جامعة الأميرة نورة بنت عبدالرحمن
Princess Nourah bint Abdulrahman University

المجلة السعودية للفن والتصميم
Saudi Art and Design Journal

الجمعية السعودية للفن والتصميم
SAUDI ASSOCIATION FOR DESIGN & ART

المجلة السعودية للفن والتصميم، ٢٠٢٣، المجلد ٣، العدد ٣، 48-78 https://cutt.us/wqMWy

اتجاهات المتخصصين والمنتجين نحو استخدام تقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد (FDM) في إنتاج أزرار الملابس (دراسة استكشافية)

Attitudes of Specialists and Producers Towards the Use of 3D Printing Technology (FDM) in the Production of Clothing Buttons

DOI: 10.57194/2351-003-003-002

سناء بنت عبدالله السيامي
sasiyami@uqu.edu.sa
طالبة دكتوراة، قسم الأزياء والنسيج – كلية علوم الإنسان والتصاميم – جامعة الملك عبدالعزيز - جدة.
محاضر، قسم تصميم الأزياء – كلية التصاميم والفنون – جامعة أم القرى بمكة المكرمة.

شادية بنت صلاح سالم
sssalem@kau.edu.sa
أستاذ تصنيع الملابس، قسم الأزياء والنسيج، جامعة الملك عبد العزيز- جدة، المملكة العربية السعودية.

Sanaa Abdullah Alsiyami
sasiyami@uqu.edu.sa
PhD student, Department of Fashion and Textile, College of Human Sciences and Design, king Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia. Lecturer, Department of Fashion Design, College of Art and Design, Umm Al-Qura University, Makkah Al-Mukarramah, Saudi Arabia.

Shadia Salah Salem
sssalem@kau.edu.sa
Professor, Department of Fashion and Textile, College of Human Sciences and Design, king Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia.

الكلمات المفتاحية Keywords	الاستقبال Received	القبول Accepted	النشر Published
الاستدامة، صناعة الأزياء، الاقتصاد الدائري، الطابعة ثلاثية الأبعاد بتقنية (FDM)، الأزرار Sustainability, Fashion Industry, Circular Economy,3D Printing Technology (FDM), Buttons.	13 March 2023	18 April 2023	December 2023

الملخص

هدف البحث إلى تنفيذ أزرار مُستدامة بتقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد (FDM)، والتأكّد من كفاءة الأزرار باختبارها معمليًّا، حسب مواصفات AATCC ، واعتمد المنهج التحليلي والتجريبي في الجزء التطبيقي، واشتمل على استبانات، لقياس اتجاهات المتخصصين والمنتجين نحو استخدام هذه التقنية في إنتاج الأزرار. وأسفرت نتائج البحث عن كفاءة الأزرار المنفذ بتقنية FDM، إلى جانب تحقق فروضه بأنه توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين اتجاهات المتخصصين في تحقيق الأزرار للجودة المظهرية، والكفاءة الوظيفية، والاستدامة، والابتكار، حيث بلغت قيمة المتوسط الكلي لاتجاهاتهم 4.72، وهو ما يقابل موافق بشدة، وبأنه توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين اتجاهات المنتجين في إدراكهم للجانب الجمالي، والإبداعي، والاقتصادي، والبيئي نحو الأزرار المنفذ، حيث بلغت قيمة المتوسط الكلي لاتجاهاتهم 4.41، وهو ما يقابل موافق بشدة، وبذلك يوصي البحث بتطبيق تقنية FDM لإنتاج الأزرار ضمن المنشآت المتوسطة والصغيرة، لتحقيق أهداف برنامج تطوير الصناعة الوطنية، ورؤية 2030.

Abstract

This research is aming to implement sustainable buttons using 3D printer (FDM) technology. Moreover, it ensures the efficiency of the buttons by testing them according to AATCC. The analytical and experimental methods were adopted. They included questionnaires to measure the attitudes of specialists and producers towards the use of FDM in the production of buttons. The results revealed the efficiency of the implemented buttons. The research hypotheses were fulfilled. There are significant differences statistically between the attitudes of specialists in achieving quality of appearance, functional efficiency, sustainability, and innovation. The value of their views reached 4.72. There are differences between the trends of the producers in their perception of the aesthetic, creative, economic, and environmental aspects. The value of their trends were 4.41. Both factors are strongly corresponding. Accordingly, the research recommends the application of FDM to produce buttons within medium and small enterprises to achieve Vision 2030

المقدمة

أصبح التطور التكنولوجي والتحول نحو الثورة الصناعية الرابعة في جميع المجالات ضرورة في دفع اقتصادات الدول ونموها، في المقابل نجد انعكاساتها السلبية على البيئة، الأمر الذي دفع إلى ظهور المؤسسات الخضراء، ونشر ثقافة الاستدامة، من أجل مستقبل آمن، والمناداة بالحفاظ على الأرض ومواردها الطبيعية، مما استوجب التحول نحو الاستدامة على الصعيد الديني والوطني.

وتشكّل دورة صناعة الأزياء ومكملاتها أثراً سلبيًّا، كما تذكرها نتائج دراسات (Balconi et al., 2019, Jiang et al., 2019) حيث تحتل صناعة الملابس المرتبة الثانية في تلويث البيئة من بداية دورة التصنيع، وصولًا إلى الاستهلاك، والتخلص من القطعة الملبسية بجميع أجزائها. لذلك، بادرت العديد من مؤسسات الأزياء على سبيل المثال شركة C&A الهولندية (Bio Cotton – Game Changer for a Sustainable Fashion Industry, 2022) باعتماد القطن الحيوي في جميع منتجاتها، كما أطلقت برنامجًا لاستعادة القطع القديمة بدل التخلص منها، وإعادة تدويرها، وحصلت عام 2017 على شهادة C2CTM ، ولديها أكثر من 4 ملايين قطعة معتمدة، وبدأت New Balance الأمريكية (Responsible Leadership – New Balance, 2022) للسلع الرياضية بخطوات كبيرة نحو الحفاظ على البيئة، وإعادة تدوير البوليستر، وخفض انبعاثات الكربون، وتوفير الطاقة المتجددة، وتعد H&M السويدية (Sustainability Reporting – H&M Group, 2021) من أوائل العلامات التي تبنّت الاستدامة، حيث أنشأت أداة رقمية ودليلًا يُمكّن أي علامة تجارية، أو مصممًا، أو فريقًا مُنتِجًا من استخدامه، لأجل التصميم الممكن إعادة تدويره، وأطلقت عليها (Circulator) بمعنى "الدائرية"، إلى جانب مبادرتها بتقديم ضمان لإعادة شراء المواد المعاد تدويرها، لأن الطلب عليها هو مفتاح إطلاق العنان لإمكانات التدوير داخل صناعة الأزياء.

وفي العام 2019 أطلقت وزارة الثقافة بالمملكة العربية السعودية فعالية "مستقبل الأزياء" التي كانت نقطة التحول في قطاع صناعة الأزياء محليًّا، نشأت على إثرها هيئة الأزياء، وزاد الاهتمام بالقطاع، وقفز خطوات كبيرة في المجال، من حيث ظهور العديد من المصممين، ودور الأزياء، إلّا أن صناعة الأزياء نفسها لا تزال في مراحل أولية، مقارنة بالدول المتقدمة في الإنتاج الكبير (وزارة

الثقافة – هيئة الأزياء، 2023).

وتسعى السعودية إلى تطوير الصناعة الوطنية والخدمات اللوجستية في جميع القطاعات، وهي أحد برامج تحقيق رؤية 2030، ومنها: الصناعات التحويلية التي تتضمّن قطاع الأزياء والنسيج، مع التركيز على جانب الاستدامة، ورفع الإنتاج المحلي، وتطبيق الثورة الصناعية الرابعة، مثل الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء، والطابعة ثلاثية الأبعاد (رؤية المملكة 2030- برنامج تطوير الصناعة الوطنية والخدمات اللوجستية، 2019).

وتُعدّ مستلزمات الإنتاج في صناعة الأزياء من أهم عناصر المنتج الملبسي، ويُقصد بها مكونات الإنتاج التي يشتريها المصنع، لاستخدامها في إنتاج السلعة المراد إنتاجها، كما يقصد بها الأجزاء الداخلة في صناعة الملابس الجاهزة (البردخيني، 2019).

ويضيف المليجي (2010) أن الجودة تمثل مجموعة السمات والخواص للمنتج، ومدى ملاءمتها لتحقيق الغرض، وتلبية رغبة المستهلك، وتعتمد الجودة في صناعة الملابس على الأساس الدقيق لتصميم الملبس، وجودة الإكسسوارات، مثل: الأزرار، والأشرطة، والخيوط، والحشو، وتُعطي شكلًا فريدًا ومميزًا للزي، بشرط أن تنسجم معه من حيث اللون، والخامة، وسطح النسيج.

ومن تلك المستلزمات نذكر الأزرار موضع البحث الحالي، وهو عنصر أساسي في الملبس، وقد حافظ على وظيفته وشكله، وأن التغيّر الوحيد هو المادة المستخدَمة في إنتاجه، مثل: الخشب، والصدف، وكذلك أنواع مختلفة من البلاستيك.

وتناولت العديد من الدراسات أهمية الأزرار كوسيلة لغلق الملابس، منها دراسة خليفة (2006) كانت نتائجها وضع معايير لجودة الأزرار بناء على اختبار قوة كسر الأزرار، ومعايير لجودة الأزرار المثبتة على الملابس بناءً على اختبار قوة نزع الأزرار قبل وبعد الغسيل.

ودراسة البردخيني (2019) التي هدفت إلى وضع نظام مقترح لإعادة استخدام الأزرار مرة أخرى، من أجل تحقيق الاستدامة، وتوصّلت إلى أن أفضل أنواع الأزرار القابلة لإعادة الاستخدام هي المصنوعة من البوليستر، ويمكن معالجة تغيّر لون وبهتان الأزرار بمادة تلميع الأحماض الدهنية(FATTY ACID)، ثم إجراء اختبار ضد الكسر، للتحقق من صلابته، وتقييم مظهريته، مقارنة بالأزرار غير المعالج، مما

أثبت فاعلية النظام المقترح، وأن الأزرار صالح لإعادة الاستخدام مرة أخرى.

واقترحت دراسة(Costa & Broega 2022) تصنيع أزرار قابلة للتحلل من النفايات، استندت فيها على أسس الاقتصاد الدائري، ومنهجية التفكير التصميمي لتطوير المنتجات.

وبناء على ما ورد في التقرير الذي أصدرته منظمة (Global Fashion Agenda)بالتعاون مع (Sustainable Apparel Coalition2019) بأن التحول نحو الاستدامة مسؤولية المصممين والمصنعين، وكذلك توصية تقرير منظمة(Ellen MacArthur Foundation)بأن تطبيق نظام الاقتصاد الدائري هو الحل الأمثل لاستدامة الموارد، والحفاظ على البيئة، إضافة إلى البيانات المسجلة بوزارة الصناعة والثروة المعدنية بعدم وجود أي مصانع لإنتاج الأزرار البلاستيك في السعودية، سعى البحث الحالي إلى الاستعانة بإمكانيات تقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد (FDM)في إنتاج الأزرار، وتغيير نظام التصنيع، ليصبح أكثر ارتباطًا بحاجة العميل، من خلال إنتاجه حسب الطلب، وإعادة تصنيعه مرة أخرى عند نهاية دورة حياة الملبس، ثم التأكّد من جودته كمنتج نهائي من خلال تطبيق الاختبارات القياسية العالمية، وقياس اتجاهات المتخصصين نحو مظهرية وكفاءة الأزرار المنفذة، وكذلك قياس اتجاهات المنتجين حول تطبيق تقنية(FDM) في إنتاج الأزرار، وإدراكهم للجانب الجمالي، والإبداعي، والاقتصادي، والبيئي، ومِن ثَمّ يمكن تطبيق نظام الاقتصاد الدائري في قطاع صناعة الأزياء ومكملاتها على مستوى المنشآت المتوسطة والصغيرة، لتحقيق أهداف برنامج تطوير الصناعة الوطنية.

وتتلخّص مشكلة البحث في التساؤلات التالية

- ما إمكانية إنتاج الأزرار بتقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد (FDM)؟
- ما اتجاهات المتخصصين والمنتجين في الأزرار المنفذة بتقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد (FDM)؟

أهداف البحث

1. توظيف تقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد (FDM)في إنتاج الأزرار البلاستيكية.
2. قياس اتجاهات المتخصصين والمنتجين في الأزرار المنفذة بتقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد (FDM).

3. تطبيق نظام الاقتصاد الدائري في صناعة الأزرار، لتحقيق الاستدامة في صناعة الأزياء ومكملاتها.

فروض البحث

- توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين اتجاهات المتخصصين (تخصص الأزياء والنسيج) في النماذج المنفذة بتقنية (FDM)، من حيث (تحقيق الجودة المظهرية – تحقيق الكفاءة الوظيفية – تحقيق الاستدامة والابتكار).
- توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين اتجاهات المنتجين (أصحاب مصانع الملابس – بيوت الأزياء) في النماذج المنفذة بتقنية (FDM)، من حيث (الجانب الإبداعي والجمالي – الجانب الاقتصادي والبيئي).

أهمية البحث

- المبادرة بتطبيق الاقتصاد الدائري في تطوير الصناعة الوطنية، والخدمات اللوجستية، بتوظيف تقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد (FDM) في قطاع صناعة الأزياء ومكملاتها.
- استحداث وظائف تقنيّة في مجال صناعة الأزياء في المملكة العربية السعودية، وتجويد الناتج المحلي.
- المساهمة في تطوير المنشآت المتوسطة والصغيرة بتطبيق تقنيات الثورة الصناعية الرابعة، مواكبةً لرؤية المملكة 2030.
- الاستفادة من نتائج البحث في الجهات الأكاديمية المتخصصة، ومصانع الملابس الجاهزة، وبيوت الأزياء في المملكة العربية السعودية.

المصطلحات

- اتجاهات (Aattitude):

يشير الاتجاه للتوجّه الإدراكي والاستعداد للاستجابة نحو موضوع خاص، أو مجموعة من الموضوعات. والاتجاه بصورة أخرى (ألبورت): حالة من الاستعداد العقلي والعصبي التي تكوّنت خلال التجارب والخبرات السابقة التي مرّ بها الفرد، والتي تعمل على توجيه استجابته نحو الموضوعات

والمواقف المتعلقة بالاتجاه، وتكون هذه الاستجابة بالموافقة، أو المعارضة، أو المحايدة التي تُترجم كميًّا بهدف القياس (طه وآخرون، 1989).

- نمذجة الترسيب المنصهر (FDM: Fused Deposition Modeling)

تستخدم تقنية FDM فتيل بلاستيك حراريًّا على شكل سلك، يتم تسخينُه داخل فُوهة يتم التحكّم في درجة حرارتها، ومتصلة برأس الطابعة. تبثق الفوهة طبقة الفتيل البلاستيكية الحرارية المنصهرة على لوح الطباعة فوق منصة البناء، وفقًا لنموذج تصميم(CAD). هذه المنصة قابلة للتسخين، ويمكن خفضُها وفقًا لسُمكِ الطبقةِ المختارة، وترتفع في كل مرة يتم فيها طباعة طبقة. تسمح هذه التقنية بإنتاج منتجات ثابتة ومتينة ومستقرة الأبعاد مع دقة أكبر، مقارنة بتقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد الأخرى (Chakraborty & Chandra Biswas, 2019).

- مستلزمات إنتاج الملابس (Garment Production Trims)

يُقصد بها الأجزاء الداخلة في صناعة الملابس، ومن أمثلتها:

الأزرار والعَراوي (Button and Buttonholes)، والكباسين (Snaps)، والشريط الخشن (Hook and Loop Tape)، وحلقات الحرف "د" (D-rings)، والإبزيم (Buckles)، والعراوي المعدنية/ الثقوب المعدنية (Eyelets and Grommets)، والأربطة (Ties)، والحابكات المنزلقة (Zipper) (رزق وآخرون، 2009).

الإطار النظري

أولًا: التعريف بتقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد (FDM) واستخدامها في البحث الحالي

- التصنيع بالإضافة (Additive Manufacturing)

هي مجموعة من التقنيات التي تنشِئ نماذجَ ثلاثية الأبعاد بطريقة الإضافة، طبقةً تلو الأخرى بدلًا من طرحها، وتم اعتماد المصطلح كاسم معترَف به لجميع عمليات التصنيع بالإضافة، مثل:

- متعدد الطبقات (layered manufacturing).
- النماذج الأولية السريعة (rapid prototyping).
- الأدوات السريعة (rapid tooling).
- تصنيع الأشكال الصلبة الحرة (solid freeform fabrication).

- الكتابة المباشرة (direct writing).
- التصنيع المضاف (additive manufacturing).
- الطابعة ثلاثية الأبعاد (3D printing)، وما إلى ذلك (Narayan, 2014).

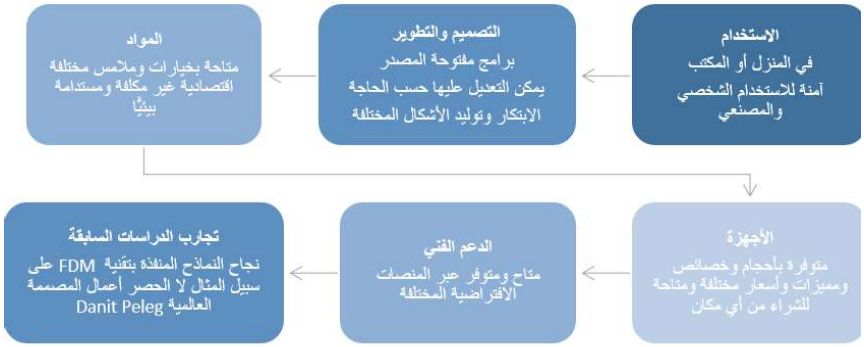
وتعرفه الباحثات بأنه: عمليات التصنيع التي تعتمد على مبدأ إضافة طبقة فوق طبقة –وهذا سبب التسمية– للحصول على منتج ثلاثي الأبعاد، بحيث تصل نسبة الهدر -العوادم- إلى صفر، وهي عكس الطريقة التقليدية (التصنيع بالطرح) التي يتم فيها استخدام المواد الخام، ثم طرح الزيادات منها عن طريق النحت، أو القصّ، أو القطع، لتصنيع المنتج، ولا بد من وجود نسبة الهدر فيها وإن قلّت.

- الطّابعة ثلاثية الأبعاد (3DPrinting)

تُعرف الطابعة ثلاثية الأبعاد بأنها: تصنيع الأشياء عن طريق ترسيب مواد باستخدام رأس، أو فوهة، أو أشعة، أو ضوء، أو أي تقنية لطابعات أخرى، حتى يكتمل الشكل المطلوب، وغالبًا ما تستخدم بشكل مترادف مع التصنيع بالإضافة، وترتبط بالأجهزة ذات السعر المنخفض، أو القدرة الشاملة (Narayan, 2014).

وتعرّف الباحثات تقنية (FDM) المستخدمة في هذا البحث بأنها: إحدى تقنيات الطابعة ثلاثية الأبعاد، وتُعرف بنمذجة الترسيب المنصهر، وتوفّر حرية تصميم لا مثيل لها، وسرعة في التنفيذ باستخدام اللدائن الحرارية القوية، ويمكن إنتاج نماذج أولية وظيفية ذات مقاومة حرارية وكيميائية متميزة، وذات نسب قوة ممتازة، وتزيد بحسب المواد المستخدَمة.

وتم اختيار تقنية (FDM) في البحث الحالي عوضًا عن أي تقنيات أخرى من الطابعة ثلاثية الأبعاد، لمميزات عدّة ذكرتها دراسات (Chakraborty & Chandra Biswas, 2019; Kim et al., 2019; Perry, 2018; Sanatgar et al., 2019; Sun & Zhao, 2017; Uysal & Stubbs, 2019) وهي موضحة في الشكل التالي:



شكل (1) ملخص لمميزات تقنية (FDM) ومناسبتها للبحث الحالي (إعداد الباحثات)

ثانيًا: الاقتصاد الدائري وعلاقته بتقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد FDM

- الاقتصاد الدائري (Circular Economy):

هو إطار عمل ونهج للأنظمة والشركات لمعالجة التحديات العالمية بما في ذلك تغيّر المناخ وفقدان التّنوع البيولوجي والنّفايات والتلوّث. وله ثلاثة مبادئ، جميعها ترتكز على التصميم: القضاء على النفايات والتلوث، والحفاظ على المنتجات والمواد قيد الاستخدام، وتجديد النّظم الطبيعية(Foundation Ellen Macarthur, 2021).

- الاقتصاد الدائري في صناعة الأزياء (Circular Economy in Fashion):

هو نظام حلقة مغلقة أكثر استدامة، يتم تصميم المنتجات فيها ضمن نظام يدعم جميع جوانب إعادة التدوير، ويراعي التصميمُ دوراتِ الحياة المتعددة، ليشمل أولًا: سلوك المستهلك بإطالة مرحلة استخدام المنتج، وثانيًا: الخدمات التي تقدمها الشركات في إصلاح المنتج واستبداله، وثالثًا: المصانع من خلال تطوير المنتجات، وإعادة التصنيع، وأخيرًا استعادة المواد باستخدام النفايات كموارد قيّمة لإنتاج مواد جديدة كالألياف النسيجية المعاد تدويرها (NIINIMAKI, 2018).

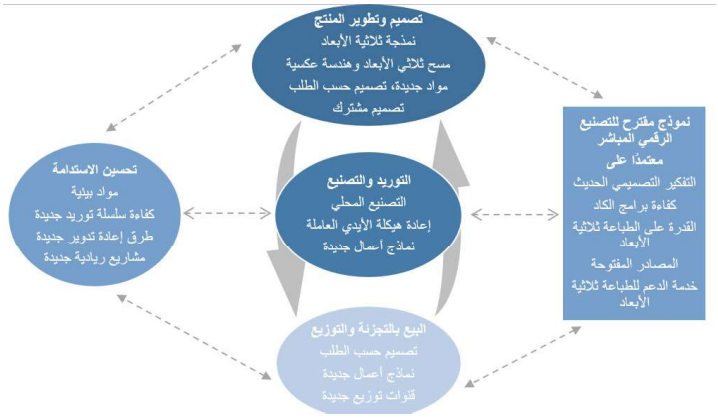
- إعادة توزيع التصنيع (Re-distributed Manufacturing):

المقصود به التكنولوجيا، والأنظمة، والإستراتيجيات التي تغيّر اقتصادات التصنيع، وتنظيمه، خاصةً فيما يتعلق بالموقع والحجم، بحيث تقلل تكاليف التوريد، وتحسّن الاستدامة، وتوفر منتجات فرديّة

خاصة لكل عميل (Turner et al., 2019).

وتعرفه الباحثات بأنه: تنفيذ جميع مراحل وعمليات التصنيع إن أمكن في مكان واحد، والمتضمنة: التصميم (Design)، والإنتاج (Production)، والتوزيع (Distribution)، والتسويق (Marketing)، والتجزئة (Retailing)، وحتى إعادة التدوير (Recycling)، ويمكن أن يشارك فيها العميل، وتعتمد على التقنية وإستراتيجيات الاستدامة، وابتكار الخدمات اللوجستية.

ويتفق البحث الحالي مع دراسة (Sun & Zhao, 2017) التي وضعت نموذجًا مفاهيميًّا مقترَحًا للتحول نحو التصنيع الرقمي المباشر(DDM) باستخدام تقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد، موضحةً في الشكل التالي:



شكل (2) النموذج المفاهيمي للتصنيع الرقمي المباشر والطابعة ثلاثية الأبعاد في صناعة الأزياء- ترجمة الباحثات (Sun & Zhao, 2017)

من خلال تطبيق النموذج السابق يمكن تصميم وتطوير الأزرار، وأشكالها، وأحجامها، باستخدام برامج النمذجة، ويشارك فيها العميل، حسب متطلباته الخاصة، كما يتيح له اختيار المواد الدّاخلة في صناعتها، ويتم طباعتها في أي موقع أقرب للعميل تتوفر فيه الطابعة ثلاثية الأبعاد بتقنية (FDM) دون الحاجة إلى مصانع متخصصة في صناعة الأزرار، أو أيدٍ عاملة ماهرة في المجال، ويتم التصميم والبيع كلُّ ذلك افتراضيًّا على منصات الإنترنت دون الحاجة إلى أماكن تخزين، وتوزيع، وبيع، وأخيرًا يمكن استرجاعها وإعادة تدويرها مرة أخرى، لتدخل في حلقةٍ مستمرةٍ من التصنيع دون أن تمرّ

بمرحلة التخلّص والتحول إلى نُفايات مطلقًا.

منهجية البحث

اتبع المنهج الوصفي التحليلي، إلى جانب المنهج التجريبي في تنفيذ الأزرار بتقنية (FDM)، وإجراء الاختبارات المعملية، للتأكد من جودتها كمنتج نهائي صالح للاستخدام، ثم قياس اتجاهات المتخصصين والمنتجين نحو الأزرار المنفذة، للتحقق من صحة الفروض.

حدود البحث

اقتصرت على الأزرار المطبوعة بتقنية (FDM) من مادتيّ:

(PTEG) لدائن صلبة مقاومة للأحماض، والأملاح، والمواد القلوية، ذات متانة عالية، وانكماش منخفض، وخيارات ألوان متعددة، يمكن تطبيق العديد من النماذج الأولية بها، وآمنة للأطعمة، وقابلة لإعادة التدوير.

(PLA) لدائن من مواد بيولوجية 100%، قابلة للتحلّل في السماد الصناعي، آمنة الاستخدام، مثالية للنماذج، تعطي تفاصيل جمالية، وخيارات ألوان متعددة، ويمكن خلطها مع نشارة حديد، أو خشب، أو أي مواد أخرى مختلفة.

ونفذت نماذج الأزرار بمعمل (3D Art KSA)بمكة المكرمة، واختُبرت معمليًّا بمختبرات مصنع الملابس العسكرية بالخرج، ومختبر النسيج بشركة بيروفيريتاس بجدة.

وتمت الإجراءات التطبيقية خلال الفترة 2021-2022م.

أدوات البحث

- استبانة جودة النماذج المنفذة ظاهريًّا بتقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد (من وجهة نظر المتخصصين).
- استبانة اتجاه نحو النماذج المنفذة بتقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد (من وجهة نظر المنتجين).

عينة البحث

تم اختيارها بأسلوب العينة الغرضية القصدية، وهو اختيار حُر يحقق الغرض من البحث، وضمّت:

- عدد 39 من أعضاء هيئة التدريس المتخصصين في مجال الأزياء والملابس والنسيج بكليات

التصاميم والفنون بالمملكة العربية السعودية، لمعرفة اتجاهاتهم حول جودة مظهرية النماذج المنفذة بتقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد (FDM).

- عدد 38 من روّاد الأعمال والمصممين بقطاع الأزياء (المنتجين): أصحاب مصانع الملابس، وبيوت الأزياء بالمملكة العربية السعودية، والموثّقين بوزارة التجارة، لمعرفة اتجاهاتهم نحو النماذج المنفذة بتقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد (FDM).

الدراسة التطبيقية

أولًا: تصميم أدوات البحث

1/ استبانة جودة النماذج المنفذة ظاهريًّا بتقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد (من وجهة نظر المتخصصين)

هدفها معرفة ما إذا كانت النماذج المنفذة حققت ظاهريًّا الأداء الوظيفي، والجمالي، والاستدامة، والابتكار، من وجهة نظر الأكاديميين المتخصصين في الأزياء والنسيج. تم تطبيق عدة إستراتيجيات للاستدامة والابتكار في بناء الأداة، واستخدام مقياس ليكرت الخماسي، حيث إن 5 أعلى درجة موافقة، وتضمنت 3 محاور أساسية:

- تحقيق الجودة المظهرية، وتندرج تحتها (5) عبارات.
- تحقيق الكفاءة الوظيفية، وتندرج تحتها (6) عبارات.
- تحقيق الاستدامة والابتكار، وتندرج تحتها (9) عبارات.

وتم التحقق من صدق المحتوى بعد عرضه على لجنة التحكيم من المتخصصين، وحققت جميع العبارات نسبة 100% بالموافقة على تقسيم محاور الأداة، وصحة الصياغة اللُّغوية، ووضوح العبارات، وارتباط المحتوى بالأهداف المراد تحقيقها، وكانت قيمة معامل الثبات ألفا كرونباخ للدرجة الكلية للمقياس (0.953)، وهو معامل ثبات مرتفع تجاوز الحد الأدنى الموصَى به للبحوث الاستكشافية. وجاءت جميع قيم معاملات الارتباط موجبة أكبر من 0.30، مما يدل على وجود علاقة طردية قوية بين كل عبارة والمحور الذي ينتمي إليه، ومِن ثَمّ، فإن جميع محاور المقياس تُعتبر صادقة لما وُضِعت لقياسه.

2/ استبانة اتجاه نحو النماذج المنفذة بتقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد (من وجهة نظر المنتجين):

هدفها معرفة مدى تقبّل المنتجين والمصممين للنماذج المنفذة بتقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد، وإمكانية تطبيقها في منتجاتهم. تم تطبيق إستراتيجيات الاستدامة في بناء العبارات. تم استخدام مقياس ليكرت الخماسي، حيث إن موافق بشدة أعلى درجة، وتضمّنت (16) عبارةً، لمعرفة اتجاهات العينة نحو تقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد، وتطبيقها في منتجاتهم، وأثرها على مستقبل صناعة الأزياء في السعودية، وتمثلت في محورين:

- الجانب الإبداعي والجمالي، وتضمنت (10) عبارات.
- الجانب الاقتصادي والبيئي، وتضمنت (6) عبارات.

وتم التحقق من صدق المحتوى بعد عرضه على لجنة التحكيم من المتخصصين، وكان المتوسط الكلي لنسبة الموافقين على ملاءمة عبارات المقياس هي 99%. وعليه، فقد تحقق الصدق المنطقي للأداة، وتم إجراء ما يلزم في ضَوء المقترحات المقدَّمة، ليخرج في صورته النهائية، وكانت قيمة معامل الثبات ألفا كرونباخ للدرجة الكلية للمقياس (0.930)، وهو معامل ثبات مرتفع، يمكن الاعتماد عليه كأداة بحثية، والوثوق بنتائجها، وجاءت جميع قيم معاملات الارتباط موجبة أكبر من 0.30، مما يدل على وجود علاقة طردية قوية بين كل عبارة والمحور الذي ينتمي إليه، ومِن ثَمّ، فإن جميع عبارات المقياس تُعتبر صادقة لما وُضِعت لقياسه.

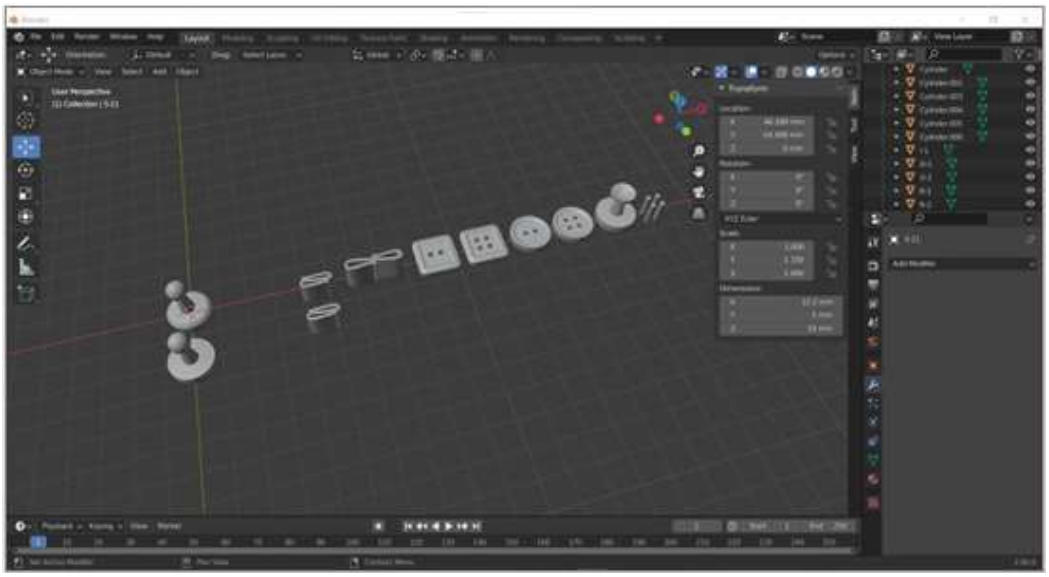
ثانيًا: تنفيذ نماذج البحث واختبارها

1/ طباعة النماذج

تم اختيار المواد الأكثر استخدامًا في تقنية(FDM) من اللدائن الحرارية القابلة لإعادة التدوير، وغير سامّة، ولا تتضمن أي مواد مسرطنة، ومنخفضة التكلفة، ويسهل العمل بها لغير المتخصصين.

تمت نمذجة الأزرار ببرنامج مفتوح المصدر(Blender) بمقاسات 12 ملم، و15 ملم، و16 ملم دائرية بثقبين، ثم طباعتها باستخدام طابعة بتقنية (FDM) بجهاز من Tronxy-X3SA، باستخدام خيوط بسَماكة 1.75 ملم، وثماني مواد مختلفة، هي:

PLA NATUR BRONZ/ PLA WHITE/ PLA BLACK/ PLA NATUR WOOD/ PLA NATUR ALUMINUM/ PLA TRANSPARENT/ PETG SOLID RED/ PETG SOLID YELLOW .



شكل (3) نافذة برنامج النمذجة (Blender) في البحث الحالي- تصوير شاشة الباحثات

شكل (4) الطابعة المستخدمة في البحث الحالي(Tronxy-X3SA)تصوير الباحثات

شكل (5) أشكال مختلفة من الأزرار المنفذ بتقنية (FDM) في البحث الحالي- تصوير الباحثات

شكل (6) أشكال مختلفة من الأزرار المنفذ بتقنية (FDM) في البحث الحالي- تصوير الباحثات

2/ تطبيق الاختبارات المعملية

بما أن الأزرار تُعد جزءًا مهمًّا من القطعة الملبسية، وتتعرّض لنفس ظروف الغسيل والكَي والتجفيف التي تتعرض لها القطعة الملبسية، لذلك تم تطبيق اختبارات الرابطة الأمريكية لكيميائيّ

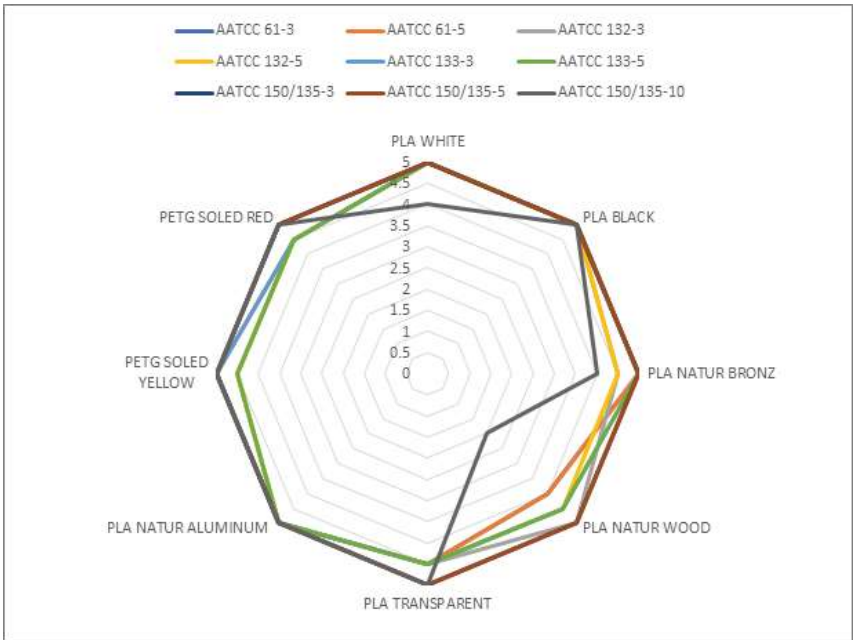
النسيج والألوان (AATCC) على الأزرار المنفذة، وقياس الأثر عليها، حيث إنه لا توجد اختبارات خاصة بغسل وكَي الأزرار. كما طبقت أيضًا اختبار الجمعية الأمريكية للاختبارات والمواد (ASTM) على الأزرار المنفذة في البحث، وهي خاصة بقياس مدى صلابة الأزرار، ومقاومتها للكسر، وذلك للتأكد من ضمان تصميمها، وإنتاجها بتقنية (FDM)، وتقييمها، ومدى مطابقتها لمستوى الجودة المطلوبة للسوق السعودية المستهدفة، وتضمنت الاختبارات:

- الغسيل العادي (AATCC 61).
- الغسيل الجاف (AATCC132).
- الكي على الجاف (AATCC133-111).
- اختبار مقاومة الكسر طبقًا للمواصفة (ASTM D-5171) .

نتائج البحث

أولًا: نتائج الاختبارات المعملية

اجتازت الأزرار المنفذة الاختبارات بنجاح كبير، وحققت النتائج التالية:



شكل (7) يوضح العلاقة بين ثبات لون المادة واختبارات AATCC بعد 3 و5 و10 تكرارات

من الشكل البياني نستنتج ما يلي

- ثبات لون مادتي (PLA BLACK وPLA NATUR ALUMINUM) في جميع الاختبارات، وبعد كل التكرارات، ويرجع لثبات اللون الأسود، وجودة مصنعية الخيط.
- ثبات لون مادة (PLA WHIT) في جميع الاختبارات، وبعد كل التكرارات، عدا المرة العاشرة في الغسيل العادي سجلت 4 درجات.
- ثبات لون مادة(PLA TRANSPARENT)عند درجة حرارة 40°، وأقل بعد جميع التكرارات، بينما سجلت 4.5 درجة في المقياس الرمادي في الاختبارات عند درجة حرارة 65°، وأعلى بعد جميع التكرارات، ومِن ثَمّ يُنصح بعناية الملابس بدرجات حرارة أقل. وتتفق هذه النتائج مع دراسة خليفة (2006) في حصول بهتان خفيف في اللمعة، وبطبيعة الأواني البلاستيكية الشفافة يَذهب صفاؤُها مع كثرة الاستخدام والتنظيف.
- ثبات لون مادتي (PETG SOLID YELLOW وPETG SOLID RED) عند درجة حرارة 40°، وأقل بعد جميع التكرارات، بينما سجلت 4.5 في الغسيل الجاف بعد 3/5 تكرارات، كذلك سجل اللون الأصفر 4.5 درجة في اختبار الكي بعد 5 تكرارات، بينما سجل اللون الأحمر 4.5 درجة في اختبار الكي بعد 3/5 تكرارات، والغسيل العادي بدرجة 71° بعد 5 تكرارات، ومِن ثَمّ ينصح بعناية الملابس بدرجات حرارة أقل، وخاصة اللون الأحمر. ويرجع ذلك لطبيعة اللون المضاف على مادة بولي إيثلين ترايفثليت جلايكول، حسب جودة مصنعية الخيط.
- تغيّر اللون في مادة (PLA NATUR BRONZ) يوافق ما جاء في نتائج دراسة البردخيني (2019) من تأثر الأزرار المصنوعة من النحاس، لتفاعلها مع الأحماض والقلويات الموجودة بالمنظفات الصناعية فقط، ويخالفه في الأزرار المصنوعة من الألمنيوم، والتأثير كان طفيفًا جدًّا، حيث سجل 4.5 درجة في المقياس الرمادي في الغسيل الجاف بعد 3 و5 تكرارات، و4 درجات كأقصى تغير في اللون بعد التكرار للمرة العاشرة في الغسيل العادي عند درجة 40°، وقد يرجع إلى أن الخيوط مصنوعة من برادة النحاس المخلوط مع مادة بولي لاكتيك أسيد، وليست نحاسًا نقيًّا.
- وجاءت أقل درجات ثبات في مادة(PLA NATUR WOOD)، حيث سجلت 2 درجة في اختبار

الفسيل العادي عند حرارة 40° بعد 10 تكرارات، و4 درجات في الفسيل العادي عند 71° بعد 3/5 تكرارات، وتتفق مع نتائج خليفة (2006) لا يُنصح باستخدام أزرار الخشب مع معاطف المطر، والأجواء الرطبة، ويُنصح بالتنظيف الجاف للعناية بها، وسجلت 4.5 درجة في الفسيل الجاف بعد 5 تكرارات، و4.5 درجة في اختبار الكي بعد 3/5 تكرارات، ويرجع ذلك إلى نشارة الخشب الطبيعية المخلوطة مع مادة بولي لاكتيك أسيد التي تتأثر بالمواد المنظفة، ودرجات الحرارة العالية، وتتفق مع دراسة خليفة (2006) التي أشارت إلى أنه لم تتأثر الأزرار الخشبية كثيرًا بعد عمليات التنظيف الجاف والكي على الجاف.

بينما اجتازت جميع المواد الثماني اختبار مقاومة الكسر للأزرار، حسب المواصفة(ASTM D 5171) وظهرت سلامة الأزرار من أي كسور، وذلك من خلال الفحص البصري بالعدسة المكبّرة حتى خمس مرات، وفي الفحص المجهري للمظهر السطحي المقطعي بتقنية(SEM) حتى 100/ 60/ 10000 مرة تكبير .

مما سبق، تستخلص الباحثات أن المواد المستخدمة جميعها مقاومة للكسر باختلاف ألوانها وأنواعها، وتتحمّل طرق الغسيل والعناية بالملابس في الظروف العادية، ودرجات حرارة تتراوح ما بين 40° وحتى 60°، وهذا ما أكدته دراسة (Alsiyami & Salem 2022)، موضحة بالتصوير المجهري للعينات المنفذة بعد اختبار مقاومة الكسر. ولا توجد دراسات سابقة أجرت اختبارات معملية خاصة بالغسيل والكَي على نماذج منفذة بتقنية (FDM)، بالتالي يُعد أول بحث في هذا المجال.

ثانيًا: التحقق من فروض البحث

1/ ينص الفرض الأول على أنه: "توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين اتجاهات المتخصصين الأكاديميين (مجال الأزياء والنسيج) في النماذج المنفذة بتقنية (FDM)، من حيث (تحقيق الجودة المظهرية – تحقيق الكفاءة الوظيفية – تحقيق الاستدامة والابتكار)".

وللتحقق من صحة الفرض الأول، تم سؤال المتخصصين من أعضاء هيئةِ التدريس عينةِ البحث، وبلغ عددهم 39 متخصصًا حول مدى تحقيق الجودة المظهرية في النماذج المنفذة بتقنية (FDM)،

وجاءت النتائج على النحو التالي:

جدول (1) تقييم النماذج المنفذة بتقنية FDM من حيث (تحقيق الجودة المظهرية)

م	العبارة	المتوسط المُرجح	الانحراف المعياري	النسبة% المرجحة	الاتجاهات ((الاستجابات	الرتبة
1	نُفذت بأشكال وأحجام متعددة	4.90	0.307	97.9	موافق بشدة	1
2	نُفذت بخيارات لونية متعددة	4.87	0.409	97.4	موافق بشدة	2
3	نفذت بمواد مختلفة تناسب الوظيفة المطلوبة	4.72	0.560	94.4	موافق بشدة	3
4	نفذت بملامس مختلفة حسب المطلوب	4.59	0.751	91.8	موافق بشدة	5
5	الشكل العام للنماذج المُنفذة جيد المظهر	4.69	0.655	93.8	موافق بشدة	4
	المتوسط العام	4.75	0.536	95.1	موافق بشدة	

ويتضح من جدول (1) أن قيمة المتوسط العام لدرجة استجابة المتخصصين للمحور الأول (تحقيق الجودة المظهرية) قد بلغت نحو 4.75، بانحراف معياري قدره (0.536)، وهو ما يقابل فئة الاستجابة "موافق بشدة" في مقياس ليكرت الخماسي، حيث تراوحت قيمة المتوسط ما بين (4.59 إلى 4.90)، أي: أنه من وجهة نظر 95.1% من أفراد عينة البحث كان مستوى النماذج المنفذة بتقنية (FDM) في تحقيق الجودة المظهرية "مرتفعًا" .

جدول (2) تقييم النماذج المنفذة بتقنية (FDM) من حيث (تحقيق الكفاءة الوظيفية)

م	العبارة	المتوسط المُرجح	الانحراف المعياري	النسبة% المرجحة	الاتجاهات ((الاستجابات	الرتبة
1	تتحمل عمليات الغسيل المتكرر	4.67	0.530	93.4	موافق بشدة	5
2	تتحمل المنظفات بدون تبييض	4.79	0.409	95.8	موافق بشدة	1
3	تتحمل حتى حرارة 40°	4.77	0.485	95.4	موافق بشدة	3
4	قابلة للاستخدام كأدوات غلق للملابس	4.79	0.409	95.8	موافق بشدة	1 مكرر
5	لها قوة وصلابة عالية	4.74	0.498	94.8	موافق بشدة	4
6	ذات وزن قياسى يتناسب مع الخامات المختلفة	4.62	0.673	92.4	موافق بشدة	6
	المتوسط العام	4.73	0.501	94.6	موافق بشدة	

ويتضح من جدول (2) أن قيمة المتوسط العام لدرجة استجابة المتخصصين للمحور الثاني ككل (تحقيق الكفاءة الوظيفية) قد بلغت نحو 4.73، بانحراف معياري قدره (0.501)، وهو ما يقابل فئة

الاستجابة "موافق بشدة" في مقياس ليكرت الخماسي، حيث تراوحت قيمة المتوسط ما بين (4.62 إلى 4.79)، أي: أنه من وجهة نظر 94.6% من أفراد عينة البحث كان مستوى النماذج المنفذة بتقنية (FDM) في تحقيق الكفاءة الوظيفية "مرتفعًا".

جدول (3) تقييم النماذج المنفذة بتقنية (FDM) من حيث (تحقيق الاستدامة والابتكار)

م	العبارة	المتوسط المُرجح	الانحراف المعياري	النسبة% المرجحة	الاتجاهات ((الاستجابات	الرتبة
1	تدفع إلى تحسين أدوات الغلق	4.64	0.668	92.8	موافق بشدة	6
2	تؤدي إلى تصاميم مستحدّثة لأدوات الغلق	4.67	0.621	93.4	موافق بشدة	5
3	توفر وظائف مبتكرة لأدوات الغلق	4.74	0.549	94.8	موافق بشدة	4
4	تغيّر نظام تصنيع أدوات الغلق الحالية	4.64	0.778	92.8	موافق بشدة	7
5	اقتصادية غير مكلفة	4.44	0.912	88.8	موافق بشدة	9
6	آمنة بيئيًّا	4.59	0.751	91.8	موافق بشدة	8
7	تحقق مبدأ التصنيع الدائري	4.79	0.469	95.8	موافق بشدة	2
8	تحقق استدامة جمالية لأدوات الغلق	4.79	0.469	95.8	موافق بشدة	2 مكرر
9	تُغير ثقافة تصنيع أدوات الغلق مستقبلًا	4.85	0.432	97.0	موافق بشدة	1
	المتوسط العام	4.68	0.628	93.7	موافق بشدة	

ويتضح من جدول (3) أن قيمة المتوسط العام لدرجة استجابة المتخصصين للمحور الثالث ككل (تحقيق الاستدامة والابتكار) قد بلغت نحو 4.68، بانحراف معياري قدره (0.628)، وهو ما يقابل فئة الاستجابة "موافق بشدة" في مقياس ليكرت الخماسي، حيث تراوحت قيمة المتوسط ما بين (4.44 إلى 4.85)، أي: أنه من وجهة نظر 93.7% من أفراد عينة البحث كان مستوى النماذج المنفذة بتقنية (FDM) في تحقيق الاستدامة والابتكار "مرتفعًا".

جدول (4) الاتجاه العام لاتجاهات المتخصصين نحو النماذج المنفذة بتقنية (FDM)

المحور	المتوسط المرجح	الانحراف المعياري	النسبة% المُرجحة	(الاتجاهات (الاستجابات
تحقيق الجودة المظهرية	4.75	0.536	95.1	موافق بشدة
تحقيق الكفاءة الوظيفية	4.73	0.501	94.6	موافق بشدة
تحقيق الابتكار والاستدامة	4.68	0.628	93.7	موافق بشدة
المتوسط الكلي	4.72	0.555	94.5	موافق بشدة

يتضح من جدول (4) أن قيمة المتوسط الكلي (متوسط المتوسطات) لدرجة استجابة المتخصصين فيما يتعلق بمحاور المقياس الثلاثة معًا قد بلغت نحو (4.72)، بانحراف معياري (0.555)، وهو ما يقابل فئة الاستجابة "موافق بشدة" في مقياس ليكرت الخماسي النقاط، أي: أنه من وجهة نظر 94.5% من أفراد عينة البحث كان مستوى النماذج المنفذة بتقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد (FDM) في تحقيق كل من الجودة المظهرية، والكفاءة الوظيفية، والابتكار، والاستدامة يُعتبر مستوًى "مُرتفعًا" .

ونظرًا لأن توزيع المتغيرات في هذا البحث لا يتبع التوزيع الطبيعي، وأيضًا هي متغيرات فئوية، تم استخدام اختبار كاي تربيع (كا2) Chi-square للعينة الواحدة لاختبار دلالة الفرق بين المتخصصين في آرائهم، وفقًا للفئات المختلفة (موافق بشدة، موافق، موافق إلى حد ما، غير موافق، غير موافق بشدة) لكل عبارة من عبارات محاور المقياس. وللتحقق من مدى صحة الفرض، تم تطبيق اختبار كا2 على مستوى كل محور من محاور المقياس الثلاثة كالتالي:

جدول (5) قيمة كا2 لدلالة الفرق بين اتجاهات المتخصصين وفقًا لفئات كل عبارة في محور تحقيق الجودة المظهرية

	العبارة	قيمة كا2	درجات الحرية	*مستوى الدلالة
1	نُفذت بأشكال وأحجام متعددة	24.64	1	0.000
2	نفذت بخيارات لونية متعددة	56.00	2	0.000
3	نفذت بمواد مختلفة تناسب الوظيفة المطلوبة	34.31	2	0.000
4	نفذت بملامس مختلفة حسب المطلوب	47.46	3	0.000
5	الشكل العام للنماذج المنفذة جيد المظهر	58.54	3	0.000
دال عند مستوى معنوية 0.05 *				

من جدول (5) نجد أن قيمة كاي تربيع كا2 test Chi-square X^2 لعبارات محور الجودة المظهرية قد بلغت على التوالي 24.64، 56.00، 34.31، 47.46، 58.54، وهي جميعُها دالةٌ عند مستوى معنوية أقل من 0.05، مما يدل على وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين اتجاهات المتخصصين، من حيث تحقق محور تحقيق الجودة المظهرية للنماذج المنفذة بتقنية (FDM).

جدول (6) قيمة كا2 لدلالة الفرق بين اتجاهات المتخصصين وفقًا لفئات كل عبارة في محور تحقيق الكفاءة الوظيفية

	العبارة	قيمة كا2	درجات الحرية	*مستوى الدلالة
1	تتحمل عمليات الغسيل المتكرر	26.46	2	0.000
2	تتحمل المنظفات بدون تبييض	13.56	1	0.000
3	تتحمل حتى حرارة 40°	38.77	2	0.000
4	قابلة للاستخدام كأدوات غلق للملابس	13.56	1	0.000
5	لها قوة وصلابة عالية	35.23	2	0.000
6	ذات وزن قياسى يتناسب مع الخامات المختلفة	26.31	2	0.000
دال عند مستوى معنوية 0.05 *				

من جدول (6) نجد أن قيمة كاي تربيع كا2 test Chi-square X^2 لعبارات محور الكفاءة الوظيفية قد بلغت على التوالي 26.46، 13.56، 38.56، 13.56، 35.23، 26.31، وهي جميعها دالة عند مستوى معنوية أقل من 0.05، مما يدل على وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين اتجاهات المُتخصصين، من حيث تحقق محور تحقيق الكفاءة الوظيفية للنماذج المنفذة بتقنية (FDM).

جدول (7) قيمة كا2 لدلالة الفرق بين اتجاهات المتخصصين وفقًا لفئات كل عبارة في محور تحقيق الاستدامة والابتكار

	العبارة	قيمة كا2	درجات الحرية	*مستوى الدلالة
1	تدفع إلى تحسين أدوات الغلق	49.92	3	0.000
2	تؤدى إلى تصاميم مستحدثة لأدوات الغلق	30.15	2	0.000
3	توفر وظائف مبتكرة لأدوات الغلق	38.00	2	0.000
4	تغيّر نظام تصنيع أدوات الغلق الحالية	57.51	3	0.000
5	اقتصادية غير مكلفة	34.33	3	0.000
6	آمنة بيئيًّا	47.46	3	0.000
7	تحقق مبدأ التصنيع الدائرى	42.61	2	0.000
8	تحقق استدامة جمالية لأدوات الغلق	42.61	2	0.000
9	تغير ثقافة تصنيع أدوات الغلق مستقبلًا	51.23	2	0.000
دال عند مستوى معنوية 0.05 *				

من جدول (7) نجد أن قيمة كاي تربيع test Chi-square X^2 لعبارات محور الاستدامة والابتكار قد بلغت على التوالي 49.92، 30.15، 38.00، 75.51، 34.33، 47.46، 42.61، 42.61، 51.23، وهي جميعها دالة عند مستوى معنوية أقل من 0.05، مما يدل على وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين اتجاهات المتخصصين، من حيث تحقق محور تحقيق الاستدامة، والابتكار للنماذج المنفذة بتقنية FDM. وتتفق مع نتائج دراسة (Sun & Zhao, 2017) في أنه سيؤدي عصر الطابعة ثلاثية الأبعاد إلى تغيير جذري وثوري في سلسلة توريد الأزياء العالمية بالاعتماد على التصنيع الرقمي المباشر، وتحفيزه بالتفكير التصميمي، وإمكانات برامج النمذجة الهائلة.

من خلال ما سبق، تم قبول صحة الفرض الأول الذي ينص على "توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين اتجاهات المتخصصين الأكاديميين (مجال الأزياء والنسيج) في النماذج المنفذة بتقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد (FDM)، من حيث (تحقيق الجودة المظهرية – تحقيق الكفاءة الوظيفية – تحقيق الاستدامة والابتكار)".

2/ نتائج الفرض الثاني:

ينص الفرض الثاني على أنه: "توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين اتجاهات المنتجين (أصحاب المصانع – بيوت الأزياء) في النماذج المنفذة بتقنية (FDM)، من حيث (الجانب الإبداعي والجمالي – الجانب الاقتصادي والبيئي)".

وللتحقق من صحة الفرض الثاني، تم سؤال المنتجين من أصحاب مصانع الملابس ومصممي الأزياء أصحابِ المشاريعِ المتوسطة والصغيرة عينةِ البحث، وبلغ عددهم 38 منتجًا حول اتجاهاتهم نحو النماذج المنفذة بتقنية (FDM)، وجاءت النتائج على النحو التالي:

جدول (8) المتوسط العام لدرجة استجابة المنتجين ومدى إدراكهم للجانب الإبداعي والجمالي

م	العبارة	المتوسط المُرجح	الانحراف المعيارى	النسبة% المرجحة	الاتجاهات ((الاستجابات	الرتبة
1	أعي أهمية تطوير منتجاتي، من أجل الحفاظ على تفرّدها.	4.76	0.669	95	موافق بشدة	1

2	أسعى لجعل منتجاتي مستدامة بيئيًا من خلال التقنيات الحديثة.	4.45	0.645	89	موافق بشدة	6
3	أتابع الجديد دومًا في أدوات الغلق الخاصة بصناعة الأزياء.	4.42	0.552	88	موافق بشدة	7
4	لديّ اطلاع بتقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد في مجال صناعة الأزياء.	3.89	0.981	78	موافق	10
5	أرغب في تطبيق تقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد في تنفيذ أدوات الغلق لمنتجاتى.	4.37	0.633	87	موافق بشدة	9
6	أؤيد تطبيق تقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد في تنفيذ مكملات مستحدثة لمنتجاتى	4.47	0.687	89	موافق بشدة	4
7	تُحقّق تقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد إضافة جمالية لمنتجاتى	4.42	0.722	88	موافق بشدة	8
8	تدفعني تقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد لابتكار تصاميم جديدة	4.55	0.645	91	موافق بشدة	3
9	أتحمّس لتجربة عملائي للمنتجات المضاف لها تقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد	4.47	0.725	89	موافق بشدة	5
10	أتوقع أن تصبح الطابعة ثلاثية الأبعاد لها دور كبير فى مستقبل صناعة الأزياء بالسعودية	4.55	0.602	91	موافق بشدة	2
	المتوسط العام	4.42	0.669	88 %	موافق بشدة	

ويتضح من جدول (8) أن قيمة المتوسط العام لدرجة استجابة المنتجين ومدى إدراكهم للجانب الإبداعي والجمالي قد بلغ نحو 4.42، بانحراف معياري قدره (0.669)، وهو ما يقابل فئة الاستجابة "موافق بشدة" في مقياس ليكرت الخماسي، حيث تراوحت قيمة المتوسط ما بين (3.89 إلى 4.76)، أي: أنه من وجهة نظر 88% من أفراد عينة البحث كان مستوى اتجاهاتهم نحو النماذج المنفذة بتقنية (FDM) في تحقيق الجانب الإبداعي والجمالي "مرتفعًا" .

جدول (9) المتوسط العام لدرجة استجابة المنتجين ومدى إدراكهم للجانب الاقتصادي والبيئي

م	العبارة	المتوسط المُرجح	الانحراف المعيارى	النسبة% المرجحة	الاتجاهات ((الاستجابات	الرتبة
1	أجد أن قابلية تصميم وتنفيذ أدوات الغلق وإنتاجه في مكان واحد، حسب طلب العميل، فكرة تنافسية واقتصادية	4.37	0.786	87	موافق بشدة	5

2	تخلصني تقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد من قيود التصدير والاستيراد.	4.47	0.725	89	موافق بشدة	2
3	تمكّنني تقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد الإنتاج، حسب الطلب، من الحدّ من تراكم المنتجات.	4.32	0.809	86	موافق بشدة	6
4	تحتاج الطابعة ثلاثية الأبعاد للمواد الخام، وبعض الخبرات في مجال التصميم والتصنيع، لتكوين مؤسسات صناعية كبرى.	4.42	0.642	88	موافق بشدة	3
5	يمكنني إعادة تدوير القطع في نفس المكان، لخفض التكاليف.	4.42	0.758	88	موافق بشدة	4
6	تساعدني تقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد في تطبيق الاستدامة، والحفاظ على البيئة.	4.47	0.603	89	موافق بشدة	1
	المتوسط العام	4.40	0.744	88 %	موافق بشدة	

ويتضح من جدول (9) أن قيمة المتوسط العام لدرجة استجابة المنتجين ومدى إدراكهم للجانب الاقتصادي والبيئي قد بلغ نحو 4.40، بانحراف معياري قدره (0.744)، وهو ما يقابل فئة الاستجابة "موافق بشدة" في مقياس ليكرت الخماسي، حيث تراوحت قيمة المتوسط ما بين (4.32 إلى 4.47)، أي: أنه من وجهة نظر 88% من أفراد عينة البحث كان مستوى اتجاهاتهم نحو النماذج المنفذة بتقنية (FDM) في تحقيق الجانب الاقتصادي والبيئي "مرتفعًا" .

جدول (10) الاتجاه العام لاتجاهات المنتجين نحو النماذج المنفذة بتقنية (FDM)

المحور	المتوسط المُرجح	الانحراف المعياري	النسبة % المرجحة	الاتجاهات ((الاستجابات
إدراك الجانب الإبداعى والجمالى	4.42	0.669	88 %	موافق بشدة
إدراك الجانب الاقتصادى والبيئى	4.40	0.744	88 %	موافق بشدة
المتوسط الكلى	4.41	0.706	88 %	موافق بشدة

يتضح من جدول (10) أن قيمة المتوسط الكلي (متوسط المتوسطات) لدرجة استجابة المنتجين فيما يتعلق بعبارات المقياس قد بلغت نحو (4.41)، بانحراف معياري (0.706)، وهو ما يقابل فئة الاستجابة "موافق بشدة" في مقياس ليكرت الخماسي النقاط، أي: أنه من وجهة نظر 88% من أفراد عينة البحث كان مستوى اتجاهاتهم نحو النماذج المنفذة بتقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد في تحقيق كل من الجانب الإبداعي، والجمالي، والاقتصادي، والبيئي "مرتفعًا" .

وللتحقق من مدى صحة الفرض الثاني، تم تطبيق اختبار كاي تربيع كا2 على مستوى كل عبارة من جوانب المقياس، كما هو موضح تاليًا:

جدول (11) قيمة كا2 لدلالة الفرق بين اتجاهات المنتجين وفقًا لفئات كل عبارة في إدراك الجانب الإبداعي والجمالي

	العبارة	قيمة كا2	درجات الحرية	*مستوى الدلالة
1	أعى أهمية تطوير منتجاتى، من أجل الحفاظ على تفرّدها	10.53	1	0.001
2	أسعى لجعل منتجاتي مستدامة بيئيًّا من خلال التقنيات الحديثة	12.05	2	0.002
3	أتابع الجديد دومًا فى أدوات الغلق الخاصة بصناعة الأزياء	16.47	2	0.000
4	لديّ اطلاع بتقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد في مجال صناعة الأزياء.	19.37	4	0.001
5	أرغب في تطبيق تقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد في تنفيذ أدوات الغلق لمنتجاتى	11.10	2	0.004
6	أؤيد تطبيق تقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد في تنفيذ مكملات مستحدثة لمنتجاتى	12.84	2	0.002
7	تحقق تقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد إضافة جمالية لمنتجاتى	10.16	2	0.006
8	تدفعنى تقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد لابتكار تصاميم جديدة	17.74	2	0.000
9	أتحمّس لتجربة عملائي للمنتجات المضاف لها تقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد	13.63	2	0.001
10	أتوقع أن تصبح الطابعة ثلاثية الأبعاد لها دور كبير في مستقبل صناعة الأزياء بالسعودية	17.42	2	0.000
	المتوسط العام	4.42	0.669	88 %
المتوسط العام * دال عند مستوى معنوية 0.05				

من جدول (11) نجد أن قيمة كاي تربيع كا2 X^2 test Chi-square لعبارات إدراك الجانب الإبداعي والجمالي قد بلغت على التوالي 10.53، 12.05، 16.47، 19.37، 11.1، 12.84، 10.16، 17.74، 13.63، 17.42، وهي جميعها دالة عند مستوى معنوية أقل من 0.05، مما يدل على وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين اتجاهات المنتجين نحو النماذج المنفذة بتقنية (FDM)، من حيث مدى إدراكهم بأبعاد الجانب الإبداعي والجمالي. وتتفق مع دراسة (Perry, 2018) في أنه يمكن للمستهلكين إنشاء منتجات فريدة مخصصة لا يمتلكها غيرهم، كما يمكن تطويعها، لتلبية احتياجاتهم الخاصة.

جدول (12) قيمة كا2 لدلالة الفرق بين اتجاهات المنتجين وفقًا لفئات كل عبارة في إدراك الجانب الاقتصادي والبيئي

	العبارة	قيمة كا2	درجات الحرية	*مستوى الدلالة
1	أجد أن قابلية تصميم وتنفيذ أدوات الغلق وإنتاجه في مكان واحد، حسب طلب العميل، فكرة تنافسية واقتصادية	23.68	3	0.000
2	تخلّصني تقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد من قيود التصدير والاستيراد	13.63	2	0.001
3	تمكّنني تقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد الإنتاج، حسب الطلب، من الحدّ من تراكم المنتجات	20.53	3	0.000
4	تحتاج الطابعة ثلاثية الأبعاد للمواد الخام، وبعض الخبرات في مجال التصميم والتصنيع، لتكوين مؤسسات صناعية كبرى	11.42	2	0.003
5	يمكنني إعادة تدوير القطع في نفس المكان، لخفض التكاليف	27.26	3	0.000
6	تساعدني تقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد في تطبيق الاستدامة، والحفاظ على البيئة	14.10	2	0.001
المتوسط العام * دال عند مستوى معنوية 0.05				

من جدول (12) نجد أن قيمة كاي تربيع كا2 X^2 test Chi-square لعبارات إدراك الجانب الاقتصادي والبيئي قد بلغت على التوالي 23.68، 13.63، 20.53، 11.42، 27.26، 14.10، وهي جميعها دالة عند مستوى معنوية أقل من 0.05، مما يدل على وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين اتجاهات المنتجين نحو النماذج المنفذة بتقنية FDM، من حيث مدى إدراكهم لأبعاد الجانب الاقتصادي والبيئي. ويتفق هذا مع دراسة (Perry, 2018)، حيث كانت إجابات العينة أن الملابس المطبوعة ثلاثية الأبعاد مستدامة، وتحقق مبدأ صفر نفايات، إلى جانب انخفاض تكلفة الإنتاج عندما يكون المستهلكون قادرين على طباعتها بالمنزل.

من خلال ما سبق، تم قبول صحة الفرض الثاني الذي ينص على "توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين اتجاهات المنتجين (أصحاب المصانع - بيوت الأزياء) في النماذج المنفذة بتقنية (FDM)، من حيث (الجانب الإبداعي والجمالي – الجانب الاقتصادي والبيئي)".

ملخص نتائج البحث

قد أمكن الإجابة عن التساؤل الأول الذي ينص على (ما إمكانية إنتاج الأزرار بتقنية الطابعة

ثلاثية الأبعاد (FDM)؟من خلال الدراسة التطبيقية، بدءًا من نمذجة الأزرار باستخدام تطبيقات الحاسب (BLENDER)، ثم طباعتها بتقنية (FDM)، واختبارها حسب مواصفات (AATCC)بمختبر مصنع الملابس العسكرية بالخرج، ومختبر بيتروفيريتاس قسم الملابس والنسيج بجدة، وأثبتت الأزرار المطبوعة كفاءتها الوظيفية، وكذلك صلاحية المواد المستخدَمة (PLA/PETG)في صناعة الأزرار. وبذلك تمت الإجابة عن دراسة (Sun & Zhao, 2017) في التصنيع الرقمي المباشر، وتقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد التي ذكرت عدم وجود دراسات على كفاءة المنتج فيما يتعلق بمراقبة الجودة.

وأمكن الإجابة عن التساؤل الثاني الذي ينص على (ما اتجاهات المتخصصين والمنتجين في الأزرار المنفذة بتقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد (FDM)؟ من نتائج التحليل الإحصائي للبيانات، نجد إقبال المتخصصين من الأكاديميين وكذلك المنتجين من أصحاب المصانع، وبيوت الأزياء، والمصممين نحو استخدام تقنية (FDM) في إنتاج الأزرار، حسب طلب العميل، وموافقتهم على التحول نحو الاستدامة والتميز في منتجاتهم. ويتفق هذا مع دراسة (Perry, 2018)، حيث فضّل المستهلكون شراء الملحقات وإكسسوارات الملابس المصنوعة بتقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد؛ لأنها أقل تكلفة، ويمكن تنفيذها حسب الطلب.

من خلال ما سبق، يمكن التأكيد على إمكانية تطبيق تقنية (FDM) في إنتاج الأزرار داخل منشآت الأزياء المتوسطة والصغيرة بالمملكة العربية السعودية، والتحول نحو التصنيع الدائري في صناعة الأزرار كجزء من قطاع إنتاج وصناعة الأزياء ومكملاتها، وذلك بناء على نتائج الاختبارات المعملية، ونتائج استبانات اتجاهات المتخصصين والمنتجين، إضافة إلى عدم وجود مصانع داخل السعودية لإنتاج الأزرار يستوجب تطبيق نتائج البحث لتغطية الطلب المحلي على مستوى المنشآت المتوسطة والصغيرة.

التوصيات

إجراء دراسات تجريبية على تقنيات الطابعة ثلاثية الأبعاد المختلفة، مثل SLS للإنتاج الكبير، ومقارنة نتائج النماذج المنفذة مع البحث الحالي من حيث الجودة والتكلفة الاقتصادية.

تجربة إنتاج مستلزمات أخرى في صناعة الأزياء، مثل الدعامات، والأحزمة، والأربطة، وصولًا

إلى قطع ملبسية متكاملة بتقنية (FDM)، واختبار جودتها، وكفاءتها الوظيفية.

تطبيق تقنية الطابعة ثلاثية الأبعاد (FDM) في تخصصات الأزياء بالكليات والجامعات، للوصول إلى منتجات مبتكرة ومستدامة.

تطبيق تقنية (FDM) لإنتاج الأزرار ضمن المنشآت المتوسطة والصغيرة، لتحقيق أهداف برنامج تطوير الصناعة الوطنية، ورؤية 2030.

المراجع

البردخيني، أشرف يوسف. . (2019) نظام مقترح لإعادة استخدام مستلزمات الإنتاج لتحقيق الاستدامة في صناعة الملابس الجاهزة. المجلة العلمية لكلية التربية النوعية., 1(18), 541–590. https://www.arablifestyle.com/16/153004

خليفة، رائدا دردير. . (2006) معايير جودة الأزرار بصناعة الملابس في ضوء المتغيرات التكنولوجية. رسالة ماجستير غير منشورة. جامعة حلوان.

رزق، سوسن عبداللطيف، مالك، مها محمد& ، النجار، علاء أحمد. . (2009) الحابكات المنزلقة في صناعة الملابس. عالم الكتب. القاهرة– مصر.

رؤية المملكة2030 – برنامج تطوير الصناعة الوطنية والخدمات اللوجستية. . (2019) برنامج تطوير الصناعة الوطنية والخدمات اللوجستية- خطة التنفيذ 2018-2020. https://www.vision2030.gov.sa/ar/v2030/vrps/nidlp/

طه، فرج عبدالقادر، أبو النيل، محمود السيد، قنديل، شاكر عطية، محمد، حسين عبدالقادر وعبدالفتاح، مصطفى كامل. (1989). معجم علم النفس والتحليل النفسي. دار النهضة العربية للطباعة والنشر. بيروت- لبنان.

المليجي، محمد أحمد.. (2010) دراسة فنية تحليلية لمستلزمات إنتاج الملابس العسكرية في دولة الإمارات العربية المتحدة: (بالتطبيق على جاكيت ضباط القوات الجوية). مجلة علوم وفنون- دراسات وبحوث، 22(4)، 117–141. http://search.mandumah.com/Record/70963

وزارة الثقافة –هيئة الأزياء. . (2023) قطاع الأزياء، قطاع الفرص. https://fashion.moc.gov.sa/sites/de-

fault/files/2023-03/currentsituationar.pdf

References

Albardakhini, 'Ashraf Yusif. (2019). Nizam Muqtarah Li'iieadat Aistikhdam Mustalzamat Al'iintaj Litahqiq Alaistidamat fi Sinaeat Almalabis Aljahizati. Almajalat Aleilmiat Likullyat Altarbiat Alnaweiati, 1(18), 541-590. https://www.arablifestyle.com/16/153004

Almaliji, Muhamad 'Ahmadu. (2010). Dirasat Faniyat Tahliliat Limustalzamat 'Iintaj Almalabis Aleaskariat fi Dawlat Al'iimarat Alearabiat Almutahidati: (Bialtatbiq Ealaa Jakit Dubaat Alquaat Aljawiyati) . Majalat Eulum Wafunun - Dirasat Wabuhuthi, 22(4), 117-141.

Alsiyami, S. A., & Salem, S. S. (2022). The Effect of Consumption on the Appearance of Closers Implemented by 3D Printer Technology (FDM). Journal of Textile Science and Technology, 08(04), 187–202. https://doi.org/10.4236/jtst.2022.84014

Balconi, M., Sebastiani, R., & Angioletti, L. (2019). A neuroscientific approach to explore consumers' intentions towards sustainability within the luxury fashion industry. Sustainability (Switzerland), 11(18). https://doi.org/10.3390/su11185105

Bio Cotton – game changer for a sustainable fashion industry. (2022). https://www.c-and-a.com/eu/en/shop/bio-cotton

Chakraborty, S., & Chandra Biswas, M. (2019). Fused Deposition Modeling 3D Printing Technology in Textile and Fashion Industry: Materials and Innovation. https://doi.org/10.33552/MCMS.2020.02.000529

Costa, J., & Broega, A. C. (2022). New Sustainable Materials for the Fashion Industry: The Button in the Circular Economy. 342–356. https://doi.org/10.1007/978-3-031-09659-4_26

Foundation Ellen Macarthur. (2021). CIRCULAR BUSINESS MODELS: redefining growth for a thriving fashion industry. 1–78.

Jiang, Q., Chen, L. C., & Zhang, J. (2019). Perception and preference analysis of fashion colors: Solid color

shirts. Sustainability (Switzerland), 11(8). https://doi.org/10.3390/su11082405

Khalifata, Randa Dirdir. (2006). Maeayir Judat Al'azrar Bisinaeat Almalabis fi Daw' Almutaghayirat Altiknulujiati. Risalat Majistir Ghayr Manshuratin. Jamieat Hulwan.

Kim, S., Seong, H., Her, Y., & Chun, J. (2019). A study of the development and improvement of fashion products using a FDM type 3D printer. Fashion and Textiles, 6(1). https://doi.org/10.1186/s40691-018-0162-0

Lehmann, M., Arici, G., Boger, S., Martinez-Pardo, C., Krueger, F., Schneider, M., Carriere-Pradal, B., Schou, D., Blankschon, T., & Siim, D. (2019). 2019 UPDATE PULSE OF THE FASHION INDUSTRY Publisher Global Fashion Agenda, Boston Consulting Group, and Sustainable Apparel Coalition Graphic design. https://globalfashionagenda.org/product/pulse-of-the-fashion-industry-2019/

Narayan, R. (2014). Rapid prototyping of biomaterials (R. Narayan, Ed., 1st ed., Vol. 70). Woodhead Publishing.

Niinimaki, K. (2018). Sustainable Fashion in a Circular Economy (K. Niinimaki, Ed.). Aalto University . https://core.ac.uk/download/pdf/301138773.pdf

Perry, A. (2018). 3D-printed apparel and 3D-printer: exploring advantages, concerns, and purchases. International Journal of Fashion Design, 11(1), 95–103. https://doi.org/10.1080/17543266.2017.1306118

Razq, Sawsan Eabd Allatifi, Malka, Maha Muhamadu, & Alnajar, Eala' 'Ahmadu. (2009). Alhabikat Almunzaliqat fi Sinaeat Almalabisi. Ealam Alkutub. Alqahirat - Masr.

Responsible Leadership - New Balance. (2022). https://www.newbalance.co.uk/responsible-leadership.html

Ruyat Almamlakat 2030-Barnamaj Tatwir Alsinaeat Alwataniat Walkhadamat Alluwjistiati. (2019). Barnamaj Tatwir Alsinaeat Alwataniat Walkhadamat Alluwjistiat - Khutat Altanfidh 2018-2020. https://www.vision2030.gov.sa/ar/v2030/vrps/nidlp

Sanatgar, R. H., Cayla, A., Campagne, C., & Nierstrasz, V. (2019). Morphological and electrical characteriza-

tion of conductive polylactic acid based nanocomposite before and after FDM 3D printing. Journal of Applied Polymer Science, 136(6). https://doi.org/10.1002/app.47040

Sun, L., & Zhao, L. (2017). Envisioning the era of 3D printing: a conceptual model for the fashion industry. Fashion and Textiles, 4(1), 1–16.

Sustainability Reporting - H&M Group. (2021). https://hmgroup.com/sustainability/sustainability-reporting/

Taha, Faraj Eabd Alqadir, 'Abu Alniyl, Mahmud Alsayidi, Qandili, Shakir Eatiat, Muhamad, Husayn Eabdalqadir Waeabdalfataha, Mustafaa Kamil. (1989). Muejam Ealam Alnafs Waltahlil Alnafsi. Dar Alnahdat Alearabiat Liltibaeat Walnushri. Bayrut - Lubnan.

Turner, C., Moreno, M., Mondini, L., Salonitis, K., Charnley, F., Tiwari, A., & Hutabarat, W. (2019). Sustainable production in a circular economy: A business model for re-distributed manufacturing. Sustainability (Switzerland), 11(16). https://doi.org/10.3390/su11164291

Uysal, R & Jack B. Stubbs. (2019). A New Method of Printing Multi-Material Textiles by Fused Deposition Modelling (FDM). TEKSTILEC. http://www.tekstilec.si/wp-content/uploads/2019/11/10.14502Tekstilec2019.62.248-257.pdf

Wizarat Althaqafat - Hayyat Al'azya'i. (2023). Qitae Al'azya'i, Qitae Alfuras. https://fashion.moc.gov.sa/sites/default/files/2023-03/currentsituationar.pdf

Vision of a circular economy for fashion Shared by Fashion. (n.d.). Retrieved August 23, 2022, from https://emf.thirdlight.com/link/nbwff6ugh01m-y15u3p/@/preview/1?o