تطبيقات الطباعة ثلاثية الأبعاد في مجال التصميم الداخلي والأثاث

Application of 3D Printing in Interior Design and Furniture

م.د/ شيماء عبد الستار شحاتة مهران
مدرس - كلية التربية – جامعة حلوان – مصر
تخصص تصميم داخلي وأثاث - كلية فنون تطبيقية

Dr. Shimaa Abd El Sataar Shehata
Lecturer - Faculty of Education – Helwan University - Egypt
shimaashehata@hotmail.com

ملخص البحث Abstract:

تعد الطابعات ثلاثية الأبعاد ثورة علمية وتكنولوجية، ليس في مجال التكنولوجيا والتقنيات الحديثة فحسب، بل في شتى مجالات الحياة أيضاً. فلا تجد مجال إلا وكان للطابعة أثر فيه، فمن التكنولوجيا إلى الطب، والهندسة، والتعليم، والعلوم، وطب الأسنان، وصولاً إلي التصميم الداخلي والأثاث.

هذه الورقة البحثية تستعرض مفهوم الطباعة ثلاثية الأبعاد ، وتطبيقاتها المتعددة في مجال التصميم الداخلي والأثاث ، ودورها في خدمة الاتجاهات التصميمية الحديثة ، وتفنيد أوجه الاختلاف والتشابه بينها وبين تقنيات تصنيع الأشكال ثلاثية الأبعاد باستخدام الحاسب .

كلمات مفتاحيه:

الطباعة ثلاثية الأبعاد ، النمذجه السريعة ، التصنيع بالإضافة ، الإنتاج الجمعي الطبقي.

Abstract

3D printers are a scientific and technological revolution , not only in modern technology field, but also in various areas of life. There is no field that the printer had not an effect there. It is technology to medicine, engineering, education, science, dentistry, down to interior design and furniture.

This research explains concept of 3D printing, and its application in interior design and furniture, and its role in modern design trends, and explain the differences and similarities between them and the techniques of manufacturing three-dimensional forms using the computer.

Key words: 3D Printing, Rapid prototype, Additive manufacturing.

مقدمة Introduction:

الطباعة ثلاثية الأبعاد 3D Printing هي تقنية مبتكرة تمكن الإنسان من إنشاء المجسمات من خلال نموذج رقمي . حيث تعرف الطباعة ثلاثية الأبعاد باسم التصنيع بالإضافة Additive manufacturing . وهي عملية تنطوي علي أخذ النموذج الرقمي للتصميم المجسم ، وترجمته إلى سلسلة من شرائح أفقية في لغة الآلة، ثم طباعته عن طريق إضافة طبقات متعاقبة ودقيقة جداً (لا يتجاوز سمكها أجزاء من الميليمتر) من المواد حتى يتم إنشاء المجسم ثلاثي الأبعاد باستخدام عدد من التقنيات المختلفة.

عندما نتحدث عن الطابعات ثلاثية الأبعاد فإننا لا نتحدث عن مستقبل بعيد، بل نتحدث عن ماضٍ قريب. فقد ظهرت فكرة الطباعة الثلاثية الأبعاد لأول مرة عام 1980، في حين تم ابتكار أول طابعة ثلاثية الأبعاد عام 1984، من قبل الأمريكي

تشاك هال Chuck Hull الذي يُنسب إليه الفضل في ابتكار هذه التقنية الثورية، ولكن لم تتوافر الطابعات الثلاثية الأبعاد للاستهلاك التجاري حتى مطلع عام 2010.

إن التنفيذ بواسطة تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد يلعب دوراً أساسياً في تحويل الأشكال الخيالية والمبتكرة إلي أعمال ومنتجات علي أرض الواقع، بدقة متناهية وتوقيتات قياسية.

لكون مجال التصميم الداخلي والأثاث أحد أهم مجالات تطبيق الأفكار الابتكارية وتطويعها لخدمة الإنسان ، فإن هذا الأمر يتيح فرصاً أوسع لاستغلال تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد .

مشكلة البحث Statement of the problem :

إن تقنيات التشكيل والتصنيع التقليدية ، تحمل معها مجموعة من القيود التي تحد من حرية المصمم ، فلا يمكن من خلالها إنتاج كل ما يصمم أو يرسم . لكن أيضاً غالباً ما يجد المصمم نفسه قادراً على تحقيق إبداعاته أو أفكاره التصميمية من خلال التقدم العلمي التكنولوجي ، حيث ظهور التقنيات الحديثة كالطباعة ثلاثية الأبعاد ، لذا يحاول البحث الرد علي التساؤلات التالية :

- ما هي تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد ؟
- كيف يمكن للمصمم استغلال إمكانات الطباعة ثلاثية الأبعاد في مجال التصميم الداخلي والأثاث؟

أهمية البحث Importance :

تفنيد وإبراز أهمية الطباعة ثلاثية الأبعاد كأحد تطبيقات العلوم الحديثة وكيفية الاستفادة منها في مجال التصميم الداخلي والأثاث. حيث يتناول البحث دراسة في كيفية إضافة واقع تقني حديث إلي أدوات وأساليب المصمم التقليدية ، مبنياً علي ضرورة المعرفة والتطبيق .

هدف البحث Objectives :

يهدف البحث إلي :

1- عرض ودراسة تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد ، واستخداماتها المقترحة في مجال التصميم الداخلي والأثاث.

2- تفنيد أوجه الاختلاف والتشابه بين تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد والتقنيات التقليدية التي تعتمد علي الحاسب الآلي مثل آلات التحكم الرقمي(CNC) في إنتاج أشكال مجسمة ثلاثية الأبعاد في مجال التخصص .

3- تسليط الضوء على أهمية الطباعة ثلاثية الأبعاد بالنسبة لتطبيقات اتجاهات التصميم الحديثة كالبيوممكري والبارامتري.

فروض البحث Hypothesis :

- إن تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد لو تم توظيفها ؛ سوف تسهم في حل مشكلات تنفيذيه لأفكار المصمم الابتكارية - حيث يمكن تنفيذ التصميمات غير التقليدية والمعقدة والتي لا يمكن تنفيذها بالتقنيات التقليدية - في مجال التصميم الداخلي والأثاث.

منهجية البحث Methodology :

- يتبع البحث المنهج الوصفي التحليلي .

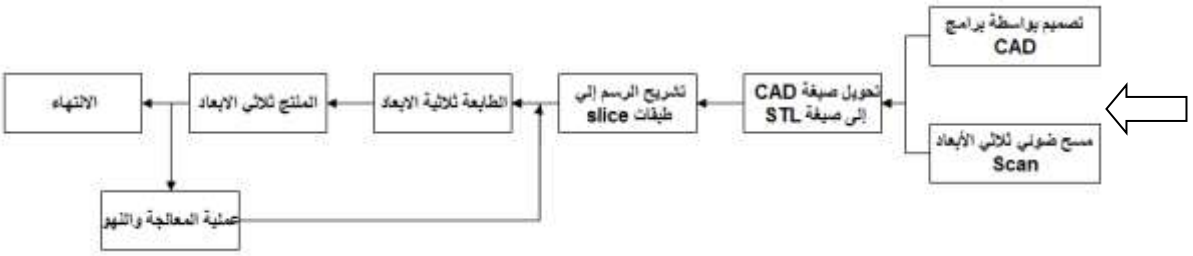
مفاهيم ومصطلحات :

- **الطباعة ثلاثية الأبعاد 3D Printing :**

هي إحدى طرق التصنيع الحديثة (التصنيع بالإضافة Additive manufacturing) حيث يمكن تصنيع منتج ثلاثي الأبعاد مجسم وملموس من خلال تصميمه على الحاسوب ومن ثم طباعته (تصنيعه) بالطابعة ثلاثية الأبعاد . تتم عملية الطباعة عن طريق رص طبقات الخامة فوق بعضها البعض حتى يكتمل شكل الجسم المطلوب (8، ص1) .

الطباعة ثلاثية الأبعاد هي عملية إنتاج مجسمات صلبة حقيقية ثلاثية الأبعاد باستخدام تصاميم رقمية وطابعة ثلاثية الأبعاد وتُعرف هذه العملية أيضاً باسم additive manufacturing أو الإنتاج الجمعي الطبقي ؛حيث يتم الحصول على المنتج عبر إضافة عدة طبقات من الخامات إلى بعضها البعض.

يمكن وصف الطباعة ثلاثية الأبعاد بأنها وسيلة لإنشاء نماذج مجسمة عن طريق إضافة طبقة تلو الاخري ، وذلك بالاعتماد علي نموذج (منتج) مصمم باستخدام برامج التصميم بالحاسب (CAD) ، أو عن طريق استخدام ماسح ضوئي ثلاثي الأبعاد (5، ص 82). وفي كلتا الحالتين، تقوم الطابعة ثلاثية الأبعاد بتلقي الأوامر التي تسمح لها بتحويل الملف الرقمي ببياناته ثلاثية الأبعاد إلى طبقات ، والتي سوف يتم طباعتها (أو على الأصح تشكيلها) باستخدام الخامات المختلفة.



شكل (1) خطوات عملية الطباعة ثلاثية الأبعاد

محاور البحث:

(1) تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد .

(2) استخدامات الطباعة ثلاثية الأبعاد في مجال التصميم الداخلي والأثاث.

(3) أشهر الاتجاهات التصميمية التي تتطلب تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد .

(4) أوجه الاختلاف والتشابه بين تقنيات الحصول علي أشكال ثلاثية الأبعاد، والتي تعتمد علي الحاسب الآلي: الطابعات ثلاثية الأبعاد 3D printers وآلات التحكم الرقمي CNC Machining .

(5) ايجابيات وسلبيات استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد .

(1) تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد :

(1-1) نبذة تاريخية :

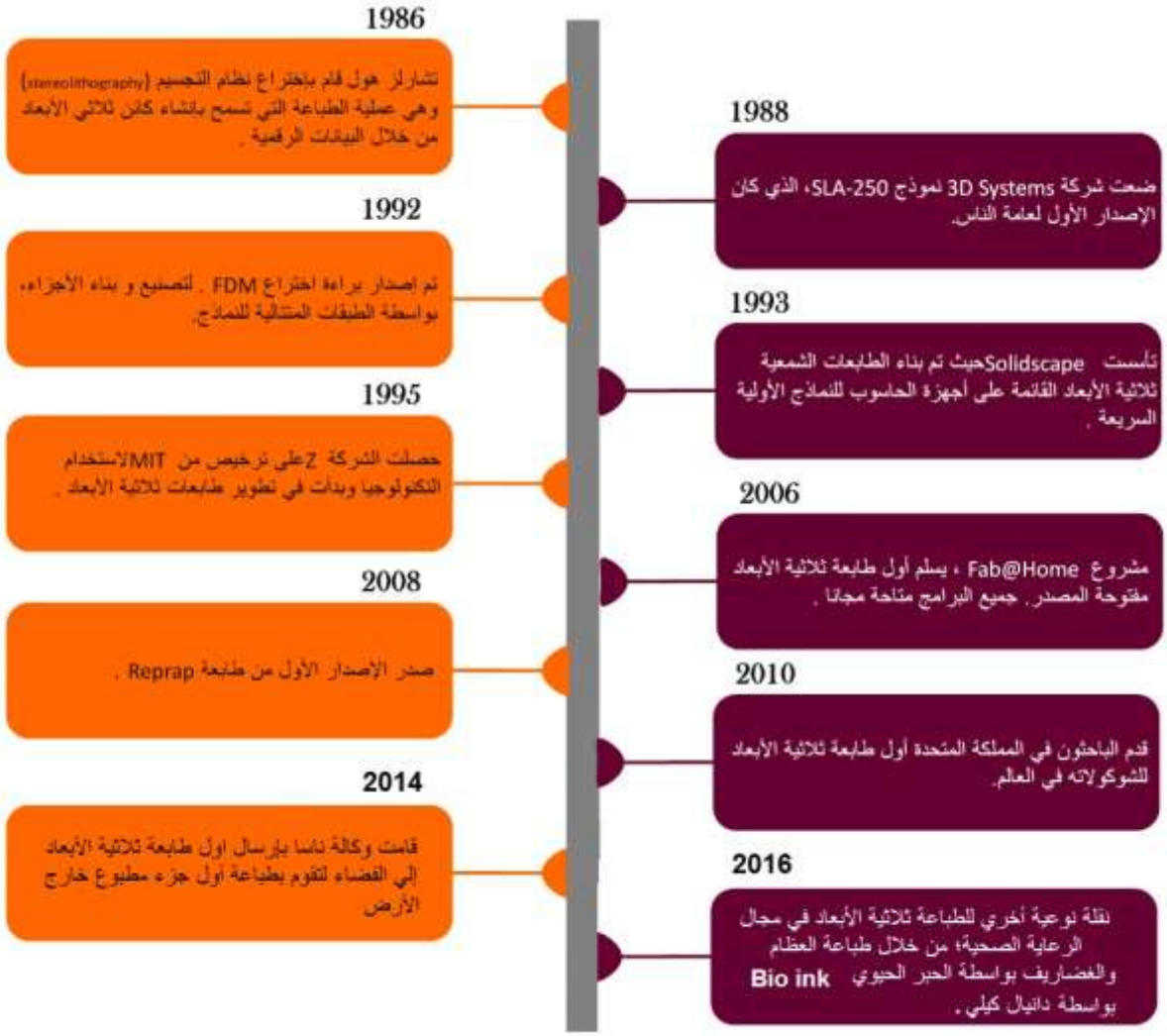
ترجع بداية الطباعة ثلاثية الأبعاد إلى عام 1976، عندما تم اختراع الطابعة النافثة للحبر. وفي عام 1984، ومع مزيد من التعديلات والتطور والتقدم لمفهوم الطابعة النافثة للحبر تحولت التكنولوجيا من الطباعة مع الحبر إلى الطباعة مع المواد. وفي عام 1986 تم إصدار أول براءة لجهاز المجسمات Stereo lithograph Apparatus (SLA) ، وهذه البراءة تنتمي إلى تشاك هال Chuck Hull (12، ص4) .

في ذلك الحين كانت تسمى بتقنية النماذج الأولية السريعة Rapid prototype. ويرجع ذلك إلى أن العملية كانت في الأصل تستخدم كوسيلة سريعة وأكثر فعالية من حيث التكلفة لإنشاء نماذج من المنتجات بغرض اختبارها وتطويرها[9، ص1].

ظلت تلك النماذج تستخدم لسنوات عديدة، وكانت تعتمد علي ملف CAD الذي يتم تصميمه بواسطة مهندس تصميم متخصص يقوم بدوره بإرسالها إلي الآلات المسئولة عن إنتاج الأشكال ثلاثية الأبعاد.

المشكلة الأساسية في النماذج الأولية كانت قلة جودة البلاستيك والمعادن؛ مما يجعل المنتج النهائي مجرد نموذج أولي غير صالح؛ ليكون منتجاً نهائياً عالي الجودة.

ومنذ ذلك الحين، تم تطوير مجموعة متنوعة من تطبيقات تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد عبر العديد من الصناعات، وتم الاستغناء عن المواد القديمة ذات الجودة المنخفضة ؛ والاعتماد علي مواد جديدة للطباعة مما ساهم في تطور طباعة الأجزاء بالاعتماد علي مواد قوية جداً يمكن استخدامها فعلياً كجزء من المنتج النهائي ، بدلاً من مجرد نماذج أولية . وفيما يلي لمحة موجزة عن تاريخ تطور الطباعة ثلاثية الأبعاد (شكل رقم 2) .



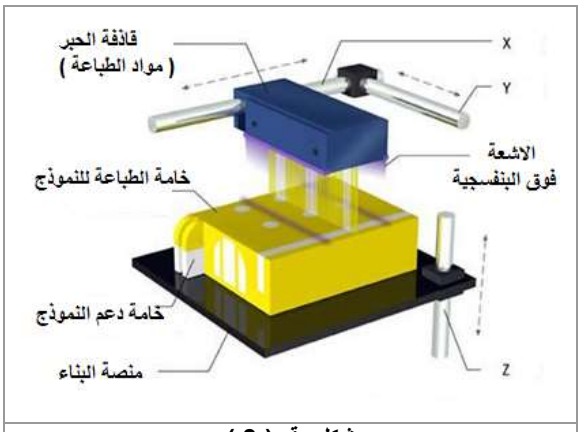
شكل (2) لمحة موجزة عن تاريخ تطور الطباعة ثلاثية الأبعاد

(2-1) تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد :

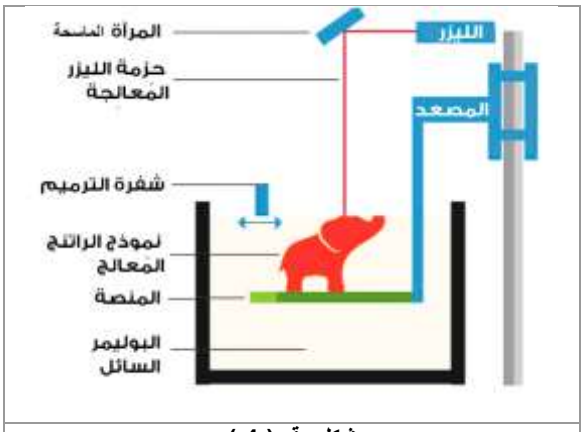
هناك العديد من التقنيات المستخدمة في الطباعة ثلاثية الأبعاد والفرق بينها يكمن في طريقة بناء الطبقات لتشكيل المجسم المرغوب في طباعته، ومن أشهر هذه التقنيات:-

- طريقة طابعة قاذفات الحبر inkjet (Material jetting) .
- طريقة ستيريوليثغرافي SLA" Stereolithography" .
- طريقة التلبيد الانتقائي بالليزر SLS" Selective Laser Sintering" .
- طريقة البناء بالترسيب المنصهر FDM" fused deposition modeling"،.

(1-2-1) **طريقة طابعة قاذفات الحبر** : فهي تعتمد على تقنية قاذفة الحبر التي تستخدم في الطباعة الورقية منذ الستينات من القرن العشرين، حيث أن فوهات دقيقة في الطابعة ثلاثية الأبعاد تتحرك للأمام وإلى الخلف وتقذف مادة سائلة. على خلاف الطباعة الورقية فإن سطح الطباعة يتحرك للأعلى والأسفل أيضاً حتى يتم ترسيب طبقات متعددة من المادة على نفس السطح ويتم تسليط أشعة فوق بنفسجية لتساعد علي تصليد الطبقة - وتماسكها مع الطبقات التي تسبقها - قبل إضافة الطبقة التي تليها [12، ص6] . ويستخدم هذا النوع من الطابعات المواد البلاستيكية علي سبيل المثال كبديل عن الحبر في الطابعة التقليدية (شكل رقم3).



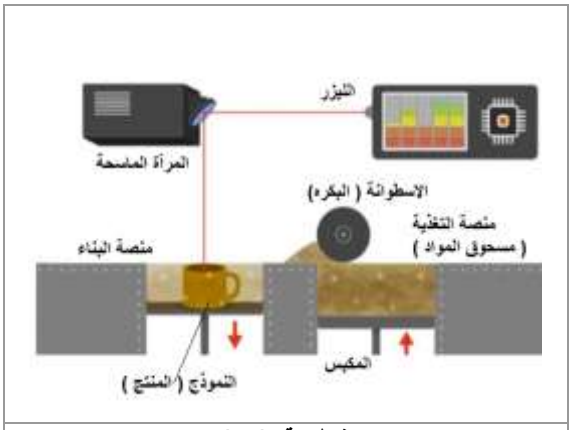
شكل رقم (3)
رسم توضيحي لآلية عمل طابعة قاذفات الحبر



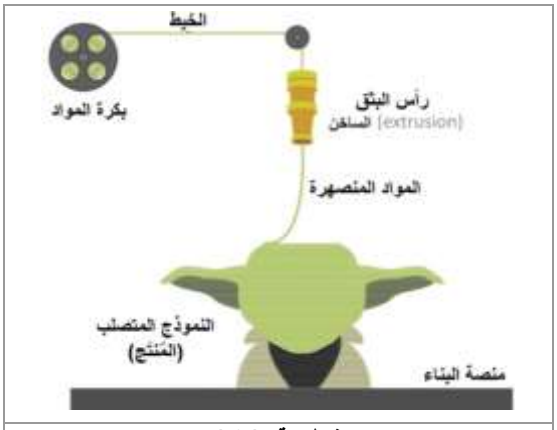
شكل رقم (4)
رسم توضيحي لآلية عمل طابعة الستيريوليثغرافي SLA

(2-2-1) طريقة ستيريوليثغرافي SLA[7، ص4]: تعمل عبر تركيز الأشعة فوق البنفسجية على سطح حوض مملوء بسائل قابل للتبلور عند تعرضه لأشعة الليزر، يقوم شعاع الليزر برسم المجسم ثلاثي الأبعاد طبقة تلو الطبقة. فبعد تركيزه على أول طبقه تتبلور لتصنع أول شريحة أو طبقة من المجسم (لا يتجاوز سمكها أجزاء من الميليمتر) ، ثم يهبط المقطع المتبلور إلى الأسفل لتغطية طبقة سائل أخرى، وتعاد العملية مرة أخرى مؤدية إلى تبلور الطبقة. هكذا إلى أن يتم تشكيل كامل الجسم (كما هو موضح بالشكل رقم 4) .

(3-2-1) طريقة التلبيد الانتقائي بالليزر أو طريقة التصليد الحراري الاختياري بالليزر SLS : فتعمل بأسلوب مماثل لتقنية الستيريوليثغرافي SLA، لكن يُستبدل السائل القابل للتبلور في الحوض بمواد في صورة مساحيق مثل البوليستر، أو السيراميك، أو الزجاج، أو النايلون، وبعض المعادن مثل الفولاذ، والتيتانيوم، والألمنيوم، والفضة. تنصهر المادة عندما يتم توجيه الليزر على المسحوق في هذه النقطة، أما المواد التي لا يطالها الليزر تبقى كمسحوق يساعد بدعم المجسم. بحيث يتم في نهاية الطباعة جمع بقايا المسحوق غير المستعمل ليتم استخدامه في الطباعة التالية [12، ص9]. ومن أهم مميزات هذه الطريقة عن طريقة الستيريوليثغرافي SLA هو عدم حاجتها لأي مواد داعمة(كما هو موضح بالشكل رقم 5).



شكل رقم (5)
رسم توضيحي لآلية عمل التلبيد الانتقائي بالليزرSLS



شكل رقم (6)
رسم توضيحي لآلية عمل البناء بالترسيب المنصهر FDM

(4-2-1) طريقة البناء بالترسيب المنصهر FDM [10، ص9 و10]**:** تعمل باستخدام خيط من البلاستيك أو سلك معدني، يتم سحبه من بكرة ليغذي فوهة البثق التي تستطيع التحكم في السريان بوقفه وتشغيله. يتم تسخين الفوهة حتى تصهر الخامة، ثم يمكن لها أن تتحرك في الاتجاهين الأفقي والرأسي بواسطة آلية ميكانيكية تعمل بالتحكم الرقمي. يتم صنع المجسم النهائي باستخدام الخامة المنصهرة لتشكيل طبقات، حيث تتحول الخامة إلى الحالة الصلبة فور خروجها من الفوهة. (كما هو موضح بالشكل رقم 6) .

(3-1) خطوات ومراحل عملية الطباعة ثلاثية الأبعاد :

مهما كانت الطريقة المستخدمة للطباعة الثلاثية الأبعاد، فإن خطوات ومراحل الطباعة نفسها في كل الطرق المستخدمة، وهي على النحو التالي [9، ص4 :6] .(كما يوضحها شكل رقم 7 وشكل رقم1) :

شكل (7) يوضح خطوات أو مراحل عملية الطباعة ثلاثية الأبعاد

1- التصميم بواسطة برامج الحاسب CAD : للحصول علي تصميم مجسم ثلاثي الأبعاد (ويمكن أيضاً عمل مسح ضوئي أو بالليزر لمجسم ثلاثي الأبعاد حقيقي) .

2- تحويل صيغة CAD إلى صيغة STL : وهي نوع من الملفات اختصار لـ standard tessellation language - تعني لغة معيار التغطية الفسيفسائية- حيث أن معظم الطابعات ثلاثية الأبعاد تتعامل مع ملفات STL بالإضافة إلى بعض أنواع الملفات الأخرى .

3- الانتقال إلى آلة الطباعة والتعامل مع ملف STL : يقوم المستخدم بنسخ ملف STL إلى جهاز الكمبيوتر الذي يتحكم في الطابعة ثلاثية الأبعاد. يقوم المستخدم بتحديد الحجم واتجاه الطباعة .

4- إعداد وتجهيز الآلة : كل آلة تمتلك متطلباتها الخاصة لكيفية تحضيرها وتجهيزها لبدأ طباعة جديدة. هذا يشتمل على إعادة تعبئة المواد البوليمرية والمواد المستخدمة كلاصق والمواد المستهلكة الأخرى التي تستخدمها الطابعة ، وتحديد سمك طبقة الطباعة، الوقت .....

5- البناء / الطباعة : وهي عملية أوتوماتيكية بالكامل. سمك كل طبقة يصل إلى 0.1 mm وقد تكون أقل أو أكثر بقليل. ووفقاً لحجم المجسم والآلة والمواد المستخدمة فإن هذه العملية قد تستغرق ساعات أو حتى أيام لتكتمل. وهذا يتطلب فحص الآلة وهي تقوم بعملها بين الحين والآخر للتأكد من عدم وجود أي أخطاء (كانتهاء خامة الطباعة، مشاكل في البرنامج ..)

6- الإزالة أو تحريك الجسم المطبوع من الآلة: يجب أخذ كامل الحيطة أثناء إبعاد المجسم المطبوع في بعض الحالات (كالتأكد من انخفاض درجة الحرارة، وعدم حركة الأجزاء...).

7- المعالجة بعد الطباعة : الكثير من الطابعات ثلاثية الأبعاد تتطلب أجراء معالجة بعد عملية الطباعة للأجسام المطبوعة. هذا يشمل إزالة المسحوق المتبقي أو غسل الجسم المطبوع للتخلص من مواد تثبيت المجسم على المنصة.

8- استخدام المنتج المطبوع: وهي الاستفادة من الجسم أو الأجسام المطبوعة الجديدة.

(2) استخدامات الطباعة ثلاثية الأبعاد في مجال التصميم الداخلي والأثاث:

(2-1) بناء نموذج مصغر (ماكيت) :

تعريف	يتم طباعة نماذج مصغرة (ماكيت) .
مميزات	- سهولة ودقة التنفيذ . - إمكانية الطباعة بنفس خامات المنتج الحقيقي ولكن بمقياس أصغر . (صورة 4). - إمكانية طباعة النموذج بخامات أخري بديلة . (صورة 1و2) .
عيوب	- حاجة المنتج إلي عمليات معالجة بعد طباعته وذلك وفقاً لتقنية الطباعة المستخدمة (كالتخلص من الزوائد)
مقترحـــات الاستخدام	- طباعة نماذج مصغرة من منتجات عالمية أو تاريخية أو منتجات تقليدية بغرض التعلم والدراسة. - طباعة نماذج مصغرة (ماكيتات) لأعمال الأثاث والتصميم الداخلي والعمارة للطلاب والمصممين بغرض عرض وتسويق الأفكار والمنتجات ، أو بغرض اختبارها .

صورة (1)

صورة (2)

- **صورة (1)، توضح مجموعة من النماذج المصغرة لمقاعد عالمية شهيرة - تم تنفيذها بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد من خامة البلاستيك الأبيض ثم دهانها.**
- **صورة (2) ، توضح قطاع رأسي مصغر تم تنفيذه بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد من خامة البلاستيك .**
- **صورة (3)، توضح نموذج مصغر جداً من الشنيور تم تنفيذه بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد (علي الرغم من صغره فهو يقوم بالدوران).**
- **صورة (4) توضح نموذج مصغر لمقعد (2×4× 1,8 سم) تم تنفيذه بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد من خامة النحاس النقي مع نهوها لإعطائها مظهر النحاس المؤكسد القديم .**

صورة (3)

صورة (4)

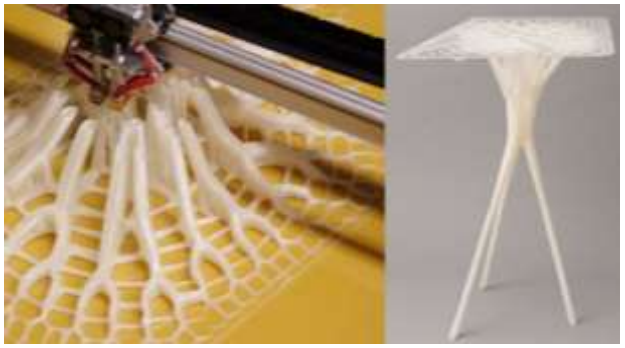
(2-2) بناء منتج كامل :

تعريف	يتم طباعة منتج كامل بالحجم الطبيعي وبالخامات الحقيقية (بمقياس رسم 1:1 حجم حقيقي).
مميزات	- تنفيذ أشكال معقدة ومركبة لا يمكن إنتاجها بالطرق التقليدية. (كما بالصور من 5 :10). - يمكن تصنيع المنتج بضغطة زر فقط بدلاً من الصناعة بواسطة القوالب والآلات والأيدي العاملة ذات الخبرة (دورة إنتاج قصيرة جداً) . -يمكن للطابعة ثلاثية الأبعاد طباعة (تصنيع) منتج معقد جداً وبخامات مختلفة. - سهولة إجراء تعديلات علي التصميم ، وتنفيذ عدة تصميمات تختلف جزئياً في بناءها . (صورة 9). - إمكانية الحصول علي احتمالات لا نهاية لها في الوزن والملمس، والتصميم . - إمكانية إعادة استخدام الخامات في الطباعة مره أخري . (صورة 11 ،12).
عيوب	- حاجة المنتج إلي عمليات معالجة بعد طباعته وذلك وفقاً لتقنية الطباعة المستخدمة (كالتخلص من الزوائد – إزالة المسحوق المتبقي – غسيل المنتج- .....). - الافتقار إلي اللمسة اليدوية والحرفية في المنتج المنفذ. - الوقت المستهلك أكبر في عمليات الإنتاج الكمي ، وكلما زادت دقة الطباعة المطلوبة للمنتج الواحد تطلب ذلك زيادة في الوقت .
مقترحات الاستخدام	- تنفيذ منتجات فريدة : كمنتجات الأثاث وعناصر التصميم الداخلي لمكان خاص يتطلب إنتاجه وتجهيزه تكلفة مادية باهظة إلي جانب جهد ووقت كبير في التنفيذ التقليدي إلي جانب احتياجه لأشكال وتصميمات فريدة (كمعرض – استوديوهات تصوير البرامج – ديكورات تصوير سينمائي – ديكور مسرحي..) . مع إمكانية إعادة استخدام الخامات في الطباعة مره أخري لتنفيذ تصميم جديد للمكان أو المنتج .

صورة (5)

صورة (6)

صورة (8)



صورة (7)

■ صورة رقم (5) ، مقعد منفذ بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد.

■ صورة (6)، مقعد علي غرار مقعد لويس 15. يمتاز بتصميمه الشبكي المفرغ المعقد بدرجة كبيرة من الداخل ، والذي يمتاز بخفة وزنة ودقة طباعته .

■ صورة رقم (7) ، منضدة منفذة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد ،ذات تصميم يحاكي أشكال وتكوين الأشجار في الطبيعة .

■ صورة (8) ، عمود تم تنفيذه بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد ، الجزء السفلي من الرمال والجزء العلوي من البلاستيك .

صورة (9)

صورة (10)

■ صورة (9) ، مقاعد منفذة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد ، تختلف جزئياً في تصميمها وبناءها.

■ صورة (10) ، أريكة مصنوعة من النحاس والكروم بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد ، تمتاز بتصميمها الشبكي الذي حقق المتانة وخفة الوزن حيث أن وزنها 2,5 كيلو جرام فقط.

صورة (11)

صورة (12)

صورة (13)

- صورة (11) ، روبوت صناعي أُعيد تصميمه عام 2010 لجعله طابعة ثلاثية الأبعاد قادرة على طباعة الأثاث باستخدام مواد تم تدويرها من مخلفات الثلاجات وأجهزة منزلية أخرى ، الروبوت يطبع الأثاث على شكل طبقات من خطوط البلاستك العريضة .
- صورة (12) ، أريكة خارجية مصنوعة من البلاستيك المعاد تدويره ، بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد .
- صورة (13) ، فاصل تم تنفيذ أجزاؤه بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد .

صورة (14) ، مجموعة من مقاعد منشأ إداري ، تم طباعة الجزء العلوي (الجلسة والظهر) بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد .

صورة (15) ، معرض " تصميم من الطبيعة " ، وقد استخدمت طابعتين في بناء أجزاء المعرض ، واستغرق الأمر شهرين لضبط واختبار وطباعة كامل قطع المعرض .

(3-2) بناء أجزاء من منتج :

تعريف	يتم طباعة أجزاء من منتج حقيقي ، وبالحجم والخامات الحقيقة .
مميزات	- إمكانية الحصول على أجزاء كبيرة الحجم، الأجزاء البارزة، الأجزاء المتداخلة، والأجزاء المعشقة بزاوية أقل من 90 درجة والتي من الصعب أو المستحيل الحصول عليها بطرق التشكيل التقليدية.
عيوب	- حاجة المنتج إلي عمليات معالجة بعد طباعته وذلك وفقاً لتقنية الطباعة المستخدمة.
مقترحات الاستخدام	- طباعة أجزاء من منتجات حديثة (كالوصلات التجميعية والدعامات لمنتجات الأثاث ، الإكسسوارات ، وحدات الإضاءة ، مكملات للمنتج .....). (كما بالصور من 14 : 20) . - طباعة أجزاء من منتجات تاريخية أو تقليدية تعرضت للكسر أو التلف بغرض ترميمها وإصلاحها . - تنفيذ منتج من خامات مختلفة فيزيائياً وميكانيكياً مع تجميعها بواسطة أجزاء تم طباعتها خصيصاً. - طباعة أجزاء من منتجات ذات أشكال معقدة ودقيقة ، كثيرة التفاصيل وربطها بالهيكل الرئيسي (كتيجان الأعمدة ، المقرنصات الدقيقة ، الكرانيش ، أجزاء من منتج الأثاث.....) . (صورة 21و22) .

صورة (16)

صورة (17)

صورة (18)

▪ مجموعة الصور من 16 : 18 توضح مجموعة من الوصلات التجميعية الظاهرة المعقدة التي تم تنفيذها بالطباعة ثلاثية الأبعاد من خامة البلاستيك.

صورة (19)

▪ صورة رقم (19) ، توضح منضدة تم تنفيذ الأجزاء الخشبية بالطريقة التقليدية ثم تم عمل مسح ضوئي لها لإدخالها علي الحاسب وتحويلها إلي بيانات رقمية ، ثم تم طباعة أجزاء معدن التيتانيوم بطريقة التلبيد الانتقائي بالليزر، ثم جمعها بالأجزاء الخشبية للحصول علي المنضدة النهائية .

صورة (20)

▪ صورة (20) توضح أحد الوصلات التجميعية ذات الشكل الغير تقليدي والمطبوعة من خامة البلاستيك .

صورة (21) ، منضدة تم طباعة قاعدتها ذات الشكل المميز بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد ، ثم جمعها بالقرصة الخشبية .

صورة (22) ، منضدة ، تم طباعة الجزء العلوي المعقد بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد ليجمع بين القرصة والأرجل السفلية .

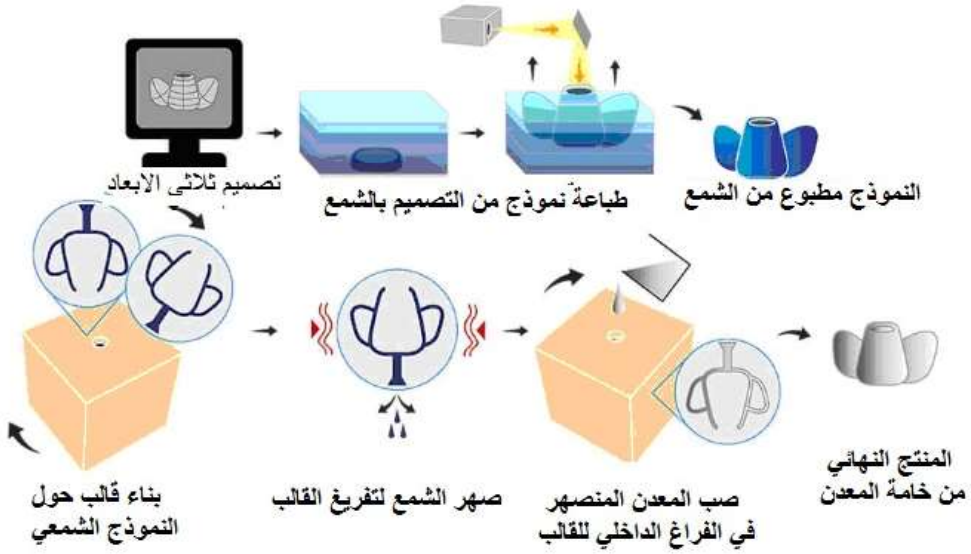
(4-2) تجهيز قوالب المنتجات :

تتعدّد أنواع القوالب التي يتمّ استخدامها للحصول علي المنتجات في مجال التصميم الداخلي إلى نوعين هما:

- القالب الهالك: ويُسمّى بالقالب المعدوم، يُستَخدم لإنشاء نسخة واحدة من النّموذج فقط.
- القالب الدائم: ويُسمّى بالقالب الإنتاجيّ، يُستخدم لإنشاء مئات النّسخ من النموذج، ويتميّز بتعدّد القطع الموجودة فيه.

وتسهم تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في الحصول علي كلا النوعيين من القوالب .

تعريف	يتم طباعة قالب يستخدم في الحصول علي منتج حقيقي سواء بتقنيات الحقن أو البثق أو الصب . حيث يمكن علي سبيل المثال : أ - طباعة نموذج للمنتج من الشمع ، ثم يتم بناء قالب (كتلة) من خامة مقاومة للحرارة حول النموذج الشمعي المطبوع ، ثم يتم إذابة الشمع من داخل القالب ، ليصبح القالب فارغاً وجاهزاً لاستقبال الخامة الحقيقة للمنتج (المعدن الذائب مثلاً) والتي تصب داخل القالب ، وبعد جفافها يتم إخراجها من القالب لنحصل علي المنتج النهائي . (كما هو موضح بشكل رقم 8). ب - يمكن طباعة القالب مباشرة .
مميزات	- إمكانية الحصول على أجزاء معقدة والتي من الصعب أو المستحيل الحصول عليها بطرق تشكيل القوالب التقليدية. - توفير الوقت والجهد المبذول في عمليات الإنتاج التقليدية للقوالب. - إمكانية استخدام الشمع المذاب (في الحالة أ) مرة أخري في طباعة نماذج أخري ، لبناء قوالب مختلفة . - إمكانية إعادة استخدام خامات القالب (في الحالة ب) بعد الانتهاء من استخدامه في طباعة قالب آخر لمنتج جديد مختلف .
عيوب	حاجة القوالب في الحالة ب إلي عمليات معالجة بعد طباعتها وقبل استخدامها .
مقترحات الاستخدام	- تنفيذ قوالب لمنتجات معقدة وفريدة (منتجات أثاث ، وحدات إضاءة ، إكسسوارات ومكملات ، ديكورات حوائط وفواصل داخلية ، كرانيش وديكور أسقف.....).



شكل (8) يوضح خطوات أو مراحل تنفيذ منتج عن طريق قالب بمساعدة الطباعة ثلاثية الأبعاد

(5-2) بناء نسخة من منتج موجود بالفعل بعد مسحه بواسطة الحاسب:

تعريف	يتم طباعة نموذج طبق الأصل في الشكل واللون من منتج فعلي موجود (بالحجم الطبيعي) ، وذلك بعد نقل صورة المنتج الفعلي ثلاثي الأبعاد إلي الحاسب عن طريق التصوير المقطعي المحوسب"CT" ، أو المسح الضوئي بالليزر، أو التصوير بالرنين...الخ (5، ص82) (6، ص18و19) .
مميزات	- سهولة التنفيذ ودقة التقليد للنسخة الأصلية . (صورة 24). - توفير الوقت والجهد المبذول في عمليات الإنتاج التقليدية . - يمكن في تلك الصناعة أيضاً تصغير النموذج الناتج. (صورة 28).
عيوب	- حاجة المنتج إلي عمليات معالجة بعد طباعته . - عدم وجود قيود لحماية حقوق الملكية الفكرية .
مقترحات الاستخدام	- يمكن صناعة نماذج طبق الأصل للتحف الأثرية بغرض الحفاظ عليها في حالة تآكل الأصل أو ضياعه . (كما هو موضح بالصور من 23 :27). - طباعة أجزاء من منتجات أو تحف تاريخية تعرضت أجزاء منها للكسر أو التلف بغرض ترميمها وإصلاحها* . - طباعة نماذج من منتجات الأثاث بالمتاحف العالمية ، ووضعها في متاحف للطلاب أو المتخصصين في مجال الأثاث والتصميم الداخلي والصناعي ..... وغيرها من التخصصات بغرض التعلم والدراسة. - طباعة نماذج من أعمال أثرية (ذات الطابع المصري القديم ، الإسلامي ، ...) سواء من الأثاث أو التصميم الداخلي أو العمارة بغرض استخدامها في مواقع التصوير السينمائي أو الديكور المسرحي .

صورة (23 أ)

صورة (23ب)

صورة (24)

■ **صورة (23) عمل مسح ضوئي لتمثال من أعمال مايكل أنجلو – عصر النهضة ، بغرض إعادة بناء نسخة طبق الأصل وبالحجم الطبيعي بتقنية الطباعة ثلاثي الأبعاد كما هو موضح بالصورة رقم (24) .**

*تمكّن فريق جرّاحين بريطاني من الاعتماد على الطباعة الثلاثية الأبعاد، لترميم عظام الوجه لرجل تحطّم وجهه بشكل كبير إثر اصطدام دراجته النارية. بالاعتماد على أبعاد الجهة غير المتضررة من وجه الرجل، أخذ الجراحون صورة عكسية لها لتصميم الجهة المتضررة من وجهه لترميمها.واعتمد الأطباء على طباعة عظام بديلة من مادة التيتانيوم الطبية (3، ص 342) .

صورة (25) الترابليون الأصلي (مبني اثري بتدمر- سوريا- عبارة عن منصة حجرية مرتفعة تضم أربعة هياكل متطابقة كل هيكل مؤلف من أربعة أعمدة مرتكزة في كل ركن من أركان الهيكل – وقد تم تدمير اغلب المبني في الصراعات الحالية ولم يبقي إلا 4 أعمدة من أصل 16 عمود).

صورة (26)
تاج العمود – من أصعب الأجزاء التي تم طباعتها هي الجزء العلوي من العمود نظراً لتفاصيله الدقيقة

صورة (27)
نموذج من الهياكل الأربعة بارتفاع 2 متر.

■ صورة (26و27) توضح استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في تنفيذ نموذج بارتفاع 2 متر من أحد الهياكل الأربعة المتطابقة المكونة للترابليون (في صورة25).

صورة (28) - نموذج مصغر من كنيسة ساغرادا فاميليا (بالإسبانية La sagrada Família) للمصمم جاودي . تم تنفيذه بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد .

صورة (29)، نموذج لسقف ذو طابع إسلامي تم طباعة أجزاؤه (حشواته الداخلية) بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد باستخدام خيوط بلاستيك (ABS) سمكها 5 مم ، تم تقسيمه لأجزاء صغيرة حتى يمكن طباعته ثم تم تجميعه وتلوينه وتذهيبه ، استغرقت عملية الطباعة 3 أسابيع وعملية التركيب في السقف يومان – عام 2014

(3) أشهر الاتجاهات التي تتطلب تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد :

إن مجالات عمل المصمم واسعة ومتعددة ، وعلم واحد فقط لا يعطي المصمم القدرة علي تنفيذ كل ما يقدم من ابتكارات ، لكن علي سبيل المثال إذا اتحدت علوم تطبيقة كالنانو وعلوم الحاسب الآلي مع تقنيات حديثة كالطباعة ثلاثية الأبعاد يستطيع المصمم إخراج كم هائل من المنتجات المركبة أو شديدة التعقيد والتي تنتمي لأي اتجاه تصميمي .

(1-3)اتجاه البيوممكري* Biomimicry:

إن عملية تقليد الطبيعة أو محاكاتها التي تعرف أيضاً باسم Biomimetic أو تصاميم مستوحاة بيولوجياً ، تنطوي على إيجاد حلول لمشاكل تصميمية عن طريق محاكاة العالم الطبيعي. ويتم ذلك من خلال عمليات تقليد للأشكال الموجودة بالطبيعة ، ووظائفها ونظمها البيئية على نحو يواجه تحديات التصميم باستدامة وبفعالية أكثر .

وتتطلب عملية محاكاة الكمية الهائلة والمعقدة من أشكال وأنماط الطبيعة ، استخدام تقنيات حديثة كالطباعة ثلاثية الأبعاد حتى يمكن بناء منتجات تطبيقية فريدة ومعقدة (كما يتضح بالصور 30و31).

صورة (30)

تكبيرة للمقعد في صورة (30)

صورة (31)

تكبيرة للمقعد في صورة (31)

- **صورة (30) - مقعد Biomimicry 3D Printed Soft Chair للمصمم Van Daal ، يحاكي تكوين خلايا النبات مستغلاً تقنية الطباعة الثلاثية الأبعاد في تنفيذه ، مما جعل المقعد أكثر متانة من غالبية المقاعد التي تم تنفيذها بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد ، فمحاكاة خلايا النبات مكنته من جعل الخامة متقاربة أو ذات كثافة أعلي في بعض الأماكن التي تحتاج قوة في المقعد ، وجعل الخامة متباعدة أو أقل كثافة في أماكن أخري ، مما حقق الخفة والقوة في تصميم المقعد في آن واحد .**
- **صورة (31) مقعد cellular chair ، للمصمم mathias bengtsson ، منفذ من خامة الابيوكسي خفيفة الوزن وبواسطة برنامج حاسوبي مصمم لمحاكاة تجدد أنسجة العظام .**

* البيوممكري : هو علم قائم علي التكامل بين فروع المعرفة المختلفة ، فهو علم بينيinterdisciplinary science ، وفيه يبحث العلماء في الطبيعة عن حلول لاحتياجات ومشكلات الإنسان . وقد يكون البحث علي مستوي الأشكال المرئية أو علي مستوي العلاقات بين مكونات النظام الطبيعي أو علي مستوي التطم الموجودة في الطبيعة .

يعرف علم البيوممكري أيضاً بأنه محاكاة للطبيعة سواء في نماذجها أو أنظمتها أو عملياتها أو عناصرها من أجل حل مشاكل البشرية(2، ص 13) .

(2-3) اتجاه التصميم البارامتري* Parametric :

أصبح التصميم البارامتري مدخلاً شائعاً بصورة متزايدة بالنسبة للتصميم بمساعدة الحاسب مما أدي إلي ظهور أسلوب تصميمي عالمي يُعرف بالنمذجة البارامترية (Parametricism) .

التصميم البارامتري يعتمد علي أسلوب تكرار الوحدات (بالاعتماد علي المتغيرات الخوارزمية) ، لذا هناك تصميمات يمكن إنتاجها بوسائل وتقنيات تقليدية ، إلا أن الأشكال المركبة وخاصة ذات البنية المعقدة تحتاج إلي تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد حتى يمكن تنفيذها علي أرض الواقع (كما يتضح بالصور32و33).

صورة (32)

صورة (33)

- **صورة رقم (32) ، مجموعة من قطع الأثاث التي اعتمدت علي الطباعة ثلاثية الأبعاد لأجزاء مميزة في ظهر المقعد وأجزاء من قاعدة المنضدة ، وقد اعتمدت في تصميمها علي استخدام خوارزمية رياضية وبتعديلات بسيطة علي متغيراتها تمكن فريق التصميم من الحصول علي 6 أشكال مختلفة للوحدات الزخرفية التكرارية المتناسقة والفريدة من نوعها .**
- **صورة رقم (33) ، منضدة وسط تم تصميمها وفقاً لأنماط الهندسة الكسرية للأشجار . تم طباعتها بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد (طريقة الستيريوليثغرافي SLA) ، من راتنجات الايبوكسي وبدون أي وسائل تجميع .**

(3-3) اتجاه التكنولوجيا العالية * Hi-Tech :

كان مقصد هذا الاتجاه إبراز جميع العناصر التقنية، والترتيب المنظم لها بطريقة منطقية واستخدام العناصر الجاهزة بشكل هائل وبدقة عالية جداً. واعتبار الوظيفة جوهر أساسي في المنتج ، مع مسايرة التقدم التكنولوجي الهائل . وعلي الرغم من أنه اتجاه قديم نسبياً ؛ إلا أنه يمكن الاستفادة من تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد لتحقيق مقصد هذا الاتجاه في المنتجات بسهولة إلي جانب تحقيق الجانب الجمالي (كما يتضح بالصور من 16 : 22) .

---

* لمصطلح التصميم البارامتري معانٍ عديدة فهنالك من عرفه على أنه التصميم الحدودي أو التصميم المعياري أو القياسي. لكن أصح معنى للتصميم البارامتري "التصميم المتغير"، والباراميتر هي عبارة عن مساحات برمجية تحتوي على خوارزميات وعمليات رياضية واحدة أو أكثر، ويعرف التصميم البارامتري بأنه أحد التصاميم التي ولدت مع النظام الرقمي وبرامجه التطبيقية لأجل إعادة التفكير في التصميم المعماري وفق نظام توليدي، حسابي، رقمي، يسمح للكمبيوتر بالتعامل مع نظام خوارزمي. وهو يعبر عن مرحلة تطور الرسم الهندسي وتحولاته من النظام التناظري إلى النظام الرقمي وتحويل التكرار والرتابة إلى قيم جمالية تتصف بالمعاصرة (1، ص 343 و344) .

*التكنولوجيا الفائقة High –Technology – المعروف اختصاراً بـ" الهاي تيك High-tech " - اتجاه معماري ظهر في سبعينيات القرن العشرين والذي تضمن عناصر الصناعة والتكنولوجيا الفائقة الحديثة في مجال تصميم المباني. ظهر هذا الاتجاه نتيجة للتقدم التكنولوجي والصناعي الخطير مع ظهور مواد إنشائية حديثه ومتنوعة مثل الصلب والزجاج والبلاستيك والفيبرجلاس ..... وكان مقصد هذا الاتجاه الوصول إلي عمارة حرة تعبر بصراحة عن مواد البناء الصناعية لا تحكمها أسس جمالية أو ذوق شخصي وإنما يحكمها المنطق الإنشائي ويقول أنصار اتجـــــاه [High -Tech]أن الجمال ينبع هنا تلقائياً من الكفاءة الميكانيكية والوظيفة تماماً كما توصف المعادلة الرياضية بالجمال عندما تكون صحيحة وتفتقد هذا الانسجام والاتزان عندما تكون غير صحيحة ، فهم يؤمنون بأن القيم الجمالية للعمارة تنبع من المنطق الواضح المتزن في الفكرة التصميمية .

(4) أوجه الاختلاف والتشابه بين تقنيات تنفيذ الأشكال ثلاثية الأبعاد باستخدام الحاسب :

(3D Printing وCNC Machining) :

وجه المقارنة	الطابعات ثلاثية الأبعاد 3D printers	ماكينات التحكم الرقمي ال CNC computer numeric control (CNC) machining
طرق التحكم	كلاهما آلات تعتمد علي الحاسب الآلي في التحكم بها للحصول علي منتج من خامة معينة . وتعتمد علي برامج معينة (CAD) لرسم النموذج ثلاثي الأبعاد قبل تنفيذه . إلا أن الطابعة ثلاثية الأبعاد يمكنها التعامل مع ملفات تم مسحها ضوئياً(3D scan) ثم تحويلها إلي صيغة **STL** (أحد البرامج التي تتعامل معها الطابعة ثلاثية الأبعاد) .	
البداية والتطور	▪ بدأت 1986 ، أي أنها لا تزال جديدة نسبياً وتتطور لتكون أكثر سهولة وتنوعاً . ▪ اقتصرت في البداية علي بناء النماذج الأولية من المنتجاتprototype بغرض الاختبار والتطوير، ثم بدأت تستخدم في بناء منتجات فعلية صغيرة الحجم – ارتبط حجمها بحجم مسطح الطباعة للآلة (وقد يتم تقسيم المنتج إلي أجزاء ثم تجميعها بعد طباعتها مما يزيد من التكلفة والوقت في التنفيذ)- ثم تطورت لتصبح قادرة علي تنفيذ منتجات ذات أحجام هائلة (كطباعة السيارات ، طباعة أكواخ أو shell ، الكباري لتصل الآن إلي طابعات ضخمة تقوم ببناء منازل كاملة ومباني ضخمة بسرعة أكبر وتكلفة أقل من الطرق التقليدية ..) . كما توضح الصور (34: 37).	▪بدأت 1940 ، وتم تطويعها للصناعة منذ وقتها وحتى الآن. ▪استخدمت من البداية في تنفيذ منتجات فعلية، وفي حالة المنتجات كبيرة الحجم يتم تقسيمها علي أجزاء ثم يتم تجميعها بالطرق التقليدية.
مميزات	تتيح الطابعات ثلاثية الأبعاد للمصممين القدرة على طباعة أجزاء متداخلة معقدة التركيب ، مع سهولة تعديل التصميم.	دقة عالية في المقاسات وقدرة عالية على تكرارية الأجزاء بنفس المواصفات والدقة المطلوبة ؛ مما يقلل من تكلفة التجميع والتفتيش .
طرق التصنيع + الهالك من الخامات	تعتمد علي التصنيع بالإضافة (أو الإنتاج الجمعي الطبقي additive manufacturing) – حيث يتم الحصول على المنتج عبر إضافة عدة طبقات من الخامات إلى بعضها البعض - لذلك الهالك من الخامات أقل (يكاد يكون معدوم) من تقنية الحفر أو الخرط	تعتمد علي الحذف من كتلة الخامات الإنتاج الطرحي subtractive manufacturing) - حيث يتم الحصول على المنتج عبر النحت والبرد والتقطيع من كتلة الخامة - لذلك فإن الهالك من الخامات أكبر من تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد . وفي هذه الطريقة إهدار لكثير من الموارد

	بماكينة الCNC .	المستخدمة في الإنتاج .
دورة الانتاج	دورة إنتاج قصيرة جداً (التصميم بالحاسب ← الطباعة ← المنتج النهائي) .	دورة إنتاج طويلة ذات مراحل أكثر (التصميم، وضع خطة لتسلسل عمليات التشغيل، التقطيع، التجميع، التشطيب والدهان، المنتج النهائي).
خطوط الإنتاج	▪ في حالة الإنتاج الكمي ، فإن الطباعة ثلاثية الأبعاد تعتبر مكلفة أكثر ، كما أنها تتطلب وقت اكبر لأنها تقوم بطباعة طبقة فوق الأخرى من المنتج . وبالاعتماد على حجم المجسم والآلة والمواد المستخدمة فإن هذه العملية قد تستغرق ساعات أو حتى أيام لتكتمل. وهذا يتطلب فحص الآلة وهي تقوم بعملها بين الحين والآخر للتأكد من عدم وجود أية أخطاء.	▪ في حالة الإنتاج الكمي، فإنها أقل في التكلفة، كما أنها تتطلب وقت أقل لإنتاج خط إنتاج كامل من المنتج.
	▪ في حالة الإنتاج بكمية صغيرة – أو منتج واحد فريد أو مختلف في التصميم أو بناء نموذج أولي من المنتج - فالطباعة هي الخيار الأمثل؛لأنها تمتاز بالسرعة والسهولة وغير مكلفة.	▪ في حالة الإنتاج بكمية صغيرة – أو منتج واحد فريد أو مختلف في التصميم أو بناء نموذج أولي من المنتج – فإنها مكلفة، وتتطلب وقت أطول وجهد أكبر في تنفيذ المنتج.
الخامات	تكون الخامات في صورة (11، ص 96): ▪ **سائلة** - كما في طريقة قاذفات الخامة jetting Material ، أو طريقة ستيريوليثغرافي SLA . ▪ **صلبة** (خيوط من الخامة أو شعيرات أو أسلاك من المعادن) – كما في تقنية البناء بالترسيب المنصهر FDM . ▪ **مسحوق** (بودرة)- كما في طريقة التلبيد الانتقائي بالليزر SLS . إلي الآن استخدمت العديد من الخامات في الطباعة كخيوط البلاستيك ،النايلون ،الخشب (صور38 :40)، السيراميك، الفوم ، وبودرة بعض المعادن مثل الفولاذ، والتيتانيوم، والألمنيوم، الاستانلس استيل والفضة والذهب ، إلي جانب الزجاج، الرمال ، الاسمنت أو الخرسانة ، والسيراميك ، (12، ص 10)	تتعامل مع الخامات علي طبيعتها في حالتها الصلبة (كتل أو ألواح). يمكن لآت ال CNC التعامل مع خامات : - سبائك معدنية. - الأخشاب. - الأكريليك . - الفوم. - البلاستيك الحراري . - الشمع .

	وغيرها . كما أن البحوث ما زالت جارية لاكتشاف مواد جديدة يمكن استخدامها في تلك الطابعة. يمكن تشكيل أي خامة توجد في صورة مسحوق ، وأكثر من ذلك لأن الخامات المختلفة يمكن توزيعها أو نفثها بعدة رؤوس طباعة مختلفة، ويمكن أن نجري تحكم على تركيب الخامة كما يمكن أن نحدد بدقة متناهية الأماكن المناسبة لسقوط القطرات وذلك بقصد الحصول على ملامس محددة وللتحكم في التركيب الجزيئي الداخلي للجزء المنتج. كما يمكن صناعة أجزاء من مواد مختلفة وبمواصفات ميكانيكية وفيزيائية مختلفة ثم تركيبها مع بعضها البعض بواسطة الطباعة ثلاثية الأبعاد (4، ص16).	
مواصفات أماكن الإنتاج	مراعاة التهوية الجيدة لتجنب الآثار الضارة لأبخرة بعض المواد (12، ص4و10). يمكن استخدام الطابعات ثلاثية الأبعاد في الأماكن الداخلية أو في الخارجية.	تحدث ضجة واهتزاز وغبار ناتج عن عمليات الإنتاج، لذلك تتطلب أماكن ومواصفات خاصة لمكان الإنتاج.
نهو وتشطيب المنتج	الكثير من الطابعات ثلاثية الأبعاد تتطلب إجراء معالجة للأجسام المطبوعة بعد عملية الطباعة. هذا يشمل إزالة المسحوق المتبقي أو غسل الجسم المطبوع للتخلص من مواد تثبيت المجسم على المنصة،أو إزالة الزوائد الداعمة إن وجدت (3، ص33) ، أو الصنفرة للتنعيم وأخيراً قد تحتاج إلي التلوين والتلميع .	تعطي نتائج أفضل؛ حيث يمكنها إنهاء الأسطح بنعومة عالية . ثم تحتاج إلي التلوين والتلميع .

صورة (34)

صورة (35)

صورة (34و35) توضح استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في تنفيذ حائط داخلي – تم طباعته في صورة أجزاء ثم تجميعها

صورة (36)

صورة (37)

صورة (36و37) ، توضح أول منزل من طابقين يتم تنفيذه بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد ، في منطقة Tongzhou ببكين – يناير 2016 .

صورة (38)

صورة (39)

صورة (40)

صورة (38) توضح خيوط الخشب (مزيج من جزيئات الخشب والبوليمرات) وهي تشبه خامة ال mdf وال cardboard ، ويمكن من خلال تغيير درجة الحرارة أثناء الطباعة الحصول علي درجات لونية مختلفة من الخشب (كما في صورة رقم 39و40) .

(5) ايجابيات وسلبيات استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد :

▪ ايجابيات :

١- التخصيص Customization : أهم ما يميز تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد هو التخصيص بمعنى أنها تتيح للمستخدم والمصمم أن يُنتِج كل شيء بالشكل الذي يريده وبالتعديل الذي يناسبه . وهي بذلك تسمح بإضافة الطابع الشخصي للمنتجات وفقاً للاحتياجات الفردية والمتطلبات المختلفة - حتى داخل نفس حجرة البناء للطابعة ثلاثية الأبعاد- وذلك يعني أنه يمكن إنتاج العديد من المنتجات دون أي عملية إضافية وبصورة اقتصادية.

٢-التعقيد complexity : باستخدام طريقة الطبقات الصغيرة يمكن إنتاج منتجات معقدة جداً لا يمكن إنتاجها بالطرق الصناعية التقليدية.

٣- توفير الوقت والجهد والأدوات Tools – less : يمكن تصنيع المنتج بضغطة زر فقط بدلاً من الصناعة بواسطة القوالب والآلات والأيدي العاملة ذات الخبرة.

4- صديقة للبيئة Environmentally Friendly: تعتبر الطباعة ثلاثية الأبعاد إحدى التقنيات ذات الكفاءة في قلة استهلاك الطاقة وبذلك هي صديقة للبيئة ، فهي تنتج القليل من الفضلات ، وتكون منتجاتها أخف وأقوى وأقل في خطوات ومراحل الإنتاج من الطرق التقليدية للإنتاج ؛ و بذلك تقلل أيضاً من أنبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون ، ولكون الطباعة ثلاثية الأبعاد تتم محلياً ولا توجد الحاجة إلى نقل المنتجات المُصنَعة حول العالم لذلك تقل الانبعاثات نتيجة عدم الحاجة إلى النقل . كما يمكن إعادة استخدام الخامات للطباعة مرة أخري .

5- إمكانية نسخ التصميمات والمنتجات باستخدام نظام مسح ضوئي رقمي وتحويلها إلى منتج ثلاثي الأبعاد.

▪ سلبيات :

1- فقدان اللمسة البشرية في تنفيذ المنتجات .

2- الإضرار ببعض القطاعات الصناعية؛ كفقدان وظائف المصنعين (قد يتضرر منها بعض البلدان النامية بقسوة).

3- من أشهر عيوب هذه التقنية هي حقوق الملكية ، حيث يمكن للمستخدم طباعة أي منتج بعد مسحه ضوئياً أو بعد تحميل ملف الكاد الخاص بتصميمه عبر مواقع الانترنت . دون الحاجة لشرائه من الشركة المُصنعة .

النتائج:

- الطباعة ثلاثية الأبعاد لن تحلّ محل عمليات التصنيع التقليدية لمنتجات الأثاث والتصميم الداخلي حالياً بشكل كامل؛ وإنما سوف تعّززها وتكون بمنزلة مكمل لها.

- تختصر تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد مراحل التشغيل للحصول على المنتج إلي : التصميم بالحاسب ← الطباعة ← المنتج النهائي ، كما أنها تختصر الوقت اللازم لتسويق منتج جديد في العديد من المجالات وذلك بتحسين جودة المنتج ، بالجمع بين التصميم والتصنيع مباشرة ، وتخفض تكلفة المنتج بواسطة تخفيض تكلفة مرحلة التطوير والتحديث.

- ان التقنيات الحديثة كالطباعة ثلاثية الأبعاد ما هي إلا وسائل مساعدة للمصمم الداخلي - الذي سيظل سيد الموقف – فهو من يبتكر التصميمات الفريدة والمعقدة التي تغذي تلك التقنيات .

- الطباعة ثلاثية الأبعاد ذات كفاءة في استهلاك الطاقة كما أنها قليلة المخلفات مما يجعلها صديقة للبيئة . ويمكن أن تكون المنتجات المصنعة منها – خاصة مع تطورها التدريجي المستمر في السرعة والدقة ومحاولة استخدامها لخامات أفضل - أخف وزناً وأطول عمراً وذات تصميم معقد ومستدام .

التوصيات :

- علي كليات الفنون والنقابات تشجيع وتوجيه المصممين والدارسين إلي ضرورة الاطلاع علي تطبيقات العلوم الحديثة والاستفادة منها في مجال التخصص .

- علي كليات الفنون ووزارة الثقافة توعية المصممين بأن تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد وسيلة مساعدة لتنفيذ ابتكاراتهم ، وليست أداة لتكرار الأفكار والتصميمات الغربية بما يعمق أزمة فقدان الهوية .

- علي الجهات المسئولة ضرورة وضع قوانين حاكمة لحماية حقوق الملكية الفكرية .

المراجع :

- **الدوريات والبحوث :**

1- **وناس ، أيسر فاهم** - خوارزميات التصميم البارامتري كمدخل لإثراء المفاهيم البنائية للشكل المعقد - مجلة أمسيا - جمعية أمسيا التربية عن طريق الفن – مصر – عدد4 – أكتوبر 2015.

Wanas ,Aysar fahum - khawarzmiat altasmim albaramtarii kamudkhal li'iithra' almafahim albanayiyat lilshakl almueaqad - majalat 'amsiaan - jameiat 'amsia altarbiat ean tariq alfani - misr - eadd4 - 'uktubar 2015

- **الكتب :**

2-**Benyus, Janine** - Biomimicry: Innovation Inspired by Nature - Harper Collins, 2009 (first published 1997).

3- **Chua ,Chee Kai and Leong, Kah Fai** - 3D Printing and Additive Manufacturing: Principles and Applications (Fifth Edition of Rapid Prototyping : Principles and Applications) -World Scientific Publishing Company, 2017 .

4- **Hopkinson , Neil and others**- Rapid Manufacturing: An Industrial Revolution for the Digital Age. West Sussex- John Wiley and Sons, 2006.

5- **Kerikmäe, Tanel and Rull Addi** - The Future of Law and technologies - Springer, 2016 .

6-**Lipson, Hod and Kurman ,Melba_**- Fabricated: The New World of 3D Printing- John Wiley & Sons, 2013.
7-**Magdassi, Shlomo and Kamyshny ,Alexander_**- Nanomaterials for 2D and 3D Printing- John Wiley & Sons-2017.
8- **Narayan ,Roger_**-Rapid Prototyping of Biomaterials: Principles and Applications - Woodhead Publishing, 2014.
9- **Stucker, Brent and others** - Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing- Springer, New York , Second Edition,2014 .
10- **Wimpenny ,David Ian and others** -Advances in 3D Printing & Additive Manufacturing Technologies- Springer, New York, 2016.
11- **Yee ,Wai & Wong ,Chee How & Chua Chee Kai_**- Standards, Quality Control, and Measurement Sciences in 3D Printing and Additive Manufacturing- Academic Press, 2017.
12-**Zukas, Victoria & Zukas ,Jonas A._**- An Introduction to 3D Printing- Design Pub. , First Edition 2015.

▪ مواقع شبكة الإنترنت :

13-Www.3ders.org.2/2/2018

14-Www.chinadaily.com.cn/china/2016-07/02/content_25940126_2.htm. 25/1/2018

15-Www.contemporist.com/this-3d-printed-sofa-only-weighs-5-5-pounds/1/2018

16-Www.geeksvalley.com /tutorial/introduction-3d-printing/2. 23/1/2018

17-Www.i.materialise.com. 27/1/2018

18-Www. kylestetzrp.wordpress.com/2009/05/20/fused-deposition-modeling-fdm/6/2/2018

19-Www.3dprinter.net/3d-concrete-printing-the-future-of-construction. 25/1/2018

20-Www.printspace3d.com/what-is-3d-printing/3d-printing-processes/2/1/2018

21-Www.shapeways.com.6/2/2018