

패션비즈니스 제28권 5호

ISSN 1229-3350(Print)  
ISSN 2288-1867(Online)

J. fash. bus. Vol. 28,  
No. 5:1-14, Nov. 2024  
[https://doi.org/  
10.12940/jfb.2024.28.5.1](https://doi.org/10.12940/jfb.2024.28.5.1)

Corresponding author

Youngjae Lee  
Tel : +82-31-400-5696  
E-mail : yjl@hanyang.ac.kr

## 3D 프린팅 기법을 활용한 패션디자인의 조형 특성에 관한 연구

형여여\*·이영재†

\*한양대학교 ERICA캠퍼스, 주얼리패션디자인학과, 석박사통합과정

†한양대학교 ERICA캠퍼스, 주얼리패션디자인학과, 교수

## A Studyon Formative Characteristics of Fashion Design Using 3D Printing Techniques

Xing Lili\*· Youngjae Lee†

\*Integrated Master's and Doctoral Course, Dept. of Jewelry & Fashion Design,  
Hanyang University ERICA Campus, Korea

†Professor, Dept. of Jewelry & Fashion Design, Hanyang UniversityERICA  
Campus, Korea

### Keywords

3D printing fashion,  
fashion design elements,  
3D printing fashion design  
elements  
3D 프린팅 패션,  
패션디자인 요소,  
3D 프린팅 패션디자인 요소

### Abstract

The purpose of this research was to explore characteristics of 3D printing technology in fashion design. Application of 3D printing in fashion design is gradually increasing, prompting this study to derive distinct characteristics of 3D-printed fashion design. As 3D printing technology becomes more prevalent in fashion design, it is crucial to understand its unique features. This study investigated characteristics of 3D-printed fashion through a comprehensive analysis of current literature and case studies. The research began with a literature review to gain insights into current characteristics of 3D printing technology in fashion design. By analyzing various elements of fashion design and examining case studies of representative 3D printing brands, the study identified key characteristics and expressions of 3D printing in fashion design. In terms of silhouette, 3D-printed fashion exhibits biomimetic organic artistic characteristics. Regarding color, it demonstrates a balanced color characteristic. Materials used in 3D-printed fashion have environmental protection and scarcity characteristics as well as technology convergence and customization characteristics. In terms of details, materials used in 3D-printed fashion have modular connection and creative characteristics. This study explored the development direction of 3D printing technology in fashion design. It provides foundational reference materials for 3D-printed fashion products.

본 논문은 박사학위 논문의 일부임

## I. 서론

### 1. 연구의 필요성 및 목적

3D 프린팅은 의료, 자동차, 패션, 생활용품, 건설, 인테리어, 잡화 등 다양한 산업분야에 적극적으로 활용되며 새로운 변화를 이끌고 있다. 최근에는 3D 프린팅 관련기술개발 확대에 따라 패션의 대량생산이 본격적으로 시도되면서 기술적인 효용가치가 더욱 커지고 있다(Kim, 2022). 패션 산업은 세계적으로 가장 역동적이고 혁신적인 산업 중 하나로, 경제 발전을 촉진하는 역할을 하면서 동시에 환경과 사회에 영향을 미치고 있다. 동시에 3D 프린팅 기술은 디지털화의 추세 아래에서 탄생한 것으로, 전통적인 디자인 사고 방식을 깨고 혁신적인 제조 방식을 적용함으로써 패션 산업에 큰 변화를 가져왔다. 현재 3D 프린팅 기술은 Bio-tech, IoT, AI 등과 더불어 4차 산업혁명의 주요한 한 축을 이루는 기술로 인식되고 있다(Lee, 2019). 현재 패션디자인 분야에서 3D 프린팅 기술로 패션계를 뒤흔든 네덜란드 디자이너 아이리스 반 헤르펜(Iris Van Herpen: 1984-)이 3D 프린팅을 활용한 패션 디자인을 선보인 이래로 이에 대한 관심이 높아졌고 의류산업에서 3D 프린팅의 적용을 실용화하기 위한 연구가 계속되어왔다(Lee, 2020). 3D 프린팅 기술은 폐기물이 없는 제품을 생산하는 데에 주력함으로써 제조 공정을 간소화하고, 에너지 소비 및 CO<sub>2</sub> 배출량을 낮추어 환경오염을 줄이는 동시에 노동 구조의 변화를 촉진하는 혁신적인 기술로 평가되고 있다(Gebler, Uiterkamp, & Visser, 2014). 3D 프린터는 일반 프린터가 입력된 평면 데이터를 잉크를 분사해 출력하듯, 3차원의 설계데이터 또는 모델링데이터를 2차원적인 단면을 연속적으로 구성하여, 적층하면서 입체형태의 사물로 만들어 낸다. 이 기술은 적층·가공 방식(Layer-by-Layer)으로, 기존의 전통적인 제품 제작방식인 재료를 자르거나 깎아서 만드는 절삭 가공보다 원재료의 낭비를 줄여준다는 면에서 경제적 장점이 있다(Dricson & Melba, 2013).

3D 프린팅 기법을 기반으로 한 패션디자인 제품들은 전통적인 물성과 디자인 제작 프로세스에 따른 일반 패션디자인과는 실루엣적으로 차별적인 구조와 형태들을 가지고 있다. 이러한 구조와 형태들은 디지털 출력에 의해 만들어지는 디지털 물성의 영향과 디자인 접근 방법의 차이에 기인했다고 볼 수 있을 것이다(Lee, Kim, Yang, Min, Sun, & Lee, 2016).

디자이너가 3D 프린팅을 활용하면 디자인 개발과 생산자

역할을 동시에 할 수 있게 된다. 기존과 달리 디자이너가 기업이나 제조업에 의존하지 않아도 되고, 소비자를 상대로 직접 디자인 비즈니스 활동을 할 수 있다(Jin & Oh, 2014). 패션과 기술의 결합은 점차 패션 산업과 현대 사회 발전의 필연적인 흐름이 되고 있다. 3D 프린팅 기술의 발전은 패션 산업에 새로운 창의성과 가능성을 제공하였다.

따라서, 본 연구는 3D 프린팅 브랜드의 패션 작품을 수집하고 분석함으로써 3D 프린팅 기법을 활용한 패션디자인의 조형 특성을 도출하고자 한다. 이를 통해, 미래 3D 프린팅 패션의 발전 방향을 탐구하는 데 기초 자료를 제공하는 동시에, 향후 창의적인 패션 디자인 분야에 유의미한 참고 자료로 역할을 할 것으로 기대된다.

### 2. 연구 방법 및 범위

본 연구방법은 사례분석과 문헌연구로 진행하였다. 먼저 3D 프린팅 패션 관련 논문 및 사이트를 중심으로 살펴보고, 선행연구에서 3D 프린팅 패션의 특징을 도출하였다. 3D 프린팅 기술의 응용 범위, 디자인의 혁신성 및 국제적 인지도를 기준으로, 3D 프린팅 사이트(stratasys.com), (3dprint.com) 및 인스타그램에서 인기와 논의가 가장 활발한 아이리스 반 헤르펜(Iris van Herpen), 가닛 골드스타인(Ganit Goldstein), 쓰리애즈포(Threeasfour), 다닛 펠레그(Danit Peleg) 네 개 브랜드를 선정하여 분석을 진행하였다. 선행연구를 살펴 본 결과, 3D 프린팅 기술은 21세기 초반에 패션 분야에 도입되었으나, 패션디자인 분야에서의 대규모 응용과 발전은 최근 10년 동안 이루어진 것으로 나타났다. 따라서 본 연구는 2014년부터 2023년까지의 패션 컬렉션, 전시 및 프로젝트 발표 사례를 중심으로 3D 프린팅 기술을 활용한 패션 작품을 분석하였으며, 그 중에서 4개 3D 프린팅 브랜드 작품을 집중 분석하였다. 3D 프린팅 패션의 특성을 도출하기 위해 실루엣, 색채, 소재, 디테일 4가지 요소로 3D 프린팅 패션 작품을 분류하고 분석하여, 각 요소에서 작품이 차지하는 비율을 통해 특성을 분석하였다. 분석 과정은 연구자의 주관적 분석을 방지하기 위해 패션디자인 학과 교수 1명과 패션디자인 요소에 대한 관련 분석 경험이 있는 박사 3명의 참여로 이루어졌다.

## II. 이론적 고찰

### 1. 3D 프린팅 기술의 개념

1980년 4월, 히데오 코다마(Hideo Kodama)가 광경화성 수지에 적외선을 쬐어 조형하는 기술을 특허 출원하고, 그 이듬해에 기능성 포토폴리머(photopolymer) RP(Rapid Prototyping) 시스템에 관한 실험 결과를 학회지에 발표한 것이 3D 프린팅 기술의 시초이다(Technological Engineering Institute, 2015). 이를 바탕으로 1984년 미국의 척 힐(Chuck Hull)이 세계 최초로 3D 프린팅 기술 특허를 획득하고 1988년 SLA(Stereo Lithography Apparatus)방식, 1989년 FDM 방식 프린터를 출시하게 된다. 이후 SLA 방식은 2006년, FDM 방식은 2009년 특허가 만료됨에 따라 본격적인 3D 프린터의 대중화가 이루어지게 되었다(Lee & Jing, 2017). 3D 프린터의 최대 장점은 결과물에 필요한 양만큼의 블록만 있으면 낭비되는 자원이 생기지 않는다는 것이다. 특히 내구성이 강하고 가벼운 제품을 생산할 수 있도록 하여 원래 제품을 만들 때 사용되는 물질의 90% 만으로도 제품을 생산이 가능해 환경적 효율성 면에서도 탁월한 기술로 부상하고 있다(Lee & Choi, 2016). 3D 프린팅 과정을 보면 첫째, 출력물의 3D 데이터 작업을 하는 모델링 단계, 둘째, 3D 프린터 전용 소프트웨어를 사용한 레이어 설계를 하는 슬라이싱(Slicing) 단계, 셋째, 완성품을 출력하는 단계, 마지막으로 완성품을 후처리하는 공정으로 3D 프린팅을 이용하는 경우 3D로 제작된 디자인 소프트웨어만 있으면 시제품을 제작할 수 있다(Lee & Lee, 2016).

## 2. 3D 프린팅 패션디자인의 특징

3D 프린팅 기술의 발전으로 다양한 활용 방안이 모색되고 있다. 패션디자인 분야에서는 3D 프린팅이 대중화되면서 기존 제작 방식으로는 제작할 수 없는 입체적이고 복잡한 구조적 디자인을 개념 단계부터 반영하고자 창의적이고 다양한 연구가 진행되고 있다(Lee & Lee, 2016). 2010년 미국 패션 디자이너 아이리스 반 헤르펜은 3D 프린팅 기술을 통해 많은 창의적인 작품들을 창조하였는데, '흐르는 물'과 검은 뱀'과 같은 유명한 작품들로 패션계에서 3D 프린팅의 열풍을 불러일으켰다. 또한 2013년, 나이키(Nike)는 3D 프린팅 기술을 활용하여 축구화를 디자인하고 제작하여 강한 시각적 충격을 주었을 뿐만 아니라 운동 선수의 스포츠 능력 향상에도 도움을 주었다. 나이키에 이어 같은 시기에 뉴발란스(New Balance)는 SLS 3D 프린팅 기술을 이용해 3D 프린팅 런닝화를 출시했다(Liu & Mandela, 2015). 그리고 같은 해 마이클 슈미트(Michael Schmidt)와 프란시스 비톤티(Francis Bitonti)는 3D 프린팅 기술로 디자인한 프린트 드레스를 선보여 광범위한 관심을 끌었다(Howarth, 2013). 2015년 3D 프린팅을 이용한 친환경 수영복이 선보여졌는데, 3D 프린터를 통해 프레임을 인쇄한 후, 그 안에 오염물질을 흡수하는 스폰지를 끼워 넣는 형태로 구성되었다. 패션디자인 분야에서 3D 프린팅 기술은 기존 의류 생산

Table 1. 3D Printing Fashion Design in Previous Studies

Author	Title	Analysis Items and Results
Kim, Lee, Kim, & Jun (2015)	Formative characteristics of 3D printing fashion from the perspective of mechanic aesthetic	Formative of fusion, dynamism, abstraction, and reality
Kim & Na (2016)	A study on the design characteristics of 3D printing - focused on the analysis of product cases in fashion related areas -	Digital organic design, digital geometry design characteristics, interconnected design criteria, design characteristics of stereotactic transformation
Lee (2020)	A study on types of 3D printing applications and their characteristics in fashion design.	Attached, Linkage, Kinematics, Assembly
Zhang & Deng (2021)	Innovative application of 3D printing technology in fashion design	Dynamic aesthetic design, Layered aesthetic design, Structural aesthetic design
Xiao & Kan (2022)	Review on development and application of 3D-printing technology in textile and fashion design	Chainmail structures, Geometric structures, Bionic structures

의 한계를 뛰어넘어 복잡한 구조와 모양을 신속하게 실현할 수 있다. 전통 제조업과 비교해 보면 3D 프린팅 기술은 대체할 수 없는 장점을 가지고 있다. 맞춤형 생산을 할 수 있고, 기존의 복잡한 공정을 줄이며 또한 소재 적층 가공 기술로 기존 재료의 사용률을 높이고 폐기물 발생을 줄여 에너지 절약 및 환경 보호에 도움을 줄 수 있다(Liu, 2022).

3D 프린팅 패션디자인의 관한 선행연구인(Kim, Lee, Kim, & Jun, 2015)을 기계미학의 관점에서 3D 프린팅 테크놀로지가 접목된 패션디자인 구체적 표현유형에 따라 결과를 분석하였으며, 이를 융합성, 역동성, 추상성, 실재성의 조형적 특성으로 정리하였다. Kim and Na(2016)의 연구를 살펴보면 3D 프린팅 제품디자인 특성은 디지털 오가닉 디자인 특성, 디지털 기하학 디자인 특성, 인터커넥티드(interconnected) 디자인 특성, 입체 변환 디자인의 특성을 가진다. Lee(2020)는 3D 프린팅을 적용한 패션 디자인 사례를 수집하여 분석한 결과, 3D 프린팅 패션디자인의 네 가지 요소인 오브제 부착(Attached)형, 연결(Linkage)형, 키네매틱스(Kinematics)형, 조립(Assembly)형을 도출하였다. 또한, Zhang and Deng(2021)의 연구에서는 3D 프린팅 패션의 자연 미학 디자인 특징을 동적 미학 디자인(Dynamic aesthetic design), 층위적 미학 디자인(Layered aesthetic design), 구조적 미학 디자인(Structural aesthetic design)으로 분류하였다. 또 다른 선행연구(Xiao & Kan, 2022)는 3D 프린팅 패션디자인 유연한 구조(Flexible structures)의 특징을 세가지 요소인 체인메일 구조(Chainmail structures), 기하학적 구조(Geometric structures), 생체공학 구조(Bionic structures)으로 분류하였다(Table 1).

### III. 3D 프린팅 패션디자인 사례 분석 및 특성

#### 1. 3D 프린팅 패션 디자인사례 분석

본 연구는 3D 프린팅 패션 작품에 대해 실루엣, 색채, 소재, 디테일4 가지 측면에서 분석함으로써 3D 프린팅의 특성을 나타낸다. 본 연구가 분석한 브랜드는 아이리스 반 헤르펜(Iris van herpen), 가닛 골드스타인(Ganit goldstein), 쓰리애즈포(Threasfour), 다닛 펠레그(Danit peleg)로 3D 프린팅 패션에서 대표성을 갖는 브랜드이다. 아이리스 반 헤르펜은 컬렉션에서 3D 프린팅을 활용한 혁신적 디자인을 선보이며 전통적 조형성과 물성을 뛰어넘는 3D 프린팅의 가능성을 테스트 했다(Lee et al., 2016). 가닛 골드스타인은 3D 프린팅 기술을 혁신적으로 사용하여 패션 업계에서 인정을

받았다. 다년간에 걸친 그녀의 모든 시리즈 패션디자인은 전통 공예와 3D 프린팅 기술을 결합하였으며, 3D 인체 스캔을 통해 맞춤형 디자인을 도입하였다(Zollinger, 2023). 쓰리애즈포는 3D 프린팅과 의류의 결합을 시도함으로써 세계적으로 이름을 알렸으며, 혁신적인 섬유와 의류 창조에 있어 3D 프린팅의 잠재력을 탐구하였다. 쓰리애즈포의 작품은 런던의 빅토리아 앤 앨버트 박물관(Victoria and Albert Museum in London)과 뉴욕 메트로폴리탄 박물관 의상 연구소(the Metropolitan Museum of Art Costume Institute)에서 전시되었다(Thimmesch, 2015). 다닛 펠레그는 전체 패션 시리즈를 3D 프린팅 기술만을 사용하여 제작하였으며, 3D 프린팅 분야의 선구자 중 한명으로 꼽힌다. 그녀의 디자인은 유연한 열가소성 폴리우레탄 재료를 주로 사용하여 3D 프린팅 의류가 인체에 보다 잘 맞도록 디자인하였다(3DSourced, 2024).

#### 1) 실루엣 특징

생물 모양을 모방한 디자인 기법을 사용하여 파도, 눈꽃, 돌 등 외부 형태에 대한 인식을 바탕으로 의상의 실루엣에 대한 새로운 시도와 혁신을 모색하고 있다. 3D 프린팅 패션 작품 56개를 실루엣 특징을 도출하였다(Table 2). 3D 프린팅 브랜드 제품의 실루엣을 분석하여 결과 실루엣을 분석한 결과 벌크 실루엣이 37개로 전체의 절반이 넘는 66.07%를 나타내고 있다. 벌크 실루엣 중 일부 형태는 무정형 실루엣, 기타가 17.00%로 가장 많이 나타났고 상체를 강조한 O라인이 10.71%로 그 다음 순이었다. 박시, Y라인과 T라인의 등장하는 빈도는 매우 균일하여 각각 8.92%로 있다. 다음으로, 스트레이트 실루엣이 19.64%로, 아워글라스 실루엣이 14.28%로 가장 낮은 빈도를 보였다. 이로써 3D 프린팅 패션 작품의 대부분이 자연에서 실루엣의 영감을 얻었고 유기적으로 유동하는 곡선과 무정형 생물 특징을 패션에 옮겼다고 할 수 있다.

2016년 F/W 시리즈에서 미국 브랜드 쓰리애즈포는 바이오닉 시리즈에서 영감을 받아 “Pangolin”과 “Harmonograph”라는 3D 프린팅 드레스를 출시했다. 디자이너는 바이오닉 자연동물의 무늬로 전반적인 효과를 나타냈다. Pangolin(Figure 1)는 주로 14개 패턴으로 구성되어 있고 천산갑 개미핥기의 특징에 따라 탄성비늘로 교차하여 만들었다. Harmonograph(Figure 2)는 3개 음파와 비슷한 스케이드나 선형 모양을 배열하여 몸을 감싸서 만들었다. 세계 나선형 모양은 기하, 생물학, 수리론을 결합하였다. 2가지 3D 프린팅 원피스는 3D 프린팅 패션환경에서 생물형식



Figure 1. ThreeAsFour 2016 F/W, 3D Printed Work (1) (www.vogue.com)



Figure 2. ThreeAsFour 2016 F/W, 3D Printed Work (2) (www.vogue.com)



Figure 3. ThreeAsFour 2020 S/S, 3D Printed Work (1) (threeasfour.com)



Figure 4. ThreeAsFour 2020 S/S, 3D Printed Work (2) (threeasfour.com)



Figure 5. Iris Van Herpen 2021S/S (www.irisvanherpen.com)



Figure 6. Iris Van Herpen 2021 F/W, Y-line (www.irisvanherpen.com)

과 자연형태의 방식을 탐색하였다. 2020년 S/S시즌에 Figure 3과 Figure 4를 통해 기존 원단 위에 직접 3D 프린팅하여 제작한 의류를 처음으로 선보였다. 3D 프린팅 기술을 활용하여 생물학적인 식물 잎맥 효과를 나타냈다. 나뭇잎 무늬 프린팅 기술을 옷감에 직접 사용하여 창의적 시각의 미세한 차이를 보여주었다. 아이리스 반 헤르펜의 2021년 S/S 중 Figure 5는 레이스 모양의 가지 부분이 작품전체의 실루엣과 데코레이션에 영향을 준다. 여러겹으로 쌓아 놓은

실크는 곤충날개 모양을 나타내며 자연계의 미묘한 조화를 패션에 연출해냈다. 2021년 F/W에서는 "Earthrise"라는 주제로 자연 관련 요소, 파도, 나뭇잎의 맥락을 표현하여 생물에 다양한 조형의 특징을 살렸다. 비늘, 나비 날개, 산호 등 각자 다른 생물의 색상이 표현되었다. Figure 6의 핑크 Y-line 실루엣 디자인은 비늘 모양의 블루 그라데이션 원판을 거즈 위에 꿰매어 정렬해 드레스로 만든 작품이다. Figure 7은 나뭇잎 조각으로 이루어진 핑크 O-line 원피스

이다. 2017년 F/W 디자인 컨셉은 "물"이다. Figure 8은 부드러운 금속을 감아 만든 호선을 투명한 거즈 소재에 부착한 디자인이다. 물결 모양의 옷자락은 어깨부터 치마까지 이어져 걸을 때마다 끊임없이 흔들린다. 주름이 잡힌 오간자는 울룩불룩 러플 트리밍을 형성하며, 선위적인 핑크 디자인이 물결처럼 기복을 이루며 흐른다. 2018년 F/W 시즌에 선보인 Figure 9는 레이저로 절단된 폴리에스터 필름과 검은색 면을 열로 접착한 투톤 염색의 레드 오간자로 제작되었다. 이 디자인은 새의 날갯짓 운동을 따라가는 선들을 접어 코팅처리한 후, 오간자로 교차층을 쌓아 새의 비행궤적을 모방

한 실루엣을 완성했다(Amy, 2018). 세태 재킷(Setae Jacket)은 생체 공학을 탐구한 작품으로, 나비의 날개를 특수 알고리즘을 통해 2차원 스캐닝으로 디지털화한 후 3차원 패턴으로 변환하여 제작되었다. 이 패턴은 3D 프린팅 기술을 이용해 유연한 원단에 복사되었다. 결과적으로 움직임과 미묘한 색 변환을 통해 진정한 유기 동물의 흐름을 표현하고 있다(Figure 10). 다닛 펠레그가 3D 프린팅 기술을 사용하여 만든 의상(Figure 11)은 전체적으로 스트레이트 실루엣을 가지고 있지만, 많은 삼각형 패턴을 사용하여, 전체적인 의상은 3D 디지털의 시각적 효과를 가지고 있다.



Figure 7. Iris Van Herpen  
2021 F/W, O-line  
(www.irisvanherpen.com)



Figure 8. Iris Van Herpen  
2017 F/W  
(www.irisvanherpen.com)



Figure 9. Iris Van Herpen  
2018 F/W  
(www.irisvanherpen.com)



Figure 10. Setae Jacket,  
2019  
(3dprintedart.stratasy.com)



Figure 11. Danit Peleg  
2015, 3D Printed Work (1)  
(danitpeleg.com)

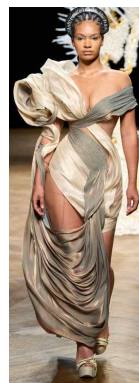


Figure 12. Iris Van Herpen  
2022 F/W  
(www.irisvanherpen.com)



Figure 13. Oscillation Dress,  
2016  
(https://3dprintedart.stratasy.com)

Table 2. 3D Printing Fashion Brand Silhouette (Form)Analysis Percent(%)

Year		Threearfour	Iris Van Herpen	Ganit Goldstein	Danit Peleg	Percent (%)	Silhouette (%)
1. Hourglass	Fitted	1	1		3	5(8.92)	8(14.28)
	Princess				2	2(3.5)	
	Crinoline						
	Mermaid		1			1(1.70)	
2. Straight	H-Line	1			4	5(8.92)	11(19.64)
	Tubular		1	1	1	3(5.35)	
	Shift	1	1		1	3(5.35)	
	Sheath						
	Trapeze						
	Empire						
3 .Bulk	Egg	2	2			4(7.69)	37(66.07)
	O-Line	2	3	1		6((10.71)	
	Barrel	1	2	1		4(7.14)	
	Y-Line	1	3	1		5(8.92)	
	T-Line	3	1		1	5(8.92)	
	Boxy	2		3		5(8.92)	
	Etc	3	5			8(12.28)	
	Total						

2) 색채 분석

2014년부터 2023년까지 3D 프린팅 패션의 네 가지 브랜드 작품의 색채 분석을 살펴보면(Table 3), 검은색과 흰색의 무채색이 전체 시리즈에서 비교적 많이 사용하였다. 그 중에서도 흰색이 가장 많이 사용되었는데, 전체의 19.27%를 차지하고, 검은색은 16.86%, 회색은 6.02%를 차지하였다. 그 다음으로는 주홍색(RO)과 오렌지색(O)이 가장 많이 나타나며, 각각 7.22%를 차지하였고, 노랑색(Y)과 푸른 보라색(BV)이 모두 전체의 3.61%를 차지하였다. 녹색(G), 파란색(B), 자홍색(RV), 빨간색(R), 주황색(YO)이 각각 6.02%의 빈도로 나타났다. 마지막으로, 청록색(BG)이 가장 적게 사용되었는데,

전체의 1.2%를 차지하였다. 이러한 결과로 살펴보면, 3D 프린팅 패션 브랜드의 작품은 색채계열이 비교적 고르게 사용되며, 그 중 무채색이 42.15%로 거의 전체의 절반을 차지한다. 또한, 전체적인 채색계열의 사용 경우를 살펴보면, 오렌지색 계열과 빨간색 계열이 가장 많이 사용되었으며, 각각 20.46%와 19.26%를 차지하였다. 또한, 오렌지색 계열과 빨간색 계열의 사용 비율이 매우 고르게 나타났다. 이러한 특징은 3D 프린팅 패션이 전통적인 색채 사용과는 다르게, 무채색과 강렬한 채색을 조화롭게 사용하여 독특한 시각적 효과를 창출한다는 점을 보여준다.

Table 3. Hue Analysis of 3D Printing Fashion Brand

Percent(%)

Brand	Color													White	Black	Gray
	Y	YG	G	BG	B	BV	V	RV	R	RO	O	YO				
Threearfour			2	1	1	2	1	2		1	2	2	2	5		
Iris Van Herpen							3	1		1	1	3	9	5	1	
Ganit Goldstein	2		1		3	1		1	2	3	2		3	2	1	
Danit Peleg	1		2			1			1	3	1	1	2	2	3	
Total(%)	3 (3.61)		5 (6.02)	1 (1.2)	5 (6.02)	3 (3.61)	4 (4.81)	5 (6.02)	5 (6.02)	6 (7.22)	6 (7.22)	5 (6.02)	16 (19.27)	14 (16.86)	5(6.02)	



Figure 14. Yarden Tzarfati, 2023  
(fashion.sohu.com)



Figure 15. Ganit Goldstein 2020,  
3D Printed Work (1)  
(ganitgoldstein.com)



Figure 16. Ganit Goldstein 2020,  
3D Printed Work (2)  
ganitgoldstein.com)

3) 소재 분석

3D 프린팅 패션 작품의 소재를 분석 결과, TPU (Thermoplastic Polyurethane) 소재를 사용한 이미지 비율이 18.84%로 가장 높게 나타났다. 그 다음은 오간자와 실크 소재의 이미지가 15.94%를 차지하였다. PLA(Polylactic Acid) 및 다른 기술과 결합하여 제작된 원단의 출현 빈도는 각각 11.59%의 비율로 나타났다. 또한 생분해가 가능한 바이오 원단도 약 10.14%를 차지하였다. 이로써 3D 프린팅 의류가 전통적인 재료와 현대 과학 기술을 결합한 작품이 많으며, 대부분의 원단이 환경 친화적인 특성을 가지고 있음을 시사한다(Table 4).

2022 F/W 시즌에 나타난 아이리스 반 헤르펜의 많은 작품

은 패션 전통 수공예와 3D 프린팅 기술을 결합하여 지속 가능한 재료를 사용해 제작되었다. Figure 12는 바나나 잎과 생사를 혼합하여 만든 생분해성 원단을 사용하였다(Pithers, 2022). Oscillation Dress(Figure 13)는 쓰리애즈포가 혁신적인 3D 프린팅 재료를 사용하여 선보인 바이오닉 컨셉의 패션이다. 의류의 착용성을 높이기 위해 나노미터 수준의 탄력성을 강화한 3D 프린팅 재료가 사용되었으며, 독특한 컬러 3D 프린터를 통해 프린팅되어 내구성과 유연성이 매우 우수하다. 야덴 차르파티(Yarden tzarfati)의 의류시리즈인 "unboxing"은 3D 프린팅된 동일한 양의 T자형 부품으로 구성된 유연한 직물의 의상이다. 이는 재활용 가능한 3D 프린팅 조인트를 사용하고 천연직물을 최대한 활용하여 낭비를



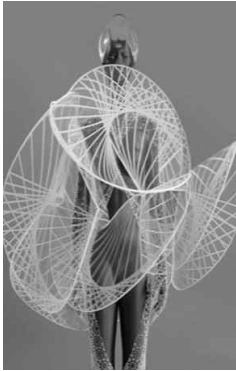


Figure 17. *ThreeAsFour 2022 F/W, 3D Printed Work (1)*  
(<https://storageciggallery>)



Figure 18. *ThreeAsFour 2022 F/W, 3D Printed Work (2)*  
(<https://storageciggallery>)



Figure 19. *ThreeAsFour 2022 S/S, 3D Printed Work (1)*  
(<https://cdncozygalleryo>)



Figure 20. *ThreeAsFour 2022 S/S, 3D Printed Work (2)*  
(<https://cdncozygalleryo>)



Figure 21. *Iris Van Herpen 2020 S/S*  
([www.irisvanherpen.com](http://www.irisvanherpen.com))



Figure 22. *Iris Van Herpen 2018 S/S*  
([www.irisvanherpen.com](http://www.irisvanherpen.com))

줄이고자 하였다(Figure 14). Figure 15은 가넷 골드스타인이 100% 회수된 필라멘트와 해양 폐기물을 사용하여 제작한 직물이다. 이 직물은 3D 프린팅 방식을 활용하여 원단을 정확하게 제작하며, 어떠한 폐기물도 발생하지 않도록 설계된 의류이다. 3D 프린팅 원단의 제작 과정은 기술적인 뒷받침이 필요하고 소량 생산으로만 제작할 수 있기 때문에, 위 사례는 원단의 사용에 있어서 회소성을 부여하였다.

패션디자이너 가넷 골드스타인은 3D 다색 프린팅 기술과 3차원 인체 스캔 기술 그리고 Stratasys의 PolyJet 기술을 사용하여 인체에 부합하는 맞춤형 디자인을 제작하였다. 그 중 포인트는 360도 인체 스캐너로 측정된 3D 프린팅 의류

를 만드는 과정이다(Figure 16).

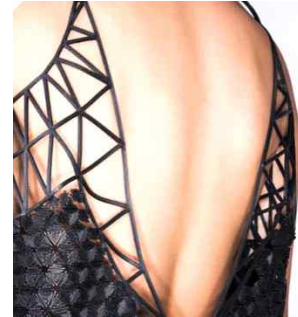
쓰리에즈포는 2022년 F/W에서 디지털 아티스트 신고 에버라드(Shingo Everard)와 협력하여 새로운 AR 가상패션컬렉션 *Ancestors*를 출시하였다. 이 컬렉션에서 가상의상(Figure 17, Figure 18)은 VR, 3D 프린팅 및 고급 맞춤 기술을 사용하여 제작되었다. 나노 수준의 탄력성을 강화한 3D 프린팅 재료를 사용하여 Connex 3D 프린터를 통해 의류를 제작하였으며, 이를 통해 내구성이 뛰어난 특징과 과장된 의류의 윤곽을 구현하였다. 쓰리에즈포 2022년 S/S 컬렉션의 Figure 19와 Figure 20은 친환경 디지털 회사인 코닛디지털(Kornit Digital)과 협력하여 3D 프린팅과 레이저 커팅 기술



**Figure 23.** *ThreeAsFour 2018 FW*  
(<https://www.vogue.com>)



**Figure 24.** *Danit Peleg 2017*  
([danitpeleg.com](http://danitpeleg.com))



**Figure 25.** *Danit Peleg 2015, 3D Printed Work(2)*  
([danitpeleg.com](http://danitpeleg.com))

**Table 4.** *Fabric Analysis of 3D Printing Fashion Brand*

Percent(%)

Fabric \ Brand	Threeasfour	Iris Van Herpen	Ganit Goldstein	Danit Peleg	Total
Organza, Silk	6	5			11(15.94)
Thermoplastic Polyurethane	4	4		5	13(18.84)
Biodegradable fabric		6	1		7(10.14)
Elastic nano	2		1		3(4.34)
Recycled nylon	1	1		3	5(7.24)
Polylactic acid		2	3	3	8(11.59)
Polymer	1	3	1		5(7.24)
Combining other technologies	2	4	3		9(13.04)
Etc	3	3		2	8(11.59)

을 통해 자연을 더욱 친환경적으로 만드는 무수 인쇄 공정을 개발하였다(Persson, 2021). 기술 데이터를 기반으로 소량 맞춤형 생산을 진행하여 의류 재고의 부담을 줄이고 환경의 지속 가능한 발전 실현하는 데 유리하다. 2020 S/S 시즌에서는 전통적인 패션 공예와 발전된 3D 프린팅 기술을 더욱 융합하여 사용하였다. 이 시즌에는 부착 기술을 활용하여 손주름이 잡힌 실크를 실크 쉬폰 원단에 프린팅하였다.

Figure 21에서는 전통적인 자수와 레이저 커팅 기술을 사용하였다. 높은 해상도로 그림의 레이어에 따라 다양한 그라데이션 컬러를 작품에 인쇄하였다(Smelik, 2022). Figure 22에 사용된 기술은 폼 리프트와 레이저 커팅의 파라미터 패턴을 무형의 거즈에 열접착시킨 것이다. 2018년 컬렉션(Figure 23)에서 쓰리에즈포는 열가소성 폴리우레탄(TPU) 재료를 사용하여 3D 프린팅을 선보였다.



Figure 26. Danit Peleg 2015,  
3D Printed Work(3)  
(<https://courses.danitpeleg.com>)



Figure 27. Danit Peleg 2015,  
3D Printed Work(4)  
(danitpeleg.com)



Figure 28. Danit Peleg 2023  
(danitpeleg.com)

Figure 24는 완전히 맞춤형이 가능하고 개성이 있는 첫 번째 3D 프린팅 의류로, 온라인을 통해 구매할 수 있다. 재킷의 프린팅과 조립에는 100시간이 소요되며, 생산 과정에서 폐기물이 발생하지 않는다는 점에 주목할 만하다(Haria, 2017). 다니트 프레그의 2015년 졸업 작품(Figure 25) 역시 열가소성 폴리우레탄(TPU) 재료를 사용하여, 가정용 3D 프린터에서 사용하기에 적합하게 제작되었으며, 이 3D 프린팅 원단의 유연성은 착용이 가능하고 편안한 의류 제작에 적합하다.

#### 4) 디테일 분석

디테일에서 모듈연결 창의성의 특징을 알 수 있다. 모듈은 큰 전체 시스템 및 체계 중 다른 구성 요소와 독립적인 하나의 구성 요소를 말한다(Module, n.d.). 3D 프린팅 기술과 컴퓨터의 결합을 통해 모듈의 모양, 밀도, 복장 길이를 조절함으로써 패션 분야에서 봉제 없이도 옷을 만들 수 있는 가능성을 보였다. 다니트 프레그는 2015년 패션졸업쇼에서 가정용 3D 프린터를 활용해 구부러지고 사슬 모양의 직물을 프린팅하여 서로 연결된 삼각형 모양으로 다양한 스타일의 옷을 제작하였다(Figure 26). 이 작품은 3D 프린팅 요소, 복잡한 평면 패턴과 변형된 메쉬를 융합하였다. 다니트 프레그의 디자인은 블록처럼 조립할 수 있는 망사 구조(Figure 27)를 활용하여 의류에 모듈화된 특성을 부여하였다. 이러한 방식은 소재 사용의 혁신뿐만 아니라 의류의 구조화된 방식도 반영한다(Dekel, 2019). Nons DAO와 다니트 프레그의 협력은 패턴을 모듈화하고 힌지 연결 기술을 혁신적인 패션 디자인과 결합시켰다(Figure 28). 이러한 구조는 유연한 소재로 만들어짐으로써 기능성과 미적 유연성을 더해준다. 프

레그는 사용자가 집에서 자신의 의류를 출력하고 조립할 수 있는 가능성에 중점을 두어, 미래 패션의 모듈화 가능성을 강조하였다(Adlughmin, 2015).

이상 작품은 모듈의 위치 또는 수량 재조정을 통해 다양하고 새로운 디자인을 할 수 있고, 이를 통해 작품에 예상치 못한 느낌을 더해준다. 일부 모듈 또는 부품이 손상되었다면 해당 부분만 교체하면 된다. 이 또한 의류분야에서 자원 낭비 문제에 대한 일종의 해결 방법이기도 하다. 뿐만 아니라 의류의 사용수명을 연장하여 일정한 정도의 자원 활용률을 높인다.

## 2. 3D 프린팅 패션 디자인의 특성

패션디자인의 요소를 통해 3D 프린팅 패션 작품을 분석하였다. 실루엣 측면에서 이러한 3D 프린팅 작품들은 주로 생체 모방과 유기적인 디자인 스타일을 채택하며, 자연계의 실루엣과 유동성을 모방한다. 디자인 영감은 자연 생물과 환경에서 비롯되며, 이러한 생체 모방 디자인은 3D 프린팅 기술을 통해 복잡한 유기적 형태를 정밀하게 구현할 수 있어 예술적 감각을 강화시킨다. 색채 분석에서는 3D 프린팅 패션 작품이 전체 색채의 조화를 중시하며, 디자이너는 현대 기술을 통해 색채 디자인의 변화를 정밀하게 컨트롤하여 패션이 시각적으로 더욱 균형감 있게 보이도록 한다. 소재 측면에서 3D 프린팅 패션은 다른 기술과의 융합을 통해 소재 혁신을 이룬다. 이러한 소재는 환경 친화적인 특성을 가질 뿐만 아니라, 디자인에서 맞춤형 생산이 가능하다. 그러나 친환경 원단의 제작 과정은 일반 원단보다 복잡하기에 혁신성을 지닌다. 3D 프린팅 기술은 전통적인 재단 및 봉제 과정에서의

원단 낭비를 줄여주며, 일부 소재는 재사용이 가능하여 친환경적 특성을 잘 보여준다. 디테일한 디자인에서는 3D 프린팅 기술은 모듈화 된 구조 디자인을 가능하게 하며, 이러한 모듈화 된 연결 방식은 디자이너로 하여금 다양한 구조 부품을 유연하게 조합하고 결합할 수 있게 함으로써 창의성과 독창성을 부각시킨다. 따라서 위의 사례들에서 실루엣-생체 모방 유기 예술성, 색채-채색의 균형성, 소재-기술융합 맞춤형과 환경보호 희소성, 디테일-모듈연결 창의성을 갖는다.

생체모방 유기 예술성은 3D 프린팅 모델링 기술을 통해 복잡한 패턴, 입체적인 구조 및 무정형의 자연 곡선과 독특하고 정밀한 디테일을 의상에 직접 인쇄할 수 있고 자연의 생태감을 표현할 수 있을 뿐만 아니라 전통적인 제작방식에 구애 받지 않는다. 디자이너들은 3D 프린팅 기술을 활용해 가상공간에서 보다 자유롭고 입체적인 디자인을 구현할 수 있고 또 다양하고 예술적인 작품을 만들어 낼 수 있다. 3D 프린터의 적층 제조 기법을 사용함으로써 작품에 3차원 입체적인 시각 효과를 더해주고 과장되고 공간적인 디자인을 완성할 수 있다. 또한 3D 프린팅 기술에 의해 바이오 형태를 패션디자인 방식으로 직접 활용하여 실루엣의 혁신을 실현하고 생체 모방은 물론 자연을 초월하는 패션 창작을 가능하게 한다. 이러한 기술은 또한 재료의 낭비를 줄일 수 있어 지속가능한 발전을 실현하기 위한 이념과 방향을 제공해주었다.

색채 분석에서는 채색의 균형성을 확인할 수 있었다. 무채색 계열(화이트, 블랙, 그레이)이 전체에서 거의 절반을 차지하고 있으나 색상은 균형 있게 사용되었다. 이는 3D 프린팅을 활용한 의류 디자인은 간결하고 현대적인 스타일을 유지하면서도 채색 계열이 의류 디자인에 층차감과 시각적 충격을 더해 주어 표현력을 강화 시켰다는 점을 보여준다. 또한 색상의 조화로운 사용은 3D 프린팅 의류가 개성화와 혁신성을 추구하는 과정에서 색상의 조합을 유연하게 잘 활용하고 있음을 반영한다. 또한 미학적 관점에서 색상의 대비와 균형, 단순함과 복잡함의 조합은 3D 프린팅 의류 디자인의 핵심 특징이 된다.

기술융합 맞춤형성은 3D 프린팅 패션은 컴퓨터, 3D 프린팅 및 새로운 재료의 결합을 통해 실현된다는 점에서 중요한 특성이다. 작품 분석에서는 대부분의 작품이 3D 프린팅 기술을 적용하며, 그 다음으로 레이저 커팅 기술 및 스마트 기열, 접착 기술, 폼 리프트 등 기술을 활용한다는 것을 알 수 있다. 작품의 원단을 재단하고 활용하는 데 있어 보다 독특한 시각적 효과를 제공하고 의상의 입체감과 레이어드

효과를 더하였다. 이 밖에도 전통적인 생산방식과 달리 3D 프린팅 기술로 개인 데이터와 취향에 따라 신체 사이즈와 스타일에 맞는 의류를 맞춤 제작할 수 있어 재고 보존과 과잉 생산의 부담을 줄여주며 안전하고 친환경적이 특징을 가진다.

환경보호 희소성은 3D 프린팅 기술을 통해 수요에 따라 재료의 사용량을 정확히 파악할 수 있고 낭비를 줄일 수 있다. 재활용된 폐기물을 혁신적인 지속 가능한 원단으로 가공하는 것은 자금과 기술적 지원이 필요하며, 기술적 요구가 높아 대량 생산이 비교적 어려워 지속 가능한 원단의 희소성을 어느 정도 창출하였다. 또한, 폐기물 재활용과 같은 생산 방식은 자원의 낭비를 줄일 뿐만 아니라, 환경 오염을 감소시키는 데에도 중요한 역할을 하며, 지속 가능한 발전을 추구하는 현대 사회에 부합한다.

모듈연결 창의성은 베졸리(Vezzoli)와 만지니(Mangini)의 '환경 지속 가능성을 위한 디자인'에서 제시한 해체설계와 연관성이 있다. 다기능 모듈형은 분해와 조립이 자유로워 필요에 따라 형태를 바꿔 사용할 수 있어 디자인의 효율성을 높인다(Kam, 2019). 모듈의 크기는 디자인에 따라 출력 시 정확한 데이터가 필요하기 때문에 재료의 폐기물이 발생하지 않아 에너지 낭비를 근절할 수 있다. 또한 디자이너의 창의적 사고를 통해 의류 디자인에 미지성을 부여하고, 창의적인 디자인 감각을 더해준다. 또한 기술을 통해 노동력 소모를 줄이고 의류 제작에 드는 시간과 비용을 절감할 수 있다. 반복, 연속, 부착의 디자인 방법을 사용함으로써 의류에 포인트를 강조할 수 있는 동시에 시각적 효과를 강화하여 더욱 입체적이고 독특한 패션 작품을 창조할 수 있다.

#### IV. 결론

본 연구는 3D 프린팅 패션의 특성을 심층적으로 탐구하고 분석하고자 하였다. 3D 프린팅은 패션디자인 산업에서 환경 오염을 줄이고 자원을 절약하며, 노동력의 사용을 어느 정도 감소시켰다. 선행연구와 사례를 토대로 3D 프린팅 패션의 네 가지 특성을 정리하였다. 본 연구는 패션 디자인 요소를 통해 3D 프린팅 패션 디자인 작품을 분석하였으며, 연구목적에 따른 결론은 다음과 같다.

첫째, 생체모방은 디자이너들이 자연의 형태와 생물학적 구조를 실루엣에 반영하고, 자연계의 곡선과 질감 등의 요소를 관찰하여 유기적이고 생동감이 넘치는 패션을 창조하는데 기여한다. 3D 프린팅 기술은 기존의 패브릭으로 표현하기 어려운 다양한 형태로 표현할 수 있을 뿐만 아니라 착용

자의 신체와 의복 사이의 공간을 신장할 수 있음을 보여주었다. 3D 프린팅 기술은 복잡한 모델링과 자연 형태의 생체 모방 디자인을 통해 전통적인 패션 디자인의 한계를 넘어서고도로 혁신적인 예술 작품을 선보인다. 이러한 디자인 방식은 현대 사회의 기술과 예술의 융합 추세에 부합되고 혁신적인 디자인과 개성적 표현에 대한 추구를 반영할 뿐만 아니라, 3D 프린팅 기술의 다양성은 디지털 시대에 소비자가 원하는 독창적이고 전위적인 의류 디자인 요구를 충족시켜 준다. 다만, 벌크 실루엣의 빈번한 사용은 인체 구조에 저해할 수 있으며, 신체에 착용하는 의류의 활동성과 편안함을 저해할 수 있다.

둘째, 3D 프린팅 디자인에서 무채색이 중요한 위치를 차지하지만, 색채의 균형과 대비를 통해 디자인은 심플하면서도 강렬한 시각적 효과를 준다. 이러한 색채 사용은 현대 소비자들 사이에서 추구하는 미니멀리즘과 정제된 미학을 반영하며, 동시에 패션 산업에서 유행하는 미니멀리즘 트렌드를 잘 나타낸다. 3D 프린팅은 정밀한 색채 컨트롤을 통해 디자인을 보다 유연하고 다양하게 만들어 낸다.

셋째, 소재 측면에서 디자이너들은 다양한 재생 가능한 재료를 사용하여 다양한 질감과 구조를 프린팅 함으로써, 시각적으로 강렬하고 독특한 원단을 창조해 낼 수 있다. 3D 프린팅 기술과 레이저커팅, 디지털 응용 컴퓨터의 정밀 알고리즘을 결합하여, 효율이 낮고 정확도가 떨어지는 전통적인 제작 방식과 단일한 패턴의 한계를 극복하였다. 동시에 소비자는 자신의 요구와 신체 데이터를 기반으로 의류를 맞춤형 제작할 수 있으며, 이러한 방식은 생산 효율성을 높여줄 뿐만 아니라 재고 부담과 과잉 생산 문제를 줄여 줌으로써 현대 사회가 지속 가능한 발전에 주목하는 발전 방향과 일치한다. 또한 소비자가 보다 개성화 된 경험을 추구하고 있는 추세에 따라, 3D 프린팅 기술의 패션 분야 적용은 점차 주류 트렌드로 발전하고 있다. 그러나 3D 프린팅 기술에 적합한 원단에 대해서는 여전히 한계가 있어 지속적인 개발이 필요하다.

넷째, 디테일 측면에서, 모듈 연결성은 모듈 또는 패턴의 디자인 정보를 지능적으로 처리함으로써 원단의 미세한 변화를 더욱 정밀하게 제어할 수 있을 뿐만 아니라 폐기물 생성도 줄일 수 있다. 현대사회에서 소비자들은 제품의 환경 친화적 특성에 더욱 관심을 가지며, 동시에 3D 프린팅 패션 디자인은 지속가능한 발전을 실현할 수 있는 하나의 방안으로 여겨지고 있다. 비록 현재 일부 친환경소재가 희소성을 지니지만 3D 프린팅 기술은 스마트 제조와 자원 최적화를 통해 현대 소비자의 높은 환경보호 요구를 충족시키고 있다.

본 연구는 3D 프린팅 패션의 특성을 디자인 측면에서 분석하였으며, 향후 다양한 패션 디자인 및 개발 과정에서 학술 연구의 기초 자료로 활용될 수 있다는 점에 연구의 의의가 있다. 다만, 3D 프린팅 패션의 일상생활에서의 적용과 보급을 촉진하기 위해서는 연구자들의 지속적인 노력이 필요할 것이다.

## References

- 3DSourced. (2024, February 20). Most exciting 3D printed fashion projects in 2023. Retrieved June 5, 2024, from <https://www.3dsourced.com/feature-stories/3d-printed-fashion-changing-the-world/>
- Adlughmin. (2015, July 22). Danit Peleg creates first 3D printed fashion collection printed entirely at home. Retrieved August 5, 2024, from <https://3dprint.com/83423/danit-peleg-3d-printed-fashion/>
- Amy, V. (2018, July 2). Iris Van Herpen Fall 2022 couture. *Vogue Runway*. Retrieved March 19, 2024, from <https://www.vogue.com/fashion-shows/fall-2018-couture/iris-van-herpen>
- Danit Peleg 2015, 3D Printed Work (1). (n.d.). [Photograph]. *Danit Peleg*. Retrieved from <https://www.danitpeleg.com/>
- Danit Peleg 2015, 3D Printed Work (2). (n.d.). [Photograph]. *Danit Peleg*. Retrieved from <https://www.danitpeleg.com/>
- Danit Peleg 2015, 3D Printed Work (3). (n.d.). [Photograph]. *Danit Peleg*. Retrieved from <https://courses.danitpeleg.com>
- Danit Peleg 2015, 3D Printed Work (4). (n.d.). [Photograph]. *Danit Peleg*. Retrieved from <https://www.danitpeleg.com/>
- Danit Peleg 2017. (n.d.). [Photograph]. *Danit Peleg*. Retrieved from <https://www.danitpeleg.com/>
- Danit Peleg 2023. (n.d.). [Photograph]. *Danit Peleg*. Retrieved from <https://www.danitpeleg.com/>
- Dekel, S. (2019). Danit Peleg on 3D printing fashion design with Zero Waste. Retrieved July 5, 2024, from <https://culturetreasures.com/danit-peleg>
- Drieson, & Melba, C. (2013). New world of 3D printing. *Hans Media*, 45-50.

- Gebler, M., Uiterkamp, A. J. S., & Visser, C. (2014). A global sustainability perspective on 3D printing technologies. *Energy Policy*, 74(-), 158-167. doi:10.1016/J.ENPOL.2014.08.033
- Ganit Goldstein 2020, 3D Printed Work (1). (n.d.). [Photograph]. *Ganit Goldstein*. Retrieved from <https://ganitgoldstein.com/#/retextile-3d/>
- Ganit Goldstein2020, 3D Printed Work (2). (n.d.). [Photograph]. *Ganit Goldstein*. Retrieved from <https://ganitgoldstein.com/#/patterning-craft/>
- Haria, R. (2017, December 5). Winners of purmundus 3D design challenge 2017 announced. *3D Printing Industry*. Retrieved September5, 2024, from <https://3dprintingindustry.com/news/winners-purmundus-3d-printing-challenge-2017-125679/>
- Howarth, D. (2013, March 7). 3D-printed dress for dita von teese by Michael Schmidt and Francis. *Dezeen*. Retrieved November 5, 2024, from <https://www.dezeen.com/2013/03/07/3d-printed-dress-dita-von-teese-michael-schmidt-francis-bitonti/>
- Iris Van Herpen 2017F/W. (n.d.). [Photograph]. *Iris Van Herpen*. Retrieved from [https://www.irisvanherpen.com/\\_uploaded/uploads/Iris\\_Van\\_Herpen\\_HC17\\_18\\_look10-50.jpg](https://www.irisvanherpen.com/_uploaded/uploads/Iris_Van_Herpen_HC17_18_look10-50.jpg)
- Iris Van Herpen 2018S/S. (n.d.). [Photograph]. *Iris Van Herpen*. Retrieved from <https://www.irisvanherpen.com/collections/ludi-naturae/runway-8#img-7751>
- Iris Van Herpen 2018F/W. (n.d.). [Photograph]. *Iris Van Herpen*. Retrieved from <https://www.irisvanherpen.com/collections/syntopia>
- Iris Van Herpen 2020S/S. (n.d.). [Photograph]. *Iris Van Herpen*. Retrieved from <https://www.irisvanherpen.com/collections/sensory-seas/runway-3#img-8638>
- Iris Van Herpen 2021F/W Y-line. (n.d.). [Photograph]. *Iris Van Herpen*. Retrieved from <https://www.irisvanherpen.com/collections/earthrise/collection#img-11917>
- Iris Van Herpen 2021F/W O-line. (n.d.). [Photograph]. *Iris Van Herpen*. Retrieved from <https://www.irisvanherpen.com/collections/earthrise/collection#img-11917>
- Iris Van Herpen 2021S/S. (n.d.). [Photograph]. *Iris Van Herpen*. Retrieved from [https://www.irisvanherpen.com/\\_uploaded/roots-of-rebirth-full-length/Look-17-Iris-van-Herpen-Couture-SS21-Roots-of-Rebirth-Photographed-by-Gio-Staiano-50.jpg](https://www.irisvanherpen.com/_uploaded/roots-of-rebirth-full-length/Look-17-Iris-van-Herpen-Couture-SS21-Roots-of-Rebirth-Photographed-by-Gio-Staiano-50.jpg)
- Iris Van Herpen 2022F/W. (n.d.). [Photograph]. *Iris Van Herpen*. Retrieved from [https://www.irisvanherpen.com/\\_uploaded/202207/\\_IKA4497\\_1-50.jpg](https://www.irisvanherpen.com/_uploaded/202207/_IKA4497_1-50.jpg)
- Jin, S., & Oh, C. (2014). A study on the effects of 3d printing on design business. *Journal of the Korean Society of Design Culture*, 20(4), 75-86. doi: 10.17548/ksaf.2022.09.30.33
- Kam, S, J. (2019). A study on sustainable fashion product using Korean image and 3D printing. *A Journal of Brand Design Association of Korea*, 17(2), 53-68. doi: 10.18852/bdak.2019.17.2.53
- Kim, D. (2022). Multidisciplinary research trend analysis on 3d printing designs. *Korean Society of Science and Art Convergence*, 40(4), 33-43. doi: 10.17548/ksaf.2022.09.30.33
- Kim, H., & Na, H. (2016). A study on the design characteristics of 3d printing: Focused on the analysis of product cases in fashion related areas. *The Korea Society of Craft*, 19(2), 133-152.
- Kim, Y., Lee, J., Kim, J., & Jun, Y. (2015). Formative characteristics of 3D printing fashion from the perspective of mechanic aesthetic. *The Research Journal of the Costume Culture*, 23(2), 294-309. doi: 10.7741/rjcc.2015.23.2.294
- Lee, D., & Choi, M. (2016). A research of recycling design using 3d printing skill. *Journal of Art & Design Research*, 19(1), 73-82.
- Lee, H. S.(2019). A study on the development of 3d printed garments for fashion show. *Fashion & Textile Research Journal*, 21(3), 267-276. doi: 10.5805/SFTI.2019.21.3.267
- Lee, J. (2020). A study on types of 3d printing applications and their characteristics in fashion design. *Journal of Fashion Business*, 24(4), 130-143. doi: 10.12940/JFB.2020.24.4.130
- Lee, J., & Jing, S. (2017). Study on fashion design using DLP 3d printing. *Korean Society of Basic Design & Art*, 18(5), 449-460. doi: 10.18652/2016.16.1.1

- Lee, J., & Lee, J. (2016). A study on the development of fashion design using FDM 3d printing. *Journal of the Korean Society of Fashion Design*, 16(1), 101-115. doi: 10.18652/2016.16.1.7
- Lee, J., Kim, J., Yang, E., Min, S., Sun, Z., & Lee, E. (2016). Atypical forms of 3d printing fashion accessories according to the digital design methods. *Journal of the Korean Society of Fashion Design*, 16(1), 4-8. doi: 10.18652/2016.16.1.1
- Liu, S., & Mandela, E. (2015). Textile and garment industry 3d technology trends and development trends. *China Fiber Inspection*, 1(16), 60-63.
- Liu, T. (2022). Progress of 3d printing technology in the field of textile and clothing. *Cotton Textile Technology*, 11.
- Module.(n.d.). *Doosan Baggwa*. Retrieved February 19, 2024, from <https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=2835919&cid=40942&categoryId=32830>
- Oscillation Dress, 2016. (n.d.). [Photograph]. *3D fashion by stratasys*. Retrieved from <https://3dprintedart.stratasys.com/fashion/oscillation-dress>
- Persson, L. (2021, September 8). ThreeAsFour Spring 2022 .Retrieved March 19, 2024, from <https://www.vogue.com/fashion-shows/spring-2022-ready-to-wear/threasefour>
- Piters, E. (2022, July 4). Iris Van Herpen Fall 2022 couture. *Vogue Runway*. Retrieved March 19, 2024, from <https://www.vogue.com/fashion-shows/fall-2022-couture/iris-van-herpen>
- Setae Jacket, 2019. (n.d.). [Photograph]. *3D Fashion by Stratasys*. Retrieved from <https://3dprintedart.stratasys.com/fashion/setae-jacket>
- Smelik, A. (2022). Fractal folds: The posthuman fashion of Iris van Herpen. *Fashion Theory*, 26(1), 5-26. doi: 10.1080/1362704X.2020.1850035
- Technological Engineering Institute. (2015). *World of fun 3d printers and 3d scanners: 3D printing guide for creative makers and start-ups*. Goyang: ENGINEER BOOKS.
- Thimmesch, D. (2015, October 29). Materialise and ThreeAsFour set their sights on revolutionizing the fashion industry via 3D printing. *3d Print*. Retrieved July 15, 2024, from <https://3dprint.com/102806/aterialise-threasefour-fashion/>
- ThreeAsFour 2016 F/W, 3D Printed Work (1). (n.d.). [Photograph]. *Vogue Runway*. Retrieved from <https://www.vogue.com/fashion-shows/fall-2016-ready-to-wear/threasefour>
- ThreeAsFour 2016 F/W, 3D Printed Work (2). (n.d.). [Photograph]. *Vogue Runway*. Retrieved from <https://www.vogue.com/fashion-shows/fall-2016-ready-to-wear/threasefour>
- ThreeAsFour 2018 F/W. (n.d.). [Photograph]. *Vogue Runway*. Retrieved from <https://www.vogue.com/fashion-shows/fall-2018-ready-to-wear/threasefour/sideshow/collection#4>
- ThreeAsFour 2020S/S, 3D Printed Work (1). (n.d.). [Photograph]. *ThreeAsFour*. Retrieved from <https://threasefour.com/pages/human-plant>
- ThreeAsFour 2020S/S, 3D Printed Work (2). (n.d.). [Photograph]. *ThreeAsFour*. Retrieved from <https://threasefour.com/pages/human-plant>
- ThreeAsFour 2022F/W 3D Printed Work (1). (n.d.). [Photograph]. *ThreeAsFour*. Retrieved from <https://storageciggallery.addons.business/8602/cig-cozy-gallery-1883axA-look1-digital-image-by-Shingo-Everard--xxl.jpg?c=00>
- ThreeAsFour 2022F/W 3D Printed Work (2). (n.d.). [Photograph]. *ThreeAsFour*. Retrieved from <https://storageciggallery.addons.business/8602/cig-cozy-gallery-18838BB-look12-digital-image-by-Shingo-Everard--xxl.jpg?c=00>
- ThreeAsFour 2022S/S, 3D Printed Work (1). (n.d.). [Photograph]. *ThreeAsFour*. Retrieved from <https://cdncozygalleryo.addons.business/8602/cig-cozy-gallery-1883eEZ-VALL0413-xxl.jpg?c=10>
- ThreeAsFour 2022S/S, 3D Printed Work (2). (n.d.). [Photograph]. *ThreeAsFour*. Retrieved from <https://cdncozygalleryo.addons.business/8602/cig-cozy-gallery-18830b7-VALL0910-xxl.jpg?c=10>
- Xiao, Y. Q., & Kan, C. W. (2022). Review on development and application of 3D-printing technology in textile and fashion design. *Coatings*, 12(2), 267. doi: 10.3390/coatings12020267

Yarden Tzarfati , 2023. (n.d.). [Photograph]. *3D Printing in Fabric and Clothing Design*. Retrieved from [https://www.sohu.com/a/640252809\\_121119289](https://www.sohu.com/a/640252809_121119289)

Zhang, F., & Deng, K. (2021). Innovative application of 3D printing technology in fashion design. *Journal of Physics: Conference Series*, 1790(1), 012030. doi:10.1088/1742-6596/1790/1/012030

Zollinger, A. (2023, June 26) Redefining design through textiles. *MIT News*. Retrieved March 8, 2024, from <https://news.mit.edu/2023/ganit-goldstein-redefining-design-through-textiles-0626>

---

Received (August 08, 2024)

Revised (September 03, 2024; September 26, 2024; October 23, 2024)

Accepted (October 31, 2024)