طراحی مدولار لباس با فناوری چاپگرهای سه بعدی رویکردی نوین در مد و پوشاک پایدار

شقایق نظری[۱]، ویدا عابدی طامه[۲]، فریده طالب پور[۲*] ، پیمان ولی پور[۳]

[۱]دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

[۲]گروه طراحی پارچه و لباس، دانشکده هنر، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران

[۳]استاد، گروه طراحی پارچه و لباس، دانشکده هنر، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران

[۴]دانشکده مهندسی نساجی، پوشاک و مد، واحد قائمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائمشهر، ایران

talebpour@alzahra.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۰۶

چکیده

چاپگر سه بعدی یا تولید افزودنی یک فناوری شناخته شده ا ست که در زمینه‌های مختلف برای ایجاد ا شیاء سه بعدی با قرار دادن لایه‌های متوالی از مواد مختلف ا ستفاده می شود. کاربردهای چاپگر سه بعدی در صنعت مد به دلیل تولید محصولات منحصربه‌فرد موردتوجه مصرف‌کنندگان قرار می‌گیرد. بااین‌حال، شکافی در تحقیق‌های پیشین وجود دارد که استفاده از مواد سخت مانند پلی لاکتیک اسید(PLA)، را در زمینه مد کمتر بررسی می‌کند. این تحقیق اولین تلاش موفقیت آمیز در چاپ سه بعدی برای لباس بدون زباله زیست تخریب پذیر است که با استفاده از مدل‌سازی توسط کامپیوتر و فناوری چاپ سه بعدی ساخته شده است. طرح آن با الهام از گنبد علویان، مدل‌سازی، ارزیابی و تولید شده‌اند. قطعات لباس مدولار در اندازه واقعی از طریق چاپ سه بعدی تولید شد. با استفاده از این لباس به‌عنوان نمونه اولیه، پذیرش لباس‌های چاپ سه بعدی در بین مصرف‌کنندگان از طریق یک نظرسنجی آنلاین شامل ۲۳۵ پاسخ‌دهنده ارزیابی می‌شود. ابزار پژوهش پرسشنامه محقق ساخت می باشد که روایی آن توسط سه تن از اساتید دانشگاه مورد تایید واقع شده است. نرم افزار مورد استفاده spss است. داده‌های جمع آوری شده نشان می‌دهد که تفاوت معنی داری در جلوگیری از صدمات پوشاک به محیط زیست ، بین گروه های مختلف تحصیلی به لحاظ رشته ی تحصیلی وجود دارد. مهندسی صنایع، مهندسی نساجی و طراحی لباس با دا شجویان ر شته ی مهند سی پلیمر تفاوت معنی داری دارند و با میانگین بی شتر، معتقد به جلوگیری از صدمات پو شاک به محیط زی ست ه ستند. همچنین تفاوت معنی داری در تمایل به پوشیدن لباس طراحی شده توسط چاپگرهای سه بعدی بین گروه های مختلف تحصیلی به لحاظ رشته ی تحصیلی وجود دارد. مهندسی نساجی و طراحی لباس با دانشجویان رشته ی مهندسی پلیمر ، صنایع و مکانیک تفاوت معنی داری دارند و با میانگین بیشتر، تمایل به پوشیدن لباس طراحی شده توسط چاپگرهای سه بعدی دارند. همچنین تفاوت معنی داری در میزان اطلاع بیشتری از چاپگرهای سه بعدی بین گروه های مختلف تحصیلی به لحاظ رشته ی تحصیلی وجود دارد. مهندسی نساجی و مهندسی پلیمر و طراحی لباس با دانشجویان صنایع و مکانیک تفاوت معنی داری دارند و با میانگین بیشتر، به ترتیب میزان اطلاع بیشتری از چاپگرهای سه بعدی در صنعت مد دارند. در نهایت گروه سنی کمتر از ۲۰ سال و گروه سنی ۲۱ تا ۳۰ سال با میانگین بیشتر نسبت به سایر گروه های سنی به ترتیب تمایل بیشتری به پوشیدن لباس طراحی شده توسط چاپگرهای سه بعدی دارند.

کلمات کلیدی: چاپگر سه بعدی، پارچه، لباس، پایداری، لباس مدولار

Design of modular clothing using 3D printing technology with the approach to sustainability in fashion

Shaghayegh Nazari[1], Vida Abedi Tame[2], Farideh Talebpour[3]*, Peiman Valipour[4]
[1]Textile Engineering Department Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnique), Tehran, Iran
[2]Textile and Clothing Design Department, Faculty of Arts, Al-Zahra University (S), Tehran, Iran
[3]Professor, Department of Textile and Fashion Design, Faculty of Art, Alzahra University, Tehran, Iran
[4]Department of Textile Engineering, Apparel and Fashion, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran
talebpour@alzahra.ac.ir

Abstract

3D printer or additive manufacturing is a well-known technology that is used in various fields to create 3D objects by placing successive layers of different materials. 3D printer applications in the fashion industry are noticed by consumers due to the production of unique products. However, there is a gap in previous research that examines the use of hard materials such as polylactic acid in the fashion context. This research is the first successful attempt at 3D printing for biodegradable waste-free clothing, which is made using computer modeling and 3D printing technology. Its design was modeled, evaluated and produced by the inspiration of Alaviyan dome. Life-sized modular clothing pieces were produced through 3D printing. Using this garment as a prototype, consumer acceptance of 3D printed garments will be assessed through an online survey of 235 respondents. The research tool is a researcher-made questionnaire, the validity of which has been confirmed by three professors of the university. The software used is spss. The collected data show that there is a significant difference in preventing clothing damage to the environment between different educational groups in terms of academic field. Industrial engineering, textile engineering and clothing design have a significant difference with polymer engineering students, and with a higher average, they believe in preventing clothing damage to the environment. Also, there is a significant difference in the desire to wear clothes designed by 3D printers between different educational groups in terms of academic field. Textile engineering and clothing design are significantly different from students of polymer engineering, industries and mechanics, and with a higher average, they tend to wear clothes designed by 3D printers. Also, there is a significant difference in the amount of knowledge about 3D printers between different study groups in terms of study field. Textile engineering and polymer engineering and clothing design have a significant difference with industrial and mechanical students, and with a higher average, they have more information about 3D printers in the fashion industry, respectively. Finally, the age group of less than 20 years and the age group of 21 to 30 years with a higher average than other age groups, respectively, are more inclined to wear clothes designed by 3D printers.

Keywords: 3D printing, fashion industry, sustainability, modular clothing.

۱. مقدمه

محصولات مد در زندگی روزمره مورد استفاده قرار می‌گیرند و طیف وسیعی از اقلام یا کالاها را پوشش می‌دهند مانند پوشاک، کفش، جواهرات، کیف دستی، لوازم جانبی و غیره. آن‌ها نه‌تنها به‌عنوان وسایلی که برای پوشاندن و محافظت از بدن به‌عنوان لباس و کفش استفاده می‌شوند، بلکه حتی برای بیان فردیت، شخصیت و جذابیت مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به علاقه زیاد مصرف‌کنندگان به اقلام یا محصولات مد، صنعت مد و پوشاک یکی از صنایع مهم در سطح جهان است که تاثیر زیادی در رشد اقتصادی دارد. در نتیجه، شرکت‌ها سعی می‌کنند با استفاده از فناوری‌های جدید در فرآیندهای مختلف تولید، به طور مستمر روی فناوری‌های جدیدی سرمایه‌گذاری کنند[۱] . با توجه به پیشرفت‌های فناورانه، روش‌های توسعه محصول دستخوش تغییرات زیادی شده‌است. این تغییرات در سبک، کیفیت، شخصی‌سازی و حتی نوآوری منعکس می‌شوند.

در روش سنتی برای توسعه محصول مراحل مختلفی از ایده تا تولید محصول نهایی وجود دارد. اما فناوری‌های پیشرفته و کاربرد گسترده آن‌ها برای طراحی محصول، به‌دنبال ارزیابی محصول از طریق شبیه‌سازی آن هستند[۲]. فناوری‌های گوناگون نقش اساسی در ایجاد تولیدات صنعتی جدید دارند که شامل کلان داده‌ها، تجزیه و تحلیل آنها، ربات‌های خودمختار و شبیه سازی می‌باشد. تأثیر فناوری‌های جدید با کاربرد در هر حوزه تولید، با کاهش زمان تولید، کاهش اتلاف مواد اولیه و افزایش کیفیت محصولات یا سیستم‌ها از طریق کوتاه‌تر کردن فرآیندها و شبیه‌سازی محصول حاصل می‌گردد. اگرچه در صنعت مد و پوشاک این تلاش‌ها با نرخ پایینی انجام می‌شود، اما پژوهش‌ها نشان دهنده افزایش آگاهی شرکت‌ها و سهامداران برای کمک به صنعت مد پایدار است و نقش طراحان برای ایجاد محصولات مد پایدار با انتخاب مواد پایدار نیز مرتبط است. در نتیجه، برای حصول به نتایج بهتر، محققان همکاری نزدیک‌تری با دانشگاهیان، متخصصان صنعتی، سیاست‌گذاران و مصرف‌کنندگان را پیشنهاد می‌کنند که این امر منجر به تقویت و تحول سریع در صنعت مد و پوشاک می‌شود [۳].

با وجود پیشرفت‌های چشمگیر در فناوری چاپ سه‌بعدی و کاربردهای متعدد آن در صنایع مختلف، استفاده از این فناوری در صنعت مد به ویژه برای تولید لباس های زیست‌تخریب‌پذیر هنوز به طور کامل مورد بررسی قرار نگرفته است. به‌خصوص، بهره‌گیری از مواد سخت مانند پلی لاکتیک اسید در تولید لباس ها و همچنین تلفیق هنر معماری ایرانی با طراحی مد، کمتر مطالعه شده است. این پژوهش تلاش دارد تا با استفاده از مدل‌سازی کامپیوتری و فناوری چاپ سه‌بعدی، لباس‌های مدولار و زیست‌تخریب‌پذیر بدون زباله را تولید کرده و پذیرش این لباس‌ها را در بین مصرف‌کنندگان ارزیابی کند. از این رو، شکاف موجود در تحقیق‌های پیشین را پر کرده و به بررسی تأثیرات این نوآوری در صنعت مد می‌پردازد.

۲. مبانی نظری و پیشینه ی پژوهش

۲-۱. چاپ سه بعدی[1]

نوآوری در تولید بخشی از انقلاب صنعتی چهارم[2][۴] است. انقلاب صنعتی چهارم را می‌توان به‌عنوان شکلی جدید از کارآفرینی فناورانه معرفی کرد که بر پایه فناوری های پیشرفته مانند اینترنت اشیا و هوش مصنوعی استوار است. این انقلاب نه تنها باید در بهبود بهره‌وری و نوآوری در اقتصاد کمک کند، بلکه باید به‌عنوان یک راهبرد برای افزایش کارآفرینی و ایجاد فرصت های جدید در زمینه فناوری و صنعت به‌کار رود. با توجه به سرعت رشد این فناوری به عنوان یک جزء از انقلاب صنعتی چهارم، چاپ سه بعدی یکی از مهارت های مهم به‌شمار می‌رود [۵, ۶]. چاپ سه بعدی که به‌عنوان تولید افزودنی نیز شناخته می‌شود، اصطلاح کلی برای آن دسته از فناوری‌هایی است که بر اساس یک نمایش هندسی، اشیاء فیزیکی را با افزودن متوالی مواد مطابق با استاندارد[3] تولید می‌کنند.

بر اساس اطلاعات موجود تاریخچه‌ی چاپ سه بعدی در سال ۱۹۸۱ میلادی با درخواست ثبت اختراع دکتر هیدئو کوداما[4] برای یک دستگاه نمونه‌سازی سریع آغاز شد. در این سیستم، محفظه‌ای از مواد فتوپلیمر[5] در معرض نور فرابنفش[6] قرار می‌گیرد و مدلی از محصول به‌صورت لایه لایه ساخته می‌شود. تلاش‌های دیگری توسط مهندسان دیگر انجام شده‌است، اما اولین حق ثبت اختراع این نوع چاپگر، توسط چارلز هال[7] پدر پرینترهای سه بعدی، برای فناوری استریولیتوگرافی یا سنگ‌چاپ سه‌بعدی [8][۷] گرفته شد. چاپ سه‌بعدی، در تقابل با فناوری تولید سنتی است. در این شیوه، محصول مورد نظر، با قرارگرفتن لایه‌های متوالی از مواد با ضخامت معین که توسط نرم‌افزار خاصی طراحی شده‌است، ایجاد می‌شود[۸, ۹]. امروزه کاربرد چاپگرهای سه‌بعدی به سرعت در حال افزایش است و توسعه سریع این فناوری نتایج امیدوارکننده‌ای برای بهبود تولید، به ویژه با استفاده از مواد کامپوزیتی نشان می‌دهد. سه فناوری اصلی چاپ سه‌بعدی عبارتند از FDM، SLS و SLM هستند. FDM از مواد به شکل فیلامنت استفاده می‌کند. SLS از مواد به شکل پودر استفاده می‌کند و SLM از فلز برای ساخت قطعات، اجزاء و اشیاء استفاده می‌کند که این مواد بر اساس کاربردها و نیازهای خاص انتخاب می‌شوند. یکی از تحولات اخیراً در این صنعت، کاربرد اکسترودرهای چند نازل است. این اکسترودرها می‌توانند از مواد تکی یا چندگانه استفاده کنند و می‌توانند بر اساس کاربرد تعریف شوند. تولید افزایشی مبتنی بر فیلامنت قبل از چاپگر سه‌بعدی مبتنی بر

[1] 3D printer
[2] Fourth Industrial Revolution
[3] ISO/ASTM 52900:2015
[4] Hideo Kodama
[5] Photopolymer

[6] UV
[7] Charles “Chuck” Hull
[8] SLA: Stereolithography

SLS معرفی شد. اما پس از سال ۲۰۱۳، فناوری چاپ SLS به طور گسترده‌ای گسترش یافت که همچنان در حال پیشرفت است. ایده استفاده از چندین ماده در چاپ یک قطعه در فناوری FDM بسیار جدید است. در حال حاضر، چاپگرهای FDM موجود دارای حداکثر سیستم دو نازله هستن[۱۰] .

چاپ سه بعدی، که گاهی به آن «نمونه‌سازی سریع» نیز می‌گویند، در ابتدا برای تولید نمونه های اولیه استفاده می‌شد. اخیراً، فناوری‌های چاپ سه بعدی در زمینه‌های مختلف تولید، حتی برای سفار شات انبوه مانند، تولیدکفش، موردتوجه فراوان قرارگرفتها ست. فناوری چاپ سه بعدی به کاربران امکاناتی را برای تولید طرح‌هایی با هندسه پیچیده می‌دهد که ساخت آن‌ها با روش‌های سنتی معمولی د شوار یا حتی غیرممکن است. در سال‌های اخیر، چاپ سه‌بعدی به دلیل قابلیت سفارشی‌سازی اندازه و شکل، توجه زیادی را در صنایع نساجی و مد به خود جلب کرده ا ست. در مقایسه با تولید لباس‌های سنتی، فناوری چاپ سه‌بعدی می‌تواند سفارشی سازی فردی بر اساس بدن پوشنده از طریق اسکن سه‌بعدی ارائه دهد و امکان ایجاد ساختارهای بسیار پیچیده را فراهم کند. همچنین، ترکیب چاپ سه‌بعدی و منسوجات، فرصت های جدیدی برای توسعه تجهیزات حفاظتی و منسوجات هوشمند ارائه می‌دهد، در حالی که با رسوب مواد کاربردی بر روی منسوجات، راحتی و قابلیت پوشیدن پارچه‌ها را حفظ می‌کند[۱۱].

۲-۲. کاربرد چاپ سه بعدی در صنعت مد و پوشاک

صنعت مد و پوشاک یکی از صنایعی است که حدود ۱۰ درصد از گازهای گلخانه‌ای جهان و ۲۰ درصد از فاضلاب‌های تولیده شده را تولید می‌کند[۱۲]. پایداری در صنعت نساجی و مد اهمیت ویژه‌ای یافته است که می‌توان در مرا حل مختلفی از تولید تا م صرف نهایی اجرا کرد. یکی از این روش ها استفاده از روش "سه R" است که شامل سه روش به نام های : کاهش دادن، ا ستفاده مجدد و بازیافت می شود [۱۳]. به همین علت، چاپگرهای سه بعدی بسیار مورد استقبال قرارگرفته‌اند. جدای از این مسئله، حتی در بررسی‌های دانشگاه نیز مطالعات زیادی بر تولید پارچه با روش چاپ سه بعدی، توسط محققان مختلف توسعه و ارائه شده‌است. با وجود این‌که کارهای زیادی برای تولید مواد مشابه نظیر منسوجات انجام شده‌است، اما به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد منسوجات مانند: راحتی، انعطاف‌پذیری و غیره هنوز صنعت نساجی در حوزه‌ی چاپ سه بعدی منسوجات یا تولید لباس به تحقیقات بیشتری نیاز دارد.

ادغام فناوری چاپگر سه بعدی با صنعت مد، طراحان مد را ملزم به کاوش و درک انواع متفاوتی از مواد می‌کند، ازجمله ترموپلاستیک‌ها، مانند پلی لاکتیک اسید، اکریلونیتریل

بوتادین ا ستایرن[1] و نایلون، به شکل ر شته، مایع و یا پودر و فلزاتی مانند طلا و نقره و برنج. هر یک از این مواد در این حالت، برای تولید کالای نساجی سنتی غیرمعمول است. علاوه بر این، خواص مواد مختلفی که در چاپگر های سه بعدی به کار می‌روند را می‌توان از طریق روش‌های مدل‌سازی سه بعدی، تغییر داد. بنابراین بسیار مهم است که طراحان مد و پو شاک بتوانند با ا ستفاده از روش‌های مدل سازی سه بعدی، طراحی محصول را انجام داده و همچنین دانش خود را در خصوص کاربرد مواد اولیه در چاپگر سه بعدی را با تو جه به محدود یت های موجود افزایش دهند [۶]. موادی مانند نایلون، پلی اورتان ترموپلاستیک[2]، یا پلی لاکتیک اسید برای استفاده در چاپگرهای سه بعدی جهت تولید محصولات در حوزه مد، توجه طراحان مد را به خود جلب کرده است، که این امر منجر به کاهش ضایعات در حین تولید و بازیافت مواد می‌شود [۱۴]. یکی از چالش‌هایی که در صنعت نساجی برای چاپگرهای سه بعدی باید بر آن غلبه کرد، راحتی و انعطاف‌پذیر بودن منسوجات تولیدی است. محققان آزمایش‌های زیادی در راستای تولید پارچه‌ها با ساختارهای متفاوت تو سط چاپگرهای سه بعدی انجام داده اند. ساختارهای متفاوتی ازجمله پارچه‌های تاری و پودی و حلقوی [۱۵, ۱۶] مورد آزمایش قرار گرفته‌اند که نتایج نشان می‌دهد که ساختار حلقوی تولید شده توسط چاپگرهای سه بعدی دارای خا صیت انعطاف‌پذیری و راحتی بی شتری بودند [۱۷]. علاوه بر ساختار پارچه، ویژگی‌های نازل چاپگرهای سه بعدی نیز نقش مهمی در ایجاد ویژگی‌های پارچه‌های تولید شده دارد. از آنجایی که نازل مانند ر شته‌ساز[3] در ذوب ریسی عمل می‌کند، با کنترل حرکت نازل[4] می‌توان ظرافت، ضخامت و بسیاری از ویژگی‌های محصول نهایی را کنترل کرد [۱۸].

استفاده از فناوری مدلسازی لایه گذاری ذوب شونده [2] [۱۹] در صنعت نساجی روشی جدید برای چاپ سه بعدی منسوجات است که باعث کاهش مراحل مختلف تولید پوشاک و در نتیجه کاهش زمان و همچنین مواد دور ریز می شود. علاوه بر روش مدل‌سازی لایه گذاری ذوب شونده ، روش‌های دیگری مانند پخت لیزری انتخابی[5] و استریولیتوگرافی [۷] وجود دارد که برای تولید منسوج از مواد پودری یا مایع استفاده می‌شود، ولی در چاپگر سه بعدی نوع مدلسازی لایه گذاری ذوب شونده فقط می‌توان از مواد جامد مانند اکریلونیتریل بوتادین ا ستایرن، پلی لاکتیک اسید و پلی اورتان ترموپلاستیک استفاده کرد [۲۰, ۲۱].

جدا از کاربردهای مد، در حوزه تحقیقات دانشگاهی، محققان چاپ سه بعدی در موسسه فناوری ماساچوست[6] با مدل‌سازی

[1] ABS
[2] TPU
[3] spinneret
[2] FDM: Fused Deposition Modeling

[5] SLS: selective laser sintering
[6] MIT: Massachusetts Institute of Technology

پارچه بر اساس کلاژن پروتئینی با استفاده از مواد پلی اورتان ترموپلاستیک پارچه‌ای تولید کردند که کاربردهای زیادی در زمینه پزشکی و همچنین در منسوجات هوشمند دارد. چاپ سه بعدی امکان ایجاد اشکال و اندازه‌های غیرمتعارف و پیچیده را فراهم می‌کند. "پارچه فضایی[1]" نمونه‌ای از پیشرفت‌هایی است که در چاپ سه بعدی در صنعت نساجی انجام شده‌است که دارای چهار عملکرد اساسی مانند بازتاب، مدیریت حرارت، قابلیت تاشو و استحکام کششی است [۲۲, ۲۳].

علاوه بر منسوجات ساخته شده توسط چاپگرهای سه بعدی، چاپ اشکال هندسی توسط چاپگر سه بعدی روی پارچه توجه زیادی را به خود جلب کرده است. یکی از مهمترین مزایای چاپ سه بعدی، قابلیت اضافه شدن به منسوجات برای کاربردهای مختلف است. مطالعات زیادی در زمینه‌ی ترکیب چاپ سه بعدی بر روی پارچه‌های نساجی انجام شده‌است که محققان توانسته‌اند ویژگی‌های زیادی را بدست آورند [۲۴-۲۶].

در تولید لباس با چاپگرهای سه بعدی باید به این نکته توجه نمود که این شیوه تولید به لباس‌ها این امکان را می‌دهد که خاصیت مدولار داشته باشند. لباس مدولار نوعی لباس است که به تناسب نیازها و خواسته‌های مصرف‌کننده، به اشکال متفاوت و چند منظوره تبدیل می شود [۲۷]. طراحی مدولار به‌عنوان واحدهای کوچک و تغییرپذیر تعریف می‌شود، این لباس می‌تواند به‌صورت مستقل استفاده شود و یا روی لباس به‌عنوان افزونه متصل یا مستقل برای ایجاد ظاهری متنوع به‌کار رود [۲۸]. شایان ذکر است که انعطاف‌پذیری مهمترین ویژگی این محصول است؛ زیرا می‌توان آن را به‌راحتی به حالات و طرح‌های مختلف ازجمله کلاه، لباس، کیف، روسری و لوازم جانبی تبدیل کرد [۲۹]. طراحی پارچه مدولار از نظر طراحی مد دو کاربرد متفاوت با دیدگاه به صفر رساندن ضایعات دارد. در کاربرد اولیه، مصرف کننده نقش اصلی را در طراحی لباس ایفا می‌کند و به آن‌ها اجازه می‌دهد طرح را بر اساس ترجیحات شخصی خود تغییر دهد. در نتیجه این فرآیند، لباس از چرخه عمر طولانی برخوردار است. کاربرد دیگر برداشتن جابجا کردن یک یا چند قسمت از لباس و تبدیل آن به لباس با کاربردی دیگر است. به طور خلاصه، طراحی مدولار، مصرف‌کننده را در نقش یک طراح قرار می دهد، بنابراین به مصرف‌کنندگان این مسئولیت را می‌دهد که لباس‌های پایدارتر با ضایعات کمتر طراحی کنند. در سیستم مدولار طراحی مد، طراح فراتر از طرح پارچه تمرکز می‌کند. هدف طراح در این فرآیند تقویت مسائل پایداری با ترکیب رفتارهای مصرف کننده، عادات خرید و گنجاندن این عنصر در طراحی است.

[1] Space fabric

۳. پیشینه‌ی پژوهش

ژوران جین و همکاران [۳۰] در مقاله‌ای با عنوان "نوآوری مدل کسب‌وکار در شرکت‌های پوشاک چاپ سه‌بعدی در تحول دیجیتال: رویکرد بوم نوآوری مدل کسب‌وکار" به بررسی چالش‌های تحول دیجیتال برای شرکت‌های پوشاک با استفاده از چاپ سه‌بعدی پرداخته‌اند. این مقاله به اهمیت و ظرفیت سفارشی‌سازی چاپ سه‌بعدی در صنعت پوشاک اشاره دارد، اما تأکید می‌کند که این شرکت‌ها با چالش‌های تحول دیجیتال مواجه هستند. از آنجایی که مدل کسب‌وکار به عنوان یک سلاح رقابتی برای شرکت‌های مدرن مطرح است، این مقاله شکاف پژوهشی بین نوآوری مدل کسب‌وکار و چالش‌های تحول دیجیتال را بررسی می‌کند. هدف این پژوهش نوآوری یک مدل کسب‌وکار جدید برای شرکت‌های پوشاک چاپ سه‌بعدی در مواجهه با تحول دیجیتال است.

چینگ ژائو [۳۱] در مقاله‌ای با عنوان "شبیه‌سازی طراحی دیجیتال سه‌بعدی پارچه‌های پوشاک بر اساس تشخیص تصویربرداری نوری و تصویربرداری" به بررسی روش‌های نوین برای بهبود طراحی و تولید پارچه‌های پوشاک پرداخته است. این تحقیق با استفاده از فناوری تصویربرداری نوری و هوش داده‌های بزرگ، به ایجاد مدل‌های دیجیتال سه‌بعدی از پارچه‌ها پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که این روش می‌تواند ویژگی‌های فیزیکی پارچه‌ها را به مدل‌های دیجیتال تبدیل کند و طراحی شخصی‌سازی‌شده را بهبود بخشد. این رویکرد باعث افزایش کارایی و دقت در فرآیند طراحی پارچه می‌شود.

نظمیه توفان تولماچ و اوزلنن اردم ایشمال [۳۲] در مقاله‌ای با عنوان "دوره‌ای جدید: چاپ سه‌بعدی به عنوان زبان زیبایی شناسی و ابزار خلاقانه در طراحی مد و پارچه" به بررسی استفاده از چاپگرهای سه‌بعدی مدل‌سازی رسوب‌گذاری مذاب (FDM) برای تولید سطوحی مشابه با پارچه و ایجاد یک مجموعه پوشاک پرداخته‌اند. در این مطالعه، آزمایش‌های مختلفی با مواد مختلف مانند پلی‌لاکتیک اسید (PLA)، آکریلونیتریل بوتادین استایرن (ABS) و پلی‌اورتان ترموپلاستیک (TPU) انجام شد تا به انعطاف‌پذیری کافی برای ایجاد ساختارهای مشابه پارچه دست یابند. با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش‌ها، مجموعه‌ای از پوشاک با چهار طرح الهام‌گرفته از "چهار فصل" ویوالدی طراحی شد. این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از چاپ سه‌بعدی می‌تواند به عنوان زبان زیبایی‌شناسی و ابزار خلاقانه‌ای در طراحی مد و پارچه مورد استفاده قرار گیرد.

یوکسیا سان [۳۳] در مقاله‌ای با عنوان "مدل طراحی بهینه سازی تعاملی لباس بر اساس چاپ سه‌بعدی" به ارائه یک مدل بهینه سازی طراحی لباس تعاملی بر اساس فناوری چاپ سه‌بعدی می‌پردازد. در این تحقیق، کاربر از طریق لایه کاربری وارد سیستم شده و لایه نمایش از فناوری اسکن سه‌بعدی برای جمع‌آوری داده‌های بدن انسان استفاده می کند. داده‌های جمع‌آوری شده به منظور به دست آوردن خط

محیطی بدن انسان پردازش می‌شوند و پس از حذف نویز، ویژگی‌های نقاط برجسته استخراج می‌شوند. در نهایت، فایل داده سه‌بعدی بدن ایجاد و به لایه رابط ارسال می‌شود. لایه رابط از طریق طراحی سبک، اضافه کردن رنگ‌ها و الگوها، و با استفاده از روش بهینه‌سازی جهانی، قطعات لباس را به صورت تطبیقی تنظیم می‌کند تا طراحی نهایی لباس انجام شود. نتایج تجربی نشان می‌دهد که سیستم با دقت بیش از ۹۹,۵٪ اندازه کاربران را جمع‌آوری می‌کند و تعداد تکرارهای لازم برای تنظیم تطبیقی کمتر از ۳۰ بار است. این سیستم طراحی لباس مجازی می‌تواند به طور موثری خلأ تجارت الکترونیکی لباس را پر کند و از نوآوری و کاربرد پذیری بالایی برخوردار است.

تاتیانا اسپاهییو و همکاران [۳۴] در مقاله خود با عنوان "چاپ سه‌بعدی برای تولید پو شاک" به بررسی استفاده از فناوری چاپ سه‌بعدی در صنعت مد پرداخته‌اند. این مقاله به شرح فرآیند ایجاد لباس‌های چاپ شده با استفاده از مدل سازی رسوبی ذوب شده(FDM) می‌پردازد. نویسندگان انواع مختلفی از مواد را از سفت تا انعطاف پذیر طراحی و آزمایش کرده‌اند و در نتیجه یک لباس کاملاً چاپ شده سه‌بعدی تولید کرده‌اند. نتایج یک نظر سنجی آنلاین با ۱۰۰ پاسخ‌دهنده نشان داد که اکثریت مصرف‌کنندگان با مزایای چاپ سه‌بعدی آشنا بوده و تمایل به پوشیدن لباس‌های چاپ شده سه‌بعدی دارند. این پژوهش نشان می‌دهد که فناوری چاپ سه‌بعدی می‌تواند به‌طور موثری در تولید پوشاک استفاده شود و مصرف‌کنندگان نیز آمادگی پذیرش این نوع لباس‌ها را دارند.

پرینت بر روی منسوجات

به طور کلی، محصولات نساجی باید انعطاف پذیری، خم‌شدگی و مقاومت کششی کافی داشته باشند تا با حرکت بدن پوشنده سازگار شوند. با این حال، اکثر مواد چاپ‌شده از پلیمرها ساخته می شوند و برای پارچه‌های کاملاً چاپ شده سه‌بعدی دشوار است که به این الزامات عملکردی برسند. در سال‌های اخیر، برخی محققان از فناوری چاپ سه‌بعدی برای رسوب‌دهی پلیمرها بر روی سطح پارچه‌ها برای به‌دست آوردن ساختارهای مختلف پارچه یا پارچه‌های عملکردی استفاده کرده‌اند. در این فرآیند، چسبندگی بین پلیمر و زیرلایه نقش کلیدی در تعیین خواص ساختار مواد ایفا می کند. پارامترهای چاپ، خواص پلیمر و نوع پارچه‌ها تأثیر زیادی بر نیروی چسبندگی دارند. تحقیقات Grothe و همکاران قابلیت چاپ رزین سه‌بعدی بر روی زیرلایه‌های مختلف پارچه‌ای را بررسی کردند و مشاهده کردند که زیرلایه‌های پارچه‌ای ضخیم و سطح صاف برای چاپ مناسب نیستند زیرا رزین به آنها نمی‌چسبد[۳۵]. همچنین تحقیقات Gorlachova و همکاران خواص چسبندگی PLA و نایلون را بر روی پارچه‌های پنبه‌ای بررسی کردند و دریافتند که PLA در دماهای بالای چاپ و فاصله کم چاپ بهترین چسبندگی را دارد و پلیمرهای هیدروفوبیک چسبندگی بهتری نسبت به

پلیمرهای هیدروفیلیک دارند وقتی که زیرلایه‌ها از الیاف نساجی هیدروفیلیک مانند پنبه ساخته شده باشد[۳۶].

علاوه بر چسبندگی مقاومت به سایش نیز برای پارچه‌ها مهم است. Eutionnat-Diffo و همکاران مقاومت به سایش مواد PLA رسانا را که به‌وسیله چاپ سه‌بعدی FDM بر روی پارچه‌های تاری و پودی بافته‌شده بررسی کردند. آنها گزارش دادند که پارچه چاپ شده مقاومت سایشی خوبی در پارچه هایی با بافت ساده، تراکم پود بالا و دمای چاپ پایین نشان می‌دهد [۳۷].

چاپ سه بعدی و توسعه پایدار

چاپگر سه بعدی یک فرآیند تولید صنعتی با پتانسیل کاهش چشمگیر استفاده از منابع و انرژی و همچنین انتشار گاز کربن دی‌اکسید است. به معنای دیگر چاپ سه بعدی مترادف با پایداری است. استفاده از چاپگر سه بعدی در تولید می‌تواند به کاهش ضایعات کمک کند. از آنجایی که پس از اتمام چاپ، کل شیء کامل می‌شود، نیازی به برش و دور ریز نیست. در صورت لزوم برای بهتر شدن شیء نهایی می‌توان آن را با سنباده و یا رنگ آمیزی تکمیل کرد. وقتی در صنعت پوشاک از چاپ سه‌بعدی استفاده می‌شود، با استفاده از یک دستگاه چاپ سه‌بعدی به جای استفاده از دستگاه‌های متعدد مانند دستگاه برش، چرخ خیاطی وغیره می‌توان هزینه‌ها را به شدت کاهش داد و ضایعات تولید لباس را بهبود بخشید.[۳۸, ۳۹] اگرچه چاپ سه‌بعدی وسیله‌ای پایدار برای تولید فراهم می‌کند، اما باید به اثرات زیست محیطی آن توجه شود. زمان مورد نیاز برای چاپ و داربست های هنگام تولید ممکن است آلودگی ایجاد کند، اما این مقیاس بسیار کمتر از تولیدات سنتی است. ضایعات پرینت سه بعدی تنها ۴۰ درصد از زباله‌های تولید شده توسط فناوری‌های کاهشی[1] را تشکیل می‌دهند و بسیاری از زباله‌های ایجاد شده توسط چاپ سه بعدی مانند داربست‌ها قابل بازیافت هستند. چاپ سه‌بعدی اکنون به عنوان یک روش اقتصادی و کارآمد برای نمونه‌سازی و تولید در مقیاس زیاد است. این تکنولوژی به طراحان و سازندگان این امکان را می‌دهد که بدون محدودیت در طراحی‌ها، نمونه‌ها را با سرعت بالا چاپ کنند، و همه اینها با استفاده از نرم‌افزارهای مختلف قابل انجام است. این تکنولوژی به آن‌ها اجازه می‌دهد تا پیش از تولید انبوه، تصمیم بگیرند که آیا نتیجه نهایی محصول تولید شده، انتظاراتشان را برآورده می‌کند یا خیر. همچنین، از منظر پایداری، چاپ سه‌بعدی می‌تواند بنا بر دو دیدگاه طول عمر لباس را افزایش دهد. دیدگاه اول، استفاده از پلیمرها که طول عمر بلاتری نسبت به الیاف دارند و در بازه‌ی زمانی طولانی‌تری تخریب می شوند. دومین دیدگاه، قابلیت طراحی مدولار که به مصرف کننده اجازه می‌دهد تا یک لباس را با ساختارهای متفاوت استفاده کند. با اینکه پرینت سه بعدی ابزاری برای طراحان است که با نمونه سازی سریع ضایعات

[1] Subtractive technologies

را کاهش می‌دهد. با این حال، هنوز از فلسفه ضایعات صفر (حذف کامل ضایعات در فرآیند تولید) فاصله دارد. با این حال، چاپ سه بعدی این پتانسیل را دارد که دیدگاه جدیدی به مد پایدار بیافزاید[۳۸, ۳۹].

در این مقاله با استفاده از چاپگر سه بعدی با الهام از آرایه‌های معماری و نقش مایه‌های تزیینی که ریشه در هنر ایران دارد، لباسی در اندازه واقعی طراحی و تولید شد. هدف این مطالعه طراحی مدولار لباس انعطاف پذیر با الهام از ساختار حلقوی است که رویکرد جدید در مد پایدار به وجود آورد.

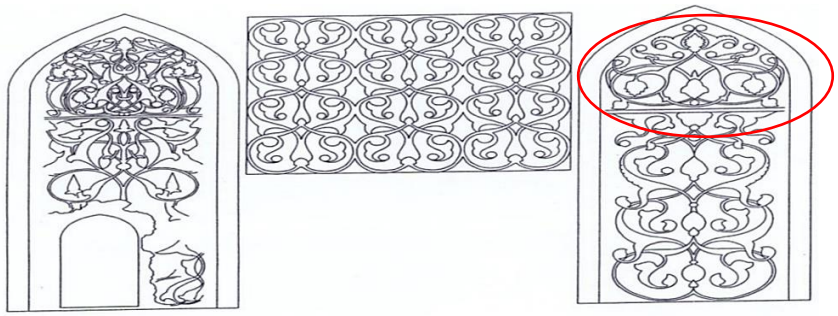
۴. روش پژوهش

۴-۱. روش و مواد

در این پژوهش در ابتدا لباس توسط نرم افزارهای شبیه سازی طراحی گردید و سپس برای تولید آن از فناوری چاپ سه بعدی استفاده شد. پلی‌لاکتیک اسید یا اسید پلی‌لاکتیکیا به عنوان پلیمر این طرح انتخاب شد تا تجدید پذیر باشد و بتوان آن را مجددا تجزیه کرد. طراحان در چاپگرهای سه بعدی معمولاً از طرح‌های هندسی معمولی برای ایجاد اشیاء استفاده می‌کنند، اما در این پژوهش از عناصر طراحی و تزئینی در معماری سنتی ایران استفاده شد. لذا نقش مایه های تزئینی در گچبری های گنبد علویان در همدان به‌عنوان منبع الهام برای طراحی لباس استفاده شد. اشکال هندسی تبدیل به یک سطحی شدند که از آن یک نیم‌تنه با چاپگر سه بعدی تولید شد که این قطعه می‌تواند روی لباس قرار گیرد. این رویکرد نوعی طراحی مدولار و چند منظوره برای تولید لباس است که ارتباطی خلاقانه بین معماری و مد ایجاد می‌کند.

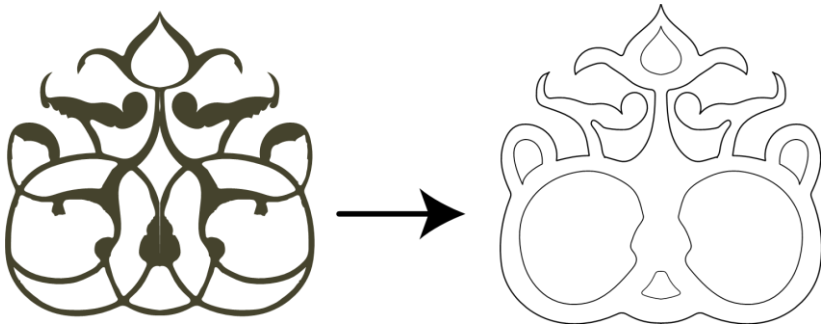
۴-۲. منبع الهام

بخشی از گچبری که الهام بخش این طراحی بوده است در شکل ۱ دیده می شود. پس از انتخاب نقش مورد نظر، طرح با نرم‌افزار ایلاسترتور بازطراحی و ساده سازی شد . در مرحله بعدی، ترکیبات مختلف از نقوش تزیینی به گونه‌ای ترکیب شدند که بهترین شکل نهایی به دست آید. طرح‌های مختلف با روش‌های متفاوت چیدمان شدند و با توجه به طرح الهام گرفته شده و موانع در چاپ سه بعدی، شکل نهایی برای چاپ انتخاب و تایید شد. آجر از جمله مهمترین مصالح ساختمانی در معماری ایرانی بوده است. معمولا آجر در قسمت های مختلف بنا مانند طاق گنبدها ایوان و غیره استفاده می شد. رنگ آجرهای استفاده شده در بنای گنبد علویان منبع الهام رنگی برای این لباس است، لذا از رنگ قهوه‌ای مایل به مسی جهت تولید محصول الهام گرفته شد.



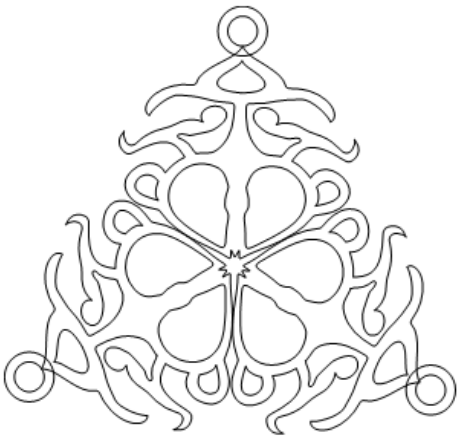
شکل ۱: نقوش تزیینی گچبری طاقنماهای ضلع شمالی داخل بنا [۴۰]

برای طرح بخش فوقانی نقوش تزیینی گچبری طا قنماهای ضلع شمالی داخل بنا انتخاب و سپس با نرم‌افزارایلاسترتور باز طراحی و ساده سازی شد (شکل ۲).



شکل ۲: ساده سازی المان

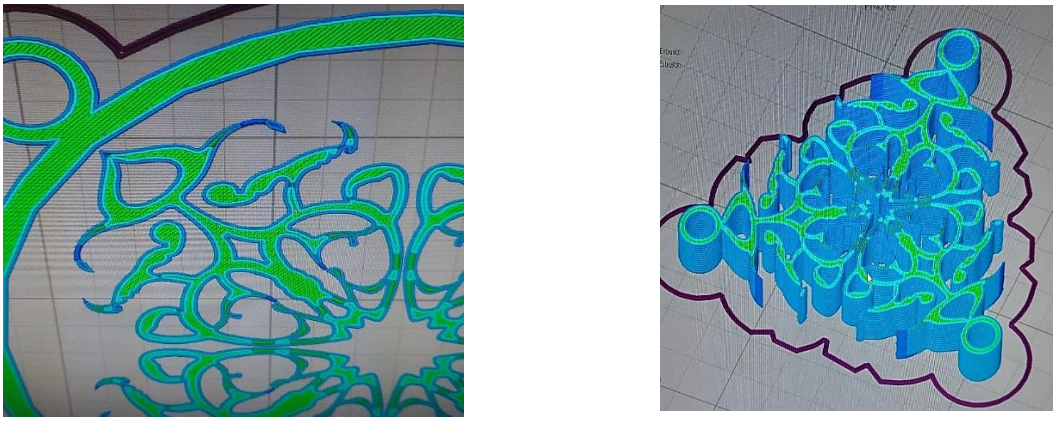
در مرحلـه بعـدی، ترکیبـات مختلف از نقوش تزیینی بـه گونه‌ای ترکیب شدند که بهترین شکل نهایی به د ست آید. طرح‌های مختلف با روش‌های متفاوت چیدمان شـــدند و با توجه به طرح الهام گرفته شد و موانع چاپ سه بعدی، شکل نهایی برای چاپ انتخاب و تایید شـد (شـکل ۳). این مراحل نشـــان دهنده فرآیند دقیق و مراحل گام به گامی اســـت که برای تولید نقوش تزیینی با الهام از گچبری در بخش فوقانی طاقنماهای ضلع شمالی بنا انجام شده‌است.



شکل ۳: طرح انتخابی برای اجرا

۳-۴. طراحی نقوش توسط نرم افزار

سازه‌هایی با هندسه‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزار بلندر[1]، که یک نرم‌افزارمدل‌سازی است، طراحی می‌شود. برای بررسی هندسه‌های طراحی شده و یافتن نقاط ضعف و مشکلات چاپ، طرح‌های هندسی توسط نرم‌افزار سیمپلیفای تری‌دی[2] بررسی می‌شود(شکل ۴).



شکل ۴. بررسی ساختارهای طراحی شده توسط نرم‌افزار سیمپلیفای تری‌دی

سپس طراحی و شبیه‌سازی لباس توسط نرم‌افزارمدل‌سازی سه بعدی کلو تریدی[3] از شرکت کلو ورتیال فشن اینک[4] انجام می‌شود، تا به طور دقیق قبل از چاپ لباس، سایز و شکل نهایی لباس مشخص شود (شکل۵).

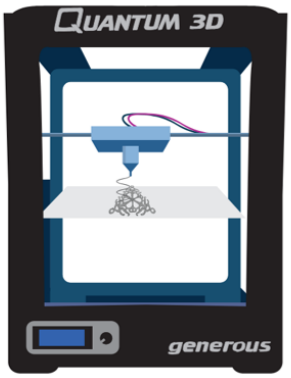
شکل۵. شبیه سازی با نرم‌افزار کلوتری‌دی

۴-۴. اجرای چاپ لباس سه بعدی

طرح انتخابی توسط چاپگر سه بعدی کوانتوم۳ [5] با استاندار ISO / ASTM 52941 چاپ (شکل ۶) و در آن مدل‌های سه بعدی وارد و سپس برش داده شد. همانطور که در شکل ۴ نمایش داده شده است دستگاه چاپگر سه بعدی کوانتوم بر پایه ی مدل سازی رسوب ذوب شونده (FDM) است. FDM بر اساس اصل ذوب کردن فیلامنت پلاستیکی عمل می‌کند و آن را به دقت لایه به لایه می‌گذارد. دستگاه چاپگر سه بعدی کوانتوم بر اساس تک نازل عمل میکند از ویزگی های بارز این دستگاه با دیگر چاپگرها سرعت و دقت بالا با قابلیت کنترل ۱۰۰ نانومتر است. پارامترهای اصلی چاپ سه بعدی

[1] Blender
[2] Simplify3D
[3] CLO 3D
[4] CLO Virtual Fashion Inc
[5] Quantum 3

مورد استفاده برای چاپ سه بعدی سازه‌ها در جدول۱ نشان داده شده‌است[1]. پارامترهای چاپ برای انجام فرآیند چاپ سه بعدی با توجه طرح ارائه شده، انتخاب می‌شوند.



شکل ۶. شماتیک دستگاه چاپگر سه بعدی کوانتوم۳

جدول۱. پارامترهای چاپگر سه بعدی

پارامترهای چاپگر سه بعدی	
قطر نازل	۰.۲ mm
دمای نازل	۲۱۰ °C
سرعت چاپ	۴۵ mm/s
ضخامت لایه ها	۱۵۰ µm
تراکم	۳۰ %
مدت زمان چاپ(برای یک سمپل)	۳۰ m
ارتفاع سمپل	۲ mm

تولید محصول با استفاده از پلیمر پلی لاکتیک اسید، خریداری شده از شرکت ایسان، انجام می شود. به دلیل این که پلی لاکتیک اسید قابل بازیافت است و استفاده مجدد از هر محصولی می‌تواند در راستای اهداف توسعه پایدار باشد ، لذا پلی لاکتیک اسید به‌عنوان پلیمر اولیه انتخاب شد تا لباس طراحی شده خاصیت تجدیدپذیر داشته باشد. با تغذیه پلی لاکتیک اسید به مخزن دستگاه چاپ سه بعدی، مطابق با طراحی رایانه‌ای انجام شده، طرح مورد نظر که یک نیم‌تنه زنانه بود، توسط چاپگر تولید شد.

در ابتدا ساختارهای هندسه‌ای مختلف در قالب پارچه‌ی مدولار زنجیره‌ای در ابعاد مختلق توسط چاپگر سه بعدی چاپ شد. پس از ارزیابی زیبایی، انعطاف‌پذیری و ظرافت طرح اولیه‌ی چاپ شده، تغییراتی در هندسی طرح انجام شد و هندسه‌ی نهایی در اندازه ۴در ۳/ ۵ سانتی متر چاپ شد (شکل ۷). سپس دو سازه‌ی چاپ شده توسط حلقه‌های کوچک چاپ شده توسط حلال پلی لاکتیک اسید(بنزن) به یکدیگر متصل شدند. این لباس با طراحی ساختار مدولار، به مصرف کننده اجازه می‌دهد تا لباس چاپ شده را نه تنها با سلیقه‌ی شخصی خودش طراحی کند (جابجا کردن ردیف‌های مختلف با شکل‌های متفاوت) بلکه می‌تواند لباس را در سایزهای بلند، کوتاه، و هر سایز دلخواه تغییر دهد.

شکل۷. هندسه‌ای نهایی چاپ شده در سایز ۴ سانتی متر در ۳/۵ سانتی متر

در مرحله‌ی بعد الگوها با توجه به مدل سه بعدی و در سایز ۳۶ طراحی شد و در برنامه کلوتری‌دی اجرا شد. با توجه به مساحت الگوی لباس و با در نظر گرفتن ابعاد تک سازه۴ در ۵ سانتی متر، تعداد کل سازه‌ها به د ست می‌آید. زمان مورد نیاز برای چاپ کل لباس تقریبا ۱۸ ساعت می‌با شد. شکل۸ تصـــویر (الف) قطعه چاپ ســـه بعدی را نشـــان می‌دهد که به‌عنوان نمونه‌ی اولیه برای ارزیابی ظرافت و زیبایی چاپ شده‌است. تصویر(ب) قطعات چاپ شده را نشان می‌دهد که به یکدیگر متصل شده‌اند، و شکل۹ لباس تمام شده که در پشت لباس بند ا ضافه شده‌ا ست تا پو شیدن و درآوردن آن راحت‌تر شود.

شکل ۸. الف) نمونه‌ی اولیه چاپ شده برای ارزیابی. ب) قطعات چاپ شده را نشان میدهد که توسط حلال به یکدیگر متصل شده‌اند.

شکل۹. لباس تمام شده پرینت شده توسط پرینتر سه بعدی

۵. پرسش نامه

با توجه به این که تولید پوشـــاک با چاپگرهای ســـه بعدی پدیده نوظهوری است و هنوز در جهان عمومیت نیافته است، لذا در این پژوهش تلاش شـد دیدگاه مصـرف‌کنندگان مد و پوشـاک ایرانی در اسـتفاده از این نیم‌تنه چاپ شـده مورد بررسـی قرار گیرد. چنین محصـولاتی در بازار مد و پوشـاک ایران وجود ندارد و هنوز هیچ طراح یا تولیدکننده‌ای نیز در فکر ارائه محصـولاتی با چاپ سـه بعدی نمی‌باشـد. لذا این

محصـــول به عنوان کالایی جدید می‌تواند مورد ارزیابی قرار گیرد. بنابراین در گام بعدی، به منظور بررســـی رفتار مصرف‌کنندگان در مواجه با این محصول جدید، پرسشنامه توزیع گردید. سوالات در سه بعد طراحی شده است. صدمات پوشاک به محیط زیست[1] شامل ۴ گویه، تمایل به پوشیدن لباس طراحی شـــده توســـط چاپگرهای ســـه بعدی دارای ۳ گویه، میزان اطلاع افراد از چاپگرهای ســـه بعدی در صـــنعت مد دارای ۳ گویه می باشـــد. جامعه آماری دانشـــجویان کارشناسی و کارشناسی ارشد دانشگاه امیر کبیر می باشد . نمونه آماری به صـــورت تصـــادفی انتخاب شـــده اســـت. دانشـــجویان در این دانشـــگاه به تعداد ۲۶۳۸ می باشـــد. نرم افزار مورد استفاده به منظور آزمون فرضیه ها در این پژوهش spss است.

حجم نمونه به صورت طبقه ای نسبی درصدی انتخاب شده اند.همچنین با استفاده از فرمول کوکران (فرمول شماره ۱) به محاسبه حجم نمونه پرداخته شده است.

$$n = \frac{NZ_{\frac{\alpha}{2}}^{2} pq}{Nd^{2} + Z_{\frac{\alpha}{2}}^{2} pq}$$

بنابراین حجم نمونه‌ای که باید از کل طبقات انتخاب شـــود برابر است با:

$$n = \frac{2638 \times 1/96^{2} \times 0/5 \times 0/5}{2638 \times 0/05^{2} + 1/96^{2} \times 0/5 \times 0/5} = 235$$

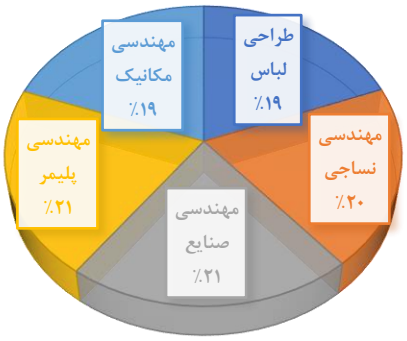
بنابراین حجم نمونه برابر است با ۲۳۵ نفر است.

در این بخش ابتدا برای رعایت سهم و نسبت تناسب حجم دانشجویان دانشگاه امیر کبیر نمونه ابتدا از روش نمونه گیری طبقه ای نسبی استفاده گردید. بنابراین در روش حاضر، ابتدا سهم هر کدام از طبقات در جامعه محاسبه شد و همان نسبت در نمونه نیز رعایت گردید. توزیع فراوانی نمونه آماری دانشجویان در قالب جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول۲. توزیع فراوانی نمونه آماری به تفکیک دانشجویان رشته تحصیلی

طبقات / شاخص آماري	طراحی لباس	مهندسی نساجی	مهندسی صنایع	مهندسی پلیمر	مهندسی مکانیک	مجموع
فراواني هرطبقه	504	519	562	542	511	2638
نسبت هر طبقه به جامعه	0.191	0.197	0.213	0.205	0.194	100.000
نسبت نمونه به جامعه	44.90	46.23	50.06	48.28	45.52	235.000

در شکل۶ در صد فراوانی دانشجویان به تفکیک رشته تحصیلی آورده شده است.

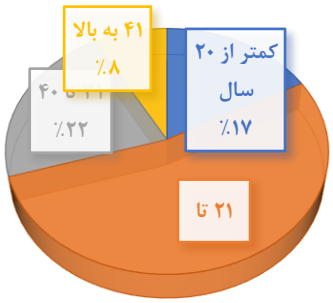


شکل۱۰- درصد فراوانی دانشجویان بر حسب رشته تحصیلی

توزیع فراوانی بر حسب رده سنی در جدول۳ آورده شده است.

جدول۳. توزیع فراوانی نمونه آماری به تفکیک دانشجویان رشته تحصیلی

	فراوانی	درصد	درصد فراوانی تجمعی
20کمتر از سال	40	17.021	17.021
30 تا 21	125	53.191	70.213
40 تا 31	51	21.702	91.915
به بالا41	19	8.085	100,000
کل	235	100,000	



شکل۱۱. درصد فراوانی دانشجویان بر حسب رده سنی

روایی در این مطالعه، بر اساس روایی محتوایی است. گویه ها توسط ۳ تن از اساتید دانشگاه مورد تایید واقع شده اند.

پایایی پرسشنامه توسط الفای کرونباخ محاسبه شده است. الفای کرونباخ به دست امده بزرگتر از ۰,۷ است که نشان از پایایی پرسشنامه دارد. مقدار پایایی در جدول ۴ آورده شده است.

جدول۴- الفای کرونباخ ابعاد پژوهش

ردیف	بعد	الفای کرونباخ	وضعیت
۱	صدمات پوشاک به محیط زیست	0.816	پایا
۲	تمایل به پوشیدن لباس طراحی شده توسط چاپگرهای سه بعدی	0.763	پایا
۳	میزان اطلاع افراد از چاپگرهای سه بعدی در صنعت مد	0.745	پایا

پرسشنامه توسط گوگل فرم طراحی شده و در اختیار نمونه آماری قرار داده شده است. روش تحقیق کمّی و با سوالات بسته انجام شد. علاوه بر این، تصویری از لباس در یکی از سوالات گنجانده شده‌است تا پاسخ دهندگان دیدی کلی نسبت به لباس چاپ شده توسط چاپگر سه بعدی به‌دست آورند.

این مطالعه به ۴ فرضیه ذیل پرداخته شده است. ۱- صدمات پوشاک به محیط زیست در بین دانشجویان با رشته های مختلف تحصیلی تفاوت معنی داری وجود دارد. ۲- تمایل به پوشیدن لباس طراحی شده توسط چاپگرهای سه بعدی در بین دانشجویان رشته های مختلف تحصیلی ، تفاوت معنی داری وجود دارد . ۳- میزان اطلاع افراد از چاپگرهای سه بعدی در صنعت مد در رشته های مختلف دانشگاهی دانشگاه امیر کبیر تفاوت معنی داری وجود دارد و ۴- تمایل به پوشیدن لباس طراحی شده توسط چاپگرهای سه بعدی در

بین دانشجویان در رده سنی مختلف ، تفاوت معنی داری وجود دارد .

یافته ها

به منظور بررسی فرضیه های پژوهش از آزمون Anova استفاده شده است.

فرضیه اول مربوط جلوگیری از صدمات پوشاک به محیط زیست در بین دانشجویان با رشته های مختلف تحصیلی تفاوت معنی داری می باشد. با توجه به جدول۵، معنی داری ۰,۰۱۱ به دست امده است که کمتر از خطای ۰,۰۵(p_value<0.5) می باشد بنابراین تفاوت معنی داری بین گروه های مختلف تحصیلی به لحاظ رشته ی تحصیلی وجود دارد. بر اساس آزمون دانکن که در جدول ۶ آورده شده است مهندسی صنایع، مهندسی نساجی و طراحی لباس با دانشجویان رشته ی مهندسی پلیمر تفاوت معنی داری دارند و با میانگین بیشتر، معتقد به جلوگیری از صدمات پوشاک به محیط زیست هستند

جدول۵- آزمون انوا ، صدمات پوشاک به محیط زیست در بین دانشجویان با رشته های مختلف تحصیلی

Sig.	F	Mean Square	df	Sum of Squares	
0.011	3.319	0.424	4	1.696	**Between Groups**
		0.128	230	29.378	**Within Groups**
			234	31.074	**Total**

جدول۶- آزمون دانکن تفاوت معنی داری گروه های تحصیلی

گروه		Duncana,b	
		1	2
مهندسی پلیمر	48	3.195	
مهندسی مکانیک	46	3.328	3.328
مهندسی صنایع	50	3.347	3.427
مهندسی نساجی	46		3.428
طراحی لباس	45		3.430
Sig.		0.05	0.215

. مهندسی مکانیک با میانگین ۳,۲۸ تفاوت معنی داری با مهندسی صنایع، نساجی و طراحی لباس به لحاظ جلوگیری از از صدمات پوشاک به محیط زیست ندارند در عین حال با مهندسی پلیمر نیز تفاوت معنی دار ندارد.

فرضیه ۲ مربوط به تمایل به پوشیدن لباس طراحی شده توسط چاپگرهای سه بعدی در بین دانشجویان رشته های مختلف تحصیلی است که تفاوت معنی داری در آن وجود دارد. با توجه به جدول۷، معنی داری ۰,۰ به دست امده است که کمتر از خطای ۰,۰۵(p_value<0.5) می باشد بنابراین تفاوت معنی داری بین گروه های مختلف تحصیلی به لحاظ رشته ی تحصیلی وجود دارد. بر اساس آزمون دانکن که در جدول۸ آورده شده است مهندسی نساجی و طراحی لباس با دانشجویان رشته ی مهندسی پلیمر ، صنایع ، مکانیک تفاوت معنی داری دارند و با میانگین بیشتر، تمایل به پوشیدن لباس طراحی شده توسط چاپگرهای سه بعدی دارند.

جدول۷-آزمون انوا ، تفاوت دانشجویان به لحاظ تمایل به پوشیدن لباس طراحی شده توسط چاپگرهای سه بعدی

Sig.	F	Mean Square	df	Sum of Squares	
0.000	20.852	9.667	4	38.668	Between Groups
		0.464	230	106.629	Within Groups
			234	145.297	Total

جدول۸- آزمون دانکن تفاوت معنی داری گروه های تحصیلی

گروه		Duncana,b	
		1	2
مهندسی مکانیک	46۴	3.062	
مهندسی صنایع	50	3.073	
مهندسی پلیمر	48	3.184	
طراحی لباس	45		3.874
مهندسی نساجی	46		3.998
Sig.		0.416	0.418

فرضیه سوم: مربوط به میزان اطلاع افراد از چاپگرهای سه بعدی در صنعت مد در رشته های مختلف دانشگاهی است که تفاوت معنی داری در آن وجود دارد. با توجه به ۹ معنی داری ۰,۰ به دست امده است که کمتر از خطای ۰,۰۵(p_value<0.5) می باشد بنابراین تفاوت معنی داری بین گروه های مختلف تحصیلی به لحاظ رشته ی تحصیلی وجود دارد. بر اساس آزمون دانکن که در ۱۰ آورده شده است مهندسی نساجی و مهندسی پلیمر و طراحی لباس با دانشجویان صنایع ، مکانیک تفاوت معنی داری دارند و با میانگین بیشتر، به ترتیب میزان اطلاع بیشتری از چاپگرهای سه بعدی در صنعت مد دارند.

جدول۹-آزمون انوا ، تفاوت دانشجویان به لحاظ میزان اطلاع افراد از چاپگرهای سه بعدی در صنعت مد

Sig.	F	Mean Square	df	Sum of Squares	
0.000	7.031	4.011	4	16.045	Between Groups
		0.570	230	131.208	Within Groups
			234	147.252	Total

جدول۱۰- آزمون دانکن تفاوت معنی داری گروه های تحصیلی

گروه		Duncana,b	
		1	2
مهندسی مکانیک	46	3.370	
مهندسی صنایع	50	3.373	
طراحی لباس	45		3.725
مهندسی پلیمر	48		3.872
مهندسی نساجی	46		4.012
Sig.		0.987	0.083

فرضیه چهارم مربوط به تمایل به پوشیدن لباس طراحی شده توسط چاپگرهای سه بعدی در بین دانشجویان در رده سنی مختلف، تفاوت معنی داری در آن وجود دارد. با توجه به جدول۱۱ معنی داری ۰,۰ به دست امده است که کمتر از خطای ۰,۰۵(p_value<0.5) می باشد بنابراین تفاوت معنی داری بین گروه های مختلف تحصیلی به لحاظ رشته ی تحصیلی وجود دارد. بر اساس آزمون دانکن که در ۱۲ آورده شده است گروه سنی کمتر از ۲۰ سال و گروه سنی ۲۱ تا ۳۰ سال با میانگین بیشتر نسبت به سایر گروه های سنی تمایل بیشتری به پوشیدن لباس طراحی شده توسط چاپگرهای سه بعدی دارند.

جدول۱۱-آزمون انوا ، تفاوت دانشجویان به لحاظ تمایل به پوشیدن لباس طراحی شده توسط چاپگرهای سه بعدی بر اساس سن

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	14.491	3	4.830	9.917	0.000
Within Groups	121.317	231	0.525		
Total	135.880	234			

جدول۱۲- آزمون دانکن تفاوت معنی داری گروه های تحصیلی

گروه سنی		Duncana,b	
		1	2
31 تا 40	51	3.206	
41 به بالا	19	3.342	
21 تا 30	125		3.736
کمتر از 20 سال	40		3.875
Sig.		0.413	0.403

۶. نتیجه گیری

چاپ سه بعدی که به‌عنوان یک فناوری نوآورانه که در حوزه های مختلف تولید پیاده سازی شده‌است، توجه بیشتری به صنعت مد پیدا کرده است. استفاده از چاپگر سه بعدی یک راه حساب شده برای تولید لباس‌ها و لوازم جانبی با ضایعات صفر است. این فناوری امکان طراحی و ایجاد اشیاء به شکل‌ها و اندازه‌های دلخواه را فراهم می‌کند، که باعث کاهش مصرف مواد و افزایش بهره‌وری در تولید می‌شود. از طرف دیگر، سرعت بالا و امکان تولید اشیاء با تنوع بالا از جمله مزایای دیگر این فناوری است. به طور کلی، استفاده از چاپگر سه بعدی منجر به ایجاد محصولات منحصر به فرد با ضایعات کمتر، کاهش زیان‌های محیطی و افزایش پایداری در صنایع طراحی و تولید مد می‌شود. این تحقیق به بررسی تولید پوشاک با استفاده از فناوری مدلسازی لایه‌گذاری ذوب‌شونده (FDM) می‌پردازد و نشان می‌دهد که این روش در مقایسه با سایر فناوری‌های چاپ سه‌بعدی هزینه کمتری دارد. همچنین، این روش به مصرف‌کنندگان امکان طراحی شخصی سازی شده را می‌دهد و لباس نهایی دارای ساختار انعطاف‌پذیر است که باعث راحتی در پوشیدن می شود و به دلیل روش تولید، هیچ‌گونه ضایعاتی ندارد. در مقایسه با تحقیقات دیگر در صنعت تری دی پرینتر، این مطالعه به چند جنبه مهم اشاره می‌کند. اولاً، از نظر هزینه، روش FDM ارزان‌تر از فناوری‌های دیگر مانند استریولیتوگرافی (SLA) و لیزر سینترینگ انتخابی (SLS) است. این مزیت هزینه‌ای می‌تواند برای تولید انبوه پوشاک یا حتی تولیدات کوچک‌تر و شخصی سازی شده بسیار حائز اهمیت باشد. دوماً، این تحقیق به اهمیت شخصی سازی در تولید پوشاک اشاره دارد، مشابه با بسیاری از تحقیقات دیگر که به همین موضوع پرداخته‌اند. با این حال، روش FDM به دلیل سادگی و هزینه کمتر، این امکان را به صورت اقتصادی‌تر فراهم می کند و به مصرف‌کنندگان اجازه می‌دهد تا با سلیقه‌ی شخصی خود لباس‌هایشان را طراحی کنند. سوماً، در حالی که روش FDM باعث تولید لباس‌های با ساختار انعطاف‌پذیر می شود، تحقیقات دیگر نشان داده‌اند که روش‌های پیشرفته‌تر مانند SLS می‌توانند به خواص مواد نساجی نزدیک‌تر باشند. این امر به معنی دستیابی به راحتی و انعطاف‌پذیری بیشتر است، اما با هزینه‌های بالاتر همراه است.

در نهایت، مشـــابه با ســـایر تحقیقات که به اهمیت کاهش ضایعات در تولید ا شاره دارند، این تحقیق نیز نشان می‌دهد که استفاده از چاپ سه‌بعدی می‌تواند منجر به حذف ضایعات شـــود. این ویژگی به طور خاص برای صـــنعت پوشـــاک که معمولاً با مقدار زیادی ضایعات همراه است، بسیار مفید است و میتواند قدم مهمی در آگاهی ســـازی مردم باشـــد. در نظرسنجی انجام شده برای ارزیابی رفتار مصرف کننده برای لباس‌های چاپ سه بعدی، داده‌های جمع آوری شده نشان می‌دهد که تفاوت معنی داری بین دانشـــجویان مهندســـی نساجی، مهندسی صنایع و طراحی لباس با دانشجویان سایر رشته ها وجود دارد و با میانگین بیشتر، معتقد به جلوگیری از صدمات پوشاک به محیط زیست هستند. این گروه های تحصیلی بیشتر از سایر گروه ها از مزایا و عملکرد چاپگرهای سه بعدی در صنعت پوشاک مطلع بودند. همچنین بر اساس آزمون دانکن گروه های سنی کمتر از ۲۰ سال و گروه سنی ۲۱ تا ۳۰ سال با میانگین بیشتر نسبت به سایر گروه های سنی تمایل بیشتری به پوشیدن لباس طراحی شده توسط چاپگرهای سه بعدی دارند.

۷. مراجع

[1] T. Spahiu, A. Manavis, Z. Kazlacheva, H. Almeida, and P. Kyratsis, "Industry 4.0 for fashion products–Case studies using 3D technology," in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021, vol. 1031, no. 1: IOP Publishing, p. 012039.

[2] C. Hyunjin, "A Study on the Change of Manufacturing Design Process due to the Development of AI Design and 3D Printing," in IOP conference series: Materials Science and Engineering, 2020, vol. 727, no. 1: IOP Publishing, p. 012010.

[3] E. Karell and K. Niinimäki, "A mixed-method study of design practices and designers' roles in sustainable-minded clothing companies," Sustainability, vol. 12, no. 11, p. 4680, 2020.

[4] B. E. Jin and D. C. Shin, "The power of 4th industrial revolution in the fashion industry: what, why, and how has the industry changed?," Fashion and Textiles, vol. 8, no. 1, pp. 1-25, 2021.

[5] Y. M. Kwon, Y.-A. Lee, and S. J. Kim, "Case study on 3D printing education in fashion design coursework," Fashion and Textiles, vol. 4, no. 1, pp. 1-20, 2017.

[6] L. Sun and L. Zhao, "Envisioning the era of 3D printing: a conceptual model for the fashion industry," Fashion and Textiles, vol. 4, pp. 1-16, 2017.

[7] J. Z. Manapat, Q. Chen, P. Ye, and R. C. Advincula, "3D printing of polymer nanocomposites via stereolithography," Macromolecular Materials and Engineering, vol. 302, no. 9, p. 1600553, 2017.

[8] A. Bandyopadhyay and S. Bose, Additive manufacturing. CRC press, 2019.

[9] L. Gregurić, "History of 3D printing: when was 3D printing invented," All3DP, prosinac, 2018.

[10] M. H. Ali, S. Batai, and D. Sarbassov, "3D printing: a critical review of current development and future prospects," Rapid Prototyping Journal, vol. 25, no. 6, pp. 1108-1126, 2019.

[11] Y.-Q. Xiao and C.-W. Kan, "Review on development and application of 3D-printing technology in textile and fashion design," Coatings, vol. 12, no. 2, p. 267, 2022.

[12] E. Akrami, H. Mohammadi, and M. Morad Hosseini, "Identify the factors affecting the fashion and clothing industry with Environmental sustainability approach," Journal of Textile Science and Technology, vol. 9, no. 1, pp. 21-29, 2020. [Online]. Available: https://www.jtst.ir/article_135154_d7302a86026545cdf042dcc2134db5b0.pdf.

[13] S. Afrashteh et al., "A Review of Sustainability and Development Factors in Iran'sTextile and Clothing Industry," Journal of Textile Science and Technology, vol. 12, no. 3, pp. 93-125, 2023.

[14] D. Peleg, "About Danit Peleg," ed, 2018.

[15] H. Song, "Study on the textile structural design using SLS 3D printing technology-Focused on design of flexible woven fabric structure," Journal of Fashion Business, vol. 23, no. 3, pp. 67-84, 2019.

[16] L. Partsch, S. Vassiliadis, and P. Papageorgas, "3D printed textile fabrics structures," in The International Istanbul Textile Congress, Istanbul, Turkey, 2015.

[17] M. Timmermans, T. Grevinga, and G. Brinks, "Towards 3D printed textiles," in 15th AUTEX World Textile Conference, Bucharest, Romania, 2015.

[18] H. Takahashi and J. Kim, "3D printed fabric: techniques for design and 3D weaving programmable textiles," in Proceedings of the 32nd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, 2019, pp. 43-51.

[19] M. Moradi, H. Falavandi, M. Karami Moghadam, and M. Shaikh Mohammad Meiabadi, "Experimental Investigation of Laser Cutting Post Process of Additive Manufactured Parts of Poly Lactic Acid (PLA) by 3D Printers Using FDM Method," (in eng), Modares Mechanical Engineering, vol. 20, no. 4, pp. 999-1009, 2020. [Online]. Available: http://mme.modares.ac.ir/article-15-31700-fa.html.

[20] R. Uysal and J. B. Stubbs, "A New Method of Printing Multi-Material Textiles by Fused Deposition Modelling (FDM)," Tekstilec, vol. 62, no. 4, 2019.

[21] S. Kim, H. Seong, Y. Her, and J. Chun, "A study of the development and improvement of fashion products using a FDM type 3D printer," Fashion and Textiles, vol. 6, no. 1, pp. 1-24, 2019.

[22] J. Chu, "Engineers 3-D print flexible mesh for ankle and knee braces," ed: MIT engineers.

[23] E. Landau, "'Space Fabric'Links Fashion and Engineering," Jet Propulsion Laboratory, pp. 2017-110, 2017.

[24] J. Neuß, M. Kreuziger, N. Grimmelsmann, M. Korger, and A. Ehrmann, "Interaction between 3D deformation of textile fabrics and imprinted lamellae," in Proceedings of the Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference, Dresden, Germany, 2016, pp. 24-25.

[25] E. Pei, J. Shen, and J. Watling, "Direct 3D printing of polymers onto textiles: experimental studies and applications," Rapid Prototyping Journal, vol. 21, no. 5, pp. 556-571, 2015.

[26] A. Narula, C. M. Pastore, D. Schmelzeisen, S. El Basri, J. Schenk, and S. Shajoo, "Effect of knit and print parameters on peel strength of hybrid 3-D printed textiles," Journal of Textiles and Fibrous Materials, vol. 1, p. 2515221117749251, 2018.

[27] C. Chen, "The Exploration of Geometric Modular System in Textile and Apparel Design," in International Textile and Apparel Association Annual Conference Proceedings, 2019, vol. 76, no. 1: Iowa State University Digital Press.

[28] H. S. Koo, L. Dunne, and E. Bye, "Design functions in transformable garments for sustainability," International Journal of Fashion Design, Technology and Education, vol. 7, no. 1, pp. 10-20, 2014.

[29] E. Hur, T. Cassidy, and B. Thomas, "Seeding sustainability through social innovation in fashion design, Proceedings of the Crafting the Future," in The Crafting the Future: the 10th European Academy of Design Conference, 2013: The European Academy of Design.

[30] Y. Jin, X. Zhu, X. Zhang, H. Wang, and X. Liu, "Business model innovation of 3D-printing garment enterprises in digital transformation: business model innovation canvas approach," European Journal of Innovation Management, 2024.

[31] Q. Zhao, "Simulation of 3D digital design of clothing fabrics based on optical imaging detection and image acquisition," Optical and Quantum Electronics, vol. 56, no. 4, pp. 1-18, 2024.

[32] N. Tufan Tolmaç and Ö. E. İşmal, "A new era: 3D printing as an aesthetic language and creative tool in fashion and textile design," Research Journal of Textile and Apparel, 2023.

[33] Y. Sun, "[Retracted] Interactive Clothing Optimization Design Model Based on 3D Printing," Wireless Communications and Mobile Computing, vol. 2023, no. 1, p. 1319959, 2023.

[34] T. Spahiu, E. Canaj, and E. Shehi, "3D printing for clothing production," Journal of Engineered Fibers and Fabrics, vol. 15, p. 1558925020948216, 2020.

[35] T. Grothe, B. Brockhagen, and J. L. Storck, "Three-dimensional printing resin on different textile substrates using stereolithography: A proof of concept," Journal of Engineered Fibers and Fabrics, vol. 15, p. 1558925020933440, 2020.

[36] M. Gorlachova and B. Mahltig, "3D-printing on textiles–an investigation on adhesion properties of the produced composite materials," Journal of Polymer Research, vol. 28, no. 6, p. 207, 2021.

[37] T. Spahiu, E. Piperi, A. Ehrmann, E. Shehi, and D. Rama, "3D printed geometries on textile fabric for garment production," in Progress in Digital and Physical Manufacturing: Proceedings of ProDPM'19, 2020: Springer, pp. 271-276.

[38] M. Gebler, A. J. S. Uiterkamp, and C. Visser, "A global sustainability perspective on 3D printing technologies," Energy policy, vol. 74, pp. 158-167, 2014.

[39] L. Sun and S. Lu, "The 3D printing era: A conceptual model for the textile and apparel industry," in International Textile and Apparel Association Annual Conference Proceedings, 2015, vol. 72, no. 1: Iowa State University Digital Press.

[40] R. Nazari Arshad and A. Zarei, "A Study of Architectural Decorations of Hamedan Alawiyan Tomb," Negarineh Isl*amic Art,* vol. 3, no. 9, pp. 4-21, 2016, doi: 10.22077/nia.2016.722.