



**T.C. İSTANBUL T CARET
ÜNİVERSİTESİ**

LİSANSÜSTÜ E TİM ENSTİTÜSÜ

**DİJİTAL MODANIN GELECEĞİ: YAPAY ZEKÂ VE METAVERSE
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ETKİSİ**

Ece ERA 

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL VE MODA TASARIMI ANABİLİM DALI
İSTANBUL-2025**



**T.C. İSTANBUL T CARET
ÜNİVERSİTESİ**

LİSANSÜSTÜ E TİM ENSTİTÜSÜ

**DİJİTAL MODANIN GELECEĞİ: YAPAY ZEKÂ VE METAVERSE
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ETKİSİ**

Ece ERA 

Danışman

Dr.   r. Üyesi Sema HATUN TÜRKER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL VE MODA TASARIMI ANABİLİM DALI
İSTANBUL-2025**

KABUL VE ONAY SAYFASI

Ece ERAŞ tarafından hazırlanan "**Dijital Modanın Geleceği: Yapay Zeka ve Metaverse Sürdürülebilirlik Etkisi**" adlı tez çalışması 03/09/2025 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde başarı ile savunularak, İstanbul Ticaret Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Tekstil ve Moda Tasarımı Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman **Dr. Öğr. Üyesi Sema HATUN TÜRKER**
İstanbul Ticaret Üniversitesi

Jüri Üyesi **Doç. Dr. Irmak ÇETİNSOY**
İstanbul Ticaret Üniversitesi

Jüri Üyesi **Dr. Öğr. Üyesi Arzu ALTINÇELİK TEKE**
Altınbaş Üniversitesi

Onay Tarihi : (Enstitü Tarafından Doldurulacaktır.)

Prof.Dr. Başak ERDEM ÇANKAYA
Enstitü Müdürü

AKADEMİK VE ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tez çalışması, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün tez yazım yönergesine uygun biçimde hazırlanmıştır. Tez kapsamında sunulan tüm bilgi, belge ve bulgular, bilimsel araştırma ve etik kurallar çerçevesinde elde edilmiştir. Çalışmada yer verilen görsel, işitsel ve yazılı tüm içerikler, bilimsel dürüstlük ilkelerine sadık kalınarak sunulmuş; üçüncü kişilere ait çalışmalardan yararlanılan durumlarda, ilgili kaynaklara akademik atıf kurallarına uygun biçimde yer verilmiştir.

Tezde kullanılan her bir kaynak, bilimsel normlar doğrultusunda eksiksiz şekilde kaynakçada gösterilmiş; veriler üzerinde herhangi bir değişiklik ya da yanıltıcı işlem yapılmamıştır. Ayrıca, bu çalışmanın tamamı ya da herhangi bir bölümü, daha önce bu ya da başka bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmamıştır.

Bu hususları kendi rızamla ve onurumla beyan ederim.

Tarih 14.08.2025

Ece ERAŞ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
3. MODA ENDÜSTRİSİNDE DİJİTALLEŞMENİN TARİHÇESİ.....	7
3.1 Dijital Modanın Tanımı.....	12
3.2 Moda ile Dijital Modanın Karşılaştırılması.....	14
3.3 Sanal Giyim, NFT Modası ve Dijital Koleksiyonlar.....	15
4. YAPAY ZEKÂ VE MODA ENDÜSTRİSİ.....	188
4.1 Tüketici Davranışlarının Tahmini ve Kişiselleştirme.....	199
4.2 Üretim Süreçlerinde Yapay Zekâ.....	20
4.3 Yapay Zekâ ile Sürdürülebilirlik Uygulamaları.....	21
5. METAVERSE VE MODA.....	23
5.1 Moda Markalarının Metaverse'e Entegrasyonu.....	24
5.2 Sanal Defileler, Hologram ve Avatar.....	27
5.3 Dijital Kimlik, NFT ve Lüks Moda İlişkisi.....	29
6. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE DİJİTAL MODA.....	38
6.1 Tüketici Algısı ve Dijital Moda Tüketimi.....	40
6.1.1 Tüketici algısı ve sürdürülebilir moda.....	41
6.1.2 Dijitalleşme ve moda tüketim davranışları.....	43
6.1.3 Tüketici algısında dijitalleşme-sürdürülebilirlik etkileşimi.....	44
6.2 Dijital Modanın Çevresel Etkileri.....	46
6.3 Dijitalleşmenin Atık ve Karbon Emisyonuna Katkısı.....	48
6.4 Dijital Ürünlerin Döngüsel Ekonomiye Uyum.....	50
6.5 Yapay Zekâ ve Metaverse'in Moda Endüstrisinde Sürdürülebilir Geleceği.....	51
7. TÜRKİYE VE KÜRESEL UYGULAMALARDAN ÖRNEKLER.....	56
7.1 Türkiye'de Dijital Moda Gelişmeleri.....	57
7.2 Uluslararası Öne Çıkan Uygulamalar.....	58
8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	61

KAYNAKLAR.....	67
ÖZGEÇMİŞ.....	72



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DİJİTAL MODANIN GELECEĞİ: YAPAY ZEKÂ VE METAVERSE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ETKİSİ

Ece ERAŞ

İstanbul Ticaret Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Tekstil ve Moda Tasarımı Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Sema HATUN TÜRKER

2025, 72 sayfa

Küresel ölçekte çevresel sürdürülebilirlik arayışlarının arttığı günümüzde, moda endüstrisi de dijitalleşme yoluyla çevreye olan olumsuz etkilerini azaltmaya yönelik dönüşümler geçirmektedir. Bu çalışma, dijital modanın yapay zekâ ve metaverse teknolojileri aracılığıyla üretim, tasarım, tüketim ve pazarlama süreçlerini nasıl yeniden şekillendirdiğini ve bu dönüşümün sürdürülebilirlik açısından sunduğu katkıları incelemektedir.

Yapay zekâ destekli üretim sistemleri, talep odaklı ve veriye dayalı planlama süreçleriyle kaynak kullanımını optimize ederken; metaverse tabanlı dijital deneyimler, fiziksel üretimi azaltarak karbon ayak izinin düşmesine olanak tanımaktadır. NFT teknolojileriyle güçlendirilen dijital koleksiyonlar, ürünlerin sahipliğini ve tekrar kullanımını mümkün kılarak döngüsel ekonomiye uyum sağlar.

Araştırmada, literatür taramasına dayalı olarak dijital modanın çevresel etkileri, dijital ürünlerin atık ve karbon salımına katkısı, sanal defilelerin sürdürülebilir potansiyeli ve lüks moda markalarının metaverse entegrasyonu analiz edilmiştir. Bulgular, dijital modanın yalnızca estetik ve teknolojik bir dönüşüm değil; aynı zamanda sürdürülebilirlik, kaynak verimliliği ve çevresel sorumluluk açısından da yeni fırsatlar sunduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dijital moda, Yapay zekâ, Metaverse, Sürdürülebilirlik, NFT, Karbonayakizi.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE FUTURE OF DIGITAL FASHION: ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND THE SUSTAINABILITY IMPACT OF THE METAVERSE

Ece ERAŞ

**İstanbul Commerce University
Institute Of Graduate School
Department of Textile and Fashion Design**

Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Sema HATUN TÜRKER

2018, 72 pages

In today's world, where global efforts toward environmental sustainability are increasingly emphasized, the fashion industry is also undergoing transformations aimed at reducing its negative environmental impact through digitalization. This study examines how digital fashion reshapes production, design, consumption, and marketing processes through artificial intelligence and metaverse technologies, and explores the contributions of this transformation to sustainability.

AI-supported production systems optimize resource use through demand-driven and data-based planning processes, while metaverse-based digital experiences reduce physical production, thereby decreasing carbon footprints. Digital collections powered by NFT technologies enable ownership and reuse of products, facilitating alignment with the circular economy.

Based on a literature review, the study analyzes the environmental impacts of digital fashion, the contribution of digital products to waste and carbon emissions, the sustainable potential of virtual fashion shows, and the metaverse integration of luxury fashion brands. The findings reveal that digital fashion represents not only an aesthetic and technological transformation but also offers new opportunities in terms of sustainability, resource efficiency, and environmental responsibility.

Keywords: Dijital Fashion, Artificial Intelligence, Metaverse, Sustainability, NFT, Carbon footprint.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın planlanmasından tamamlanmasına kadar geçen süreçte bilgi ve deneyimiyle bana yol gösteren, karşılaştığım sorunları aşmamda akademik rehberliğiyle büyük katkı sağlayan değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Sema HATUN TÜRKER'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu süreç boyunca her zaman yanımda olan, sabır ve sevgisiyle beni destekleyen aileme en derin sevgi ve saygılarımı sunarım.

Ece ERAŞ
İSTANBUL, 2025



ŞEKİLLER

	Sayfa
Şekil 1. Avatar üzerinde giysi denemeleri	12
Şekil 2. Super Gucci NFT koleksiyonu	16
Şekil 3.Vegan Co-ExistStory koleksiyonu.....	25
Şekil 4. Fortnite temalı Balenciaga tasarımı	26
Şekil 5. Kiğılı'nın ilk meta defilesi.....	27
Şekil 6. Gucci Virtual 25 modeli	29
Şekil 7. "Louis: The Game" adlı mobil oyunda kullanıcıların avatarları.....	30
Şekil 8. Burberry'ninSharky B ismini taşıyan köpekbalığı	31
Şekil 9. "CollezioneGenesi" koleksiyonu.....	32
Şekil 10. Gucci, Aria Filmi NFT Tabanlı "Proof of Sovereignty"	33
Şekil 11. Ralph Lauren'inRoblox dijital giyim koleksiyonu.....	34
Şekil 12.Roblox platformu üzerinde Vans	35

SİMGELER VE KISALTMALAR

3B	Üç Boyutlu
AR	Artırılmış Gerçeklik (<i>AugmentedReality</i>)
Blockchain	Blok Zinciri
CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım (<i>Computer-Aided Design</i>)
EDI	Elektronik Veri Değişimi (<i>Electronic Data Interchange</i>)
GAN	Üretken Çekişmeli Ağlar (<i>GenerativeAdversarial Networks</i>)
IoT	Nesnelerin İnterneti (<i>Internet of Things</i>)
NFT	Benzersiz Dijital Varlık (<i>Non-FungibleToken</i>)
PDPS	Postürel Duruş ve Postür Skolyoz (Varsa bağlamına göre detaylandırılabilir)
VR	Sanal Gerçeklik (<i>Virtual Reality</i>)
XR	Genişletilmiş Gerçeklik (<i>ExtendedReality</i>)
YZ	Yapay Zekâ

1. GİRİŞ

Dijital dönüşümün etkileriyle birlikte moda endüstrisi, üretimden pazarlamaya, tüketimden tasarıma kadar birçok boyutta köklü bir değişim geçirmektedir. Yapay zekâ (YZ), artırılmış gerçeklik (AR), sanal gerçeklik (VR) ve blok zinciri teknolojileri gibi dijital araçların moda dünyasına entegrasyonu, geleneksel kalıpları yıkmakta ve sürdürülebilirlik kavramını yeniden tanımlamaktadır (Torun & Duran, 2023). Moda artık yalnızca fiziksel kıyafet üretimiyle sınırlı kalmamakta; metaverse platformlarında giyilebilen dijital giysiler, NFT tabanlı koleksiyonlar ve YZ ile tasarlanmış bireyselleştirilmiş ürünler gibi yeni formatlarla genişlemektedir (Dündar, 2023).

Geleneksel moda üretim süreçlerinin çevresel etkileri göz önüne alındığında; dijital moda, kaynak tasarrufu, karbon ayak izinin azaltılması ve atık yönetimi açısından alternatif bir çözüm alanı sunmaktadır. Özellikle yapay zekâ destekli üretim sistemleri ve tüketici davranışlarına dayalı kişiselleştirme uygulamaları, sürdürülebilirliği destekleyen çevreci yaklaşımların merkezine yerleşmektedir (Doğan Sözüer & Buluş, 2022). Bu bağlamda, dijital modanın geleceği yalnızca teknolojik değil, aynı zamanda sosyo-ekolojik bir dönüşümün de habercisidir.

Bu araştırmanın temel amacı; dijital modanın gelişim sürecini, yapay zekâ ve metaverse teknolojileri bağlamında incelemek ve bu teknolojilerin moda endüstrisine sunduğu sürdürülebilirlik katkılarını analiz etmektir. Aynı zamanda sanal giyim, NFT modası, yapay zekâ destekli üretim süreçleri ve kişiselleştirme uygulamaları gibi yenilikçi pratiklerin moda ekosisteminde nasıl bir dönüşüme yol açtığı ortaya konulmak istenmektedir.

Bu çalışmada yanıtlanması hedeflenen temel araştırma soruları şunlardır:

- Yapay zekâ teknolojileri, moda tasarımı ve üretim süreçlerinde nasıl bir dönüşüm yaratmaktadır?
- Metaverse ortamları, dijital moda deneyimlerini ve kullanıcı davranışlarını nasıl etkilemektedir?
- Dijital modanın sürdürülebilirlik açısından sağladığı katkılar nelerdir?

- NFT tabanlı dijital koleksiyonlar ve sanal giyim uygulamaları moda endüstrisinin iş yapış biçimini nasıl değiştirmektedir?

Bu araştırma nitel bir yöntemle gerçekleştirilmiş, literatür taramasına dayalı olarak hazırlanmıştır. Dijital moda, yapay zekâ, metaverse, NFT ve sürdürülebilirlik kavramları üzerine odaklanan güncel akademik makaleler, raporlar ve sektörel belgeler analiz edilerek tematik bir çerçeve oluşturulmuştur. Özellikle 2020 sonrası dijitalleşme ve moda ilişkisine dair literatür incelenmiş, teorik bilgiler değerlendirilerek kavramsal bir çözümleme sunulmuştur.

Bu çalışma, dijital moda olgusunu Türkiye ve dünya genelindeki genel gelişmeler çerçevesinde ele almakta, ancak somut örnekler bakımından sınırlı sayıda marka ve dijital uygulama analiz edilmektedir. Çalışmanın kapsamı, moda endüstrisinin tasarım, üretim ve tüketim ekseninde dijital dönüşümünü ve sürdürülebilirliğe olan etkilerini kapsamakta olup; perakende politikaları, moda hukuku ve işgücü dönüşümü gibi konular araştırma dışında bırakılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Yıldıran (2022), moda endüstrisinin tarihsel evrimini izlerken pre-endüstriyel dönemdeki kişiye özel üretim modelinden Endüstri Devrimi ile başlayan seri üretime geçişi analiz etmiş; bu geçişin maliyetleri düşürdüğünü, erişimi yaygınlaştırdığını ve “hızlı moda” anlayışının temellerini oluşturduğunu öne sürmüştür. Elektrifikasyonun üretim hızı ve kalite standardını artırdığını, hazır giyim kültürünün doğuşuna zemin hazırladığını vurgular.

Akikol (2022), dijitalleşmenin moda alanındaki dönüşümünü CAD/CAM, 3B modelleme ve CNC kesim sistemlerinin endüstriye entegrasyonu üzerinden değerlendirmiş; bu teknolojilerin tasarım sürelerini kısaltması, hata oranlarını düşürmesi ve fiziksel numune ihtiyacını azaltması gibi somut etkilerini örneklerle ortaya koymuştur.

Olgun ve Turan (2022), Endüstri 4.0 kavramının moda değer zincirine uygulanabilir modelini sunarak, IoT, siber-fiziksel sistemler, büyük veri analitiği, yapay zekâ, artırılmış/virtual gerçeklik ve üç boyutlu üretim gibi bileşenlerin eşzamanlı entegrasyonu ile sektörde esnek ve veri odaklı bir üretim paradigmasının mümkün olduğunu göstermişlerdir.

Dündar (2023), “dijital moda” kavramını fiziksel üretimden tamamen bağımsız, yalnızca dijital ortamda tasarlanarak avatar veya AR filtrelerinde kullanılabilen ürünler olarak tanımlar; NFT teknolojisi ile özgünlük ve mülkiyet haklarının sağlanmasının, bu modelin sürdürülebilirlik iddiasını güçlendirdiğini savunur. Doğan Sözüer & Buluş (2022), AR tabanlı sanal giyinme deneyimlerinin özellikle e-ticaret esnasında yanlış beden seçimine bağlı iade oranlarını azaltarak lojistik kaynaklı karbon salınımını düşürdüğünü ampirik verilerle ortaya koyar. Karşılaştırmalı olarak, Doğan Sözüer & Buluş (2022) ve Dündar (2023), dijital modanın fiziksel modele kıyasla kaynak kullanımını (su, enerji, malzeme) minimize ettiğini; ancak dokunsal deneyim, beden uyumu ve fiziksel algının hâlâ fiziksel moda tarafından karşılandığını vurgular.

Yılmaz & Ceranoğlu (2022), Balenciaga ve Gucci gibi önde gelen moda markalarının Metaverse ortamlarında avatar giydirme, sanal defile ve NFT koleksiyonları aracılığıyla dijital moda estetiğini pazara sunduklarını, fiziksel üretime bağlı baskıyı azalttıklarını ve yeni gelir modelleri oluşturduklarını ampirik örneklerle gösterir.

Torun & Duran (2023), YZ destekli üretim sistemlerinin, kusur tespiti, enerji optimizasyonu, bakım-planlama otomasyonu ve talep bazlı (on-demand) üretim gibi yetkinlikler kazandırdığını belirtir; bunların hem atık miktarını azalttığını hem de sürdürülebilir üretim modellerine destek verdiğini vurgular. Akikol (2022) ve Torun & Duran (2023), yapay zekâ teknolojilerinin trend analizi, koleksiyon planlama ve kişiselleştirilmiş tasarım (örn. StitchFix) için kullanıldığını açıklar. AI Designer veya Project Muze gibi sistemlerle, kullanıcı estetik eğilimlerini ve ruh hâlini analiz eden algoritmaların yaratıcı süreci desteklediğini gösterir.

Kumaş Şenol & Yıldırım (2022), moda markalarının Metaverse entegrasyonunda (1) dijital ürün dizaynı ve NFT desteği, (2) sanal defile ve deneyim tasarımı, (3) topluluk ve deneyim temelli katılım olmak üzere üç stratejik alanı öne çıkarır. SHIFT (2021) örneğiyle H&M'in CEEK VR mağazası, Yüksel (2022) ile Balenciaga-Fortnite iş birliği ve Önder (2021) ile Gucci'nin AR destekli Virtual 25 ürünü, bu modelin tüketici etkileşimini fiziksel sınırlamalardan özgürleştiren uygulamalarına örnek sergiler.

Tan (2021), Louis Vuitton'un "Louis: The Game" adlı oyun içi NFT koleksiyonunu; Thomas (2021) ise Dolce&Gabbana'nın "CollezioneGenesi" hibrit koleksiyonunu sunarak, dijital-lüks estetiğin sektörde nasıl ekonomik ve prestij odaklı biçimde şekillendiğini analiz eder.

Glogar vd. (2025) ve Akikol (2022), 3B simülasyon ve sanal prototiplemenin su, enerji ve materyal kullanımında sağladığı tasarrufları ve buna bağlı çevresel

faýdaları detaylı şekilde ortaya koyar. Rockett vd. (2025), dijital ürün pasaportlarının tedarik zincirinde izlenebilirliği artırdığını ve sürdürülebilirlik taahhüdünün şeffaflığı açısından kritik olduğunu gösterir. Yoşumaz& Özkara (2019), akıllı veri yönetimine dayalı on-demand üretim sistemlerinin stok fazlasını azaltarak kaynak tasarrufu sağladığını ampirik olarak değerlendirir. Kumaş Şenol & Yıldırım (2022) ile Düzenli &Perdahçı (2024), NFT ve blokzincir teknolojilerinin enerji ve karbon maliyetinin, protokol seçimine (PoW vs. PoS) bağlı olduğunu, sürdürülebilir dijital moda için enerji verimli altyapının gerekliliğini vurgular. Doğan Sözüer & Buluş (2022) ve Dünder (2023), dijital ürünlerin eskimez, yeniden satılabilir ve modüler olma özellikleriyle döngüsel ekonomi prensiplerine doğal entegrasyon sağladığını analiz eder.

Son yıllarda dijital moda ve metaverse ekosistemleri, dünya genelinde hızlı bir büyüme ivmesi yakalamıştır. Market ResearchFuture (2023) verilerine göre, metaverse odaklı moda pazarının 2023 yılı itibarıyla yaklaşık 3,33 milyar ABD doları değerinde olduğu ve 2032 yılına kadar yıllık ortalama %35,3'lük bir artışla 50 milyar dolar seviyesine ulaşmasının öngörüldüğü belirtilmektedir. Bu genişlemenin temelinde, özellikle genç tüketici gruplarının dijital kimliklerini güçlendirme ve kişiselleştirilmiş sanal deneyimlere yönelme eğilimi yer almaktadır.

Dijital giyim segmenti de benzer biçimde hızlı bir büyüme sergilemektedir. Allied Market Research (2022) raporunda, pazarın 2021 yılında 498,7 milyon ABD doları büyüklüğünde olduğu, ancak 2031'e kadar yıllık ortalama %26,4'lük büyüme oranıyla yaklaşık 4,8 milyar dolara ulaşacağı öngörülmektedir. Bu artış, sanal giyim ürünlerinin sosyal medya avaturları, video oyun karakterleri ve metaverse platformlarında yaygın kullanımına bağlanmaktadır.

Moda teknolojilerindeki ilerlemeler yalnızca estetik odaklı değil, aynı zamanda işlevsel tekstil alanında da önemli yenilikleri beraberinde getirmiştir. Örneğin, Dejene (2025) tarafından aktarıldığı üzere, duygudurum düzenleyici akıllı tekstiller bireylerin stres ve ruh hâli gibi durumlarını izleyerek renk değişimi, ısı veya titreşim yoluyla kullanıcıya anlık geri bildirim verebilmektedir. Bu tür

özmler, zihinsel sağlık ve duygusal refahı merkeze alan yeni nesil kullanıcı deneyimlerinin önünü açmaktadır.

Yadav (2025) ise yapay zekâ destekli sensörlerle donatılmış kumaşların; kalp ritmi, kas aktivitesi, postür ve hareket analizi gibi biyofiziksel verileri toplayarak spor, sağlık, savunma ve yaşlı bakım gibi farklı alanlarda uygulandığını belirtmektedir. Bu gelişmeler, dijitalleşmenin moda tasarımını yalnızca görsel bir yenilikten ibaret olmaktan çıkarıp çok boyutlu bir fonksiyonelliğe taşıdığını göstermektedir.



3. MODA ENDÜSTRİSİNDE DİJİTALLEŞMENİN TARİHÇESİ

Moda endüstrisi, estetik anlayışındaki evrimle paralel olarak üretim, dağıtım ve pazarlama stratejilerini dönüştüren teknolojik yeniliklerle şekillenmiştir. Moda endüstrisinin dönüşüm yolu, lonca sistemleriyle başlayan el işçiliği odaklı bir yapıyı, günümüzde yapay zekâ ve sürdürülebilirlik gibi modern unsurlarla harmanlayan hiper-bağlantılı bir ekosisteme dönüştürmüştür.

18. yüzyıl öncesinde giyim üretimi, terziler ve zanaatkârlar tarafından kişiye özel olarak yürütülmekteydi. Üretim süresi uzun, maliyetler yüksek ve dağıtım ağı sınırlıydı (Yıldıran, 2022). 18. yüzyılın ikinci yarısında Endüstri Devrimi ile bu yapı köklü bir değişime uğradı. Buhar gücüyle çalışan dokuma tezgâhları ve mekanik dikiş makineleri sayesinde, tekstil üretimi endüstriyel ölçekte yapılmaya başlandı. Giysi artık bir “el sanatı ürünü” olmaktan çıkarak, standart kalıplara göre seri üretilen bir endüstriyel ürün haline geldi.

19. yüzyılın son çeyreği, sanayi tarihinin dönüm noktalarından biri olarak kabul edilen elektrifikasyon süreci ile şekillenmiştir. Buhar gücüne dayalı mekanik sistemlerin yerini giderek elektrik motorları almış, bu durum tekstil ve moda endüstrisinde üretim hızını, kalite standartlarını ve operasyonel esnekliği önemli ölçüde artırmıştır (Akikol, 2022). Elektriğin üretim hatlarına entegre edilmesi, fabrikaların yalnızca gündüz saatlerinde değil, aydınlatma teknolojileri sayesinde gece vardiyalarında da çalışabilmesini sağlamış, böylece yıllık üretim kapasitesi ciddi oranda yükselmiştir. Elektrik enerjisi ile çalışan otomatik dokuma tezgâhları ve mekanik dikiş makineleri, el işçiliğine kıyasla çok daha kısa sürede, daha homojen ve hatasız üretim yapılmasına imkân tanımıştır. Bu gelişme, moda sektöründe “hazır giyim” kavramının doğmasına zemin hazırlamış, giysi üretimi siparişe dayalı bireysel üretimden çıkıp standart kalıplara göre seri üretim modeline evrilmiştir (Yıldıran, 2022). Böylece giysiler, yalnızca aristokrasi ve varlıklı sınıfların değil, orta ve alt gelir gruplarının da erişebileceği fiyat seviyelerine inmiştir.

Elektrifikasyonun getirdiği seri üretim mantığı, modanın döngüsünü de hızlandırmıştır. Önceden mevsimlik veya yıllık olarak değişen koleksiyon anlayışı, artan üretim kapasitesiyle birlikte daha sık güncellenir hale gelmiş, “trendlere hızlı yanıt” verme kabiliyeti ortaya çıkmıştır. Bu durum, ilerleyen yıllarda “hızlı moda” olarak tanımlanacak üretim-tüketim döngüsünün ilk nüvelerini oluşturmuştur. Tekstil fabrikalarında bant sistemi üretim modelinin benimsenmesi, iş gücünün uzmanlaşmasına yol açmıştır. Her işçi, üretim hattında belirli bir görevi yerine getirmiş; bu sayede verimlilik artarken maliyetler düşmüştür. Ancak bu gelişme, emek yoğun sektörlerde iş bölümü ile monoton ve tekrara dayalı çalışma biçimlerini de beraberinde getirmiştir. Düşük vasıflı işgücünün istihdamı artmış, fakat işçi hakları ve çalışma koşulları konusunda ciddi tartışmalar gündeme gelmiştir.

Elektrifikasyon dönemi aynı zamanda iletişim ve ulaşım teknolojilerindeki gelişmeler ile de desteklenmiştir. Telgraf, telefon ve demiryolu ağlarının yaygınlaşması, tasarımcıların ve üreticilerin trend bilgisine ve hammaddeye daha hızlı ulaşmasını sağlamıştır. Bu hız, moda merkezleri (Paris, Londra, New York) ile diğer pazarlar arasındaki etkileşimi güçlendirmiştir. 19. yüzyıl sonu ile 20. yüzyıl ortaları arasındaki elektrifikasyon dönemi, moda endüstrisinin kapalı ve yerel üretim yapısından, kitlesel ve küresel ölçekte erişilebilir bir üretim modeline geçişini mümkün kılmıştır. Bu dönem, sonraki yüzyılda dijitalleşme ile tamamlanacak olan küresel moda ekosisteminin temellerini atmıştır.

1970’lerden itibaren sanayileşme süreci, yerini giderek bilgi ve iletişim teknolojilerinin merkezde olduğu bir üretim modeline bırakmaya başladı. “Bilgi Toplumu” olarak tanımlanan bu yeni dönemde, üretim ve tasarım süreçleri fiziksel iş gücünden çok, veri işleme kapasitesine ve dijital araçlara dayanmaya başladı (Olgun & Turan, 2022). Mikroişlemci teknolojilerinin gelişmesi, bilgisayarların hem ofislerde hem de üretim alanlarında yaygınlaşmasını sağladı; bu durum moda endüstrisinin tasarım, üretim ve lojistik boyutlarını kökten değiştirdi.

1970'lerin sonu ile 1980'lerin başında bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımları, moda ve tekstil sektöründe kullanılmaya başlandı. CAD sistemleri, tasarımcıların kumaş desenlerini, giysi kalıplarını ve renk varyasyonlarını fiziksel numune üretmeden dijital ortamda oluşturmaya olanak sağladı. Bu yenilik, tasarım süresini kısaltmakla kalmadı; aynı zamanda hata oranlarını düşürdü ve üretim öncesinde müşteri onayı alınmasını kolaylaştırdı (Akikol, 2022).

Bilgisayar tabanlı otomatik kesim makineleri ve sayısal kontrollü dikiş sistemleri (CNC), üretim hattının verimliliğini artırdı. Tasarım aşamasında oluşturulan dijital kalıplar, doğrudan kesim makinelerine aktarılabilir; bu da kumaş israfını azaltıyordu. Böylece hem maliyetler düştü hem de üretim kapasitesi artarak küresel pazarlara daha hızlı ürün sunma imkânı doğdu. 1980'lerden itibaren bilgisayar tabanlı veri yönetim sistemleri, stok kontrolünü ve tedarik zinciri planlamasını geliştirdi. Barkod teknolojisi ve erken dönem elektronik veri değişimi (EDI) uygulamaları, mağazaların satış bilgilerini anlık olarak merkezlere iletmesine olanak tanıdı. Bu sayede moda markaları, hangi ürünün hangi bölgede daha çok satıldığını hızla analiz edebildi ve üretim planlarını buna göre revize etti (Yıldıran, 2022).

Bilgi Toplumu süreci, moda sektöründe coğrafi sınırları aşan bir işbirliği kültürü yarattı. Tasarım, üretim ve pazarlama ekipleri farklı ülkelerde olmasına rağmen bilgisayar ağları aracılığıyla eş zamanlı çalışabildi. Bu gelişme, uluslararası moda haftalarının ve küresel markaların yükselişinde belirleyici rol oynadı. CAD yazılımları, tasarımcılara sınırsız renk paleti, desen kombinasyonu ve üç boyutlu modelleme imkânı sunarak yaratıcılığı teşvik etti. Önceden haftalar süren desen tasarımı ve koleksiyon hazırlık süreçleri, günler hatta saatler içinde tamamlanabilir hale geldi. Bu hız, moda trendlerinin daha sık değişmesine ve tüketici beklentilerinin yükselmesine neden oldu. Özetle, 1970'ler ile 1990'lar arasındaki Bilgi Toplumu dönemi, moda endüstrisinin üretim mantığını kökten değiştirmiştir. Bilgisayar destekli tasarım ve üretim sistemleri sayesinde hız, esneklik ve yaratıcılık yeni norm haline gelmiş; bu dönüşüm, 21. yüzyıldaki dijital moda ekosisteminin altyapısını oluşturmuştur.

2000’li yılların başından itibaren bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan hızlı gelişmeler, endüstriyel üretim süreçlerini yalnızca otomasyon düzeyinde değil, tüm tedarik zincirini kapsayacak şekilde dönüştürmüştür. Bu dönüşüm, literatürde Dördüncü Endüstri Devrimi (Endüstri 4.0) olarak tanımlanmakta ve siber-fiziksel sistemlerin, nesnelerin interneti (IoT), büyük veri analitiği, yapay zekâ (AI), artırılmış gerçeklik (AR) ve üç boyutlu (3B) üretim teknolojileri ile entegre çalışmasını ifade etmektedir (Yıldıran, 2022; Olgun & Turan, 2022). Moda endüstrisi, değişim ve yenilikleri hızla benimseyen doğası gereği, bu teknolojik devrimin öncü sektörlerinden biri haline gelmiştir.

Dördüncü Endüstri Devrimi’nin moda sektörüne en belirgin katkılarından biri, tasarım süreçlerinin dijitalleşmesi olmuştur. Günümüzde moda tasarımcıları, CAD (bilgisayar destekli tasarım) sistemlerinin gelişmiş sürümleriyle üç boyutlu modellemeler yapabilmekte, sanal prototipler üzerinden giysi formunu, kumaşın düşüşünü ve hareketini gerçekçi şekilde simüle edebilmektedir. Bu yaklaşım, fiziksel numune ihtiyacını azaltarak hem üretim süresini kısaltmakta hem de malzeme israfını önleyerek çevresel etkiyi azaltmaktadır. Ayrıca, büyük veri analitiği sayesinde tüketici tercihlerine, sosyal medya etkileşimlerine ve trend analizlerine dayalı koleksiyon planlaması yapılabilmekte; böylece stok yönetiminde optimizasyon sağlanmaktadır (Akikol, 2022).

Üretim boyutunda, akıllı fabrikalar ve otomatik üretim hatları sayesinde kişiselleştirilmiş ve siparişe özel üretim modelleri öne çıkmıştır. IoT tabanlı makineler, üretim sürecindeki verileri gerçek zamanlı izleyerek kalite kontrolü ve bakım süreçlerini otomatikleştirmekte, böylece hata oranını en aza indirmektedir. 3B baskı teknolojileri ise aksesuar, ayakkabı ve hatta giysi üretiminde kullanılmaya başlanarak, tasarım özgürlüğünü artırmakta ve tedarik zincirinde yerleşmeyi mümkün kılmaktadır. Ayakkabı tabanı, takı ve haute couture parçalarında 3B baskı ile kişiye özel çözümler sunulmaktadır.

Tüketici deneyiminde, artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) teknolojileri önemli bir yer edinmiştir. AR tabanlı mobil uygulamalar, kullanıcıların kıyafetleri kendi üzerlerinde sanal olarak denemesine

olanaksağlarken; VR deneyimleri, markaların sanal defileler ve etkileşimli showroom'lar düzenlemesine imkân vermektedir. Bu yenilikler, fiziksel mağaza deneyimini dijital ortama taşıyarak markalara küresel erişim avantajı sağlamaktadır.

Dördüncü Endüstri Devrimi, aynı zamanda sürdürülebilirlik odaklı yaklaşımların da güçlenmesine katkı sağlamıştır. Blok zinciri teknolojileri, tedarik zincirinin her aşamasında şeffaflık ve izlenebilirlik sunarak tüketicilere ürünün hammaddeden nihai ürüne kadar olan yolculuğunu takip etme imkânı vermektedir (Cengiz, 2021; Özüdoğru vd., 2025). Bu durum hem çevresel hem de etik standartlara uygun üretim süreçlerinin yaygınlaşmasına zemin hazırlamaktadır. Ayrıca, yapay zekâ destekli stok ve talep tahmin sistemleri, fazla üretimi engelleyerek hem maliyetleri hem de atık miktarını azaltmaktadır.

Markaların e-ticaret platformlarına yöneldiği 2000'li yıllar, dijital dönüşümün ilk büyük adımı olarak değerlendirilmektedir. Bu dönemde markalar, fiziksel mağazaların yanında sanal vitrinler oluşturarak tüketiciyle çevrimiçi bir etkileşim kurmaya başlamıştır (Torun & Duran, 2023). İlerleyen yıllarda sosyal medya ve mobil teknolojilerin etkisiyle, dijital pazarlama stratejileri gelişmiş; moda markaları koleksiyonlarını Instagram, Pinterest ve YouTube gibi mecralarda sergileyerek kitle iletişimini yeniden tanımlamıştır. Dijital defileler, bu dönüşümün somut örneklerinden biridir. COVID-19 pandemisi sırasında fiziksel gösterimlerin yapılamaması nedeniyle, birçok lüks marka dijital defilelere yönelmiş ve bu yöntem, kalıcı bir uygulama biçimine evrilmiştir (Doğan Sözüer & Buluş, 2022).

Dijitalleşmenin ikinci aşamasında ise 3D tasarım teknolojileri, artırılmış gerçeklik (AR), sanallaştırılmış showroom'lar ve yapay zekâ destekli stilist sistemleri öne çıkmıştır. Şekil 3.1'de de görüldüğü üzere, CLO3D, Browzwear ve Adobe Substance gibi yazılımlar, moda tasarımında fiziksel örnek üretimi gerektirmeyen dijital prototipleme süreçlerini mümkün kılarak hem maliyetleri azaltmış hem de sürdürülebilirliği desteklemiştir (Torun & Duran, 2023). Yapay zekâ tabanlı algoritmalar da günümüzde moda trendlerini analiz etmek, müşteri

tercihlerini tahmin etmek ve kişiselleştirilmiş önerilerde bulunmak amacıyla ayrıca kullanılmaktadır. StitchFix gibi platformlar, kullanıcı verilerini analiz ederek kişiye özel dijital stil önerileri sunmaktadır. Bu tür uygulamalar, geleneksel moda üretim zincirlerini kısaltarak talep odaklı ve daha az israfta sonuçlanan bir üretim modeli ortaya koymaktadır (Yetmen, 2021).



Şekil 1. Avatar üzerinde giysi denemeleri (CLO 3D Virtual FashionInc, 2021)

Dijitalleşmenin en ileri aşaması ise metaverse evreninde yer alan moda deneyimleridir. Sanal gerçeklik ortamlarında avatarlar için tasarlanan giysiler hem sosyal temsil hem de dijital kimliğin bir parçası olarak önem kazanmaktadır. Moda markaları, bu evrenlerde sanal mağazalar açarak dijital giysi satışını NFT teknolojisiyle desteklemektedir. Bu, hem yeni bir gelir modeli yaratmakta hem de sürdürülebilirliğe katkı sunmaktadır çünkü bu ürünler fiziksel olarak üretilmemektedir (Dündar, 2023). Sonuç olarak, moda endüstrisindeki dijitalleşme; analog üretimden dijital tasarıma, fiziksel mağazadan sanal defilelere, manuel karar süreçlerinden yapay zekâ destekli otomasyonlara kadar çok boyutlu bir dönüşüm geçirmiştir.

3.1 Dijital Modanın Tanımı

Dijital moda, fiziksel olarak var olmayan, yalnızca dijital ortamda tasarlanan, sergilenen ve çoğunlukla sanal platformlarda tüketilen bir moda türüdür. Bu kavram, moda tasarımının fiziksel üretim süreçlerinden arındırılarak tamamen

bilgisayar destekli yazılımlar aracılığıyla oluşturulduğu, bireylerin avatarları aracılığıyla "giydiği" ve sanal dünyada dolaşıma soktuğu yeni bir ifade biçimini temsil etmektedir (Dündar, 2023).

Dijital modanın ortaya çıkışı, Endüstri 4.0 ile dijitalleşen toplum yapısının, kimlik, beden ve kıyafet ilişkisini dönüştürmesiyle yakından ilişkilidir. Genişletilmiş gerçeklik (XR), artırılmış gerçeklik (AR), 3 boyutlu (3D) modelleme ve blok zinciri teknolojilerinin entegre kullanımıyla dijital moda; hem bireysel kimliğin sanal ortamda ifade bulduğu bir araç hem de kültürel üretim alanı haline gelmiştir (Dündar, 2023). Pandemi sonrası dönemde, dijital moda markalarının sanal defileler düzenlemesi ve avatarlar için dijital giysi tasarımları yapması bu dönüşümün belirgin örneklerindendir. Günümüzde Balenciaga ve Gucci, video oyunları içinde kullanıcıların avatarlarına giydirilebilecek dijital giysiler üretmiş; böylece fiziksel ürün üretimine gerek duymadan dijital estetiği pazarlamaya başlamıştır (Yılmaz & Ceranoğlu, 2022). Dijital moda, stil yaratmanın ötesine geçerek doğa dostu üretim anlayışını desteklemesi bakımından sürdürülebilirlik bağlamında da önem arz etmektedir. Fiziksel üretim yapılmadığı için karbon salımı, su tüketimi ve atık üretimi gibi çevresel etkiler azaltılmaktadır. Bu nedenle dijital moda, moda endüstrisinin çevre dostu dönüşümünde stratejik bir rol oynamaktadır (Doğan Sözüer & Buluş, 2022).

Dijital modanın günümüzdeki örneklerinden biri de NFT (Non-FungibleToken) tabanlı koleksiyonlardır. Moda sektöründe NFT teknolojisi, dijital giysilerin tekil kimliğini ve sahipliğini güvence altına alırken, markaların bu öğeleri hem estetik hem de ekonomik değer taşıyan dijital ürünler olarak sunabilmesine zemin hazırlamaktadır. Dolce&Gabbana, NFT olarak dijital moda koleksiyonları satışa sunarak milyon dolarlık gelir elde etmiştir. Sonuç olarak dijital moda estetik üretim biçimini dönüştüren, teknolojik olanakları yaratıcı ifadelere dönüştüren, bireylerin dijital kimliklerini güçlendiren ve sürdürülebilirliği teşvik eden çok katmanlı bir olgudur. Moda artık yalnızca “ne giydiğimiz” değil, “dijital ortamda nasıl var olduğumuz”la da doğrudan ilişkilidir.

3.2 Moda ile Dijital Modanın Karşılaştırılması

Geleneksel moda anlayışı, kumaşın tasarıma dönüşmesini içeren fiziksel ve üretim odaklı bir süreci temsil etmektedir. Kumaş seçimi, kalıp çıkarma, prova ve fiziksel defile gibi aşamalar, fiziksel modanın temel yapı taşlarını oluşturmaktadır. Bu model, zaman, emek ve kaynak tüketimi açısından oldukça yoğun olup çevresel etkiler bakımından da yüksek maliyetlidir. Nitekim tekstil endüstrisi, küresel ölçekte en fazla atık üreten ve su tüketen sektörlerden biri olarak bilinmektedir (Doğan Sözüer & Buluş, 2022).

Dijital moda ise fiziksel üretime gerek kalmadan, yazılım ortamında tasarlanan ve sanal platformlarda sergilenen kıyafetleri ifade etmektedir. Bu modelde, kıyafet yalnızca bir görsel ya da NFT biçiminde dijital varlık olarak var olur. Fiziksel üretim sürecine gerek kalmadığı için enerji, su ve kimyasal madde kullanımı gibi çevresel etkiler ortadan kalkar. Bu bağlamda dijital moda, sürdürülebilirlik açısından önemli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır (Dündar, 2023). Dijital moda koleksiyonlarıyla öne çıkan “TheFabricant” gibi markalar, sadece sanal ortamlarda kullanılabilecek giysiler tasarlayarak karbon ayak izini sıfıra indirme iddiasındadır. Bu koleksiyonlar, Instagram gibi sosyal medya platformlarında sanal kıyafet denemeleri yapılmasına imkân tanımakta, böylece geleneksel moda gösterimlerine alternatif sunmaktadır (Yılmaz & Ceranoğlu, 2022).

Fiziksel moda ürünleri, sınırlı sayıda üretilip genellikle stok, iade ve nakliye süreçleri gerektirmektedir. Buna karşın dijital moda, sınırsız varyasyonlarla ve bireysel özelleştirmelerle kullanıcıya sunulabilmektedir. Sanal defileler, avatar giydirmeye teknolojileri ve metaverse ortamları sayesinde dijital moda, zamandan ve mekândan bağımsız olarak geniş kitlelere ulaşma avantajı sağlamaktadır (Dündar, 2023). Bununla birlikte, fiziksel modanın hâlâ dokunsal deneyim, giysinin bedene uygunluğu ve günlük kullanım gibi açılardan vazgeçilmez olduğu da göz ardı edilemez. Ancak dijital moda sürdürülebilirlik, hızlı prototipleme ve sanal pazarlama gibi yönleriyle fiziksel modaya göre güçlü bir alternatif olarak konumlanmaktadır.

3.3 Sanal Giyim, NFT Modası ve Dijital Koleksiyonlar

Geleneksel moda anlayışının ötesinde şekillenen sanal giyim kavramı, fiziksel ortamda üretimi gerçekleştirilmeyen, yalnızca dijital platformlar üzerinde tasarlanan ve kullanılan giysileri ifade etmektedir. Bu dijital giysiler, doğrudan fiziksel giyilebilirlik amacı taşımamakta; daha çok avatarlar aracılığıyla metaverse evrenleri, video oyunları, sosyal medya uygulamaları ve benzeri dijital ortamlarda kullanılmaktadır. Bu yönüyle sanal giyim, bireylerin dijital kimliklerini ifade etmelerine ve görsel temsillerini kişiselleştirmelerine olanak tanımaktadır.

Dijital moda ürünleri, çeşitli avantajlarıyla öne çıkmakta ve geleneksel üretim-tüketim kalıplarına alternatif bir zemin sunmaktadır. Özellikle özgün tasarım esnekliği, çevresel sürdürülebilirlik ve estetik çeşitlilik gibi nitelikleriyle dikkat çeken bu ürünler, fiziksel moda ürünlerinin sınırlılıklarını aşmaktadır. Kumaş, dikiş, beden ölçüsü gibi fiziksel koşullardan bağımsız olarak geliştirilebilen dijital kıyafetler, moda tasarımcılarına yenilikçi ve deneysel ifade biçimleri sunmakta; aynı zamanda doğaya zarar vermeden giyim deneyimi elde etmenin yollarını da ortaya koymaktadır. Sanal giyim uygulamaları, yalnızca teknik bir yenilik değil; aynı zamanda dijital çağın kültürel ve sosyal dönüşümünü yansıtan önemli bir temsil alanıdır. Kullanıcılar, bu ürünleri dijital alanlardaki varlıklarını biçimlendirmek ve kendilerini estetik olarak ifade etmek amacıyla tercih etmektedir. Bu bağlamda sanal kıyafetler, modanın dijitalleşmesi sürecinde hem ekonomik hem de toplumsal açıdan yeni bir paradigma olarak değerlendirilmektedir (Yılmaz & Ceranoğlu, 2022).

Son yıllarda dijital modanın gelişiminde öne çıkan yeniliklerden biri, Non-FungibleToken (NFT) teknolojisinin bu alanla bütünleşmesidir. NFT'ler, dijital moda ürünlerinin özgünlüğünü ve sahiplik ilişkisini blok zinciri (blockchain) altyapısı sayesinde kayıt altına alarak güvence altına almaktadır. Bu yapı, dijital moda ürünlerinin yalnızca tasarımsal değil, aynı zamanda mülkiyet açısından da benzersiz olmasını sağlamaktadır. Her bir NFT tabanlı dijital giysi, değiştirilemez ve kopyalanamaz kimliği sayesinde koleksiyon değeri taşıyan

dijital varlıklara dönüşmektedir. Bu da dijital moda ürünlerini yalnızca estetik kullanım için değil, aynı zamanda yatırım ve dijital koleksiyonerlik amacıyla da değerlendirmeye imkân tanımaktadır. Örneğin; Gucci, dijital sanat kolektifi Superplastic ile iş birliği yaparak geliştirdiği “SuperGucci” NFT koleksiyonu (bkz. Şekil 3.2) ile moda endüstrisinde NFT uygulamalarının öncülerinden biri olmuştur. Bu koleksiyon kapsamında sunulan NFT’ler, yalnızca dijital ortamda değil, aynı zamanda fiziksel olarak üretilmiş seramik figürlerle de desteklenmiştir. Böylece fiziksel ve dijital dünya arasında bir köprü kurularak hibrit bir kullanıcı deneyimi sunulmuştur.



Şekil 2. Super Gucci NFT koleksiyonu (Wittmer, t.y.)

Benzer biçimde, Dolce&Gabbana, "CollezioneGenesi" başlıklı NFT koleksiyonuyla dijital modayı adeta bir sanat formuna dönüştürmüştür. Bu koleksiyon, fiziksel giysilere doğrudan bağlı olmayan ancak estetik, kimlik ve prestij bağlamında yüksek değer taşıyan sanal kıyafetlerden oluşmaktadır. Kullanıcılar, bu tür NFT’leri yalnızca avatarlarında kullanmakla kalmayıp, aynı zamanda dijital sergilerde, metaverse platformlarında veya blokzinciri tabanlı müzayedelerde sergileyebilmekte ve el değiştirebilir hale getirmektedir

(Dünder, 2023; Yılmaz & Ceranoğlu, 2022). Bu gelişmeler, dijital modanın yalnızca teknik bir yenilik değil, aynı zamanda kültürel bir dönüşüm aracı olduğunu da ortaya koymaktadır. NFT teknolojisinin moda sektörüyle kesişimi, kullanıcı kimliği, sanal aidiyet ve dijital varlık anlayışı gibi kavramların yeniden tanımlanmasına zemin hazırlamaktadır.

Sanal moda, çevresel sürdürülebilirlik açısından da avantajlar sunmaktadır. Fiziksel üretim süreçleri olmadan moda deneyimi sunulması su kullanımı, kimyasal tüketimi ve atık üretimi gibi olumsuz çevresel etkileri ortadan kaldırmaktadır. Bu bağlamda sanal moda ve NFT tabanlı koleksiyonlar, moda endüstrisinin karbon ayak izini azaltma potansiyeline sahiptir (Doğan Sözüer & Buluş, 2022). Bununla birlikte, sanal giyim koleksiyonlarının pazarlanması, NFT platformlarının kullanıcıya sunulması ve bu ürünlerin sosyal medya veya metaverse içindeki görünürlüğü, dijital moda ekosisteminin yeni ticaret biçimlerini ortaya çıkarmasına neden olmuştur. Kullanıcılar artık yalnızca fiziksel olarak ne giydiklerini değil, dijital ortamda nasıl temsil edildiklerini de önemsemektedirler. Sonuç olarak, sanal giyim ve NFT modası, dijital koleksiyonlarla birlikte, modayı yalnızca fiziksel bir ürün değil, dijital bir kimlik ve yatırım aracı olarak yeniden tanımlamaktadır. Moda endüstrisinin bu yönde evrilmesi, tüketim alışkanlıklarını dönüştürmekte ve sürdürülebilir dijital gelecek için yeni yollar açmaktadır.

4. YAPAY ZEKÂ VE MODA ENDÜSTRİSİ

Yapay zekâ (YZ), moda tasarım sürecine entegre edildiğinde verimliliği artırmakla kalmayıp tasarımcıların yaratıcı kapasitelerini genişletmelerine olanak tanımaktadır. Geleneksel moda tasarımında sezonluk trend analizleri, ürün skeçleri ve müşteri beklentileri gibi süreçler büyük ölçüde manuel yürütülürken, YZ teknolojileri bu görevleri otomatikleştirerek tasarım süresini önemli ölçüde kısaltmaktadır (Akikol, 2022).

McKinsey'in *TheState of Fashion* raporuna göre, yapay zekâ teknolojileri moda sektöründe trend analizi, koleksiyon oluşturma, müşteri verisi analizi ve kişiselleştirilmiş öneriler gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bu teknoloji, moda tasarımcıları için rutin işleri otomatik hale getirerek yaratıcı süreçler için zaman kazandırmakta ve müşteri ile marka arasında teknolojik bir köprü işlevi görmektedir. AI Designer, StitchFix ve Moda Rapido gibi uygulamalar, müşteri tercihlerini analiz eden algoritmalarla çalışarak kişiye özel tasarımlar sunmaktadır. Örneğin, StitchFix müşterilerinden alınan verilerle algoritmaları eğiterek stil önerileri sunmakta ve kullanıcı deneyimini kişiselleştirmektedir. Amazon'un GAN (GenerativeAdversarial Networks) teknolojisiyle geliştirdiği sistem de sosyal medya içerikleri üzerinden trend tahmini yaparak otomatik moda koleksiyonları tasarlayabilmektedir (Akikol, 2022). Bununla birlikte, Google ve Zalando'nun iş birliğiyle hayata geçirilen Project Muze projesi, makine öğrenimi kullanarak kullanıcı tercihlerine uygun dijital tasarımlar üretmektedir. Bu projede, kullanıcının duygu durumları ve estetik tercihleri analiz edilerek buna uygun dijital kıyafet önerileri geliştirilmektedir (Torun ve Duran, 2023).

Yapay zekâ, aynı zamanda farklı beden tiplerine göre özelleştirilmiş kalıpların oluşturulmasında da kullanılmaktadır. PDPS (Skolyoz) hastaları için özel kalıp ve kumaş tasarımları yapay zekâ destekli sistemlerle geliştirilmiş ve bu sayede kapsayıcı moda anlayışı desteklenmiştir (Torun ve Duran, 2023). Ancak tüm bu gelişmelere rağmen, YZ tabanlı tasarımların standardizasyon riski taşıdığı da bir gerçektir. Tasarımcılar, özgünlüğün ve sanatsal dokunun kaybolabileceği endişesini taşımaktadır. Yine de yaratıcı tasarımın bir tamamlayıcısı olarak

yapay zekânın moda sektöründeki konumu her geçen gün güçlenmektedir (Akikol, 2022). Yapay zekâ destekli tasarım uygulamaları, moda endüstrisinde üretimden tüketime kadar birçok aşamada devrim niteliğinde yenilikler sunmaktadır. Tasarım süreçlerinde hız, kişiselleştirme ve sürdürülebilirlik gibi avantajlar sağlayan bu teknolojiler, geleceğin moda dünyasını daha erişilebilir, çevreci ve veri odaklı bir yapıya dönüştürmektedir.

4.1 Tüketici Davranışlarının Tahmini ve Kişiselleştirme

Dijitalleşen moda endüstrisi, tüketici davranışlarını analiz etmede geleneksel yöntemlerin ötesine geçerek yapay zekâ (YZ) ve büyük veri teknolojilerinden yararlanmaktadır. Bu teknolojiler sayesinde tüketici tercihleri, alışveriş alışkanlıkları, sosyal medya etkileşimleri ve geçmiş satın alma davranışları gibi geniş bir veri yelpazesi analiz edilerek hem bireysel hem de kolektif tüketici eğilimleri öngörülebilmektedir. Makine öğrenimi algoritmaları, tüketicilerin çevrimiçi davranışlarını anlamlandırarak öneri sistemleri geliştirilmesine imkân tanımaktadır. Örneğin, Amazon, kullanıcıların arama geçmişi ve satın alma verileri üzerinden yeni ürünler önerirken; Zalando gibi platformlar, müşterilere beden uyumu ve tarz tercihlerine göre kişiselleştirilmiş dijital stil rehberliği sunmaktadır (Torun & Duran, 2023).

Kişiselleştirme yalnızca ürün önerileriyle sınırlı kalmamakta, aynı zamanda görsel olarak kullanıcıya özel dijital deneyimler de sunulmaktadır. Metaverse ortamlarında, avatarlar aracılığıyla bireylerin tarzları sanal ortamda yeniden üretilebilmekte ve bu dijital temsiller üzerinden kişiye özgü ürün deneyimi sağlanmaktadır. Moda markaları, sanal mağazalarda kullanıcıların davranışlarını takip ederek kullanıcıya özel vitrinler oluşturmakta; böylece alışveriş deneyimini daha etkileşimli hâle getirmektedir (Torun & Duran, 2023; Dündar, 2023). Yapay zekâ tabanlı duygu analizi teknolojileri sayesinde kullanıcıların yüz ifadeleri, yorumları ve sesli geri bildirimleri gibi duygusal veriler analiz edilerek, ürün önerileri bu verilere göre özelleştirilmektedir. Project Muze gibi uygulamalar, kullanıcının duygu durumunu analiz ederek bu ruh hâline uygun dijital moda tasarımları üretebilmektedir (Torun & Duran,

2023). Tüm bu uygulamalar, sürdürülebilirliği de destekleyen bir yapıdadır. Çünkü kişiselleştirilmiş moda teklifleri sayesinde gereksiz üretim azaltılmakta, tüketiciye uygun ürünler doğrudan önerildiği için iade oranları düşmekte ve bu da moda endüstrisinin atık sorununa çözüm sunmaktadır (Doğan Sözüer & Buluş, 2022).

Dijital moda ekosisteminde tüketici davranışlarının tahmini ve kişiselleştirme, yalnızca müşteri memnuniyetini artırmakla kalmaz; aynı zamanda sürdürülebilir, isabetli ve verimliliği yüksek bir üretim-tüketim dengesi kurulmasına katkı sağlar. Yapay zekâ destekli veri analitiği ve metaverse tabanlı sanal deneyimler sayesinde moda endüstrisi, her bireye özel çözümler sunan akıllı sistemler aracılığıyla dönüşüm geçirmektedir.

4.2 Üretim Süreçlerinde Yapay Zekâ

Yapay zekâ (YZ), moda endüstrisinin tasarım ve tüketici analizlerinden ziyade üretim süreçlerinin planlanması, yürütülmesi ve optimize edilmesinde de devrimsel etkiler yaratmaktadır. Üretim odaklı yapay zekâ uygulamaları kumaş kesiminden tedarik zinciri yönetimine, stok planlamasından kalite kontrol sistemlerine kadar çok çeşitli aşamalarda etkin bir biçimde kullanılmaktadır (Torun & Duran, 2023).

YZ destekli sistemler sayesinde üretimde insan kaynaklı hatalar minimize edilirken, üretim hızı ve doğruluk oranı önemli ölçüde artmaktadır. Görüntü tanıma (imagerecognition) ve makine öğrenmesi (machinelearning) algoritmaları sayesinde tekstil yüzeylerindeki kusurlar otomatik olarak tespit edilmekte ve ürün kalitesi anlık olarak izlenebilmektedir. Bu da hem üretim kayıplarını azaltmakta hem de sürdürülebilir üretim hedeflerine katkı sunmaktadır (Doğan Sözüer & Buluş, 2022). Öte yandan, yapay zekâ kullanımı sayesinde üretim süreçleri daha veri odaklı ve talep bazlı hâle gelmiştir. Geleneksel seri üretim modelleri yerine, YZ ile desteklenen talep üzerine üretim (on-demandmanufacturing) sistemleri yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu sistemler,

tüketici davranışlarını analiz ederek yalnızca ihtiyaç duyulan ürünlerin üretilmesini sağlamakta olup stok fazlası, iade oranı ve atık miktarlarında azalma sağlamaktadır (Torun & Duran, 2023).YZ ayrıca enerji yönetimi ve üretim planlaması gibi operasyonel alanlarda da kullanılmaktadır. Büyük tekstil fabrikalarında yapay zekâ algoritmaları, üretim bantlarının enerji tüketimini optimize etmekte ve makine arızalarını önceden öngörerek bakım süreçlerini daha verimli hâle getirmektedir. Bu hem maliyetleri düşürmekte hem de karbon salımını azaltmaktadır (Torun & Duran, 2023). Alibaba'nın akıllı üretim tesisi olan Xunxi, sipariş bazlı esnek üretim modeli ile YZ destekli otomasyon sistemlerini birleştirerek kişiselleştirilmiş ürünleri hızlı ve düşük maliyetle üretmektedir. Bu tür uygulamalar, gelecekte moda üretiminin daha esnek, sürdürülebilir ve müşteri odaklı yapılabileceğinin kanıtıdır.

Moda endüstrisinde yapay zekâ destekli üretim sistemleri; verimlilik artışı, kaynak kullanımının azaltılması ve sürdürülebilir üretim hedefleri açısından stratejik fırsatlar sunmaktadır. Geleneksel üretim yöntemlerine kıyasla daha esnek ve duyarlı bir yapıya sahip olan bu teknolojiler, dijital modanın sadece tasarım değil, üretim alanında da dönüşüm geçirmesini sağlamaktadır.

4.3 Yapay Zekâ ile Sürdürülebilirlik Uygulamaları

Moda endüstrisi, çevresel sürdürülebilirlik açısından en çok tartışılan sektörlerden biridir. Su tüketimi, kimyasal kullanım, karbon salımı ve tekstil atıkları gibi faktörler, modayı çevreye zarar veren bir sektör konumuna getirmiştir. Bu bağlamda, yapay zekâ (YZ) teknolojileri sürdürülebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilmesinde önemli fırsatlar sunmaktadır. YZ, yalnızca üretim süreçlerini değil; aynı zamanda tedarik zinciri yönetimini, tüketici davranışlarının analizini ve ürün yaşam döngüsü yönetimini daha çevreci bir bakış açısıyla yeniden yapılandırmaktadır. YZ algoritmaları, özellikle atık yönetimi konusunda etkin çözümler sunmaktadır. Moda markaları, geçmiş üretim ve satış verilerini analiz ederek hangi ürünlerin talep gördüğünü öngörebilmekte; böylece gereksiz üretimden ve stok fazlasından

kaçınılabilmektedir. Bu da tekstil atıklarının azaltılmasına önemli ölçüde katkı sağlamaktadır (Torun & Duran, 2023).

Ayrıca, YZ tabanlı sistemler enerji ve su tasarrufu açısından da oldukça etkilidir. Örneğin, kumaş boyama ve yıkama işlemlerinde yapay zekâ destekli makineler, işlem süresini ve kaynak tüketimini optimize ederek çevresel etkiyi azaltmaktadır. Bu sistemler, akıllı sensörler ve otomasyon araçları sayesinde üretim sürecini sürekli izlemekte ve verimsizlikleri önceden tespit ederek müdahale edebilmektedir (Doğan Sözüer & Buluş, 2022; Torun & Duran, 2023). Tedarik zinciri yönetimi de YZ'nin sürdürülebilirliği desteklediği bir diğer alandır. Özellikle gerçek zamanlı veri analizleri ve tahminleme algoritmaları sayesinde, hammaddelerin temininden lojistik süreçlere kadar tüm tedarik zinciri izlenebilir hâle gelmekte ve kaynak israfı azaltılmaktadır. Bu sistemler, çevresel etkiyi minimumda tutarken aynı zamanda maliyet etkinliği de sağlamaktadır (Dündar, 2023).

Moda markalarının karbon ayak izini azaltma yönündeki çabalarında da YZ destekli modelleme sistemleri önemli rol oynamaktadır. Ürün yaşam döngüsü analizleri (Life CycleAssessment - LCA) yapay zekâ ile daha hızlı ve doğru yapılabilmekte; böylece sürdürülebilirlik odaklı karar alma süreçleri bilimsel verilere dayandırılabilir. Bunun yanında, YZ destekli virtualfitting ve 3D dijital prototipleme uygulamaları sayesinde numune üretim ihtiyacı ortadan kalkmakta ve fiziksel kaynak kullanımı ciddi oranda azalmaktadır. Böylece geleneksel moda tasarım sürecindeki materyal israfı engellenmektedir (Torun & Duran, 2023).

Yapay zekâ ile sürdürülebilirlik uygulamaları, moda endüstrisinin doğaya verdiği zararı azaltma potansiyeline sahiptir. Veri temelli üretim kararları, kaynak yönetimi, atık minimizasyonu ve dijitalleşme sayesinde moda sektörü, daha çevreci ve duyarlı bir üretim-tüketim modeli geliştirme yolunda önemli adımlar atmaktadır. Gelecekte sürdürülebilir dijital moda, yapay zekânın sunduğu yenilikçi çözümlerle daha erişilebilir ve etkili hâle gelecektir.

5. METAVERSE VE MODA

Metaverse, sanal gerçeklik (VR), artırılmış gerçeklik (AR), blokzincir ve yapay zekâ gibi dijital teknolojilerin entegrasyonu ile oluşan üç boyutlu, çok kullanıcı, sürekli açık dijital evrenleri tanımlayan bir kavramdır. İlk kez NealStephenson'ın 1992 tarihli *SnowCrash* adlı romanında ortaya çıkan bu kavram, günümüzde dijital kimliğin ve sanal estetiğin ifade alanı olarak öne çıkmaktadır (Yılmaz & Ceranoğlu, 2022).

Metaverse'ün temel özellikleri arasında sürükleyici deneyim, avatar tabanlı etkileşim, dijital mülkiyet (NFT), ekonomik sistem entegrasyonu ve sanal toplulukların oluşumu yer almaktadır (Kumaş Şenol & Yıldırım, 2022). Kullanıcılar bu evrende avaturları aracılığıyla çeşitli etkinliklere katılabilir, dijital ürünler satın alabilir veya sanal işlerde çalışabilir. Bu çok katmanlı yapı hem bireyler hem de şirketler için yeni ekonomik ve kültürel fırsatlar yaratmaktadır.

Blokzincir teknolojisi ile desteklenen NFT'ler, Metaverse'ün ekonomik altyapısının temelini oluşturur. NFT'ler sayesinde dijital varlıkların mülkiyeti şeffaf bir şekilde doğrulanabilmekte ve bu durum moda, sanat, eğlence gibi birçok alanda yeni ticaret biçimlerini mümkün kılmaktadır (Düzenli & Perdahçı, 2024). Örneğin, Gucci, Dolce&Gabbana ve Balenciaga gibi öncü moda markaları, Metaverse'te düzenlenen dijital moda haftalarında NFT tabanlı sanal koleksiyonlarını tanıtmış ve bu alandaki ticari potansiyeli ortaya koymuştur (Kumaş Şenol & Yıldırım, 2022).

Bunun yanında Metaverse, sadece ekonomik değil, sosyal ve kültürel bir paradigma değişimini de temsil eder. Fiziksel mekân algısının sanallaşması ile, mekânsal tasarımlar da dijital boyutta yeniden düşünülmektedir. Mimarlık ve iç mimarlık gibi disiplinler, artık yalnızca fiziksel yapılar değil, aynı zamanda dijital yaşam alanları da tasarlamak durumundadır (Yüksel & Yıldız, 2022).

Sonuç olarak Metaverse, sadece teknolojik bir yenilik değil, aynı zamanda kullanıcıların dijital etkileşim biçimlerini, ekonomik alışkanlıklarını ve sosyal ilişkilerini yeniden şekillendiren bütüncül bir ekosistemdir. Bu bağlamda, moda endüstrisinin Metaverse'ü bir pazarlama ve üretim platformu olarak benimsemesi, dijitalleşmenin gelecekteki yönelimlerini şekillendiren önemli bir gelişme olarak değerlendirilmektedir.

5.1 Moda Markalarının Metaverse'e Entegrasyonu

Metaverse teknolojisinin gelişmesiyle birlikte, moda sektörü de fiziksel ürünlerin ötesine geçerek dijital deneyimlerin tasarımına yönelmiştir. Moda markalarının bu yeni evrene entegrasyonu, yalnızca teknolojik bir adaptasyon değil, aynı zamanda tüketici etkileşimini yeniden tanımlayan bir stratejik dönüşüm olarak değerlendirilmektedir (Kumaş Şenol & Yıldırım, 2022). Pandemi süreciyle birlikte hız kazanan dijital dönüşüm, moda markalarını alternatif tanıtım ve satış kanalları arayışına yöneltmiştir. Bu doğrultuda Gucci, Balenciaga, Dolce&Gabbana gibi öncü markalar, Metaverse evrenlerinde dijital defileler düzenlemiş, NFT formatında sanal giysiler üretmiş ve avatar tabanlı moda deneyimlerine yatırım yapmaya başlamıştır (Yılmaz & Ceranoğlu, 2022). Gucci, Roblox platformunda kendi dijital mağazasını açarak kullanıcıların avaturları için sanal ürünler sunmuş; Dolce&Gabbana ise "Collezione Genesi" adını verdiği NFT koleksiyonu ile yalnızca dijital ortamda sergilenen kıyafetleri pazara sunmuştur (Dündar, 2023).

Markaların Metaverse'e entegrasyonu yalnızca görsel estetikle sınırlı kalmamış, aynı zamanda tüketiciyle etkileşim kurma biçimlerinde de radikal bir değişim yaratmıştır. Kullanıcılar artık yalnızca ürün satın almakla kalmamakta; aynı zamanda bu ürünlerin dijital üretim sürecine katılmakta, ürünler üzerinde kişiselleştirme yapabilmekte ve sanal ortamlarda bu ürünleri temsil eden avaturlarla etkileşime geçebilmektedir (Yüksel & Yıldız, 2022).

Bu süreçte moda markaları, Metaverse'e entegrasyonlarını üç temel strateji üzerinden gerçekleştirmektedir:

- Dijital ürün geliştirme: Avatarlar için özel olarak üretilen dijital giysi ve aksesuarlar, NFT altyapısıyla desteklenmekte ve sanal ortamlarda satılmaktadır.
- Deneyim tasarımı: Sanal defileler, etkileşimli showroom'lar ve oyunlaştırılmış alışveriş deneyimleri ile tüketiciye çok boyutlu bir marka etkileşimi sunulmaktadır.
- Topluluk oluşturma: Kullanıcıların, markanın sanal evrenine dahil olarak etkileşime geçtiği ve sadakat geliştirdiği yeni nesil topluluk yapılarına geçiş yapılmaktadır.

Bununla birlikte, Metaverse'e entegre olan markaların yalnızca dijital estetik peşinde koşmadığı; aynı zamanda sürdürülebilirlik, erişilebilirlik ve tüketim alışkanlıklarının dönüşümü gibi değer odaklı hedefleri de gözettiği gözlemlenmektedir. Fiziksel üretime dayanmayan bu dijital koleksiyonlar, karbon salımını azaltma ve kaynak israfını önleme potansiyeli taşımaktadır (Doğan Sözüer & Buluş, 2022).

Stockholm merkezli moda markası H&M, Metaverse ortamında açtığı sanal mağazasıyla bu evrende faaliyet gösteren ilk perakende giyim mağazası olma özelliğini kazanmıştır. H&M, Metaverse evreninde yer alan "CEEK VR" adlı sanal şehirde açtığı mağaza ile kullanıcılara "CeekCoin" kullanarak alışveriş yapabilecekleri bir platform sunmuş ve bu şekilde sanal satış faaliyetlerine başlamıştır. Bunun yanı sıra, Şekil 5.1'de görüldüğü gibi AnimalCrossing'in sıkı takipçileri için Vegan Co-ExistStory koleksiyonuna ait 11 parça, oyun içindeki bir defilede sunulmak üzere dijital ortamda yeniden tasarlanmıştır.



Şekil 3. Vegan Co-ExistStoryKoleksiyonu (SHIFT, 2021)

Benzer şekilde, Kering bünyesinde yer alan ve son dönemde oldukça popüler hale gelen Balenciaga, “Fortnite” ile gerçekleştirdiği iş birliği sayesinde Metaverse evrenine adım atarak yeni bir dijital dünyaya giriş yapmıştır. Marka, özel bir Metaverse ekibi kurarak dijital alandaki girişimlerini büyütmüş ve böylece ismini çok daha geniş bir kitleye ulaştırmıştır. Balenciaga, Fortnite’ayüksek moda tasarımlarını entegre edebilmek amacıyla Epic Games ile iş birliği gerçekleştirmiştir. Bunun yanı sıra, oyun içinde Balenciaga temalı aksesuarların yer aldığı sanal bir mağaza oluşturulmuş ve bu amaçla özel bir merkez tasarlanmıştır. Sanal mağazanın üst kısmında, hareketli bir reklam panosunda kapüşonlu bir köpek karakteri olan Doggo’nun (Şekil 5.2), Fortnite temalı Balenciaga tasarımıyla yer aldığı bir görünüm hazırlanmıştır.



Şekil 4. Fortnite temalı Balenciaga tasarımı (Yüksel, 2022)

Moda markalarının Metaverse'e entegrasyonu, dijitalleşmenin sunduğu estetik ve teknolojik imkânları kullanarak tüketici deneyimini yeniden şekillendirmektedir. NFT, sanal showroom, avatar modası ve dijital koleksiyonlar üzerinden yürütülen bu süreç, markalara yalnızca yeni gelir modelleri sunmakla kalmayıp, sürdürülebilirlik ve dijital kimlik kavramlarını da yeniden yapılandırma fırsatı tanımaktadır.

5.2 Sanal Defileler, Hologram ve Avatar

Moda endüstrisinin dijitalleşmesiyle birlikte defile anlayışı da köklü bir dönüşüme uğramış, fiziksel mekânlarda düzenlenen geleneksel moda gösterilerinin yerini sanal defileler almıştır. Bu yeni sunum biçimi, moda markalarının ürünlerini dijital olarak sergilemesine, zamandan ve mekândan bağımsız bir kitleye ulaşmasına olanak tanımaktadır (Yılmaz & Ceranoğlu, 2022). Sanal defileler, üç boyutlu tasarım teknolojileri, artırılmış gerçeklik (AR), sanal gerçeklik (VR) ve yapay zekâ destekli görselleştirme araçları ile tasarlanmaktadır. Bu defilelerde modellerin yerini avatarlar almakta; giysiler fiziksel olarak üretilmeden dijital ortamda yaratılmakta ve izleyicilere sanal bir podyum deneyimi sunulmaktadır. Balenciaga, Fortnite iş birliğiyle dijital avatarlar üzerinde sanal koleksiyonlarını tanıtmış; Gucci, Metaverse platformlarında sanal defileler düzenleyerek yeni bir görsel anlatı geliştirmiştir (Kumaş Şenol & Yıldırım, 2022).

Avatar modası, bu dönüşümün önemli bir parçası olarak kullanıcıların sanal temsilleri olan avatarlar aracılığıyla dijital giysiler giyebilmesini sağlar. Bu durum, bireysel stilin fiziksel beden yerine sanal ortamda ifade edilmesine imkân tanır. Böylece kullanıcılar, avatarları üzerinden moda trendlerini deneyimleyebilir, stil yaratabilir ve bu tarzı dijital ortamlarda temsil edebilir (Yüksel & Yıldız, 2022). Kısa süre önce Türkiye'nin ilk giyilebilir NFT tasarımlarını özel bir lansmanla sunan Kiğili (Şekil 5.3), yakın zamanda metaverse ortamında ilk mağazasını açacağını da ilan etmiştir.



Şekil 5. Kiğılı'nın ilk meta defilesi (Marketing Türkiye, 2022)

Sanal defilelerin en önemli avantajlarından biri çevresel sürdürülebilirlik sağlamasıdır. Fiziksel örnek üretimine, seyahate ve mekânsal organizasyona ihtiyaç duyulmadığı için karbon salımı önemli ölçüde azaltılmaktadır. Ayrıca numune ürünlerin sanal ortamda hazırlanması, materyal israfını da ortadan kaldırmakta ve sürdürülebilir üretim modellerine katkı sağlamaktadır (Doğan Sözüer & Buluş, 2022). Öte yandan, sanal defileler ve avatar modası yalnızca büyük ölçekli markalar için değil, bağımsız tasarımcılar için de demokratik bir vitrin oluşturmaktadır. Fiziksel defilelerin yüksek maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda, dijital defileler daha düşük bütçeyle küresel erişim sağlama potansiyeli taşıyarak tasarımcılara yaratıcı özgürlük alanı sunmaktadır.

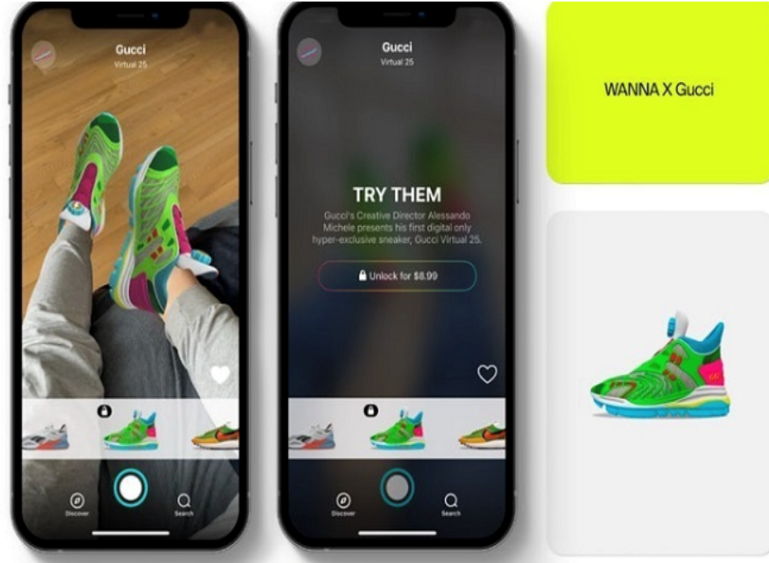
Sanal defileler ve avatar modası, moda endüstrisinde estetik, erişilebilirlik ve sürdürülebilirlik alanlarında yenilikçi çözümler sunan dijital dönüşüm araçlarıdır. Bu yenilikler, yalnızca moda sunumunu değil, moda deneyimini ve kimlik ifadesini de yeniden tanımlamaktadır. Metaverse tabanlı dijital giyinme biçimleri, fiziksel moda ile dijital modanın birleşim noktasını temsil etmektedir.

5.3 Dijital Kimlik, NFT ve Lüks Moda İlişkisi

Dijitalleşme, moda endüstrisinin üretim, pazarlama ve tüketim süreçlerini yeniden şekillendirmiştir. Web3 teknolojileri, blok zinciri (blockchain) ve artırılmış/karma gerçeklik uygulamaları, özellikle lüks moda markalarının dijital kimlik stratejilerinde önemli bir rol oynamaktadır (Mazzù, Pozharliev&Della Sala, 2025). Bu bağlamda, Non-FungibleToken'lar (NFT) ve metaverse platformları, moda markalarına yalnızca yeni bir satış kanalı sunmakla kalmamakta, aynı zamanda marka kimliğini güçlendiren ve tüketici etkileşimini artıran yenilikçi deneyim alanları yaratmaktadır (Cecchetto, 2023).

Dijital kimlik, bireylerin sanal ortamlarda temsil edilme biçimini ifade eder ve metaverse ile sanal moda uygulamalarında avatar giydirme, dijital koleksiyonlara erişim ve kişiselleştirilmiş deneyimler aracılığıyla somutlaşır (Lapatoura, 2023). Lüks moda markaları, dijital kimlik stratejilerini fiziksel ürünlerin ötesinde sanal giyim ürünleri ve dijital koleksiyonlar aracılığıyla genişletmektedir. Örneğin Gucci ve Louis Vuitton gibi markalar, kullanıcıların avatarları aracılığıyla sanal moda şovlarına katılabileceği ve sınırlı sayıda dijital ürün satın alabileceği platformlar geliştirmiştir (Mazzùvd., 2025).

Artırılmış gerçeklik (AR) teknolojisinin moda endüstrisinde kullanımına örnek olarak geliştirilen "Gucci Virtual 25" modeli, kullanıcıların dijital platformlarda bir filtre aracılığıyla sanal olarak ayaklarına yerleştirilebilmektedir (Şekil 5.4). Bu yenilikçi uygulamanın ardından Wanna'nın kurucu ortağı ve CEO'su SergeyArkhangelskiy, önümüzdeki beş ila on yıllık süreçte önde gelen moda markalarının gelirlerinin kayda değer bir bölümünün dijital ürünlerden sağlanacağını öngördüğünü belirtmiştir. Arkhangelskiy ayrıca, şirketlerinin stratejik hedeflerinden birinin geleneksel ürün fotoğraflarının kullanımını sonlandırarak, bunların yerine kullanıcıya daha ilgi çekici, interaktif ve fiziksel deneyime yakın görselleştirme teknikleri sunmak olduğunu vurgulamıştır.



Şekil 6. Gucci Virtual 25 modeli (Önder, 2021)

Blokzincir teknolojisinin sağladığı şeffaflık ve değiştirilemezlik özellikleri, dijital ürünlerin benzersizliğini ve sahipliğini garanti altına alarak dijital moda ürünlerini “değerli varlıklar” hâline getirmiştir. Bu bağlamda NFT’ler (Non-Fungible Tokens), dijital varlıkların mülkiyetini belirleyen yeni bir araç olarak lüks moda sektörünün ilgisini çekmektedir (Dündar, 2023). NFT’ler, lüks moda markaları için yalnızca dijital koleksiyon ürünleri değil, aynı zamanda marka mirası, özgünlük ve sınırlı üretim gibi temel lüks değerlerinin dijital ortamda yeniden üretilmesini sağlayan stratejik araçlar haline gelmiştir. Geleneksel moda anlayışında sınırlı sayıda üretilen, nadir bulunan ve sertifikalı ürünler tüketicinin gözünde değer kazanırken; NFT teknolojisi bu nadirlik ve sertifika anlayışını blok zinciri altyapısına taşımaktadır (Öztürk, 2022). Blok zinciri, her NFT’nin değiştirilemez ve doğrulanabilir bir kimlik numarasına sahip olmasını sağlayarak, ürünlerin hem fiziksel hem dijital versiyonlarının taklit edilmesini zorlaştırır (Wang vd., 2021).

Lüks moda markaları, NFT’leri çoğunlukla iki temel amaçla kullanmaktadır. Birincisi, markanın imajını güçlendiren ve genç, teknoloji odaklı kitlelerle etkileşim kuran yenilikçi pazarlama kampanyalarıdır. Şekil 5.5’te de görüldüğü üzere Louis Vuitton, 200. yıl kutlamaları kapsamında geliştirdiği “Louis: The

Game” adlı mobil oyunda kullanıcıların avatarları aracılığıyla markanın tarihini keşfetmesini sağlamış ve oyun içinde toplanabilecek 30 adet özel NFT sunmuştur (Cecchetto, 2023). İkinci kullanım alanı ise, NFT’lerin “dijital ürün pasaportu” olarak değerlendirilmesidir. Bu pasaportlar, ürünün üretim yeri, kullanılan malzemeler, seri numarası gibi bilgileri şeffaf şekilde kaydederek hem tüketici güvenini artırır hem de sahtecilikle mücadelede etkili olur (Lapatoura, 2023).



Şekil 7. “Louis:The Game” adlı mobil oyunda kullanıcıların avatarları(Tan, 2021)

Lüks moda markalarından Burberryde, Ağustos 2021 tarihinde BlankosBlockParty adlı dijital oyun platformunda, “Sharky B” ismini taşıyan köpekbalığı temalı bir dijital karakter (bkz. Şekil 5.6) içeren koleksiyonunu kullanıcıların beğenisine sunmuştur. BlankosBlockParty, blok zinciri altyapısıyla çalışan ve dijital vinyl oyuncaklara entegre edilmiş karakterlerin yer aldığı, çok oyunculu bir sanal parti oyunu niteliğindedir. Burberry, sınırlı sayıda üretilmiş NFT formatındaki dijital aksesuarlarını eş zamanlı olarak piyasaya sunmuş; koleksiyon, kısa sürede yaklaşık 400.000 Amerikan doları değerinde satışla tükenmiştir (Akhtar, 2021).



Şekil 8.Burberry'nin“Sharky B” ismini taşıyan köpekbalığı (Akhtar, 2021)

NFT'lerin lüks modadaki bir diğer önemli işlevi, fiziksel ve dijital deneyimleri birleştiren hibrit ürün stratejileridir. Dolce&Gabbana'nın "CollezioneGenesi" adlı NFT koleksiyonu hem sanal giysiler hem de fiziksel karşılıklar sunarak hibrit bir mülkiyet anlayışı yaratmıştır (Kumaş Şenol & Yıldırım, 2022). Dolce&Gabbana'nın 2021 yılında tanıttığı Şekil 5.6 ile paylaşılan “CollezioneGenesi” koleksiyonu, beş fiziksel couture parça ile dört tamamen dijital NFT tasarımını bir araya getirmiş ve açık artırmada yaklaşık 5,7 milyon dolar gelir elde etmiştir (Lapatoura, 2023). Venedik'ten esinlenen DomenicoDolce ve Stefano Gabbana, fizik ile metafiziğin buluştuğu bir ada temasını temel alarak hazırladıkları koleksiyonu, bu hayali yansıtan “dünyanın ilk fiziksel ve dijital lüks NFT koleksiyonu” olarak nitelendirip satışa çıkarmıştır. Bu model, tüketicilere hem elle tutulur hem de sanal ortamda sergilenebilir bir varlık sunarak, ürünün hem yatırım hem de deneyim değeri kazanmasını sağlamaktadır.



Şekil 9. “CollezioneGenesi” koleksiyonu (Thomas, 2021)

Global düzeyde NFT satışlarının birçok farklı mecrada kullanıldığı gözlemlenmektedir. Christie’s tarafından düzenlenen *Proof of Sovereignty* başlıklı açık artırma, 25 Mayıs 2021’de başlamış ve 3 Haziran 2021’de sona ermiştir. Bu süreçte Aria filminden esinlenerek oluşturulan NFT tabanlı Gucci eser müzayede kataloğunda yer alarak satışa sunulmuştur (Şekil 5.7). Söz konusu eser, “rüya benzeri bir manzara ve coşkulu bir enerji” ifadesiyle tanıtılmış olup, satıştan elde edilen gelir, dünya genelinde Covid-19 aşısına erişimi artırmayı hedefleyen bir projeye destek amacıyla UNICEF ABD’ye bağışlanmıştır.



Şekil 10. Gucci, Aria Filmi NFT Tabanlı “Proof of Sovereignty”(Çete, 2021)

Amerikan kökenli ünlü moda markası Ralph Lauren, çevrim içi oyun platformu Roblox üzerinden özel bir dijital giyim koleksiyonu sunarak (Şekil 5.9), markanın metaverse evrenine ilk adımını atmasını sağlamıştır. Kullanıcılar, sanal polo mağazaları aracılığıyla dijital giysi ürünlerini inceleyebilmekte ve bunları sanal ortamda deneyimleme imkânı bulabilmektedir. 105 ila 200 Robux arasında değişen fiyatlarla sunulan sınırlı sayıdaki dijital ürünler, kullanıcıların avatarlarını kişiselleştirmelerine imkân tanımaktadır. Ralph Lauren markası, bu dijital koleksiyon kapsamında şimdiye dek 100.000 adetten fazla ürün satışı gerçekleştirdiğini ifade etmiştir (Ibberson, 2022).

Ayrıca NFT’ler, moda markalarının metaverse platformlarında sürdürülebilir gelir akışı yaratmasına imkân tanır. Satılan her NFT için akıllı sözleşmeler aracılığıyla telif hakkı (royalty) tanımlanabilir, böylece ürün ikinci veya üçüncü kez satıldığında dahi marka belirli bir gelir elde eder (Wang vd., 2021). Dijital sahiplik, lüks markaların yeni kuşak tüketicilerle bağ kurmasını kolaylaştırmakta; koleksiyonların birer yatırım aracı olarak da değerlendirilmesini sağlamaktadır.



Şekil 11.Ralph Lauren'inRoblox dijital giyim koleksiyonu (Ibberson, 2022)

Lüks moda bağlamında NFT kullanımı, yalnızca teknolojik bir yenilik değil, aynı zamanda markaların kültürel ve sanatsal ifadelerini genişleten bir mecra olarak da görülmektedir. Sanal defileler, avatar giydirme deneyimleri ve dijital sanat iş birlikleri, markaların estetik vizyonlarını farklı kitlelere ulaştırmasına olanak tanır. Böylece NFT'ler, lüks modada hem yaratıcı ifade hem de ticari değer açısından iki yönlü bir stratejik avantaj sunar.

Dünyaca tanınan ayakkabı markası Vans, Eylül 2021'de Roblox platformu üzerinde kullanıcıların spor ayakkabı modellerini kişiselleştirebildiği (Şekil 5.10) ve sanal konser deneyimlerine katılabildiği etkileşimli bir sanal alan olan Vans World'ü kullanıma sunmuştur. Kaykay kültürü, moda anlayışı ve dijital topluluk etkileşimini tek bir sanal deneyimde buluşturan Vans World, kullanıcı avatarlarına yönelik olarak ayakkabı tasarımı yapabilecekleri bir kişiselleştirme aracı, sanal bir paten mağazası ve markanın ikonik silüetlerini içeren bir alışveriş ortamı sunmaktadır (Jucutan, 2021).



Şekil 12.Roblox platformu üzerinde Vans

NFT tabanlı dijital ürünler, aynı zamanda sürdürülebilirlik açısından da avantajlar sunmaktadır. Fiziksel üretimin gerektirdiği doğal kaynak tüketimi, karbon salımı ve lojistik maliyetlerin ortadan kalkması, dijital koleksiyonların çevre dostu alternatifler olarak değerlendirilmesine olanak tanır (Doğan Sözüer & Buluş, 2022). Ancak dijital sahiplik kavramının henüz yasal altyapılarla netleştirilmemiş olması ve NFT piyasalarındaki değer dalgalanmaları, bu alanın hâlâ gelişmekte olduğuna işaret etmektedir. Yine de lüks markaların, NFT'leri sınırlı sayıda üretim, özel erişim ve özel deneyimlerle destekleyerek bu teknolojiyi prestij unsuru olarak konumlandığı gözlemlenmektedir.

Dijital sahiplik ve NFT'ler, lüks moda markaları için sadece bir teknoloji trendi değil; dijital estetiği, koleksiyon değerini ve sürdürülebilirliği bir araya getiren yeni bir ifade biçimidir. Metaverse gibi sanal ortamlarla bütünleşen bu yaklaşımlar, dijital lüks tüketimin kurallarını yeniden tanımlamakta ve moda endüstrisinin dijital geleceğinde merkezî bir rol üstlenmektedir. Metaverse platformlarının en güçlü yönlerinden biri, markaların "tam duyuşsal deneyim" yaratma kapasitesidir. Gelişmiş sanal gerçeklik (VR) ve artırılmış gerçeklik (AR) teknolojileri sayesinde kullanıcılar, ürünleri üç boyutlu olarak inceleyebilir, kumaş dokusunu hissediyormuş gibi görsel-işitsel bir etkileşim yaşayabilir ve

marka mirasına dair hikâyeleri interaktif biçimde deneyimleyebilir (Hadi vd., 2023). Bu tür çok katmanlı deneyimler, özellikle genç ve teknolojiye yatkın tüketiciler arasında marka sadakatini güçlendiren önemli bir unsur haline gelmiştir.

Oyunlaştırma (gamification) metaverse deneyiminin önemli bir bileşenidir. Kullanıcılar, belirli görevleri tamamlayarak ya da marka ile etkileşim puanları toplayarak özel NFT'ler kazanabilir, sanal dünyada avaturları için sınırlı üretim dijital giyim ürünlerine erişebilir (Cecchetto, 2023). Bu yaklaşım, geleneksel sadakat programlarının dijital ortama uyarlanmış hali olarak düşünülebilir ve tüketicinin marka ile sürekli etkileşimde kalmasını sağlar. Ayrıca metaverse, hibrit tüketim modellerini mümkün kılmaktadır. Fiziksel bir ürün satın alan müşteri, beraberinde o ürünün dijital ikizini (NFT formunda) alarak hem gerçek dünyada hem de sanal ortamda kullanabilir. Dolce&Gabbana ve Gucci gibi markalar, fiziksel ürünlerle birlikte gelen bu dijital varlıkları, tüketicinin marka deneyimini iki boyutlu bir düzlemde çok boyutlu bir yapıya taşımak için kullanmaktadır (Lapatoura, 2023).

6. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE DİJİTAL MODA

Küresel ölçekte moda endüstrisi hem ekonomik hem de kültürel etkileri bakımından önemli bir sektör olmakla birlikte, çevresel sürdürülebilirlik açısından ciddi tartışmaların odağındadır. Üretim süreçlerinin enerji ve su tüketimi, atık miktarı ve karbon salınımı gibi etkilerinin azaltılması, sektörün öncelikli hedeflerinden biridir. Bu bağlamda dijital moda kavramı, Endüstri 4.0 teknolojileri ile desteklenen yeni bir paradigma olarak öne çıkmaktadır (Dündar, 2023). Dijital moda; yalnızca kıyafet tasarım ve üretim tekniklerinin dijitalleşmesini değil, aynı zamanda kimlik, beden ve kıyafet algısının genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojileri ile yeniden tanımlanmasını da içermektedir. Bu dönüşüm, modada sürdürülebilirlik hedefleri ile doğrudan ilişkilidir çünkü fiziksel üretimi azaltarak kaynak tüketimini ve atık miktarını düşürme potansiyeli taşır (Glogar vd., 2025).

Endüstri 4.0, üretim süreçlerinin dijitalleşmesini yalnızca otomasyon düzeyinde değil, aynı zamanda bütünleşik bir veri ekosistemi perspektifinde ele alan bir sanayi devrimidir. Bu paradigma; nesnelerin interneti (IoT), yapay zekâ (AI), büyük veri analitiği, robotik sistemler, blok zincir tabanlı izlenebilirlik çözümleri ve üç boyutlu üretim teknolojileri gibi bileşenlerin eş zamanlı entegrasyonuna dayanır (Olgun & Turan, 2022). Moda ve tekstil endüstrisinde Endüstri 4.0'ın etkileri hem yaratıcı tasarım sürecinde hem de üretim-lojistik zincirinde kendini göstermektedir. Tasarım aşamasında, CAD/CAM tabanlı sistemler ile üç boyutlu simülasyon yazılımları bir araya gelerek fiziksel prototip üretme ihtiyacını en aza indirir. Bu durum, kumaş ve aksesuar israfını azaltarak sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunur (Glogar vd., 2025). Aynı zamanda, yapay zekâ destekli trend analizleri ve müşteri verisi odaklı kişiselleştirme uygulamaları sayesinde, üretim adetleri daha doğru talep tahminlerine göre planlanır ve aşırı stok sorunu en aza indirilebilir (Yoşumaz& Özkara, 2019).

Üretim süreçlerinde ise IoT sensörleri ve siber-fiziksel sistemler, makine performansını, enerji tüketimini ve üretim hattı verimliliğini gerçek zamanlı izlemeye imkân tanımaktadır. Böylece arıza riskleri önceden tespit edilip bakım

maliyetleri düşürülmekte ve kesintisiz üretim sağlanmaktadır (Akikol, 2022). Örneğin, Hugo Boss Türkiye örneğinde olduğu gibi “akıllı veri yönetimi” sistemleri, makinelerden toplanan sıcaklık, titreşim ve kullanım verilerini analiz ederek üretim sürecinin her aşamasını optimize edebilmektedir (Yoşumaz& Özkara, 2019). Ayrıca, IoT destekli üretim hatlarında enerji verimliliğinin artırılması, makinelerin optimum performansta çalıştırılması ve gereksiz duruşların engellenmesi, karbon emisyonlarının azaltılmasına doğrudan katkı sunmaktadır.

Tedarik zinciri boyutunda blok zincir teknolojisi, ürünün hammadde tedarikinden nihai tüketiciye ulaşana kadar tüm yaşam döngüsünü şeffaf bir şekilde kayda almaktadır. Bu yaklaşım, özellikle organik ve geri dönüştürülmüş malzemelerin sertifikasyonu gibi sürdürülebilirlik göstergelerinin doğrulanmasında kritik rol oynamaktadır (Rockett vd., 2025). Dijital ürün pasaportları sayesinde, tüketiciler satın aldıkları ürünün menşei, üretim koşulları ve karbon ayak izi gibi bilgilere kolayca erişebilmektedirler. Ayrıca, gelişmiş robotik sistemler ve otomatik kesim makineleri, insan hatasını minimize ederek kalite standardizasyonunu sağlamakta olup üretim hızını artırmaktadır. Bu teknolojiler, esnek üretim modelleriyle birleştiğinde “isteğe bağlı üretim” (on-demandmanufacturing) modelini mümkün kılar. Böylece yalnızca sipariş edilen miktarda üretim yapılır, depolama ihtiyacı azalır ve atık oranı düşer.

Moda sektöründe geleneksel koleksiyon geliştirme süreçleri, defalarca fiziksel numune üretimi, malzeme tüketimi ve lojistik taşımaları içerir. CAD/CAM, 3B modelleme ve sanal prototipleme teknolojileri sayesinde tasarımcılar, koleksiyonlarını tamamen dijital ortamda oluşturabilir, renk, doku ve form varyasyonlarını fiziksel üretime gerek kalmadan test edebilir (Glogar vd., 2025). Bu yaklaşım su, enerji ve kumaş gibi kaynakların kullanımını önemli ölçüde azaltmakta olup üretim süresini kısaltarak hızlı yanıt kapasitesi kazandırmaktadır (Akikol, 2022).

Sürdürülebilirlik, yalnızca üretim aşamasındaki çevresel etkinin azaltılmasıyla sınırlı değildir; hammadde tedariki, iş gücü koşulları ve ürün ömrü gibi unsurları da kapsamaktadır. Blok zincir tabanlı dijital ürün pasaportları, bir ürünün üretiminde kullanılan malzemelerin kaynağını, üretim yerini ve sertifikasyon bilgilerini şeffaf biçimde sunmaktadır (Rockett vd., 2025). Bu şeffaflık hem markaların sürdürülebilirlik taahhütlerini doğrulamaları hem de tüketicilerin etik tercihler yapmaları açısından kritik önem taşımaktadır. Buna ek olarak talebe göre üretim (on-demand manufacturing) ve kişiselleştirilmiş üretim modelleri, aşırı stok oluşumunu ve satış sonrası ürün imhasını minimize ederek hem ekonomik hem de çevresel fayda sağlar (Yoşumaz& Özkara, 2019).

Sanal moda şovları, artırılmış gerçeklik (AR) ile kıyafet denemeleri ve dijital koleksiyonlar, tüketicilerin alışveriş alışkanlıklarında dönüşüm yaratmaktadır. Bu yöntemler, tüketicilerin ürünleri fiziksel olarak denemeden karar verebilmesine olanak tanır, böylece iade oranlarını ve buna bağlı lojistik kaynak kullanımını azaltır (Dündar, 2023). Ayrıca, dijital giyim ürünlerinin sanal platformlarda kullanılması, fiziksel ürün tüketim talebini azaltarak çevresel yükü hafifletebilir. Sonuç olarak, dijital moda ile sürdürülebilirlik arasındaki ilişki, yalnızca üretim süreçlerinin dijitalleşmesi değil, aynı zamanda moda kültürünün tüketimden tedarik zincirine kadar tüm halkalarının yeniden yapılandırılması anlamına gelmektedir. Ancak bu dönüşümün çevresel kazanımlarını maksimize edebilmek için, dijital teknolojilerin enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji ile entegrasyonu öncelikli bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır.

6.1 Tüketici Algısı ve Dijital Moda Tüketimi

Moda sektörü hem kültürel hem de ekonomik boyutlarıyla tüketici davranışlarının önemli belirleyicilerinden biridir. Son yıllarda dijitalleşmenin hız kazanması, moda tüketim süreçlerini köklü biçimde dönüştürmüştür. Sosyal medya ve dijital platformlar, modanın takip edilmesi, pazarlanması ve satın alınmasında başat rol üstlenmeye başlamıştır (Özmen, 2018). Bunun yanında, sürdürülebilirlik odaklı yaklaşımlar, tüketicilerin moda algısını yeniden

şekillendirmekte ve marka tercihlerini etkilemektedir (Köse & Aydın, 2020). Bu bağlamda, tüketici algısı ile dijital moda tüketiminin kesişim noktalarının incelenmesi, günümüz moda ekosisteminin anlaşılması açısından önem arz etmektedir.

6.1.1 Tüketici algısı ve sürdürülebilir moda

Sürdürülebilir moda kavramı, çevresel, sosyal ve ekonomik boyutları bir arada barındıran, moda endüstrisinde hem üretim hem de tüketim süreçlerini kapsayan bütüncül bir yaklaşımı ifade etmektedir. Bu yaklaşım, yalnızca ürünlerin hammaddelerinin doğa dostu olması ile sınırlı kalmayıp; tasarım, üretim, dağıtım, kullanım ömrü ve kullanım sonrası elden çıkarma aşamalarının tamamında sorumlu uygulamaları içermektedir. Köse ve Aydın'ın (2020) nitel araştırmasında da vurgulandığı üzere, tüketiciler moda sektörünün olumsuz çevresel etkilerinin farkındadır ve bu etkileri azaltma sorumluluğunu markalarla birlikte üstlenme eğilimi göstermektedir. Bununla birlikte, sürdürülebilirlik faaliyetleri hakkındaki bilgi düzeyi genel olarak düşük kalmakta, bu da çevresel duyarlılığın davranışsal dönüşüme yansımaları sınırlamaktadır.

Tüketici algısı, sürdürülebilir modada bilgi ve deneyim olmak üzere iki ana eksen etrafında şekillenmektedir. Bilgi eksikliği, çoğu zaman sürdürülebilirlik iddialarının yüzeysel veya pazarlama odaklı (greenwashing) olarak algılanmasına yol açmaktadır. Deneyim boyutunda ise ürün kalitesi, tasarım çekiciliği ve fiyat dengesi, tüketicinin satın alma niyetini belirleyen temel unsurlar arasında yer almaktadır. Nitekim Köse ve Aydın'ın (2020) bulguları, sürdürülebilirlik algısının marka imajını güçlendirdiğini, ancak bunun tek başına satın alma davranışına dönüşmediğini göstermektedir. Tüketiciler, çevre dostu üretimi desteklemeye istekli olsalar da kalite, dayanıklılık ve estetik beklentilerinden ödün vermemektedir.

Algı düzeyinde sürdürülebilir moda, yalnızca çevresel koruma ile değil, aynı zamanda sosyal adalet ve etik üretim koşullarıyla da ilişkilendirilmektedir. Bu

bağlamda, adil ücret, güvenli çalışma koşulları ve yerel üretim gibi unsurlar, tüketici gözünde sürdürülebilir markaların güvenilirliğini artıran faktörlerdir. Literatürde, etik moda ve yeşil moda kavramlarının sürdürülebilir moda şemsiyesi altında yer aldığı ve tüketicilerin bu kavramları çoğu zaman iç içe değerlendirdiği belirtilmektedir (Shen vd., 2014).

Sürdürülebilir moda ya yönelik algıyı şekillendiren bir diğer unsur da duygusal tatmindir. Çevreye zarar vermeyen veya toplumsal fayda sağlayan bir ürünün tercih edilmesi, tüketicide moral tatmin ve kendilik değeri artışı yaratabilmektedir. Bu durum, markalar açısından yalnızca rasyonel faydalar sunmakla kalmayıp, aynı zamanda tüketicinin kendini iyi hissetmesini sağlayacak iletişim stratejileri geliştirmeyi gerekli kılmaktadır.

Sürdürülebilirlik algısının güçlenmesi için markaların şeffaflık, sürekli bilgi paylaşımı ve tüketiciyi sürece dahil eden uygulamalar geliştirmesi kritik önemdedir. Örneğin, ürün etiketlerinde kullanılan malzemenin kaynağı, üretim sürecinde kullanılan enerji tipi veya sosyal sorumluluk projelerine dair somut veriler sunmak, tüketicinin güvenini pekiştirmektedir. Dijitalleşmenin yaygınlaştığı günümüzde, bu bilgilendirme süreci sosyal medya, marka blogları ve interaktif platformlar aracılığıyla daha geniş kitlelere ulaştırılabilmektedir (Özmen, 2018).

Sonuç olarak, sürdürülebilir moda algısı, yalnızca çevre bilincine sahip tüketiciler için değil, modanın genel tüketici kitlesi için de giderek daha önemli bir değerlendirme ölçütü haline gelmektedir. Ancak bu algının satın alma davranışına dönüşmesi; bilinç düzeyinin artırılması, ürün kalitesinin korunması, estetik tasarımların sunulması ve fiyat-performans dengesinin sağlanmasıyla mümkün olabilmektedir. Bu çerçevede, moda perakendecilerinin hem geleneksel hem de dijital mecralarda sürdürülebilirlik odaklı, şeffaf ve katılımcı stratejiler geliştirmesi, uzun vadeli tüketici sadakati yaratmada belirleyici bir faktör olacaktır.

6.1.2 Dijitalleşme ve moda tüketim davranışları

Dijitalleşme, moda sektöründe tüketici davranışlarının en hızlı dönüşüm yaşadığı alanlardan birini oluşturmaktadır. Geleneksel mağaza deneyimlerinin yanında sosyal medya, e-ticaret siteleri, mobil uygulamalar ve sanal moda platformları, tüketicilerin ürünleri keşfetme, değerlendirme ve satın alma süreçlerini köklü biçimde değiştirmiştir. Özmen'in (2018) vurguladığı üzere, özellikle Y kuşağı dijital teknolojilere doğuştan aşina olmaları sayesinde modanın dijitalleşmesine hızla uyum sağlamış, trendleri yalnızca takip etmekle kalmayıp, sosyal medya aracılığıyla şekillendiren aktif bir kitle haline gelmiştir.

Dijital platformlar, moda markaları açısından yalnızca satış kanalı değil, aynı zamanda güçlü bir iletişim ve marka imajı inşa aracı olarak da öne çıkmaktadır. Instagram, Pinterest, Snapchat gibi görsel odaklı sosyal ağlar, markalara koleksiyonlarını anında geniş kitlelere tanıtmaya, tüketici yorumlarını doğrudan alma ve kampanyaları hızlıca yayma imkânı sunmaktadır. Bu etkileşim, tüketicilerin moda ürünlerini yalnızca pasif olarak görmelerini değil, aynı zamanda markayla birlikte üretim sürecine dahil olmalarını da mümkün kılarak katılımcı bir tüketim kültürü oluşturur (Yengin & Sağiroğlu, 2012).

Dijitalleşme ile birlikte moda tüketiminde hız ve erişilebilirlik temel belirleyici faktörler haline gelmiştir. Tüketiciler artık sezon beklemek yerine, yeni koleksiyonlara ve kampanyalara anında ulaşabilmekte, hatta “seenow, buy now” (şimdi gör, şimdi satın al) modeliyle tanıtımı yapılan ürünlere aynı gün sahip olabilmektedir. Bu durum, modanın döngüsünü hızlandırırken, aynı zamanda tüketicilerin alışveriş sıklığını ve anlık satın alma davranışlarını artırmaktadır. Köse ve Aydın'ın (2020) belirttiği gibi, bu hızlı tüketim döngüsünün sürdürülebilirlik açısından yaratabileceği olumsuz etkiler, markaları çevre dostu dijital pazarlama ve üretim modelleri geliştirmeye zorlamaktadır.

Tüketici davranışlarında dijitalleşmenin etkisi, yalnızca satın alma süreciyle sınırlı değildir. Ürün araştırması, fiyat karşılaştırması, kullanıcı yorumlarının incelenmesi ve influencer önerilerinin değerlendirilmesi gibi adımlar da

çoğunlukla dijital mecralar üzerinden gerçekleşmektedir. Özellikle kullanıcı kaynaklı içerikler (user-generated content), tüketici güvenini artıran ve satın alma kararını hızlandıran unsurlar arasında öne çıkmaktadır. Bu noktada, markaların kendi reklam içeriklerinden ziyade, tüketiciler arasında organik olarak yayılan paylaşımların daha yüksek etki yarattığı gözlenmektedir (Cengiz vd., 2016).

Dijitalleşme, moda tüketiminde kişiselleştirilmiş deneyim beklentisini de yükseltmiştir. Yapay zekâ destekli öneri sistemleri, artırılmış gerçeklik (AR) ile sanal deneme imkânı ve geçmiş alışveriş verilerine dayalı kampanya önerileri, tüketicilerin markalarla etkileşiminde farklılaşma yaratmaktadır. Bu teknolojiler hem kullanıcı memnuniyetini hem de marka sadakatini güçlendirirken, veri analitiği sayesinde tüketici ihtiyaç ve eğilimlerinin daha doğru tahmin edilmesini sağlamaktadır.

Son olarak, dijitalleşmenin getirdiği bir diğer önemli boyut, modanın küresel erişim kapasitesinin artmasıdır. Coğrafi sınırlar ortadan kalkmış; tüketiciler dünyanın herhangi bir yerinde üretilen trendlere eşzamanlı olarak ulaşabilmektedir. Knight ve Kim'in (2007) belirttiği gibi, bu durum Y kuşağını "ilk küresel müşteri grubu" haline getirmiştir (Yolbulan ve Yalman, 2013). Küresel dijital moda ekosisteminde, tüketiciler yalnızca yerel değil, uluslararası markalarla da etkileşim kurabilmekte ve bu etkileşim kültürel çeşitliliği artıran bir moda tüketim yapısı ortaya çıkarmaktadır. Özetle, dijitalleşme moda tüketiminde erişim hızını, etkileşim düzeyini ve kişiselleştirme olanaklarını artırarak tüketici beklentilerini yeniden tanımlamaktadır. Markalar açısından ise dijital platformlar, sürdürülebilirlik ilkelerini destekleyen şeffaf iletişim stratejileri ile birleştirildiğinde hem pazar payını genişletme hem de uzun vadeli müşteri ilişkileri kurma fırsatı sunmaktadır.

6.1.3 Tüketici algısında dijitalleşme-sürdürülebilirlik etkileşimi

Dijitalleşme ve sürdürülebilirlik, moda sektöründe birbirini tamamlayan iki stratejik alan olarak giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Dijital teknolojiler,

markaların sürdürülebilirlik mesajlarını geniş kitlelere hızlı, düşük maliyetli ve interaktif biçimde ulaştırmasına imkân tanırken; sürdürülebilirlik odaklı üretim ve pazarlama yaklaşımları, dijital platformlarda tüketici güveni ve marka sadakati yaratmada kritik bir unsur haline gelmektedir. Bu nedenle, tüketici algısında bu iki boyut arasındaki etkileşim, moda sektörünün geleceğini şekillendiren temel bir dinamik olarak görülmektedir.

Köse ve Aydın'ın (2020) bulguları, sürdürülebilirlik uygulamalarının marka imajına olumlu katkı sağladığını, ancak bu katkının satın alma davranışına dönüşmesinde iletişim biçiminin belirleyici olduğunu göstermektedir. Dijitalleşme, bu noktada kritik bir araçtır; çünkü sosyal medya, marka blogları ve mobil uygulamalar, sürdürülebilirlik faaliyetlerini görsel ve hikâye odaklı içeriklerle aktararak tüketici ile duygusal bağ kurma imkânı verir. Özellikle ürünün üretim süreci, kullanılan malzemeler, karbon ayak izi veya geri dönüşüm politikaları gibi somut verilerin dijital ortamda şeffaf biçimde sunulması, tüketici algısında güven unsuru yaratmaktadır.

Özmen'in (2018) çalışması, Y kuşağının dijital ortamlarda aktif rol almasının sürdürülebilirlik farkındalığını artırabileceğini ortaya koymaktadır. Bu kuşak, modayı yalnızca tüketen değil, aynı zamanda içerik üreten ve paylaşan bir kitle olduğundan, sürdürülebilirlik temalı mesajların sosyal ağlarda organik olarak yayılma potansiyeli yüksektir. Kullanıcı kaynaklı içerikler (user-generated content), hem akran etkisiyle güveni pekiştirmekte hem de markanın sürdürülebilirlik iddialarını destekleyen bağımsız kanıtlar olarak algılanmaktadır. Bu durum, dijital mecraların yalnızca bir pazarlama kanalı değil, aynı zamanda sürdürülebilirlik kültürünün yaygınlaşmasını sağlayan bir topluluk alanı olduğunu göstermektedir.

Dijitalleşmenin sürdürülebilirlik algısına katkılarından biri de tüketiciyi "bilgiye erişen" konumdan "bilgi talep eden" ve "bilgiyi doğrulayan" konuma geçirmesidir. İnteraktif platformlarda, tüketiciler markalara doğrudan soru sorabilmekte, üretim süreçleri hakkında ayrıntılı bilgi talep edebilmekte ve olumsuz uygulamalara karşı kamuoyu baskısı oluşturabilmektedir. Bu durum,

sürdürülebilirlik algısını yalnızca marka tarafından inşa edilen tek yönlü bir süreç olmaktan çıkarıp, çift yönlü, katılımcı bir yapıya dönüştürmektedir. Bununla birlikte, dijital ortamda sürdürülebilirlik söyleminin etkinliği, mesajın içeriği ve sunum biçimi ile doğrudan ilişkilidir. Yalnızca genel ifadelerden oluşan veya görsel estetiğe indirgenen içerikler, tüketiciler tarafından yüzeysel ve güvenilirlikten uzak olarak algılanabilmektedir. Dolayısıyla, sürdürülebilirlik mesajlarının somut veriler, bağımsız sertifikalar ve ölçülebilir hedeflerle desteklenmesi gerekmektedir. Özellikle Y kuşağı ve Z kuşağı gibi dijital yerliler, bilgiye hızlı erişebildikleri için, tutarsızlıkları ve eksiklikleri kolayca tespit edebilmektedir.

Sonuç olarak, dijitalleşme ve sürdürülebilirlik arasındaki etkileşim, tüketici algısında iki yönlü bir güç yaratmaktadır: Dijitalleşme, sürdürülebilirlik farkındalığını ve marka ile tüketici arasındaki güven bağını güçlendirirken; sürdürülebilirlik odaklı değerler, dijital mecralardaki etkileşimi daha anlamlı ve kalıcı hale getirmektedir. Moda markaları, bu sinerjiyi değerlendirerek hem çevresel hem de ticari hedeflerine ulaşabilecek entegre stratejiler geliştirebilir. Bu bağlamda, dijital platformların sürdürülebilirlik iletişiminin merkezinde konumlanması hem sektör hem de tüketiciler açısından uzun vadeli değer yaratmanın anahtarıdır.

6.2 Dijital Modanın Çevresel Etkileri

Dijital moda, geleneksel moda endüstrisinin çevreye olan olumsuz etkilerini azaltma potansiyeli taşırken, kullanılan dijital altyapı ve teknolojilerin enerji gereksinimleri nedeniyle yeni çevresel değerlendirmeleri de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle, dijital modanın çevresel etkilerini hem pozitif hem de negatif boyutlarıyla ele almak gereklidir.

Dijital moda teknolojilerinin en belirgin avantajı, fiziksel üretim süreçlerini azaltarak doğal kaynak tüketimini ve atık oluşumunu en aza indirmesidir. Bilindiği üzere geleneksel moda endüstrisi, yüksek su tüketimi, kimyasal kullanımı, karbon salımı ve atık üretimi gibi nedenlerle çevre üzerinde ciddi

baskı oluşturmaktadır. Üç boyutlu tasarım, sanal prototipleme ve artırılmış gerçeklik (AR) tabanlı ürün deneyimleri sayesinde koleksiyon geliştirme süreçlerinde kumaş, boya ve aksesuar gibi malzemeler fiziksel olarak kullanılmadan test edilebilmektedir (Glogar vd., 2025). Bu yaklaşım, su ve enerji kullanımını düşürerek moda endüstrisinin karbon ayak izini küçültür. Moda sektörü, küresel karbon emisyonlarının yaklaşık %10'unu oluşturmakta ve dünyanın en büyük ikinci su tüketici endüstrisi olarak gösterilmektedir (Doğan Sözüer & Buluş, 2022). Bu bağlamda, dijital moda, çevresel sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda alternatif bir çözüm alanı sunmaktadır. Ayrıca, talebe göre üretim (on-demand manufacturing) modeli sayesinde, yalnızca sipariş edilen ürünlerin üretilmesi stok fazlası ürün üretimini önlemekte olup satış sonrası ürün imhası gibi israf yaratan uygulamaları ortadan kaldırmaktadır (Yoşumaz & Özkara, 2019).

Sanal defileler, dijital showroom'lar ve artırılmış gerçeklik tabanlı alışveriş deneyimleri, fiziksel örneklerin dünya genelinde taşınması ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır (Dündar, 2023). Böylece numune üretimi, kumaş israfı, fiziksel defile lojistiği gibi çevreyi olumsuz etkileyen uygulamalara gerek kalmamaktadır (Torun & Duran, 2023). Bu durum, moda haftaları gibi etkinliklerde seyahat ve kargo kaynaklı karbon salınımını önemli ölçüde azaltmaktadır. Ayrıca, tüketicilerin ürünleri sanal ortamda deneyimleyebilmesi, yanlış beden ya da model seçiminden kaynaklı iade oranlarını düşürerek lojistik operasyon yükünü hafifletmektedir. Karbon ayak izinin azaltılması, dijital modanın çevresel etkileri açısından en dikkat çekici faydalarındandır. Örneğin, fiziksel koleksiyonların fotoğraf çekimleri, defileler ve mağazalara dağıtım sırasında oluşan enerji tüketimi, dijital defilelerle ve sanal showroom'larla büyük ölçüde önlenebilir. Dijital koleksiyonların üretimi sırasında herhangi bir fiziksel malzeme kullanılmadığı için su tüketimi de sıfırlanmış olur (Dündar, 2023).

Dijital moda, kullan-at tarzı hızlı moda ya karşı da bir alternatif olarak değerlendirilmektedir. NFT tabanlı dijital kıyafetler, yalnızca sosyal medya paylaşımları ya da metaverse ortamlarında kullanılmak üzere tasarlanmakta ve

fiziki atık üretimi oluşturmadıkları için çevreye zarar vermemektedir (Yılmaz & Ceranoğlu, 2022). Ancak dijital modanın çevresel etkilerinin tamamen “nötr” olduğunu söylemek de yanıltıcı olabilir. Dijital moda süreçlerinin çevresel açıdan olumsuz etkilerinden biri, yüksek işlem gücü gerektiren yazılımlar, 3B görselleştirme sistemleri ve blok zincir tabanlı çözümlerin enerji tüketimidir. NFT tabanlı dijital moda koleksiyonları ve blockchain tabanlı ürün pasaportları, proof-of-work mantığıyla çalışan ağlarda yüksek elektrik tüketimiyle karbon salınımına neden olabilir (Düzenli & Perdahçı, 2024). Bu noktada, sürdürülebilir dijital moda için çevre dostu blokzincir teknolojilerinin tercih edilmesi gerekmektedir (Kumaş Şenol & Yıldırım, 2022). Dijital moda platformlarında kullanılan blok zincir tabanlı ürün pasaportları, malzemelerin yaşam döngüsü boyunca izlenebilmesini sağlayarak geri dönüşüm ve yeniden kullanım potansiyelini artırır (Rockett vd., 2025). Bu yaklaşım, geri dönüştürülmüş kumaşların sertifikalandırılması ve tedarik zincirinde şeffaflık sağlanması açısından önemlidir.

Dijital moda, fiziksel üretim ve lojistik süreçlerden kaynaklanan çevresel etkileri azaltma konusunda güçlü bir araçtır; ancak yüksek enerji tüketen teknolojilerin karbon ayak izine olumsuz katkıda bulunabileceği unutulmamalıdır. Bu nedenle, moda endüstrisinin dijitalleşme sürecinde çevresel etkinin net pozitif olabilmesi için yenilenebilir enerji kullanımı, verimli veri merkezleri ve karbon dengeleme stratejilerinin entegrasyonu gereklidir.

6.3 Dijitalleşmenin Atık ve Karbon Emisyonuna Katkısı

Geleneksel moda üretimi, özellikle hızlı moda anlayışıyla birlikte yüksek miktarda tekstil atığı, karbon emisyonu ve doğal kaynak tüketimi gibi çevresel sorunlara neden olmaktadır. Moda sektörünün yıllık yaklaşık 92 milyon ton tekstil atığı ürettiği ve toplam karbon emisyonunun %10'unu oluşturduğu bilinmektedir (Doğan Sözüer & Buluş, 2022). Bu bağlamda dijitalleşme, sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda atık azaltımı ve karbon ayak izinin düşürülmesi açısından önemli bir fırsat olarak değerlendirilmektedir.

Dijital moda üretimi; kumaş kullanımı, fiziksel örnek üretimi, defile organizasyonu ve lojistik gibi süreçleri sanal ortama taşıyarak fiziksel kaynak tüketimini minimuma indirir. Yapay zekâ destekli 3D modelleme ve sanal prototipleme uygulamaları sayesinde koleksiyonlar, fiziksel üretime gerek kalmadan dijital ortamda test edilebilir. Bu süreç, yalnızca materyal tasarrufu sağlamakla kalmaz, aynı zamanda üretim fazlası stokların oluşmasını da engeller (Torun & Duran, 2023). Ayrıca dijital showrooomlar, sanal defileler ve metaverse platformları gibi araçlar sayesinde, markaların koleksiyonlarını tanıtmak için fiziksel mekanlara, seyahatlere veya yüksek enerji tüketen etkinliklere ihtiyaç kalmaz. Bu durum hem karbon emisyonunun hem de operasyonel atıkların azaltılmasına katkıda bulunur. Özellikle pandemi döneminde dijital defilelerin artmasıyla birlikte, modanın çevresel etkisinin azaldığına dair somut veriler elde edilmiştir (Dündar, 2023).

Atık yönetimi açısından da dijitalleşme kritik rol oynamaktadır. Dijital moda ürünleri yalnızca çevrimiçi platformlarda tüketildiği ve fiziksel üretim gerektirmediği için çöp sahalarına ulaşan giysi miktarının düşmesine katkı sağlar. Bu durum, özellikle "kullan-at" kültürünün önüne geçilmesi açısından değerlidir. Ayrıca sanal kıyafetlerin sosyal medyada bir kez kullanılmak üzere tasarlanması, fiziksel ürün tüketiminin yerini dijital deneyime bırakmasını sağlar (Yılmaz & Ceranoğlu, 2022). Öte yandan, dijitalleşmenin de kendi içinde karbon ayak izine sahip olduğunu unutmamak gerekir. NFT teknolojilerinin çalıştığı blokzincir sistemleri, yüksek enerji tüketimine sahiptir. Ethereum gibi proof-of-work tabanlı blokzincirlerin NFT üretiminde kullanılmasının, ciddi oranda elektrik tüketimine ve dolayısıyla karbon salımına yol açtığı bilinmektedir (Kumaş Şenol & Yıldırım, 2022). Ancak bu noktada, enerji verimli algoritmalar ve proof-of-stake gibi daha sürdürülebilir blokzincir sistemleri geliştirilerek bu olumsuz etki azaltılmaya çalışılmaktadır.

Dijitalleşme, moda endüstrisinin çevreye olan etkisini azaltmada önemli bir araç haline gelmiştir. Fiziksel üretim süreçlerinin sanallaştırılması sayesinde atık ve karbon salımı azaltılabilirken, dijital modanın sürdürülebilirlik iddiasının kalıcı olması için dijital altyapının da çevre dostu hale getirilmesi gerekmektedir.

Bubağlamda hem üretim hem de teknoloji kaynaklı emisyonların bütüncül olarak değerlendirilmesi, sürdürülebilir dijital moda stratejilerinin başarısı açısından kritik önemdedir.

6.4 Dijital Ürünlerin Döngüsel Ekonomiye Uyumu

Geleneksel moda endüstrisinde hâkim olan doğrusal ekonomi modeli, "al, üret, tüket ve at" mantığı üzerine kuruludur. Bu model, sınırlı kaynakları aşırı tüketmekte ve büyük miktarda atığın ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda bu yapının terk edilmesi gerektiği artık yaygın biçimde kabul görmekte; bu noktada döngüsel ekonomi hem teorik hem pratik anlamda öne çıkmaktadır. Döngüsel ekonomi, ürünlerin ömrünü uzatmayı, yeniden kullanımını ve geri dönüştürülebilirliğini esas alır. Dijital moda ürünleri, doğası gereği bu ekonomi modeline entegre olmaya son derece elverişlidir (Doğan Sözüer & Buluş, 2022).

Dijital ürünlerin fiziksel kaynak tüketmeden üretilmesi, karbon salımı ve atık üretiminin azaltılması gibi çevresel faydalarının yanı sıra; sınırsız tekrar kullanıma açık olmaları, sürdürülebilirliğe doğrudan katkı sağlamaktadır. Örneğin bir NFT tabanlı dijital giysi, fiziksel olarak eskimez ya da yok olmaz; aynı ürün farklı avatarlar tarafından, farklı platformlarda kullanılabilir. Böylelikle ürünün yaşam döngüsü uzar ve "yeniden kullanıma dayalı" döngüsel ekonomi ilkesi gerçekleştirilmiş olur (Kumaş Şenol & Yıldırım, 2022).

Ayrıca dijital moda ürünleri, yeniden satış ve sahiplik transferine açık sistemler üzerine kuruludur. NFT teknolojisi sayesinde, bir dijital giysi ya da aksesuar, önceki sahiplik bilgilerini koruyarak başka kullanıcılara devredilebilir. Bu durum, fiziksel ikinci el pazarının dijital versiyonunu mümkün kılarak dijital ekonominin döngüsel yapısını destekler (Yılmaz & Ceranoğlu, 2022). Özellikle "collectible" yani koleksiyon niteliğindeki dijital ürünlerin sınırlı sayıda ve izlenebilir olması, bu ürünlerin değerini korumasını ve döngü içinde kalmasını sağlar.

Dijital ürünlerin döngüsel ekonomiye uyumunda bir diğer boyut ise modüler tasarım ve yeniden yapılandırılabilirlik ilkesidir. Sanal giysiler, dijital platformlarda kolayca yeniden biçimlendirilebilir, renk ve stil açısından yeniden işlenebilir. Bu durum, fiziksel üretimde mümkün olmayan bir “yenileme” döngüsünü mümkün kılar. Kullanıcı, aynı ürün üzerinden farklı versiyonlar oluşturabilir ve bu versiyonları tekrar piyasaya sunabilir (Torun & Duran, 2023).

Döngüsel ekonomi bağlamında, dijital ürünlerin sürdürülebilirliği yalnızca çevresel değil, aynı zamanda ekonomik ve sosyal boyutlar da taşır. Dijital ürünlerin yaratıcıları (tasarımcılar, yazılım geliştiricileri vb.), NFT’lerin yeniden satılması durumunda akıllı kontratlar aracılığıyla telif geliri elde edebilir. Bu yapı, adil ve sürekli bir gelir akışı sağlayarak sosyal sürdürülebilirliğe de katkı sunar (Dündar, 2023).

Dijital moda ürünleri, yeniden kullanım, paylaşım, yeniden satış ve yaratıcı modifikasyon gibi döngüsel ekonomi prensiplerine doğuştan uyum gösterir. Fiziksel üretimden bağımsız bu ürünler, kaynak kullanımını minimize etmekle kalmaz; aynı zamanda sürekli değer üreten, yeniden işlenebilen ve izlenebilir sistemler aracılığıyla döngüsellığı destekler. Moda endüstrisinde dijitalleşme, yalnızca teknolojik değil, aynı zamanda ekonomik ve ekolojik dönüşümün de anahtarı konumundadır.

6.5 Yapay Zekâ ve Metaverse’in Moda Endüstrisinde Sürdürülebilir Geleceği

Moda endüstrisi, hızlı trend döngüleri ve yüksek üretim hacmi nedeniyle çevresel sürdürülebilirlik açısından eleştirilen sektörlerin başında gelmektedir (Abanozoğlu& Geyik Değerli, 2022). Son yıllarda yapay zekâ teknolojileri, üretim süreçlerinde kaynak kullanımını azaltmak ve tüketiciye özgü ürünler geliştirmek için yaygın biçimde kullanılmaya başlanmıştır (Torun & Duran, 2023). Paralel olarak Metaverse, fiziksel ve dijital dünyayı bütünleştiren sanal bir evren olarak, moda sektörüne yeni iş modelleri ve tüketici deneyimleri

sunmaktadır (Yılmaz & Ceranoğlu, 2022). Bu iki teknolojinin birleşimi, modanın geleceğinde sürdürülebilirlik odaklı bir dönüşümü mümkün kılmaktadır.

Yapay zekâ, moda endüstrisinde tasarım, üretim ve pazarlama süreçlerini yeniden şekillendiren güçlü bir dönüşüm aracı olarak öne çıkmaktadır. Moda markaları, geçmiş sezonlara ait satış verileri, sosyal medya paylaşımları ve trend raporları gibi geniş veri setlerini yapay zekâ destekli algoritmalarla analiz ederek tüketici eğilimlerini daha isabetli biçimde tahmin edebilmektedir. Bu yaklaşım, koleksiyonların planlanmasında belirsizliği azaltırken, gereksiz üretimin önüne geçerek hem maliyetleri düşürmekte hem de çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır (Torun & Duran, 2023).

Tasarım sürecinde yapay zekâ, yalnızca trend tahmini yapmakla kalmayıp özgün tasarım fikirleri üretebilen yaratıcı bir ortak rolü üstlenmektedir. Görsel tanıma, biçim analizi ve renk kombinasyonu önerileri gibi işlevlerle desteklenen bu teknoloji, tasarımcıların yaratıcılığını artırmakta ve daha kısa sürede daha fazla alternatif tasarım geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Bunun yanı sıra, kişiselleştirilmiş moda deneyimleri de yapay zekânın önemli katkı alanlarından biridir. Tüketicinin beden ölçüleri, stil tercihleri ve önceki alışveriş alışkanlıkları dikkate alınarak önerilen giysi ve aksesuarlar, müşteri memnuniyetini artırmakta ve sadakati güçlendirmektedir (Abanozoğlu & Geyik Değerli, 2022).

Üretim tarafında ise yapay zekâ destekli sistemler, kumaş kesiminde israfı en aza indiren otomasyon çözümleri ve tedarik zinciri optimizasyonu ile öne çıkmaktadır. Hangi ürünlerin hangi miktarlarda üretilmesi gerektiği, talep tahminleri doğrultusunda belirlenerek stok fazlası sorunu en aza indirilmektedir. Ayrıca, üretim süreçlerinin enerji tüketimi ve karbon salınımı açısından daha verimli hâle getirilmesi, yapay zekânın sürdürülebilir moda hedeflerine doğrudan katkı sağladığı bir diğer alandır (Yılmaz & Ceranoğlu, 2022). Bu çerçevede yapay zekâ, moda endüstrisinin hızlı tüketim odaklı yapısını daha çevreci, verimli ve müşteri odaklı bir modele dönüştürme potansiyeline sahiptir. Hem yaratıcı sürecin hem de operasyonel planlamanın merkezine entegre edilen bu teknoloji, sektörün geleceğinde rekabet avantajı

yaratırken, aynı zamanda sürdürülebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilmesine de önemli ölçüde katkı sunmaktadır.

Metaverse ise, fiziksel ve dijital dünyaların etkileşim içinde olduğu, kullanıcıların üç boyutlu sanal ortamlarda avaturları aracılığıyla varlık gösterebildiği yeni nesil bir dijital ekosistem olarak moda endüstrisine önemli fırsatlar sunmaktadır. Sanal gerçeklik (VR), artırılmış gerçeklik (AR) ve blok zinciri teknolojilerinin bütünleşmesiyle oluşan bu evren, geleneksel moda sunum biçimlerini dönüştürerek markalara küresel ölçekte erişim imkânı sağlamaktadır. Moda markaları, bu platformda tüketicilere fiziksel mekân kısıtlarından bağımsız alışveriş deneyimleri sunmakta; sanal mağazalarda 3 boyutlu olarak tasarlanmış ürünler avaturlar üzerinde denenebilmekte ve tamamen dijital koleksiyonlar satın alınabilmektedir (Kumaş Şenol & Yıldırım, 2022).

Metaverse ortamında gerçekleştirilen sanal moda haftaları, defileleri yalnızca belirli bir mekânda ve zamanda değil, dünyanın farklı noktalarındaki kullanıcıların eş zamanlı olarak deneyimleyebileceği küresel etkinliklere dönüştürmektedir. Bu durum, lojistik süreçleri ve seyahat kaynaklı karbon salınımını azaltarak moda etkinliklerini çevresel açıdan daha sürdürülebilir hâle getirmektedir. Ayrıca, NFT tabanlı moda ürünleri, dijital ortamda benzersiz ve doğrulanabilir tasarımlar olarak koleksiyonerlere sunulmakta, böylece fiziksel üretim ihtiyacı ortadan kaldırılabilir (Yılmaz & Ceranoğlu, 2022).

Metaverse'in moda sektöründeki etkisi yalnızca pazarlama ve satışla sınırlı kalmamaktadır. Tasarımcılar, fiziksel dünyada teknik veya malzeme kısıtlamaları nedeniyle mümkün olmayan tasarımları dijital ortamda özgürce hayata geçirebilmektedir. Fütüristik giysi formlarından fizik kurallarını zorlayan aksesuar tasarımlarına kadar uzanan bu yaratıcı alan, modanın estetik sınırlarını yeniden tanımlamaktadır (Abanozoğlu & Geyik Değerli, 2022). Böylece, Moda endüstrisi hem estetik hem de işlevsel açıdan yeni bir ifade biçimi kazanmakta, tüketici ise kişiselleştirilmiş ve etkileşimli bir deneyim dünyasına adım atmaktadır. Metaverse, moda sektörüne sunduğu bu

yeniliklerle hem markalar hem de tüketiciler açısından geleceğin dijital moda ekosistemini şekillendiren stratejik bir alan olarak öne çıkmaktadır. Bu yeni evrende yaratılan dijital ürünler, sürdürülebilirlik, erişilebilirlik ve yaratıcılık ekseninde modanın dönüşümünü hızlandırmaktadır.

Yapay zekâ ile Metaverse'in entegrasyonunu ele alacak olursak, moda endüstrisinin çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlarda daha sürdürülebilir bir yapıya dönüşmesine olanak tanıdığı söylenebilir. Bu iki teknolojinin birlikte kullanımı, tasarım ve üretim süreçlerinden tüketiciye ulaşan son aşamaya kadar değer zincirinin her noktasında yenilikçi çözümler sunmaktadır. Yapay zekâ, veri analitiği ve talep tahminleme yetenekleri sayesinde hangi ürünlerin hangi miktarlarda üretilmesi gerektiğini yüksek doğrulukla öngörebilmekte, böylece gereksiz üretim ve stok fazlası kaynaklı israfın önüne geçmektedir. Metaverse ise fiziksel üretime ihtiyaç duymadan, tamamen dijital koleksiyonların tasarlanması, sergilenmesi ve satılmasına imkân vererek hammadde, su ve enerji kullanımını önemli ölçüde azaltmaktadır (Torun & Duran, 2023).

Bu entegrasyon aynı zamanda döngüsel moda yaklaşımını desteklemektedir. Dijital ortamda yaratılan giysi ve aksesuarlar, NFT teknolojisi sayesinde özgünlükleri korunarak ikinci el piyasada yeniden satılabilmekte, bu da ürünlerin kullanım ömrünü uzatarak kaynak verimliliğini artırmaktadır. Tüketiciler açısından ise Metaverse, sanal defileler, etkileşimli mağaza deneyimleri ve kişiselleştirilmiş avatar giydirme gibi uygulamalarla moda erişimi demokratikleştirirken, sürdürülebilir tüketim alışkanlıklarının benimsenmesini teşvik etmektedir (Abanozoğlu & Geyik Değerli, 2022). Bununla birlikte, yapay zekâ destekli tasarım ve üretim optimizasyonu, karbon ayak izinin küçültülmesinde kritik bir rol üstlenmektedir. Üretim aşamalarında enerji verimliliğini artıran algoritmalar ve lojistik süreçlerde gereksiz taşıma faaliyetlerini en aza indiren planlama sistemleri, sektördeki çevresel yükün hafifletilmesine katkı sağlamaktadır. Metaverse ortamında fiziksel ürün yerine dijital varlıkların tercih edilmesi, moda endüstrisinin en çok eleştirilen unsurlarından biri olan hızlı tüketim modelinin yavaşlatılmasına da yardımcı olmaktadır. Dolayısıyla YZ ve Metaverse'in kesişim noktasında ortaya çıkan bu

yeni ekosistem, yalnızca teknolojik bir yenilik değil, aynı zamanda modanın sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu bir dönüşüm aracı olarak değerlendirilmektedir. Bu dönüşüm hem tasarımcılar hem markalar hem de tüketiciler açısından daha sorumlu, verimli ve çevre dostu bir moda anlayışının temelini oluşturmaktadır.

Yapay zekâ ve Metaverse teknolojilerinin moda endüstrisindeki yansımaları, özellikle son yıllarda önde gelen markaların geliştirdiği projelerle somut biçimde görülmektedir. Dolce&Gabbana, Metaverse moda haftasında avatarlar için tasarladığı dijital koleksiyonları NFT formatında sunarak, hem sanal dünyada marka kimliğini güçlendirmiş hem de yeni bir gelir modeli oluşturmuştur (Kumaş Şenol & Yıldırım, 2022). Gucci ise yalnızca dijital ortamda giyilebilen ayakkabı ve aksesuar koleksiyonları tasarlayarak, fiziksel üretime gerek duymadan küresel ölçekte tüketiciye ulaşmayı başarmıştır. Benzer şekilde Balenciaga, popüler çevrim içi oyunlardan Fortnite ile iş birliği yaparak oyun içi karakterler için sanal kostümler geliştirmiş, böylece moda ve dijital eğlence dünyaları arasındaki sınırları bulanıklaştırmıştır (Abanozoğlu & Geyik Değerli, 2022). Bu örnekler, dijital platformların markalar açısından yalnızca bir tanıtım alanı olmadığını, aynı zamanda tüketiciyle etkileşim kurulan, deneyim odaklı bir pazar yeri işlevi gördüğünü ortaya koymaktadır. Sanal defileler, avatar tabanlı giydirme uygulamaları ve NFT koleksiyonları aracılığıyla markalar, fiziksel üretim ve lojistik süreçlerine bağlı olmaksızın küresel erişim elde etmekte, böylece karbon ayak izini de azaltmaktadır. Ayrıca, yaratıcı tasarım olanaklarının genişlemesiyle birlikte, fiziksel dünyada mümkün olmayan fütüristik giysi formları ve malzeme deneyleri, Metaverse ortamında hayata geçirilebilmektedir (Yılmaz & Ceranoğlu, 2022). Bu yenilikçi uygulamalar, modanın geleceğinde teknolojinin yalnızca bir araç değil, aynı zamanda marka stratejisinin merkezinde yer alan bir unsur haline geldiğini göstermektedir. Dijitalleşme sayesinde hem sürdürülebilirlik hedeflerine yaklaşmakta hem de tüketiciyle kurulan bağ daha güçlü, kişiselleştirilmiş ve etkileşimli bir yapıya bürünmektedir.

7. TÜRKİYE VE KÜRESEL UYGULAMALARDAN ÖRNEKLER

Küresel ölçekte dijital moda ve metaverse pazarları, son yıllarda dikkat çekici bir büyüme trendi sergilemektedir. 2023 yılı itibarıyla metaverse moda pazarının toplam değeri yaklaşık 3,33 milyar ABD doları olarak hesaplanmış olup, bu pazarın 2032 yılına kadar yıllık bileşik büyüme oranı (CAGR) %35,3 seviyelerinde olacak şekilde yaklaşık 50 milyar dolara ulaşması beklenmektedir (Market ResearchFuture, 2023). Bu büyüme, özellikle genç tüketici gruplarının dijital kimlik ve kişiselleştirilmiş deneyimlere olan ilgisiyle desteklenmektedir.

Benzer biçimde, dijital giyim pazarı da benzer şekilde büyüme göstermektedir. Allied Market Research (2022) tarafından yayımlanan rapora göre, bu pazarın 2021 yılında 498,7 milyon ABD doları düzeyinde olduğu, ancak 2031 yılına kadar %26,4 CAGR ile büyüyerek yaklaşık 4,8 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Söz konusu artışta, sanal giyim ürünlerinin sosyal medya avatarları, oyun içi karakterler ve metaverse platformlarında yaygınlaşması etkili olmuştur.

Bu teknolojik gelişmelerin paralelinde, akıllı tekstil ve giyilebilir teknolojiler alanında da önemli atılımlar gerçekleşmektedir. Örneğin, duygudurum düzenleyici özelliklere sahip giyilebilir tekstiller, bireylerin stres düzeylerini ve ruh hâllerini takip ederek renk, ısı ya da titreşim gibi tepkilerle geri bildirim sağlayabilmektedir (Dejene, 2025). Bu tür çözümler, özellikle zihinsel sağlık ve duygusal refahın ön planda olduğu yeni nesil kullanıcı deneyimlerini hedeflemektedir.

Diğer yandan, giyilebilir giysi teknolojilerinde yapay zekâ destekli izleme sistemleri ile donatılmış kumaşlar, sağlık ve spor endüstrilerinde yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu sistemler; kalp atış hızı, kas aktivitesi, vücut duruşu ve hareket analizi gibi biyofiziksel verileri algılayarak, kullanıcıya anlık geri bildirim sağlayan akıllı platformlara entegre edilmektedir. Aynı teknolojiler askeri giyim, acil müdahale ekipmanları ve yaşlı bakım hizmetleri gibi alanlarda da kullanılmaktadır (Yadav, 2025). Bu uygulamalar yalnızca moda değil, fonksiyonel tekstil tasarımı açısından da dijitalleşmenin çok boyutlu etkilerini yansıtmaktadır.

7.1 Türkiye’de Dijital Moda Gelişmeleri

Moda endüstrisi, teknolojik dönüşümün en hızlı yaşandığı yaratıcı sektörlerden biri olarak, dijitalleşme sürecinde önemli bir evrimden geçmektedir. Web3 teknolojileri, blok zinciri (Blockchain), NFT’ler (Non-FungibleToken) ve yapay zekâ (YZ) gibi yenilikçi araçlar, moda üretiminden tüketici deneyimine kadar birçok alanı dönüştürmektedir (Allied Market Research, 2023). Özellikle dijital moda kavramı, sanal ortamda tasarlanıp üretilen kıyafet ve aksesuarların, sanal gerçeklik (VR), artırılmış gerçeklik (AR) ve metaverse ortamlarında kullanılmasıyla moda anlayışını yeniden tanımlamaktadır.

Dijital moda, başlangıçta sanal defileler ve sosyal medya filtreleri aracılığıyla popülerlik kazanmış, 2021–2022 döneminde metaverse ekosistemindeki hızlı gelişmelerle gündeme oturmuştur. Metaverse ortamında giyilebilecek dijital kıyafetler, kripto para piyasasının yükselişle birlikte spekülatif alım-satım faaliyetlerinin de konusu olmuştur. Allied Market Research (2023) verilerine göre, küresel dijital moda pazarı 2023’te 1,5 milyar dolar değerindeyken, 2030’a kadar %10,2 bileşik büyüme oranıyla 3,6 milyar dolara ulaşması beklenmektedir. Bu büyüme, VR ve AR teknolojilerinin yaygınlaşması ve NFT pazarının yeniden canlanmasına bağlıdır. Türkiye’de de dijital moda hem genç tasarımcılar hem de teknoloji girişimleri için yeni bir gelir modeli ve pazarlama kanalı olarak öne çıkmaktadır. Yerli moda markalarının NFT koleksiyonları, dijital defileler ve AR tabanlı alışveriş uygulamaları, sektördeki dijitalleşme eğilimini güçlendirmektedir.

3D baskı teknolojileri, tasarımcılara fiziksel üretim sınırlamalarından bağımsız olarak özgün ve karmaşık parçalar yaratma olanağı tanımaktadır (Berman, 2012). Bu bağlamda, Türkiye’de moda teknolojileri alanında çalışan girişimler, üç boyutlu dokuma tekniklerinden sürdürülebilir malzeme araştırmalarına kadar çeşitli inovatif projelere yönelmektedir. Örneğin, uluslararası ölçekte ilgi gören Unspun girişiminin aldığı 32 milyon dolarlık yatırım, iklim krizi odaklı akıllı tekstil projelerinin potansiyelini ortaya koymaktadır. Giyilebilir teknolojiler ise yalnızca estetik değil, aynı zamanda işlevsellik de sunmaktadır.

Sağlık izleme sensörleri, interaktif ekranlar ve kullanıcı etkileşimini artıran AR deneyimleri, dijital modanın tüketici nezdinde değerini artırmaktadır (Textile School, 2025).

Beyoncé'nin Rönesans turnesinde giydiği, Japon moda markası Anrealage tarafından tasarlanan "Piramid Elbise" projesi, dijital ve fiziksel modanın entegrasyonuna dair çarpıcı bir örnektir. Elbise, ışığa bağlı olarak renk değiştiren kumaşlar ve 3D modelleme teknikleriyle üretilmiş, Apple Vision Pro üzerinden interaktif bir sergi deneyimi sunmuştur. Bu tür projeler, Türkiye'deki moda tasarımcıları için hem uluslararası görünürlük hem de yaratıcı teknoloji kullanımı açısından ilham verici potansiyeller taşımaktadır. Türkiye'de benzer yaklaşımların, yerel kültürel unsurları dijital moda tasarımlarına entegre ederek hem küresel pazarda farklılaşma hem de sürdürülebilir üretim modellerini güçlendirme fırsatı bulunmaktadır. AR destekli sanal deneme kabinleri ve NFT tabanlı sınırlı sayıda dijital koleksiyonlar hem tüketici deneyimini zenginleştirecek hem de moda markalarının çevresel ayak izini azaltabilecektir.

7.2 Uluslararası Öne Çıkan Uygulamalar

Günümüzde moda sektörü, dijitalleşmenin en yoğun etkilerini hisseden endüstrilerden biri hâline gelmiştir. Özellikle yapay zekâ (YZ) ve Metaverse teknolojilerinin birleşimi, tasarım, üretim ve tüketim süreçlerinde köklü değişimlere zemin hazırlamaktadır. Geleneksel moda anlayışı, yalnızca fiziksel ürün ve defile deneyimi ile sınırlıyken; artık sanal ortamda, veri odaklı ve kişiselleştirilmiş tasarım süreçleriyle desteklenen hibrit bir yapıya evrilmektedir.

Metaverse, üç boyutlu sanal ortamların etkileşimli biçimde deneyimlenmesini sağlayan, blok zinciri, artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) gibi teknolojilerin birleşiminden oluşan bir dijital ekosistem olarak tanımlanmaktadır (Mystakidis, 2022). Moda endüstrisinde Metaverse kullanımı, yalnızca görsel deneyim sunmakla kalmamakta; NFT tabanlı dijital koleksiyonlar, sanal defileler ve avatar giydirme uygulamaları gibi yeni iş

modellerini de mümkün kılmaktadır. Yapay zekâ ise moda sektöründe, tasarım fikirlerinin otomatik üretilmesinden trend tahminlerine, kumaş desen optimizasyonundan sanal deneme kabinlerine kadar çok geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Özellikle metin ile görsel arasında dönüşüm sağlayan “text-to-image” üretici modeller, tasarımcıların yaratıcılığını veri destekli biçimde artırmaktadır.

Son dönemde Fashion-RAG gibi yapay zekâ sistemleri, kullanıcıların metinsel açıklamalarını kullanarak önce ilgili görselleri veri tabanından çekmekte, ardından bunları StableDiffusion tabanlı bir jeneratif model aracılığıyla özgün tasarımlara dönüştürmektedir. Bu yaklaşım, tasarım sürecini yalnızca profesyonellerin tekelinden çıkararak, kullanıcı katılımını ve kişiselleştirilmiş üretimi teşvik etmektedir. Fashion-RAG; kullanıcıların metin girdilerini görsellerle destekleyerek moda öğeleri yaratmalarını sağlayan yeni bir modeldir. RAG yaklaşımı, metin açıklamasına uygun görselleri önce veri tabanından çeker, ardından bu öğeleri StableDiffusion tabanlı jeneratif işlemlerle entegre ederek kişiselleştirilmiş moda tasarımları sunar. Bu yöntem, sanal deneme deneyimini görsel doğruluk ve detay bakımından önemli ölçüde geliştirir.

Benzer biçimde, DressCode adlı bir başka model, kullanıcıların doğal dil ile yönlendirdiği girdileri üç boyutlu kıyafet tasarımlarına dönüştürebilmektedir. DressCode sistemi; kullanıcıların doğal dil girdilerini kullanarak üç boyutlu giysi oluşturmaya imkân veren güçlü bir framework’tür. ‘SewingGPT’ adlı GPT-tabanlı bir model, dikiş desenlerini ve yapılarını metin aracılığıyla öbekler (tokensequence) olarak üretir; ardından StableDiffusion tabanlı bir mekanizma PBR (physically-basedrendering) dokularını üretir. Sonuçta elde edilen modeller; animasyon ve sahneleme süreçlerine sorunsuz entegre edilebilir. Bu tür sistemler, moda evlerinin koleksiyon geliştirme sürelerini kısaltmakta ve prototip maliyetlerini önemli ölçüde düşürmektedir.

GarmentDiffusion, çok modlu girdiler (metin, resim, eksik desen) kullanarak 3B dikiş desenleri oluşturabilen yenilikçi bir modeldir. Bu sistem,

DressCode'unSewingGPT modeline göre 10 kat daha kısa token dizisi ve 100 kat daha hızlı üretim performansı sunar. Bu sayede, prototipleme ve üretim süreçlerinde verimlilik ve çeşitlilik açısından yeni bir seviye sağlanmıştır. ClothDreamer, metin girdilerinden giyilebilir 3B giysi modelleri üreten bir sistemdir. 'DisentangledClotheGaussianSplatting (DCGS)' adlı yaklaşımı sayesinde, beden ve kıyafeti ayrı Gaussian modellemeleriyle düzenleyerek, her ikisini de kontrol edilebilir hale getirir. Böylelikle, metin açıklamalarına sadık kalarak avatarlar için fiziksel olarak uyarlanabilir giysi modelleri oluşturulur.

Tailor, hem 3B insan avatarı hem de buna uyumlu giysi modellerini tamamen metin girdisinden üreten bütünlük bir sistemdir. Üç aşamalı işleyiş; metingirdisini beden oranlarına ve giysi şablonlarına dönüştürür, geometri tabanlı deformasyon ile uygunluk sağlar ve simültasyon-hazır kaplama dokuları üretir. Böylece metinden doğrudan gerçekçi ve animasyona hazır avatar-giysi kombinasyonları elde edilir.

Metaverse ortamında ise sanal defileler, dijital showroom'lar ve avatar tabanlı ürün denemeleri giderek yaygınlaşmaktadır. Balenciaga ve Gucci gibi markalar, Roblox ve Fortnite gibi çevrimiçi platformlarda sanal koleksiyonlar sergileyerek genç tüketici segmentine ulaşmada önemli başarılar elde etmiştir. Bu sayede, hem fiziksel üretimden kaynaklanan karbon ayak izi azaltılmakta hem de sınır ötesi erişim kolaylaştırılmaktadır.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmanın genel değerlendirmesi, dijital modanın yapay zekâ ve metaverse teknolojileri ile bütünleşerek moda endüstrisinin tüm değer zincirini yeniden yapılandırıldığını ortaya koymaktadır. Geleneksel moda anlayışının sınırlarını aşan bu dönüşüm, yalnızca tasarım ve sunum biçimlerinde yenilik yaratmakla kalmamakta, aynı zamanda sürdürülebilirlik, döngüsel ekonomi ve çevresel sorumluluk ekseninde yeni standartlar geliştirilmesine zemin hazırlamaktadır.

Çalışma kapsamında ulaşılan bulgular, üç temel eksen üzerinde yoğunlaşmaktadır. Birincisi, tasarım ve üretim süreçlerinde dijitalleşmenin sağladığı verimlilik artışıdır. Günümüzde moda tasarımcıları, yapay zekâ tabanlı trend analizi araçları sayesinde yalnızca mevcut modayı takip etmekle kalmamakta, aynı zamanda sosyal medya etkileşimleri, arama motoru trendleri, satış verileri ve hatta sokak modası görüntülerinden elde edilen büyük veri setlerini analiz ederek gelecekteki eğilimleri yüksek doğrulukla öngörebilmektedir. Örneğin, yapay zekâ destekli platformlar, belirli renk paletlerinin, kumaş dokularının veya kesim stillerinin önümüzdeki sezon ne ölçüde popüler olacağını tahmin ederek tasarım sürecini daha stratejik hale getirmektedir.

Bununla birlikte, kişiselleştirilmiş tasarım önerileri sağlayan algoritmalar, tüketici tercihlerini analiz ederek bireye özel ürün tasarımları önerebilmekte, bu sayede “tek tip” üretim anlayışının yerine talebe dayalı üretim modeli uygulanabilmektedir. Örneğin, bir e-ticaret platformu, müşterisinin önceki satın alma verilerini ve tarama davranışlarını analiz ederek, ona özel renk ve model seçenekleri sunabilir. Böylece müşteri memnuniyeti artarken, satılmayan ürün stokları ve buna bağlı kaynak israfı önemli ölçüde azalır.

3B modelleme ve sanal prototipleme teknolojileri de tasarım ve üretim aşamalarında köklü değişiklikler yaratmaktadır. Tasarımcılar, fiziksel numune üretmek yerine dijital ortamda gerçeğe en yakın biçimde üç boyutlu kıyafet

tasarlayabilir, kumaşın düşüşünü, kıvrımlarını, esnekliğini ve ışık altında nasıl görüneceğini simüle edebilir. Bu yaklaşım, geleneksel süreçlerde aylar sürebilecek tasarım ve numune onay aşamalarını günlere, hatta saatlere indirebilmektedir. Örneğin, bir moda markası, yeni sezon koleksiyonunu tamamen dijital olarak oluşturup onayladıktan sonra yalnızca talep edilen parçaları fiziksel olarak üretebilir; bu da hem maliyetleri hem de çevresel etkiyi azaltır.

Ayrıca, sanal prototipleme ile yapılan koleksiyon önizlemeleri, fiziksel defilelerin yerini alarak markalara küresel ölçekte erişim imkânı sunar. Tasarımcı, Paris, New York veya Tokyo'daki potansiyel alıcıya ürününü göndermeden önce sanal ortamda deneyimleme olanağı tanıyabilir. Bu sayede lojistik maliyetler ortadan kalkar, karbon emisyonu düşer ve koleksiyon onay süreçleri hızlanır. Kısacası, dijitalleşmenin tasarım ve üretim süreçlerinde yarattığı bu verimlilik artışı, yalnızca üretim hızını ve maliyet etkinliğini artırmakla kalmamakta, aynı zamanda gereksiz stok oluşumunu önleyerek çevresel sürdürülebilirliği güçlendiren stratejik bir dönüşüm sağlamaktadır.

İkinci eksen, tüketici deneyiminin yeniden tanımlanmasıdır. Metaverse ortamları, markaların tüketicilerle kurduğu geleneksel etkileşim kanallarını dönüştürerek, sınırları fiziksel mekânlarla sınırlı olmayan, zamandan bağımsız ve tamamen kişiselleştirilmiş bir iletişim biçimi yaratmaktadır. Bu dijital evrenlerde markalar, sanal mağazalar, interaktif showroom'lar ve marka deneyim alanları tasarlayarak tüketiciyi yalnızca bir alıcı değil, aynı zamanda sürecin aktif bir katılımcısı haline getirmektedir. Örneğin, bir moda markası metaverse içinde kurduğu sanal alışveriş merkezinde, müşterilere avaturları aracılığıyla kıyafetleri deneyimleme, kombin önerilerini gerçek zamanlı olarak görme ve diğer kullanıcılarla sosyal etkileşime girme imkânı sunabilmektedir.

Sanal defileler, bu dönüşümün en dikkat çekici örneklerinden biridir. Fiziksel defilelerin aksine, sanal defileler dünyanın her yerinden izleyicilere eş zamanlı erişim sağlamakta, seyahat, lojistik ve mekân kiralama gibi yüksek maliyetleri ortadan kaldırmakta ve karbon ayak izini önemli ölçüde düşürmektedir.

Örneğin, Balenciaga'nın dijital defilesi, küresel ölçekte milyonlarca izleyiciye ulaşarak geleneksel defilelerde mümkün olmayan bir erişim düzeyi yakalamış; aynı zamanda tüm sürecin dijital olması nedeniyle çevresel etkiler en aza indirilmiştir.

Avatar giydirme uygulamaları, tüketici deneyimini tamamen kişiselleştiren bir başka teknolojidir. Bu uygulamalar, kullanıcıların kendi avatarlarını seçtikleri kıyafetlerle donatarak sanal ortamda dolaşmasına olanak tanır. Örneğin, bir kullanıcı metaverse içerisindeki bir butiğe giderek dijital bir ceket satın alabilir ve avatarı aracılığıyla bunu anında giyebilir. Bu deneyim, hem kişisel tarzı ifade etme özgürlüğü sunmakta hem de fiziksel ürün üretimine ihtiyaç duymadığı için çevresel maliyeti minimize etmektedir.

Artırılmış gerçeklik (AR) tabanlı alışveriş deneyimleri, fiziksel ve dijital dünya arasındaki sınırı bulanıklaştırarak tüketicinin ürünleri satın almadan önce gerçekçi şekilde deneyimlemesini sağlar. Örneğin, bir mobil uygulama aracılığıyla kullanıcı kendi vücudu üzerinde AR teknolojisi ile sanal bir elbiseyi görebilir, farklı renk ve desen seçeneklerini deneyebilir. Bu uygulama, özellikle çevrim içi alışverişlerde iade oranlarını düşürmekte ve gereksiz lojistik taşımaları önleyerek karbon emisyonunu azaltmaktadır.

NFT tabanlı dijital koleksiyonlar ise yalnızca estetik bir dijital ürün sunmanın ötesine geçerek, tüketiciye dijital sahiplik hakkı, yatırım potansiyeli ve topluluk aidiyeti kazandırmaktadır. Örneğin, Gucci'nin NFT koleksiyonu, sahiplerine özel metaverse etkinliklerine giriş hakkı tanımış ve bu NFT'ler ikincil piyasalarda değer kazanarak yatırım aracı haline gelmiştir. Böylelikle, moda ürünü yalnızca giyilen bir nesne olmaktan çıkarak, dijital kimliğin ve sosyal statünün bir parçasına dönüşmüştür. Kısacası, metaverse, sanal defileler, avatar giydirme uygulamaları, artırılmış gerçeklik tabanlı alışveriş deneyimleri ve NFT tabanlı koleksiyonlar; tüketici ile marka arasındaki ilişkiyi yalnızca ticari bir etkileşimden çıkarıp, sosyal, kültürel ve teknolojik boyutları olan çok katmanlı bir deneyime dönüştürmektedir.

Üçüncü eksen ise sürdürülebilirlik ve çevresel etki yönetimidir. Dijital moda, geleneksel moda üretiminde ortaya çıkan yoğun su, enerji ve hammadde tüketimini önemli ölçüde azaltma potansiyeline sahiptir. Örneğin, fiziksel bir moda koleksiyonu hazırlanırken numune üretimi için onlarca farklı kumaş, aksesuar ve boyama işlemi kullanılırken; dijital moda tasarımında bu aşamalar tamamen sanal ortamda gerçekleştirildiğinden, litrelerce suyun, kilogramlarca tekstil malzemesinin ve kimyasal boyanın tüketimi ortadan kalkmaktadır. Bu durum, moda sektörünün bilinen en büyük çevresel sorunlarından biri olan su israfı ve kimyasal atık üretimi problemini ciddi ölçüde azaltmaktadır.

Sanal defileler ve dijital showroom'lar, geleneksel moda tanıtım etkinliklerinin neden olduğu yüksek karbon salımını engelleyerek sürdürülebilirliğe doğrudan katkı sağlamaktadır. Örneğin, Paris veya New York Moda Haftası gibi etkinliklerde markaların ve davetlilerin yüzlerce uluslararası uçuş gerçekleştirmesi, otel konaklamaları ve fiziksel defile altyapısının kurulumu ciddi bir karbon ayak izi yaratmaktadır. Oysa bir marka, tüm koleksiyonunu metaverse ortamında tanıttığında, hem lojistikten kaynaklanan emisyon ortadan kalkmakta hem de üretim ve taşıma süreçleri minimuma inmektedir. Gucci ve TommyHilfiger gibi markalar, son yıllarda koleksiyonlarının bir kısmını tamamen dijital olarak sunarak bu yöntemin potansiyelini göstermiştir.

Talebe göre üretim (on-demandproduction) modeli, dijital moda sayesinde daha kolay uygulanabilir hale gelmiştir. Bu modelde ürün, ancak sipariş alındığında fiziksel olarak üretilir. Böylece gereksiz stok üretimi ortadan kalkar, depolama maliyetleri azalır ve atık tekstil miktarı minimuma iner. Örneğin, bir tüketici önce dijital olarak satın aldığı kıyafeti avatarı üzerinde deneyebilir, ardından beğenirse fiziksel versiyonu üretilir. Bu yöntem hem müşteri memnuniyetini artırır hem de üretim kaynaklarını verimli kullanır.

Bununla birlikte, dijital moda süreçlerinin kendi karbon ayak izini yaratan unsurları da göz ardı edilemez. Özellikle NFT tabanlı dijital koleksiyonların saklandığı ve transfer edildiği blok zincir ağları, kullanılan protokole bağlı olarak yüksek enerji tüketimine yol açabilmektedir. Örneğin, Ethereum'un eski

“proof-of-work” mekanizması büyük miktarda elektrik gerektirirken, daha yeni “proof-of-stake” sistemine geçiş enerji tüketimini %99’dan fazla azaltmıştır. Dolayısıyla, moda markalarının çevresel iddialarını desteklemek için bu tip enerji verimli protokolleri tercih etmesi kritik önem taşır.

Benzer şekilde, 3B modelleme ve render süreçleri, yüksek işlem gücü gerektirdiğı için enerji tüketimini artırabilir. Özellikle gerçekçi doku simülasyonları, ışık hesaplamaları ve animasyon render’ları sırasında kullanılan grafik işlemciler (GPU’lar) büyük miktarda elektrik tüketmektedir. Bu nedenle tasarım süreçlerinde enerji verimli yazılımların ve donanımların kullanılması, ayrıca veri merkezlerinin yenilenebilir enerji kaynakları ile çalıştırılması önemlidir. Örneğın, bazı tasarım stüdyoları güneş enerjisiyle çalışan render çiftlikleri kurarak karbon nötr bir üretim modeli geliştirmiştir.

Son olarak, dijital moda projelerinin karbon dengeleme (carbonoffsetting) mekanizmalarını devreye alması, sürdürülebilirlik iddialarının inandırıcılığını güçlendirebilir. Bu kapsamda, dijital moda markaları, sattıkları her NFT veya dijital kıyafet için belirli bir miktarda ağaç dikme, yenilenebilir enerji projelerine yatırım yapma veya karbon kredisi satın alma gibi uygulamalar geliştirebilir. Böylece dijitalleşmenin çevresel faydaları, kendi enerji tüketiminden doğan olumsuz etkilerle dengelenebilir.

Bu bulgular ışığında, moda endüstrisinin geleceğine yönelik bazı stratejik öneriler geliştirilmiştir. Öncelikle, NFT tabanlı koleksiyonlar ve dijital ürün pasaportlarında enerji verimli blok zincir protokollerine (ör. proof-of-stake) geçiş teşvik edilmelidir. Veri merkezleri ve dijital üretim altyapıları, yenilenebilir enerji kaynaklarıyla beslenmeli ve karbon emisyonlarının izlenebilirliğı sağlanmalıdır. Markalar, sürdürülebilirlik uygulamalarını yalnızca üretim süreçlerinde değil, tüketici iletişiminde de şeffaf biçimde sunmalı; kullanılan malzemelerin kaynağı, üretim koşulları ve karbon ayak izi bilgilerini dijital platformlarda erişilebilir hale getirmelidir. Tüketicinin sürdürülebilir dijital moda konusunda bilinçlendirilmesi, yalnızca çevresel farkındalık yaratmakla kalmayacak, aynı zamanda marka sadakatini güçlendirecektir. Bu

amaçla sosyal medya kampanyaları, interaktif metaverse etkinlikleri ve kullanıcı kaynaklı içeriklerin yaygınlaştırılması önemli bir stratejik araçtır.

Ayrıca, fiziksel ve dijital modanın entegre edildiği hibrit koleksiyon modelleri geliştirilerek hem geleneksel moda tüketicisine hem de dijital moda ilgililere hitap edilebilir. Bu yaklaşım, pazar çeşitliliğini artırırken, fiziksel üretimi sınırlı tutarak çevresel etkiyi düşürür. Küçük ölçekli tasarımcı ve girişimcilerin dijital moda araçlarına erişiminin kolaylaştırılması ise küresel ölçekte daha demokratik ve kapsayıcı bir tasarım ekosisteminin oluşmasına katkı sağlayacaktır. Döngüsel ekonomi prensiplerinin desteklenmesi amacıyla, dijital ürünlerin yeniden satış, yeniden tasarım ve farklı platformlarda tekrar kullanıma uygun formatlarda üretilmesi teşvik edilmelidir.

Sonuç olarak, yapay zekâ ve metaverse entegrasyonu ile şekillenen dijital moda, moda endüstrisinin sürdürülebilirlik, erişilebilirlik ve yaratıcılık ekseninde yeniden yapılanmasına olanak tanıyan stratejik bir dönüşüm alanıdır. Bu dönüşümün uzun vadeli değer yaratabilmesi, yalnızca teknolojik inovasyonlara değil, aynı zamanda enerji verimliliği, şeffaflık, etik üretim ve tüketici odaklı sürdürülebilirlik politikalarının eş zamanlı olarak uygulanmasına bağlıdır. Doğru yönlendirilmiş dijital moda stratejileri, küresel ölçekte hem çevreye duyarlı hem de kültürel çeşitliliği destekleyen bir moda ekosisteminin inşasında kritik rol oynayacaktır.

KAYNAKLAR

- Abanozoğlu, B., & Geyik Değerli, N. (2022). Metaverse evreninde lüks moda markalarından uygulama örnekleri. İstanbul Aydın Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 14(4), 464–482.
- Akhtar, T. (2021, 4 Ağustos). British fashion brand Burberry releases first NFTs. Coindesk. <https://www.coindesk.com/markets/2021/08/04/british-fashion-brand-burberry-releases-first-nfts/>
- Akikol, A. (2022). Süper akıllı toplum 5.0 ve dijital iletişim teknolojilerinin moda tasarımına etkileri (Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul). İstanbul Üniversitesi Dijital Arşivi.
- Allied Market Research. (2022). Digital clothing market by technology and application: opportunity analysis and industry forecast, 2022–2031. <https://www.alliedmarketresearch.com/digital-clothing-market-A31864>
- Allied Market Research. (2023). Digital fashion market by technology and application: opportunity analysis and industry forecast, 2023–2030. Global
- Berman, B. (2012). 3-D printing: The new industrial revolution. Business Horizons, 55(2), 155–162. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2011.11.003>
- Cecchetto, G. (2023). The metaverse and the impact of NFTs on the luxury fashion sector: A comparative analysis of value creation, brand engagement, and consumer perceptions. Politecnico di Torino.
- Cengiz, G. (2021). Sürdürülebilir tüketim ekseninde sürdürülebilir moda pazarlaması uygulamaları. İktisadi ve İdari Yaklaşımlar Dergisi, 3(2), 130–143.
- Cengiz, H., Karapınar, B., Çamkesen, F., & Diğerleri. (2016). Sosyal ağ sitelerinde marka temelli içeriklerin paylaşılmasına yönelik güdülerin incelenmesi: Facebook örneği. İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 5(3), 611–633.
- CLO Virtual Fashion Inc. (t.y.). 3D garments simulation interface. CLO 3D Software. Erişim adresi: <https://www.clo3d.com/>
- Çete, Ş. (2021, 4 Haziran). Gucci de NFT furmasına kapıldı. ArtDog İstanbul. <https://artdogistanbul.com/gucci-de-nft-furmasına-kapildi/>

- Dejene, B. K. (2025). Wearablesmarttextilesformoodregulationandemotionalfeedback. SAGE Open Materials, 14(1), 47–61. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/15280837251314190>
- Doğan-Sözüer, Z., & Buluş, H. E. (2022). Dijitalleşme sürecinin tekstil ve moda tasarımı eğitimindeki avantaj ve dezavantajları üzerine bir inceleme. Journal of CommunicationScienceResearches, 3(1), 74–84.
- Dündar, S. K. (2023). Dijital moda: Endüstri 4.0 çağında kimlik, beden ve kıyafet etkileşimindeki dönüşüm ve kültürel devrim. Journal of Arts, 6(4), 317–324. <https://doi.org/10.31566/arts.2143>
- Düzenli, K., &Perdahçı, Z. N. (2024). Sanatın yeni dijital çağı: NFT'ler ve kullanım alanları. Yedi (Sanatta Dijitalizm Özel Sayısı), 17–33. <https://doi.org/10.17484/yedi.1410042>
- Glogar, M., Petrak, S., &MahnićNaglić, M. (2025). Digitaltechnologies in thesustainable designanddevelopment of textilesandclothing—A literaturereview. Sustainability, 17(4), 1371. <https://doi.org/10.3390/su17041371>
- Hadi, R., Melumad, S., & Park, E. S. (2023). Themetaverse: A newdigitalfrontierforconsumerbehavior. Journal of Consumer Psychology, 34(1), 142–166. <https://doi.org/10.1002/jcpy.1356>
- Ibberson, H. (2022). What is themetaverseandwhatdoes it meanforretail?, Blog edited, <https://blog.edited.com/blog/the-metaverse>
- Jucutan, MJ. (2021). Vansentersroblox, brings a skateparkexperience, Gadgetmatch, <https://www.gadgetmatch.com/vans-world-roblox-skatepark/>
- Kose, S. G., & Aydin, K. (2020). Sürdürülebilir moda perakendeciliği: Tüketici algıları üzerine bir araştırma. Istanbul Business Research, 49(1), 86–116. <http://doi.org/10.26650/ibr.2020.49.0099>
- Kumaş Şenol, N., & Yıldırım, A. (2022). Metaverse evreninde avatar modası üzerine bir inceleme: Dolce ve Gabbana örneği. International AcademicSocialResourcesJournal, 7(42), 1238–1244.
- Lapatoura, I. (2023). NFTs, digitalworldsandbrandprotection in fashion: A UK/Europeanintellectualpropertyperspective. International Journal of Law in Changing World, Special IssueNFTs, 141–152. <https://doi.org/10.54934/ijlcw.v2i3.54>
- Marketing Türkiye. (2022, 29 Eylül). Kış'ı'dan Türkiye'nin ilk canlı meta defilesi!. Marketing Türkiye.

<https://www.marketingturkiye.com.tr/haberler/trend/kigili-meta-defilesi/>

Mazzù, M. F., Pozharliev, R., & Della Sala, I. (2025). Luxury in the metaverse: A digital renaissance or a fading mirage? *California Management Review*.

McKinsey & Company. (2018). The state of fashion 2018. *Business of Fashion*.

Market Research Future. (2023). Metaverse in fashion market research report—Global forecast till 2032. <https://www.marketresearchfuture.com/reports/metaverse-in-fashion-market-32116>

Mystakidis, S. (2022). Metaverse. *Encyclopedia*, 2(1), 486–497. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010031>

Olgun, B. A., & Turan, F. K. (2022). Tekstil sektöründe dijital dönüşüm ve tekstil firmalarının Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyini belirlemeye yönelik bir çalışma. *Tekstil ve Mühendis*, 29(125), 28–40. <https://doi.org/10.7216/1300759920222912504>

Önder, N. (2021, 17 Mart). Gucci yeni dijital ayakkabısını 12 Dolar’dan satışa sundu!. *Marketing Türkiye*. <http://marketingturkiye.com.tr/haberler/gucci-yeni-dijital-ayakkabisini-12-dolardan-satisa-sundu/>

Özmen, Ebru. (2018) Sosyal Medya ve Modanın Dijitalleşmesi Arasındaki İlişkiyi Tanımlamaya Yönelik Bir Durum Çalışması: Y Kuşağı Örneği. *Akdeniz Üniversitesi İletişim Fakültesi Dergisi*, (AKİL) Haziran (29) s. 128-150

Öztürk, S. A. (2022). Yeni bir dijital varlık olarak NFT: Pazarlama dünyasındaki yeri üzerine değerlendirmeler. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(4), 1151–1164.

Özüdoğru, Ş., Odabaşı, S., Akdemir, İ., Meriç, D. ve Ceylan, Ö. (2025). Türkiye’de sürdürülebilir moda oluşumları: Güncel durum, zorluklar ve olanaklar. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 27(1), 351-36

Rockett, E., Fenwick, M., & Jurcys, P. (2025). Fashion 4.0 and emerging designers: Leveraging data and AI to drive creativity, innovation and compliance in global supply chain regulation. *Journal of Intellectual Property Law & Practice*, 20(2). <https://doi.org/10.1093/jiplp/jpae110>

SHIFT. (2021, Mart 23). H&M presents vegan virtual collection in Animal Crossing. SHIFT London. <https://www.shiftlondon.org/news/hm-presents-vegan-virtual-collection-in-animal-crossing/>

- Shen, B., Zheng, J. H., Chow, P. S., & Chow, K. Y. (2014). Perception of fashionsustainability in online community. *TheJournal of theTextileInstitute*, 105(9), 971–979.
- Tan, J. (2021). Louis Vuitton rollout NFT video gametocelbratefounder's 200th birthday. *Marketing Interactive*. <https://www.marketinginteractive.com/louis-vuitton-rolls-out-nft-video-game-to-celebrate-founders-200th-birthday>
- Textile School. (2025, March 2). Smart textilesandwearabletechnology. Textile School. <https://www.textileschool.com/9943/smart-textiles-and-wearable-technology/>
- Thomas, D. (2021, 4 Ekim). Dolce&Gabbanajust set a \$6 millionrecordforfashionNFTs. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/2021/10/04/style/dolce-gabbana-nft.html>
- Torun, N. K., & Duran, T. (2023). Moda tasarımı ve endüstrisi alanında yapay zeka. *Yapay Zekâ, Blockchain ve Nesnelerin İnterneti* (ss. 91–108). NOBEL Bilimsel Yayıncılık.
- Wang, Q., Li, R., Wang, Q., & Chen, S. (2021). Non-fungibletoken (NFT): Overview, evaluation, opportunitiesandchallenges (Tech Report V2) [Preprint]. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2105.07447>
- Wittmer, M. (t.y.). Gucci andSuperplasticcollaboratefor “Supergucci” NFT drop. *TheImpression*. <https://theimpression.com/gucci-and-superplastic-collaborate-for-supergucci-nft-dropgucci-and-superplastic-collaborate-for-supergucci-nft-drop/>
- Yadav, A. (2025). AI-enabledsmartclothingsystemsforreal-time physiologicalmonitoring: Applications in health, sports, anddefense. *Smart TextilesandWearableTechnology*, 9(2), 88–102. <https://link.springer.com/article/10.1007/s44373-025-00015-z>
- Yengin Ataman, D., & Sağiroğlu, Y. (2012). Dijital ortamda marka iletişimi: Tekstil sektöründe moda bloglarının tüketici üzerindeki etkisi. *TheTurkish Online Journal of Design Art andCommunication*, 2(3).
- Yetmen, G. (2021). Lüks moda giyim markalarının dijital dönüşümü. *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi*, 10, 161–187. <https://doi.org/10.21733/ibad.847841>
- Yolbulan, O., & Yalman, N. (2013). Türkiye’de tartışmalı reklamlar: Kuşaklar arası karşılaştırma. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 31(2), 135–152.
- Yıldiran, M. (2022). Disiplinlerarası yaklaşımla tekstil sanatında deneysel yüzey arayışları [Derleme makalesi]. *Akdeniz Sanat ve Tasarım Dergisi*, 5(2), 55–68.

Yılmaz, H., & Ceranoğlu, M. (2022). Modanın dijital geleceği: 3 boyutlu giysiler, metaverse ve NFT. SDÜ ART-E Güzel Sanatlar Fakültesi Sanat Dergisi, 15(29).

Yoşumaz, İ., & Özkara, B. (2019). Endüstri 4.0 sürecinin hazır giyim işletmeleri üzerindeki etkileri: Hugo Boss Türkiye örneği. İşletme Araştırmaları Dergisi, 11(4), 2587–2600.

Yüksel, Y. (2022). Daha şimdiden metaverse’te varlığını göstermeye başlayan 9 büyük marka. Webtekno. <https://www.webtekno.com/metaversetevarligini-gostermeye-baslamis-markalar-h117659.html>

Yuksel, Ş., & Yildiz, R. (2022). Metaverse dünyasında değişen sanal-gerçek mekânlar ve tasarımcının rolü.