دور تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في تحقيق الاستدامة بإنتاج أثاث كمي معاصر منافس للأثاث التقليدي" دراسة تطبيقية لنماذج مختلفة لتصميم منضدة جانبية "

The role of 3D printing technology in achieving sustainability by producing contemporary quantitative furniture that competes with traditional furniture An applied study of different models for designing a side table"

م.د / سالي إسماعيل عراقي
مدرس بكلية الفنون التطبيقية قسم التصميم الداخلي والأثاث جامعة السادس من أكتوبر - مصر
Dr. Sally Esmail Eraky
Lecturer in Faculty of Applied Arts Department of Interior design and furniture.
6th of October University –Egypt
sallyeraky@gmail.com

ملخص البحث :
يشهد العالم منذ مطلع الألفية الجديدة تحولاً كبيراً في ظل عصر الثورة الصناعية الرابعة والتكنولوجيا الرقمية ، حيث استطاعت دمج الخطوط الفاصلة بين المجالات المادية والرقمية والبيولوجية ، فهي هجين من الثورة الرقمية والمواد الجديدة والتكنولوجيا الحيوية. فقد تميزت الثورة الصناعية الرابعة باختراق التكنولوجيا الناشئة ، حيث شملت علوم المواد الحديثة وتكنولوجيا النانو ، وشهدت تلك الثورة الوليدة تطبيقات مبتكرة من الحوسبة الكمومية ، وإنترنت الأشياء ، والطباعة ثلاثية الأبعاد ، فغيرت في أنماط الحياة وأشكالها بشكل عميق ، فضلاً عن التوجه العالمي نحو إستغلال التكنولوجيا الحديثة لتحقيق مبدأ الاستدامة الاقتصادية والبيئية وأصبحت تشكل إهتماماً عالمياً بالغاً ، لتحقيق التوازن الاقتصادي والبيئي في مجال الصناعة.

لذا كان من الضروري أن يكون لتلك التحولات دوراً رئيسياً في الصناعة التي تخدم البشرية ، وتفي بالإحتياجات الأساسية ، ومن هنا جاء موضوع البحث لدراسة دور التكنولوجيا الحديثة المتمثلة في تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد ودورها في تحقيق الاستدامة عن طريق إنتاج أثاث كمي معاصر بديلاً للأثاث التقليدي.

الكلمات المفتاحية :
(التكنولوجيا الرقمية – الثورة الصناعية الرابعة – تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد – الاستدامة الاقتصادية – الاستدامة البيئية – الإنتاج الكمي– التنافسية الإنتاجية)

Abstract:
Since the beginning of the new millennium, the world has witnessed a major transformation in the era of the Fourth Industrial Revolution and digital technology, as it was able to merge the lines between the physical, digital and biological fields, as it is a hybrid of the digital revolution, new materials and biotechnology. The Fourth Industrial Revolution was characterized by the breakthrough of emerging technology, which included modern materials science and nanotechnology, and that nascent revolution witnessed innovative applications of quantum computing, the Internet of things, and 3D printing, which profoundly changed lifestyles and forms, as well as the global trend towards the exploitation of modern technology. To achieve

the principle of economic and environmental sustainability, and it has become a global concern, to achieve economic and environmental balance in the field of industry.
Therefore, it was necessary for those transformations to have a major role in the industry that serves humanity, and meets the basic needs, and from here the topic of research came to study the role of modern technology represented in 3D printing technology and its role in achieving sustainability by producing contemporary quantitative furniture as an alternative to traditional furniture.

Key words:
(Digital technology - the fourth industrial revolution - 3D printing technology - Economic Sustainability - Environmental Sustainability - quantitative production - production competitiveness).

مقدمة :

منذ مطلع الألفية الجديدة شهد العالم تحولاً ملحوظاً في ظل الثورة الصناعية الرابعة ، حيث أثرت الرقمنة والذكاء الاصطناعي منذ ظهورهما على الإقتصاد العالمي وريادة الأعمال ، فاستخدمت التكنولوجيا الرقمية على نطاق واسع في عمليات التصميم في مختلف المجالات ، وأصبحت تبشر بإتساع وعمق التغيرات بتحولات كبيرة في أنظمة الإنتاج والإدارة وطرق تقييمها والحكم عليها.

وكان من الضروري أن يكون لتلك التحولات دوراً رئيسياً في الصناعة التي تخدم البشرية ، وتفي بالإحتياجات الأساسية ، لتواكب التطورات المتسارعة في الاتجاهات الفنية وأشكال التصميمات الحديثة.

ونظراً لما تتسم به التصميمات الحديثة من الخطوط الانسيابية المرنة والتي يصعب تنفيذها بالطرق التقليدية ، فضلاً عن محدودية تطويع الخامات الطبيعية لإنتاج تلك النوعية من التصميمات ، والتي باتت تشكل جزءاً كبيراً من التوجه العام في التصميمات الحديثة ، وأصبحت طرق الانتاج التقليدية تشكل عائقاً كبيراً في تنفيذ تلك التصميمات ، لذا وجب البحث عن طرق حديثة لتنفيذ تلك التصميمات والتي يصعب انتاجها بالخامات الطبيعية وبالطرق التقليدية.

وفي ظل التوجه العالمي لمبدأ الاستدامة بخفض استهلاك الخامات الطبيعية والحد من استغلالها وتوفيرها للأجيال القادمة ، كان من الضروري إيجاد خامات مستحدثة يمكن تشكيلها بوسائل إنتاجية جديدة ، لتوفير تصميمات بإنتاج كمي mass production ، دون التأثير على مخزون الخامات الطبيعية من الأخشاب.

ومن هنا جاء موضوع البحث لدراسة دور التكنولوجيا الحديثة المتمثلة في تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد ، وتطويعها لانتاج أثاث كمي معاصر بديلاً للأثاث التقليدي يحقق الإستدامة ويوفر الخامات الطبيعية.

مشكلة البحث :

١- صعوبة تحقيق التوازن بين التوجه العالمي لخفض وتوفير المواد الخام الطبيعية للأجيال القادمة وبين إيجاد بدائل صناعية منافسة لها ومتفوقة عليها في ظل نقص الخامات الطبيعية وزيادة أسعارها تحقيقاً لمبدأ الاستدامة.

٢- كيفية إيجاد بدائل تصلح للإنتاج الكمي mass production في ظل الأفكار التصميمية الحديثة التي تميل للتعقيد والصعوبة في انتاجها بالبدائل الطبيعية.

هدف البحث :

١- الوصول لآلية لإنتاج أثاث معاصر بخامات بديلة للخامات الطبيعية لتوفيرها في ظل التوجه العالمي لتحقيق مبدأ الاستدامة في جميع مناحي الحياة.

٢- استغلال التكنولوجيا الرقمية وتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في تيسير الإنتاج الكمي mass production لتصميمات حديثة تميل للتعقيد والصعوبة في انتاجها بالبدائل الطبيعية.

أهمية البحث :

تكمن أهمية تلك الأطروحة في المزايا التنافسية للأثاث المصنع بتلك التقنية عن الأثاث التقليدي في عدة جوانب منها :

١- إنتاج أثاث بتصميمات يصعب تنفيذها بالخامات الطبيعية ، فضلاً عن التوجه العالمي لخفض استغلال الخامات الطبيعية وتوفيرها للأجيال القادمة تحقيقاً لمفهوم الاستدامة.

٢- سهولة الانتاج الكمي بتلك التقنية.

٣- توفير الوقت والتكلفة في عملية التصنيع والانتاج.

٤- التحكم في الشكل النهائي للمنتج ليبدو كالمنتج المصنع بالخامات الطبيعية بل ويمتاز بكونه أخف وزناً ، وأقل سعراً.

فروض البحث :

يفترض البحث الآتي :

١- إيجاد مزايا تنافسية بين الأثاث المصنع بالتقنيات والخامات الحديثة وبين الأثاث التقليدي المصنع بالخامات الطبيعية ، في ظل التوجه العالمي للحد من استغلال وهدر الموارد الطبيعية تحقيقاً لمبدأ الاستدامة.

٢- إمكانية تحقيق الانتاج الكمي لبعض تصميمات قطع الأثاث الحديثة بالرغم من ميل التصميمات المعاصرة للكثير من الصعوبة والتعقيد.

حدود البحث :

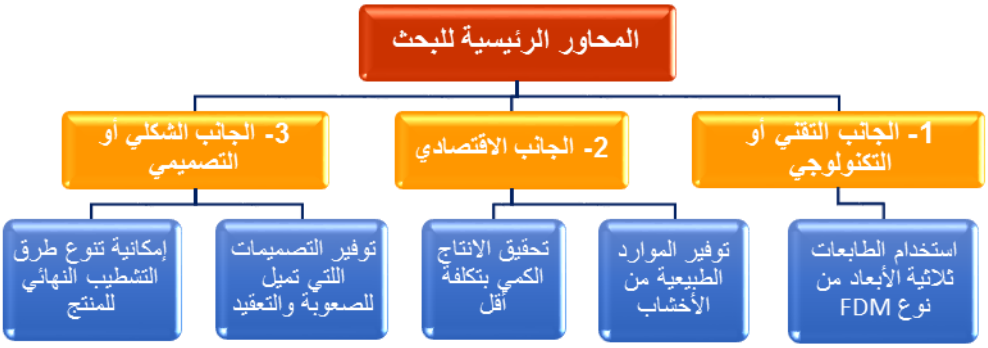
- حدود موضوعية : ربط التقنيات والخامات الحديثة بالقدرة على إنتاج كمي لتصميمات أثاث تميل للصعوبة والتعقيد – تحقيق مبدأ الاستدامة بتوفير الموارد الطبيعية وايجاد بدائل صناعية منافسة لها ومتفوقه عليها.
- حدود زمانية : يتناول البحث التصميمات المعاصرة وميلها للخطوط المنحنية والمرنة التي تميل للصعوبة والتعقيد.

منهجية البحث :

استخدم البحث في إثبات فرضياته المنهج التجريبي ، من خلال إنتاج وتنفيذ بعض قطع الأثاث وأختبار مواصفاتها القياسية بالمقارنة بالبدائل من قطع الأثاث المصنع بالخامات الطبيعية التقليدية.

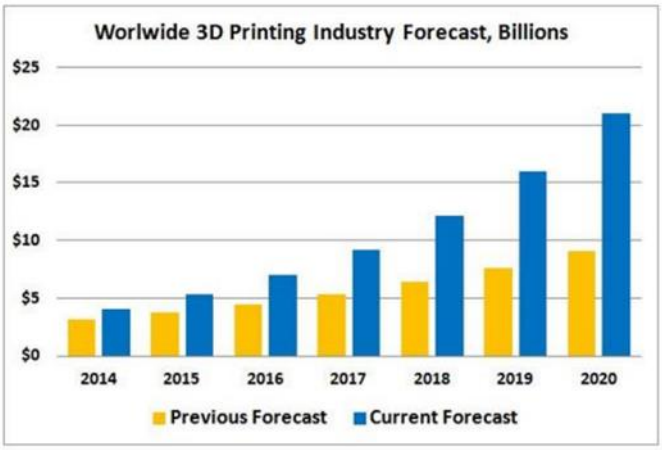
الإطار النظري للبحث :

ويشتمل البحث على ثلاث محاور رئيسية :



أولاً : الجانب التقني أو التكنولوجي :

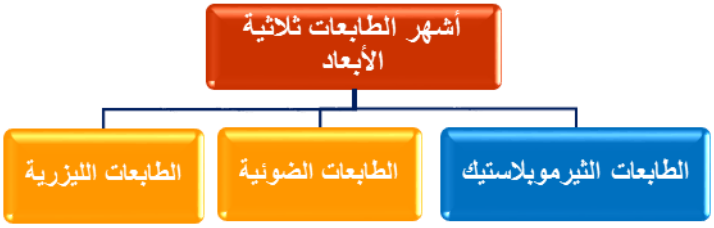
ظهرت فكرة تقنية الطابعات ثلاثية الأبعاد منذ ثمانينات القرن الماضي ، وتطورت حتى وصلت لصورتها الحالية ، كما ظهرت أنواع من الطابعات الشخصية بداية من عام ٢٠٠٩م ، واستمر الاهتمام بتطويرها وانتاجها بشكل فاق التوقعات منذ عام ٢٠١٤ : ٢٠٢٠م ، وتمنح تلك التقنية إمكانية تحويل كل ما يتصوره المرء في مخيلته من أشكال إلى واقع ملموس مهما بلغت صعوبة تفاصيله ، بسرعة وسهولة فائقة. (Undy, Steve. p. 4)



شكل (١) يوضح حجم التوقعات المسبقة لانتشار وانتاج الطابعات ثلاثية الابعاد على مستوى العالم وما حدث بالفعل على مدار ستة أعوام متتالية

المصدر : (Undy, Steve. p. 4)

ومن أشهر الطابعات الموجودة في السوق الحالي ثلاثة أنواع وهي :

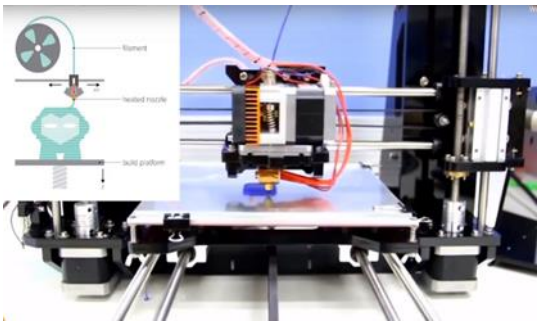


شكل (٢) يوضح أنواع الطابعات ثلاثية الأبعاد والنوع الأول هو المستخدم في البحث

المصدر : الباحثة

١- الطابعات الثيرموبلاستيك Fused Deposition Modelling (FDM)

هي أكثر أنواع الطابعات انتشاراً وأرخصها سعراً ، وتستخدم خام البلاستيك كمادة أساسية في الطباعة وتنتج أشكال كبيرة حجماً.



شكل (٣) يوضح صورة لأحد أنواع طابعات الثيرموبلاستيك ((FDM

المصدر : https://www.youtube.com/watch?v=R7eUP4LjEM8

٢- الطابعات الضوئية Degital Lighting Processing (DLP)

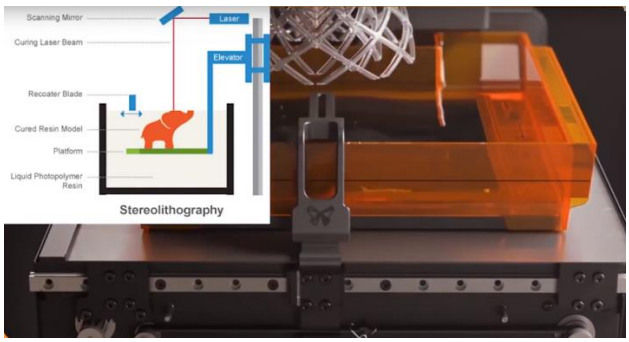
المادة الخام المستخدمة بها سائلة وتنتج أشكال صغيرة الحجم جداً لكنها شديدة الدقة في طباعة التفاصيل.

شكل (٤) يوضح صورة لأحد أنواع الطابعات الضوئية ((DLP

المصدر : https://www.youtube.com/watch?v=R7eUP4LjEM8

٣- الطابعات الليزرية Selective Laser Sintering (SLS)

تستخدم اللدائن وخاصة المعادن كمادة خام للطباعة وهي باهظة الثمن ومحظور إستخدامها في كتير من الدول نظراً لقدرتها على صنع الأسلحة.



شكل (٥) يوضح صورة لأحد أنواع الطابعات الليزرية ((SLS

المصدر : https://www.youtube.com/watch?v=R7eUP4LjEM8

الإطار التطبيقي للبحث :

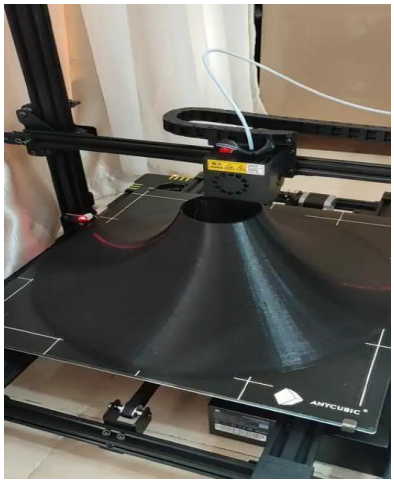
والتقنية المستخدمة في البحث هي تقنية الطابعات الثيرموبلاستيك Fused Deposition Modelling (FDM) والاختصار (FDM) يعني التصميم بالترسيب المنصهر ، وهذه التقنية من أكثر التقنيات ثلاثية الأبعاد انتشاراً وإستخداماً في العالم ، وهي المهيمنة على سوق الطابعات ثلاثية الأبعاد بسبب رخص ثمنها وفاعليتها الكبيرة.

وتعتبر من تقنيات التصميم الحديثة حيث يتم تصنيع القطع عن طريق تقسيم التصميمات ثلاثية الأبعاد إلى طبقات صغيرة جداً باستخدام برنامج من برامج الرسم بالحاسب الآلي ، والتي من أشهرها:

AutoCAD - SolidWorks – Blender – Sketchup - 123D Design - Tinkercad (web-based) - OpenSCAD (parametric). (Undy, Steve. p. 16).

حيث يرسم التصميم على إحدى البرامج ثلاثية الأبعاد السابق ذكرها وحفظها بتنسيق (.stl) ، فتقوم الطابعة بطباعة التصميم طبقة فوق الأخرى حتى يكتمل الشكل النهائي (Horvath, Joan. P.37) ، إلا أن دقتة تلك النوعية من الطابعات ثلاثية الأبعاد أقل من الأنواع الأخرى ، فالنوذج النهائي قد يحتوي على خطوط مرئية ، لذلك غالباً ما تكون المعالجة اللاحقة مطلوبة من أجل سطح أملس ، مما يجعلها تصلح للاستخدام للتصميمات كبيرة الحجم نسبياً(Redwood, Ben. P. 17) ، مثل تلك النماذج المصنعة للبحث.

وتستخدم تلك التقنية مادة البلاستيك كمادة أساسية للطباعة ، حيث يكون البلاستيك المستخدم في صورة خيوط بلاستيكية وتأتي بسمكين ١،٧٥مم ، ٣مم والأكثر شيوعاً هو مقاس ١،٧٥مم ، وتتم الطباعة عن طريق مرور الخيط البلاستيك بجزء ساخن يسمى hot end بحيث يتم صهره ثم يتم بثق المصهور عن طريق فوهة ، حيث تسير الفوهة في الاتجاهين X, Y لرسم الطبقة الأولى من التصميم ثم يتحرك المحرك على محور Z العمودي ليبدأ برسم الطبقة الثانية وهكذا إلى أن يتم طباعة جميع طبقات التصميم.

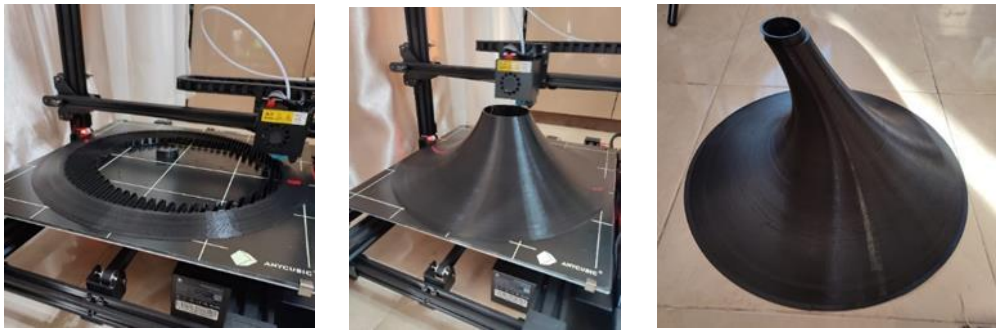


شكل (٦) يوضح صورة لنموذج التصميم الأول أثناء مرحلة الطباعة ثلاثية الأبعاد
المصدر : الباحثة

مراحل تنفيذ المنتج :

تم إستخدام تلك التقنية في عمل نموذج لمنضدة جانبية بتصميم حديث يتميز بخطوطه المنحنية الانسيابية ، والتي يصعب تنفيذها بالطرق التقليدية وبالخامات الطبيعية. وتمت على عدة مراحل :

١- تم طباعة هذا التصميم على قطعتين (حيث يمكن تقسيم أي تصميم إلى أكثر من قطعة ثم تجميعها تبعاً لحجم التصميم).

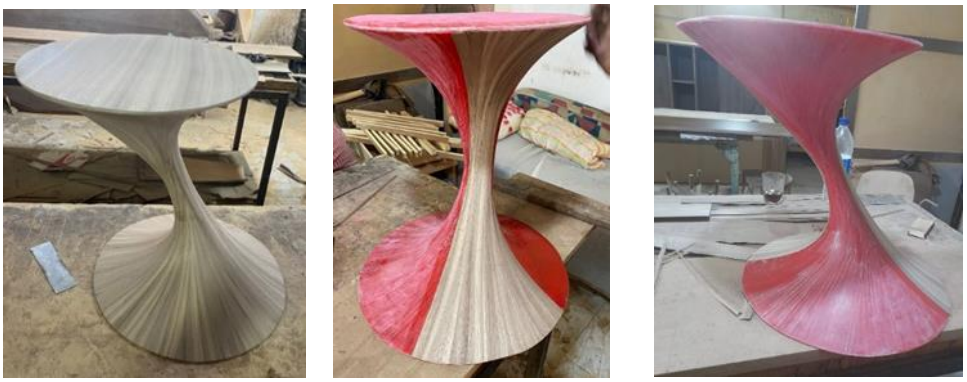


شكل (٧) يوضح صورة النموذج أثناء مرحلة الطباعة ثلاثية الأبعاد حتى إكتمال الجزء السفلي من المنضدة
المصدر : الباحثة

٢- تم عمل قالب للمنضدة بخامة الفيبرجلاس ، ثم تم صب القالب بالفايبرجلاس لعمل نسخ متعددة من التصميم.
٣- تشطيب التمنتج النهائي بعدة خامات مختلفة منها الدوكو كما هو موضح ، كذلك يمكن استخدام ألوان متعددة أو ترخيم الأسطح (إعطائها مظهر الرخام الطبيعي).

شكل (٨) يوضح صورة نموذج المنضدة بعد التشطيب النهائي بالدوكو بالأسود مرة وبالأبيض مرة أخرى
المصدر : الباحثة

٤- تم تجربة تشطيب نسخة من المنتج النهائي باستخدام قشرة الأخشاب الطبيعية في سابقة لم تحدث من قبل ، ونجحت التجربة في انتاج منضدة تبدو كمنضدة خشبية.



شكل (٩) يوضح صورة للنموذج الفايبرجلاس أثناء عملية التشطيب بقشرة الأخشاب الطبيعية
المصدر : الباحثة

ثانياً : الجانب الإقتصادي :

يتلخص الجانب الإقتصادي للبحث في شقين أساسيين :

١- توفير خامات الأخشاب الطبيعية نظراً للتوجه العالمي لتوفيرها وتقنين إستخدامها تحقيقاً لمبدأ الاستدامة.

٢- إمكانية تحقيق الإنتاج الكمي mass production ، بتكلفة أقل بكثير وفي وقت أسرع.

فنظراً لنقص الموارد الطبيعية والميل العالمي نحو تقنين استغلالها فقد أصبح البحث عن بدائل صناعية حديثة من أهم الضروريات والتحديات التي نواجهها في العصر الحالي.

أما عن التكلفة الاقتصادية للمنتج فبمقارنة حسابية بسيطة ، تتكلف المنضدة في مرحلة الطباعة ثلاثية الأبعاد مايقرب من ٢٠٠٠ جنيه مصري ، ويتم تحضير القالب من خامة الفايبرجلاس بـ ٢٠٠٠ جنيه مصري أخرى ، ويتم صب المنتج نفسه بمبلغ ٨٠٠ جنيه مصري ، ويتكلف التشطيب النهائي للنموذج (٥٠٠ جنيه مصري للتشطيب الدوكو أو ٧٠٠ جنيه مصري للتشطيب بالأستر على قشرة الخشب).

أي أن التكلفة الثابتة لقالب النموذج هي حوالي ٤٠٠٠ جنيه مصري ، في حين يتكلف المنتج نفسه من مرحلة الصب حتى التشطيب النهائي ما بين (١٣٠٠ : ١٥٠٠ جنيه مصري تبعاً لنوع التشطيب) ، مما يعني أن تكلفة المنتج في الانتاج الكمي ستكون مناسبة تماماً للمنافسة في سوق صناعة الأثاث.

أما من حيث الوقت المستغرق لصنع المنضدة ، فقد استغرقت عملية تجهيز المنتج لكل منضدة يوم ونصف من أول مرحلة لآخر مرحلة ، وهو وقت قياسي جداً لتصنيع قطعة أثاث بذات المواصفات.

في حين أنه عند تنفيذ نفس المنضدة بكتلة خشبية طبيعية ستتكلف خامات في حدود ٧٠٠٠ جنيه مصري ، وتستغرق في تصنيعها ١٠ أيام لنحت الكتلة الخشبية وتشطيبها. وبتلك المقارنة البسيطة يمكن أن يظهر الفرق الهائل في تكلفة المنتج في الحالتين فضلاً عن صعوبة انتاج نسخ من المنضدة بالانتاج الكمي باستخدام الأخشاب الطبيعية. (تم تقدير تلك التكلفة أثناء التصنيع يناير ٢٠٢٢م) نظراً لتغير أسعار الخامات في السوق المحلية والعالمية.

مقارنة شكل المنتج المصنع من الخشب الطبيعي مع المنتج المصنع بالخامات الصناعية :

شكل (١٠) يوضح صور للنماذج المصنعة من الفايبرجلاس بعضهم تم تشطيبه بالدوكو والآخر بالقشرة الخشبية
المصدر : الباحثة

شكل (١١) يوضح صور للنماذج المصنعة من الأخشاب الطبيعية ويظهر طبقات الاخشاب في النموذج العلوي في محاولة لتقليل التكلفة الاجمالية للمنتج
المصدر : الباحثة

صور لنماذج لتصميمات أخرى تم تنفيذها كإنتاج كمي لبعض تصميمات المناضد لاستكمال الدراسة البحثية بذات التقنية.

شكل (١٢) يوضح صور لأحد المناضد الجانبية المصنعة بنفس التقنية ، ويظهر شكل القالب الفايبرجلاس والمنتج قبل وبعد التشطيب النهائي.
المصدر : الباحثة

شكل (١٣) يوضح صور لمجموعة من المناضد الجانبية بتصميمات متنوعة والمصنعة بنفس التقنية ، ويظهر المنتجات قبل وبعد التشطيب النهائي.
المصدر : الباحثة

ثالثاً : الجانب الشكلي (التصميم) :

يتلخص الجانب الشكلي في شقين أساسيين :

١- إمكانية توفير التصميمات الحديثة التي تميل للتعقيد بتقنيات وخامات حديثة بسهولة وسرعة ، مثل تلك التصميمات.

شكل (١٤) يوضح صور لمجموعة من المناضد الجانبية بتصميمات متنوعة مصنعة بنفس التقنية
المصدر : الباحثة

٢- إمكانية تنوع طرق التشطيب النهائي للمنتج ليناسب جميع اذواق المستخدمين ، للخروج بمنتج قادر على المنافسة في السوق المحلية والعالمية للأثاث.

فتم توفير تصميمات بدهانات الدوكو بمختلف الألوان السادة والترخيم ، كما تم توفير تصميمات مشطبة بقشرة الخشب تضاهي تلك المنفذة بالخامات الطبيعية ، وتلك صور لبعض المنتجات التي تم تنفيذها بالفعل كنماذج لاستكمال الدراسة البحثية.

شكل (١٥) يوضح صور لمجموعة من المناضد الجانبية بتصميمات متنوعة والتي تم تنفيذها بنفس التقنية لاستكمال الدراسة البحثية.
المصدر : الباحثة

وبعد استعراض الجزء التطبيقي من التجربة البحثية يبقى البحث مقتضباً إذا لم ندرك دور التجربة في تحقيق مبدأ الاستدامة التي تبنته الدولة ، والذي يعد توجهاً عالمياً لا يمكن إغفاله في عملية الانتاج والتصنيع واستغلال الخامات المختلفة.

مفهوم الاستدامة Sustainability :

يرجع لفظ مصطلح الاستدامة إلى أصول لاتينية ، فكلمة الاستدامة (Sustain) مشتقة من اللفظ اللاتيني (sustinere) والتي تعني الحفاظ أو الدعم ، وهو مصطلح بيئي يعني بكيفية بقاء النظم الحية منتجة ومتنوعة مع مرور الزمن. والاستدامة بالنسبة للإنسان تعني القدرة على حفظ نوعية الحياة التي يعيشها على المدى الطويل ، مما يعني بدوره حفظ البيئة الطبيعية والاستخدام الأمثل والمسئول لمواردها الطبيعية. (عبد الصاحب العلوان، هدى ، ص٣٨)

كما تشير الاستدامة إلى استغلال الموارد الطبيعية المتعددة بطريقة تضمن عدم إهدارها وتوفيرها للأجيال القادمة ، لحماية مخزون الموارد الطبيعية القابلة للنفاذ مثل الأخشاب (موضوع البحث). (Katz, P, p. 26,28)

المحاور الأساسية للاستدامة :

للاستدامة ثلاثة محاور رئيسية يعدوا الركائز الأساسية لها ، وبإختلال أحدهم تتأثر الأهداف الرئيسية للإستدامة وهي:

- البيئة Environment
- الاقتصاد Economy
- المجتمع Society

ففكرة الإستدامة البيئية قامت في الأصل على ترك الأرض في حالة جيدة للأجيال القادمة وربما أفضل مما كانت عليه ، فإذا استمر الإنسان في نشاطه وأداءه دون إهدار موارد البيئة الطبيعية واستنزافها يصبح هذا النشاط مستدام طبيعياً ، ويتحقق ذلك عن طريق (محمد حمدي زكي، ص١٠٣) :

- قلة استهلاك الموارد الطبيعية.
- استخدام مواد قابلة لإعادة التدوير كلياً بعد الاستهلاك وتكون قابلة للتجديد ، فيتم تجميعها دون إحداث أضرار بالبيئة.

- إدارة الوقت والحفاظ على الطاقة.

وقد قدم البحث حلولاً تقنية من شأنها تحقيق مبدأ الاستدامة في توفير موارد الأخشاب الطبيعية وحمايتها من الاستهلاك والنفاذ ، فضلاً عن محاولة تجنبها لزيادة أسعارها بشكل ملحوظ في الآونة الأخيرة ، والذي بدوره جعل التفكير في بدائل لها أمراً ملحاً. إلا أن الجانب الأهم في هذا الأمر أن استخدام مادة الألياف الزجاجية " fiberglass " ينتج عنها بعض المخلفات ، فضلاً عن استعراض الطرق الآمنة للتخلص من تلك المخلفات والمنتجات المصنعة منها بعد التلف من الاستخدام ، وإعادة تدويرها للمحافظة على البيئة وإكمال منظومة التصميم المستدام لموضوع البحث. وهناك ثلاث طرق معالجة رئيسية تستخدم لإعادة تدوير الألياف الزجاجية وهي :

١- طحن الألياف الزجاجية :

وتتم هذه العملية عن طريق تقطيع المادة إلى قطع صغيرة ثم فرمها أو طحنها لإعادة استخدامها في منتجات أخرى. وجميع القطع التي يتم إعادة جمعها من هذه المادة يمكن استخدامها لإعادة التدوير ، فلا يتبقى منها أي مخلفات على الإطلاق. وهذه العملية تتلف الألياف الزجاجية ، لذلك لا يمكن استخدام مادة الألياف الزجاجية المعاد تدويرها بنفس طريقة استخدام الألياف الزجاجية الجديدة ، وتستخدم عادة كحشو في الخشب الصناعي أو الأسمنت أو الأسفلت.

(https://www.canadianyachting.ca)

شكل (١٦) يوضح صورة للألياف الزجاجية بعد التقطيع والطحن تمهيداً لإعادة تدويرها

المصدر : https://www.canadianyachting.ca/news-and-events/current/6065-is-fiberglass-recyclable-part-2-emerging-innovations-in-fiberglass-recycling

٢- حرق الألياف الزجاجية :

يستخدم الحرق أو "الأكسدة الحرارية" للمادة لتوليد الحرارة لأغراض أخرى ، مثل صنع البخار لتشغيل التوربينات التي تولد الكهرباء ، لكن الرماد المتبقي من عملية حرق الألياف الزجاجية تعد أحد النواتج الثانوية المزعجة ، والتي يصعب التخلص منها ويتم عادة إرسالها مباشرة إلى مكب النفايات.

وتنتج المعالجة الحرارية لرقائق الألياف الزجاجية بعض المواد العضوية من الراتينج ، حيث تحتوي معظم الألياف الزجاجية على ٢٥٪ إلى ٣٠٪ فقط من المواد العضوية ، لذا فإن محتواها الحراري منخفض ، ومحتوى الرماد مرتفع ، فالرماد هو في الأساس أكسيد الكالسيوم ، الذي يأتي من كربونات الكالسيوم والبورون وأكاسيد أخرى في الزجاج.

وتتلف الألياف الزجاجية بشكل عام بسبب الحرارة بهذه الطريقة من المعالجة أيضاً ، مما يجعلها مادة منخفضة القيمة ، على عكس اللدائن أو المعادن الأخرى التي يمكن إعادة تدويرها دون فقدان جودتها أو قيمتها.
(https://designedconscious.com)

٣- الانحلال الحراري للألياف الزجاجية :

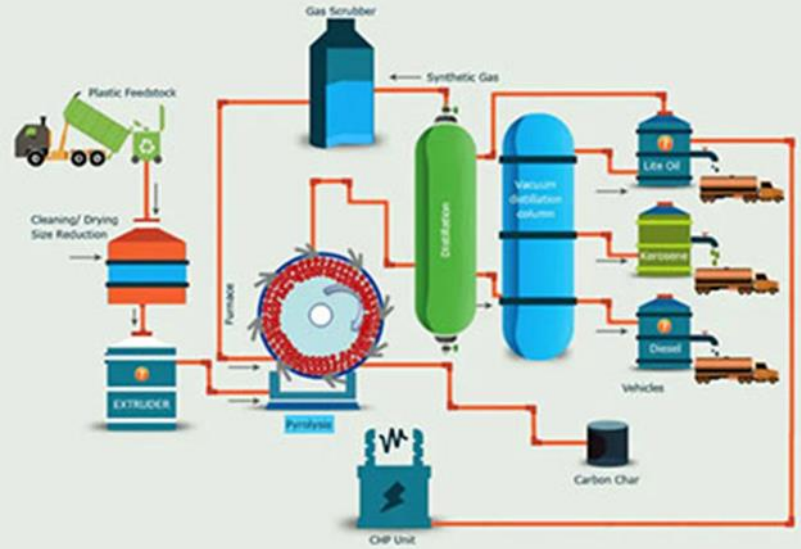
وتسمى بعملية التحلل الكيميائي ، أو تحويل المواد إلى مادة أو أكثر من المواد القابلة للإسترجاع عن طريق تسخينها إلى درجات حرارة عالية جدًا في بيئة مستنفدة للأكسجين - هذا يختلف عن الحرق الذي يحدث بالأكسجين- ، حيث تنقسم الألياف الزجاجية المتحللة حراريًا إلى ثلاث مواد قابلة للإسترجاع : (الغاز الحراري ، والزيت الحراري ، والمنتجات الثانوية الصلبة) ، وكلها مواد يمكن إعادة تدويرها.

وتتم عملية التحلل الحراري للألياف الزجاجية ، بتقطيعها إلى مربعات بحجم ٢ بوصة يتم تغذيتها في مفاعل الانحلال الحراري بواسطة مساعد تفريغ ، والذي يستهلك أيضاً معظم الأكسجين في الغلاف الجوي ، ثم يتم تسخين المفاعل إلى حوالي ١٤٠٠٠ فهرنهايت (٧٧٦٠ درجة مئوية) ، وعند حوالي ٥٠٠٠ فهرنهايت (٢٧٦٠ درجة مئوية) تتحلل الهيدروكربونات الموجودة في الراتنج إلى غاز ، ثم يُسحب الغاز ويُرسل عبر جهاز تنقية يعمل على فصله إلى غاز حراري وزيت حراري.

شكل (١٧) يوضح صورة لمفاعل الانحلال الحراري.

المصدر : https://www.canadianyachting.ca/news-and-events/current/6065-is-fiberglass-recyclable-part-2-emerging-innovations-in-fiberglass-recycling

والزيت الناتج يسمى البيروجاز وهو نظيف للغاية ، ويحتوي على طاقة مماثلة للغاز الطبيعي ، فيمكن بيعها كبديل للغاز الطبيعي ، وهي تغذي شعلات مفاعل الانحلال الحراري بحيث يكون النظام مستداماً ذاتياً. والبيروجاز يشبه النفط الخام الثقيل ، ولهذا السبب تكون قيمته أقل من النفط الخام العادي ، ولكن يمكن مزجه مع زيوت وقود أخرى أو دمجه في الأسفلت. ويشكّل الغاز الحراري والزيت الحراري حوالي ٢٥٪ من ناتج الانحلال الحراري بكميات متساوية تقريباً ، وهي خالية من عناصر مثل الكبريت ، والهالوجينات ، والفوسفور ، والمعادن الثقيلة ، أو غيرها من العناصر التي يمكن أن تسبب مشاكل بيئية ، فضلاً عن كونها تؤدي إلى أقل قدر من الضرر للألياف الزجاجية ، مما يجعلها أكثر قيمة لمصنعي الألياف الزجاجية.
(https://www.canadianyachting.ca)



شكل (١٨) يوضح تخطيط لنواتج الانحلال الحراري للألياف الزجاجية.

المصدر : https://www.canadianyachting.ca/news-and-events/current/6065-is-fiberglass-recyclable-part-2-emerging-innovations-in-fiberglass-recycling

النتائج :

- تحقيق مبدأ الاستدامة عن طريق خفض وتوفير المواد الخام الطبيعية للأجيال القادمة وإيجاد بدائل صناعية منافسة لها ومتفوقة عليها في ظل نقص الخامات الطبيعية وزيادة أسعارها.
- الوصول لآلية لإنتاج أثاث معاصر بخامات بديلة للخامات الطبيعية وسهولة الانتاج الكمي mass production بتلك التقنية.
- استغلال تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في تنفيذ الأفكار التصميمية الحديثة التي تميل للتعقيد والصعوبة في انتاجها بالبدائل الطبيعية.
- توفير الوقت والتكلفة في عملية التصنيع والانتاج.
- التحكم في الشكل النهائي للمنتج ليبدو كالمنتج المصنع بالخامات الطبيعية بل ويمتاز بكونه أكثر متانة وعمره الافتراضي أطول وأخف وزناً ، وفي الانتاج الكمي يصبح أقل سعراً.
- إعادة تدوير ومعالجة المخلفات الناتجة من إستخدام الألياف الزجاجية للمحافظة على البيئة وتحقيق مبدأ الاستدامة.

التوصيات :

- إعادة الربط بين التقنيات الحديثة وتصميم الأثاث وكيفية تحقيق مبدأ الاستدامة في تطوير صناعة الأثاث لتوفير الخامات الطبيعية.
- تحقيق الاستغلال الأمثل لإدارة الوقت والتكلفة لتحقيق الانتاج الكمي mass production مهما بلغت التصميمات من الصعوبة والتعقيد.

المراجع

المراجع العربية :

١- عبدالصاحب العلوان، هدى ، ياسمين حقي حسن بيك - "تناغم العمارة مع الطبيعة - التصميم المستدام نحو صحة ورفاه الإنسان" - مقالة ، مجلة الإمارات للبحوث والهندسة - المجلد ٢٢ - رقم١ - ١٥ فبراير ٢٠١٧م.

- Aleulwan, hudaa eabdalsaahib , yasmin haqiy hasan bik - "tanagham aleimarat mae altabieat - altasmim almustadam nahw sihat warafah al'iinsani" - maqalat , majalat al'iimarat lilbuhuth walhandasat - almujalad 22, raqam 1 - 15 fibrayir 2017

٢- حمدي زكي، محمد - أثر التكنولوجيا على تطور الفكر التصميمي للعمارة الداخلية – رسالة ماجيستير (غير منشورة) – قسم الديكور – العمارة الداخلية – كلية الفنون الجميلة – جامعة حلوان -٢٠١٤م.

- hamdi zaki, muhamad - 'athar altiknulujia ealaa tatawur alfikr altasmimii lileimarat aldaakhiliat - risalat majistir (ghayr manshura) - qism aldiykur - aleimarat aldaakhiliat - kuliyat alfunun aljamilat - jamieat hulwan -2014.

المراجع الأجنبية :

1− Undy, Steve. INTRODUCTION TO 3D PRINTING, Fort Collins Creator HUB, www. fortcollinscreatorhub.org

2− Redwood, Ben and others. The 3D Printing Handbook.Technologies, design and applications, Foreword by Tony Fadell, 3D HUBS.

3− Horvath, Joan. Mastering 3D Printing, MODELING, PRINTING, AND PROTOTYPING WITH REPRAP-STYLE 3D PRINTERS, Pasadena, California August 2014.

4− Katz, P, " The New Urbanism ", Mcgraw Hill Company , New York. 1994.

5− H. Lipson, M. Kurman, 1st Initial. , Fabricated: The New World of 3D Printing, 1st edition, Indiana: John Wiley & Sons, Inc., 2013.

6− E. Canessa, C. Fonda, M. Zennaro, Low-cost 3D Printing for Science, Education & Sustainable Development, 1st edition, : ICTP—The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, 2013.

7− K. France, Make: 3D Printing, 2nd ed., Gravenstein Highway North, Sebastopol: Maker Media,, 2014.

مواقع الإنترنت :

1- https://www.canadianyachting.ca/news-and-events/current/6065-is-fiberglass-recyclable-part-2-emerging-innovations-in-fiberglass-recycling

2- https://designedconscious.com/plastics-in-the-ocean/sustainability-news-stories/is-fiberglass-recyclable-who-is-recycling-fiberglass/amp/

3- https://www.youtube.com/watch?v=R7eUP4LjEM8