

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۸/۱۸

تاریخ پذیرش نهایی: ۹۴/۱۲/۱۸

فریناز فربود^۱، منصوره نیکوکار^۲

نقش فناوری تولید افزودنی در دست‌یابی به مُد پایدار

چکیده

امروزه توجه به توسعه پایدار کلید پیشرفت محسوب می‌شود و صنعت پوشاک در این مسیر دو نظریه «مد آرام» و «مد زیست پایدار» را شکل داده و نیازمند فناوری‌هایی است که بتواند پوشاک و نگرش اجتماعی نسبت به مصرف را دگرگون کند. از این رو پژوهش حاضر بر تبیین قابلیت‌های روش تولید افزودنی در دست‌یابی به توسعه پایدار در زمینه پوشاک متمرکز شده است. پژوهش با روش توصیفی-تحلیلی و با هدف ایجاد رابطه میان اهداف مُد پایدار و تولید افزودنی، به بررسی موضوع با اتکا به منابع کتابخانه‌ای پرداخته است. بررسی شامل نگرش‌های توسعه پایدار در حوزه پوشاک و توانایی تولید افزودنی برای تحقق آن است. نتایج نشان می‌دهد که تولید افزودنی قادر است ضمن تغییر ساختار تولید انبوه به «تولیدات محدود و کاهش حجم تولید و در نتیجه مواد زاید، احیای سنت سفارشی‌سازی و شخصی‌سازی لباس به‌منظور انطباق فیزیکی آن با مصرف‌کننده، امکان‌پذیرسازی ورود کاربر به حوزه طراحی با هدف افزایش عمر روانی و اجتماعی محصول و طرد مدگرایی»، بر تغییر نگرش اجتماعی و فرهنگی مصرف‌کننده نیز مؤثر واقع شود و اهداف توسعه پایدار را در سه بُعد «اقتصادی» با کاهش تولید، «زیست‌محیطی» با کاهش انرژی و ماده مصرفی و «اجتماعی» با تغییر نگرش به مد، تامین کند.

کلیدواژه‌ها: توسعه پایدار، مد پایدار، طراحی پوشاک، تولید افزودنی، پرینت سه‌بعدی

۱. استادیار گروه طراحی پارچه و لباس، دانشکده هنر، دانشگاه الزهراء(س)، استان تهران، شهر تهران (نویسنده مسئول)
E-mail: f. farbod@alzahra. ac. ir

۲. کارشناس ارشد طراحی پارچه و لباس، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه علم و فرهنگ، استان تهران، شهر تهران
E-mail:

مقدمه

امروزه توجه به توسعه پایدار در ابعاد زیست‌محیطی (حفظ منابع طبیعی، کاهش آلاینده‌ها و مصرف، افزایش عمر محصول)، اقتصادی (سوددهی پایدار و توجه به عدالت اقتصادی) و اجتماعی (دستیابی به عدالت اجتماعی و آگاهی جامعه از مفهوم پایداری)، در حال توسعه و دگرگون‌سازی ساختار تولید صنعتی در جهان است. یکی از نقاط نیازمند توسعه این نگرش، صنعت پوشاک است که بعد از صنایع غذایی، بزرگ‌ترین صنعت جهان و از منظر تولید آلودگی مهم‌ترین صنعت جهان محسوب می‌شود. به‌منظور طرح ایده زیست‌پایدار در حوزه طراحی مد، دو نظریه «مد آرام» و «مد زیست‌پایدار» از سوی متخصصان این حوزه ارائه شده که از جنبه شیوه تولید و توجه به محیط‌زیست و نیز از جنبه اجتماعی، رویکردهایی را برای دستیابی به توسعه پایدار در این حوزه ارائه کرده‌اند. یکی از جنبه‌های این دو نظریه، توجه به فناوری‌هایی است که توانایی تغییر سازمان تولید صنعتی را - که رویکرد آن مبتنی بر تولید انبوه و بهره‌برداری از تغییر مد به‌عنوان ابزاری برای تحریک مصرف است - دارند. جنبه دیگر، توجه به این موضوع است که جایگزینی این روش‌های تولید به چه میزان قادر است روش تولید پوشاک و دیدگاه اجتماعی مردم نسبت به مصرف پوشاک را دگرگون و جنبه‌های اجتماعی توسعه پایدار را تامین کند. از این‌رو پژوهش حاضر در صدد تعیین قابلیت‌های روش تولید افزودنی یا پرینت سه‌بعدی در دستیابی به توسعه پایدار در زمینه پوشاک است. روش تولید افزودنی که از راه پرینت اجسام به تولید می‌پردازد، از دهه ۱۹۹۰ وارد ساختار تولید شده و هم‌اکنون به توسعه بسیار زیادی در بعد صنعتی و خانگی دست یافته است. شیوه تولید در این روش، مبتنی بر اجرای یک مدل سه‌بعدی دیجیتالی و پرینت‌گرفتن آن به‌وسیله مواد و شیوه‌های گوناگون است. این مقوله در سال‌های اخیر با اقبال بسیاری در صنعت مد روبه‌رو شده و هم‌اکنون برندهای مطرح پوشاک، تولیدکنندگان بزرگ و صنایع تولیدکننده محلی از خدمات آن استفاده می‌کنند. اما موضوع پژوهش حاضر با اتکا به این تجارب، بررسی قابلیت‌های این روش برای تامین توسعه پایدار از سه جنبه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی است.

پژوهش با روش توصیفی-تحلیلی و با هدف تعیین رابطه موجود میان اهداف مد پایدار و امکانات تولید افزودنی، به بررسی این موضوع با اتکا به منابع کتابخانه‌ای پرداخته است. بررسی شامل نگرش‌های توسعه پایدار در حوزه پوشاک و رویکردهای آن، ساختار شیوه تولید افزودنی و تجارب آن در حوزه پوشاک و توانایی آن برای محقق‌سازی توسعه پایدار از رهگذر بررسی قابلیت‌های گوناگون این روش در تحقق مولفه‌های مد زیست‌پایدار و آرام است.

توسعه پایدار و طراحی

بحث‌های پی‌آیند انتشار کتاب بهار خاموش [۱]، نوشته راشل کارسون [۲] منتشر شده در ۱۹۶۲م، درباره رابطه توسعه و تخریب محیط‌زیست، به طرح مقوله توسعه پایدار به‌عنوان مدل جدید پیشرفت جوامع منجر شد (Finn, 2009, 7-8). در سال ۱۹۸۷م. سازمان ملل توسعه پایدار را «شیوه‌ای از توسعه برای پاسخ‌دادن به نیازهای حال، ضمن حفظ توان نسل‌های آینده برای برآورده‌سازی نیازهای خود» تعریف کرد (UN, 1987, A/RES/42/187) و در بیانیه ۱۹۹۲م. [۳]، آن را خط‌مشی جهان برای قرن اخیر قرار داد (UN, 1992, A/CONF. 151/26). پذیرش نهایی سه بنیان اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی به‌عنوان ارکان توسعه پایدار در این سال،

به صورت روابط دوگانه میان این مفاهیم (UN, 1993, 7)، در اجلاس ۲۰۰۵م. [۴] در قالب مفهوم حاکمیت محیط زیست بر توسعه اجتماعی و اقتصادی (UN, 2005, A/60/L. 1) و در سال‌های بعد، به صورت تداخل سه‌گانه آن‌ها درآمد که در آن «پایداری زیست‌محیطی» مترادف محافظت از ذخایر محیطی و کاهش آلاینده‌گی و ... و «پایداری اقتصادی» به معنای تداوم تولید همراه با سود مناسب، کاهش مصرف انرژی و آلاینده‌نویدن است؛ زیرا امروزه امکان تداوم بازار تولید و مصرف در صورت تداوم الگوهای توسعه‌نیافتگی و تولید انبوه اجناس ارزان قیمت با چرخه عمر کوتاه مدت، ممکن نیست و تنها نتیجه آن قلت منابع، افزایش پسماندها، افزایش تدریجی هزینه تولید و در مقابل، توسعه فقر و بی‌عدالتی اقتصادی در جمعیت روبه‌گسترش است (Dietz, 2013, 202-205). در نهایت پایداری اجتماعی به معنای حفظ سرمایه اجتماعی و دستیابی به کیفیت زندگی و سلامت، تعادل اجتماعی و توسعه عدالت در درآمدت، یعنی افزایش مشارکت و مسئولیت‌پذیری جامعه در حفظ محیط زیست است (Murphy, 2012, 15).

توجه به توسعه پایدار در طراحی، به معنای توجه به معیارهای این توسعه در برنامه‌ریزی محصول و نیز برگزیدن رویکردی تحلیلی و استراتژیک برای دستیابی به یک محصول، به منظور برآورده‌سازی اهداف در قالب مجموعه‌ای از الزامات و محدودیت‌ها در یک بستر جغرافیایی-زمانی مشخص است. در طراحی پایدار، طراح به اجرای تعهداتی بیش از پای بندی به سود مستقیم اقتصادی ملزم است که از جمله آن‌ها می‌توان به حفظ حیات بشر روی زمین، کاهش تاثیرات منفی بر محیط زیست، تاثیرات اجتماعی طراحی و نقش آن در بهبود اجتماعی و توسعه عدالت اقتصادی اشاره کرد. طراحی پایدار در پاسخ‌گویی به همه ابعاد، اعم از نگرش سامان‌مند و کلان، تاکید بر استراتژی‌های کلان و دستیابی به تعادل در کل سیستم طراحی، دارای دیدگاهی خلاق نسبت به مسائل و درصدد کاهش رد پای زیست‌محیطی طراحی است (Yanarella et al., 2009, 297). هرچند زیبایی در توسعه بُعد اجتماعی و فرهنگی پایداری موثر است، هدف این شیوه، طراحی محصول از منظر زیبایی‌شناسانه صرف نیست؛ بلکه رهیافتی برای آموختن از سیستم‌های طبیعت، شیوه مصرف و حفظ انرژی و مواد به‌وسیله آن‌ها، شیوه احیای مجدد و قابلیت آن‌ها برای تنوع، تطبیق و ارتقای مناسب با محدودیت‌ها و امکانات و تعادل‌های نسبی در ابعاد محلی (McLennan, 2004, 281) در قالب یک فرآیند تفکر نظام‌مند برای کاهش هزینه‌های زیست‌محیطی در همه مراحل چرخه عمر محصول است (Howarth, et al., 2006, 1128). این امر به تولید یک محصول پاک و سالم برای محیط زیست و سلامت انسان و کاهش هزینه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی، بهره‌برداری کمتر از منابع و انرژی، کاهش ضایعات تولید و انتشار آلاینده‌ها و افزایش عمر کارکردی و زیبایی‌شناسانه محصول، کاهش هزینه انرژی دوره مصرف و نیز هزینه تعمیر و نگهداری منجر می‌شود که همه این موارد به افزایش رونق بازار محصول خواهد انجامید (McDonough, 2010, 68-91). علاوه بر تمرکز بر کاهش تشکیل ضایعات، طراحی فرآیند پاک‌سازی، تفکیک و خالص‌سازی باید با حداقل انرژی صورت گیرد و دیگر فرآیندها و سیستم‌ها نیز به‌گونه‌ای طراحی شوند که حجم، انرژی فضا و بهره‌وری زمان را به حداکثر برسانند (McDonough, 2003, 437A). چالش طراحی زیست‌محیطی برای یک طراح، هر دو وجه فرم و محتوا را دربرمی‌گیرد. طراحان می‌توانند در قالب فرم یا محتوا، با حفظ توازن دیدگاه‌های زیبایی‌شناختی به اهداف زیست‌محیطی خود نیز دست یابند و در خدمت‌رسانی به مشتریان، سهامداران و عموم مردم، ارزشی ویژه خلق کرده، نقشی حیاتی در حمایت از اصل مسئولیت‌پذیری زیست‌محیطی

و اجتماعی یک حرفه و تجارت ایفا کنند. از بُعد پایداری اجتماعی، یک طراحی آگاهانه می‌تواند مصرف‌کنندگان یک جامعه را به سمت کاهش مصرف و آشنایی با وظایف خود در برابر جامعه و محیط زیست، یعنی اهمیت دادن به ارزش‌های سلامت انسان، تجدیدنظر در مبانی رفاه انسانی، اهمیت دادن به محیط پیرامونی، آینده و حفظ منابع برای آینده هدایت کند (Bhamra, 2011, 443-444).

طراحی پایدار و پوشاک

صنعت پوشاک از سه بُعد تهیه مواد خام، فرآیند نگهداری البسه و انهدام ضایعات، از آلوده‌کننده‌ترین صنایع جهان است (Cooper, 1992, 30). این صنعت با اتکا به مُد، تغییر سلیقه و ذائقه افراد با هدف تهییج آن‌ها به خرید مداوم، موجب پدیداری مسائل مختلفی شده که در تقابل با مفاهیم توسعه پایدار قرار می‌گیرند. در تقابل با این رویه مطلوب صنعت، نظریه‌های پوشاک و منسوجات زیست پایدار و مُد آرام [۵]، سعی دارند علاوه بر اعمال تغییر در شیوه تولید، با ایجاد نوعی تغییر اجتماعی در نگرش مردم نسبت به مُد، از تمایل آن‌ها به مصرف و مُدهای زودگذر بکاهند (Sanne, 2002, 275).

امروزه یکی از رویکردهای مرسوم در ارتقای زیست پایدار، توجه به «مُد آرام» است که در سال ۲۰۰۷م. از سوی کیت فلچر [۶] مطرح شد. این امر در تقابل با رویکرد «مُد سریع»، در صدد آن است که در کنار ایجاد تحول در صنایع تولید پوشاک، نگاه عمومی را به سمت دگرگونی در شیوه زندگی و مصرف جلب کند و نگرش زیبایی‌شناسانه مردم را تغییر دهد تا بتواند نوعی فرهنگ عمومی را توسعه دهد که در آن، افراد نه به صرف تشابه با دیگران در یک رویکرد اجتماعی، بلکه به اعتبار تمایزبخشیدن به چهره و تصویر خود در جامعه، به ارزش‌های اجتماعی دست یابند. از این رو در این راهبرد، یکتایی و تبدیل کردن لباس به یک مقوله فردی، بالابردن آن تا سطح یک اثر هنری، ایجاد تمایز میان صاحب آن و دیگر افراد جامعه و ایجاد هویت متمایز فردی، مانع از تلاش به منظور کسب شأن اجتماعی از طریق تقلید مُد و درنهایت پرداختن به الگوبرداری از زندگی دیگران می‌شود. این رویکرد قصد دارد سیمای فرهنگی و توجه به خویشتن را به مُد بازگرداند و با بخشیدن ساختار منطقه‌ای به تولید و مصرف، از بسیاری مخاطرات زیستی ناشی از تحرک کالاها در جهان بکاهد. همچنین با درگیر ساختن فرد با فرآیند تولید، او را به جای مواجهه با سیمای یک صنعت، با دشواری‌ها و مخاطرات آن آشنا کند. مُد آرام قصد دارد فرد را از مصرف‌کننده به نیرویی مولد بدل کند و از این رهگذر شأن یک طراح را به وی ببخشد که در صدد محقق‌سازی ایده‌های خود است تا بدین‌گونه با ارضای حس خلاقیت خود، به مصرف‌کننده‌ای هوشمند و نه آسیب‌پذیر در مقابل تبلیغات بدل شود. درنهایت همه این تلاش‌ها در صدد تاثیرگذاری بر کاهش مُدگرایی و توجه به ارزش‌های فرهنگی به‌عنوان جایگزینی برای آن خواهد بود. یکی از ابتدایی‌ترین مسائل در گسترش مُد مقاوم در مقابل تغییر، ارتقای سطح راحتی برای افزایش استفاده از یک محصول است. یکی از موارد بسیار مؤثر بر کارکرد کوتاه‌مدت یک پوشاک و جایگزین کردن آن با پوشاک جدید، رضایت‌نداشتن مصرف‌کننده به دلیل راحت نبودن و کیفیت پایین محصول است که می‌تواند به عوارضی مانند مندرس شدن سریع، بی‌تناسبی با اندام، ایجاد ناهنجاری‌های بدنی و کاهش سلامت بینجامد و مصرف‌کننده را وادارد با دورانداختن آن، محصول دیگری را جایگزین کند. از سوی دیگر بخشیدن ارزش فردی به محصول، از اهمیت برخوردار است؛

زیرا دستیابی به طول عمر بیشتر برای محصولات از عامل بسیار مهمی به نام «طول عمر روان‌شناسانه» تاثیر می‌گیرد؛ به این معنا که مردم اشیای مورد استفاده خود را واجد ارزش تلقی می‌کنند (Hinte, 1997: 19). شاید در کلیت صنعت پوشاک نیز نتوان تغییر ایجاد کرد؛ اما حتی در مقیاس‌های کوچک‌تر، فرهنگ‌سازی برای مصرف خلاقانه افزونه‌هایی که خود فرد آن‌ها را به‌طور دلخواه طراحی و تولید کرده است، در ترکیب با لباس‌های گوناگون موجود، توانایی ایجاد تنوع زیاد و ارضای حس تنوع‌طلبی افراد بدون نیاز به مصرف مجدد را ممکن خواهد کرد.

فناوری تولید افزودنی

«تولید افزودنی [۷]» که در ابتدای پیدایش «نمونه‌سازی سریع [۸]» (Jackson & Ransley, 2014, 1) و امروزه در بیان عمومی «چاپ سه‌بعدی» نام گرفته، با مقاله ۱۹۸۱ م. هایدنو کوداما [۹] مبنی بر امکان تولید سریع نمونه اصلی [۱۰]، آغاز و به‌وسیله چاک هال [۱۱]، بنیان‌گذار شرکت تری‌دی سیستمز [۱۲]، اولین دستگاه چاپ‌گر از این نوع در ۱۹۹۲ م. به بازار عرضه شد [۱۳] (Van Wijk & Van Wijk, 2015, 25). در تقابل با فرآیندهای تولید کاهشی مرسوم [۱۴] نظیر ماشین‌کاری، قالب‌گیری، برش و پرس، فناوری تولید افزودنی شامل فرآیند استفاده از مدل دیجیتالی یا مجموعه داده‌های حاوی اطلاعات هندسی ساختار سه‌بعدی درون پرینترهای سه‌بعدی [۱۵]، به‌منظور تولید آن‌ها از طریق قراردادن لایه‌لایه مواد روی یکدیگر و ایجاد نمونه فیزیکی است (Bechthold et al., 2015, 6). تلاش‌های بعدی شامل مدل‌ساز رسوبی [۱۶] شرکت استراتاسیس [۱۷] در سال ۱۹۹۱ م.، مدل جوهرافشان دانشگاه ام. ای. تی [۱۸] در سال ۱۹۹۳ م. (Ishengoma & Mtaho, 2014, 1)، مدل‌ساز [۱۹] مومی دی. تی. ام [۲۰] در سال ۱۹۹۴ م.، نمونه لیزری ایرومت [۲۱] در سال ۱۹۹۷ م.، چاپ‌گر پلی‌جت اَبژت‌ژئومتری [۲۲] و پرینتر سه‌بعدی رنگی کمپانی زد [۲۳] در سال ۲۰۰۰ م. و نمونه رومیزی شرکت سالیدمنشن [۲۴] در سال ۲۰۰۱ م.، علاوه بر گسترش استفاده در صنعت، امکان تولید در ابعاد کوچک و خانگی را نیز ممکن کرد (Van Wijk & Van Wijk, 2015, 25).

قاعده کلی در این فناوری، مدل‌سازی به کمک نرم‌افزارهای رایانه‌ای [۲۵]، تبدیل به فرمت تولید افزودنی [۲۶] به‌منظور تبدیل مدل به یک تورینه ساختاری از مثلث‌های به‌هم‌پیوسته و تقسیم مدل به لایه‌هایی با برش عرضی به مساحت واقعی جسم به‌وسیله نرم‌افزار چاپ‌گر و، در نهایت، چاپ فیزیکی است (Bechthold et al., 2015, 9). گام بعد در توسعه چاپ سه‌بعدی، طراحی و تولید با منبع آزاد [۲۷] در سال ۲۰۰۵ م. و پروژه رپ رپ [۲۸] به‌وسیله دکتر آدریان بویر [۲۹] در دانشگاه بث [۳۰] بود که با هدف طراحی و تولید آزادانه محصول به‌وسیله افراد غیرمتخصص با استفاده از فناوری چاپ سه‌بعدی صورت گرفت (Ishengoma & Mtaho, 2014, 1). در سال ۲۰۰۹ م.، میکروبوت بسته «خودت انجام ده» [۳۱] را بر بنیاد پروژه آدریان بویر به بازار عرضه کرد. این روش به خریداران اجازه می‌داد محصولات سه‌بعدی‌شان را خودشان بسازند (Van Wijk & Van Wijk, 2015, 27). امروزه تولیدکنندگان بزرگ و کوچک بسیاری از این فناوری به‌عنوان یک ابزار منعطف، کم‌هزینه، مقرون‌به‌صرفه و کارآمد برای تولید نمونه اصلی محصول استفاده می‌کنند. قابلیت‌های این روش، اقتصادهای تولیدی کوچک و مصرف‌کنندگان را نیز قادر به طراحی و تولید محصولات جدید، مطابق انتظارات و نیازهای خود در خانه، می‌کند (Clark et al., 2014, 1). گسترش تولید افزودنی به تغییر استراتژی‌های بازاریابی در تولید منجر شده است؛ به‌طوری‌که امروزه شرکت‌هایی برای پرینت‌کردن محصولات طراحی‌شده به‌وسیله کاربران از طریق اینترنت

و ارسال نمونه ساخته شده به نشانی آن‌ها تشکیل شده‌اند و برخی سایت‌های اینترنتی نیز مدل‌های پرینتی آماده یا تغییردانی به وسیله کاربر را ارائه می‌کنند. در کنار این‌ها، تحقیقات روزافزونی با هدف طراحی نرم‌افزارهای دوست‌دار کاربر به منظور افزایش راحتی تولید مدل‌های سه‌بعدی برای مصرف‌کننده از راه توسعه اسکنرهای سه‌بعدی و نرم‌افزارهای ساده خانگی در حال اجرا است. از سوی دیگر، گسترش مواد مصرفی و فناوری‌های متعدد، متناسب با تولیدات گوناگون، با رشد چشم‌گیری روبه‌رو است. در این مسیر، تکنیک‌های مختلفی چون «استریو لیتوگرافی» [۳۲] (سخت‌کردن فتوپلیمر مایع با نور لیزر) با استفاده از انواع فتوپلیمر، «رسوبی» [۳۳] (استفاده از دو ماده مذاب سازنده و پشتیبان) با کمک پلی‌استر، پلی‌کربنات و ...، «تولید شیء چندلایه» [۳۴] (برش لایه‌ای به منظور تولید شکل) از آلومینیم، کاغذ، سرامیک، فلزات و ...، «شکل‌دهی لیزری» [۳۵] (ذوب ماده پودری به وسیله اشعه لیزر) از انواع فلزات، «رسوب‌گذاری لیزری» [۳۶] (ترکیب پودر پلیمر و سخت‌کننده لیزری) با انواع فلزات، پلی‌کربنات و پلی‌آمید، «چاپ سه‌بعدی» [۳۷] (ترکیب پاشیدن جوهر و رسوب‌گذاری پودر) با بهره‌گیری از فلز، موم، نشاسته و شن قالب‌گیری، و «پلی‌جت» [۳۸] (سخت‌کردن پلیمر پاشیده شده به وسیله اشعه ماورای بنفش) با مواد فتوپلیمری، ترموپلاستیکی، الکترومتری و ... و امروزه بهره‌گیری از سلول‌های زنده برای پرینت اجزای بدن، در حال رشد و توسعه‌اند (Lipson & Kurman, 2013).

البته چاپ سه‌بعدی برای تکمیل فرآیند ساخت به فرآیندی موسوم به «پردازش نهایی» [۳۹] نیاز دارد. مزایای تولید افزودنی، شامل آزادی در میزان پیچیدگی طرح، ضمن هزینه معادل برای تولید انواع طرح‌ها (Bradshaw et al., 2010, 5)، آزادی در تنوع به دلیل فرآیند تولید تک‌محصول (Campbell et al., 2011, 5)، حذف فرآیند مونتاژ و زنجیره کوتاه تولید (Bechthold et al., 2015, 9)، حذف زمان تولید و مصرف، کاهش فرآیندهای حمل‌ونقل از محل تولید به محل مصرف (Guerrero, 2010, 148)، محدودیت‌نداشتن در تولید اشکال (Campbell et al., 2011, 5)، حذف نیاز به مهارت و امکان تولید در شرایط سخت (Reeves & Mendis, 2015, 1)، قابلیت جابه‌جایی محل تولید، ضایعات کم و سازگاری با محیط‌زیست (Lipson & Kurman, 2013, 22)، ترکیب نامحدود مواد، تکرار فیزیکی دقیق، سفارشی‌سازی سریع متناسب با نیاز خریدار (Acher et al., 2014, 1) و امکان تولید غیرمتمرکز از راه انتقال داده‌ها به وسیله اینترنت (Campbell et al., 2011, 1)، موجب شده که این روش به سرعت راه خود را به اغلب صنایع از جمله هوافضا [۴۰]، خودروسازی [۴۱]، پزشکی [۴۲]، آشپزی [۴۳]، معماری [۴۴] و هنر [۴۵] باز کند. فناوری غیرمتمرکز، نیروی کار کم، کاهش مسافت و زمان در تولید، فقدان مواد زاید و آلاینده، کاهش نابرابری اقتصادی ناشی از عقب‌ماندگی برخی جوامع در حوزه توسعه صنعتی و تغییر مفاهیم توسعه، بازده بیشتر، کاهش مصرف انرژی، افزایش عمر روانی مصرف‌محصول به دلیل منحصر به فرد بودن، امکان استفاده از مواد بازیافتی و کاهش انتشار کربن، از جمله دیگر مزایای تولید افزودنی‌اند.

تولید افزودنی و دنیای مُد

محصولات مُد دارای طول عمر کوتاه، وابسته به گرایش‌های هنری و اجتماعی و مبتنی بر فناوری‌اند (Lamontagne, 2013, 1). توسعه سریع در فناوری‌های اطلاعاتی، تولید افزودنی و شبکه‌های اجتماعی، راه را برای پدیده جدیدی به نام «تولید اجتماعی» به عنوان تغییری در مدل‌های سنتی تولید فراهم آورده که در آن نقش انفعالی مشتریان به عاملی فعال در تولید محصول بدل



تصویر ۱. پیراهن طراحی جیری اونهوئیس با پارچه سه‌بعدی جین کایتانن، فرآیند رسوب‌گذاری لیزری، ۲۰۰۰، منبع: Taylor & Unver, 2014, 48

می‌شود. تقاضا به سمت شخصی‌تر شدن، تغییر جهت می‌یابد و در نتیجه چاپ سه‌بعدی نقش مهمی را در سفارشی‌تر شدن محصولات ایفا می‌کند (Mohajeri et al., 2014, 1). سفارشی‌سازی به معنای واکنش تولید به علائق شخصی مصرف‌کننده و ساختار بندی خواسته‌های وی در فرآیند خلق محصول است که با وجود پیشینه کهن، در دوران تولید انبوه صنعتی امکان تحقق نداشته و پدیده مُد جایگزین آن شده است. اما امروزه به‌واسطه شیوه‌های نوین تولید فراصنعتی به‌منظور پاسخ‌گویی به حجم وسیع خواسته‌ها، پیش‌بینی می‌شود بازار این‌گونه کالاها رشد قابل ملاحظه‌ای داشته باشد (Reeves & Men-dis, 2015, 35).

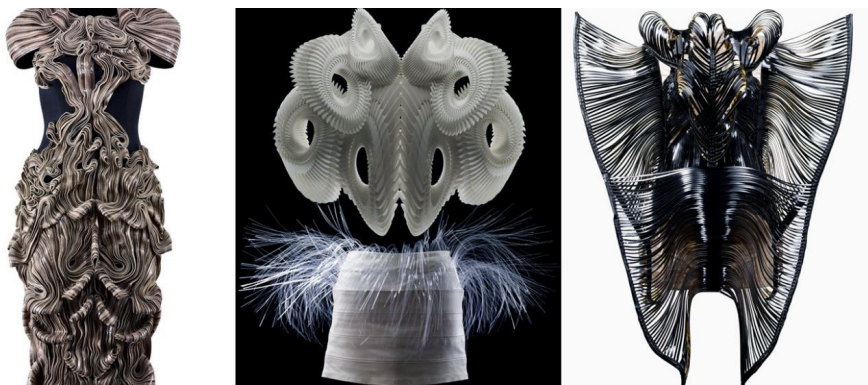
در ابتدا تولید افزودنی در حوزه مُد و پوشاک، دارای ماهیت هنرمندانه، پژوهشی یا مفهومی بود؛ مانند پارچه سه‌بعدی جین کایتانن [۴۶] که جیری اونهوئیس [۴۷] با استفاده از آن یک لباس آوانگارد (تصویر ۱) را به‌عنوان اولین لباس سه‌بعدی تولید کرد

(Kuhn & Minuzzi, 2015, 4). تا سال‌های اخیر، انحصار هنری و قیمت لباس‌های سه‌بعدی در تناسب با برندهای سنتی، بیشتر آن‌ها را به حوزه سفارشی و محدود سوق می‌داد؛ اما در دیگر حوزه‌های پوشاک مانند کفش، زیورآلات و عینک، پیشرفت‌های ملموس‌تری صورت گرفت. با وجود این، امروزه به‌واسطه ویژگی‌هایی چون امکان تنوع نامحدود، نبود محدودیت در خلاقیت طراحی، قیمت مناسب و تولید اشیایی که تکنیک‌های سنتی توانایی تولید آن‌ها را ندارند، این روش مقبولیت بیشتری به دست آورده است.

از دیدگاه تولیدی، فناوری چاپ سه‌بعدی، شیوه تولید سنتی پوشاک را دگرگون می‌کند. تغییر مفهوم تناسب لباس و بدن و تغییر مفهوم سایز بندی متعارف، فائق آمدن بر دشواری‌هایی که در سیستم صنعتی ناممکن است، قابلیت طراحی سه‌بعدی منسوجات و پوشاک که در سیستم پیشین بی‌معنا بوده است و ایجاد فضای خلاقانه و امکان تجسمی فراتر از توانایی بشر را باید در زمره این موارد دانست (Wang & Chen, 2014, 2).

به همین دلایل استفاده از این فناوری در حال توسعه است. از اولین نمونه‌های عمومی ارائه پوشاک سه‌بعدی می‌توان به مجموعه «مُد متعالی» [۴۸] با طراحی مفهومی طراح هلندی، ایریس ون هرپن [۴۹] (تصویر ۲) در همکاری با کمپانی متریالایز [۵۰] و معماری به نام دنیل وایدیریچ [۵۱] در هفته مُد آمستردام در سال ۲۰۱۰م. (www.irisvanherpen.com) و لباس مشکی میخائیل اشمیت [۵۲] و فرانسویس بیتونتی [۵۳] برای دیتا ون‌تسی [۵۴] در سال ۲۰۱۳م. اشاره کرد (Duann, 2013). کمپانی شیپ ویز [۵۵] در سال ۲۰۱۱م. در همکاری با شرکت مد کانتینیوم [۵۶]، اولین لباس شنای سه‌بعدی جهان، موسوم به N12 [۵۷]، را ارائه کرد که می‌توان آن را از وبسایت این شرکت خریداری کرد (www.shapeways.com). به‌این ترتیب، فناوری چاپ سه‌بعدی راه

خود را به بازار لباس‌های آماده نیز باز کرد. از سال ۲۰۱۰م. به بعد، هر ساله در فصل ارائه مُد، مجموعه‌های متعددی از لباس‌های سه‌بُعدی در مجموعه‌های نمایش مُد ارائه می‌شوند و هر سال به تناسب تغییرات تکنیکی و افزایش خلاقیت بهره‌برداری از امکانات چاپ سه‌بُعدی، طراحی‌های جدید و نامتعارف‌تری را شاهدیم. شرکت تامی کر [۵۸] با استفاده از چاپ سه‌بُعدی، فناوری‌ای به نام کاسیفلکس [۵۹] ارائه کرده است که امکان خلق پارچه‌های فاقد بافت و دارای قابلیت کشش در همه جهات بر پایه الاستومرها را پدید آورده است. این فناوری تولید پارچه‌های سفارشی با فرآیند چاپ چندباره و متغیرهای نامحدود به‌منظور تنوع‌بخشی بیشتر را ممکن می‌کند و برای تولید انبوه پارچه‌های سه‌بُعدی در مقیاس صنعتی و خلق لحظه‌ای محصولات نهایی از مواد اولیه، بدون نیاز به برش و ایجاد ضایعات، همچنین برای تولید انبوه یا برحسب تقاضا متناسب با نیاز، مناسب است (Taylor & Unver, 2014, 44-45). ایریس ون هرپن در مجموعه ولتاژ [۶۰] در سال ۲۰۱۳م. برای تهیه یک پارچه جدید انعطاف‌پذیر، با شرکت متریالایز همکاری داشت. این پارچه اولین ماده چاپ‌پذیر منعطف و بادوام برای استفاده مکرر و شسته‌شدن در ماشین لباسشویی است [۶۱] (www.materialise.com). در این مجموعه، همکاری با نری اوکسمان [۶۲]، معمار و استاد ام. ای. تی، به معرفی فناوری چاپ با چند ماده [۶۳] انجامید که ترکیب مواد سخت و نرم را برای ایجاد انعطاف‌پذیری یا انعطاف‌ناپذیری در بخش‌های گوناگون لباس، ممکن کرد (Park, 2013a). در سال‌های اخیر نیز به استفاده از این مقوله در برندهای مطرح پوشاک از جمله شانل [۶۴]، به‌عنوان رویکردی جدید در ارائه مُد، توجه شده است (تصویر ۳). مجموعه لباس سال ۲۰۱۵م. طراح مالزیایی، ملیندا لویی [۶۵]، در همکاری با شرکت متریالایز، نیز با الهام از صخره‌های مرجانی و با چاپ سه‌بُعدی رنگی یکپارچه و تزئین رویه به‌وسیله بلورهای شیشه، ارائه شده است (تصویر ۴). بردلی رزنبرگ [۶۶] طراح دیگری است که در ترکیب با منسوجات عادی، از تورهای متشکل از رشته‌های درهم‌قفل‌شده سه‌بُعدی‌ای که شبکه‌ای منعطف با ساختارها، اندازه‌ها و اشکال متفاوت را می‌سازند، بهره می‌گیرد. این ترکیب به پارچه‌ها امکان حرکت در جهات متفاوت و جنبش واقعی همراه با بدن انسان را می‌دهد (Grunewald, 2014). برند مشهور ویکتوریا سِکرت [۶۷] در نمایش سال ۲۰۱۳م. خود، لباس ملکه برفی را در همکاری با وی ارائه کرده است. در هفته مُد نیویورک ۲۰۱۵م. نیز کیتی گالاگر [۶۸] و کتیا لئونوویچ [۶۹] هر دو در مجموعه خود از پارچه سه‌بُعدی رُزنبرگ استفاده کردند (www.bradleyrothenberg.com).



تصویر ۲. مجموعه لباس از ایریس ون هرپن، منبع: www.designboom.com, 2015/10/05



تصویر ۴. لباس طراحی میلندا لویی با الهام از صخره‌های مرجانی، منبع: www.melindalooi.com,2015/10/05



تصویر ۳. نمونه پرینت سه‌بعدی لباس کلاسیک شانل
منبع: www.thememo.com,2015/10/05

گسترش استفاده از تولید افزودنی در پوشاک و مُد

طول زنجیره تولید پوشاک سه‌بعدی، کوتاه‌تر از پوشاک متعارف و به صورت «کارفرما، طراح و تولید» است. در این روش، طراح باید توانایی طراحی و مدل‌سازی به‌منظور تولید نهایی را داشته باشد و برخلاف تولید انبوه که مراحل کار در آن عبارتند از «طراحی براساس گرایش‌های فصلی پارچه‌ها و اطلاعات بازار در ترکیب با الهامات شخصی، الگوسازی براساس طراحی، تولید نمونه و تایید پس از بررسی‌های طراح و الگوساز و در پایان تولید انبوه محصول»، زنجیره‌ای بسیار کوتاه را شکل می‌دهد. تهیه لباس به صورت سفارشی و براساس اندازه‌های خاص فرد و فقط برای او اجرا می‌شود. تقریباً از همه تکنیک‌های تولید سه‌بعدی مانند رسوب‌گذاری مذاب، رسوب‌گذاری لیزری و پلی‌جت می‌توان برای تولید بهره برد و از آن‌جا که راحتی یکی از مهم‌ترین پیش‌نیازها برای لباس‌های به‌راستی پوشیدنی است، مواد لباس‌های سه‌بعدی اساساً پلیمرها یا کامپوزیت‌های پلیمری‌اند که از وزن کمتر و انعطاف‌پذیری بیشتری برای ایجاد امکان تحرک بدن برخوردارند (Yap & Yeong, 2014, 2). به‌منظور پردازش نهایی محصول نیز می‌توان از پولیش رویه، پوشش آب‌کاری [۷۱]، آندایز [۷۲]، سیلیکون [۷۳]، پاشیدن رنگ و افزونه‌های رودوزی و دستی استفاده کرد (Yap & Yeong, 2014, 5-6).

امروزه استفاده از این فرآیند در تولید افزونه‌های مُد و کفش فراگیرتر است. در سال ۲۰۱۳ م، نایک [۷۳] کفش فوتبال تالون [۷۴] را با کف تولیدشده به‌وسیله رسوب‌گذاری لیزری به بازار عرضه کرد (Bechthold et al., 2015, 24). این روش نوید آینده‌ای را می‌دهد که با تحلیل وضعیت پا و نحوه راه‌رفتن مشتریان پس از ورود به مغازه و انتخاب مدل کفش، بتوان کفش مورد نظر را در انطباق کامل با این ویژگی‌های فیزیکی تولید کرد. در هفته طراحی میلان [۷۵] در سال ۲۰۱۵ م، یونایتد نود [۷۶] و تری‌دی سیستمز [۷۷] با ارائه کفش‌های سه‌بعدی [۷۸] ملهم از آثار معماری پنج معمار پیشرو (تصویر ۵)، توانایی‌های تولید افزودنی در این صنعت را به نمایش گذاشتند (Molitch-Hou, 2015). امروزه زیورآلات سه‌بعدی چاپ‌شده، مانند جواهرات اونلنو [۷۹]، طراح معروف جواهر، در فروشگاه‌های آن‌لاین در اختیار مصرف‌کنندگان قرار می‌گیرند (Kuneinen, 2015).

2012). استلا لیتون [۸۰]، مدیر اجرایی کوک سانز [۸۱]، مزایای رقابتی چاپ سه‌بعدی جواهرات را توانایی تولید قطعات منحصر به فرد و مقرون به صرفه در تولید انبوه می‌داند (Vesanto, 2012a)؛ موردی که در کمپانی تاکوری [۸۲] با قابلیت تولید افزودنی پانصد طرح جدید متفاوت در بیست ساعت به اثبات رسیده است (Honka, 2013).

رون آراد [۸۳] از سال ۲۰۰۰م. در قالب مجموعه‌ای با نام «نه با دست ساخته شده، نه در چین [۸۴]»، تولید عینک با فناوری چاپ سه‌بعدی را با قابلیت سفارشی‌سازی به تناسب صورت افراد و، در عین حال، کاهش هزینه به دلیل تولید یکپارچه قاب عینک، تجربه می‌کند. وی از سال ۲۰۱۲م. شرکتی برای تولید عینک دارای اتصالات یکپارچه منعطف و با روش رسوب لیزری تاسیس کرده است (Dezeen, 2013).



تصویر ۵. کفش‌های سه‌بعدی ملهم از آثار معماران مشهور، منبع: www.designboom.com, 2015/10/05

از سال ۲۰۱۲م. شرکت ساعت سانفرانسیسکو، متعلق به پائول یانگ بلاد [۸۵]، از این شیوه تولید بهره می‌برد (Vesanto, 2012b). در سال ۲۰۱۴م. هم دانشجویی از دانشگاه فناوری رز سوف [۸۶] ساعت سه‌بعدی شبه‌چوب و سازگار با محیط‌زیست ژل وک [۸۷]، را تولید کرده است (Chuang, 2014).

کیف و افزونه‌های مد شرکت کیپلینگ [۸۸] با اولین ماده چاپ سه‌بعدی انعطاف‌پذیر جهان [۸۹]، میمون نماد این شرکت را در قالب سه‌بعدی به یک رویه کیف منعطف تولید شده به وسیله فناوری رسوب لیزری بدل کرده است (Fumero, 2014). طراح مشهور کلاه، الویس پمپیلو [۹۰]، نیز در همکاری با راد پرداکت [۹۱] کلاه‌های سبک‌وزن تورینه‌ای متشکل از پلی‌آمید را ارائه کرده است (Park, 2013b).

نقش تولید افزودنی در دست‌یابی به مُد پایدار

به‌منظور تعیین میزان هم‌گرایی و واگرایی میان شیوه تولید صنعتی، تولید افزودنی و مولفه‌های مد نظر رویکرد مُد پایدار، در قالب جدول ۱، این موارد با یکدیگر مقایسه و به آن‌ها امتیاز مثبت یا منفی داده شده است. با توجه به نتایج جدول و گسترش روزافزون تولید افزودنی پوشاک،

می‌توان گفت تغییرات مهمی در صنعت پوشاک در حال رخ‌دادن است که از جمله آن‌ها باید به توانایی این صنعت برای فراتر رفتن از مفهوم مُد اشاره کرد. مُد براساس تهییج برای یکسان‌شدن عمل می‌کند؛ درحالی‌که تولید افزودنی به افراد امکان می‌دهد پوششی منحصر به فرد و متمایز داشته باشند و همچنین خود در نحوه شکل‌گیری آن دخیل شوند؛ امری که علاوه بر «تولید و مصرف خلاقانه، انحصاری‌سازی تولید و خروج افراد از حالت انفعالی»، بر کاهش مصرف و نیز بُعد اجتماعی مصرف از منظر فرد، تاثیر بسیاری خواهد نهاد. از سوی دیگر امکان سفارشی‌سازی محصول برای تناسب با افراد، به آن‌ها امکان می‌دهد به اعتبار راحتی بیشتر در استفاده از آن محصول، از تعویض پوشاک به دلایل فیزیکی (بدنی) و روانی اجتناب کنند. دست‌یابی به طرح‌های نوین و خلاقانه و فراتر رفتن از ابعاد توانایی ادراک انسانی و طراحی سه‌بُعدی پوشاک، نیز از جمله این مواردند. به علاوه، فرآیند تولید افزودنی به اعتبار شیوه افزایشی و سرعت اجرایی و تولید منحصر به فرد، از ابعاد مختلفی بر مسائل توسعه پایدار تاثیر دارد، از جمله کاهش مواد آلاینده و دورریز، کاهش میزان تولید و تناسب‌داشتن تولید با نیاز مصرف‌کنندگان (تولید بر مبنای سفارش)، امکان ایجاد تغییرات بدون صرف هزینه، کاهش مسائل مربوط به حمل و نقل مواد خام و محصول تمام‌شده و هزینه‌های حمل و نگهداری، کاهش مصرف انرژی تولید و کاهش مصرف منابع، امکان تولید از راه دور و امکان تولید خانگی به‌ویژه در مورد افزونه‌ها به‌عنوان یکی از راهکارهای طراحی زیست‌محیطی در تولید متنوع و امکان‌پذیری ترکیب شیوه‌های مرسوم صنعتی با شیوه‌های فراصنعتی تولید افزودنی. البته هنوز استفاده از مواد غیرپلیمری برای تولید البسه که از جنبه زیست‌محیطی در تقابل با مسائل پایداری زیستی قرار می‌گیرد، در آغاز مسیر تحقیقات است؛ اما حتی با استفاده از مواد پلیمری نیز این روش از جنبه‌های مثبت زیست پایدار، همچون افزایش عمر مفید محصول برخوردار است که نمی‌توان از آن‌ها چشم‌پوشی کرد. توسعه نیافتن نرم‌افزارهای خانگی برای تولید محصول به‌وسیله افراد ناآشنا با طراحی به این شیوه (که به‌مرور در حال رفع‌شدن است)، لطافت‌نداشتن مواد مورد استفاده در تولید، هزینه‌های بالا و زمان‌بر بودن فرآیند تولید را باید موانعی دانست که تا زمان رفع کامل آن‌ها، امکان جایگزینی تولید صنعتی با این شیوه تولید ناممکن خواهد بود؛ اما باید توجه داشت که هم‌زیستی میان این دو شیوه نیز توانایی آن را دارد که تا حد زیادی به تحقق رویکردهای پایدار در طراحی محصولات منجر شود.

جدول ۱. مقایسه تولید صنعتی و تولید افزودنی در تحقق رویکردهای مُد پایدار

همگرایی با مُد پایدار	تولید افزودنی		قابلیت‌های تولید افزودنی	قابلیت‌های تولید صنعتی	رویکردهای مد پایدار	
	تولید صنعتی	تولید افزودنی				
			استفاده از پلیمرها (تحقیق درباره مواد زیست‌محیطی)	مواد غیرزیست‌محیطی به استثنای پنبه خام و الیاف طبیعی ضایعات در فناوری مواد و تولید کاهشی، آلودگی آب و محیط مصرف انرژی فناوری مواد و فرآیند تولید ضایعات بازگشت‌ناپذیر مواد غیرزیست‌محیطی مصرف انرژی زیاد برای شست‌وشو، اتو، تعمیر و ... تولید متمرکز جهانی، تولیدات متمرکز منطقه‌ای آلودگی حمل‌ونقل	استفاده از مواد خام زیست پایدار کاهش ضایعات و آلودگی تولید میزان مصرف انرژی در دوران تولید ضایعات پس از دوره مصرف فرآیند نگهداری پوشاک ساختار منطقه‌ای تولید و مصرف کاهش حمل‌ونقل	پایداری زیست‌محیطی
			فقدان آلاینده‌گی مصرف انرژی زیست‌محیطی الکتریسیته ضایعات بازگشت‌ناپذیر پلیمری نیاز کم به تعمیر و نگهداری (در حال افزایش قابلیت شست‌وشو) قابلیت تولید محلی، قابلیت تولید فردی بی‌نیازی به حمل‌ونقل، امکان تولید در محل	نیاز کم به تعمیر و نگهداری (در حال افزایش قابلیت شست‌وشو) تولیدات متمرکز منطقه‌ای آلودگی حمل‌ونقل	ساختار منطقه‌ای تولید و مصرف کاهش حمل‌ونقل	پایداری اقتصادی و اجتماعی
			امکان تغییر نگرش اجتماعی به مد از طریق تولید منحصربه‌فرد تلاش برای دستیابی به مد شخصی، تولید منحصربه‌فرد افزایش ارزش یکتایی و عمر روان‌شناسانه محصول تلاش برای تبدیل مصرف غیرخلاق و تاثیرپذیر به مصرف خلاقانه مد تلاش برای شکل‌دادن به صنایع کوچک و دستیابی به عدالت اقتصادی امکان تولید متمایز و منحصربه‌فرد و محدود قابلیت ایجاد تمایز از طریق فرآیند تنوع در طراحی و تولید با هزینه برابر قابلیت تبدیل لباس به اثر هنری منحصربه‌فرد	متکی به تغییر مد و مصرف انبوه رواج زیبایی‌شناسی مد انبوه و تلاش برای تداوم تغییر و مصرف تهییج مصرف مد زودگذر تلاش برای ابقای مصرف انبوه تلاش برای افزایش سود و تولید در کشورهای فقیر (در حال کاهش) تلاش برای تهییج تشابه با دیگران و تقلید از مد تلاش برای اهمیت‌دادن به مد به‌عنوان ابزار کسب ارزش بی‌بهره‌بودن از تولید هنری و تلاش برای کسب رضایت عمومی برای مصرف	توجه به تغییر در نگرش اجتماعی به مد توجه به تغییر در نگرش زیبایی‌شناسانه مد تلاش برای کاهش توجه به مد زودگذر تلاش برای تحول شیوه مصرف تلاش برای دستیابی به عدالت اقتصادی در تولید تلاش برای گسترش مصرف مبتنی بر تمایز فردی تلاش برای دستیابی به ارزش اجتماعی مبتنی بر تمایز مصرف ارتقای لباس به اثر منحصربه‌فرد هنری و افزایش تعلق فردی	پایداری اقتصادی و اجتماعی

ادامه جدول ۱. مقایسه تولید صنعتی و تولید افزودنی در تحقق رویکردهای مُد پایدار

همگرایی با مُد پایدار	تولید صنعتی		قابلیت‌های تولید افزودنی	قابلیت‌های تولید صنعتی	رویکردهای مد پایدار	پایداری اقتصادی و اجتماعی
	تولید صنعتی	تولید افزودنی				
	-	+	امکان ورود یا واگذاری فرآیند طراحی به فرد، افزایش کاربرمحوری در طراحی و تولید	بی‌تأثیر بودن فرد بر فرآیند تولید، تصمیم‌گیرنده بودن طراح	درگیر کردن فرد با فرآیند تولید	
	-	+	افزایش نقش مصرف‌کننده در تولید از طریق طراحی و تولید خانگی یا طراحی مشارکتی	حذف مصرف‌کننده از فرآیند تولید	تبدیل مصرف‌کننده به نیروی مولد	
	-	+	امکان مصرف خلاقانه به واسطه افزایش امکان تولید به‌وسیله مصرف‌کننده	طرد مصرف خلاقانه، تلاش برای افزایش تقلید از دیگران	افزایش مصرف خلاقانه	
	-	+	افزایش مقاومت در مقابل تغییرات مد به اعتبار امکان ایجاد تمایز فردی و یکتایی	کاهش مقاومت در مقابل تغییرات مد، به‌ویژه مد سریع	افزایش مقاومت فرد در مقابل مد متغیر	
	-	+	امکان ورود ایده‌های فرد به فرآیند تولید محصول، افزایش تعلق فرد به محصول	ایجاد ارزش در همگرایی با جامعه مصرف‌کننده	ایجاد ارزش فردی در محصول افزایش طول عمر روان‌شناسانه محصول	
	-	+	افزایش تعلق فردی از راه احساس تعلق روانی به محصول طراحی شده به‌وسیله فرد	تلاش برای کاهش طول عمر به‌منظور افزایش تولید		
	-	+	قابلیت تغییر با طراحی فردی یا افزونه‌ها	بی‌بهره از امکان تغییر	امکان تغییر به‌وسیله کاربر	
	-	+	امکان تصمیم‌گیری و تغییر اجزا و افزونه‌ها	طرد ورود کاربر به فرآیند تولید	امکان ورود کاربر به طراحی اجزا	
	-	+	امکان تغییر نامحدود به‌وسیله کاربر در کل و اجزا		امکان ایجاد تنوع و تغییر به‌وسیله کاربر	
	-	+	توانایی تطبیق با سایز افراد	استفاده از سایزهای استاندارد	افزایش راحتی استفاده از محصول	
	-	+	توانایی تطبیق با ارگونومی امکان اصلاح یا پوشش ناهنجاری‌های بدن	تناسب‌نداشتن با تفاوت‌های ارگونومی پوشش‌ندادن ناهنجاری‌های بدن	افزایش تناسب با ارگونومی فرد کاهش ناهنجاری‌های بدنی	

منبع: نگارندگان

نتیجه‌گیری

دستیابی به مُد پایدار، به اعتبار حضور برجسته پوشاک در نظام مصرف جهانی، نقش مهمی در تحقق اهداف توسعه پایدار ایفا می‌کند و در نتیجه دستیابی به فناوری‌هایی برای تحقق هرچه بیشتر آن، می‌تواند بر جنبه‌های گوناگون توسعه پایدار از ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی موثر باشد. یکی از فناوری‌های در حال رشد در این زمینه، «تولید افزودنی» است که در سال‌های اخیر نقش مهمی در تغییر مفهوم طراحی در دنیای مُد ایفا کرده است. از این رو پژوهش حاضر به منظور شناسایی میزان توانایی این فناوری برای تحقق مُد پایدار به بررسی امکانات آن پرداخته است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که به استثنای جنبه زیست‌محیطی (شیوه تولید افزودنی هنوز در بخش تامین مواد اولیه به شکل مواد دارای قابلیت بازیافت، نیازمند توسعه و تحقیق بیشتر است)، این شیوه تولیدی توانایی تامین نیازهای توسعه پایدار پوشاک در ابعاد اجتماعی و اقتصادی مصرف را داراست و قادر است در کنار تغییر ساختار تولید انبوه به تولیدات محدود، کاهش حجم تولید، کاهش حجم مواد زاید، سفارشی‌سازی و شخصی‌سازی لباس به منظور انطباق فیزیکی و روانی آن با مصرف‌کننده، امکان‌پذیرسازی ورود کاربر به حوزه طراحی لباس به منظور افزایش نقش وی در تولید، احیای مجدد سنت تولید سفارشی و طرد مُدگرایی، در تغییر نگرش اجتماعی مصرف‌کننده نیز موثر واقع شده، به تامین اهداف مُد پایدار کمک کند.

پی‌نوشت‌ها

۱. Silent Spring
۲. Rachel Carson

۳. بیانیه ریو

۴. کنفرانس توسعه اجتماعی سازمان ملل متحد

۵. Slow Fashion

۶. Kate Fletcher

۷. ریشه‌های نخستین فناوری تولید افزودنی به تکنیک‌های موضع‌نگاری (Topography) و تصویربرداری تندیس (Photo sculpture) در قرن نوزدهم میلادی بازمی‌گردد. در اوایل سال ۱۸۵۹م. فرانسوا ویلم (François Willème) با کمک تصویربرداری هم‌زمان با ۲۴ دوربین متفاوت، هرکدام در فاصله ۱۵ درجه از هم، فرایندی را برای خلق تصویری سه‌بعدی از اشیا ابداع کرد. در اوت ۱۸۹۰م. جوزف ای. بلانتر (Joseph E. Blantner) حق انحصاری تولید نقشه‌های برجسته خطوط تراز را با استفاده از لایه‌های متفاوت صفحات موم به ثبت رساند (Bechthold et al., 2015, 6).

۸. Rapid Prototyping

۹. Hideo Kodama

۱۰. پیشنهاد وی شامل استفاده از نمونه پلیمری موسوم به «فتوپلیمر» بود که خصوصیات آن در مقابل اشعه مرئی یا فرابنفش تغییر می‌کند.

۱۱. Chuck Hall

۱۲. 3D systems

۱۳. چاک هال، موسس کمپانی تری‌دی سیستمز، اولین چاپگر سه‌بعدی را بر پایه فرایند استریو لیتوگرافی در سال ۱۹۸۴م. تولید کرد و بعدها در سال ۱۹۸۶م. توانست حق انحصاری این فناوری را کسب کند. در سال ۱۹۹۲م. این کمپانی اولین دستگاه چاپگر سه‌بعدی SLA را وارد بازار کرد.

۱۴. در فرایندهای تولید مرسوم، نظیر ماشین‌کاری و قالب‌زنی، محصولات را با جداسازی از قطعه ماده اولیه

تولید می‌کنند.

۱۵. 3D printers
۱۶. FDM
۱۷. Stratasys
۱۸. Massachusetts Institute of Technology
۱۹. Model maker
۲۰. DTM
۲۱. Aeromet
۲۲. Objet Geometries
۲۳. Z
۲۴. Solidimension
۲۵. cam/cad
۲۶. Additive Manufacturing Format (AFM)
۲۷. Open source
۲۸. RepRap
۲۹. Adrian Bowyer
۳۰. Beth University
۳۱. Do-It-Yourself (DIY)
۳۲. SLA
۳۳. FDM
۳۴. LOM
۳۵. LENS
۳۶. SLS
۳۷. 3DP
۳۸. POLY JET
۳۹. Post-processing

۴۰. در سال ۲۰۱۱م. اولین هواپیمای رباتیک سه‌بُعدی جهان به‌وسیله مهندسان دانشگاه ساوث همپتون، طی هفت روز، چاپ شد.

۴۱. در سال ۲۰۱۱م. اولین خودروی سه‌بُعدی به نام Urbee به‌وسیله کمپانی KorEcologic چاپ شد.

۴۲. چاپ سه‌بُعدی یک کلیه کوچک (۲۰۰۲م.)، ساختار پای کامل مصنوعی (۲۰۰۸م.)، رگ خونی (۲۰۰۹م.)، فک کاملاً آسیب‌دیده یک زن ۸۳ساله (۲۰۱۲م.) و یک مجسمه کامل برای زنی در هلند (۲۰۱۴م.)

۴۳. تولید شیرینی و غذا از طریق پرینترهایی که از مواد غذایی به‌عنوان ماده مصرفی استفاده می‌کنند.

۴۴. تولید ۱۰ خانه یک‌طبقه در طول یک روز در چین (۲۰۱۴م.)

۴۵. تولید جواهرات، دکوراسیون خانگی و طراحی مد تجربی

۴۶. Janne Kytтанen
۴۷. Jiri Evenhuis
۴۸. Haute Couture
۴۹. Iris van Herpen
۵۰. Materialise
۵۱. Daniel Widrig
۵۲. Michael Schmidt
۵۳. Francis Bitonti
۵۴. Dita von Tesse
۵۵. Shapeways
۵۶. Continuum Fashion

۵۷. علت نام‌گذاری این لباس شنا، استفاده از نایلون ۱۲ در تولید آن بود؛ زیرا این ماده کاملاً ضدآب و برای لباس شنا مناسب است. طراح این لباس، تصویر طرح را با نرم‌افزار طراحی راینو خلق و چاپ‌گر، شکل هندسی

پیچیده آن را چاپ کرده بود. این مایو با فرایند رسوب‌گذاری منتخب لیزری (SLS) به صورت قطعات منعطف ریز، چاپ و با فنرهای نایلونی به هم متصل شده است تا تحرک و خم شدن را ممکن کند.

۵۸. TamiCare

۵۹. Cosyflex

۶۰. Voltage Collection

۶۱. این ماده، با نام TPU92A-1 در چاپ لباسی استفاده شد که ون هرپن در همکاری با معمار اتریشی، جولیا کوئر، طراحی کرده بود.

۶۲. Neri Oxman

۶۳. Objet Connex

۶۴. Chanel

۶۵. Melinda Looi

۶۶. Bradly Rothenberg

۶۷. Victoria's secret

۶۸. Katie Gallagher

۶۹. Katya Leonovitch

۷۰. Electrotyping

۷۱. Anodize

۷۲. Silicon Coating

۷۳. Nike

۷۴. Vapor Laser Talon American Football Boots

۷۵. Millan Design week

۷۶. United Nude

۷۷. 3D Systems

۷۸. طرح مجموعه کفش‌ها با الهام از آثار معماری بن ون برکل، فرناندو رومرو، مایکل یونگ، راس لاوگرو و زاها حدید با فناوری رسوب منتخب لیزری و پلی‌جت کمپانی تری‌دی سیستمز و پلی اورتان ترموپلاستیک منعطف برای بخش‌هایی که باید منعطف‌تر باشند، چاپ شده بود.

۷۹. Unelleno

۸۰. Stella Layton

۸۱. Cooksons Precious Metals

۸۲. Tacori

۸۳. Ron Arad

۸۴. Not Made By Hand, Not Made in China Collection

۸۵. Paul Youngblood

۸۶. Rzeszow University of Technology

۸۷. JELWEK

۸۸. Kipling

۸۹. TPU 92A-1

۹۰. Elvis Pompilio

۹۱. RAD Product

- Acher, M. , Baudry, B. , Barais, O. , Jezequel, J. (2014), Customization and 3D Printing: a Challenging Playground for Software Product Lines, *18th International Software Product Line Conference, Florence, Italy, July 2014*. France: Hal. Inria, pp. 142-146.
- Bechthold, L. , et al. (2015). 3D Printing – A Qualitative Assessment of Applications, Recent Trends and the Technology’s Future Potential, *Center for Digital Technology and Management (CDTM), Munchen (February 2015)*. Berlin: EFI.
- Bhamra, Tracy, Lilley, Debra, Tang, Tang (2011) Design for Sustainable Behaviour: Using Products to Change Consumer Behaviour, *The Design Journal*, Volume 14, Number 4, pp. 427-445
- Bradshaw, S. , Bowyer, A. , and Haufe, P. (2010), The Intellectual Property Implications of Low-Cost 3D Printing. *Scripted*, Vol. 7, No. 1, pp. 5-31.
- Campbell, T. , Williams, C. , Ivanova, O. , Garrett, B. (2014), Could 3D Printing Change the World? Technologies, Potential, and Implications of Additive Manufacturing. *Atlantic Council*, October 2014, Washington DC.
- Clark, L. , Calli, L. , & Calli, F. (2014), 3D Printing and Co-Creation of Value. *12th International Conference e-Society 2014*, Madrid, Spain, 28 February to 2 March 2014, United Kingdom: Portsmouth University, pp. 251-254.
- Chuang, H. J. (2014), On Time & On Trend with a 3D Printed Wood-Like JELWEK Watch, 3D Printing Industry. Accessed: 20/4/2015 at <http://3dprintingindustry.com/2014/12/15/3d-printed-wood-like-jelwek-watch/>.
- Cooper, P. (1992), The consequences of new environmental legislation on the UK textile industry, *Textile Horizons International*, Vol. 12, No. 10, 30-38
- Dezeen Magazine. (2013), 3D Printing Will Infiltrate Fashion through Street wear, not Haute Couture, Dezeen Magazine. Accessed: 2/5/2015 at <http://www.dezeen.com/2013/06/05/3d-printing-fashion-print-shift/>.
- Dietz, Rob, O'Neill, Dan (2013) Enough Is Enough: Building a Sustainable Economy in a World of Finite Resources, Berrett Koehler, Sanfransisco
- Duann. (2013), *Revealing Dita Von Teese in a Fully Articulated 3D Printed Gown*, Shapeways. Accessed: 5/5/2015 at <http://www.shapeways.com/blog/archives/1952-revealing-dita-von-teese-in-a-fully-articulated-3d-printed-gown.html>.
- Finn, Donovan (2009). Our Uncertain Future: Can Good Planning Create Sustainable Communities?, University of Illinois, Illinois
- Fumero, N. (2014), *3D-Printed Primates to Tote from Kipling*, 3D Printing Industry. Accessed: 20/4/2015 at <http://3dprintingindustry.com/2014/01/27/3d-printed-primates-tote-kipling/>.
- Grunewald, S. J. (2014), *See the Incredible 3D Printed Textiles of Bradley Rothenberg*, 3D Printing Industry. Accessed: 20/4/2015 at <http://3dprintingindustry.com/2014/10/31/3d-printed-textiles-bradley-rothenberg/>.
- Guerrero, J. A. (2010), *New Fashion and Design Technology*. 1st ed. London: A&C Black Publishers.
- Hinte, Ed van (1997), *Eternally Yours: Visions on Product Design*, Rotterdam: 010 Publishers.
- Honka, A. (2013), *Tacori Ups its 3DP Capability for its Jewellery Applications*, 3D Printing Industry. Accessed: 20/4/2015 at <http://3dprintingindustry.com/2013/03/27/tacori-ups-its-3dp-capability-for-its-jewellery-applications/>.
- Howarth, George, Hadfield, Mark (2006), A sustainable product design model, *Materials and Design* 27, 1128–1133
- Ishengoma, F. R. , and Mtaho, A. B. (2014). 3D Printing: Developing Countries Perspectives, *International Journal of Computer Application*, Vol. 104, No. 11, pp. 30-34.
- Jackson, R, and Ransley, M. (2014). New Development and Opportunities in 3D Printing. *Horizon 2020 Expert Paper*. Accessed: 20/3/2015 at https://www.changemakers.com/sites/default/files/3-d_

printing_edited.pdf.

- Kuneinen, E. (2012), The Jewellery Sector and 3D Printing, 3D Printing Industry. Accessed: 20/4/2015 at <http://3dprintingindustry.com/2012/10/30/the-jewellery-sector-and-3d-printing/>.
- Kuhn, R. , and B. Minuzzi, R. F. (2015). The 3D Printing's Panorama in Fashion Design. *Moda Documenta: Museu, Memória e Design*, Vol. 2, No. 1 (May 2015).
- Lamontagne, V. (2013). Open Wearables: Crafting Fashion-tech. *Nordic Design Research Conference 2013*, Copenhagen-Malmö. Nordes, Vol. 1, No. 5. pp. 211-217.
- Lipson, H. , and Kurman, M. (2013), *Fabricated: The New World of 3D Printing*. Indiana: John Wiley & Sons.
- McDonough, William, Braungart, Michael (2010) *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*, San Val inc, St. Louis
- McDonough, William, Braungart, Michael, Anastas, Paul T. , Zimmerman, Julie B. (2003) *Applying the Principles of Green Engineering to Cradle-to-Cradle Design*, *Environmental Science & Technology* 37 (23), 434A-441A
- McLennan, Jason F. (2006) *The Philosophy of Sustainable Design: The Future of Architecture*, Ecotone, Kansas city
- Mohajeri, B. , et al. (2014), The Impact of Social Manufacturing on the Value Chain Model in the Apparel Industry. *IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (SOLI), Qingdao, 8-10 October 2014, IEEE*, pp. 378-381.
- Molitch-Hou, M. (2015), *5 Pairs of 3D Printed Shoes You'll See at Milan Design Week 2015*, 3D Printing Industry. Accessed: 20/4/2015 at <http://3dprintingindustry.com/2015/04/14/5-pairs-of-3d-printed-shoes-youll-see-at-milan-design-week-2015/>.
- Murphy, K. (2012). The social pillar of sustainable development: a literature review and framework for policy analysis. *Sustainability: Science, Practice, & Policy*, 8 (1), 15-29.
- Park, R. (2013a), *Iris van Herpen's 3D Printed Pieces on the Catwalks at Paris Fashion Week*, 3D Printing Industry. Accessed: 20/4/2015 at <http://3dprintingindustry.com/2013/01/22/iris-van-herpens-3d-printed-pieces-a-hit-at-paris-fashion-week/>.
- Park, R. (2013b), *MGX Presents a Stunning Range of 3D Printed Head Pieces*, 3D Printing Industry. Accessed: 20/4/ 2015 at <http://3dprintingindustry.com/2013/02/25/mgx-presents-a-stunning-range-of-3d-printed-head-pieces/>.
- Reeves, P. , and Mendis, D. (2015), The Current Status and Impact of 3D Printing Within the Industrial Sector: An Analysis of Six Case Studies. *Intellectual Property Office*, 86 pages.
- Sanne, C. (2002), Willing consumers—or locked-in? Policies for a sustainable consumption, *Ecological Economics*, Vol. 42, Issues 1–2, 273-287
- Taylor, A. , and Unver, E. (2014), 3D Printing- Media Hype or Manufacturing Reality: Textiles Surface Fashion Product Architecture. Textiles Society Lecture, 17th February 2014, *Textile Centre of Excellence, Huddersfield, UK*.
- United Nations (1987) Report of the World Commission on Environment and Development, Our Common Future, A/RES/42/187, UNCED, New York
- United Nations (1992) United Nations Conference on Environment and Development (Earth Summit), A/CONF. 151/26, UNCED, Rio de Janeiro
- United Nations (1993) Agenda 21, UNCED, New York
- United Nations (2005), A/60/L. 1, UNCED, New York
- Van Wijk, A. J. M. , and Van Wijk, I. (2015), *3D Printing with Biomaterials: Towards a Sustainable and Circular Economy*, Netherland: IOS Press.
- Vesanto, J. (2012a), *3D Printed Jewellery on Display at Hong Kong Fair*, 3D Printing Industry. Accessed: 20/4/2015 at <http://3dprintingindustry.com/2012/09/07/3d-printed-jewelry-on-display-at-hong-kong-fair/>.

- Vesanto, J. (2012b), *3Dprinted San Francisco on Your Wrist*, 3D Printing Industry. Accessed: 20/4/2015 at <http://3dprintingindustry.com/2012/09/19/3d-printed-san-francisco-on-your-wrist/>.
- Wang, B. Zi. , and Chen, Y. (2014). The Effect of 3D Printing Technology on the Future Fashion Design and Manufacturing. *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 496-500, pp. 2687-2691.
- www.dezeen.com, Retrived:2015/09/11
- www.designboom.com, Retrived:2015/10/05
- www.melindalooi.com, Retrived:2015/10/05
- www.thememo.com/, Retrived:2015/10/05
- Yanarella, Ernest J. , Levine, Richard S. , Lancaster, Robert W. (2009) Green versus Sustainability, Sustainability, VOL. 2 NO. 5, 296-302
- Yap, Y. L. , and Yeong, W. Y. (2014). Additive Manufacture of Fashion and Jewelry Products: a mini review, *Virtual and Physical Prototyping*, Vol. 9, No. 3, pp. 195-201.