذلك مبادئ عقلية منطقية خاصة منها: مبدأ السببية ومبدأ الحتمية. والأول يفيد أن ما من ظاهرة إلا ولها سبب، والثاني يعني أن نفس الأسباب تعطي دائما نفس النتائج. وغالبا ما يتولد عن النتائج ما يصطلح على تسميته بالقانون الذي هو مجموع العلاقات الثابتة بين ظواهر معينة، ويتميز بالخصائص التي يمكن توضيحها من خلال الشكل التالي: (وليد ابراهيم حسن: 2009).

شكل (1) خصائص النظرية

من هذا المنطلق نستطيع القول: إن القوانين إذا ما تألفت فيما بينها، فإنها تشكل نظرية متماسكة. وقد تختلف وظائف النظرية باختلاف الأهداف التي توجه القانون العلمي. فقد تكون وظيفة النظرية وصفية إذا كانت القوانين تفيد مجرد الوصف. وقد تكون وظيفتها تفسيرية إذا كانت القوانين تهدف إلى تقديم العلاقات السببية التي تمثل إطارا لبعض الظواهر. وحين تهدف النظرية إلى احتضان ظواهر مستقبلية تفسيرا وتحليلا فإن وظيفتها تكون تنبؤيه. وتجدر الإشارة إلى أن النظرية ذات الوظيفة التفسيرية تكون وظيفتها تنبؤيه كذلك.

يتبين، إذن، أن تحديد الوظيفة العلمية للنظرية قضية لا تتوقف على طبيعة النظرية فقط، بل تتوقف أيضا على طبيعة المناهج المستخدمة والمجالات التي تبنى فيها النظرية. و من هذا المنطلق نتساءل: ما هي طبيعة العلاقة بين النظرية والواقع؟. (رغد مفيد: 2000).

ب- فلسفة التصميم للتصنيع:

في مجال بحث مُنظري علوم التصميم عن بنيتها المعرفية ومعناها وهدفها، لجأ المُنظرون إلى مجال الفلسفة يستعينون بأسسها الفكرية وطروحاتها محاولين تفسير العملية التصميمية وإخضاعها للمنطق من خلال هذه التوجهات الفكرية، وكان نتيجة ذلك أن استعارت اتجاهات التصميم الفكر الظاهراتي والفكر البنيوي والماركسي وغيره من الفلسفات – وبخاصة في القرن العشرين – وهذا التوجه التصميمي نحو الفلسفات المختلفة لم يؤد إلى بنية معرفية واضحة وثابتة ولكنه أدى إلى نوع من التعددية وعدم الوضوح التي تميزت بها اتجاهات التصميم في النصف الثاني من القرن العشرين، فالفلسفة البنيوية على سبيل المثال هي منهج فكري يقوم على أن حقيقة الأشياء لا توجد في الأشياء نفسها ولكن في العلاقات التي ننشئها وندركها بين هذه الأشياء، وذلك من خلال وجود بنى إدراكية مسبقة لدى الإنسان تعتمد على المعتقدات والمفاهيم الخاصة بالشخص، وتهتم البنيوية بعلوم اللغة linguistics وعلوم الدلالات Semiotics، وتؤكد على وجود الشفرة والمفاهيم المتفق عليها، وكيف يكون هناك اتفاق بين أعضاء المجتمع على ما تحمله الكلمات من دلالات، وكيفية تركيب الجمل والمعاني.

وقد انتقل مفهوم الأيديولوجية إلى التصميم ليفسره، حيث أصبح التصميم لا يقتصر على الدور النفعي أو التقني فقط، بل يمتد ليكون له دور ثقافي واجتماعي، وتصبح مهمة التصميم هي التعبير عن طبقات المجتمع ورؤيتهم للحياة، وهذا يرقى به إلى مستوى النشاطات الفكرية الأخرى.

وبالتالي فإن هذه الفلسفات المتنوعة قد أكدت تعددية الفكر التصميمي وتعددية أبعاده من خلال مداخلها المختلفة، فكل فلسفة كانت تقدم منظوراً مختلفاً للتصميم من واقع أساسها الفكري والفلسفي , وسواء اتبع المصمم فكره الخاص أو استعان بالتوجهات الفكرية والفلسفية السائدة , نجد أن هناك تعددية وتنوع في تناول التصميم فهو فن وتصنيع , وأداة لتحقيق المنفعة والتعبير الجمالي، وهو أيضاً تعبير فراغي وتعبير اجتماعي، وغيرها من الاستعارات والتشبيهات التي يحاول بها الفيلسوف أو المصمم أن يوضح ماهية التصميم. (ماهيتاب حسن البنا: 2010).

ومن المدخلات المعرفية السابقة يمكن توضيح أن فلسفة التصميم للتصنيع تعتمد على ابتكار مدخلات محكمة لنظام تصميم وتصنيع متواصل، وهو عبارة عن شبكة لامركزية من أعلى إلى أسفل من عمليات التصميم والتصنيع والتوزيع والتجميع التي تستخدم أدوات وموارد يتم التحكم فيها رقميًا لإنتاج قطعة تصميمية (قد تكون قطعة أثاث او واجهة مبنى أو سقف مبنى) وفقًا لتصميم معين في

موقع ووقت وتكلفة محددين. ويُعد هذا التجميع معقد لأجزاء مخصصة يتم تسليمها بواسطة شبكة من عمليات التصنيع والتجميع المتوافقة، وتعتمد تكاليف سلسلة الإمداد الرقمي على التدفق والمسافة المقطوعة في شبكة التوزيع على مستوى التصميم والتصنيع والتجميع: فكلما زادت ، زادت بالتبعية تكلفة التصميم والإنتاج. بالإضافة إلى ذلك ، كلما اتسعت شبكة سلسلة الإمداد وزادت عدد مراحلها ، كلما كانت أكثر عرضة للأخطاء لأنها أبطأ في الاستجابة. وبالتالي ، فإن تحسين سلسلة الإمداد مما يعني تقليل عدد المراحل وطولها وتنسيق العمليات لتجنب التأخير والدقة. (Papanikolaou, D.: 2008)

المحور الثاني : خصائص التصنيع الرقمي في التصميم والعمارة.

أ- مفهوم التصنيع الرقمي في ضوء التطور التكنولوجي:

تتميز المجتمعات الصناعية المتقدمة في عالمنا المعاصر بما نسميه بعلمية التكنولوجيا وتقنية العلم، وتعني علمية التكنولوجيا أن التطور التكنولوجي أصبح يعتمد علي استيعاب العلوم الطبيعية أما تقنية العلم فتعني أن البحث العلمي أصبح يعتمد علي أدوات وأجهزة بالغة التعقيد وتحتاج إلي تطور تقني هائل الأمر الذي يؤكد بأن تطور التكنولوجيا يرتبط ارتباطاً كبيراً بتطور العلم, والذي أدى إلى ظهور أدوات التصنيع الرقمي الجديدة التي ساهمت في حدوث تغيير جذري في طريقة تصميم المنتجات وتصنيعها. (L. Corsini, et al: 2019)

وإذا كانت الثورة الصناعية الأولي قد زودت الإنسان بإمكانات عضلية من روافع وماكينات والثورة الصناعية الثانية قد أعفته من القيام بالأعمال الروتينية فإن الثورة الصناعية الثالثة ثورة الطاقة الذرية والفضاء فرضت السيادة الاقتصادية والعسكرية والسياسية للدول التي احتكرت معطيات مقومات هذه الثورة.

وجاءت الثورة الرقمية التي نتجت عن أدخال بعداً جديداً يتزايد ثقله ألا وهو القيمة المستحدثة مثل ابتكار الشرائح الإلكترونية من سليكون الرمال وما تبعها من وسائل اتصال ومعلومات وإنسان آلي، كذلك فرضت خصائص النظام الرقمي الجديد تكنولوجيا المواد الجديدة والمُصنعة وصناعة الحاسبات الآلية والإلكترونيات الدقيقة والطاقة المتجددة والليزر والألياف البصرية. والثورة الرقمية نشأت من التقارب المتصاعد لعدة مسارات للتطور التقني عندما أمكن دمج تكنولوجيا الإتصالات والمعلومات خلال وسيلة تخاطب تقنية واحدة , حيث شهد حقل الإتصالات والمعلومات في العقدين الأخيرين من القرن المنصرم طفرات متتالية ، في مقدمتها ثورة الإنترنت ، ثم ثورة الوسائط المتعددة (الإنفوميديا) ، وهما الذروتان الثانية والثالثة في مسيرة الثورة الرقمية ، بعد الذروة الأولى المتمثلة في ظهور الحاسب الآلي (الكمبيوتر الشخصي) ، فهذه الثورة التي ورثها قرننا الجديد تتصاعد في وتيرة إنجازاتها منذ بداية تسعينات القرن العشرين , حيث أفرزت تكنولوجيا المعلومات العديد من آليات صناعة المعرفة ونقل المعلومات مثل مواقع ومحركات البحث في شبكات الإنترنت Network والتخاطب عبر البريد الإلكتروني Email ونظم التعلم عن بعد ، ونظام تبادل المعلومات News Group والذي يساعد على تبادل وجهات النظر في موضوع ما ، ويولد أفكار جديدة من خلال الإحتكاك بين الثقافات المختلفة. (Kolarevic, B., 2005)

اما الثورة الصناعية الرابعة (4IR) Fourth industrial revolution, فيمكن القول أن الثورة الصناعية الرابعة (4IR) نشأت في أعقاب الثورة الرقمية, وتسمي أيضا بالثورة الرقمية الثانية،، ويمكن تعريفها بأنها الثورة الناتجة عن استخدام مجموعة وسائل حديثة سهّلت تضمين وتفعيل عمل التقنيات المتطورة في المجتمعات البشرية بل وزرعها في الأجسام البشرية إن أمكن ذلك . واتسمت هذه الثورة بظهور مجموعة تقنيات وهي: (R.C. Sobrosa Neto et al. 2020)

- تقنيات الروبوتات المبتكرة.
- تقنيات الذكاء الاصطناعي.
- تقنية النانو.
- تقنية الحوسبة الكمية.
- التقنية الحيوية.
- إنترنت الأشياء.
- تقنية الطباعة الثلاثية الأبعاد.
- تقنية المركبات الذاتية القيادة.

يعتمد التصنيع الرقمي Digital Fabrication أو التصنيع المتكامل مع الحاسب (CIM) Computer Integrated Manufacturing على فكرة تخطيط العمليات الانتاجية بمساعدة الحاسب Computer Aided Process Planning ويتم اختصارها (CAPP) وهي تجمع بين نظامي (CAD) و(CAM), ويمكن توضيحها من خلال المخطط التالي:

شكل (2) تخطيط العمليات الانتاجية بمساعدة الحاسب CAPP

إن استخدام عمليات وطرق التصنيع الرقمي جاء نتيجة مجموعة من الاسباب يمكن توضيحها في النقاط التالية:-

1- التطور التكنولوجي السريع للخامات الجديدة والسبائك والتي تتميز بالصلابة والقساوة والمقَاومة للحرارة والتآكل.
2- إنتاج الأشكال المُركبة والأجزاء الهشة السهلة الانكسار والقصفة وذات السمك الرقيق والاحتياج للتشكيل الغير مُكلف والاقتصادي والتشكيل الدقيق للخامات ذات المتانة العالية كالصلب الكربوني والتي يصعب إنتاجها، مما يُلزم العلماء والمهندسين والفنيين أن يبحثوا في تقنيات جديدة لديها القدرة على تقديم الحل الفعال لهذه المشكلات.
3- الأشكال المُعقدة التي لا يمكن إنهائها وإتمامها بالتصنيع التقليدي.
4- تجنب تشوه الأسطح المُراد إنتاجها والتي غالبا ما يصاحبها الاجهادات الناتجة عن التشكيل العادي.
5- دقة وسرعة النتائج مقارنة بالتصنيع التقليدي. (Afify, H., Abd Elghaffar, Z., 2007)

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

المحور الثالث: تطبيق التصنيع الرقمي على نظم الواجهات المعدنية.

أ- تطبيقات التصنيع الرقمي في العمارة:

أدى التطور السريع للأدوات البارامترية للتصميم المعماري إلى تحدٍ كبير للتصميم المعماري المعاصر. تلعب الرياضيات والهندسة دورًا مهمًا مرة أخرى لفهم هذه الأدوات الجديدة، في السنوات الماضية، أدخلت العديد من الجامعات التصميم الرقمي والتصنيع في مناهجها لتوفير وتعلم فهم أوسع للتصميم البارامترى، من أجل صنع نماذج افتراضية قابلة للبناء وللاستخدام المعماري، هناك حاجة إلى قدر كبير من المعرفة والمهارات، مما يؤدي إلى مهمة كبيرة وتحديًا كبيرًا للمعماريين.

ازداد دور التصنيع الرقمي في الهندسة المعمارية والتصميم في العقد الماضي. فالتصنيع الرقمي موضوعًا نادرًا جدًا في العمل المعماري في بداية القرن الحادي والعشرين، ولكنه أصبح وجهة نظر شائعة في ممارسة التصميم نظرًا لحقيقة أنه يمكن استخدامه كمحفز للتصميم بدلاً من مجرد وسيلة للإنتاج، على الرغم من هذه الحقيقة، في العديد من اتجاهات الهندسة المعمارية، فإن التصنيع الرقمي لها تأثير فقط على زيادة عدد النماذج المادية المنتجة، يكمن السبب في حقيقة أن تعزيز الابتكار في التصميم عن طريق التصنيع الرقمي لا يمكن تحقيقه إلا من خلال التكامل مع المجالات الأخرى في التصميم مثل علوم الكمبيوتر والهندسة والرياضيات والميكاترونكس، علاوة على ذلك، فإن التجارب مع المواد المختلفة في عملية التصنيع لها أهمية قصوى أيضًا من أجل تحقيق تأثيرات مادية مختلفة وتغيير طريقة تفكيرنا الشائعة. .(Jabi, W., 2014) تم تعريف هذا التفاعل بين تصميم المواد والتصنيع الرقمي مؤخرًا على أنه ظاهرة معمارية جديدة تسمى المادية الرقمية، أو بيئة المواد أو البنيوية الجديدة، في حين أن هناك الكثير من تجارب تصنيع التصميم التي يتم إجراؤها في العديد من المؤسسات الأكاديمية.

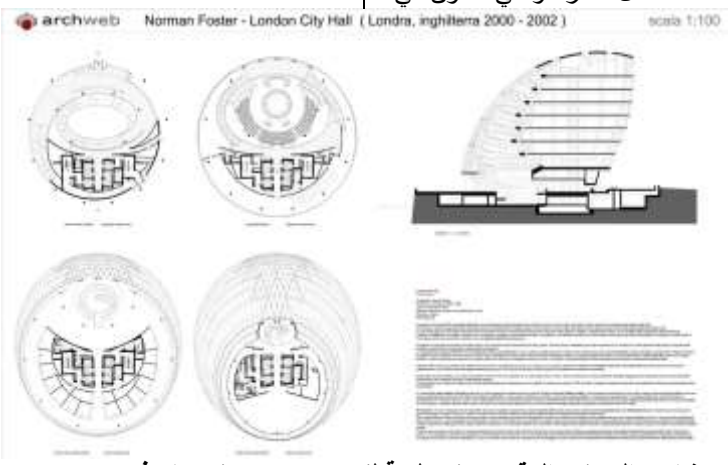
ظهرت أولى مختبرات التصنيع الرقمي في أواخر التسعينيات، كانت النماذج الأولية السريعة وأجهزة التوجيه CNC هي الآلات الأولى التي تم استخدامها لتصنيع النماذج في الهندسة المعمارية. في السنوات التالية، تم توسيع التقنيات والاستراتيجيات بسرعة التي تقود تجارب التصميم القائمة على التصنيع الرقمي. (Stavric, M. et al.: 2016)

في الوقت الحاضر تتيح تقنيات التصنيع الرقمي المتاحة الآن تجسيدًا مباشرًا للتصاميم المتصورة افتراضيًا: إما عن طريق إنشاء نماذج صغيرة الحجم أو عن طريق بناء عناصر هيكلية حقيقية.

شكل (3) نموذج لتوافق التصنيع الرقمي مع التصميم والتنفيذ المعماري الرقمي

يمكن الانتقال من الوضع الافتراضي إلى الحقيقي، الذي يتم تنفيذه بعد الانتهاء من عملية التصميم، بمساعدة أدوات برامج / CAD CAM، والتي تتيح التحويل من نماذج الصياغة(CAD) بمساعدة الكمبيوتر إلى رمز التصنيع (CAM) بمساعدة الكمبيوتر، إذ أن استخدام تقنية CNC تتطلب النماذج الرقمية التحويل إلى أنواع ملفات معينة إذا تم التنفيذ (كالطباعة ثلاثية الأبعاد أو أي طريقة تصنيع أخرى)، تعتبر أدوات التصنيع الرقمي ضرورية للغاية في الهندسة المعمارية بسبب الانخفاض الذي يمكن الحصول عليه في تكاليف البناء في حالة التعقيد العالي للتصميم. تتطلب التصميمات ذات الشكل الحر، والتي تتكون في مرحلة التصميم من مكونات فريدة لا تعد ولا تحصى، نوعًا من ترشيد الهيكل، قبل أن تتحول إلى مبانٍ حقيقية.

مبنى بلدية لندن الكبرى والذى تم انشاؤه من قبل فوستر وشركاه هي مثال على مثل هذا النهج، كان لا بد من تغيير التصميم الأولي للمبنى ذي الشكل الكروي من أجل تمكين الإدراك المادي للمبنى، تمت إعادة تشكيل الشكل البيضاوي باستخدام شرائح مستوية رباعية الأضلاع (PQ) لتلبية معايير التصنيع ، مما أظهر عملية البحث المتوازي للنظام التركيبي والشكل اللذين يؤثران على بعضهما البعض. (Guzik, A.: 2010)



شكل (4أ) نموذج لإحدى مشاريع التصنيع الرقمي مبنى بلدية لندن من تصميم نورمان فوستر (Greater london authority (headquarters

شكل (4ب) نموذج لإحدى مشاريع التصنيع الرقمي مبنى بلدية لندن من تصميم نورمان فوستر (Greater london authority (headquarters

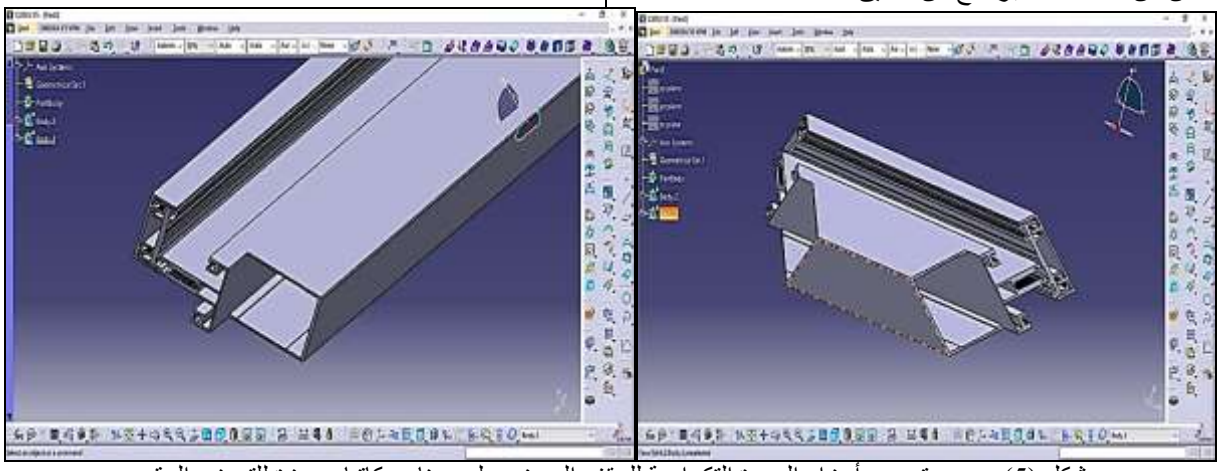
ب- دراسة تطبيقية للتصنيع الرقمي في الأسقف المعدنية:

تتناسب تقنيات التصنيع الرقمي بشكل عام مع أربع فئات رئيسية: القطع والثني والجمع والتكوين. تشبه هذه العمليات التقليدية المستخدمة في صناعة الاسقف المعدنية، حيث يتم استخدام الماكينات والمعدات التقليدية لتحقيق النتائج المرجوة.

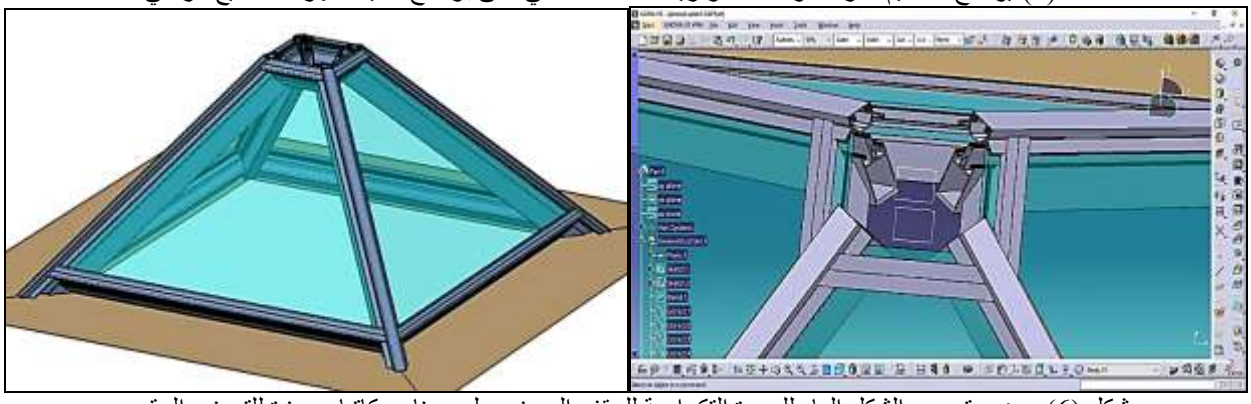
تم استخدام برنامج Catia V5 لرسم التصميم المقترح حيث سنتمكن من خلال هذا البرنامج من تحقيق العلاقة CAD/CAM

ومن ثم فإنه سوف يجهز اجزاء التصميم لعمليات التصنيع الرقمي، كما أنه يتيح تحقيق التصميم البارمتري للسقف في حالات الامتداد المستقبلي او الرغبة في تغير الشكل او النسبة ..الخ.

وتُوضح الأشكال التالية تصميم سقف معدني Skylight على شكل هرم رباعي الأوجه متكرر لتغطية مساحة 2x2 متر, وقد تم التطبيق على الوحدة التكرارية فقط لعامل التكلفة والوقت.



شكل (5) يوضح تصميم أجزاء الوحدة التكرارية للسقف المعدني على برنامج كاتيا مجهزة للتصنيع الرقمي



شكل (6) يوضح تصميم الشكل العام للوحدة التكرارية للسقف المعدني على برنامج كاتيا مجهزة للتصنيع الرقمي

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

شكل (7ا) يوضح الوحدة التكرارية للسقف المعدني بعد تنفيذها باستخدام التصنيع الرقمي

النتائج Results :

1. أن فلسفة التصميم للتصنيع تعتمد على ابتكار مدخلات محكمة لنظام تصميم وتصنيع متواصل, وهو عبارة عن شبكة لامركزية من أعلى إلى أسفل من عمليات التصميم والتصنيع والتوزيع والتجميع التي تستخدم أدوات وموارد يتم التحكم فيها رقميًا لإنتاج قطعة تصميمية (قد تكون قطعة أثاث او واجهة مبنى أو سقف مبنى) وفقًا لتصميم معين في موقع ووقت وتكلفة محددين.
2. يُعد التصنيع الرقمي عملية معقدة تتم بين أجزاء ذات طابع رقمي وطابع ماكيني ويتم الترابط بينهما من خلال شبكة من العمليات التي يتم تسليمها بواسطة شبكة من عمليات التصميم والتصنيع والتجميع المتوافقة.
3. تعتمد تكاليف سلسلة الإمداد الرقمي في عمليات التصنيع الرقمي على مدى التدفق والمسافة المقطوعة في شبكة التوزيع على مستوى التصميم والتصنيع والتجميع: فكلما زادت هذه المسافة ، زادت بالتبعية تكلفة التصميم والإنتاج والعكس صحيح.
4. أن تعزيز الابتكار في التصميم عن طريق التصنيع الرقمي لا يمكن تحقيقه إلا من خلال التكامل مع المجالات الأخرى في التصميم مثل علوم الكمبيوتر والهندسة والرياضيات والميكاترونكس.
5. تتناسب تقنيات التصنيع الرقمي بشكل عام مع أربع فئات رئيسية هي القطع والثني والجمع والتكوين والتي تم استخدامها في التجربة التطبيقية. وتوصل البحث إلى أن هذه العمليات تشبه العمليات التقليدية المستخدمة في صناعة الأسقف المعدنية، إلا أن استخدام التصنيع الرقمي أدى إلى زيادة كفاءة وجودة العملية الإنتاجية وكذلك تقليل الوقت الفعلي في التنفيذ مقارنة باستخدام الماكينات والمعدات

التقليدية لتحقيق نفس النتائج.

المراجع References:

1. ماهيتاب حسن البنا: اثر نظريات التصميم والنظم المعرفية على تنمية الشخصية الإبداعية لمصمم الأثاثات والانشاءات المعدنية, رسالة دكتوراة, كلية الفنون التطبيقية, جامعة حلوان، 2010.
2. وليد ابراهيم حسن: التصميم بالتجربة كمدخل للارتقاء بالفكر الإبداعي لمصمم المنشات المعدنية الخفيفة, رسالة دكتوراة, كلية الفنون التطبيقية, جامعة حلوان، 2009.
3. رغد مفيد محمد: النقد والنظرية في العمارة – رسالة دكتوراه – كلية الهندسة – جامعة القاهرة، 2000.
4. Papanikolaou, D. :Digital Fabrication Production System Theory: Towards an Integrated Environment for Design and Production of Assemblies. . In Proceedings of the 12th Iberoamerican Congress in Digital Graphics - SIGraDi (Havana, Cuba, 1-5 Dec. 2008.
5. Guzik, A,: Digital Fabrication Inspired Design Influence of fabrication parameters on a design process, New Design Concepts and Strategies - eCAADe 28 , 2010 .
6. Stavric, M., Wiltsche, A., Tepavčević, B., Stojaković,V.& Raković, M.: Digital Fabrication Strategies in Design Education, 4th ECAADe International Regional Workshop: Between Computational Models and Performative Capacities,2016.
7. L. Corsini, C. B. Aranda-.., J. Moultrie: Using digital fabrication tools to provide humanitarian and development aid in low-resource settings, Technology in Society 58, 2019.
8. Jabi, W.,: Parametric Design for Architecture. Laurence King Publishers, London, 2014.
9. Afify, H., Abd Elghaffar, Z.,: Advanced digital manufacturing techniques (CAM) in architecture. ASCAAD Conference Proceedings, Section 2, Alexandria, 2007.
10. Kolarevic, B.,: Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing. Taylor and Francis, London, 2005.
11. R.C. Sobrosa Neto, J. Sobrosa S. N., Samara D. S., Michael, B. S., José: The fourth industrial revolution and the coronavirus: a new era catalyzed by a virus, Research in Globalization 2, 2020.

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