**Art and Architecture Journal (2024) 5, (2) 232–241**

ISSN : 2805-2838 (Print) ; 2805-2846 (Online)
Art and Architecture Journal
Available online at : https://aaj.journals.ekb.eg/

# Integration of Direct Digital Fabrication and Sustainability into Interior Design Elements

*Salma Mahmoud Kamal Mohamed Mostafaa El-kholaey*
*Lecturer , Decor department, faculty of art and design, pharos university, Alexandria , Egypt*

*Salma.elkholaey@pua.edu.eg*

Keywords:
Direct digital manufacturing; sustainability; Interior design; Technological innovation.

**ABSTRACT:**

Sustainability is one of the foremost challenges facing the world, especially in the fields of interior design and furniture manufacturing. The concept of direct digital manufacturing serves as an effective tool for enhancing sustainability in interior design. This concept combines technological innovation with environmental commitment, allowing for the creation of efficient and beautiful interior spaces. Direct digital manufacturing refers to the use of techniques such as 3D printing and computer numerical control (CNC) machines in producing interior design elements. These technologies enable designers to create complex and precise forms, facilitating innovation and customization to meet design needs.

The research problem lies in how to achieve effective integration between direct digital manufacturing and sustainability principles in interior design elements. This problem encompasses several aspects, such as a lack of understanding about integration and environmental challenges. The descriptive-analytical method is used to analyze case studies of successful applications of direct digital manufacturing in sustainable interior design. The importance of the research lies in highlighting direct digital manufacturing as a technological tool capable of improving design efficiency and reducing environmental impact. The research aims to analyze the effectiveness of integration in achieving harmony between direct digital manufacturing and sustainability in interior design elements. One of the key findings is the benefits of integrating sustainability through the use of sustainable materials, as direct digital manufacturing allows for the use of new environmentally friendly materials. Encouraging innovation in the use of sustainable materials and digital technologies is a crucial recommendation for this research. Increasing awareness among designers and consumers about the benefits of digital manufacturing and sustainability is also essential.

**التكامل بين التصنيع الرقمي المباشر والاستدامة في عناصر التصميم الداخلي**

***الملخص:***

تعتبر الاستدامة من أبرز التحديات التي تواجه العالم ، خاصة في مجالات التصميم الداخلي و صناعه الأثاث. يساهم مفهوم التصنيع الرقمي المباشر كأداة فعالة لتعزيز الاستدامة في التصميم الداخلي. يجمع هذا المفهوم بين الابتكار التكنولوجي والالتزام بالبيئة، مما يتيح إنشاء مساحات داخلية تتسم بالكفاءة والجمال. فالتصنيع الرقمي المباشر يشير إلى استخدام تقنيات مثل الطباعة ثلاثية الأبعاد وآلات القطع بالحاسوب (CNC) في إنتاج عناصر التصميم الداخلي. هذه التقنيات تتيح للمصممين إنشاء أشكال معقدة ودقيقة، مما يسهل الابتكار ويعزز من إمكانية تخصيص المنتجات لتلبية احتياجات التصميم .

تتمثل المشكلة البحث في كيفية تحقيق التكامل الفعال بين التصنيع الرقمي المباشر ومبادئ الاستدامة في عناصر التصميم الداخلي. تتضمن هذه المشكلة عدة جوانب كنقص الفهم حول التكامل و التحديات البيئية ويتم إستخدام المنهج الوصفي التحليلي لتحليل دراسات

حالة لتطبيقات ناجحة للتصنيع الرقمي المباشر في التصميم الداخلي المستدام و تكمن أهميه البحث في إبراز التصنيع الرقمي المباشر كأداة تكنولوجية قادرة على تحسين كفاءة التصميم وتقليل الأثر البيئي و يهدف البحث إلى تحليل فعالية التكامل كدراسة كيفية تحقيق التكامل بين التصنيع الرقمي المباشر والاستدامة في عناصر التصميم الداخلي.و تعد من أهم نتائج البحث هي فوائد التكامل مع الاستدامة من خلال استخدام مواد مستدامة فالتصنيع الرقمي يتيح إمكانية استخدام مواد جديدة وصديقة للبيئة، مما يعزز من الاستدامة في التصميم الداخلي و من أهم التوصيات للبحث هي تشجيع الابتكارفينبغي دعم الابتكار في استخدام المواد المستدامة والتقنيات الرقمية لتعزيز الاستدامة في التصميم الداخلي يجب تعزيز الوعي حول فوائد التصنيع الرقمي والاستدامة بين المصممين والمستهلكين

***الكلمات المفتاحية :***
التصنيع الرقمي المباشر ؛ الاستدامة ؛ التصميم الداخلي ؛ الابتكار التكنولوجي.

### ١ .المقدمة

يشهد العالم اليوم تحولات جذرية في مجالات متعددة، ومن بينها التصميم الداخلي، حيث تتزايد أهمية الاستدامة كاستجابة للتحديات البيئية. حيث يلعب التصنيع الرقمي المباشر دورًا محوريًا في تعزيز الاستدامة، مما يسهم في إنشاء بيئات داخلية أكثر كفاءة وابتكارًا. تحظى الاستدامة بأهمية في مجال التصميم الداخلي. يُعتبر التصنيع الرقمي المباشر أحد الابتكارات التكنولوجية التي تُحدث ثورة في طريقة تصميم وإنتاج العناصر الداخلية. من خلال تقنيات مثل الطباعة ثلاثية الأبعاد، يُمكن للمهندسين والمصممين إنشاء تصاميم دقيقة وقابلة للتخصيص، مما يسهم في تقليل الفاقد وتحسين كفاءة استخدام الموارد.

يجمع التكامل بين التصنيع الرقمي المباشر والاستدامة بين الفعالية البيئية والابتكار، مما يتيح إنشاء بيئات داخلية تلبي احتياجات المستخدمين وتقلل من التأثير السلبي على البيئة. من خلال استغلال هذه التكنولوجيات الحديثة، يمكن تحقيق تصاميم أكثر ذكاءً ومرونة، تسهم في إثراء جودة الحياة وتوفير موارد الأرض للأجيال القادمة.
يعد التصنيع الرقمي في العمارة ظاهرة حديثة نسبيا، نشأت على مدى العقود الثلاثه الماضية لتصبح جانبا مهما من الحوار النقدي والممارسةً التعليمية والمهنية،هناك مراحل التي مر بها التصنيع في العمارة الداخليه وصولاً الى ظهور التصنيع الرقمي وتطبيقاته على مستوى العملية التصميمية والنتاج يلعب التصنيع الرقمي دور كحلقة وصل بين العملية التصميمية متمثلة بالنماذج الأوليه، والنتاج المعماري المتمثل في تصنيع اجزاء المبنى و كذلك قطع الأثاث المختلفة.
وقد برزت أهمية التصنيع الرقمي في العمارة كمفهوم معاصر برز خلال العقود السابقة والذي يعمل على التحقيق المادي للأفكار المعمارية المولدة بالحاسوب وخاصة الأشكال المنحنية وذات التعقيد الشكلي والتي اتصفت بصعوبة القدرة على تنفيذها بالطرق التقليدية للبناء حيث ان ظهور برمجيات النمذجة الحاسوبية الجديدة مع تطور العديد من برامج التصميم بمساعدة الحاسوب والتي تسمح بتوليد واستكشاف الأنظمة التصميمة المعقدة والتي دعت الى ظهور طرق واساليب رقمية جديدة تعمل على إنتاجهاً ماديا والتي كان لها الأثر الفعال في الثقافة المادية للعمارة المعاصرة.

### ٢ .مشكلة البحث:

تتمثل المشكلة البحث في كيفية تحقيق التكامل الفعال بين التصنيع الرقمي المباشر ومبادئ الاستدامة في عناصر التصميم الداخلي.و كذلك عدم أستغلال تقنيات التصنيع الرقمي في تخصص العماره الداخلية بشكل واسع على الرغم من ان الطرق التقليديه للتشكيل و التصنيع تحمل مجموعه من القيود التي تحد من حريه المصمم الداخلي و لكن يسهم التقدم العلمي التكنولوجي في مساعده المصمم الداخلي الي التعبير عن الأفكار و الحلول المختلف بشكل أسرع و بتكاليف أقل.

### ٣ .أهمية البحث:

تكمن أهميه البحث في:
١. أهميه التصنيع الرقمي كأحد تطبيقات العلوم الحديثه و كيفيه الإستفاده منها في مجال التصميم الداخلي.
٢. إبراز التصنيع الرقمي المباشر كأداة تكنولوجية قادرة على تحسين كفاءة التصميم وتقليل الأثر البيئي.
٣. الحاجة إلى تغيير أسلوب التصميم التقليدي ومواكبة أساليب التصميم الحديثة و الرقميه مع تحقيق معايير الإستدامه في التصميم.

### ٤ .أهداف البحث:

يهدف هذا البحث إلي:
١. عرض و دراسه تقنيات التصنيع الرقمي و إستخداماته المقترحه في مجال العماره الداخلية.
٢. اقتراح استراتيجيات تصميم جديدة تدمج بين الابتكار التكنولوجي والممارسات المستدامة.
٣. كيفية دمج التصنيع الرقمي المباشر بشكل فعال في عملية تصميم وإنتاج عناصر التصميم الداخلي مع مراعاة الاستدامة.

### ٥ . منهج البحث:

لتحقيق أهداف البحث يستخدم البحث المنهج الوصفى التحليلى للوصول إلى نتائج تزيد من القيمة المعرفية للبحث. حيث يستعرض استخدامات التصنيع الرقمي في التصميم الداخلي ، مع تحقيق معايير الإستدامه في الفراغات الداخليه من خلال الإستخدمات المختلفه للخامات و اعاده توظيفها لإنشاء عناصر مختلفه في الفراغات الداخليه بشكل اسرع و اقل في التكلفه.

### ٦ . التساؤلات :

١- ما هي الفوائد البيئية للتصنيع الرقمي المباشر في التصميم الداخلي؟
٢. كيف يؤثر التصنيع الرقمي على مجال التصميم الداخلي ؟
٣. كيف يمكن استخدام المواد المستدامة في عمليات التصنيع الرقمي لتعزيز الاستدامة؟

### ٧ . نشأت أتجاه التصنيع الرقمي في العمارة الداخلية:

تزايد أهمية التصميم الرقمي في تطور التصميم منذ عقد التسعينيات من القرن العشرين، فهو من أبرز القضايا المؤثرة ضمن الطروحات المعاصرة في التصميم والعمارة إذ تسعى الرقمنة إلى أعادة النظر في أغلب الأنماط وأن النظر الى التصميم بوصفه نتاجا معرفيا ذو مفهوم الفكرية الأساسية للتصميم ، وأن النظر الى التصميم بوصفه نتاجا معرفيا ذو مفهوم متغير يتحدد عبر المصمم لما يمتلكه من افكار جديدة تتلاقى مع ما موجود سابقا، للرجوع الى أشياء موجودة يتم رؤيتها من منظور مختلف، وقد أمكن التمييز دور الحاسوب في الموقف الأكثر شيوعاً على اعتبار الحاسوب أداةً متطورة لتشغيل برامج تجعل بإمكان المصممين إنتاج أشكال متطورة والتحكم جيداً بتصورها، وبرغم ما تحققه هذه الأداه من تحسين على طبيعة التصميم التي تنتجها، فيدفع هذا التوجه نحو ضرورة استكشاف ما يمكن أدخاله من تقنيات البرمجة ضمن التصميم، وبما يؤكد أهمية اعتبار الحاسوب بأنه ليس مجرد امتداد للعقل، بل شريك في عملية التصميم ذي أساليب وقدرات مختلفة للتفكير، فهو بمثابة "أداه مساعده" بالنسبة للعقل البشري وليس مرآة له.

و من هنا يمكن القول بان التصنيع الرقمي" Digital Fabrication" هو تقنية حديثة نسبياً في عمليات التصنيع، تعتمد على استخدام آلات يتم التحكم بها عن طريق الكمبيوتر، بحيث تسمح للمصممين بخلق نماذج أولية يُمكن استخدامها لاختبار وظائف وشكل تصميماتهم قبل تنفيذها بشكل واسع.[1]

### ٨. التصنيع الرقمي في العمارة الداخلية :

تنقسم العماره الداخليه الي مرحلتين أساسيين متمثالن بالتصميم والتنفيذ اللذان يتميزان بكونهما ليسا منفصلين بل غالبا ما يجري خلق حوار مستمر بينها مع تطور المشاريع من مرحلة توليد الفكرة الأولية لدى المصمم المعماري لحين تطور التصميم الى الشكل النهائي الذي يتم بعد تحقيقه ماديا من خلال الأدوات والوسائل التنفيذية المتاحة في كل مرحلة من المراحل الزمنية على مر العصور.

وقد برزت أهمية التصنيع الرقمي في العمارة الداخلية كمفهوم معاصر برز خلال العقود السابقة والذي يعمل على التحقيق المادي للأفكار المعمارية المولدة بالحاسوب وخاصة للأشكال المنحنية وذات التعقيد الشكلي والتي اتصفت بصعوبة القدرة على تنفيذها بالطرق التقليدية للبناء حيث ان ظهور برمجيات النمذجة الحاسوبية الجديدة ، مع تطور العديد من برامج التصميم بمساعدة الحاسوب والتي تسمح بتوليد واستكشاف الأنظمة التصميمة المعقدة والتي دعت الى ظهور طرق واساليب رقمية جديدة تعمل على إنتاجها ماديا والتي كان لها الأثر الفعال في الثقافة المادية للعمارة المعاصرة٢.

يعد التصنيع الرقمي في العمارة الداخليه ظاهرة حديثة نسبيا، نشأت على مدى العقود الثالثة الماضية لتصبح جانبا مهما من الحوار النقدي والممارسة التعليمية والمهنية.

هناك مراحل التي مر بها التصنيع في العمارة وصوال الى ظهور التصنيع الرقمي وتطبيقاته على مستوى العملية التصميمية والنتاج.

يلعب التصنيع الرقمي دور كحلقة وصل بين العملية التصميمية متمثلة بالنماذج الأولية، والنتاج المعماري المتمثل في تصنيع اجزاء المبنى و كذلك داخل الفراغات الداخلية متمثلة في حلول للحوائط و قطع الأثاث المختلفة .

### ٩. التصميم والتصنيع بواسطة الحاسوب CAM/CAD

تنطوي عمليات التصميم والتصنيع بمساعدة الحاسوبCAM /CADعلى استخدام الحاسوب فيها، اذ يستند الـ CAD أساساًعلى رسومات الحاسوب، وهو ما يعني الخلق والتالعب في الصور على جهاز عرض بمساعدة جهاز الحاسوب . اما أهمية التصنيع بواسطة الحاسوب CAM فتقع في نقطتين متميزتين هما؛ أنه يوفر وسيلة لصنع نماذج مادية من نماذج افتراضية بسرعة وفعالية وأنها تساعد على تحقيق التمثليات الشكلية الناتجة من التصاميم والنماذج الإفتراضية المعاصرة المنجزة بالحاسوب وذلك لالمكانيات التصنيعية التي توفرها في الإنتاج.

نستنتج مما سبق انه من الضروري تحقيق التواصلية بين الأجهزة والبرمجيات من البيئة المتصورة الى اللغة الإجرائية للألة من قبل برمجيات تحويل / CAM CADوالتي تتطلب ثالثة أنواع من الإستسمارات الفكرية تتمثل في التعليمات البرمجية التي تؤسس عالم للتصميم واشتقاق نموذج رقمي منها و تحويل النموذج الرقمي إلى سلسلة من التعليمات لجهاز التصنيع.

### ١٠. التصنيع الرقمي على مستوى العملية التصميمية (صنع النماذج ) :[3]

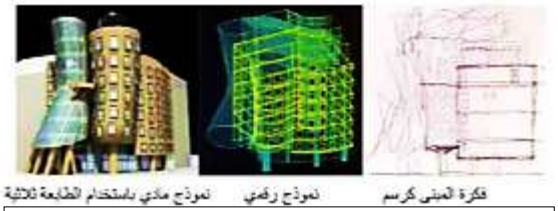
•يبرز التصنيع الرقمي في عملية التصميم المعماري من خلال دوره في تصنيع النماذجModels ، حيث إن هنالك أنواع مختلفة من ألات التصنيع الرقمي تشق طريقها إلى المدارس والمكاتب المعمارية، ويجري ببطء دمجها مع مجموعة من الأدوات التي يستخدمها

[1] https://www.yomken.com/ar/challenge/131-%D8%A3%D8%AB%D8%A7%D8%AB_%D8%B1%D9%82%D9%85%D9%8A

[2] https://www.iasj.net/iasj/download/f170bcad59cefae8

[3] https://uomustansiriyah.edu.iq/media/lectures/5/5_2021_05_26!12_31_59_PM.pdf

المعماريون لخلق تمثيل مادي لتصاميمهم. وان هنالك أنواعا مختلفة من التمثيلات في عملية التصميم المعماري تتسلسل من الرقمية الى المادية ومن الثنائية الى ثلاثية الابعاد فالمخططات والرسومات والمعالجة الحاسوبية و الأفلام الحركية واخيرا النماذج المادية كلها تسهم في عكس فكرة المصمم نحو المتلقي، ولكن تكمن أهمية (النماذج المادية) للتصاميم المعمارية في كونها تخدم العديد من الاغراض في عملية التصميم فهي تساعد المصمم على توليد أفكار جديدة وتمثيل أفكارهم للآخرين بالإضافة الى اختبار سلوك عناصر البناء بالحجم الكامل ،شكل (١) .




شكل(١) يوضح المراحل المختلفه للتصنيع الرقمي لاحدي الفراغات المعمارية

**١.١٠. وصف Ryder واخرون خمسة مستويات من النمذجة المعمارية الموجودة في مجال العمارة والتي يجري إستخدامها في الوقت الحالي اعتمادا على أدوات التصميم والتصنيع المعاصرة والتي تم تصنيفها الى:**

**١.١.١٠ . النموذج المجرد Abstract model :**

يستخدم عادة في دراسات الشكل أو المساحات المجردة ويصنع هذا النوع من النماذج عادة لتقديم حساسية التصميم في المراحل االولى من عملية التصميم.

**٢.١.١٠. نموذج الإمكانية the feasibility model :**

يستخدم عادة للتعبير عن مفهوم تصميم البناء حيث ال يتم فيه إضافة الكثير من التفاصيل وحجمه عادة ما يكون صغير إلا أنه يأخذ الشكل العام للشكل المعماري.

**٣.١.١٠. انموذج التخطيط Planning Model The :**

يستخدم عندما يحتاج المصمم الى صنع تفاصيل بجودةً اعلى قليلا من نموذج الإمكانية ليمكن لمصمم من خلاله خلق تصور أكثر وضوحا لتصميم المبنى علاقته بسياقه.

**٤.١.١٠. نموذج المشروع النهائي The Final Project Model :**

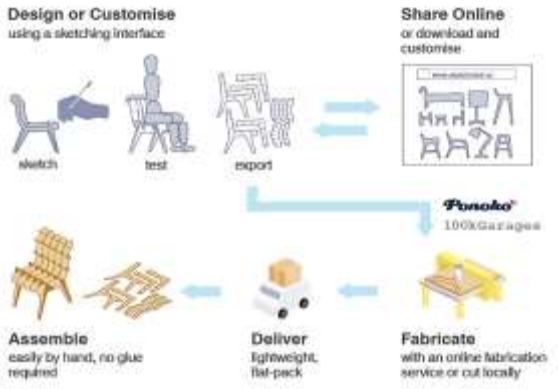
يظهر فيه ما سيبدو عليه التصميم عند الإنتهاء منه، وهذا هو نوع النموذج الذي يقدم للعملاء والمتلقين، حيث يقدم في مراجعة التصميم النهائي لإظهار القصد النهائي للتصميم.

**٥.١.١٠. نموذج الحجم الكامل The Full Scale Mockup :**

يستخدم لإختبار السلوك النهائي لمجموعة معينة من مكونات البناء التي تم تجميعها، حيث يصنع بالحجم الكامل، وهذه النماذج تسمح للمصمم التحقق من الشكل والوظائف النهائية للتصميم.

***١١. مراحل تنفيذ التصنيع الرقمي:*[4]**

تتضمن تقنية التصنيع الرقمي سلسلة من الخطوات التي تسمح بإنشاء أشياء مادية من التصاميم الرقمية. فيما يلي نظرة عامة مراحل عملية التصنيع الرقمي النموذجية:شكل (٢)




شكل( ٢) يوضح المراخل المختلفه للتصميم احدي قطع الأثاث أثناء مرحلة التصنيع الرقمي
المصدر:
https://www.archdaily.com/177752/digital-fabrication-sketchchair

**١.١١. مرحلة التصميم Design :**

الخطوة الأولى في التصنيع الرقمي هي إنشاء تصميم رقمي للكائن المراد تصنيعه. هذا هو ويتم ذلك عادةً باستخدام برنامج التصميم بمساعدة الكمبيوتر(CAD) ، والذي يسمح بالدقة والتفصيل للتصاميم التي سيتم إنشاؤها.

في هذه المرحله علي المصمم الداخلي ان يراعي أساسيات التصميم ومن بينها:

- الوحدة بين أجزاء العمل الفني تحقيقا لمبدأ الانسجام.
- التناسب، أي العلاقة الرياضية بين الأشكال كمراعاة الأحجام و التناسق بينها.
- الاتزان، وهو الإحساس بالاستقرار اثناء تنفيذ العمل كي لا يطغى جزء على آخر.
- الحركة في التصميم، والتوزيع و الانعكاس بين العناصر.
- تحقيق التوازن بين الكتلة والفراغ.
- تنظيم الفواصل بين وحدات العمل الفني، وترتيب العلاقات بين الشكل والفراغ.

**٢.١١. مرحلة التحضير Preparation :**

بمجرد اكتمال التصميم، يجب أن يكون جاهزًا للتصنيع. قد يتضمن هذا تحويل التصميم إلى تنسيق متوافق مع معدات التصنيع الرقمية المحددة المستخدمة.

**٣.١١. مرحلة اختيار المواد Material selection :**

يتم اختيار المواد المستخدمة في التصنيع بناءً على متطلبات التصميم. مواد تشمل الاستخدامات الشائعة في التصنيع الرقمي البلاستيك والمعادن والسيراميك والمواد المركبة.

[4] https://www.ijfmr.com/papers/2023/4/3922.pdf

**٤.١١. مرحلة التصنيع Fabrication :**

ثم يتم استخدام التصميم الرقمي لتوجيه عملية التصنيع. وقد يشمل ذلك استخدام الكمبيوتر آلات التحكم العددي (CNC)، أو الطابعات ثلاثية الأبعاد، أو قواطع الليزر، أو غيرها من معدات التصنيع الرقمية. تعتمد العملية المحددة المستخدمة على المواد المستخدمة ومدى تعقيد التصميم.

**٥.١١. مرحلة التشطيب Finishing :**

قد يتطلب الانتهاء أو المعالجة اللاحقة بمجرد تصنيع قطع الأثاث المختلفه المراد تنفيذها ، قد يشمل هذاإزالة المواد الزائدة، أو تنعيم الحواف الخشنة، أو وضع طلاء لتحسين مظهر الجسم المظهر أو الوظيفة.

**٦.١١. ضبط الجودة Quality control:**

وأخيراً، يتم فحص القطعة المصنعة للتأكد من مطابقتها للمواصفات المطلوبة. هذا قد تتضمن استخدام الأدوات الرقمية مثل الماسحات الضوئية ثلاثية الأبعاد للتحقق من أبعاد الكائن.

***١٢. التقنيات الرقمية في تحفيز تصميم و تصنيع الأثاث:***

**١.١٢. الطباعة ثلاثية الأبعاد ٣D printing:**

والتي تمكن من إنشاء هياكل هندسية معقدة وخفيفة الوزن، مما يسمح للمصممين بالتجربة باستخدام مواد مختلفة لإنشاء قطع مبتكرة ومستدامة.شكل(٣ ) .

و هي عملية إنشاء عناصر مادية من النماذج الرقمية عن طريق وضع المواد فوقها بعضها البعض. في الهندسة المعمارية، يمكن استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد لإنشاء نماذج ونماذج أولية للمباني أيضًا كمكونات البناء مثل ألواح الواجهة والعناصر الهيكلية.

شكل (٣) يوضح تصميم قطع أثاث مختلفه بواسطة الطباعة ثلاثية الأبعاد و أستخدام زوايا التجميع الخاصه بهذه التقنية.
المصدر :
https://www.myminifactory.com/object/3d-print-parametric-furniture-joints-with-grasshopper-download-free-parameter-

**١.١٢. آلة التقطيع باستخدام الحاسوب CNC Routing:**

ثورة في صناعة الأثاث بفضل آلات التقطيع ذات التحكم العددي بالكمبيوتر (CNC)، والتي تتيح القدرة على إجراء قطع ونقوش دقيقة بشكل لم يسبق له مثيل.شكل(٤).

شكل( ٤ ) يوضح التصميم المختلف لقطع الأثاثا بواسطه أله التقطيع باستخدام الحاسوب
المصدر : https://www.cnccookbook.com/cnc-chair-plans-paw-chair/

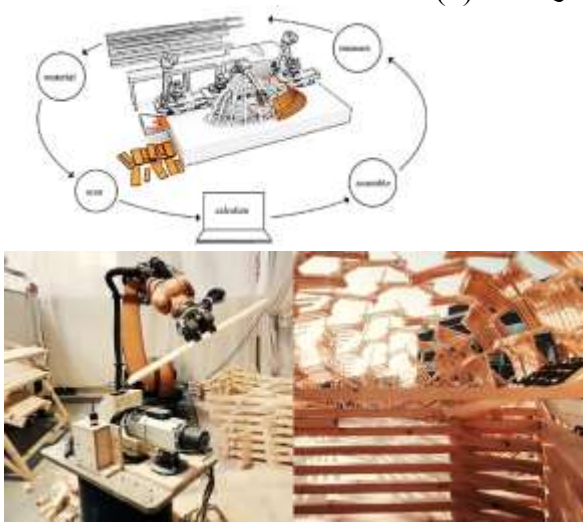
**. القطع بالليزر Laser cutting:**

والتي توفر دقة عالية في قطع ونقش مجموعة متنوعة من المواد، وتعتبر حلاً مثاليا للتصاميم المعقدة والأنماط المبتكرة. عن طريق استخدام شعاع الليزر لقطع وتشكيل مكونات البناء من مجموعة متنوعة من العناصر المواد، بما في ذلك الخشب والمعادن والبلاستيك. يتم توجيه الليزر بواسطة آلة يتم التحكم فيها بواسطة الكمبيوتر، مما يسمح بإجراء تصميمات دقيقة ومعقدة. شكل ( ٥) .

شكل (٥) يوضح استخدام ماكينات القطع بالليزر في تصميم هياكل معدنيه لقطع الأثاث المختلفه و كذلك في تنفيذ القواطيع بتصميمات دقيقه
المصدر:https://lasercutscreens.co.uk/

**٤.١٢. تصنيع الروبوتات Robotic fabrication :**

يتضمن التصنيع الآلي استخدام الروبوتات لإنشاء مكونات وهياكل التصميم. يمكن برمجة الروبوتات لأداء مجموعة متنوعة من المهام، بما في ذلك القطع والتشكيل واللحام يمكن للربوتات أن تعمل مع مجموعة واسعة من المواد. شكل(٦) .



شكل (٦) يوضح المراحل المختلفه لإستخدام الربوتات في عمليه التصنيع الرقمي
المصدر :
https://cargocollective.com/andreaquartara/Fusta-Robotica-Pavilion

### ١٣ . *استراتيجيات التصنيع الرقمي:*[٥]

**يحتوي التصنيع الرقمي على اربع استراتيجيات أساسيه هي:**

**١.١٣. الإجتزاء : وفيه يتم ترتيب المكونات حسب الشكل الهندسي للسطح أو تقسيم الشكل الهندسي للسطح الى مقاطع يتم تزويدها بالمادة أو القشره.**

**٢.١٣. التلييث :** وفيه يتم وضع العناصر معا لتشكيل قشره سطحيه ، أو نظام هيكلي مرتب.

**٣.١٣. الطي :** وفيه يتم تطوير السطوح ثنائيه الأبعاد الى أشكال ثلاثية الأبعاد ، أو تكوينات شكليه ذات خصائص هيكليه.

**٤.١٣. التشكيل :** وفيه يتم تشكيل المكونات البنائيه رقميا.

### ١٤ . *تطبيقات التصنيع الرقمي في العمارة بشكل عام:*

يتم استخدام التصنيع الرقمي في الهندسة المعمارية بعدة طرق ، من تصنيع المباني مكونات لإنشاء تصميمات واجهات معقدة ، واستخدام الأدوات الرقمية لتحليل المباني والمحاكاة. فيما يلي بعض الأمثلة:

**١.١٤. تصنيع مكونات المبنى Fabrication of building components :**

يتم استخدام تقنيات التصنيع الرقمي ، مثل التوجيه باستخدام الحاسب الآلي والطباعة ثلاثية الأبعاد ، لتصنيع المباني المكونات ، مثل الجدران والأرضيات وألواح السقف. باستخدام النماذج الرقمية والتحكم فيها بواسطة الكمبيوتر يمكن للآلات والمهندسين المعماريين إنشاء مكونات دقيقة ومعقدة يصعب تحقيقها تقنيات البناء التقليدية.

**٢.١٤. تصميم الواجهة Façade design :**

يتم استخدام التصنيع الرقمي لإنشاء تصميمات واجهات معقدة تتضمن أشكالا معقدة و انماط. باستخدام الأدوات والتقنيات الرقمية ، يمكن للمصممين إنشاء نماذج رقمية مفصلة للواجهة التصاميم التي يمكن ترجمتها بسهولة إلى مكونات مادية باستخدام آلات يتم التحكم فيها بواسطة الكمبيوتر وادواته.

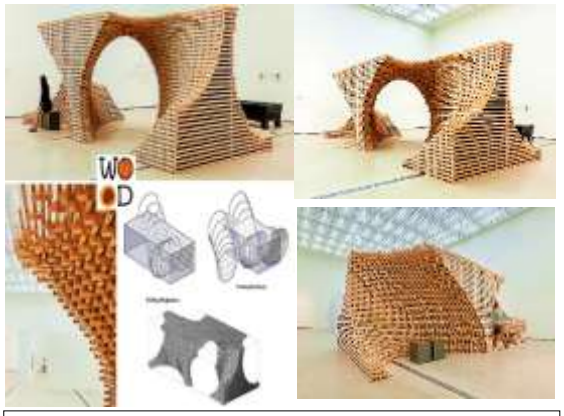
و مثال علي ذلك تصميم الوجهات الخارجيه لمبنى المركز العالمي للابتكار الصحي حيث تم استخدام التصميم والتصنيع الرقمي من خلال استخدام الخرسانة مسبقة الصب. يعد نظام الجدران الخرسانية مسبقة الصب المكسوة بألواح طريقة فعالة من حيث التكلفة لإحاطة المبنى . توفر القدرة على تشكيل الخرسانة باستخدام أدوات القوالب التي يتم التحكم فيها عدديا بواسطة الكمبيوتر (CNC) فرصا فريدة للنمذجة الرقمية للتحكم المباشر في إنتاج مكونات المبنى.[٦]

شكل (٧) يوضح تصميم الوجهات الخارجيه باستخدام برامج الحاسب الألي و اختبار جودتها قبل التنفيذ الفعلي لها
المصدر : https://lmnarchitects.com/lmn-research/facade-design-digital-fabrication#gallery-grid-8

**٣.١٤. التصميم البارامتري Parametric design :**

التصميم البارامتري هو طريقة تصميم تستخدم الخوارزميات والأدوات الرقمية لإنشاء الأشكال والتصاميم. يستخدم التصنيع الرقمي لتصنيع مكونات مصممة بشكل بارامتري ، مما يسمح للمهندسين المعماريين بالإبداع الهياكل التي يصعب أو يستحيل تحقيقها باستخدام تقنيات البناء التقليدية.

و مثال علي ذلك تصميم جناح في مدينه سيول بكوريا الجنوبيه في عام ٢٠١٤ و كان الفكر التصميمي له هو كما ورد من وصف المهندسين المعماريين. "كل شيء في الطبيعة يتكون من مكونات. يبدأ من المكونات الأساسية مثل الذرات والجزيئات ، وينمو إلى مكونات أكبر مثل الأنسجة والأعضاء من أجل بناء جسم "حي". البيئة الاصطناعية هي نفسها تماما. يبدأ كل شيء بالمكونات الأساسية مثل النقاط والخطوط ، وينمو إلى السطح وأخيرا يبني مساحة."[٧]
شكل ( ٨) .



شكل(٨) يوضح التصميم البارمتري لجناح بمدينه سيو بكوريا الجنوبيه تم تصميمه بواسطه التصنيع الرقمي
المصدر:
https://www.archdaily.com/544023/part-to-whole-hg-a-live-components

5 https://fapa.bu.edu.eg/images/subject_2020/dr.amina4.2.pdf

6 https://lmnarchitects.com/lmn-research/facade-design-digital-fabrication

7 https://www.archdaily.com/544023/part-to-whole-hg-a-live-components

### ٤.١٤. تحليل المباني والمحاكاة Building analysis and simulation:

يتم استخدام الأدوات والتقنيات الرقمية لتحليل ومحاكاة تصميمات المباني ، مما يتيح المصممين لتحسين أداء المبنى لعوامل مثل الأداء الحراري وضوء النهار. باستخدام الأدوات الرقمية ، يمكن للمهندسين المعماريين إنشاء نماذج مفصلة لتصميمات المباني ومحاكاة كيفية القيام بذلك الأداء في ظروف العالم الحقيقي ، مما يمكنهم من اتخاذ قرارات مستنيرة بشأن التصميم و بناء.

### ٥.١٤. البناء المستدام Sustainable construction :

يستخدم التصنيع الرقمي لتعزيز البناء المستدام ، مثل استخدام المواد المعاد تدويرها و استخدام أفضل للمواد. باستخدام الأدوات الرقمية ، يمكن للمهندسين المعماريين تحليل وتحسين تصميم المبنى للعامل مثل كفاءة الطاقة والسلامة ، مما يؤدي إلى بناء مستدام.

تعد فوائد تحليل طاقة المباني انها من خلال الزيادة في عدد أدوات التحليل في السنوات القليلة الماضية ، أثبت زيادة الوعي بالحاجة إلى التصميم المستدام في البيئة المبنية فإجراء تحليل طاقة المبنى له فوائد إضافية للتصميم لانه يغطي هذه المجالات[8]:

- التحكم في عوامل التدفئة والتبريد.
- تقليل الاعتماد على الإضاءة الاصطناعية.
- الاحتياجات التشغيلية في المبنى.
- تجنب الإفراط في التصميم.
- تقليل هدر الطاقة والموارد.
- انخفاض تكاليف التشغيل.

***شكل (٩) .***

شكل(٩) يوضح أهداف التنميه المستدامه التي تساعد التصنيع الرقمي علي تحقيقها
المصدر: https://uni.oslomet.no/oslomet-disco/

[8] https://uni.oslomet.no/oslomet-disco/

### ١٥. *المواد المستخدمة في التصنيع الرقمي:*

يتضمن التصنيع الرقمي مجموعة واسعة من المواد والعمليات ، اعتمادا على النوع المحدد يتم استخدام تكنولوجيا التصنيع. بعض المواد والعمليات الشائعة المستخدمة في التصنيع الرقمي تشمل:

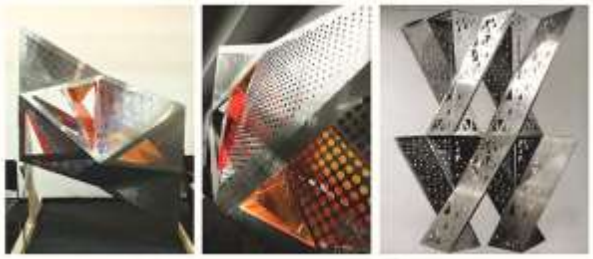
### ١.١٥. بلاستيك Plastics :

يشيع استخدام البلاستيك في التصنيع الرقمي نظرا لتعدد استخداماته وقدرته على تحمل التكاليف. يمكن أن يكونوا تستخدم في مجموعة متنوعة من العمليات مثل القولبة بالحقن والطباعة ثلاثية الأبعاد والتصنيع باستخدام الحاسب الآلي والليزر قطع. تشمل المواد البلاستيكية الشائعة المستخدمة في التصنيع الرقمي ABS والبولي كربونات والنايلون . شكل (١٠) .

شكل (١٠) يوضح إعاده أستخدام أكياس البلاستيك لتصميم وحدات جلوس وذلك لتحقيق معايير الإستدامه من خلال التصنيع الرقمي
المصدر: https://designwanted.com/the-new-raw-plastic-waste-furniture-3d-printing/

### ٢.١٥. المعادن Metals :

تستخدم المعادن بشكل شائع في التصنيع الرقمي لقوتها ومتانتها. يمكن استخدامها في عمليات مثل التصنيع باستخدام الحاسب الآلي والطباعة ثلاثية الأبعاد والقطع بالليزر. المعادن الشائعة المستخدمة في الرقمية يشمل التصنيع الألومنيوم والصلب والتيتانيوم والنحاس.شكل(١١).



شكل(١١) يوضح أستخدام خامه المعدن في تصميم واجهات مصممه من خلال تقنيه التصنيع الرقمي بواسطه ماكينات قطع الليزر
المصدر:
https://digitalfabrication.wordpress.com/2010/08/31/parametric-design-and-digital-fabrication-of-panelized-metal-screening-systems/

### ٣.١٥. السيراميك Ceramics :

يستخدم السيراميك في التصنيع الرقمي بسبب مقاومته للحرارة وصلابته ومتانته. هم تستخدم في عمليات مثل الطباعة ثلاثية الأبعاد والتصنيع باستخدام الحاسب الآلي والقطع بالليزر. شكل(١٢) ، السيراميك الشائع المستخدم في يشمل التصنيع الرقمي الخزف والطين والألومينا.شكل (١٣).

شكل(١٢) يوضح استخدام خامه الخزف و السيراميك في تصميم قواطيع و حلول للحوائط في الفراغات الداخليه بواسطه الطباعه ثلاثية الأبعاد
المصدر:
https://www.instagram.com/ochceramics/p/Ce4BuOQFTK1/?img_index=1

شكل(١٣) يوضح استخدام خامه الطين في تصنيع وحدات جماليه للتصميم الداخلي من خلال عمليه التصنيع الرقمي
المصدر: https://www.researchgate.net/figure/Three-vases-the-digitally-restored-vases-left-and-middle-and-a-complete-one-right_fig5_2601619211

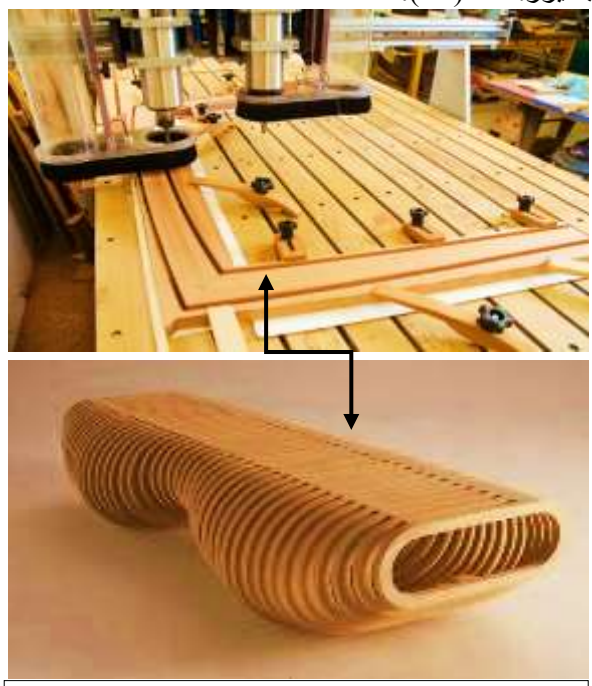
### ٤.١٥. المواد المركبه Composites :

المواد المركبة هي مواد تتكون من مادتين مختلفتين أو أكثر. يتم استخدامها في عمليات التصنيع الرقمية بسبب قوتها ومتانتها. يمكن استخدام المركبات في عمليات مثل CNC بالقطع والطباعة ثلاثية الأبعاد. تشمل المركبات الشائعة المستخدمة في التصنيع الرقمي ألياف الكربون ،الألياف الزجاجية ، وكيفلر.شكل(١٤).

شكل(١٤) يوضح استخدام الخامات المركبه و هي مصممه من ألياف PET. فهو يجمع بين نعومة اللباد ومتانة مادة الألواح ، حيث يمكن طيها وثنيها مثل الورق ، لكنها تظل صلبة.
المصدر: http://www.3mb.asia/composite-materials-in-the-production-of-furniture/

### ٥.١٥. الخشب Wood :

الخشب مادة شائعة الاستخدام في التصنيع الرقمي نظرا لجماله الطبيعي وتعدد استخداماته. يمكن تستخدم في عمليات مثل التصنيع باستخدام الحاسب الآلي والقطع بالليزر. شكل(١٥).



شكل(١٥) يوضح مراحل تصنيع احدي وحات الأثاث بواسطه استخدام الحاسب الألي.
المصدر:
https://www.andrehabermacher.ch/portfolio-/category/skull

### ٦.١٥. الرغوة Foam :

تستخدم الرغوة في التصنيع الرقمي نظرا لوزنها الخفيف وقدرتها على تشكيلها بسهولة. يمكن استخدامه في عمليات مثل التصنيع باستخدام الحاسب الآلي والقطع بالليزر والطباعة ثلاثية الأبعاد.

### ٧.١٥. المنسوجات Textiles :

يمكن استخدام المنسوجات في التصنيع الرقمي لإنشاء تصميمات معقدة ومعقدة. يمكن استخدامها في عمليات مثل الطباعة ثلاثية الأبعاد والقطع بالليزر.شكل (١٦).

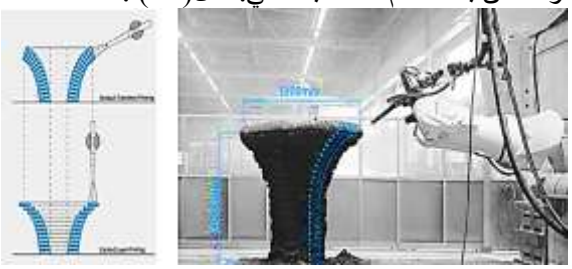
شكل(١٦) يوضح استخدام المنسوجات لكسوه احدي وحدات الأثاث معقده التصميم المنفذه باستخدام التصنيع الرقمي.
المصدر:
https://www.fastcompany.com/3017465/digital-fabrication-gone-wild-out-of-hand-makers-use-brain-waves-to-design-furniture

**٨.١٥. زجاج Glass :**

يستخدم الزجاج في التصنيع الرقمي لشفافيته وجاذبيته الجمالية. يمكن استخدامه في العمليات مثل القطع والنقش بالليزر ، والطباعة ثلاثية الأبعاد باستخدام مسحوق الزجاج أو الفتيل.

**٩.١٥. الخرسانة Concrete :**

تستخدم الخرسانة في التصنيع الرقمي لقوتها ومتانتها. يمكن استخدامه في عمليات مثل الطباعة ثلاثية الأبعاد والطحن باستخدام الحاسب الآلي.شكل(١٧) .



شكل(١٧) يوضح استخدام الخرسانه في التصنيع الرقمي بالفراغات الدخليه مثل تصميم الأعمده معقده الشكل بواسطه الطباعه ثلاثية الأبعاد.
المصدر:
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884624002448

***١٦. الاتجاهات المتبعة في عمليه تصنيع و تصميم الأثاث المتطور:[9]***

**١.١٦. الاستدامة والتصميم الصديق للبيئة:**

مع تزايد الوعي بالقضايا البيئية، يتبنى المصممون ممارسات مستدامة تشمل استخدام المواد المعاد تدويرها في التصميم وتبني عمليات التصنيع الصديقة للبيئة. يشكل هذا الاتجاه تعريفًا جديدًا للرقي تسير فيه الفخامة والاستدامة جنبًا إلى جنب، يمكننا الآن عيش حياة الرفاهية التي نرغب بها مع الأخذ بعين الاعتبار القضايا المهمة التي قد تضر بالبيئة التي نعيش بها.

**٢.١٦. الأثاث الذكي:**

انعكست الثورة المتمثلة في ظهور المنازل الذكية على صناعة الأثاث حول العالم، وحفزت مصممي الأثاث على ابتكار وترقية الأثاث للأثاث الذكي الذي يوازي المنازل الحديثة، فظهرت تصاميم الأثاث التي تحتوي أجهزة الشحن المدمجة وصولاً إلى القطع التي يتم التحكم بوظائفها عن طريق تطبيق الهاتف. يوفر الأثاث الذكي مزيجًا من الأناقة والراحة والبراعة التكنولوجيا التي تلبي متطلبات المستهلك الحديث.

**٣.١٦. أثاث متعدد الوظائف:**

ساعد التطور الشامل الذي شهده القرن الماضي على ظهور منازل بأشكال ومساحات مختلفة خاصة في المدن المكتظة بالسكان، ولأن كل مساحة سكنية تحتاج إلى أثاث يلبي احتياجات المستخدم المتعددة، كانت الحاجة لابتكار أثاث يناسب المساحات الصغيرة ويؤدي نفي وظيفة الأثاث في المساحات الواسعة. وهنا كان ظهور الأثاث متعدد الوظائف الذي يتصف بقدرته على التحول والتكيف مع الاحتياجات والمساحات المختلفة للمستخدمين خاصة في أماكن النوم بظهور الأسرة التي يمكنك فتحها واستخدامها ليلاً وطيها وإخفائها صباحاً.

**في النهاية، يظهر التصنيع الرقمي أنه ليس مجرد صيحة مؤقتة، بل هو تحول جذري في عالم تصميم الأثاث وصناعته. يفتح هذا التحول أبواباً واسعة للإبداع والابتكار، حيث يصبح الخيال هو الحد الوحيد للتصميم.**

***١٧. النتائج :***

- أظهرت النتائج أن استخدام التصنيع الرقمي المباشر يسهم في تحسين كفاءة الإنتاج، مما يقلل من الفاقد ويزيد من دقة التصنيع.
- أسفرت الدراسات عن انخفاض كبير في الآثار البيئية من خلال استخدام مواد مستدامة وتقنيات تصنيع أقل استهلاكًا للطاقة.
- ساعدت أدوات التصنيع الرقمي في تقديم تصميمات مخصصة تلبي احتياجات المستهلكين بشكل أفضل، مما يعزز من رضا العملاء.
- تم تسليط الضوء على أهمية تقنيات مثل الطباعة ثلاثية الأبعاد في تطوير التصميمات الداخلية المبتكرة والصديقة للبيئة.
- أظهرت النتائج أن التعاون بين المهندسين والمصممين والمصنعين يُعزز من تطوير حلول مستدامة.

***١٨. توصيات :***

- دعم الابتكار في مجالات التصنيع الرقمي والاستدامة من خلال استثمارات في البحث والتطوير.
- توفير برامج تدريبية للمصممين والمهندسين لتطوير مهاراتهم في استخدام تقنيات التصنيع الرقمي.
- تعزيز الوعي بأهمية الاستدامة في التصميم الداخلي .
- وضع معايير قياسية لتقييم تأثير تقنيات التصنيع الرقمي على الاستدامة لضمان الجودة.
- استكشاف مجالات جديدة لتطبيق التصنيع الرقمي في التصميم الداخلي.

***١٩. المراجع:***


1. https://algedra.ae/ar/blog/beyond-the-basics-sophisticated-furniture-design
2. https://fapa.bu.edu.eg/images/subject_2020/dr.amina4.2.pdf
3. https://istakteb.com/%D9%85%D8%A7-%D9%87%D9%88-%D8%A7%D9%84%D8%AA%D8%B5%D9%85%D9%8A%D9%85-%D8%A7%D9%84%D8%B1%D9%82%D9%85%D9%8Adigital-design%D9%88-


[9] https://algedra.ae/ar/blog/beyond-the-basics-sophisticated-furniture-design

%D8%A3%D9%87%D9%85-%D8%AE%D8%B7%D9%88%D8%A7%D8%AA%D9%87%D8%9F/
4. https://www.ijfmr.com/papers/2023/4/3922.pdf
5. https://www.archdaily.com/544023/part-to-whole-hg-a-live-components
6. https://uni.oslomet.no/oslomet-disco/
7. https://www.novatr.com/blog/building-energy-analysis-guide
8. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17452007.2023.2269559
9. https://www.cadcrowd.com/blog/how-do-interior-design-companies-use-3d-printed-solutions-inside-architectural-space/
10. https://digitalfabrication.wordpress.com/2010/08/31/parametric-design-and-digital-fabrication-of-panelized-metal-screening-systems/
11. http://www.3mb.asia/composite-materials-in-the-production-of-furniture/
12. https://www.andrehabermacher.ch/portfolio-category/skull/
13. https://www.fastcompany.com/3017465/digital-fabrication-gone-wild-out-of-hand-makers-use-brain-waves-to-design-furniture
14. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884624002448