الاستفادة من تقنيات الطابعة ثلاثية الابعاد في اثراء ملابس السيدات

إعداد

أ.م.د/إيمان حامد محمود ربيع أ.م.د/ وئام محمد محمد حمزة

أستاذ الملابس والنسيج المساعد بقسم الاقتصاد المنزلي كلية التربية النوعية

جامعة طنطا– مصر

emanhammed@yahoo.com

weam.hamza@sed.tanta.edu.eg

مجلة البحوث في مجالات التربية النوعية

معرف البحث الرقمي DOI: 10.21608/jedu.2021.65390.1279

المجلد السابع العدد 34 . مايو 2021

الترقيم الدولي

P-ISSN: 1687-3424 E- ISSN: 2735-3346

موقع المجلة عبر بنك المعرفة المصري https://jedu.journals.ekb.eg/

موقع المجلة http://jrfse.minia.edu.eg/Hom

العنوان: كلية التربية النوعية . جامعة المنيا . جمهورية مصر العربية

الاستفادة من تقنيات الطابعة ثلاثية الابعاد في اثراء ملابس السيدات

د.ايمان حامد، د.وئام محمد

ملخص البحث:

تعد الطابعة ثلاثية الأبعاد من بين التقنيات الأكثر تقدمًا لإنتاج أجزاء بمواد مختلفة لأغراض ومجالات متعددة. وهدفت الدراسة الحالية إلى استخدام إمكانيات الطابعة ثلاثية الأبعاد في تنفيذ تصميمات ملابس نسائية والتعرف عليها بأنواعها وإمكانياتها وتقنياتها التي تؤهلها للاستخدام والتطبيق في مجال صناعة الملابس والنسيج كذلك الحصول على قيم فنية تشكيلية ملبسيه مبتكرة، لذلك تم إنتاج أربع تصميمات بتقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد ببرنامج (Blender 2.91) لإصدار 2020، وطابعة بروسا ستيل (prusa Steel) تستخدم البناء بالتّرسيب المنصهر (FDM) وهي الأكثر انتشاراً وكانت مادة الطباعة (PLA) وهي مادة بلاستيك قابلة للتحلل حيوياً و صديقة للبيئة وتم استخدام استمارة لتقييم التصميمات المنفذة تحت البحث (من إعداد الباحثتان) وجاء ترتيب التصميمات طبقاً لآراء السادة المحكمين هي التصميم الثالث ثم التصميم الأول ثم التصميم الثاني ثم الرابع، وقد يرجع ذلك إلى تعدد طبقات تنفيذ التصميم والألوان المستخدمة كذلك التوظيف الجيد للتصميم المنفذ بتقنية (ثلاثية الأبعاد) في أماكن الكورساج، مما يدل علي أن الطابعة ثلاثية الأبعاد من التقنيات الحديثة التي تتميز بإمكانيات فائقة يمكن الاستفادة منها في صناعة الملابس والنسيج وأن زيادة طبقات انتاج القطع المنفذة يزيد من الجانب الجمالي للملابس المنتجة ، و أنه يمكن استخدام الطابعة ثلاثية الأبعاد في تنفيذ ملابس قابلة للارتداء وتسمح بحرية الحركة كما تتفق وخطوط الموضة العالمية.

الكلمات المفتاحية: الطابعة الرقمية (الطابعة ثلاثية الأبعاد) – ملابس السيدات.

Using Digital Printing Techniques to Enrich Ladies' clothes

Abstract:

3D printer is among the most advanced techniques for producing parts with different materials for various purposes and fields. The objective of the study is to use the 3D printer's potential to implement women's clothes designs and to identify them, their types, capabilities and techniques that qualify them for use and application in the garment and textile industry, as well as to acquire innovative dress art values. So, four designs were produced with the 3D printer technology with(Blender 2.91) for 2020, and the(prusa Steel) printer using the fused deposition construction (FDM), which is the most widespread. The printing material (PLA) was biodegradable and environmentally friendly plastic, and a questionnaire was used to evaluate the designs carried out under the research (by researchers). The design arrangement according to the opinions of the Presiding Officers was third design, first design, second design, and the fourth design, possibly due to the many layers of design implementation and the colors used, as well as the good recruitment of the technical (three-dimensional) design in the corsage. This indicates that the 3D printer is a modern technology with great potential for garment and textile manufacturing and that increasing the layers of production of executed items increases the aesthetic aspect of the clothing produced. And that the 3D printer can be used to implement wearable clothing that allows free movement as consistent with global fashion lines.

Keywords: Digital printer (3D printer) - ladies' clothing.

المقدمة والمشكلة البحثية:

يشهد هذا العصر تطور هائل وسريع في التكنولوجيا، وأصبح لها العديد من الآثار في كافة مجالات الحياة، ومن أبرز آثار التكنولوجيا تطور أساليب الانتاج، والموضة كمنتج بكل ما تحمله من عمليات عقلية كوضع التصميم والابتكار وعمليات إجرائية لتنفيذ التصميم في صورة منتج نهائي (حسان، 2017) تأثرت بشكل كبير بالتطور التكنولوجي الحالي، فلم تكن الموضة بمنأى عن هذه الثورة، ومع رغبة المصممين الكبيرة لتقديم تصميمات مبتكرة لا يقدرون على الوصول إليها باستخدام الأقمشة التقليدية، ظهرت الحاجة إلى الطباعة ثلاثية الأبعاد واستخدامها في مجال الملابس والنسيج، التي جعلت من الممكن تحويل الأفكار الخيالية والمجسمات التي تدور في تصورات المصممين من مجرد فكرة بقلم رصاص إلى تصميم حقيقي ملموس يمكن ارتداؤه.

وتعد الطباعة ثلاثية الأبعاد أحد التطورات الحديثة في مجال تقنية التصنيع. ويُعرف هذا أيضًا بعملية تصنيع الإضافات أو عمل نموذج أولي سريع. والاسم الأصلي هو Rapid Proto آلة الكتابة التي تم تطويرها لتقليل الدورة الزمنية لتطوير المنتج والآن أصبحت تعرف بآلات الطباعة ثلاثية الأبعاد. وتقوم آلة الطباعة الثلاثية الأبعاد بطباعة منتج ثلاثي الأبعاد بشكل تدريجي بناءً على الأوامر من ملف رقمي تم إنشاؤه باستخدام برنامج CAD. (Shaw, 2016).

ويجب تحويل هذا الطراز إلى تنسيق ملف(Stereolithography) STL ، حيث يقوم برنامج متخصص بتقسيم النموذج أفقياً لإنتاج مقاطع عرضيّة للجسم لكل ارتفاع يتم نقله من الكمبيوتر إلى الطابعة الثلاثية الأبعاد. وتمثل هذه الشرائح المحيط ثنائي الأبعاد للنموذج، والذي إذا تم وضعها معاً، فسوف يتشكل الجسم الأصلي ثلاثي الأبعاد. بالإضافة إلى ذلك، يمكن اختيار سمك الطبقات، وهذا يعني في الأساس دقة الطباعة. (Campbell & Christopher, 2011).

وهناك العديد من تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد، والتي تستند جميعها إلى مبدأ مختلف من مبادئ الهيكل ثلاثي الأبعاد. وتعتبر تقنية "نمذجة الترسيب بالمنصهر " (FDM)هي التقنية المستخدمة على نطاق واسع. ويعود سبب ذلك إلى أنها ذات

تكلفة منخفضة وسريعة وتوفر مجموعة كبيرة من المواد والأدوات المتينة والقوية (Turner, Strong, & Gold, 2014).

ويستخدم هذه التقنية عدد كبير من المهنيين مثل المهندسين والمصممين والمعلمين، ويمكنهم إنشاء أي نموذج أولي أو منتج لتلبية احتياجاتهم. ويستخدم ذلك على نطاق واسع في صناعات الفضاء الجوي والطيران والسيارات والصناعات الطبية والأحذية كما يستخدم المصممون هذه التقنية في تنفيذ مكملات الملابس، والملابس.(Shaw, 2016).

ومن مميزات الطابعة ثلاثية الأبعاد عن غيرها من تقنيات التكوين والتصنيع أنها توفر حلول أسهل وأسرع واقل تكلفة، كما أنها تتيح تصميم تكوينات معقدة تحتاج إلى تداخل الكثير من عمليات التصنيع العادية. (الحوسني، 2019).

ومؤخرا استخدمت الطابعة ثلاثية الأبعاد في صناعة المجوهرات والملابس كما استخدمت في صناعة الأحذية بالشكل والحجم المطلوب وأيضا في صناعة القبعات والحقائب وكل ما يتعلق بالموضة (دومة، أرحومة، إسماعيل، و أبو كراع، 2019) .

ومع استمرار تقدم وتطور تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد وسيطرتها على آخر أخبار عالم الصناعة يتجه الكثير من المصممين إلى استخدامها فيما لا يمكن صناعته في عالم الموضة بالطرق التقليدية. حيث توفر الطابعات ثلاثية الأبعاد الآن امكانيات متنوعة، فهي قادرة على صنع ملابس واكسسوارات أيضاً. وقد أخذت صناعة الموضة والأزياء الصدارة في استخدام الطابعة ثلاثية الأبعاد في تصميم و تنفيذ الملابس الراقية، وذلك بسبب تميز مجال صناعة الأزياء بحب التجربة وتجديد وتنويع مصادر التصميم (عبد الله، 2016).وكانت مصممة الأزياء الشابة " Zoe Dai" من أوائل الذين استخدموا الطابعة ثلاثية الأبعاد في صناعة الموضة عندما صممت وصنعت حذاءً نسائياً بالاعتماد على هذه التقنية غير أن الحذاء الذي صنعته يصلح لمعرض فني وليس للاستعمال اليومي، واعتمدت زوي في إنجاز مشروعها على نوعين من الطابعات الذكية وهما EOS وFDM، كما قامت مصممة الأزياء الهولندية" Iris Van Herpen "والتي تعد من الرائدات في هذا

المجال ،مؤخرا بعرض أول مجموعة فساتين بدون تفصيل وخياطة وإنما مصنوعة بطابعة ثلاثية الأبعاد، حيث قامت طابعات موصولة بحاسبات بتكوين هذه الفساتين بشكل ثلاثي الأبعاد. فبدلاً من الورق تقوم هذه الطابعات بتشكيل الأجسام ثلاثية الأبعاد باستخدام مواد بلاستيكية أو بوليمر او جص أو مواد أخرى مسيلة في تكوين المنتج طبقة فوق طبقة(https://edelscope.com, 2013) .(https://www.dezeen.com, 2013)

ولمواكبة التطور السريع في تكنولوجيا تنفيذ وانتاج الملابس، وفي محاولة لإثراء مجال تصميم وتنفيذ ملابس السيدات قامت الباحثتان بدراسة إمكانيه استخدام الطابعة ثلاثية الأبعاد في تصميم وتنفيذ تصاميم مقترحة للملابس الخارجية للسيدات صالحة للارتداء.

أهداف البحث:

1. استخدام إمكانيات الطابعة الثلاثية في تنفيذ تصميمات ملابس نسائية.
2. التعرف على الطابعة ثلاثية الأبعاد بأنواعها وإمكانياتها وتقنياتها التي تؤهلها للاستخدام والتطبيق في مجال صناعة الملابس والنسيج.
3. الحصول على قيم فنية تشكيلية ملبسيه مبتكرة بتقديم تصميمات منفذة باستخدام إمكانيات وتقنيات الطابعة ثلاثية الأبعاد.

أهمية البحث:

1- إيجاد فرص أكثر للإبداع والابتكار في مجال تصميم وتنفيذ الملابس باستخدام الطابعات ثلاثية الأبعاد.

2- مواكبة التطور التكنولوجي السريع في تنفيذ الملابس وتوفير المعلومات اللازمة لمصمم الأزياء لتطوير تصميماته لتلائم أحدث التقنيات.

3- توضيح أهمية استخدام التقنيات الحديثة في إثراء صناعة الملابس.

4- الارتقاء بالممارسة الإبداعية في مجال تصميم الأزياء من خلال إيجاد مداخل جديدة للرؤى الفنية.

فروض البحث:

1- يمكن استخدام الطابعة ثلاثية الأبعاد في ابتكار وتنفيذ تصميمات ملبسيه نسائية قابلة للارتداء.

2- يوجد فرق دال إحصائياً بين آراء المحكمين في تقييم التصميمات المنفذة باستخدام الطابعة الثلاثية الأبعاد.

3- يوجد فرق دال إحصائياً بين المتوسطات الوزنية للتصميمات المقترحة وبعضها.

حدود البحث:

الحد الموضوعي: الطابعة ثلاثية الأبعاد (مفهومها- أنواعها – أجزاء الطابعة – طرق الطباعة – آلية عملها – برامج التصميم المستخدمة – تطبيقاتها – مميزاتها).

الفئة المستهدفة: (ملابس خارجية للسيدات من عمر 25 حتى 40).

منهج البحث:

تم استخدام المنهج التحليلي لدراسة أسلوب الطباعة ثلاثية الأبعاد وطريقة عملها واستخداماتها، ثم المنهج التجريبي لتنفيذ التصميمات الملبسية المقترحة باستخدام الطابعة ثلاثية الأبعاد.

مصطلحات البحث:

-الطباعة الرقمية ثلاثية الأبعاد:

التعريف اللغوي: **طباعة:** مصدر طبع، طبع علي، طبع النسخ المتعددة من الكتابة أو الصور بواسطة الآلة. **الرقمية:** (مفرد) اسم مؤنث منسوب إلى رقم، لغة رقمية، لغة تعد خصيصاً طبقاً لقواعد معينة لتستخدم في الحاسبات الالكترونية كوسيلة للعمل بها. **ثُلاثيّ الأبعاد:** متكوّن من ثلاثة أبعاد ، طول وعرض وارتفاع (عمر، 2008).

التعريف الاصطلاحي: هي عبارة عن مجموعة من عمليات صناعية يستخدم فيها مواد تصنيع مختلفة وتتم بطريقة تسمي طريقة الطبقة فوق الطبقة أو عملية التصنيع

بالإضافة وهي طريقة لصناعة نماذج ثلاثية الأبعاد حيث يمكن خلق نموذج كامل في عملية واحدة. (Kamran & Saxena, 2016) .

التعريف الاجرائي: تعرفها الباحثتان على أنها طباعة طبقات متعددة لإنتاج مجسم تبعاً لنظام حاسوبي متخصص في تصميم الأجسام المتحركة بخطوة واحدة وزمن أقل للتنفيذ.

-ملابس السيدات:

-التعريف اللغوي: **ملابس:** ألبس علي يلبس، إلباساً، فهو ملبس، ألبسه ثوباً ونحوه: كساه إياه، غطاه به. **السيدات:** السيدة(مفرد): كل امرأة متزوجه، وهو لقب يطلق على المرأة تعبيراً عن الاحترام. (عمر، 2008)

-التعريف الاصطلاحي: الملبس هو مصطلح يطلق على كل ما يتعلق بالكساء وفنون استخدامه. (سالمان، حمودة، و الششتاوي، 2016).

- التعريف الاجرائي: تعرفها الباحثتان على أنها الملابس التي تتميز بتصاميم وألوان خاصة بالسيدات، وهي إحدى أهم الأساسيات التي يُعنى باختيارها بحرص، كونها تعكس جمال مظهرهم الخارجي، وتعبر في الوقت نفسه عن أذواقهم.

الدراسات السابقة:

أشارت دراسة (Liu, Wang, Yanqing, & Beicheng, 2019) إلي أن تكنولوجيا نمذجة الترسيب المنصهرة (الطباعة ثلاثية الأبعاد) تستخدم على نطاق واسع في صناعة الفضاء الجوي وصناعة السيارات والأدوات المنزلية الذكية والأدوات المكتبية ووسائل المساعدة في التدريب والهدايا الإبداعية لاستخدامها السهل، والتشغيل البسيط، وانخفاض التكلفة، وهدفت الدراسة إلي تعديل خواص (PLA) والتي يتم تطبيقها على نطاق واسع في تكنولوجيا (الطباعة ثلاثية الأبعادFDM) لتحقيق نقطة انصهار منخفضة لها ، وجعلها غير سامة، ولا تسبب تهيج، وجعلها أيضا متوافقة بيولوجيا بشكل سليم. وقد كانت النتائج لها أهمية في تحسين الخصائص الكاملة، وتعزيز التطبيقات الوظيفية، وتوسيع وإثراء تطبيقات الأجزاء المطبوعة بالأبعاد الثلاثية، وأضافت دراسة (Zsidai , Muammel , & Marczis, 2020)أن تقنية Modeling (FDM) المستخدمة حاليًا تعد أكثر

تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد استخدامًا، ولتحسين خواص الطباعة ثلاثية الأبعاد تم إجراء اختبار مقاومة الشد لاثنان وسبعون قطعة اختبار من البوليمرات المستخدمة وتقييمها، وفحص الخصائص الميكانيكية لها. أما دراسة(Abdel Baky, 2020) فوجدت أن مشاكل الحفاظ على التراث الأثري تزداد، وقد بدأ العلماء في البحث عن طرق جديدة غير تقليدية للمحاكاة وإعادة الإنتاج والحفاظ عليه، لهذا زاد الاهتمام بالتصنيع الرقمي، وقد ناقش البحث إمكانية اعتماد نماذج تصميم تحاكي الأثاث التراثي من خلال الحاسوب. ويتم إنتاجها وإعادة تصنيعها رقمياً مرة أخرى. وقد اختيرت عينات من قطع أثاث تاريخية تم فيها تطبيق طريقة النمذجة الرقمية عليها مع مراعاة تنوع هذه العينات من حيث الفترة التاريخية بين المصرية القديمة والكلاسيكية، وتم استخدام النماذج الرقمية لمحاكاة الأثاث الكلاسيكي وإعادة تدويره رقمياً. وسعت دراسة (Salem & Mohammed, 2019) إلى إيجاد نقطة انطلاق جديدة لإنتاج الأعمال الفنية للطباعة في خط إنتاج للأثاث من خلال توسيع المفاهيم للرؤية والتأكيد على كيفية استغلال الأساليب التكنولوجية الحديثة وتوصل البحث إلى انه يمكن الاستفادة من الخواص البلاستيكية للطباعة الرقمية كتقنية رقمية في عملية تطوير تركيبات مبتكرة من المنتجات المطبوعة مناسبة لإنتاج الأثاث، ومن نفس المنطلق وجدت (مرغم، 2018) أن مصمم الأثاث في حاجة إلى تبني استراتيجيات جديدة وبدائل غير تقليدية ،أو لا منطقية نابعة من تطور التقنيات الحديثة والتحول الرقمي المرتبط بكل فروع العلم ،تمكنه من تنمية مهارات التفكير الإبداعي، وتوصلت لأهمية استخدام الطباعة الرقمية ثلاثية الأبعاد في زيادة قدرة المصمم على الابداع خارج حدود المنطق. لذا وجدت دراسة (حسين و محمود، 2016) أنه من الضروري عمل دراسة تحليلية لكل نوع من أنواع الطابعات ثلاثية الأبعاد على حدة للتعرف على نوع الطابعة المناسب لتصميم وحدة الأثاث المطلوب تنفيذها، وتوصلت إلى إمكانية تنفيذ التصميمات المعقدة باستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد بكميات كبيرة (إنتاج كمي، وبشكل متناهي في الدقة والذي يقضي على مشاكل التجميع في وحدات الأثاث الكبيرة الحجم ، وإنتاج أثاث بلا لحمات (قطعة واحدة)،خفيف الوزن بسبب وجود تفريغ داخلي في المنتج مع الحفاظ على

متانته وجودته. كما أكدت دراسة (عبد النبي ، 2017) أيضاً على أن الريادة في الفكر الإبداعي لا تأتي إلا باستخدام التكنولوجيا المستحدثة كمنطلق لكل جديد، وذلك بعد استخدامها للطباعة ثلاثية الأبعاد في مجال صناعة الزجاج المستخدم في خدمة المجتمع. أما دراسة (Yap & Yee, 2014) فاهتمت بالمنتجات التي يستخدمها الأفراد في مختلف أسلوب حياتهم على اعتبار ان ذلك يعكس حياة الأفراد ويعبر عن الهوية الشخصية. كالديكور المنزلي والمعدات الرياضية والآلات الموسيقية والأزياء. وناقشت جدوى استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد للمنتجات التي تمثل نمط الحياة للأفراد" فلكل فرد ذوق خاص به"، وخاصة منتجات الأزياء القابلة للارتداء، من حيث جوانب عمليات التصميم وكذلك عمليات التصنيع لتنفيذ الأزياء القابلة للارتداء. وتوصلت الي أنه يمكن بسهولة استخدام الطابعات ثلاثية الأبعاد لدمج الإبداع وتخصيص اللمسات الخاصة بأنماط الحياة الفردية. وهدفت دراسة (Kim, Jin-ah, & Jang, 2015) إلى توضيح القيم الجمالية بين عواطف الإنسان والتعبير عنها بطريقة تكنولوجية بطريقة عصرية، حيث تقوم بتحليل الخصائص التكوينية التفاعلية القائمة على السرعة للتعبير المجرد باستخدام المكونات المعمارية وصور الكون والهياكل الموضوعية من خلال صور الفضاء التي تتداخل مع الأشكال البشرية وتعتمد في ذلك على مبادئ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد ووجهة نظر الجماليات الميكانيكية. وتوصلت الدراسة إلى انه يمكن لتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد أن تكون مبدعة في مجال الأزياء، وأن تعرض صورًا سريعة للأسلوب التكنولوجي الجديد من خلال العديد من الأعمال الخاصة بالأزياء مع التطوير المستمر للتقنيات.

الدراسة النظرية:

مفهوم الطباعة ثلاثية الأبعاد:

الطباعة ثلاثية الأبعاد تعد أحد أشكال تكنولوجيا التصنيع، يتم فيها تكوين جسم ثلاثي الأبعاد بوضع طبقات رقيقة متتالية من مادة ما فوق بعضها البعض. وتتيح الطابعات ثلاثية الأبعاد للمطورين القدرة على طباعة أجزاء متداخلة معقدة التركيب، كما يمكن صناعة أجزاء من مواد مختلفة وبمواصفات ميكانيكية

وفيزيائية مختلفة ثم تركيبها مع بعضها البعض، وتنتج الطباعة ثلاثية الأبعاد نماذج تشابه كثيراً منظر وملمس ووظيفة النموذج الأولي للمنتج، وتعتبر الطابعات ثلاثية الأبعاد في العادة أسرع وأوفر وأسهل في الاستعمال من تكنولوجيات التصنيع الأخرى (دومة، أرحومة، إسماعيل، و أبو كراع، 2019).

أنواع الطابعات ثلاثية الأبعاد:

1-طابعات الليزر مثل الطابعات التي تعمل عبر تقنيات SLS، SLM

2-طابعات الثرموبلاستيك أو البناء بالترسيب المنصهر (FDM) وهي الأكثر انتشاراً والتي تم استخدامها في تنفيذ تصميمات البحث المقترحة.

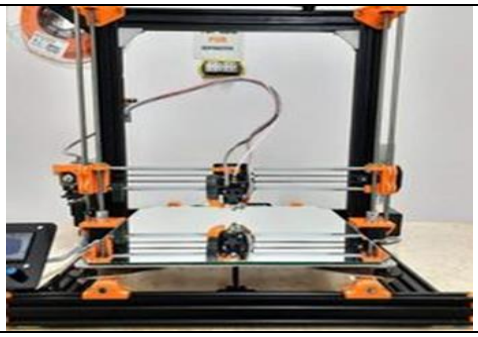
3-الطابعات الضوئية مثل الطابعات التي تعمل عبر تقنيات SLA، DLP (شلتوت، 2016)، (Kamran & Saxena, 2016).

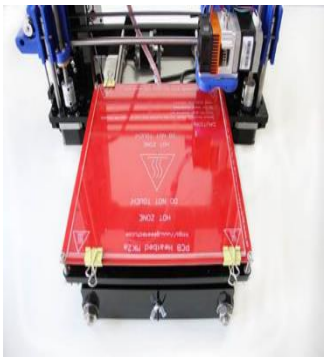
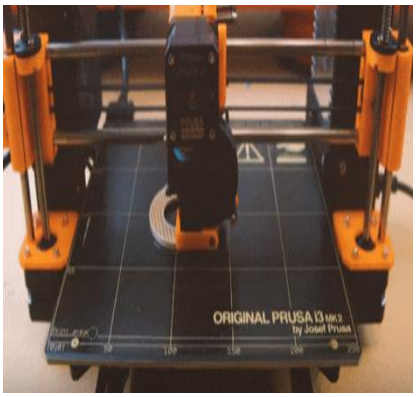
أجزاء الطابعة ثلاثية الأبعاد (طابعات الثرموبلاستيك):

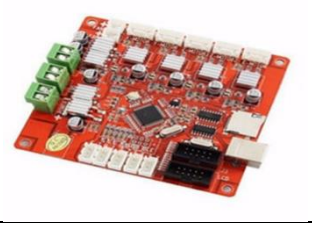
(https://geeksvalley.com/tutorials/، 2021)

أجزاء الطابعة (طابعات الثرموبلاستيك) موضحة بالجدول التالي:

جدول (1) يوضح أجزاء الطابعة ثلاثية الأبعاد الثرموبلاستيك

صورة للطابعة ثلاثية الأبعاد الثرموبلاستيك	
أجزاء الطابعة ثلاثية الأبعاد	

الهيكل	الهيكل هو الإطار الخارجي الذي يربط جميع أجزاء الطابعة معاً، ويصنع من الألومنيوم، الخشب، أو الحديد، أو الفولاذ المقاوم للصدأ ويكون إما مفتوح أو مغلق. ويجب أن يكون هيكل الطابعة صلبا وقويا للطباعة بشكل دقيق. فإذا زادت السرعة عن حد معين فإن الطابعة تبدأ بالاهتزاز مما يؤثر على نتائج الطباعة.	
منصة البناء	وهو سطح مستوي لبناء المجسمات المطبوعة عليه. ويسمى هذا السطح عادة منصة البناء. بعض الطابعات لديها منصة طباعة ساخنة، والبعض الآخر تحتوي على منصة زجاج أو لوحة أخرى غير ساخنه، وتختلف في مقاساتها من 20x20 إلى 30x30.	
الأجزاء المتحركة	مجموعة من المحركات الخطوية حيث يتم ربطها بمسامير أو حزام أو غيرها من النظم المعلقة على البكرات لبناء النموذج ثلاثي الأبعاد. ويجب أن تتحرك في ثلاثة أبعادX ، Y، Zلبناء النموذج ثلاثي الأبعاد. لذلك هناك 3 إلى 4 محركات خطوية والتي تستخدم لإعطاء الحركات إلى هذه المحاور. فتتحرك المنصة في اتجاه Y وتحرك الفوهة بتجاه X و Y أو تتحرك المنصة في اتجاه Z وتتحرك الفوهة في اتجاه	

	Xو Y ، ويوجد لكل اتجاه محرك ويستخدم محرك واحد آخر لدفع المادة (الخيوط) باتجاه الفوهة الساخنة.	
الكترونيات التحكم	وهي معالجات دقيقة متوافقة مع أنظمة تحكم بسيطة جدا، وهي المسؤولة عن تشغيل جميع تلك المكونات والتحكم فيها.	
الطارد/البثق	وهو الجزء المسؤول عن سحب المادة الخام وصهرها ومن ثم نفثها إلى منصة البناء، وأغلب الطابعات بها طارد واحد لذلك يكون طباعة المجسم باستخدام لون واحد (أو خامة واحدة) فقط. ولكي نستطيع تغيير اللون أثناء الطباعة يجب إيقاف الطابعة واستبدال بكرة الأسلاك بلون آخر (أو مادة أخرى). في حين بعض الطابعات الأخرى، تحتوي على طاردين اثنين، فتكون قادرة على طباعة المجسمات باستخدام اثنين من المواد (أو لونين)	
الفوهة (Nozzle)	هي واحدة من القطع الأكثر أهمية في الطابعة، وهي قابلة للتبديل، ويختلف قطرها حسب حجم المنتج ودقة وسرعة الإنتاج وتحتوي على ثقب صغير لخروج المادة المنصهرة.	

المحرك الخطوي	وظيفته سحب المادة الخام ودفعها إلى أنبوبة التسخين عن طريق ترس التدوير يتم التحكم في المحرك من لوحة التحكم لتعيين مقدار الكمية المراد سحبها وسرعة السحب والانصهار ومقدار التراجع.	
السخان	يقوم برفع حرارة المادة الخام لدرجة الانصهار ليسهل صبها. ويحتاج السخان إلى حساس للحرارة للتحكم ومعرفة درجة الحرارة من لوحة التحكم،	
أنبوبة التسخين	يتم دفع المادة الخام فيها عن طريق المحرك لتصل إلى السخان. وهي مهمة جدا لضمان أن الحرارة لا تنتقل إلى البلاستيك وتقوم بصهره قبل أن يصل إلى الفوهة. وتسمى هذه الظاهرة بزحف الحرارة وتسبب التكدس خاصة مع PLA .	
المبرد أو المروحة	تعمل هذه المروحة كلما كانت النهاية الساخنة دافئة، فتصميم أنبوبة التسخين وحده غير كافي فالأنبوبة تحتاج غالبا إلى تبريد لضمان صلابة الجزء الذي فوقها وعدم تأثره بحرارة السخان.	

مواد حبر الطباعة ثلاثية الأبعاد: Jackson Beau015،)

هناك مدى واسع لأنواع مواد الطابعة ثلاثية الأبعاد، والتي يتم توفيرها في مختلف الحالات، (المسحوق، والخيوط، والحبيبات، والراتنج، والكريات)، وقد يتم تطوير بعض تلك المواد وفقاً لنوع الطابعة أو نوع التطبيق المستخدمة لأجله ومن أشهر تلك المواد

المستخدمة:(النايلون أو البولي آميد، ABS، المعادن، PLA،Lay Wood ،السيراميك، الورق، المواد الحيوية، الأطعمة).
(Jackson, 2015)

طرق الطباعة ثلاثية الأبعاد:

1. **طريقة البناء بالترسيب المنصهر (Fused Deposition Modelling)**: تعمل بأسلوب الطباعة بالانصهار. وتستعمل البلاستيك المصهور، ما يعني أنها تتطلّب درجة حرارة عالية. وتستخدم مواد بلاستيكية حرارية عن طريق نفثها خلال نافث أو قاذف. لعمل الطبقة الأولى للمنتج، وتكون رقيقة تماماً. وبعدها، تضيف الطابِعة طبقة فوقها، فيصبح لها ارتفاعاً معيناً، ثم ترتصف الطبقات تدريجياً فوق بعضها بعضاً، إلى أن يظهر المنتج المراد صنعه.
2. **طريقة التلبيد الانتقائي بالليزر (Selective laser sintering SLS)**: تستخدم أشعة الليزر كمصدر للضوء والمادة التي يطبع بها النموذج تكون بصورة مواد مسحوقة. إذ تسقط أشعة الليزر على مرآتين صغيرتين تتحركان على محورين أفقيين، فينعكس خط أشعة الليزر على سطح مملوء بالمسحوق التي تتحول إلى بلورات فور تعرضها لضوء الليزر. وبذلك تتكون الطبقة الأولى، ثم تضاف إليها بقية الطبقات تباعاً، إلى أن يظهر المنتج المطلوب في شكل كامل.
3. **طريقة البلمرة الضوئية (Stereo lithograph)**: تعتمد على طباعة الأجسام والنماذج باستخدام خزاناً مليئاً براتنج سائل ضوئي التبلمر، مثل مادة الريزن الحساسة للضوء. وتختلف هذه التكنولوجيا عن سابقتها بأنّها تعتمد على إسقاط صورة ضوئية بلون واحد مسلطة على سطح الطباعة لمدة زمنية معينة، كي يستنسخ الشكل النهائي للمنتج المطلوب، بصورة تدريجية. (Shaw, 2016)، (دومة، أرحومة، إسماعيل، و أبو كراع، 2019).

آلية عمل الطابعة ثلاثية الأبعاد (طابعات الثرمويلاستيك):

أولا: تصميم المنتج:

_يتم تصميم المنتج باستخدام أحد برامج التصميم ثلاثية الأبعاد مفتوحة المصدر، والتي تعمل على أي نظام تشغيل، مثل :(plender,Open SCAD,Tinker CAD,)، وبعد الانتهاء من التصميم يتم حفظ الملف بصيغة (.STL)، وهي الصيغة المدعومة في الطابعة ثلاثية الأبعاد.

ثانياً: تحويل التصميم إلى كود تفهمه الطابعة (G Code):

الطابعة ثلاثية الأبعاد هي عبارة عن آلة ميكانيكية، متصلة بجزء إلكتروني G (Code)، وهو المتحكم في حركة الآلة بالكامل، والتي لا تفهم معنى هذه التصاميم إلا باستخدام برامج وسيطة تحول هذه التصاميم إلى كود يفهمه المتحكم (الجزء الإلكتروني)، وهو عبارة عن ملف يحتوي على جميع أوامر الطابعة مثل (درجة حرارة انصهار المادة الخام، عدد الطبقات، سمك الطبقة، كمية المادة الخام، حجم المجسم، عدد النسخ المطلوبة، سرعة ودقة الطباعة).

ثالثا: تجهيز الطابعة وتحميل الجي كود للطابعة:

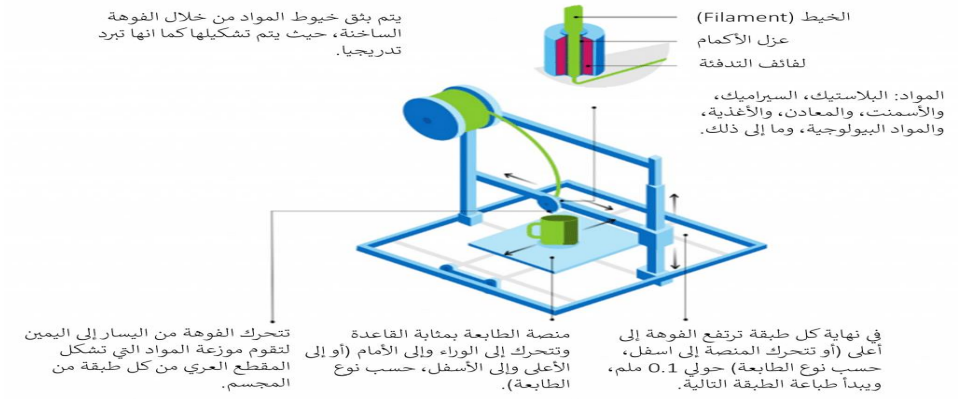
يتم توصيل الطابعة بالحاسب الآلي، ونقل ملف الجي كود باستخدام أحد البرامج، وذلك للتمكن من التحكم في الطابعة أثناء التشغيل، ثم البدء في تسخين الطابعة لإدخال المادة الخامFilament، ثم ضبط نقطة البداية وتثبيت سطح الطباعة جيداً.

رابعاً: عملية الطباعة نفسها:

تقوم الطابعة برسم وتحديد الإطار الذي ستعمل فيه، ثم تكوين الطبقة الأولى، يليها باقي الطبقات تباعاً.

خامساً: تشطيب الطباعة:

مثل إزالة المسحوق المتبقي، وغسل الجسم المطبوع، كما يمكن تلوين المجسم بألوان أخرى وفقاً للتصميم. (Kerbelis, 2014).



شكل (1) طريقة عمل الطابعة ثلاثية الأبعاد (https://geeksvalley.com/tutorials/, 2021)

برامج التصميم ثلاثي الأبعاد:

يوجد العديد من برامج التصميم ثلاثي الأبعاد، وجاء ذلك لتلبية احتياجات صناعية في مجالات مختلفة كالطيران، النقل، تصميم الأثاث أو الأقمشة والأزياء وأشياء أ خري كثيرة، ويتم تقسيم النموذج ثلاثي الأبعاد لجعله قابلاً للطباعة ثلاثية الأبعاد من خلال شرائح إلى مئات أو آلاف الطبقات الأفقية باستخدام برنامج التقطيع، وتم تصنيف البرامج ذات الفئات المختلفة بناء على نمط التصميم ثلاثي الأبعاد كالتالي:

1- **برامج النمذجة الصلبة:** تجمع بين الأشكال الهندسية المختلفة لإنشاء كائنات جديدة، ويستند إلى نهج الطبقات، ويلائم ذلك التصاميم الهندسية ويصعب معه إنشاء كائنات عضوية (مثل الأشخاص والحيوانات وغيرها) مثل برنامج Tinkercad، Fusion360.

2- **برامج النمذجة الحرة ثلاثية الأبعاد: برنامج** (Free Cad) وهو سهل التنقل وتعديل النموذج من خلال التصفح في محفوظات النموذج وهو من البرامج المجانية التي تؤكد على الدقة مع انعدام حرية التصميم.

3- **برنامج ZBrush:** يوصف البرنامج بأنه أداة تفكيك الأدوات الرقمية، ويستخدم هذا البرنامج لتصميم المنحوتات والتماثيل وشخصيات الألعاب وأي شكل عضوي (Twaij & Imad, 2020) .

أشهر برامج التصميم الخاصة بالطابعات ثلاثية الأبعاد

-Inventor-3D studio Max- Form Z-3D Studio Viz-COSMOS-
-Benley Triforma-Magics e-RP-AutoCAD-LightWave 3D-Alias
-Randrop GeoMagic- CATIA-MicroStation-Blender-Maya
Pro/ENGINEER-Mimics (Negis، 2015)، (Bhandari، 2014)

تطبيقات الطباعة ثلاثية الأبعاد:

في مجال العلوم: باستخدام المواد الحيوية كمواد خام للطباعة، يجرى البحث على الأنسجة الحية لتطوير التطبيقات الخاصة بطباعة الأعضاء البشرية سواء للزرع، أو استبدال الأنسجة الخارجية للجسم، وفي مجال طب الأسنان. كما تم صناعة نماذج خاصة بالأعضاء البشرية كالأطراف الصناعية، كما استخدمت في صناعة الأجهزة والأدوات الطبية، واستخدمت أيضاً في المشاريع الهندسية بشكل دقيق وسريع كهياكل البيوت والمباني والكباري وغيرها، وتم ايضاً استخدامها في مجال التعليم لإنتاج النماذج التعليمية للأعضاء البشرية والترب الزراعية وعلوم الفضاء وغيرها من النماذج التعليمية.

في مجال الصناعة: وتُمكن هذه التكنولوجيا المنظمات الصناعية من إنتاج النماذج الأولية للمنتجات والتأكد من التصميمات والتي تؤدي لتبسيط وتسريع عمليات تصميم وتصنيع المنتجات الجديدة ، كما يمكن أن يدعم التصنيع بإضافة فكرة المصنع الذكي من خلال السرعة في الإنتاج والحرية في التصميم وتقليص الفاقد والتالف في المنتجات (كامل، 2019) .وتم استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في صناعة قطع غيار الطائرات والمركبات الفضائية وفي صناعة السيارات وقطع غيارها والاطارات، وفي صناعة هياكل الريبوتات والإلكترونات، وفي صناعة السيراميك. ومؤخرا تم استخدام الطابعة ثلاثية الأبعاد في انتاج بعض الأطعمة (Matias, 2015)، حيث يتم استخدام الأطعمة باعتبارها مواد لحبر الطباعة ،وأشهر هذه الأطعمة هي الشكولاتة، والمكرونة، واللحوم ،والسكر، ويتوقع انتاج أطعمة كاملة ومتوازنة باستخدام تلك الطابعة مستقبلاً. (Jackson, 2015) ،أما في صناعة الأثاث فالطباعة ثلاثية الأبعاد تختصر مراحل

الإنتاج المتعددة مما يؤدي الى تنفيذ المنتج بمنهى الدقة والجودة والمتانة، و في أقل وقت ممكن ودون الحاجة إلى عمالة كثيرة (حسين و محمود، 2016).

في مجال الفنون: تم استخدامها في مجال النحت وصناعة التحف والهدايا المعقدة، كما تم استخدامها في مجال صناعة الملابس والأحذية بالشكل والحجم المطلوب وكذلك القبعات والحقائب (Matias, 2015)، كما تم استخدامها في صناعة المجوهرات وكل ما يتعلق بالموضة، حيث يمكن بالطابعة ثلاثية الأبعاد صناعة الملابس ومكملاتها والمجوهرات بعد تصميمها بشكل سريع وبتكاليف أقل. (Košak, Marjeta Čuk, & Tanja Nuša, 2020)، (Yap Y. W., 2014).

مميزات الطباعة ثلاثية الأبعاد: (Salem & Mohammed, 2019)

1. اختصار الوقت والجهد، حيث لا تستخدم أدوات أو أجهزة كثيرة، وهي ذات دورة انتاج قصيرة جدا.
2. تساعد في تصنيع المنتجات المركبة وذات التعقيد الشكلي والمادي، وبتكلفة أقل بالنسبة للأشكال المعقدة.
3. تمنح حرية التصنيع دون أي صعوبات، لا توجد حدود لمدى تعقيد التصميم.
4. سهولة تعديل التصميم. وامكانية نسخ التصميمات باستخدام نظام مسح ضوئي.
5. امكانية 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.
6. الطباعة ثلاثية الأبعاد ذات نظام استرجاع متكامل للخامات.
7. تتفوق طريقة الطباعة الثلاثية على طرق التشكيل التقليدية وذلك أن مكونات المنتج في طريقة الطباعة الثلاثية تنافس أداء مثيلاتها التي صنعت بطرق التشكيل التقليدية.

عيوب الطباعة ثلاثية الأبعاد:

1.زيادة حجم المجسم في أحيان كثيرة عن حجم منصة البناء. (Abdel Baky, 2020).

الدراسة العملية:

أدوات البحث:

1. برنامج (Blender 2.91) لإصدار 2020هو عبارة عن برنامج رسومات كمبيوتر ثلاثية الأبعاد تستخدم لإنشاء أفلام متحركة وتأثيرات بصرية وفنون ونماذج مطبوعة ثلاثية الأبعاد ورسومات متحركة وتطبيقات ثلاثية الأبعاد تفاعلية وواقع افتراضي وألعاب كمبيوتر.
2. طابعة ثلاثية الأبعاد طابعة بروسا ستيل (prusa Steel) تستخدم البناء بالتّرسيب المنصهر (FDM) وهي من نوع طابعات الثرموبلاستيك أو البناء المنصهر وهي الأكثر انتشاراً.
3. مادة (PLA) حمض اللّاكتيك وهو بوليمر حيويّ، أي بلاستيك قابل للتحلل حيوياً. يتم تصنيع الـ PLA من المواد الخام المتجددة مثل نشاء الذّرة وقصب السّكر، لذلك هي مادة صديقة للبيئة.
4. استمارة تقييم التصميمات المنفذة تحت البحث (من إعداد الباحثتان).

تم حساب الصدق والثبات لبنود ومحاور الاستمارة عن طريق حساب معامل الارتباط لبيرسون ومعامل ألفا كرونباخ alpha–Cronbach وكذلك التجزئة النصفية split–half، وكانت قيمة موافق (3) وقيمة موافق إلى حد ما (2) وقيمة غير موافق (1).

الصدق والثبات لبنود ومحاور استمارة التقييم:

1- الصدق: لحساب صدق الاستمارة تم حساب معامل الارتباط "بيرسون" للمحاور الأربعة، كما هو موضح بالجدول التالي:

جدول (2) معامل الارتباط " بيرسون" لمحاور الاستمارة

المحاور	الارتباط	الدلالة
المحور الأول: تحقيق العناصر والأسس الفنية للتصميم	0.785	0.01
المحور الثاني: المحور الوظيفي	0.845	0.01
المحور الثالث: المحور الجمالي	0.917	0.01
المحور الرابع: محور الإنتاج والتسويق	0.857	0.01
الاستمارة ككل	0.851	0.01

يتضح من الجدول رقم (2) أن معاملات الارتباط لبيرسون لمحاور الاستمارة دالة عند مستوى (0.01) وذلك لأنها اقتربت من الواحد الصحيح مما يدل على صدق وتجانس محاور الاستمارة، وصدق وتجانس الاستمارة ككل.

2- **الثبات:** ولحساب ثبات الاستمارة تم حساب معامل ألفا كرونباخ، والتجزئة النصفية للمحاور، كما هو موضح بالجدول التالي:

جدول (3) معامل الثبات " Split-half،Alpha " لمحاور الاستمارة

المحاور	ألفا كرونباخ	معامل الثبات
المحور الأول: تحقيق العناصر والأسس الفنية للتصميم	0.846	0.578 - 0.685
المحور الثاني: المحور الوظيفي	0.897	0.534 - 0.645
المحور الثالث: المحور الجمالي	0.864	0.478 - 0.503
المحور الرابع: محور الإنتاج والتسويق	0.879	0.590 - 0.671
الاستمارة ككل	0.871	0.545 - 0.626

يتضح من الجدول رقم (3) أن معاملات الثبات لمحاور الاستمارة دالة عند مستوى (0.01) وذلك لأنها اقتربت من الواحد الصحيح مما يدل على ثبات محاور الاستمارة ، وثبات الاستمارة ككل.

مراحل التنفيذ:

المرحلة الأولي تهيئة وإعداد التصميم:

1. رسم التصميم على الورق، ومراعاة ظهور كافة التفاصيل الدقيقة لخطوط التصميم الداخلية والخارجية.
2. رسم التصميم وإعداده ببرنامج (Blender 2.91) لإصدار 2020، وهو برنامج تصميم ثلاثي الأبعاد، ومحاكاه التصميم على الجهاز للتصميم المرسوم سابقاً على الورق.
3. إدخال بيانات الخامة التي ستستخدم في الطباعة في البرنامج.
4. محاكاه التصميم على المانيكان داخل البرنامج لرؤية شكله النهائي قبل عملية الطباعة.
5. حفظ صور التصميمات بصيغة (STL) وهي نوع من الملفات تعني لغة معيار التغطية الفسيفسائية وهي اختصار لـ standard tessellation language.

المرحلة الثانية طباعة التصميم:

1. نسخ ملف STL إلى جهاز الكمبيوتر الذي يتحكم في الطابعة ثلاثية الابعاد، وتحديد الحجم واتجاه الطباعة.
2. اعداد وتجهيز الطابعة ثلاثية الأبعاد، وتعبئة المواد البوليمرية (PLA) حمض اللّاكتيك) التي تستخدمها الطابعة.
3. البناء تبدأ الطابعة عملية البناء وهي عملية أوتوماتيكية بالكامل. وتم فحص الالة وهي تقوم بعملها بين الحين والأخر للتأكد من عدم وجود أي أخطاء، وتم تقسيم كل تصميم إلى أجزاء لطباعة كل جزء على حدة نظراً لضيق مساحة منصة الطباعة.

المرحلة الثالثة حياكة القطع المنفذة:

1. تترك القطع المنفذة حتى تبرد ويتجنب لمسة وهو ساخن حتى لا يتشوه شكل التصميم.
2. تم معالجة القطع المنفذة المطبوع بإزالة مواد تثبيت المجسم على منصة الطباعة، كذلك إزالة أي زوائد من مادة الطباعة.
4. تم تجميع أجزاء القطعة الواحدة المنفذة ولزقها بمادة السيلكون وهي مادة تتميز بنفس خصائص مادة الطباعة والجدول التالي يوضح عدد الأجزاء لكل تصميم وعدد طبقات الطباعة والزمن المستغرق لطباعة كل قطعة وكذلك اللون الذي تم استخدامه.

جدول (4) وصف للقطع المنفذة وعدد طبقاتها والزمن المستغرق لطباعة كل قطعة واللون المستخدم

رقم القطعة	القطعة بعد التنفيذ	وصف القطعة المطبوعة
(1)		التصميم يغطي الكورساج وله فتحة من الأمام تصل لأعلي خط الوسط بمقدار 5سم وذلك لتوضيح منحنيات أوراق الشجر المستخدم كوحدة زخرفية في كامل الكورساج وهو كورساج غير متماثل الجانب الأيمن مسطح والبروز فقط في طبقات الطباعة ويتجه فيه تصميم أوراق الشجر إلي أعلي، أما الجانب الأيسر فبه عدد من أوراق الشجر المتراكبة والتي تتميز بأنها حرة مثبتة فقط

<table>
<tr><td></td><td></td><td colspan="5">من قاعدتها ومتجهه إلي أعلي تجاه خط الكتف وهي أعلي منطقة الكتف وصولاً لبروز الصدر، و وفي منطقة خط الوسط(أعلي وأسفل خط الوسط بمقدار 5سم) تم عمل أوراق الشجر متجهه يميناً ممثلة حزاماً لخط الوسط، والتصميم المنفذ يمكن تبطينه.</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>عدد أجزاء القطعة</td><td>عدد طبقات الطباعة</td><td>الزمن المستغرق للطباعة</td><td>اللون المستخدم</td><td>سعر التكلفة</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>6 أجزاء</td><td>طبقتين</td><td>8 ساعات</td><td>الأبيض</td><td>500 جنية</td></tr>
<tr><td>(2)</td><td> </td><td colspan="5">التصميم يشمل منطقة الكورساج فقط، وهو عبارة عن مجموعة من أوراق الشجر، ويبدأ التصميم من يسار فتحة الرقبة وينتهي يمين منطقة الأرداف، والتصميم عبارة عن طباعة ثلاثية الأبعاد على قماش أسود، ويلاحظ في التصميم أن سمك حواف التصميم وعروق ورق الشجر الأساسية أسمك نسبياً من العروق الفرعية الأصغر حجما، وتم تفريغ جزء من الجانبي الأيسر للتصميم بماكينة الحرق بعد إتمام عملية الطباعة بحيث تم التفريغ بشكل غير منتظم.</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>عدد أجزاء القطعة</td><td>عدد طبقات الطباعة</td><td>الزمن المستغرق للطباعة</td><td>اللون المستخدم</td><td>سعر التكلفة</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>4 أجزاء</td><td>طبقة واحدة</td><td>6 ساعات</td><td>شفاف</td><td>300 جنية.</td></tr>
</table>

<table>
<tr>
<td>(3)</td>
<td> </td>
<td>
التصميم مقسم إلى جزئين منفصلين الجزء الأول: يرتدي حول الرقبة يبدأ من دوران الرقبة حتى بداية منطقة الصدر بخطوط متشعبة ممثلاً أشعة بشكل عشوائي كجزوع الأشجار، سميكة من خط الرقبة ويقل سمكها حتى نهايتها والجزء الثاني: يبدأ بخط حول الخصر ثم خطوط متشعبة عشوائية سميكة من الخصر، وتأخذ في الارتفاع عند نهايتها التي تصل إلى نهاية الصدر من أعلي ومن أسفل لخط الجنب ممثلة حزاماً لخط الوسط.
<table>
<tr><th>عدد أجزاء القطعة</th><th>عدد طبقات الطباعة</th><th>الزمن المستغرق للطباعة</th><th>اللون المستخدم</th><th>سعر التكلفة</th></tr>
<tr><td>3 أجزاء</td><td>ثلاث طبقات</td><td>5 ساعات</td><td>الذهبي</td><td>100 جنية</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
<tr>
<td>(4)</td>
<td> </td>
<td>
التصميم يبدأ من أسفل الصدر مباشرة، وينتهي بعد خط الخصر بحوالي 7 سم، وهو عبارة عن خطوط عشوائية متداخلة ومتقاطعة بشكل فني مبتكر بحيث يعطي التصميم الطباعي في النهاية شكل حزام مستطيل عريض يغطي منطقة الخصر بالكامل.
<table>
<tr><th>عدد أجزاء القطعة</th><th>عدد طبقات الطباعة</th><th>الزمن المستغرق للطباعة</th><th>اللون المستخدم</th><th>سعر التكلفة</th></tr>
<tr><td>جزئين</td><td>طبقة واحدة</td><td>3 ساعات</td><td>شفاف</td><td>50 جنية</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
</table>

مناقشة النتائج:

تم معالجة البيانات التي تم الحصول عليها من تحكيم الاستمارة باستخدام برنامج (SPSS)، وقد تم حساب معاملات الاتفاق لآراء المحكمين، والتحقق من فروض البحث عن طريق حساب تحليل التباين أحادي الاتجاه one-way-ANOVA، وحساب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري ومعامل الاختلاف، ثم استخدام الأعمدة للتعبير عن تقييم الجودة الكلية للتصميمات.

***الفرض الأول: يمكن استخدام الطابعة ثلاثية الأبعاد في ابتكار وتنفيذ تصميمات ملبسيه نسائية قابلة للارتداء.**

وللتحقق من هذا الفرض تم حساب معاملات الاتفاق والمتوسط الحسابي والانحراف المعياري لكل محور من المحاور كالتالي:

1- معاملات الاتفاق لآراء المحكمين: معاملات الاتفاق لآراء المحكمين وعددهم (25) محكم لبنود كل محور من المحاور للتصميمات المقترحة تتضح من الجدول التالي:

جدول (5) نتائج معامل الاتفاق لآراء المحكمين للتصميمات المقترحة

المحاور	تصميم (1)	تصميم (2)	تصميم (3)	تصميم (4)
المحور الأول: تحقيق العناصر والأسس الفنية للتصميم				
1) تحقق الوحدة والترابط بين عناصر التصميم	67	65	73	60
2) وجود نسبة وتناسب بين عناصر التصميم	65	61	71	63
3) نجاح الحركة والترديد والإيقاع في التصميم	65	66	73	60
4) تحقيق التوازن بين عناصر التصميم	66	66	72	62
5) تواجد عنصر السيطرة والتركيز في التصميم	66	63	74	60
6) يتوافر الانسجام والتوافق بين عناصر التصميم المختلفة	66	67	73	63
7) نجاح خطوط التصميم في تحقيق القيمة الفنية	65	63	72	62
المحور الثاني: المحور الوظيفي				
1)تحقيق عنصر الراحة في التصميم المنفذ.	59	57	72	62
2)مناسبة الخامة المستخدمة للغرض الوظيفي للتصميم المنفذ.	63	63	73	65
3)استخدام الطابعة ساهم في تحقيق الغرض الوظيفي للتصميم المنفذ.	65	65	73	65
4)يتماشى التصميم مع عادات وتقاليد المجتمع.	65	66	72	67
5)يوفر التصميم حرية الحركة والانطلاق.	58	56	71	63
6)تماسك وثبات التصميم المنفذ.	64	62	73	66
المحور الثالث: المحور الجمالي				

1)ملائمة خطوط التصميم مع خطوط الموضة المحلية والعالمية	67	65	72	61
2)توافق ألوان التصميم مع ألوان الموضة السائدة.	67	65	73	61
3)الخامة المستخدمة في الطباعة حققت قيما فنية تشكيلية مبتكرة في التصميم.	65	66	72	64
4)استخدام الطباعة ثلاثية الابعاد حقق قيم جمالية وفنية في التصميم.	67	66	73	65
5)ساهمت القيم الملمسية لخامة الطباعة المستخدمة في إثراء القيم الملمسية والفنية للتصميم.	64	62	73	62
6)يحقق التصميم الاستقلالية والتميز عن الآخرين.	64	63	74	57
7)توافر الأصالة والحداثة والتميز في التصميم المنفذ.	67	64	73	58
8)استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد حقق التميز والابتكار في التصميم.	67	66	75	60
المحور الرابع: الإنتاج والتسويق				
1) إمكانية استخدام التقنية المستخدمة في تنفيذ بعض تصميمات الملابس الراقية.	70	66	72	63
2) إمكانية استخدام التقنية المستخدمة في تنفيذ بعض التصميمات الخاصة بملابس السهرة والحفلات.	69	66	71	62
3) جودة التشطيب للتصميم المنفذ.	70	70	74	67
4) استخدام الطابعة ساهم في تنفيذ تصميم يصعب تنفيذه بالطرق التقليدية.	63	61	67	61
5) استخدام الطابعة في تنفيذ التصميمات ساهم في تقديم منتج مبتكر يسهل تسويقه	68	65	70	60
6) التكلفة الاقتصادية للتصميم مناسبة.	69	67	72	67

ومن الجدول السابق يتضح أن معاملات الاتفاق حصلت على قيم كبيرة وتقترب من الحد الأقصى لمعامل قيمة الاتفاق لكافة بنود الاستمارة مما يدل على أن التصميمات المنفذة بواسطة الطابعة ثلاثية الأبعاد نُفذت بطريقة ناجحة وفقاً لآراء المحكمين.

2- المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لكل محور:

وكان متوسط التقدير العددي "المتوسط الحسابي" والانحراف المعياري لكل محور من المحاور موضحة في الجدول التالي:

جدول (6) مقارنة المحاور من حيث المتوسط الحسابي والانحراف المعياري.

المحاور	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
المحور الأول: تحقيق العناصر والأسس الفنية للتصميم	66.036	4.367
المحور الثاني: المحور الوظيفي	65.208	5.073
المحور الثالث: المحور الجمالي	66.185	4.781
المحور الرابع: محور الإنتاج والتسويق	67.083	3.866

ومن الجدول السابق يتضح أن قيم المتوسط الحسابي والانحراف المعياري تدل على قبول الفرض الأول وهو إمكانية استخدام الطابعة ثلاثية الأبعاد في ابتكار وتنفيذ تصميمات ملبسيه نسائية قابلة للارتداء، ويتفق ذلك مع دراسة (Liu, Wang, Yanqing, & Beicheng, 2019)، ودراسة (Yap & Yee, 2014)، ودراسة (Kim, Jin-ah, & Jang, 2015) في أن الطابعة ثلاثية الأبعاد تستخدم على نطاق واسع في الصناعة، وتعزي الباحثتان ذلك إلى أن تكنولوجيا نمذجة الترسيب المنصهرة تُعد أحد أفضل الأساليب في نمذجة الواقع وكذلك تحقيق وتنفيذ رؤي تشكيلية من التصاميم التي يصعب انتاجها بالطرق التقليدية.

***الفرض الثاني: يوجد فرق دال إحصائياً بين آراء المحكمين في تقييم التصميمات المنفذة باستخدام الطابعة ثلاثية الأبعاد.**

وللتحقق من هذا الفرض تم حساب تحليل التباين لمتوسط درجات التصميمات المنفذة في تحقيق العناصر والأسس الفنية للتصميم، والجدول التالي يوضح ذلك:

جدول (7) تحليل التباين لمتوسط درجات التصميمات المنفذة في تحقيق العناصر والأسس الفنية للتصميم وفقا لآراء المتخصصين

مصدر التباين	مجموع المربعات	متوسط المربعات	درجات الحرية	قيمة (ف)	المعنوية
بين المجموعات	2.750	0.917	3	3.143	0.028
داخل المجموعات	28.000	0.292	96		
المجموع	30.750		99		

يتضح من جدول (7) إن قيمة (ف) كانت (3.143) وهي قيمة دالة إحصائيا عند مستوى (0.05)، مما يدل على وجود فروق بين التصميمات المنفذة في محور تحقيق العناصر والأسس الفنية للتصميم وفقا لآراء المتخصصين، ولمعرفة اتجاه الدلالة تم تطبيق اختبار LSD للمقارنات المتعددة والجدول التالي يوضح ذلك:

جدول (8) اختبار LSD للمقارنات المتعددة

التصميمات	التصميم الاول م = 2.64	التصميم الثاني م = 2.56	التصميم الثالث م = 2.92	التصميم الرابع م = 2.48
التصميم الاول	–			
التصميم الثاني	0.08	–		
التصميم الثالث	**0.28	**0.36	–	
التصميم الرابع	*0.16	0.08	**0.44	–

** دال عند 0.01 * دال عند 0.05 بدون نجوم غير دال

من الجدول (8) يتضح وجود فرق دال إحصائياً بين التصميمات المنفذة عند مستوي دلالة 0.1، فنجد أن التصميم الثالث كان أفضل التصميمات في المحاور وفقا لآراء المتخصصين، يليه التصميم الاول، ثم التصميم الثاني، وأخيراً التصميم الرابع، كما يوجد فرق عند مستوي دلالة 0.05 بين التصميم الرابع والتصميم الثالث لصالح التصميم الثالث، بينما لا يوجد فرق بين التصميم الاول والتصميم الثاني، ويتفق ذلك مع دراسة (Abdel Baky, 2020)ودراسة (Salem & Mohammed, 2019)،ودراسة (Yap & Yee, 2014)،ودراسة (Kim, Jin-ah, & Jang, 2015) ،في تحقيق قيم جمالية من خلال استخدام الطابعة ثلاثية الأبعاد في إنتاج الملابس، وتُرجع الباحثتان ذلك إلي سهولة تشكيل مادة (PLA) حمض اللّاكتيك وهو بوليمر حيويّ، أي بلاستيك قابل للتحلل حيوياً وهي مادة صديقة للبيئة و تستخدم في البناء بالتّرسيب المنصهر (FDM) والتي يمكن من خلالها إنتاج تصاميم ذات أشكال وخطوط متراكبة ومتداخلة ومجسمة بشكل جمالي وتفاصيل واضحة وأقرب محاكاة للواقع في تنفيذ شكل أوراق الشجر في التصميم الأول و الثالث وكذلك سهولة التفريغ في التصميم الثاني، والتداخل بين خطوط التصميم في التصميم الرابع مما أدي إلي إثراء التصميمات بقيم جمالية.

ت-بالنسبة للمحور الثاني: المحور الوظيفي

وللتحقق من هذا الفرض تم حساب تحليل التباين لمتوسط درجات التصميمات المنفذة في المحور الوظيفي، والجدول التالي يوضح ذلك:

جدول (9) تحليل التباين لمتوسط درجات التصميمات المنفذة في المحور الوظيفي وفقا لآراء المتخصصين

مصدر التباين	مجموع المربعات	متوسط المربعات	درجات الحرية	قيمة (ف)	المعنوية
بين المجموعات	2.160	0.720	3	2.043	0.72
داخل المجموعات	33.840	0.353	96		
المجموع	36.000		99		

يتضح من جدول (9) إن قيمة (ف) كانت (2.327) وهي قيمة غير دالة إحصائياً عند مستوى (0.05)، مما يدل على عدم وجود فروق بين التصميمات المنفذة في المحور الجمالي وفقا لآراء المتخصصين، ويتفق ذلك مع دراسة (Liu, Wang, Yanqing, & Beicheng, 2019) ودراسة (Zsidai , Muammel , & Marczis, 2020) في تحقيق قيم وظيفية من خلال استخدام الطابعة ثلاثية الأبعاد في إنتاج الملابس، وتُرجع الباحثتان ذلك إلى أن مادة (PLA) والمستخدمة في البناء بالتّرسيب المنصهر (FDM) تتميز بالمرونة مما أدي إلى إمكانية تشكيلها حول الجسم مع السماح له بحرية الحركة والانطلاق، وعدم وجود فرق معنوي بين التصميمات المنفذة في المحور الوظيفي يدل على أن التصميمات المنفذة حققت كفاءة الأداء الوظيفي بقيم متساوية وفقاً لآراء المحكمين.

ث-بالنسبة للمحور الثالث: المحور الجمالي

وللتحقق من هذا الفرض تم حساب تحليل التباين لمتوسط درجات التصميمات المنفذة في المحور الجمالي، والجداول التالية توضح ذلك:

جدول (10) تحليل التباين لمتوسط درجات التصميمات المنفذة في المحور الجمالي وفقا لآراء المتخصصين

مصدر التباين	مجموع المربعات	متوسط المربعات	درجات الحرية	قيمة (ف)	الدلالة
بين المجموعات	3.000	1.000	3	2.948	0.032
داخل المجموعات	32.560	0.339	96		
المجموع	35.560		99		

يتضح من جدول (10) إن قيمة (ف) كانت (2.948) وهي قيمة دالة إحصائيا عند مستوى (0.05)، مما يدل على وجود فرق بين التصميمات المنفذة في

المحور الجمالي وفقا لآراء المتخصصين، ولمعرفة اتجاه الدلالة تم تطبيق اختبار LSD للمقارنات المتعددة والجدول التالي يوضح ذلك:

جدول (11) اختبار LSD للمقارنات المتعددة

التصميمات	التصميم الاول م = 2.64	التصميم الثاني م = 2.56	التصميم الثالث م = 2.88	التصميم الرابع م = 2.40
التصميم الاول	–			
التصميم الثاني	*0.18	–		
التصميم الثالث	0.24	*0.32	–	
التصميم الرابع	0.24	*0.16	**0.48	–

** دال عند 0.01 * دال عند 0.05 بدون نجوم غير دال

من الجدول (11) يتضح وجود فرق دال إحصائياً بين التصميمات المنفذة عند مستوي دلالة 0.05، فنجد أن التصميم الثالث كان أفضل التصميمات في محور المحور الجمالي وفقا لآراء المتخصصين، يليها التصميم الاول، ثم التصميم الثاني، ثم التصميم الرابع. كما يوجد فرق عند مستوي دلالة 0.05 بين التصميم الثاني والتصميم الثالث لصالح التصميم الثالث ويوجد فرق عند مستوي دلالة 0.05 بين التصميم الثاني والتصميم الرابع لصالح التصميم الثاني. ويتفق ذلك مع دراسة (Abdel Baky, 2020)، ودراسة (Salem & Mohammed, 2019) ،ودراسة (Yap & Yee, 2014)،ودراسة (Kim, Jin-ah, & Jang, 2015) في تحقيق قيم جمالية من خلال استخدام الطابعة ثلاثية الأبعاد في إنتاج الملابس، وتُرجع الباحثتان ذلك إلى ملائمة خطوط التصميم مع خطوط الموضة المحلية والعالمية وأن الخامة المستخدمة في الطباعة (FDM) مع آلية الطباعة علي طبقات حققت قيماً فنية تشكيلية مبتكرة في التصميمات المنفذة، ويظهر ذلك في التصميم الثالث الذي نفذ علي ثلاث طبقات مما أدي إلي ظهوره بشكل تجسيدي أدق وظهر فيه البعد الثالث مما أثري التصميم، ويليه التصميم الأول الذي نفذ بطبقتين ثم التصميم الثاني نفذ بطبقة واحدة ثم الرابع الذي نفذ أيضاً بطبقة واحدة.

جـ – بالنسبة للمحور الرابع: محور الإنتاج والتسويق

وللتحقق من هذا الفرض تم حساب تحليل التباين لمتوسط درجات التصميمات المنفذة في محور الإنتاج والتسويق، والجدول التالي يوضح ذلك:

جدول (12) تحليل التباين لمتوسط درجات التصميمات المنفذة في محور الإنتاج والتسويق وفقا لآراء المتخصصين

مصدر التباين	مجموع المربعات	متوسط المربعات	درجات الحرية	قيمة (ف)	الدلالة
بين المجموعات	1.360	0.453	3	1.648	0.183
داخل المجموعات	26.400	0.275	96		
المجموع	27.760		99		

يتضح من جدول (12) إن قيمة (ف) كانت (1.648) وهي قيمة غير دالة إحصائيا عند مستوى (0.05)، مما يدل على عدم وجود فروق بين التصميمات المنفذة في محور الإنتاج والتسويق وفقا لآراء المتخصصين، ويتفق ذلك مع دراسة (Liu, Wang, Yanqing, & Beicheng, 2019) ودراسة (Zsidai , Muammel , & Marczis, 2020)، ودراسة (Salem & Mohammed, 2019)ودراسة (Yap & Yee, 2014) في إمكانية تنفيذ تصميمات تناسب العرض والطلب في الأسواق باستخدام الطابعة ثلاثية الأبعاد، وتُرجع الباحثتان ذلك إلي جودة التشطيب للتصميمات المنفذة وأن استخدام الطابعة ساهم في تقديم منتج مبتكر يسهل تسويقه وأن التكلفة الاقتصادية للتصميم المنفذ مناسبة وتتميز بالسرعة في انتاج التصميم مما أدي إلي إمكانية استخدام الطابعة ثلاثية الأبعاد في تنفيذ بعض تصميمات الملابس الراقية. وعدم وجود فرق معنوي بين التصميمات المنفذة في محور الانتاج والتسويق يدل على أن التصميمات منفذة جميعها بنفس الكفاءة في التشطيب، لذا جاءت إمكانية وجودة التنفيذ بقيم متساوية وفقاً لآراء المحكمين، ومن نتائج تحليل كل محور تم قبول الفرض الثاني.

***الفرض الثالث: يوجد فرق دال إحصائياً بين المتوسطات الوزنية للتصميمات المقترحة وبعضها.**

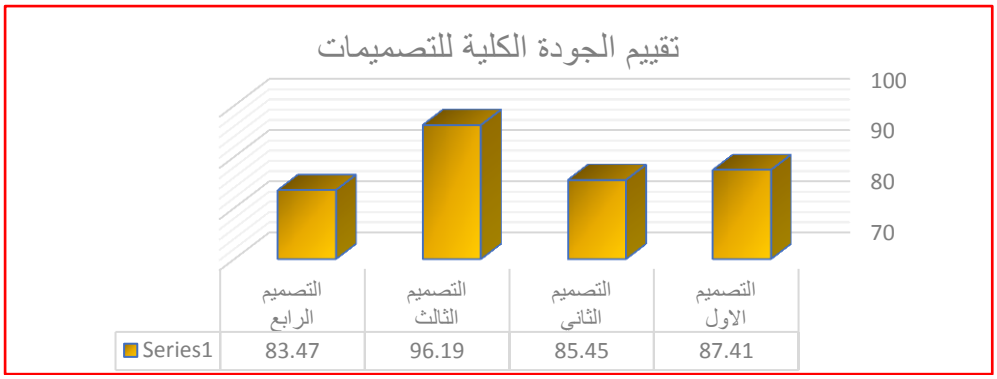
وللتحقق من هذا الفرض تم تقييم الجودة الكلية للتصميمات المنفذة تحت البحث:

ولاختيار أفضل التصميمات المنفذة تم استخدام الجدول التالي ليعبر عن تقييم الجودة الكلية للتصميمات المنفذة تحت البحث وفقاً لمحاور التقييم المقاسة تحت البحث:

وذلك بتحويل نتائج تقييم هذه المحاور إلى قيم مقارنة (بدون وحدات) تتراوح بين صفر – 100 حيث إن القيمة المقارنة الأكبر تكون الأفضل مع جميع المحاور والجدول التالي يوضح ذلك:

جدول (13) تقييم الجودة الكلية للتصميمات وترتيبها.

التصميمات	المحور الأول	المحور الثاني	المحور الثالث	المحور الرابع	معامل الجودة الكلي	الترتيب
الأول	%87.62	%83.11	%88.00	%90.89	%87.41	الثاني
الثاني	%85.90	%82.31	%86.17	%87.78	%85.45	الثالث
الثالث	%96.76	%95.89	%94.66	%94.67	%95.50	الاول
الرابع	%81.71	%86.76	%83.33	%84.44	%84.06	الرابع



شكل (2) تقييم الجودة الكلية للتصميمات

ومن الجدول (13)، والشكل (2) يتضح أن ترتيب التصميمات وفقاً لآراء المحكمين هو التصميم الثالث ثم التصميم الأول ثم التصميم الثاني ثم الرابع، وقد يرجع ذلك إلى تعدد طبقات تنفيذ التصميم والألوان المستخدمة، وجمال التصميم كذلك التوظيف الجيد للتصميم المنفذ بتقنية (ثلاثية الأبعاد) في أماكن الكورساج، وبذلك تم قبول الفرض الثالث.

ملخص النتائج:

1. الطابعة ثلاثية الأبعاد من التقنيات الحديثة التي تتميز بإمكانيات فائقة يمكن الاستفادة منها في صناعة الملابس والنسيج.
2. يمكن استخدام الطابعة ثلاثية الأبعاد في تنفيذ ملابس قابلة للارتداء وتسمح بحرية الحركة كما تتفق وخطوط الموضة العالمية.
3. استخدام الطابعة ثلاثية الأبعاد في مجال تنفيذ الملابس يثري الملابس ويمكن من خلالها إنتاج تصميمات يصعب انتاجها بالطرق التقليدية.
4. زيادة طبقات انتاج القطع المنفذة يزيد من الجانب الجمالي للملابس المنتجة بتقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد.

التوصيات والمقترحات:

1. مسايرة الاتجاهات العالمية للاستفادة منها في تقنيات تنفيذ الملابس والنسيج.
2. دراسة أثر الأنواع الأخرى من الطابعات ثلاثية الأبعاد في إنتاج الملابس والمقارنة بينهم.
3. دراسة مدي إمكانية تنفيذ الملابس بالمواد الأخرى التي يمكن استخدامها كمادة طباعة للطابعة ثلاثية الأبعاد.

المراجع:

1. أحمد مختار عمر. (2008). *معجم اللغة العربية المعاصرة*. القاهرة: عالم الكتب.
2. دعاء حامد حسين عبد النبي . (2017). *مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية، 2*(7)، الصفحات 194-204. doi:10.12816/0038030
3. هدي على الحوسني. (2019). *الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم. مدونة تعليم جديد الالكترونية*. تم الاسترداد من https://www.researchgate.net/publication/347335585: - /https://www.new-educ.com

4. إبراهيم أمين إبراهيم عبد الله. (ديسمبر، 2016). الطباعة ثلاثية الأبعاد D 3 Printing. *المجلة الدولية للتعليم بالانترنت*. تم الاسترداد من http://araedu.journals.ekb.eg

5. أحمد علي سالمان، رانيا حمودة، و أسماء الششتاوي. (2016). *معجم المنسوجات الثقافي*. دمياط، مصر: مكتبة نانسي.

6. *جامعة بيرزيت*. (2018). تم الاسترداد من الانطولوجيا العربية: https://ontology.birzeit.edu/term/

7. رحاب رجب محمود حسان. (2017). تجارب الطليعة لإعادة تعريف مفهوم الخامة في الموضة. *مجلة التصميم الدولية، 7* (1).

8. عبد السلام علي أحمد دومة، خليفة مجحود أرحومة، عبد الله نصر إسماعيل، و سليمة أبو كراع. (1 مايو، 2019). تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد ومستقبلها في العالم العربي. *مجلة العلوم البحثية والتطبيقية، 8*(3)، الصفحات 6-12.

9. علياء عزت حسن مرغم. (2018). *الأثاث بين قيود المنطق وابداع اللامنطق،رسالة دكتوراة غير منشورة*. دمياط، مصر: قسم التصميم الداخلي والأثاث ،كلية الفنون التطبيقية-جامعة دمياط.

10. مجمع اللغة العربية. (2005). *معجم الوجيز الالكتروني*. وزارة التربية والتعليم مصر.

11. محمد شوقي شلتوت. (1 أبريل، 2016). الطابعة الثلاثية الأبعاد وتوظيفها في التعليم. *مجلة التعليم الإلكتروني، 17*، صفحة 246.

12. محمود كامل. (2019). مدخل للثورة الصناعية الرابعة. تأليف *تطبيقات الثورة الصناعية الرابعة في منظمات الأعمال*. بنها، مصر. تم الاسترداد من https://www.researchgate.net/publication/336073951

13. مروة حسين توفيق حسين، و حسن، شيماء محمود. (أكتوبر، 2016). تطبيق تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد في إنتاج الأثاث الكمي. *مجلة التصميم الدولية، 6*،(4)، الصفحات 205-215.

14. Kamran , M. (2019, August). Comprehensive Study on 3D Printing Technology. *International Journal of Mechanical Engineering, 6*(2), p. 64:65.
15. Kamran, M., & Saxena, A. (2016, August). AComprehensive Study on 3D Printing Technology. *MIT International Journal of Mechanical Engineering, 6*(2), pp. 64-65.
16. Abdel Baky, A. A. (2020). Using digital modeling to simulate heritage furniture and manufacturing it digitally. *Journal of architecture, arts, humanities sciences, 5*(24), pp. 70-87. doi: 10.21608/mjaf.2020.20838.1418.
17. Bhandari, S. &. (2014, April- June). 3D Printing and Its Applications. *International Journal of Computer Science and Information Technology, 2*(2), pp. 378-380. Retrieved from www.researchpublish.com .
18. Campbell, T. W., & Christopher, B. (2011, October). Could 3D Printing Change the World? Technologies, Potential, and Implications of Additive Manufacturing. Project: Development of new nanocomposites materials for A. *STRATEGIC FORESIGHT INITIATIVE*.
19. https://edelscope.com. (2013, 12 11). (edelscope, Producer) Retrieved from 4d-printed-shape-changing-dress-and-jewellery-by-nervous-system: https://edelscope.com/2013/12/11/fashion-video-
20. *https://geeksvalley.com/tutorials/*. (2021, February 3). Retrieved from https://geeksvalley.com/tutorials/

21. https://www.dezeen.com. (2013, 09 24). Retrieved from verlan-3d-printed-dress-by-francis-bitonti: https://www.dezeen.com

22. Jackson, B. (2015). *2 3D printing industry ،translat FREE book by, Aly Abdelhakym mahmod albalawaly.* Retrieved from http://3dprintingindustry.com/

23. Kerbelis, C. (Ed.). (2014, March 28th). *Setting up the Hardware and Software for a 3D Printer.ECE 480*. Retrieved from Design Team 8: https://www.google.com.eg/?gfe_rd=cr&ei=jeZHWJPOIbHs8we026nABg&gws_rd=ssl#q=action+steps+3d+printing+pdf

24. Kim, Y. S., Jin-ah, K., & Jang, H. (2015). Formative characteristics of 3D printing fashion from the perspective of mechanic aesthetic. *The Research Journal of the Costume Culture, 23*(2), pp. 294-309. doi:10.7741/rjcc.2015.23.2.294

25. Košak, K. D., Marjeta Čuk, & Tanja Nuša. (2020). 3D PRINTED JEWELLERY DESIGN PROCESS BASED ON. (C. C. Serbia, Ed.) *Professional paper*, Košak, Karin Deja Muck , Marjeta Čuk , Tanja Nuša. doi:https://doi.org/10.24867/GRID-2020-p57

26. Liu, Z. W., Wang, Yanqing, W., & Beicheng, C. (2019, feb 7). A critical review of fused deposition modeling 3D printing technology in manufacturing polylactic acid parts. *The International Journal of Advanced ManufacturingTechnology, 102*, pp. 2877-2889.

27. Matias, E. R. (2015). 3D Printing: On Its Historical Evolution and the Implications for Business. *2015 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET).* Proceedings of PICMET '15: Management of the Technology Age. doi: 10.1109/PICMET.2015.7273052

28. Negis, E. (2015). *A short history and applications of 3D Printing technologies in Turkey . US – TURKEY Workshop on Rapid Technologies.* Retrieved September 24 - 25, 2009

29. Salem, R. H., & Mohammed, N. (2019). Enrich the printed works through the use of plastic values for digital printing. *Journal of architecture, arts, humanities sciences, 5*(22), pp. 148-156. doi:10.21608/mjaf.2019.16195.1301

30. Shaw, M. (2016). 3D Printing Technology: Its application and scope in Fashion Industry. *Artical in Man- Made Textiles in India*, p. 1.

31. Turner, B., Strong, R., & Gold, S. (2014). A review of melt extrusion additive manufacturing processes: I. Process design and model¬ing. *Rapid Prototyping Journal,, 20*(3), pp. 192–204.

32. Twaij, A. H., & Imad, H. A. (2020). The Effect of using 3D printer in implementation of pottery sculpture Designs،. *مجلة لارك للفلسفة واللسانيات والعلوم الاجتماعية, 1*(36), p. 43.

33. Yap, Y. L., & Yee, W. (2014). Lifestyle Product via 3D Printing: Wearable Fashion. *Nanyang Technological*

University. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/269231710

34. Yap, Y. W. (2014, June 24). Additive manufacture of fashion and jewellery products: a mini. *Virtual and Physical Prototyping,, 9*(3), pp. 195–201. doi:http://dx.doi.org/10.1080/17452759.2014.938993

35. Zsidai , L. H., Muammel , M., & Marczis, R. (2020, November 27). Influence of the 3D Printing Process Settings on Tensile Strength of PLA and HT-PLA. *Zsidai, László Hanon, Muammel M.; Marczis, Róbert*. doi:https://doi.org/10.3311