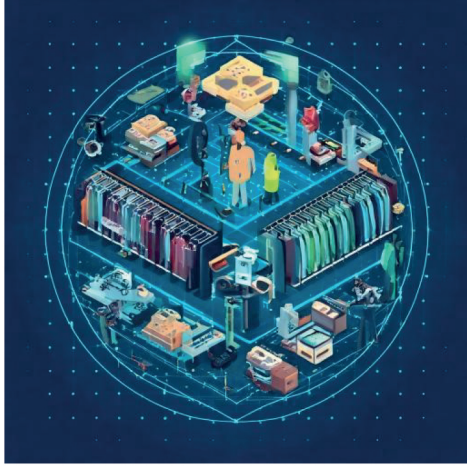


HAZIR GIYİM SEKTÖRÜNDE İNOVATİF TEKNOLOJİLERİN KULLANIMI



Dr. Öğr. Üyesi Özge Ural

DOI:10.5281/zenodo.14626340

HAZIR GİYİM SEKTÖRÜNDE İNOVATİF TEKNOLOJİLERİN KULLANIMI

Dr. Öğr. Üyesi Özge Ural

İmtiyaz Sahibi

Platanus Publishing®

Genel Yayın Yönetmeni

Arzu Betül ÇUHACIOĞLU

Kapak & Mizanpaj & Sosyal Medya

Platanus Yayın Grubu

Birinci Basım

Aralık, 2024

Yayımcı Sertifika No

45813

Matbaa Sertifika No

47381

ISBN

978-625-6847-12-3

©copyright

Bu kitabın yayım hakkı Platanus Publishing'e aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin alınmadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Adres: Natoyolu Cad. Fahri Korutürk Mah. 157/B,

06480, Mamak, Ankara, Türkiye.

Telefon: +90 312 390 1 118

web: www.platanuskita.com

e-mail: platanuskita@gmail.com



PLATANUS PUBLISHING®

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ	5
1. HAZIR GİYİM SEKTÖRÜNÜN TEKNOLOJİK GELİŞİMİ	7
2. HAZIR GİYİM SEKTÖRÜNDE İNOVATİF TEKNOLOJİLER VE UYGULAMA ALANLARI.....	12
2.1. 3D (3 BOYUTLU) BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM (CAD) VE SANAL DENEME TEKNOLOJİLERİ	14
2.2. 3D (ÜÇ BOYUTLU) YAZICI TEKNOLOJİLERİ (EKLEMELİ ÜRETİM) .	20
2.3. BLOK ZİNCİRİ VE RFID (RADYO FREKANSI İLE TANIMLAMA) TEKNOLOJİLERİ	23
2.5. ROBOTİK VE OTOMASYON	37
2.6. AKILLI TEKSTİLLER VE GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLER	48
2.7. DİJİTAL PAZARLAMADA BİLGİ TEKNOLOJİLERİ	54
SONUÇ	58
KAYNAKÇA	61

GİRİŞ

Hazır giyim sektörü, hızla değişen tüketici beklentileri, sürdürülebilirlik hedefleri ve küresel rekabet nedeniyle teknolojik yeniliklere yönelmektedir. Sektör, moda döngüsünün hızlanması ve ürün yaşam sürelerinin kısalması, e-ticaretin yükselişi, tüketici davranışlarındaki değişimlerle birlikte hızla evrilmektedir. İşletmeler müşteri beklentilerine hızlı yanıt verebilmek ve maliyetleri düşürebilmek amacıyla yenilikçi teknolojilere yatırım yapmaktadır. Küresel rekabet koşulları hazır giyim işletmelerini, kalite ve verimlilik hedeflerinin yanı sıra sürdürülebilirlik kapsamında da inovatif uygulamalara yönlendirmektedir.

Hazır giyim sektörünün dönüşüm sürecinde inovasyon, işletmelerin rekabet gücünü artırmak ve sürdürülebilir büyümeyi sağlamak için önemli bir itici güç olarak öne çıkmaktadır. Inovasyon, yalnızca ürün geliştirme süreçlerinde değil, aynı zamanda iş modelleri, üretim yöntemleri ve tedarik zincirinde de yenilikçi yaklaşımların benimsenmesini ifade eder. İnovatif teknolojiler, işletmelerin müşteri taleplerine daha hızlı yanıt vermesini, maliyetleri optimize etmesini ve daha çevre dostu çözümler sunmasını mümkün kılarak sektörde kalıcı bir değişim yaratmaktadır. Bu bağlamda, hazır giyim sektöründeki işletmeler, dijitalleşme ve teknolojik yenilikleri benimseyerek sürdürülebilir rekabet avantajı sağlamaktadır.

İnovatif teknolojiler, hazır giyim sektöründe üretim süreçlerinden müşteri deneyimine kadar geniş bir yelpazede faydalar sunmaktadır. Örneğin, 3D (3 boyutlu) modelleme ve baskı teknolojileri, tasarım ve üretim aşamalarında hızlı prototipleme imkanı sunarak numune üretim sürecini kısaltmakta ve maliyetleri düşürmektedir. Aynı şekilde, yapay zeka destekli tahmin ve analiz araçları, trend tahminleri, stok yönetimi ve kişiselleştirilmiş müşteri deneyimleri sunmada işletmelere büyük avantaj sağlamaktadır. Bu teknolojiler,

hem müşteri memnuniyetini artırmakta hem de operasyonel verimliliği maksimize ederek işletmelere sürdürülebilir bir büyüme ortamı yaratmaktadır.

Hazır giyim sektöründe artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) gibi teknolojilerin kullanımı da müşteri deneyimini kökten değiştiren bir başka önemli inovasyondur. Bu teknolojiler sayesinde müşteriler, ürünleri fiziksel olarak denemeden dijital ortamda deneyimleyebilmekte, bu da iade oranlarını ve gereksiz kaynak tüketimini azaltmaktadır. Aynı zamanda, blok zinciri gibi teknolojiler tedarik zinciri şeffaflığını artırarak sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağlamakta ve marka güvenilirliğini artırmaktadır. İnovatif teknolojilerin bu şekilde benimsenmesi, yalnızca mevcut talepleri karşılamakla kalmamakta, aynı zamanda gelecekteki trendleri şekillendirecek yenilikçi bir altyapı oluşturulmasına da öncülük etmektedir.

1. Hazır Giyim Sektörünün Teknolojik Gelişimi

Tekstil ve hazır giyim endüstrisi, 18. yüzyılda başlayan, Tarım Devrimi'nden sonra üretim süreç ve yöntemlerinde verimli, istikrarlı ve küresel anlamda hızla yaygınlaşan Endüstri Devrimi'nden en çok etkilenen sanayi dallarından biri olmuştur. Sanayi Devrimi olarak da anılan Endüstri Devrimi başlangıcından günümüze kadar geçen süreçte 4 gelişim safhasından geçmiştir. Tekstil ve hazır giyim endüstri tüm süreçlerde teknolojik gelişmelerin etkisiyle ilerlemiş ve teknolojinin sunduğu imkanlarla önemli bir gelişim göstermiştir.

James Watt'ın 1769'da buhar makinesini keşfi ile başlayan ve üretim süreçlerinin mekanizasyonunu içeren "Endüstri 1.0" olarak anılan birinci safha, emek yoğun üretimden makine yoğun üretime geçişi sağlamıştır (Tobler-Rohr, 2011; Yoşumaz ve Özkara, 2019). Endüstri devrimine kadar aile tipi el tezgahlarında yapılan üretim İngiltere'de dokuma tezgâhlarının mekanikleşmesi ile başlamıştır. Mekanik üretim tesislerinde su gücünün yanı sıra buhar gücünün kullanılmaya başlanması ile üretim yerleri atölyelerden fabrikalara dönüşmüştür (İlhan, 2019). Bu süreçte zaman tasarrufu ve verimlilik artışı maliyetlere olumlu yansırken, ürün ve üretim kalitesi de artmıştır. Aynı zamanda tekstil sektörünü derinden etkileyen endüstriyel modeller de ortaya çıkmıştır.

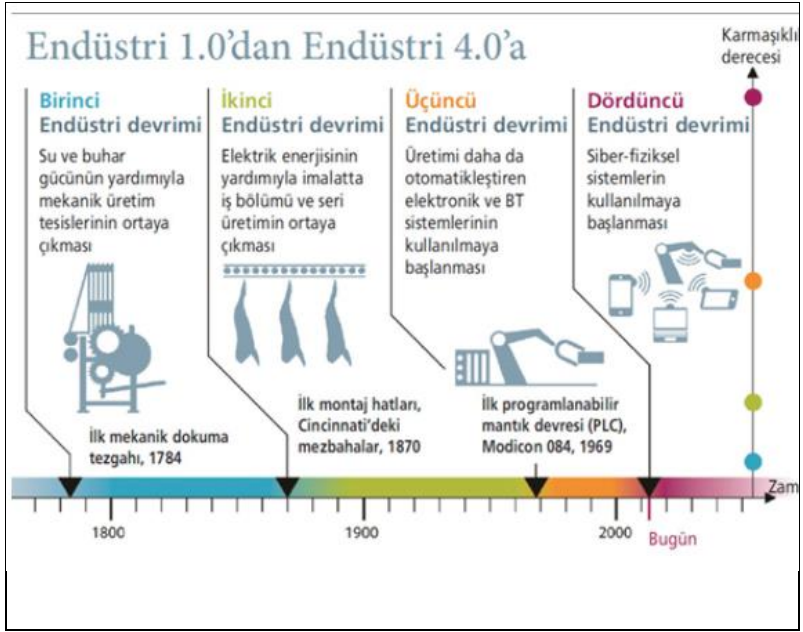
"Endüstri 2.0" olarak anılan ikinci safhada ise petrolün keşfi ile üretimde temel hammadde ve enerji kaynakları olan kömür, buhar, demir ile birlikte yeni hammadde ve enerji kaynakları olarak çelik, petrol, elektrik ve kimyasal maddeler kullanılmaya başlanmıştır (İlhan, 2019). Buhar gücünden içten yanmalı motorlara geçiş ile süreç hızlanmış, elektrik ve telefon keşfedilmiştir. Bu dönemde ölçek ekonomisi kavramı gündeme gelmiş, seri üretimle birlikte üretim kitle-sel boyuta ulaşmıştır (Tobler-Rohr, 2011; Yoşumaz ve Özkara, 2019).

“Endüstri 3.0” olarak anılan üçüncü safha, endüstride bilgisayarların ve otomasyon sistemlerinin kullanılmasına öncülük eden, analogdan dijitale geçiş ile Endüstri 4.0’ın alt yapısının oluşturulduğu, tüketici pazarlarının segmentasyonu ile karakterize edilen bir süreç olmuştur (Tobler-Rohr, 2011; Kabaklarlı, 2016). Üretimde otomasyonun gerçekleştiği bu süreçte teknolojik (elektronik, bilgisayar, bilgi, iletişim vb.) ve bilim dallarındaki (telekomünikasyon, biyotarımlar, biyo-genetik, nükleer vb) gelişmeler, endüstriyel alanda özellikle üretim prosesleri üzerinde etkili olmuştur (İlhan, 2019).

Dördüncü safha olan “Endüstri 4.0” dönemi ise günümüzde halen devam eden, sanayi toplumundan bilgi toplumuna geçiş süreci olarak, dijital araçların benimsendiği, entegrasyonun ve işbirlikçi ortamın gerçekleştiği, tüketicilerin üretim sisteminde etkin rol oynadığı bir süreçtir (Tobler-Rohr, 2011). Endüstri 4.0 bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmelerin üretim sistemlerine entegre edildiği dijital bir dönüşümü ifade etmektedir. Ancak bu safhada küreselleşen ticaret ve endüstri pazarları, artan üretim, doğal kaynakların tüketilmesi ve çevresel zararlar sürdürülebilirlik kavramını gündeme getirmiştir. 3. Sanayi devrimin sonucu olarak yaşanan gelişmeler ve teknolojik ilerlemeye paralel olarak sosyo-ekonomik olguların etkisinin olduğu bu dönem (İlhan, 2019) üretim zincirinin her aşamasında sağlanan makina-insan-altyapı etkileşimiyle ‘Akıllı Üretim Sistemleri’nin geliştirildiği ve siber fiziksel sistemlerin yer aldığı bir safha olarak tanımlanabilir (Tübitak, 2016).

Endüstri 4.0 devriminin yaşandığı günümüzde, bilişim teknolojileri (bulut, siber güvenlik, siber-fiziksel sistemler), nesnelerin interneti (IoT, çip ve sensörler), insan-makine etkileşimi, büyük veri (veri madenciliği), üç boyutlu (3 Dimensional-3D) yazılım ve tasarımlar, sanal (VR) ve artırılmış gerçeklik (AR), yapay zekâ (derin öğrenme) benzeri yeni uygulama ve teknolojilerle tam otomasyonun sağlandığı yeni üretim sistemleri yapılandırılmıştır (Yılmaz Kaya ve

Dağdeviren, 2019; Adem vd., 2022; Aydınbaş ve Erdinç, 2023). Endüstri devriminin seyri Şekil 1’de gösterilmiştir.

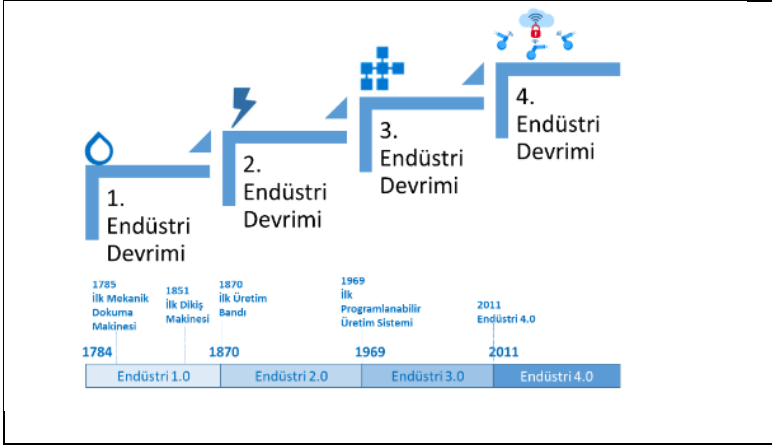


Şekil 1. Sanayi Devriminin Gelişim Evreleri (Savaş, 2024).

Gelişmiş ülkelerin sanayileşme sürecinde önemli rol oynayan tekstil sektörünün alt dallarından biri olan hazır giyim sektörü (Gökalkp vd., 2019), endüstri devriminin takipçisi, uygulayıcısı ve yeni teknolojilerin yönlendiricisi olmuştur. Hazır giyim sektörü, Endüstri 1.0 ile başlayan tarihçesinde, ilk mekanik makinelerin kullanıldığı günlerden dijital dönüşümün ve sürdürülebilir üretim süreçlerinin uygulanmaya başlandığı günümüze kadar, teknolojik gelişmelere uyum sağlayarak değişmiş, yenilenmiş ve gelişmiştir.

Tekstil ve hazır giyim sektörünün tarihi incelendiğinde değişen tüketici taleplerine, çevresel kaygılara ve teknolojik ilerlemelere

uyum sağladığı görülmektedir. Bugün, tekstil endüstrisi ve hazır giyim sektörü sadece üretim odaklı bir sektör olmaktan çıkarak, çevreye duyarlı ve yüksek teknolojiye sahip bir üretim anlayışını benimsemiştir. Dijitalleşme ve sürdürülebilirlik odaklı yeniliklerin sektörde daha da köklü değişiklikler yapması beklenmektedir.



Şekil 2. Endüstri Devriminden Günümüze Tekstil Teknolojik Gelişimi (Gökalp vd., 2019).

Endüstri 1.0 döneminde icat edilen iplik eğirme makineleri ve dokuma tezgahları, tekstil üretiminde verimliliği büyük ölçüde artırmıştır. 1764 yılında İngiliz James Hargreaves insan gücüyle çalışan mekanik bir iplik eğirme bükme çıkırığı icat etmiş bu çıkırık ile sekiz kat daha fazla iplik üretilmeye başlanmıştır. 1769’da İngiliz Sir Richard Arkwright tarama ve eğirme sisteminde tahrik mekanizmasını su ile çalıştırarak üretimi hızlandırmış ve verimliliği artırmıştır. Edmund Cartwright 1785 yılında su ile çalışan bir dokuma tezgahı icat etmiştir (Wikipedia, 2024).

19. Yüzyılın başlarında, buhar gücünün kullanılmaya başlanması, tekstil endüstrisinde bir diğer büyük devrimi getirmiştir. Bu-

har gücüyle çalışan makineler, üretim hızını artırarak maliyetleri düşürmüş ve üretim hacmini artırmıştır. Bu sayede daha hızlı ve ekonomik üretim yapılabilmiş, tekstil ürünlerinin geniş kitlelere ulaşması sağlanmıştır. Buhar gücüyle çalışan makinelerin yaygınlaşması, aynı zamanda işgücünde yeni uzmanlıklar gerektirmiş ve tekstil fabrikalarının altyapısında önemli değişikliklere neden olmuştur.

İlk dikiş makinesinin mucidi konusunda bir takım belirsizlikler olmakla birlikte, 1790 yılında İngiliz Thomas Saint ilk dikiş makinesi patentini almıştır. 1846 yılında Amerikalı Elias Howe masuralı dikiş makinesini icat etmiş, Howe'ın patentini geliştiren Isaac Singer terzilere hitap eden dikiş makinesini ev tipine dönüştürmüştür (Demirkaya ve Zengin, 2014).

20. Yüzyılın başlarında elektrik enerjisinin üretimde kullanılmaya başlaması, tekstil makinelerinin daha verimli çalışmasına olanak tanımıştır. Elektrikli makineler, üretim sürecinde daha kontrollü ve sürekli bir enerji kaynağı sağlamış, daha karmaşık makinelerin geliştirilmesine zemin hazırlamıştır. Aynı dönemde kimya endüstrisindeki gelişmeler, sentetik elyafın üretimini mümkün kılmıştır. Naylon, polyester ve akrilik gibi sentetik elyaf, doğadan elde edilen pamuk, keten ve yün gibi doğal elyafa alternatif olarak kullanılmaya başlanmış, daha dayanıklı ve esnek kumaşların üretimi sağlanmıştır. Bu yönelim, tekstil sektöründe yeni kullanım alanlarının ve modanın hızlı değişimini destekleyen yeniliklerin önünü açmıştır.

1960'ların sonunda otomobil üretimi için geliştirilen Programlanabilir Mantık Denetleyicileri (PLC) tekstil ve giyim sektörüne de uyarlanarak üretim sistemlerinde önemli gelişim ve değişiklikler yaratmıştır (Gürcüm ve Bulat, 2016).

20. Yüzyılın sonlarına doğru dijital teknolojilerin gelişmesi, hazır giyim sektöründe Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) ve Bilgisayar Destekli Üretim (CAM) sistemlerinin kullanılmasını sağlamıştır. Hazır giyim sektörü Endüstri 4.0 teknolojilerinin, CAD ve

CAM sistemlerinin kullanımı ile tasarım ve üretim süreçlerinde hızlı ve hatasız üretimlerle talebe hızlı cevap verebilme imkanı yakalamıştır (Hoque vd., 2021). CAD yazılımları, tasarımcıların hızlı ve doğru tasarımlar yapabilmelerine, farklı kumaş ve desen seçeneklerini deneyebilmelerine olanak tanımıştır. Bu durum, üretim süreçlerinde hız ve esneklik kazandırırken, malzeme ve işçilik tasarrufu sağlamış, aynı zamanda özelleştirilmiş ürünlerin üretimini de mümkün kılmıştır. CAM ise üretim makinelerinin bilgisayarlar tarafından yönlendirilmesini sağlayarak, hata oranını azaltmış ve yüksek hasasiyette üretim yapılmasını sağlamıştır.

Endüstri 4.0, endüstriyel üretim ve örgütsel inovasyonda yeni bir paradigma değişimi ve yeni yönetim uygulamaları olarak ön plana çıkmaktadır (Lalic vd., 2019). Endüstri 4.0 üretim süreçlerinin dijitalleşmesini ve verilerin analiz edilerek daha verimli üretim yapılmasını sağlayarak, işletmelerin üretkenliğini artırmasına, tedarik kalitesini iyileştirmelerine katkı sağlarken rekabet gücünü koruma arayışında önemli rol oynamaktadır. Bulut tabanlı verilerle üretim süreçlerinin izlenmesi ve optimize edilmesi için üretim planlama ve programlama yazılımları (ERP yazılımları), ekipman ve makinelerin programlanması ve çalıştırılması için kullanılan mobil/kablosuz cihazlar, tablet, akıllı telefon gibi dijital çözümler, akıllı sensörlerle RFID gibi dahili lojistiğin otomasyonu ve yönetimini içeren sistemler, yapay zeka gibi ürün ve hizmetlerin geliştirilmesi için geliştirilen sistemler, ürün yaşam döngüsü yönetimi sistemleri (PLM) en önemli Endüstri 4.0 uygulamalarıdır (Lalic vd., 2019).

2. Hazır Giyim Sektöründe İnovatif Teknolojiler ve Uygulama Alanları

Hazır giyim endüstrisi, tüketici taleplerindeki hızlı değişim ve artan küresel rekabetin etkisiyle inovasyona ihtiyaç duyan bir sektördür. Birinci, ikinci ve üçüncü endüstri devriminde, endüstriyel devrim süreçlerine adapte olan hazır giyim sektörü, 4. döneme adaptasyonunda Ar-Ge çalışmalarıyla gelişimini sürdürmektedir. Sektörde

mekatronik ve robotik sistemlerin kullanımı ve kendi kendine öğrenerek kendini ayarlayabilen sistemlerin entegrasyonu ile köklü değişimler olmaya başlamıştır (Girgin, 2022).

Tekstil ve hazır giyim sektörünün geleceği için çalışmalarını sürdüren ve Avrupa'nın en büyük uzman ağı olan Textile ETP (European Technology Platform for the Future of Textiles and Clothing “Tekstil ve Hazır Giyimin Geleceği için Avrupa Teknoloji Platformu”), yayınladığı raporda tekstil inovasyonlarını aşağıda belirtilen 4 ana başlıkta ele almıştır;

1. Akıllı tekstiller ve yüksek performanslı materyaller
2. İleri dijitalleşmiş üretim ve iş modelleri
3. Döngüsel ekonomi ve kaynak verimliliği
4. Yüksek katma değerli tekstil çözümleri

Hazır giyim sektöründe dijitalleşme, sürdürülebilirlik ve paylaşım ekonomisi gibi trendlerle, müşteri odaklı, esnek üretim ve yenilikçi hizmetlere odaklanılarak, inovatif teknolojilerinin kullanılması, iş modellerinin dönüştürülmesi tasarımdan dağıtıma kadar her aşamada yeni fırsatlar yakalanmasını sağlayacaktır (Girgin, 2022).

Hazır giyim sektöründe inovatif teknoloji uygulamaları üzerine yapılan araştırma ve uygulama içerikli akademik çalışmalar, sektördeki teknolojik gelişmeleri daha verimli, sürdürülebilir ve kullanıcı dostu hale getirmeye yönelik çeşitli çözümler sunmaktadır. Uygulamaların değerlendirmelerini, eksik ve geliştirilebilecek yönlerini içeren çalışmalar, işletmeler için yönlendirici bir kılavuz olma özelliği taşımaktadır.

Örneğin Duarte vd. (2020), hazır giyim üretiminde teknolojik yeniliklerin gelişimini inceledikleri çalışmalarında, geleneksel üretim yöntemleri ve modern üretim tekniklerini (dikişsiz örme ve 3D örme gibi) karşılaştırarak verimlilik, işçilik süresi ve atık yönetimi üzerinde sağlanan iyileştirmeleri değerlendirmiş, 4. Sanayi devriminin

sektöre verimlilik, tüketici etkileşimi konularında sunduğu avantajları incelemiştir.

Sektörde inovatif teknolojilerin uygulama alanları belli başlı gruplar altında incelenebilir. Hazır giyim sektöründe tasarım aşamasından başlayarak, tedarik zincirinin tüm üretim ve yönetim süreçlerinde, ürün ve hizmetlerin müşteriye ulaşmasına kadar olan her aşamada inovatif teknolojiler kullanılmaktadır. Tasarım aşamasında kullanılan 3D bilgisayar destekli tasarım yazılımları, üretimde kullanılan robotik ve otomasyon sistemleri, ürünlerde kullanılan akıllı tekstiller ve giyilebilir teknolojiler, tüm süreçlerde kullanılan bilgi teknolojileri, 3D yazıcıların kullanıldığı eklemeli üretim yöntemleri, üretim ve yönetimde kullanılan RFID teknolojileri, pazarlama süreçlerinde kullanılan yapay zeka ve makine öğrenimi ve çevrimiçi sanal giysi deneme teknolojileri bu uygulamaların başında gelmektedir.

2.1. 3D (3 Boyutlu) Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) ve Sanal Deneme Teknolojileri

Hazır giyim ve moda sektöründe inovasyon, küresel pazarların talep ve beklentileri doğrultusunda, sürdürülebilir giyim ve moda sektörüne evrilmenin gerekliliği, aciliyeti ve sürdürülebilirlik uygulamalarının sağlayacağı ekonomik faydalar kapsamında hız kazanmıştır. Günümüzde sanal protipleme ve prova için 3D görselleştirme ve dijital üretim araçları gibi inovatif uygulamalar, satış ve üretimdeki sürdürülebilirlik stratejileri ve teknolojik gelişmelerle yönlendirilip desteklenmektedir (Larsson, 2018).

3D bilgisayar destekli tasarım (CAD) uygulamaları, 1990'ların başında giysi tasarımı ve üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. Tedarik zincirinde kullanımı ise, internet, büyük veri analitiği, nesnelerin interneti gibi birçok bilgi sistemi ve teknolojisinin gelişimi ile zaman içinde yaygınlaşmıştır (Hoque vd., 2021).

Hazır giyim sektöründe ürün geliştirmede yinelemeli 'optimizasyon' süreci olan geleneksel süreç, deneme-yanılma yöntemine dayanmaktadır. Tasarımın doğruluğu, yeterliliği ve beden (fit) uyumunun beklentiyi karşılaması için numune hazırlama, deneme, prova ve kalıp düzeltmeleri şeklinde tekrarlanan bu süreç zaman alıcı ve maliyetlidir (Meng vd., 2012).

Hazır giyim sektöründe üretim teknolojilerindeki gelişmelerin en hızlı ve en önemli alanlarından biri; 3D vücut taraması ve tarama verilerinin 3D bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımlarına entegrasyonu ile giysilerin uyum (fit) değerlendirmesi üzerinde çalışılmasıdır.

Günümüzde teknolojik gelişmelerle CAD sistemlerinin son sürümleri, sanal ürün prototipleme ve simülasyonunda son derece başarılı sonuçlar vermektedir. 3D CAD sistemleri, sanal giysi oluşturma ve giysi uyumunu test etme olanağı sağlayan ve sürekli iyileştirilen yeni versiyonları ile gelişmektedir. Sanal giysi simülasyonunun erken dönemlerinden günümüzdeki etkileşimli moda tasarımına kadar CAD sistemlerinin gelişimi incelendiğinde, geline noktada sanal ürünün fiziksel numuneye yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. 3D CAD yazılımları kumaşın mekanik davranışlarını doğru şekilde simüle etmekte, sanal ortamda kalıp tasarımını gerçek zamanlı olarak değiştirebilmekte, giysiyi kullanıcıya göre uyarlayarak ve 3D mankenlerle sanal deneme imkanı sunabilmektedir (Volino vd., 2005).

Hazır giyim sektörü ve moda endüstrisinde vücut ölçümünde diğital çözümlerin kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. 3D vücut tarayıcıları ile alınan beden ölçüleri, tasarım aşamasında kalıp hazırlıkları ve numune çalışmaları için veri sağlarken, mağazalarda tüketicilerin alışveriş deneyimlerine de katkı sağlamaktadır. CAD yazılımları ile ölçüm verilerine dayanarak sanal ortamda vücudun avatari oluşturulabilmekte ve giysinin beden-fit uyumu hakkında detay bilgi elde edilebilmektedir (C.Uduwela vd., 2021).

Günümüzde, gelişmiş CAD-CAM teknolojilerinin birleşimi, teslim sürelerini azaltarak, verimliliği artırarak, daha kaliteli ürünler sunarak ve çevikliği geliştirerek giyim sektöründe daha büyük bir potansiyel yaratmıştır (Burke ve Sinclair, 2015).

Hazır giyim sektöründe prototip sürecini hızlandıran, malzeme israfını azaltan, maliyetleri azaltan CAD yazılımlarının benimsenmesi ve kullanımında, müşterilerin sipariş teslim sürelerinin kısaltılması yönündeki talepleri gibi dış baskılar, destek ve beceri çalışmalarının yetersizliği ve kuruluşların büyüklüğü gibi iç baskılar etkili olmuştur (Yan ve Fiorito, 2007).

Literatürde vücut şekillerini ölçmek için 3D tarama yapan araştırmacılardan Simmons ve arkadaşlarının çalışmaları (2004a, 2004b) ve Devarajan ve Istook (2004)'un kadın figürü tanımlama tekniği (FFIT) üzerine yaptıkları araştırmalar bu alanda referans olan çalışmalardır. Lee vd. (2007), Ashdown ve Na (2008), Song ve Ashdown (2011), Vuruskan ve Bulgun (2011) çalışmalarında vücut tarama verilerini analiz ederken ve vücut şekillerini incelerken bu teknikleri geliştirerek kullanmışlardır (Tyler vd., 2012).

3D bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve sanal deneme teknolojileri üzerine yapılan akademik çalışmalar, inovatif teknolojilerin gelişimine katkı sağlarken, sektörde kullanılan inovatif teknolojileri de değerlendirerek bilimsel veri sağlamaktadır. Tao ve Bruniaux (2013) sanal giysiyi doğrudan siber uzayda bir manken morfotipinde tasarlamak için 3D CAD yazılımları kullanmış, ürünün beden-fit uyumunun beklentiyi karşıladığını belirtmişlerdir. Yan ve Fiorito (2007), ABD tekstil ve hazır giyim endüstrilerinde bilgisayar destekli tasarım ve üretimin yaygınlaşmasını ve yaygınlaşmasının belirleyicilerini araştırmış, endüstrinin pazar tarafından yönlendirildiği tespit etmişlerdir. Meng vd. (2012) önerdikleri bilgisayar destekli tasarım (CAD) çözümünde giyim tasarım sürecini hızlandırmak için sanal deneme, prova değerlendirmesi ve stil düzenleme yapmayı he-

deflemişlerdir. Sabina vd. (2014) giyim tasarımında geleneksel model kalıplarının, kullanıcının gerçek vücut formuna uyarlanabilmesi için sanal bir simülasyon yöntemi sunmuş, kullanıcıların vücut ölçümelerini 3D tarama ile elde ederek, standart vücut tiplerine göre kalıp oluşturmuş, kullanıcıların gerçek vücut formuna göre düzenleyerek sanal ortamda tasarlanan giysi ile gerçek vücut formu arasındaki uyumu gerginlik haritası gibi araçlarla analiz etmişlerdir. Tatman vd. (2022), bir hazır giyim işletmesinde geleneksel üretim süreci ve dijital üretim sürecinin verimliliğini ve sürdürülebilirliğini karşılaştırarak değerlendirmek üzere 4 farklı numunenin fiziksel ve sanal numunelerini hazırlatarak süreci karşılaştırmışlardır. Dijital ortamda hazırlanan numune sürecinin malzeme ve işçilikte tasarruf sağladığını tespit etmişlerdir.

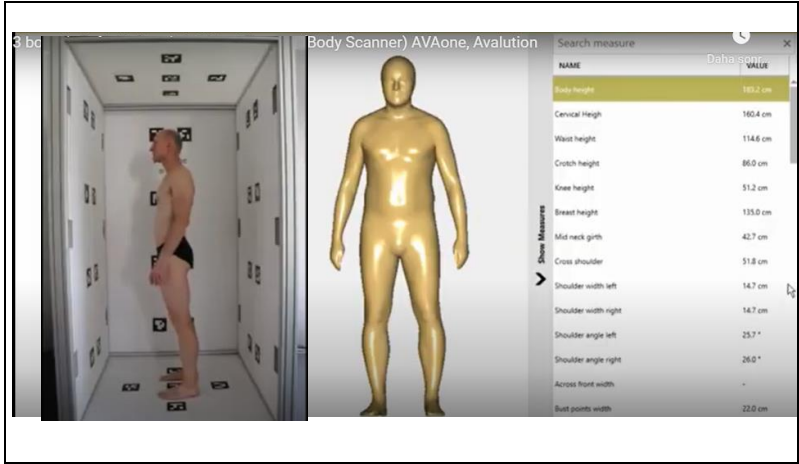
Tüketicilerin canlı olarak 3 boyutlu giysileri giymeden denedikleri artırılmış gerçeklik sanal ayna teknolojisi, beden uyumu hakkında bilgi vererek alışveriş kararına katkı sağlamaktadır (C.Uduwela vd., 2021). Sanal deneme teknolojileri aynı zamanda çevrimiçi giyim alışverişinde tüketicilerin talep ettiği bir teknolojidir. Markalar sanal mağazalarında bu teknolojilerden faydalanmaya başlamışlardır. Tüketicilere alışveriş deneyimlerinde karar verme, zaman kazanma ve aynı zamanda eğlenceli vakit geçirme imkanı sunmaktadır.

Literatürde sanal deneme teknolojilerinin alışveriş deneyimine etkisi üzerine yapılmış çalışmalar bu konuda geliştirilmesi gereken başlıklara odaklanmıştır. Dong vd. (2013), müşteri bilgilerinden faydalanarak bir dizi ürünü veya tasarımı karşılaştırarak seçen bir uzman sistemi geliştirmişlerdir. Liu vd. (2018), dijital basınç verilerinin ve makine öğreniminin birleşiminin, sanal deneme teknolojileri tabanlı giysi tasarımı ve giyim e-alışverişi için doğruluk sağlayabileceğini öne sürmüştür. Tao vd. (2018) tasarımcıların tasarım önerilerinde bireysel tüketicilerle etkileşimlerinden tahmini ve müş-

terilerin sanal ortamdaki denemelerinin tatmin ediciliğini araştırmışlardır. Dennis vd. (2009), çevrimiçi alışveriş yapan tüketicilerin gör-sel ve duyu-sal etkinleştirme teknolojilerini benimseme durumlarını araştırmış, bu teknolojilerin alışveriş sürecine eğlence katarak, ürün riski konusunda güven sağladığını tespit etmişlerdir. Merle vd. (2012), bir giyim web sitesinde sanal denemenin tüketici tepkilerine etkisini araştırmış, uygulamanın tüketicilerin satın alma niyetleri üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişleridir.

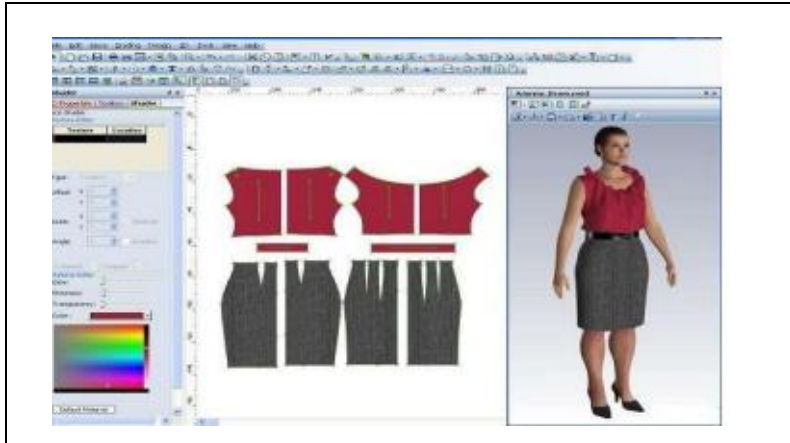
Hazır giyim sektöründe kullanılan 3D bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımları tasarımcıların iş süreçlerini hızlandırarak verimliliği artırmakta, numune çalışmalarında malzeme ve işçilikten tasarruf sağlamaktadır. CLO 3D, Browzwear, Style 3D, Optitex, Lectra Modaris gibi yazılımlar kalıp tasarımı ve üretim için güçlü çözümler sunmaktadır. Yazılımların kalıp tasarımı, veri yönetimi, gerçekçi kumaş simülasyonu, kişiselleştirilmiş tasarım, üretim optimizasyonu gibi özellikleri arasında farklılıklar bulunmaktadır. İşletmeler ihtiyaçlarına göre bu yazılımlar arasında bir seçim yaparak tasarım süreçlerini ve üretim aşamalarını verimli hale getirmektedir.

Şekil 3'te otomatik tarama programı ile saniyeler içinde yaklaşık 50 farklı ölçüm yerinden ölçü alabilen derinlik sensörlü 3D vücut tarayıcı görülmektedir.



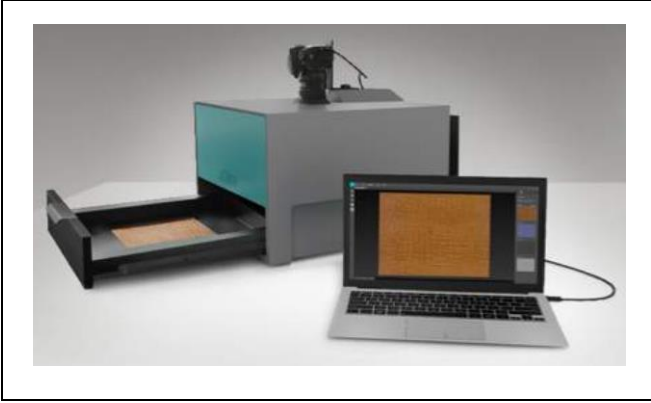
Şekil 3. Derinlik Sensörlü 3D Vücut Tarayıcısı (Astaş a, 2024).

Şekil 4’te giysi kalıbının iki boyutlu olarak hazırlanıp üç boyutlu tasarıma dönüştürüldüğü bir 3D CAD yazılımına ait ekran görüntüsü görülmektedir.



Şekil 4. 3D CAD Yazılımı Ekran Görüntüsü Örneği (Jindal ve Kaur, 2021).

Şekil 5'te kumaş yüzeyini tarayarak fiziksel tabanlı desenler elde edilmesini sağlayan bir tarayıcıya ait görsel bulunmaktadır.



Şekil 5. Yeni Nesil Dijital Doku Oluşturma Tarayıcısı (Astaş b, 2024).

2.2. 3D (Üç Boyutlu) Yazıcı Teknolojileri (Eklemeli üretim)

Tekstil ve hazır giyim sektöründe malzeme, tasarım ve üretim süreçlerini birleştiren 3D yazıcılar, bilgisayar ortamında hazırlanan tasarımı gerçek nesnelere dönüştürme teknolojisi olup, eklemeli veya katmanlı üretim olarak da anılmaktadır (Yıldıran, 2016; İlhan, 2019). 3D yazıcılar ürün geliştirme süreçlerine hızlı yanıt vererek katkıda bulunma konusunda büyük potansiyele sahiptir (Wijewardhana vd., 2021).

Hazır giyim sektöründe ticari kullanımı henüz yaygınlaşmamış olsa da, yapılan çalışmalar 3D yazıcılar ile giysi üretiminin teknolojik olarak yapılabilirliğini göstermiştir (İlhan, 2019). Çeşitli moda gösterilerinde sunulan 3D yazıcılarla hazırlanmış tasarımlar bu inovatif teknolojinin bilinirliğini artırmıştır. 3D yazıcılarla hazırlanan giyilebilir ilk tasarım 2000 yılında endüstri mühendisi Jiri Evenhuis ve endüstriyel tasarımcı Janne Kytönen'a aittir. Belçikalı modacı

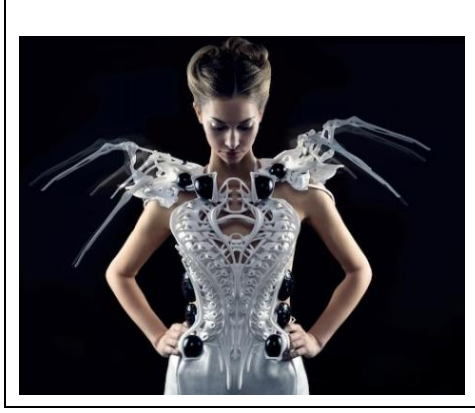
Iris Van Herpen, Londralı tasarımcı, Catherine Wales, New Yorklu tasarımcı Michael Schmidt 3D yazılımlarla moda dünyasında dikkat çeken tasarımlar yapmışlardır. Jenna Fizeland, Continuum markasının 2011 koleksiyonunda 3D teknolojisiyle hazırladığı bikini üretilen ilk hazır giyim ürünüdür (Yıldiran, 2016).

Hazır giyim ve moda sektöründe kullanılan başlıca 3D yazıcılar üç alt başlıkta gruplandırılmaktadır. Bunlar; termoplastik materyalin eritilerek düze başlığından katman olarak önceki katmanın üzerine eklendiği eriyik eklemeli yazıcılar, plastik, metal veya seramik tozun yüksek güç lazer ile eritilerek katmanlar halinde eklendiği lazer sinterleme yazıcılar ve materyalin birden fazla başlıktan aktığı ve çıkışta ultraviyole ışınları ile tabakaların sertleştirildiği çoklu düze yazıcılarıdır (Yıldiran, 2016).

3D yazıcıların hazır giyim sektöründe kullanımı, giyim ürünü üretmek için kullanılan malzemelerle ilgili mevcut teknolojilerin sınırlamaları nedeniyle tasarım aşamasıyla sınırlıdır. Bununla birlikte örme ürünler dijital baskıda başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (C.Uduwela vd., 2021).

Zaman, malzeme, iş gücü, enerji tasarrufu sağlayan eklemeli üretim kişiye özel üretimi mümkün kılmaktadır. Montaj işlemlerini ortadan kaldıran, stok seviyelerini düşüren, depolama ihtiyacı olmayan ve lojistik maliyetini düşüren eklemeli üretim, gerek kullanılan hammadde ve üretim süreci, gerek tedarik zincirindeki rolü ve etkisi ile çevreye duyarlı ve sürdürülebilir bir teknoloji olarak dikkat çekmektedir (İlhan 2019).

Şekil 6’da yer alan Anouk Wipprecht’in “The Spider Dress” isimli Örümcek Elbisesi, seçici lazer sinterleme teknolojisi ile 3 boyutlu olarak basılmıştır. Ürün dış uyaranlara uzayıp geri çekilebilen mekanik kollarla tepki verebilmektedir. Şekil 7’de görülen Travis Fitch’in 30 farklı bölümden oluşan tasarımı ise çok renkli 3 boyutlu tasarımlar için örnek teşkil etmektedir.

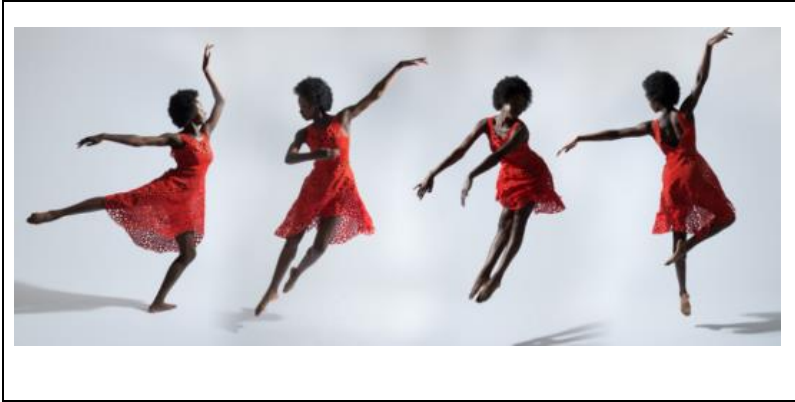


Şekil 6. The Spider Dress, “Anouk Wipprecht” (Sculpteo, 2024).



Şekil 7. “Travis Fitch’in 3D Yazıcıyla Üretilmiş Çok Renkli Elbisesi (Sculpteo, 2024).

Şekil 8’de görülen Jessica Rosenkrantz’ın Kinematics Cloth isimli elbisesi, 3D yazıcıyla üretilmiş tek parça bir tasarım olup binlerce büyük ve küçük üçgen, birbirine kenetlenen bileşen kullanılarak basılmıştır. Yazıcıların çıktığı boyutlarından daha büyük elbise üretebileceğine örnek olan bu çalışma ile kullanıcılar için beden ölçülerine göre desen özelleştirme ve stil değişikliği ile kişiselleştirebilme imkanı sağlamaktadır.



Şekil 8. Kinematics Clothes, “Jessica Rosenkrantz” (YouFab, 2024).

2.3. Blok Zinciri ve RFID (Radyo Frekansı ile Tanımlama) Teknolojileri

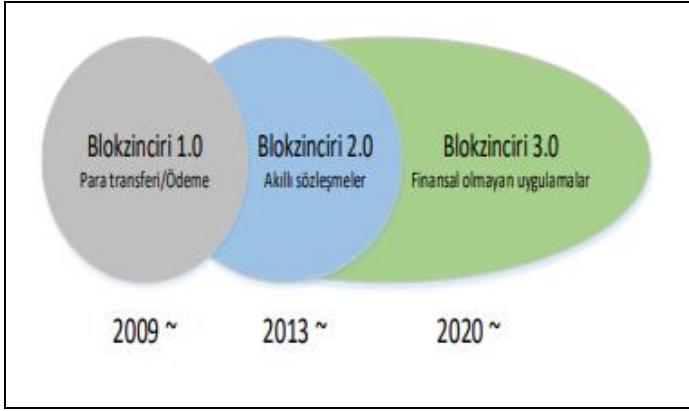
Bitcoin kripto para biriminin altyapısı olarak 2008 yılında tanıtılan blok zinciri (blockchain) günümüzde finans, sağlık, lojistik, enerji ve moda gibi birçok sektörde devrim yaratmıştır. Şifreleme yoluyla birbirine bağlanmış bilgi blokları olarak tanımlanan blok zinciri (Jacobovitz, 2016), bilgilerin kullanıcılar tarafından doğrulandığı, paylaşıldığı ve senkronize bir şekilde çalıştığı, dağıtılmış bir veri tabanıdır. Dijital işlemlerin kayıt altına alınmasını, paylaşılmasını ve doğrulanmasını sağlayan, merkezi olmayan bir teknoloji sistemi olan blok zinciri, kullanıcılar arasında güvene dayalı bir sistem

yaratır. Merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymadan, katılımcılar arasındaki işlemlerin tutarlı, değişmez ve şifrelenmiş bir şekilde kaydedilmesini sağlayan bu teknoloji, aynı zamanda değiştirmeye karşı dayanıklılığı ve izlenebilirlik özelliğine sahiptir. Blok zinciri teknolojisi; merkeziyetsizlik, güvenlik, denetlenebilirlik ve şeffaflık gibi temel özellikleriyle geleneksel bilgi sistemlerinden ayrılmakta, tamamen aracısız bir yapıda işlemleri güvenilir bir şekilde gerçekleştirmeye olanak tanımaktadır (Külahlı ve Çağlıyan, 2022).

Blok zinciri teknolojisi ile süreç boyunca gerçekleştirilen her etkinliğe ait veri, şifrelenmiş bir şekilde, belirli zaman dilimlerinde ve sırasıyla kaydedilmektedir. Her yeni blok, kendisinden önceki bloğun bilgilerini içererek birbirine bağlı bir zincir oluşturmaktadır (Bakan ve Şekkeli, 2019).

Blok zinciri teknolojisi, tedarik zincirinde ürün izlenebilirliği, akıllı sözleşmeler, şeffaflık, veri güvenliği, gerçek zamanlı takip ve güvenlik gibi alanlarda önemli yenilikler sunmaktadır (Külahlı ve Çağlıyan, 2022).

Blok zincirinin gelişimini 3 evre altında toplamak mümkündür. Blok zinciri 1.0, dijital para dönemi olarak bilinip genellikle kripto paralarla ilişkilidir. Bu evre, dijital ödeme ve para transferi gibi temel finansal işlemleri içermektedir. Blok zinciri 2.0, dijital ekonomi olarak tanımlanıp, geniş bir yelpazede ekonomik ve finansal uygulamaları içermektedir. Blok zinciri 3.0 ise dijital toplum evresi olarak adlandırılıp finans, para transferi ya da sözleşmelerin ötesinde sağlık, eğitim, bilim, sanat, yönetim ve denetim gibi birçok alana yayılmıştır. Dijital kimlik, bankacılık, siber güvenlik ve elektronik sağlık kayıtları gibi sistemlerde blok zincirinin uygulanması da blok zinciri 3.0 kapsamında yer almaktadır (Tanrıverdi vd, 2019).



Şekil 9. Blok Zinciri Teknolojisinin Gelişimi (Tanrıverdi vd, 2019).

Bu teknolojinin yaygınlaşması ve tedarik zincirine tam entegrasyonu sayesinde, farklı ülkelerden, zaman dilimlerinden veya çalışma sistemlerinden kaynaklanan uyumsuzlukların giderilmesi mümkün hale gelmiştir. Blok zinciri entegrasyonu ile tedarik zincirindeki bilgi ve para akışı yalnızca zincir üyelerinin kontrolünde olarak belirlenen kurallar çerçevesinde yönetilebilmektedir.

Blok zincirinin sağladığı ürün izlenebilirliği, veri güvenliği, araçsız işlem yapma kapasitesi ve akıllı sözleşmeler gibi özellikler, tedarik zinciri üyeleri arasında güveni artırırken şeffaflığı da desteklemektedir. Bu sayede spekülasyon fiyat artışlarının önüne geçilmesi, ürün güvenliğinin sağlanması ve veri yönetiminin daha etkin bir şekilde yapılması mümkün hale gelmektedir. Blok zinciri, aynı zamanda yüksek miktardaki veriyi güvenli bir şekilde paylaşma, veri erişiminde maliyet ve zaman avantajları sağlama gibi faydalar sunarak tedarik zincirinde izlenebilirlik, ödeme süreçleri ve veri kontrolü alanlarında geniş uygulama imkânları bulmaktadır (Külahlı ve Çağlayan, 2022).

Blok zinciri teknolojisi, son yıllarda birçok sektörde devrim yaratmış, özellikle tedarik zinciri, ödeme sistemleri ve veri güvenliği

gibi alanlarda etkisini göstermiştir. Hazır giyim sektörü de bu yenilikçi teknolojiye büyük ölçüde fayda sağlamaktadır. Bu teknoloji, hazır giyim endüstrisinde özellikle ürün takibi, tedarik zinciri yönetimi, şeffaflık, sürdürülebilirlik ve güvenlik gibi önemli alanlarda kullanım bulmaktadır.

Hazır giyim sektöründe, ürünlerin üretimden son tüketiciye kadar izlenmesi büyük önem taşımaktadır. Blok zinciri teknolojisi, her bir ürünün veya bileşenin her adımda kaydedilmesini sağlayarak, tedarik zincirindeki her hareketin şeffaf bir şekilde izlenmesine olanak tanımaktadır. Üretimden satışa kadar her aşamada dijital olarak kaydedilebilen veriler, blok zinciri üzerinde değiştirilemez bir biçimde saklanmaktadır. Blok zinciri, tedarik zincirinde yer alan tüm tarafların (üreticiler, distribütörler, perakendeciler) birbirleriyle güvenli bir şekilde veri paylaşımlarına imkan sağlamaktadır. Geleneksel tedarik zincirlerinde, veri doğruluğu ve güvenliği sıkça sorun olabilmektedir. Ancak blok zincirinin, merkezi olmayan yapısı sayesinde her bir işlem, ağdaki tüm katılımcılar tarafından doğrulanarak kayıt altına alınmakta ve böylece yanlış bilgilendirmelerin önüne geçilebilmektedir. Ürünlerin orijinallliği, blok zinciri üzerinde doğrulanarak, tüketicilere gerçek ve sahte ürünler arasında ayırım yapma imkanı sağlamaktadır. Örneğin, giyim ürünlerinin etiketi üzerinde bulunan QR kodu ile kullanıcıların kodu tarayarak ürünün üretildiği yer, kullanılan malzemeler, çalışma koşulları, taşıma bilgileri ve çevresel etkileri gibi detaylara anında erişebilmesi mümkün olmaktadır.

Blok zinciri uygulamaları; yazılım programları, RFID etiketleri, sensörler, tetikleyiciler, akıllı telefonlar vs. aracılığıyla nesnelerin internet tabanlı bir iletişim ağı üzerinden insanlarla ve birbiriyle iletişim ve etkileşim halinde olmasını sağlayan nesnelerin interneti teknolojisinin güvenli bir ortamda gerçekleşmesini sağlamaktadır (Bakan ve Şekkeli, 2019).

RFID teknolojisi, nesnelerden gerçek zamanlı veri toplarken, blok zinciri bu verileri güvenilir, değiştirilemez ve merkezi olmayan bir şekilde saklar. Bu kombinasyon, özellikle tedarik zincirlerinde değerli uygulamalar sunmaktadır. RFID ve blok zinciri, veri toplama ve saklama süreçlerinde güçlü bir ortaklık oluşturarak, modern iş dünyasında daha fazla inovasyon ve güven yaratmaktadır.

RFID (Radyo Frekansı ile Tanımlama) barkod teknolojileri, nesnelerin ve/veya aygıtların birbirlerine fiziksel, sanal ağa (internet) işlevsel olarak bağlanarak çevreleriyle iletişim halinde olmasını sağlayan nesnelerin interneti teknolojisi (Internet of Things, IoT) kavramının bir parçasıdır. Temel olarak bir etiket ve okuyucudan oluşan RFID teknolojileri kablesiz ağa bağlanarak nesnelerin tekil ve otomatik olarak tanınmasını sağlamaktadır (Juels, 2006; İlhan, 2019).

Gerçek zamanlı üretim izleme ve karar verme sistemlerinde RFID barkod teknolojisinin kullanımıyla üretim sisteminin esnekliği ve kabiliyeti artmaktadır (Cooray & Rupasinghe, 2015). Nesnelerin izlenmesinde görüş alanında olmaksızın gerçek zamanlı izlenebilirliğini sağlayan RFID teknolojisi (Gökalp vd, 2019), hazır giyim sektöründe otomatik nesne takibi, üretim kontrolü, envanter kontrolü, depolama, dağıtım, lojistik ve tedarik zinciri yönetiminde kullanılmaktadır (Legnani vd., 2011; Liu vd., 2010). Moda tedarik zincirinde RFID teknolojileri, mağaza yönetimi, lojistik, dağıtım yönetimi ve müşteri ilişkileri yönetiminde daha yoğun kullanılmaktadır (Chan, 2016). RFID teknolojilerinin envanter takibinde kullanımının geleneksel stok izleme sistemlerine kıyasla birçok avantajı bulunmaktadır. Geleneksel izleme sistemleri emek yoğun ve zaman alıcı olurken, RFID sistemleri stok tükenmelerini en aza indirmek için envanter takibi yaparak siparişlerin zamanında teslim edilmesine olanak tanımaktadır. Bu teknoloji, barkodlara göre daha hızlı, daha doğru ve daha verimli bir çözüm sunmaktadır. RFID teknolojilerinin kullanımı ile üretim ve operasyon süreçlerinin kesintisiz olarak devam etmesi sağlanmaktadır.

RFID destekli sipariş sistemleri, ana bilgisayar veri tabanındaki satış ve ürün hareketlerini gerçek zamanlı izleyerek doğru siparişlerin verilmesini sağlar. Bu sistem, stok tükenme riskini azaltırken, malzeme taşıma süresini kısaltmakta ve müşteri memnuniyetini artırmaktadır. Ayrıca tedarik zinciri lojistiğinde konteyner ve malzemelerin izlenebilirliğini artırarak maliyet tasarrufları sağlamaktadır (Hoque, 2021).

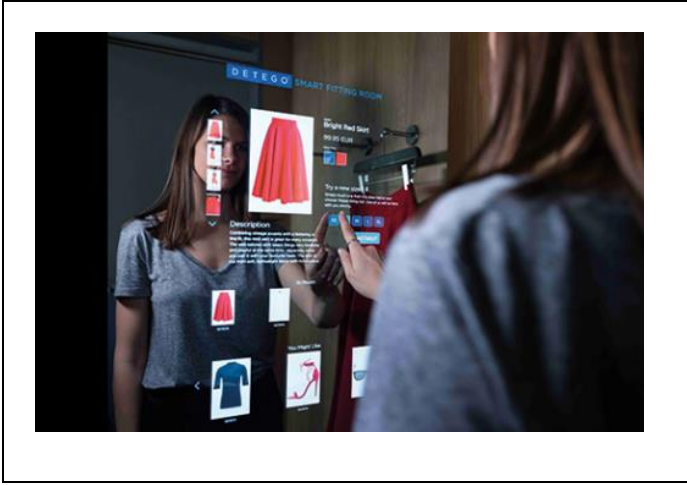
Hazır giyim sektörü, özellikle büyük ölçekli perakende zincirleri ve üreticileri için RFID teknolojisinin sunduğu avantajlardan büyük ölçüde yararlanmaktadır. RFID teknolojilerinin kullanımına dair örnekler aşağıda alt başlıklar halinde listelenmiştir.

Ürün Takibi ve Envanter Yönetimi: RFID etiketleri, her bir giyim ürününe takılarak üretimden mağaza raflarına kadar geçtiği tüm aşamalarda ürünün izlenebilirliğini sağlamaktadır. RFID sistemleri, mağaza veya depo içindeki her ürünün anlık olarak konumunu belirlemeye olanak tanımaktadır. Stok seviyelerinin gerçek zamanlı olarak güncellenmesi ile kayıp, yanlış yerleştirme gibi sorunların önüne geçilmesi sağlanmaktadır. Envanterin doğru ve güncel kalması sağlanarak fazla stok maliyetleri düşürülmekte envanter hataları minimize edilebilmektedir.

Satış ve Lojistik Süreçlerinin İyileştirilmesi: RFID teknolojisi ile tedarik zincirindeki her adım daha şeffaf ve verimli hale getirilerek ürünlerin üreticiden dağıtım merkezlerine ve mağazalara taşınması süreci, RFID etiketleri sayesinde otomatik olarak izlenebilmektedir. Böylece lojistik süreçleri daha hızlı ve doğru bir şekilde yönetilebilmektedir. Mağazalarda satış noktalarına (POS) entegre RFID sistemleri, kasiyerlere daha hızlı ödeme işlemleri sunarak ve mağaza içindeki dolaylı işlemleri hızlandırmaktadır.

Müşteri Deneyimi ve Kişiselleştirme: RFID, müşteri deneyimini geliştirmede de etkili bir uygulamadır. RFID destekli “akıllı

aynalar” müşterilerin denemek istedikleri kıyafetlerle sanal bir deneyim yapmalarına olanak tanımaktadır. Mağazalarda müşterilerin ilgisini çeken ürünlerin hızlıca tespit edilmesi ve stok durumunun doğruluğu, hızlı ve tatmin edici bir alışveriş deneyimi sağlamaktadır. Şekil 10’da görülen RFID’li akıllı ayna ile müşteriler interaktif ekranda dokunmatik olarak ürün çeşitlerini inceleyerek seçim yapabilmekte, beden, renk veya stil açısından stok durumunu kontrol edilebilmektedir. RFID teknolojisi, perakende prova odalarında yeni bir uygulama alanı bularak genel müşteri deneyimini geliştirirken, perakendecilerin müşterilerin ihtiyaçlarına ve tercihlerine hitap etmesini sağlamaktadır. Müşteriler soyunma odalarında kıyafetleri denerken otomatik öneriler ve bilgiler olarak etkileşimli bir deneyim yaşamaktadır.



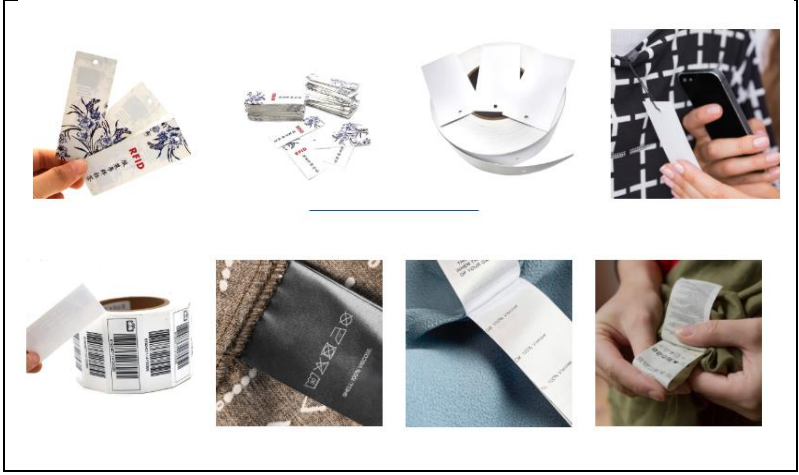
Şekil 10. RFID’li Akıllı Ayna (Mobisis, 2024).

Sürdürülebilirlik ve Güvenlik: Ürünlerin RFID etiketleri ile doğru bir şekilde izlenmesi ve yönetilmesi, geri dönüşüm ve sürdürülebilirlik süreçlerinde de önemli rol oynamaktadır. Üretici ve perakendeciler, ürünlerin yaşam döngüsünü izleyerek, geri dönüşüm

süreçlerini optimize etme ve daha çevre dostu bir yaklaşım benimseme imkanı bulabilmektedir. Tüketiciler bu teknoloji ile ürünlerin nasıl üretildiği, hangi malzemelerin kullanıldığı, çalışma koşulları ve çevresel etkileri hakkında güvenilir bilgiye ulaşabilmektedir. Markalar ise tüketicilerine daha güvenilir ve etik bir üretim süreci sunduklarını kanıtlayarak güven kazanabilmektedir.

Sonuç olarak, RFID teknolojisi, hazır giyim sektöründe operasyonel verimliliği artıran, müşteri memnuniyetini geliştiren ve maliyetleri azaltan önemli bir araçtır. Bu teknoloji, tedarik zinciri yönetiminden mağaza içi süreçlere kadar geniş bir yelpazede fayda sağlamaktadır. Bu teknolojilerin gelecekte daha da yaygınlaşması beklenmektedir.

Şekil 11’de hazır giyim sektöründe giysilere takılan RFID etiket örnekleri görülmektedir.

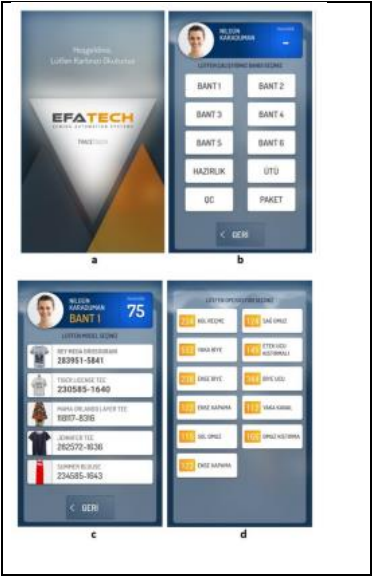


Şekil 11. RFID Giysi Etiketleri (Smartcardy, 2024).

Online üretim takip sistemleri, üretim süreçlerinden üretime ait verilerin operasyon, ürün ve bant bazında anlık veri toplanmasını sağlar. Bu sistemler, firmaların verimlilik analizlerini eş zamanlı olarak yapmalarına ve hızlı aksiyonlar almalarına olanak tanır. Şekil 12’de, Tracetech online üretim takip sisteminin RFID kart okutma ekranı, bant seçim ekranı, model seçim ekranı, operasyon seçim ekranı görülmektedir. Sistemde, makinelerle entegre dokunmatik ekranlı tablet veri toplama cihazı bulunmaktadır (Şekil 13). Operatör, bu panele RFID kartını okutarak (Şekil 13a), ekrana sırasıyla çalıştığı bandı (Şekil 13b), üretim modelini (Şekil 13c) ve görev aldığı operasyonu (Şekil 13d) girmektedir.



Şekil 12. Üretim Takip Sistemi Tablet Veri Toplama Cihazı (Efatech, 2024).



Şekil 13. A) RFID Kart Okutma Ekranı, B) Bant Seçim Ekranı, C) Model Seçim Ekranı, D) Operasyon Seçim Ekranı (Boz Ve Tama, 2021).

Literatürde hazır giyim sektöründe blok zinciri ve RFID teknolojilerinin kullanımı ve değerlendirmeleri üzerine yapılmış çalışmalar, bu teknolojilerin kullanımını arttırmaya yönelik bilgi sağlarken, teknolojilerin geliştirilmesine de katkı sağlamaktadır. Örneğin Azevedo ve Carvalho (2012), moda tedarik zincirinden üretici, distribütör ve perakendecilerin RFID teknolojilerini benimsemesindeki itici güçleri araştırmış, lojistik ve hızlı dağıtımda hızlı yanıt, verimlilik, doğruluk ve hız gibi içsel faydaların adaptasyonda etkisi olduğunu belirlemişlerdir. Wong vd. (2014), moda perakende sektörü için satış stratejilerini iyileştirme ve satış performanslarını artırma amacıyla RFID teknolojilerini ve akıllı ürün çapraz satış sistemini kullandıkları bir sistem geliştirmişlerdir. Chan'ın (2016), Zara, Marks&Spencer ve Amerikan giyim şirketleri üzerine yaptığı vaka çalışmalarında, RFID kullanımının moda tedarik zincirinde ürün akışlarının görselleştirilmesinde önemli iyileştirmeler sağladığını, envanter yönetiminde verimliliği arttırdığını ve müşteri ilişkileri yönetimini desteklediğini tespit etmiştir.

2.4. Yapay Zeka (AI) ve Makine Öğrenimi

Yapay zekâ, insan zekâsını taklit ederek öğrenme ve problem çözme yeteneğine sahip olan makinelerdir (Hemalatha, 2021). Endüstri 4.0 kapsamında makine öğrenimi, akıllı üretimi destekleyen pek çok gelişmiş algoritma sunmaktadır. Yapay zekâ teknikleri, deneyim kazanma, karar verme, sözel verileri dikkate alma ve yapay sinir ağlarının öğrenme becerisi gibi özellikleri bir araya getirir. Yapay zekâ uygulamaları, üretim sürecinde otomasyonu artırmanın yanı sıra tüketici eğilimlerini analiz ederek kişiselleştirilmiş tasarımlar sunmada etkilidir (Adem vd., 2022).

Yapay sinir ağı, mantıklı bir programlama yöntemi olup, insan beyninin çalışma sisteminden esinlenerek derin öğrenme olarak adlandırılan makine öğrenimi süreci ile öğrenme, verileri hafızaya alma, işleme, karar alma, çıkarımda bulunma gibi becerileri gerçek-

leştiren bir yapay zeka yöntemidir (Çörekcioglu vd., 2021). Sinir ağları, doğrusal olmayan, karmaşık girdi ve çıktı verileri arasındaki ilişkileri derin öğrenme ile öğrenip modelleyerek genelleme ve çıkarım yapma, kullanıcı tutum ve davranışlarını izleyip öğrenerek kişiselleştirilmiş öneriler sunma, bilgisayarların görüntü ve videolarından aldığı bilgi ve öngörüü ayıklama gibi becerileriyle, hazır giyim sektöründe süreç ve ürün takibinde son derece önemli bir rol almaktadır (AWS, 2024).

Yapay zeka (AI) ve makine öğrenimi üzerine yapılmış, hazır giyim sektörüyle ilgili akademik çalışmaların ilk örnekleri kumaş ve dikiş hatalarının tespiti üzerinedir.

Tsai vd. (1995), Tsai ve Hu (1996) çalışmalarında kumaş kusurlarını belirlemede sinir ağı yöntemlerini kullanmışlardır. Bahlmann vd. (1999) tekstil dikişlerinin kalite kontrolünde yapay sinir ağı yöntemlerinden faydalanmışlardır.

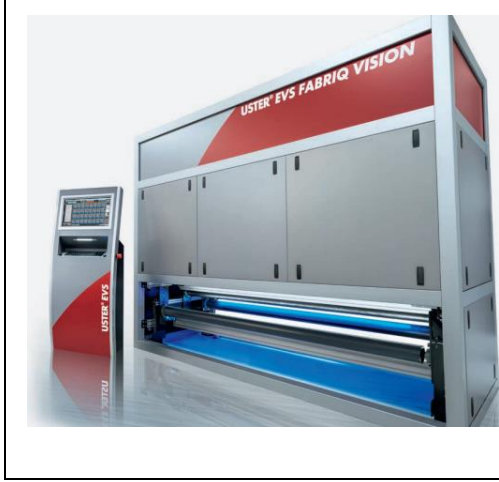
Susanto vd. (2012) tekstil sektöründe ürün teslim sürelerini yapay sinir ağları kullanarak modellemiş, kumaş üretiminin ürün teslim süresini formüle etmek için bir metodoloji geliştirmişlerdir.

Shao vd. (2021), dikiş sürecinde standart sürenin belirlenmesinde etki eden faktörleri belirlemek için gri korelasyon analizini kullanmış, dikiş sürecinin standart süresini tahmin etmek için parçacık sü-rüsü optimizasyonlu destek vektör makinesine dayalı yeni bir tahmin modeli önermiştir. Araştırmanın sonuçları yöntemin yüksek doğruluğunu, önerilen modelin standart sürenin belirlenmesi için güvenilir bir tahmin aracı olduğunu ve dikiş sürecinde iyi tahmin edilen sonuçlar elde edebileceğini göstermiştir.

Adem vd. (2022) iş etüdü tekniklerinin dijitalleşme sürecindeki rolü ve değişimine yönelik bir çalışma yürütmüş, üretim ortamında yaşanan dijitalleşmenin, iş etüdü teknikleri üzerindeki etkisini literatürdeki çalışmaları temel alarak araştırmış ve analiz etmiştir.

Hazır giyim sektöründe kumaş kalitesi kontrolünde, hat dengeleme problemlerinin çözümünde, talep tahmini ve trend analizinde yapay zekâ aktif olarak kullanılmaktadır. Sinir ağı tabanlı yazılımlar, tüketicinin giyime olan ilgisinin estetik parametrelerini tasarım aşamasında tahmin etmektedir. Yapay zeka hazır giyim tüketicileri için kişiselleştirilmiş kalıp oluştururken bilgi tabanlarıyla büyük veri ve veri analizi tekniklerini uygular (C.Uduwela vd., 2021).

Şekil 14’ te kumaş kontrolü için geliştirilmiş gerçek zamanlı proses izleme, hata algılama, bulma ve kayıt özellikleri bulunan “Uster Fabric Inspection” görülmektedir. Uster’in sinir ağı, hatalara ait otomatik sınıflandırma için ayrı modeller sağlamakta, yapay zeka hata kataloglarına göre kodlamak üzere eğitebilmektedir. Kabul edilebilen ya da edilmeyen hatalar sınıflandırılarak güvenilir denetim performansı oluşturulurken üretimin analiz edilmesi ve optimizasyonu kolaylaşmaktadır (Uster, 2024). Bu inovatif teknolojilerin kullanımı ile manuel kontrollerde kumaş hatalarının tespitinde yaşanabilecek verimsizlikler ve kalite kontrol hataları minimize edilmekte hatta ortadan kaldırılabilir.



Şekil 14. “Uster® Evs Fabriq Vision” Kumaş Kalite Güvence Sistemi (Uster, 2024).

Hazır giyim sektöründe sıkça yaşanan kumaş tonu problemlerinin kumaş kontrolü aşamasında tespit edilmesi amacıyla geliştirilmiş bir sistem şekil 15’te görülmektedir. Uster firmasının geliştirdiği kumaş tonu optimizasyon sistemi, belirli bir referans noktasına göre kumaştaki ton değişimini değerlendirilmektedir. Otomatik planlama ve sıralama özelliğine sahip olan sistem lotların renk bütünlüğüne sahip olması için renk tonlarına göre gruplama seçenekleri sunmaktadır (Uster, 2024).



Şekil 15. “Uster® Evs Fabriq Shade” Kumaş Tonu Optimizasyon Sistemi (Uster, 2024).

2.5. Robotik ve Otomasyon

Endüstriyel robotlar; otomasyon uygulamalarında kullanılmak üzere, yerinde ya da mobil bir platforma sabitlenebilen, üç veya daha fazla eksenle hareket edebilen, programlanabilen, otomatik olarak kontrol edilen, çok amaçlı manipülatörlerdir (ISO, 2024).

Yapay zeka teknolojileriyle donatılmış robotlar, özerk karar verme, iletişim kurma ve öngörü yetenekleri kazanmıştır. Bu gelişmeler, insan-robot iş birliğini ileri seviyelere taşımış ve üretim süreçlerinde verimliliği artırmıştır (Gökalg vd, 2019; Yoşumaz, 2018).

Otomasyon ve robotik birbirine yakın iki teknoloji olup robotik temel olarak endüstriyel otomasyonun bir biçimi niteliğindedir (Jindal ve Kaur, 2021). Hazır giyim üretimi, operasyon sıralamaları, miktar, zaman ve maliyet gibi çeşitli belirsizlikleri içeren çok sayıda işlem ve kaynağın yapılandırılmasını kapsayan karmaşık bir sistem-

dir. Yapay zeka, büyük veri ve bilgi teknolojileri bu karmaşık sistemde geleneksel yöntemlere kıyasla optimum faydayı sağlayacak senaryoları sağlamak için kullanılmaktadır (Xu vd. 2018).

Akademik literatürde, robotik ve otomasyon teknolojilerinin özellikle dikiş ve kesim süreçlerini hızlandırdığı vurgulanmaktadır. Otomatik dikiş makineleri ve robot kolları, iş gücü maliyetlerini azaltırken aynı zamanda üretimde hata oranını minimuma indirmektedir.

Hazır giyim sektöründe robotik uygulamalarla ilgili yapılan çalışmalar dikilecek kumaş parçasının dikiş makinesinde dikiş plakasına yerleştirilmesi, dikim sırasında işleme destek olması amacıyla geliştirilen sistemler üzerinedir.

Koustoumpardis ve Aspragathos (2003), dikiş işleminde kumaşın tutulması, yönlendirilmesi ve taşınması sırasında bir robot tarafından uygulanan gerilme kuvvetlerini düzenlemek için bir nöro-denetleyici önermiştir. Koustoumpardis ve Aspragathos (2007), daha sonra önerilen sistemi gerçek bir robotize dikiş ortamında uygulayarak kumaşları dikmeye doğru yönlendiren robot ve robotun bir insanla işbirliğini test etmiş, robotun gerçek zamanlı tepki gösterdiğini ve sinir ağı denetleyicisinin aynı koşullar altında çalışan bir PID denetleyicisinden daha sağlam olduğunu tespit etmişlerdir.

Zacharia vd. (2009), dikiş işleminde robot desteği ile çalışmada kumaşların yapısal farklılıklarından kaynaklanan esneme, şekil bozuklukları vs. önlemek için robot kontrol sistemi geliştirmiştir. Çalışmanın kısıtları ve çözüm bekleyen yönlerini geliştirmek için Zacharia (2012), kavisli kenarların dikim işlemleri için yeni bir genetik odaklı kümeleme yöntemi ve uyarlanabilir nöro-bulanık çıkartım sistemi geliştirmiştir. Sonuçlar önerilen yaklaşımın kumaşı dikiş iğnesine doğru yönlendirmede, dikim esnasında iğnenin etrafında döndürmede etkili ve verimli olduğunu ve kumaşın deformasyonlarına karşı dayanıklı olduğunu göstermiştir.

Fung vd. (2011), farklı stil, boyut ve kumaşlara sahip örme giysilerin kontrolü için iki boyutlu düzlemde hareket edebilen esnek, 6 eksenli robotik askı sistemi geliştirmiştir. Üç bağlantı grubundan (gövde bağlantısı, omuz bağlantısı ve kol bağlantısı) oluşan 3 DOF askı sisteminde kontrol parametrelerini otomatik olarak düzenlemek için bulanık ayarlı bir PID (FT-PID) kontrol algoritması kullanılmış, testler sonuçları sistemin geleneksel PID kontrolörlerinden daha verimli performans alındığını göstermiştir.

Abd Jelil (2018) akademik alanda yaptığı derleme çalışmasında, giysi üretiminde en sık kullanılan yapay zeka araçlarının; genetik algoritmalar, bulanık mantık, nöro-bulanık sistemler ve makine öğrenme yöntemleri olduğunu tespit etmiştir.

Üretimde, insanlarla kıyaslandığında robotların hassasiyet açısından daha güvenilir olmaları, hataya daha az eğilimli olmaları, bakım dışında dinlenme ihtiyacı olmaması, tehlikeli veya zorlu koşullarda çalışabilmeleri en büyük avantajları olarak dikkat çekmektedir (Jindal ve Kaur, 2021; Jiménez ve Čubrić, 2018).

Hazır giyim ve tekstil üreticileri üretkenliği artırmak ve verimliliği yükseltmek için otomasyona yönelmektedir (Jindal ve Kaur, 2021). Ancak robotların kullanımı diğer sektörlerle kıyaslandığında daha azdır. Tekstil sektöründe özel amaçlı makinelere monte edilmiş farklı tipte kavrama cihazları kullanılmaktadır (Jiménez ve Čubrić, 2018). Bu tür kavrama cihazlarından bazıları robotlara monte edilerek işlemlerin verimliliğini ve kalitesini artırmaktadır.

Hazır giyim üretiminde kumaş serim işlemleri, tam otomatik makineler yardımıyla yapılabilmektedir. Otomatik kumaş serme ile serim esnasında yüksek kaliteli sensörlerle kumaş kontrolü yapılabilen, kumaş kat sayısı, metraj takibi, kumaş toplarının bitimi kontrol edilerek işlemler zaman kaybı olmadan az işçilikle hatasız yapılabilir. Kumaş kesiminde yaygın olarak kullanılan bilgisayar kontrollü lazer kesim sistemleri, ağır tekstil malzemelerinin çok

katlı kesiminde kalite, hız ve maliyet açısından çok verimlidir (Jindal ve Kaur, 2021). Şekil 16’da görülen tam otomatik denim kumaş serim makinesi, ağır ve top çapı geniş kumaşların serimi için tasarlanmış, serim yüksekliğine göre otomatik yükselebilen serim özelliği bulunan, pastal ucunu pastal katlarında aynı hizada serebilen hız seçenekleriyle zaman tasarrufu sağlayan bir makinedir.



Şekil 16. Tam Otomatik Denim Kumaş Serim Makinesi (Astaş c, 2024)

Şekil 17’de otomatik kumaş kesim makinesi görülmektedir. Sürekli / sonsuz kesim (besleme esnasında kesim) özelliği ile zaman tasarrufu sağlarken, kalıplar arasında boşluk bırakmayarak fire oranlarını düşürme özelliğinin yanı sıra hızlı ve kaliteli kesim için geliştirilmiş birçok özelliği de barındırmaktadır.



Şekil 17. Otomatik Kesim Makinesi (Astaş D, 2024).

Dikiş makinelerinde kullanılan otomasyon teknolojileri ve robotlar; kumaşın kavranması, dikiş makinesinde dikiş plakasına yerleştirilmesi, dikiş işleminin başlatılarak kumaşa gerekli yönlendirmelerin yapılması, işlemin bitişinde parçanın alınması ve sonraki işlem için istiflenmesi süreçlerini gerçekleştirebilmektedir. Şekil 18’de denim bir pantolonun arka cebinin dikimi için geliştirilmiş otomasyon sistemi görülmektedir.



Şekil 18. Cep Dikim Otomatı (Juki, 2024).

Şekil 19’da çoklu işlem gerektiren cep fleto ve torbası montaj işlemini otomatik olarak yapan, katlayarak ütüleme ve ön hazırlık işlemlerini ortadan kaldıran lazerli fleto dikiş otomatı görülmektedir.



Şekil 19. Full Otomatik Lazerli Fleto Dikiş Otomatı (Astaş e, 2024).

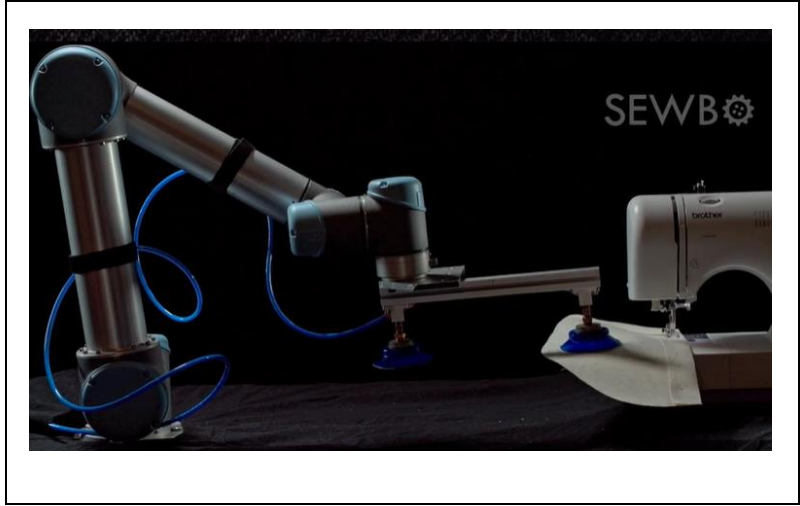
Şekil 20’de ceket yırtmacı için geliştirilmiş özel kalıp aparatlı programlanabilir ceket kol yırtmaç dikiş otomatı görülmektedir.



Şekil 20. Programlanabilir Ceket Kol Yırtmaç Dikiş Otomatı (Astaş f, 2024).

Şekil 21’de görülen, Zornow tarafından 2015 yılında icat edilmiş olan "Sewbo" robotu, dikim sırasında kumaş elemanlarını otomatik olarak yönlendirip konumlandırarak bir tişörtün tüm dikim işlemlerini gerçekleştirmesi ile hazır giyim üretiminde %100 otomasyona

ulaşmada bir dönüm noktası olmuştur (Jindal ve Kaur, 2021). Zor-now kumaşın suda çözünen polimer ile robotların kavrayabileceği, taşıyabileceği ve yönlendirebileceği kadar sertleşmesini sağlamıştır. Materyal kolaylıkla ılık suda temizlenerek orijinal yapısına dnebil-mektedir.



şekil 21. Sewbo Robotu (Sewbo, 2024).

Hazır giyim sektöründe tleme işlemi, ürünün tketickiye ulaşmadan önce son formunun verildiği, kumaş üzerinde istenmeyen kı-rışıklıkların giderildiği, estetik görünümüne direkt etki eden bir iş-lem olması nedeniyle önemli bir işlemdir. Özellikle detaylı dikiş iş-lemeleri ve model özelliği olan ürünler için tleme işlemi beceri ve tecrübe gerektirmektedir. Dikim işlemi tamamlanmış ürünlerin t-leme işleminde, kaliteli üretim ve zaman tasarrufu sağlamak için model özelliğine göre (pantolon, gömlek, mont vs.) şişme manken tler ve ürünlerin belirli kısımları için (yaka, manşet, ceket mostra vs) pressler kullanılmaktadır. şekil 22’de son tleme işlemleri için kullanılan kabin şeklinde tasarlanmış toplu tleme yapılan otoma-tik bir sistem görülmektedir. Konveyör sistemine kanca ile takılan

giysiler sistem üzerinde kumaş özelliğine göre nem, sıcaklık ayarları yapılarak zaman ve enerji tasarrufu sağlayarak yüksek performansta üretim yapılmasını sağlamaktadır.



şekil 22. “Tunnel Finisher” (Veit, 2024).

Şekil 23'te polo yaka tişört için tasarlanmış ütöleme otomatı görülmektedir.



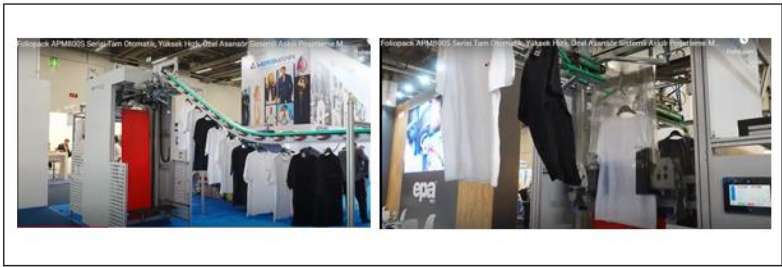
Şekil 23. Triko / Polo T-shirt Finisher (Astaş g, 2024).

Şekil 24’te görülen ceket ön ve arka son ütüleme presi, ürünün formunu optimize ederken, kareli ve çizgili kumaşlarda hizalama kolaylığı sağlamaktadır.



Şekil 24. Ceket Ön ve Arka Son Ütüleme Presi -Dikey Form (Astaş h, 2024).

Şekil 25’te hızlı, kaliteli ve standart otomatik poşetleme özelliği sağlayan tam otomatik, asansör sistemli askılı poşetleme makinesi görülmektedir.



Şekil 25. Tam Otomatik, Yüksek Hızlı, Özel Asansör Sistemli Askılı Poşetleme Makinesi (Astaş ı, 2024)

2.6. Akıllı Tekstiller ve Giyilebilir Teknolojiler

Akıllı tekstiller; sıcaklık, ısı, nem, ışık, elektrik gibi mekanik, termal, kimyasal ve manyetik değişiklikleri algılayarak tepki vermek ve uyarlandığı materyale işlevsellik katmak üzere, kullanılacakları yüzeye yerleşik tekstil yöntemleriyle uyarlanan malzemelerdir (Ruckdashel vd., 2021; Girgin, 2022; Akçalı, 2016; Lam Po Tang ve Stylios, 2006).

Çeşitli polimer, metal, seramik, elyaf, film ve kumaşları kapsayan akıllı tekstiller polimerde (kopolimerizasyon, bileşik oluşturma, harmanlama), lifte (termal çekme, çözelti dökümü, eritme, çözelti veya elektro-eğirme), iplikte (bükme, harmanlama, metalizasyon), kumaşta (örme, dokuma, non-wooven teknikler) veya son işlemde (kaplama, baskı, nakış) uygulanabilmektedir (Ruckdashel vd., 2021).

Teknolojideki gelişmeler, performansı artırılmış yeni malzemelerin ortaya çıkışını sağlarken özellikle nano malzemeler sahip oldukları ayırt edici özellikleriyle ilgi odağı olmaktadır (Wu vd., 2022; Zhou vd., 2024). Hazır giyim sektöründe malzemelerin inovatif uygulamalarına olan yönelim artış göstermektedir (Porterfield ve Lamar, 2021).

Akıllı tekstillerin yüksek katma değer özelliği ve ilerici, inovatif teknolojilerin kullanımına olanak sağlamaları, AR-GE çalışmalarının yoğunlaştığı bir alan olmasını sağlamaktadır (Akçalı, 2016). Ancak standart tekstiller yüksek üretim hızlarında üretilebilirken, akıllı tekstil üretimi işlevsellik ekleme teknikleri ve maliyetle sınırlıdır. Eriyik, jel, çözelti veya kuru elyaf ekstrüzyonu üretim için uygun olsa da, elektrosinning araştırmacılar tarafından daha çok tercih edilmektedir. Fabrika laboratuvarları, robotik süreçler ve 3D yazıcılar yüksek hacimli özel üretimi desteklese de büyük hacimli üretim için kısıtlılık söz konusudur (Ruckdashel vd., 2021). Akıllı tekstil ve yüksek performanslı materyaller;

1. Yüksek performanslı lif ve tekstil materyalleri
2. Üç boyutlu lif bazlı yapılar
3. Multi fonksiyonel tekstil yüzeyleri ve ilgili proses teknolojileri
4. Akıllı yapılar için elektronik tekstiller ve akıllı giyilebilir sistemler olarak sınıflandırılabilir (Girgin, 2022).

Akademik literatürde yer alan akıllı tekstiller ve giyilebilir teknolojiler ile ilgili inovatif teknolojilerin uygulandığı kumaş ve giysilerin tasarımı ve tasarım süreçlerinin incelenmesi üzerine yapılan çalışmalar bu alanda yapılacak çalışmalar için referans ve örnek olmaktadır.

Lam Po Tang ve Stylios (2006), tekstil ve giyim endüstrisinde kullanılan yenilikçi teknolojileri, akıllı teknolojilerin gelişimini ve gelecekteki uygulamaları ele alarak estetik, işlevsellik, dayanıklılık gibi zorlukları araştırmışlardır. Çalışmalarında, sıcaklık farklarına göre katı ve sıvı halleri arasında geçiş yapan, faz değiştiren malzemeleri, ısı, ışık veya pH gibi uyaranlarla renk değiştirebilen kromatik malzemeleri, sıcaklık gibi dış uyaranlarla önceden belirlenmiş bir şekle geri dönebilen şekil hafızalı malzemeleri, elektronik bileşenlerin esnek tekstil yapılarına entegre edilmesine olanak sağlayan giyilebilir elektronikleri ve güneş enerjisi gibi kaynaklarla desteklenen akıllı giysileri ele almışlardır.

Zhou vd. (2024) su geçirmezlik ve nefes alabilirlik gibi işlevselliklerle yüksek konfor sunmak üzere poliüretan (PU), florlanmış poliüretan (FPU) ve polivinil bütiral (PVB) içeren kompozit nano kumaş tasarlamıştır. PU-FPU-PVB kumaşların, uygun PVB oranı ile tasarlandığında, su geçirmezlik ve termal konfor sağlayan yüksek performanslı bir kumaş olarak özellikle dış giyim, spor giyim ve tıbbi giyim alanlarda uygulama potansiyeli olduğunun belirtildiği bu çalışma nanomalzemelerin giyim tasarımındaki rolünü artırmak

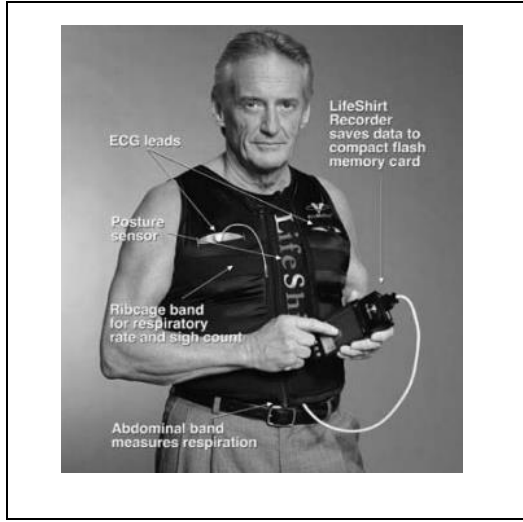
amacıyla işlevsel ve yenilikçi kumaş üretimine katkıda bulunmaktadır.

McCann vd. (2005), teknik, işlevsel, estetik ve kültürel açıdan kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayan yenilikçi akıllı giysi tasarımı sürecini ele almış, teknolojinin sanatsal tasarımıyla birleştirilmesi ve farklı disiplinlerden gelen estetik ve teknik gereksinimlerin dengelenmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Tasarımcılara karar alma sürecinde rehberlik etmesi amacıyla süreci destekleyen "kritik yol" aracı sunmuşlardır.

Dunne vd. (2005), elektronik teknolojilerin giysilere entegrasyonu ile işlevselliğin artma durumunu incelemiş, çevresel veya dursal değişikliklere yanıt verebilen bu giysilerin dinamik olarak uyum sağlayabilme potansiyelini vurgulamışlardır. Giyilebilir teknoloji tasarımında dikkat edilmesi gereken tasarım süreçleri, kullanıcı etkileşimi ve bilgi akışının yönetimi gibi önemli unsurlara değinmişlerdir.

Giyilebilir teknolojiler, vücutta veya kıyafetlere entegre olarak kullanılabilen, sensörler ve dijital işleme sistemleri ile donatılmış cihazlar veya tekstillerden oluşur. Bu teknolojiler, sağlık, spor, moda, eğlence ve güvenlik gibi alanlarda yenilikçi çözümler sunarak hem bireylerin yaşam kalitesini artırmayı hem de veri temelli karar alma süreçlerini desteklemeyi amaçlar. Giyilebilir teknolojiler; giyilebilir cihazlar, giyilebilir sağlık teknolojileri, giyilebilir eğlence ve spor teknolojileri ve endüstriyel ve güvenlik amaçlı teknolojileri kapsar.

Giyilebilir Teknolojiler; fiziksel veya biyolojik verileri sürekli izleme ve analiz etme, Bluetooth, Wi-Fi gibi teknolojilerle diğer cihazlarla entegrasyon, kullanıcıyı rahatsız etmeyecek şekilde tasarlanmış ergonomik yapılar, kullanıcıya özel veri analizi ve öneriler sunma gibi özelliklere sahiptir. Sağlık ve tıp alanında kronik hastalıkların kontrolünde veri analizi ile hasta takibinde, biyometrik verilerin analizi ile erken teşhisinde, fizik tedavi süreçlerinde hareket



Şekil 27. LifeShirt (Goodwin, 2008).

Şekil 28’de görülen ısıtılabilen çok fonksiyonlu ceketini tasarlayan Ploucquet firması, Sympatex membranını iletişim ve aydınlatma sistemiyle birleştirmiştir. Ceketin ön kısmında omuz, sırt ve böbrek bölgesi için ısıtma sistemini çalıştıran kontrol düğmeleri bulunmaktadır. Güç düğmesi olarak da kullanılabilen iletişim sistemi, bluetooth bağlantısı aracılığıyla çağrılar alabilmekte, kayıtlı müzik dinleme imkanı sağlamaktadır. Ceketin ön ve arka kısmında aydınlatma sistemi için ışıklar bulunmaktadır. Sistem şarj edilebilir batarya ile çalışmaktadır (Techtextil/Texprocess, 2015).



Şekil 28. Isıtılabilen Çok Fonksiyonlu Ceket (Techtextil/Texprocess, 2015).

Bu tasarımın, kullanıcının günlük aktivitelerini detaylı olarak izleyerek kişisel veri toplama, anlık sağlık durumlarını izleme, taşınabilirlik ve kolay kullanım gibi avantajlarının yanında, toplanan kişisel verilerin güvenliğiyle ilgili riskler, gelişmiş modellerin satın alma maliyetlerinin yüksekliği, kısıtlı batarya süresi gibi dezavantajları da bulunmaktadır.

Giyilebilir teknolojilerin geleceği, yapay zeka (AI), büyük veri ve artırılmış gerçeklik (AR) ile entegrasyonuna bağlı olarak şekillenmektedir. Akıllı kıyafetler, biyometrik verileri gerçek zamanlı olarak analiz ederken, bu veriler sağlık sektörü için daha proaktif bir yaklaşım sunacaktır. Ayrıca, endüstriyel alanda çalışan güvenliği ve

Üretim verimliliği konularında daha geniş çaplı uygulamalar beklenmektedir. Giyilebilir teknolojiler, günlük yaşamdan iş dünyasına kadar geniş bir yelpazede yenilikçi çözümler sunmaktadır. Sağlık, spor, eğlence ve güvenlik gibi birçok alanda hayatı kolaylaştıran bu teknolojiler, kullanıcı odaklı yapılarıyla giderek daha fazla benimsemektedir. Veri güvenliği, maliyet ve kullanıcı dostu tasarım gibi zorluklar aşılabildiği takdirde, bu teknolojiler önümüzdeki yıllarda yaşamın ayrılmaz bir parçası haline gelecektir.

2.7. Dijital Pazarlamada Bilgi Teknolojileri

Endüstri 4.0'ın teknolojik gelişmelerinin yansıdığı süreçlerden biri de pazarlamadır. Gelişen teknoloji ile birlikte işletmeler, varlıklarını sürdürebilmek ve rekabet gücünü arttırabilmek için geleneksel yöntemler (radyo, televizyon, gazete vs.) yerine evrimii dünyaya (sosyal medya, internet, mobil platformlar) yönelerek hedef kitlelerine etkili bir şekilde ulaşmak için tüketici odaklı dijital pazarlama stratejilerini kullanmaya başlamışlardır.

Müşterileri demografik, davranışsal ve coğrafi özelliklerine göre segmentlere ayırarak kategorize edilmesine olanak sağlayan bilgi teknolojileri daha etkili hedefleme yapılmasını sağlamaktadır. Veri toplamının gerçek zamanlı olarak yapılabilmesi tüketici taleplerine hızlı cevap verilebilmesini mümkün kılarken, otomasyon ve veri analitiği ile maliyetler düşmektedir. Makine ğrenimi algoritmaları, müşterilere özel içerik ve teklifler sunarak dönüşüm oranlarını arttırmektedir.

Hazır giyim sektörünün finansal ve operasyonel performansını ve e-işletme yeterliliklerini önemli ölçüde iyileştirme fırsatları sunan bilgi teknolojileri, verimlilik, müşteri hizmetleri, hizmet ve ürünlerin inovasyonu gibi organizasyonel yeteneklerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynar (Girgin, 2022).

Akademik literatürde dijital pazarlama ile ilgili yapılan çalışmalar, hazır giyim markalarının sosyal medya kullanımları ve tüketici davranışlarının incelenmesi üzerine odaklanmıştır.

Alalawneh vd. (2021), Ürdün'deki moda KOBİ'lerinin yenilik performansı üzerinde önde gelen sosyal medya platformlarının kullanımının etkisini analiz etmiş, bu konuda sosyal medya platformlarının kullanımında kalan boşlukları belirlemiştir.

Landim vd. (2021), disiplinler arası bir araştırma yaparak moda e-ticaret uygulamaları için sohbet robotu tasarım yaklaşımlarının haritasını sunarak moda işletmeciliği ve e-ticaret için önemli veriler aktarmıştır.

Tupikovskaja-Omovie ve Tyler (2021) çalışmalarında, moda tüketicilerinin deneyimini derinlemesine analiz etmek için akıllı telefonlarda göz izleme teknolojisini kullanarak gerçek tüketici alışveriş davranışına dair somut veriler sağlam ortaya koymuştur.

Hazır giyim sektöründe dijital pazarlama, teknolojik yeniliklerle birlikte hızla evrilmekte ve markaların hedef kitleleriyle daha verimli bir şekilde etkileşim kurmalarını sağlamaktadır. Bu süreçte kullanılan inovatif bilgi teknolojileri, pazarlama stratejilerini güçlendirirken aynı zamanda müşteri deneyimini iyileştirmeye de olanak tanımaktadır.

Özellikle Covid-19 pandemisi dijital pazarlama sektöründe büyük ivme yaratmış, bu süreçte marka ve müşteri ilişkilerinde yapay zekâ uygulamalarının kullanımı olumlu ve olumsuz etkileriyle dikkat çekmiştir (Kuruca vd., 2022).

Günümüzde yapay zeka, dijital pazarlamanın her aşamasında önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle, makine öğrenimi algoritmaları, kullanıcı davranışlarını analiz ederek kişiselleştirilmiş pazarlama stratejileri geliştirmeye olanak tanımaktadır. Yapay zeka gele-

cekteki müşteri taleplerini tahmin ederek en popüler ürünleri öne çıkaran stratejiler oluşturabilmekte, kullanıcının alışveriş geçmişine, tercihlerine ve ilgi alanlarına göre özel reklamlar sunmaktadır.

Müşteri davranışları, satış trendleri, en çok tercih edilen ürünler ve pazar talepleri hakkında derinlemesine bilgi sağlayan büyük veri ile markalar, stratejilerini veriye dayalı olarak şekillendirebilmektedir. Markalar veri analizi ile hedef kitlesini daha etkili bir şekilde segmentlere ayırarak her segment için özelleştirilmiş kampanyalar oluşturabilmektedir. Satış verilerini analiz ederek, hangi ürünün ne zaman popüler olacağı tahmin edilebilmekte, böylece stok yönetimi optimize edilebilmektedir. Moda trendlerini belirlemek için sosyal medya verileri ve müşteri geri bildirimleri analiz edilebilmektedir.

Markaların müşterilerle iletişiminin sürekliliğini sağlayarak, pazarlama profesyonellerinin müşteri iç görüşü kazanmalarına katkıda bulunan yapay zeka destekli sohbet robotları (chatbotlar), doğru planlanmış iş ve tasarım süreçleriyle, işletmelerin pazarlama hedeflerini iyileştirme ve geliştirmelerinde önemli rolü olan araçlardır (Kuruca vd., 2022).

E-ticaret sitelerinde alışveriş süreçlerini kolaylaştıran otomasyon sistemleri ve sohbet robotları, müşterilere anında destek vererek dönüşüm oranlarını artırmaktadır. Otomasyon sistemleri, stok seviyelerini izleyerek satışları artırmak için envanterin doğru şekilde yönetilmesini sağlamaktadır.

AR ve VR teknolojileri, müşterilere sanal denemeler ve etkileşimli deneyimler sunarak markaların çevrimiçi mağazalarında daha gerçekçi ve ilgi çekici deneyimler yaratmalarına yardımcı olmaktadır. AR teknolojisi sayesinde kullanıcılar, giysileri sanal ortamda üzerlerinde görebilmekte, böylece satın alma kararı alırken daha bilinçli hareket edebilmektedir. VR ile müşteriler sanal mağazalarda gezerek, ürünleri detaylıca inceleyebilmekte, sanal alışveriş deneyimi yaşayabilmektedir.

Blok zinciri, şeffaflık, güvenlik ve veri doğruluğu sağlamak için dijital pazarlamada önemli bir teknoloji haline gelmiştir. Blok zinciri, ürünlerin tedarik zincirindeki her adımını şeffaf bir şekilde takip etmeye olanak tanırken müşterilerin ürünün orijinallliğini doğrulamasını sağlamaktadır. Blok zinciri tabanlı akıllı sözleşmeler, markaların tedarikçileri ve müşterileriyle güvenli otomatik ödeme sistemleri kurmalarını mümkün kılmaktadır.

Hazır giyim sektöründe dijital pazarlamada kullanılan inovatif bilgi teknolojileri, markaların müşterileriyle daha etkili bir şekilde iletişim kurmasını ve kişiselleştirilmiş deneyimler sunmasını sağlamaktadır. Yapay zeka, AR/VR, blok zinciri, veri analitiği gibi teknolojiler, markaların hem operasyonel verimliliklerini artırmalarına hem de müşteri deneyimlerini iyileştirmelerine yardımcı olmaktadır. Bu teknolojiler, gelecekte hazır giyim sektöründe dijital pazarlama stratejilerinin daha da evrilmesini sağlayacaktır.

SONUÇ

Hazır giyim sektörü, hızla değişen tüketici beklentileri, teknolojik gelişmeler, küresel pazarlarda var olabilmek için şart olan sürdürülebilirlik gereklilikleri, dijitalleşmenin sunduğu avantajlarla kapsamlı bir dönüşüm sürecinden geçmektedir. Bu süreçte, inovatif teknolojiler sektöre yalnızca rekabet avantajı kazandırmakla kalmayıp, aynı zamanda çevresel ve sosyal sorumlulukların yerine getirilmesine olanak tanımaktadır.

Hazır giyim sektöründe üretim maliyetlerinin önemli bir bölümü iş gücü ile ilgilidir. Sektörde kullanılan otomasyon ve robot teknolojileri üretimde kaliteyi arttırmakta, operasyon sürelerini kısaltmakta, işçilik maliyetlerini düşürmektedir. Tasarım, üretim ve yönetim süreçlerinde, yapay zeka ve akıllı robotik sistemlerin kullanımı, yapay zekanın entegrasyonu, ürün ve üretim kalitesinin artırılmasını sağlarken, işçilik sürelerinin, işçilik maliyetlerinin ve kayıp zamanların en aza indirilerek verimliliğin artırılmasını, spesifik gereksinimlerin ve müşteri tercihlerine göre taleplerin karşılanmasını mümkün kılmaktadır (Soliwal, 2023). 3D tasarım yazılımları ve dijital prototipleme gibi teknolojiler, üretim süreçlerini hızlandırarak maliyetleri düşürmekte, aynı zamanda malzeme israfını azaltarak çevreye olan olumsuz etkileri minimum seviyeye indirmektedir. Bunun yanı sıra, yapay zeka destekli çözümler, tüketici beklentilerinin derinlemesine analiz edilmesini sağlayarak kişiselleştirilmiş ürün ve hizmet sunumunu mümkün kılmaktadır.

Artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) teknolojileri, müşteri deneyimlerini yeniden şekillendirirken, blok zincir teknolojisiyle tedarik zinciri süreçleri daha şeffaf ve izlenebilir hale gelmektedir. Bu teknolojiler, sektöre yalnızca operasyonel verimlilik sağlamakta, aynı zamanda sürdürülebilirlik ve etik üretim standartlarının yaygınlaşmasına katkıda bulunmaktadır. İnovatif teknolojilerle dijitalleştirilen tasarım, üretim ve dağıtım süreçleri, geleneksel iş

modellerini dönüştürerek işletmelere esneklik ve çeviklik kazandırmaktadır. Yapay zeka teknolojilerinin giysi mühendisliği alanındaki kullanımı ürün geliştirme süreçlerini kısaltmakta ve maliyet tasarrufu sağlamaktadır. Robotik ve otomasyon sistemleri ise üretim hatlarında önemli ölçüde azalma sağlayarak kalite standartlarını yükseltmektedir.

Bu dönüşüm süreci, işletmeler için büyük fırsatlar sunmakla birlikte, yüksek başlangıç maliyetleri, uzman kadro gereksinimi ve teknolojik adaptasyon süreçleri gibi zorlukları da beraberinde getirmektedir. Geleneksel iş modellerine sahip işletmelerin teknolojik yeniliklere uyum sağlaması zaman alırken, bu süreç yoğun eğitim ve yönetim becerisi gerektirmektedir. Ancak, inovasyonu stratejik bir öncelik olarak benimseyen ve bu alanda yatırımlarını artıran işletmeler, uzun vadede sektörde güçlü bir konuma sahip olacaktır.

Gelecekte, hazır giyim sektöründe yapay zeka, metaverse, nanoteknoloji ve biyoteknoloji gibi alanlarda kaydedilen gelişmelerle daha sürdürülebilir, müşteri odaklı ve esnek bir yapı ortaya çıkacaktır. Özellikle metaverse ve artırılmış gerçeklik teknolojileri, sanal mağaza deneyimleri ve kişiselleştirilmiş alışveriş çözümleri sunarak tüketici etkileşiminde devrim yaratacaktır. Blok zinciri teknolojisinin tedarik zincirindeki uygulamaları ise hem etik üretimi hem de sürdürülebilirlik standartlarını daha şeffaf hale getirecektir. Biyoteknoloji ve nanoteknoloji gibi ileri düzey yenilikler ise çevre dostu, dayanıklı ve inovatif ürünlerin geliştirilmesine zemin hazırlayacaktır.

Sonuç olarak, inovatif teknolojiler, hazır giyim sektörünün geleceğini şekillendiren temel unsurlar arasında yer alacaktır. Sektördeki işletmelerin, bu teknolojileri sadece operasyonel araçlar olarak değil, aynı zamanda stratejik fırsatlar olarak değerlendirmesi ve bu doğrultuda dönüşüm süreçlerini yönetmesi gerekmektedir. Gelecek,

yeniliğe açık olan ve teknolojiyi etkin bir şekilde benimseyen işletmelerin elinde şekillenecek, bu süreçte sürdürülebilirlik ve müşteri odaklılık, sektördeki başarının temel belirleyicileri olacaktır.

KAYNAKÇA

- Abd Jelil, R. (2018). Review of artificial intelligence applications in garment manufacturing. In: Thomassey, S., Zeng, X. (eds) Artificial Intelligence for Fashion Industry in the Big Data Era. Springer Series in Fashion Business. Springer, Singapore. 97-123.
- Adem, A., Yılmaz Kaya, B., Çakıt, E., Dağdeviren, M. (2022). Üretim Sistemlerindeki Dijital Dönüşümün İş Etüdü Teknikleri Üzerindeki Etkisi. Verimlilik Dergisi 110-122. <https://doi.org/10.51551/verimlilik.987325>
- Akçalı, K. (2016). Farklı Spor Branşlarında Kullanılan Akıllı Tekstil Ürünlerinin İncelenmesi. International Journal of Science Culture and Sport. (4)3, 689-703.
- Alalawneh, A.A.F., Alkhatib, S.F., & Abu Abbass, M.H. (2021). Social media usage and innovation performance: The case of fashion SMEs in Jordan. International Journal of Fashion Design, Technology and Education. doi:10.1080/1754 3266.2021.2011963
- Ashdown, S. P. and Na, H. (2008). Comparison of 3-D body scan data to quantify upper-body postural variation in older and younger women. Clothing & Textiles Research Journal, 26(4), 292–307.
- Astaş a (2024). <https://astasjuki.com/avalution-avaone-derinlik-sensorlu-3d-vucut-tarayicisi> Erişim Tarihi: 11.11.2024.
- Astaş b (2024) <https://astasjuki.com/vizoo-xtex-a4-yeni-nesil-malzeme-tarayici> Erişim Tarihi: 11.11.2024.
- Astaş c, (2024). Tam Otomatik Denim Kumaş Serim Makinesi. <https://astasjuki.com/mersmann-srm-255-xxl-serisi-tam-otomatik-denim-kumas-serim-makinesi> Erişim Tarihi: 16.11.2024.
- Astaş d, (2024). Otomatik kesim makinesi. <https://astasjuki.com/bullmer-procut-r90-yuksek-performansli-surekli-->

sonsuz-kesim-yapabilen-9-cmlik-otomatik-kesim-makinasi-cutter Erişim Tarihi: 16.11.2024.

Astaş e, (2024). Full Otomatik Lazerli Fleto Dikiş Otomatı. <https://www.astastechnology.com/tr/urunler/AST-190DN-1008-2T-TK4-AS-6-tr> Erişim Tarihi: 16.11.2024 .

Astaş f (2024). Programlanabilir Ceket Kol Yırtmaç Dikiş Otomatı <https://astasjuki.com/astron-ast-210-1306-cky-direct-drive-programlanabilir-ceket-kol-yirtmac-dikis-otomati> Erişim Tarihi: 16.11.2024 .

Astaş g, (2024). Triko / Polo T-shirt Finisher <https://astasjuki.com/veit-8410-triko--polo-t-shirt-finisher> Erişim Tarihi: 16.11.2024 .

Astaş h, (2024). Ceket Ön ve Arka Son Ütüleme Presi -Dikey Form <https://astasjuki.com/veit-bri-1200101-ceket-on-ve-arka-son-utuleme-presi--dikey-form> Erişim Tarihi: 16.11.2024.

Astaş ı, (2024). Tam Otomatik, Yüksek Hızlı, Özel Asansör Sistemli Askılı Poşetleme Makinesi. <https://astasjuki.com/foliopack-apm800s-serisi-tam-otomatik-yuksek-hizli-ozel-asansor-sistemli-askili-posetleme-makinesi> Erişim Tarihi: 16.11.2024.
AWS (2024). Sinir Ağı Nedir? <https://aws.amazon.com/tr/what-is/neural-network/> Erişim Tarihi: 11.11.2024.

Aydınbaş, G., & Erdiñç, Z. (2023). Endüstri 4.0 Yolunda Türkiye Ekonomisi Üzerine Bir Deęerlendirme. Sakarya İktisat Dergisi, 12(2), 187-211.

Azevedo, S.G. and Carvalho, H. (2012), “RFID technology in the fashion supply chain: an exploratory analysis”, in Choi, T.-M. (Ed.), Fashion Supply Chain Management: Industry and Business Analysis, IGI Global, USA, pp. 303-326.

Bahlmann, C., Heidemann, G., Ritter, H. 1999. ANN For Automated Quality Control Of Textile Seams, Pattern Recognition, 32,1049-1060.

- Bakan, İ., & Şekkeli, Z. H. (2019). Blok zincir teknolojisi ve tedarik zinciri yönetimindeki uygulamaları. *OPUS International Journal of Society Researches*, 11(18), 2847-2877.
- Boz, S. & Tama Birkocak, D. (2021). Hazır Giyim İşletmelerinde Üretim Hattında Kullanılan Online Üretim Takip Sistemleri. *Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi*(32), 741-747. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1038533>
- Burke, S. and Sinclair, R. (2015), “Computer-aided design (CAD) and computer-aided manufacturing (CAM) of apparel and other textile products”, in Sinclair, R. (Ed.), *Textiles and Fashion*, Elsevier, Cambridge, pp. 671-703.
- C.Uduwela, W., K.J.DeSilva, R., & D.Rupasinghe, T. (2020). Digital Transformations in the Apparel Value Chain for Mass Personalization. 2020 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM). <https://doi.org/10.1109/ieem45057.2020.9309852>
- Chan, H.-L. (2016), “Using radiofrequency identification (RFID) technologies to improve decision- making in apparel supply chains”, in Choi, T.-M. (Ed.), *Information Systems for the Fashion and Apparel Industry*, Woodhead Publishing, Elsevier, Cambridge, pp. 41-62
- Cooray, P., & Rupasinghe, T. (2015). A Real Time Production Tracking and a Decision Support System (PTDSS): A Case Study from an Apparel Company.
- Çörekcioglu, M., Ercan, E., & Elibüyük, S. A. (2021). Yapay Sinir Ağ Yöntemlerinin Tekstil Sektöründe Kullanım Uygulamaları. *Teknik Bilimler Dergisi*, 11(2), 14-20.
- Devarajan, P. and Istook, C. L. (2004). Validation of ‘female figure identification technique’ (FFIT) for apparel software. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 4(1): 1–23.

- Demirkaya, H., ve Zengin, R. (2014). Hizmet İnovasyonu ve Bir Uygulama Örneği, Elektronik Mesleki Gelişim ve Araştırma Dergisi, 2(1), s.106-116.
- Dennis, C., Merrilees, B., Kim, J. and Forsythe, S. (2009), “Adoption of sensory enabling technology for online apparel shopping”, European Journal of Marketing, Vol. 43 Nos 9/10, pp. 1101-1120.
- Dong, A., Shan, D., Ruan, Z., Zhou, L. and Zuo, F. (2013), “The design and implementation of an intelligent apparel recommend expert system”, Mathematical Problems in Engineering, Vol. 2013, pp. 1-8.
- Duarte, A. Y. S., Sanches, R. A., de Lima, F. S., & de Queiróz, R. S. (2020). Technological innovations in the production of sportswear: from conventional production to Industry 4.0. Product: Management and Development, 18(1), 19-25.
- Dunne, L.E. Ashdown S.P. & Smyth, B., “Expanding Garment Functionality through Embedded Electronic Technology”, Journal of Textiles and Apparel Technology and Management 4:3, April 2005.
- Efatech (2024). Textile Production Monitoring and Reporting System <https://efatech.com.tr/en/tracetech-2/#>
- Fung EHK, Wong YK, Zhang XZ, Cheng L, Yuen CWM, Wong WK (2011) Fuzzy logic control of a novel robotic hanger for garment inspection: modeling, simulation and experimental implementation. Expert Syst Appl 38:9924–9938Seoul, South Korea. IEEE, pp 2845–2850
- Girgin, A. B. (2022). Türk Tekstil Sektörü İnovasyon Sistemi için Ölçüm Kriterlerinin Belirlenerek Bir Model Önerilmesi (Doctoral dissertation, Bursa Uludag University (Turkey)).
- Goodwin, M. S., Velicer, W. F., & Intille, S. S. (2008). Telemetric monitoring in the behavior sciences. *Behavior research methods*, 40, 328-341.

- Gökalp, E., Gökalp, M. O., & Eren, P. E. (2019). Hazır Giyim ve Konfeksiyon Sektöründe Endüstri 4.0 Devrimi: Akıllı Konfeksiyon Fabrikası Önerisi. *AJIT-E: Academic Journal of Information Technology*, 10(37), 73-96.
- Gürcüm, B.H ve Bulat, F. (2016). Tekstil Tasarımında İnovatif Bir Yaratıcılık Aracı Olarak Lazer Kesim. *İdil*, 6 (28), s.107-130.
- Hemalatha,)A., Kumari, P.B., Nawaz, N. ve Gajenderan, V. (2021). “Impact of Artificial Intelligence on Recruitment and Selection of Information Technology Companies”, 2021 International Conference on Artificial Intelligence and Smart Systems (ICAIS), March 2021, 60-66.
- Hoque, M. A., Rasiah, R., Furuoka, F., & Kumar, S. (2021). Technology adoption in the apparel industry: insight from literature review and research directions. *Research Journal of Textile and Apparel*, 25(3), 292-307.
- ISO (2024). ISO 8373:2021(en) Robotics Vocabulary (2024).www.iso.org Erişim Tarihi: 16.11.2024.
- İlhan, İ. (2019). Tekstil üretim süreçleri açısından endüstri 4.0 kavramı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(7), 810-823.
- Jacobovitz, O. (2016). Blockchain for identity management. Technical Report, The Lynne and William Frankel Center for Computer Science Department of Computer Science, Ben-Gurion University, Beer Sheva, Israel.
- Jiménez Schlegl, P., & Čubrić, G. (2018). Robots in the textile and fashion industries: facts and prospectives.
- Jindal, H., & Kaur, S. (2021). Robotics and automation in textile industry. *Int. J. Sci. Res. Sci. Eng. Technol*, 8(3), 40-45.
- Juels, A. (2006). RFID security and privacy: A research survey. *IEEE journal on selected areas in communications*, 24(2), 381–394
- Juki (2024). Cep Dikim Otomati.

- https://www.juki.co.jp/industrial_e/products_e/apparel_e/automatic_e/detail.php?cd=AP-876_E Erişim Tarihi: 16.11.2024.
- Kabaklı, E. (2016). Endüstri 4.0 ve Dijital Ekonomi Dünya ve Türkiye Ekonomisi için Fırsatlar, Etkiler ve Tehditler. İstanbul: Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.
- Koustoumpardis P, Aspragathos N (2003) Fuzzy logic decision mechanism combined with a neuro-controller for fabric tension in robotized sewing process. *J Intell Robot Syst* 36:65–88
- Koustoumpardis P, Aspragathos N (2007) Neural network force control for robotized handling of fabrics. In: *Proceedings of the 2007 international conference on control, automation and systems*,
- Kuruca, Y., Üstüner, M., & Şimşek, I. (2022). Dijital Pazarlamada Yapay Zekâ Kullanımı: Sohbet Robotu (Chatbot). *Medya Ve Kültür*, 2(1), 88-113.
- Külahlı, S., & Çağlıyan, V. (2022). Tedarik Zincirinde Blok Zinciri Teknolojisi Uygulamaları: Sistematik Bir Literatür Taraması. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 22(1), 57-75. <https://doi.org/10.30976/susead.1100978>
- Lalic, B., Rakic, S., & Marjanovic, U. (2019). Use of industry 4.0 and organisational innovation concepts in the Serbian textile and apparel industry. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, (3 (135), 10-18.
- Lam Po Tang, S., & Stylios, G. K. (2006). An overview of smart technologies for clothing design and engineering. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 18(2), 108-128.
- Landim, A.R.D.B., Pereira, A.M., Vieira, T., de B. Costa, E., Moura, J.A.B., Wanick, V., & Bazaki, E. (2021). Chatbot design approaches for fashion E-commerce: An interdisciplinary review. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*. doi:10.1080/17543266.2021.1990417

- Larsson, J. K. J. (2018). Digital innovation for sustainable apparel systems: Experiences based on projects in textile value chain development. *Research Journal of Textile and Apparel*, 22(4), 370-389.
- Lee, J. Y., Istook, C. L., Nam, Y. J., and Park, S. M. (2007) Comparison of body shape between USA women and Korean women. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 19(5): 374–91.
- Legnani, E., Cavaliere, S., Pinto, R., Dotti, S. (2011). The Potential of RFID Technology in the Textile and Clothing Industry: Opportunities, Requirements, and Challenges. In *Unique Radio Innovation for the 21st Century*. Springer, pp. 309-329
- Liu, J., Gao, W., Wang, H., Jiang, H., Li, Z. (2010). Development of Bobbin Tracing System Based on RFID Technology. *The Journal of the Textile Institute*, Vol. 101, pp. 925–930
- Liu, K., Zeng, X., Bruniaux, P., Wang, J., Kamalha, E. and Tao, X. (2017), “Fit evaluation of virtual garment try-on by learning from digital pressure data”, *Knowledge-Based Systems*, Vol. 133 No. 19, pp. 174-182.
- McCann, J., Hurford, R., & Martin, A. (2005). A design process for the development of innovative smart clothing that addresses end-user needs from technical, functional, aesthetic and cultural view points. In *Ninth IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC'05)* (pp. 70-77). IEEE.
- Meng, Y., Mok, P.Y. and Jin, X. (2012), “Computer aided clothing pattern design with 3D editing and pattern alteration”, *Computer-Aided Design*, Vol. 44 No. 8, pp. 721-734.
- Merle, A., Senecal, S. and St-Onge, A. (2012), “Whether and how virtual try-on influences consumer responses to an apparel web site”, *International Journal of Electronic Commerce*, Vol. 16 No. 3, pp. 41-64.
- Mobisis (2024). Akıllı Ayna RFID’li Soyunma Odası. <https://www.mobisis.com/akilli-ayna/> Erişim Tarihi: 11.12.2024.

- Porterfield, A. and Lamar, T.A.M., 2021. A framework for incorporating virtual fitting into the costume design and production process. *International Journal of Fashion Design Technology and Education*, 14(1), pp.91–100.
- Ruckdashel, R. R., Venkataraman, D., & Park, J. H. (2021). Smart textiles: A toolkit to fashion the future. *Journal of Applied Physics*, 129(13).
- Sabina, O., Elena, S., Emilia, F., & Adrian, S. (2014). Virtual fitting–innovative technology for customize clothing design. *Procedia Engineering*, 69, 555-564.
- Savaş G. “Endüstri 4.0 Nedir – Ne Değildir?” <https://www.theprowess.net/yazilar/endustri-40-nedir-ne-degildir> Erişim Tarihi:10.11.2024
- Sculpteo (2024) 3D printed clothes in 2024: What are the best projects? <https://www.sculpteo.com/en/3d-learning-hub/applications-of-3d-printing/3d-printed-clothes/> Erişim Tarihi: 11.11.2024.
- Sensatex, (2024) Athletic SmartShirt Sistemi https://www.sensatex.com/smartshirt_as.html Erişim Tarihi: 16.11.2024.
- Sewbo, (2024). Sewbo Robotu.) <https://www.sewbo.com/> Erişim Tarihi: 16.11.2024.
- Shao, Y., Ji, X., Zheng, M. ve Chen, C. (2021). “Prediction of Standard Time of the Sewing Process Using a Support Vector Machine with Particle Swarm Optimization”, *AUTEX Research Journal*, DOI: 10.2478/aut-2021-0037
- Simmons, K., Istook, C. I. and Devarajan, P. (2004a). Female figure identification technique (FFIT) for apparel. Part I: Describing female shapes. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 4(1): 1–16.
- Simmons, K., Istook, C. I. and Devarajan, P. (2004b). Female figure identification technique (FFIT) for apparel. Part II: Development of shape sorting software: *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 4(1): 1–15.
- Smartcardy (2024). “RFID Clothing Tags”. <https://smartcardy.com/en/rfid-clothing-tags/> Erişim Tarihi: 11.11.2024 .

- Soliwal, T. (2023). AI in Garment Manufacturing. <https://www.fibre2fashion.com/industry-article/9837/ai-in-garment-manufacturing> Erişim Tarihi: 11.12.2024 .
- Song, H. K. and Ashdown, S. P. (2011). Categorization of lower body shapes for adult females based on multiple view analysis. *Textile Research Journal*, 81: 914–31.
- Susanto, S., Tanaya, P.I. ve Soembagijo, A.S. (2012). “Formulating Standard Product Lead Time at a Textile Factory Using Artificial Neural Networks”, 2012 2nd International Conference on Uncertainty Reasoning and Knowledge Engineering, 99-104
- Tanrıverdi, M., Uysal, M., & Üstündağ, M. T. (2019). Blokzinciri Teknolojisi Nedir? Ne Değildir?: Alanyazın İncelemesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 12(3), 203-217. <https://doi.org/10.17671/gazibtd.547122>
- Tao, X. and Bruniaux, P. (2013), “Toward advanced three-dimensional modeling of garment prototype from draping technique”, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 25 No. 4, pp. 266-283.
- Tao, X., Chen, X., Zeng, X. and Koehl, L. (2018), “A customized garment collaborative design process by using virtual reality and sensory evaluation on garment fit”, *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 115 No. 1, pp. 683-695.
- Tatman, D., Soydan, A. S., & Gümüş, B. (2022). Konfeksiyonda Dijital Numune İle Fiziksel Numune Üretim Süreçlerinin Verimlilik Ve Sürdürülebilirlik Açısından Karşılaştırılması. *Verimlilik Dergisi*, 156-171.
- Techtextil/Texprocess (2015). Techtextil/Texprocess 2015: Ploucquet <https://textile-network.com/en/Current-issue/ITMA-Nachlese/Techtextil-Texprocess-2015-Ploucquet?%2Fen%2FArchiv%2FITMA-Nachlese%2FTechtextil-Texprocess-2015-Ploucquet%2F%28gallery%29%2F1> Erişim Tarihi: 16.11.2024.

- Tobler-Rohr, M.I. (2011). Handbook of sustainable textile production. UK: Woodhead Publishing.
- Tsai, I.S., Lin, C.H., Lin, J.J., 1995. Applying an Artificial Neural Network to Pattern Recognition in Fabric Defects, Textile Research Journal, 65(3), 123-130.
- Tsai, I.S., Hu, M.C. 1996. Automatic Inspection of Fabric Defects Using an Artificial Neural Network Technique, Textile Research Journal, 66(7), 474- 482.
- Tupikovskaja-Omovie, Z., & Tyler, D. J. (2022). Experienced versus inexperienced mobile users: eye tracking fashion consumers' shopping behaviour on smartphones. International Journal of Fashion Design, Technology and Education, 15(2), 178-186.
- Tübitak, 2016 “Yeni Sanayi Devrimi Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası” TÜBİTAK Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Daire Başkanlığı
- Tyler, D. Mitchell, A and S. Gill, S. (2012). Recent Advances In Garment Manufacturing Technology: Joining Techniques, 3D Body Scanning And Garment Design. Edited by R. Shishoo, R. The Global Textile And Clothing Industry Technological Advances And Future Challenges, Elsevier.
- Uster (2024). Fabric_Inspection/Q-Bar/Uster Fabric Inspection Q-Bar 2 brochure. https://www.uster.com/fileadmin/user_upload/Downloads/1_Products/1.4_Fabric_Inspection/Q-Bar/Uster_Fabric_Inspection_Q-Bar_2_brochure_web_tr_21.pdf Erişim Tarihi: 11.12.2024 .
- Veit (2024). Tunnel Finisher. <https://www.veit.de/en/products/tunnel-finisher/tunnel-finisher-veit-8657/> Erişim Tarihi: 16.11.2024.
- Volino, P., Cordier, F. and Magnenat-Thalmann, N. (2005), “From early virtual garment simulation to interactive fashion design”, Computer-Aided Design, Vol. 37 No. 6, pp. 593-608

- Vuruskan, A. and Bulgun, E. (2011). Identification of female body shapes based on numerical evaluations. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 23(1): 46–60.
- Wijewardhana, G. E. H., Weerabahu, S. K., Nanayakkara, J. L. D., & Samaranayake, P. (2021). New product development process in apparel industry using Industry 4.0 technologies. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 70(8), 2352-2373.
- Wikipedia, 2024, Endüstri Çağı, https://tr.wikipedia.org/wiki/End%C3%BCstri_%C3%A7a%C4%9F%C4%B1, Erişim Tarihi 10.11.2024.
- Wong, W., Leung, S., Guo, Z., Zeng, Z. and Mok, P. (2014), “Intelligent apparel product cross-selling using radio frequency identification (RFID) technology for fashion retailing”, in Wong, W.K. and Guo, Z.X. (Eds), *Fashion Supply Chain Management Using Radio Frequency Identification (RFID) Technologies*, Woodhead Publishing, Elsevier, Cambridge, UK, pp. 159-186.
- Wu, M., Zhi, C., Tu, L., Wang, Y., Dai, Y., Yu, L., Meng, J. And He, X., 2022. Cotton-containing printing wires based on the two-dimensional braiding method for three-dimensional printing of clothing. *Textile Research Journal*, 92(9–10), pp.1384–1393.
- Xu, Y., Thomassey, S., Zeng, X. (2018). AI for Apparel Manufacturing in Big Data Era: A Focus on Cutting and Sewing. In: Thomassey, S., Zeng, X. (eds) *Artificial Intelligence for Fashion Industry in the Big Data Era*. Springer Series in Fashion Business. Springer, Singapore. 125-152 https://doi.org/10.1007/978-981-13-0080-6_7
- Yan, H. and Fiorito, S.S. (2007), “CAD/CAM diffusion and infusion in the US apparel industry”, *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, Vol. 11 No. 2, pp. 238-245

- Yıldıran, M. (2016). Moda Giyim Sektöründe Üç Boyutlu Yazıcılarla Tasarım Ve Üretim. *Art-E Sanat Dergisi*, 9(17), 155-172.
- Yılmaz Kaya, B. ve Dağdeviren, M. (2019b). “A Guiding Analysis to Accomplish the Challenges for Implementation of Industry 4.0”, 10th International Symposium on Intelligent Manufacturing and Service Systems, Sakarya, Türkiye, 738-746.
- Yoşumaz, İ., Özkara, B. (2019). Endüstri 4.0 Sürecinin Hazır Giyim İşletmeleri Üzerindeki Etkileri: Hugo Boss Türkiye Örneği, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 11 (4), 2587-2600.
- YouFab (2024). Grand Prize| Fab Dress: An elegant interweaving of countless delicate parts <https://www.youfab.info/2015/youfab-award-ceremony-1.html> Erişim Tarihi: 11.11.2024.
- Zacharia P (2012) Robot handling fabrics towards sewing using computational intelligence methods. In: Dutta A (ed) *Robotic systems—applications, control and programming*. ISBN 978-953-307-941-7. <https://doi.org/10.5772/25918>
- Zacharia P, Aspragathos NA, Mariolis I, Dermatas E (2009) Robotic system based on fuzzy visual servoing for handling flexible sheets lying on a table. *Ind Robot Int J* 36(5):489–496
- Zhou, Y., Zhu, H., & Chao, Y. (2024). Innovative material applications in clothing design research. *Materials Express*, 14(5), 820-827.