

## ENDÜSTRİ 4.0'DA ROBOTİK SİSTEMLER: TEKSTİL SEKTÖRÜ İNCELEMESİ

*Merve DOĞRUEL* \*  
*Seniye Ümit FIRAT* \*\*

Alınma: 21.06.2024; düzeltme: 07.04.2025; kabul: 16.04.2025

**Öz:** Dördüncü Endüstri Devrimi (4IR) veya Endüstri 4.0 olarak anılan dönüşüm ile yayılan ve büyük bir hızla gelişen dijital teknolojiler, 2020 yılında başlayan pandeminin de tetiklemesi ile hemen hemen tüm sektörlerde kullanılmaktadır. Bu nedenle, yapay zeka, makine öğrenmesi, derin öğrenme ve büyük veri analizinin bir karması olan robotik uygulamalar da tekstil endüstrisinde önemli bir araştırma ve uygulama odağı olmaktadır. Sektördeki bu değişim "Tekstil 4.0" olarak da adlandırılmaktadır ve Endüstri 4.0'ın bileşenleri ve teknolojileri farklı operasyonel süreçlerde yerini bulmaktadır. Bu çalışmada; Dördüncü Endüstri Devrimi ile robotik sistemlerin ilişkileri, robotların tekstil sektöründe kullanım alanları, tekstilde robotların uygulamalarına ilişkin örnekler ile giysi imalatında robot kullanmanın avantajları ve dezavantajlarına ilişkin araştırmalara yer verilmiştir. Son yılların en önemli mega trendlerinden biri Endüstri 4.0'dır. Bu bağlamda robotik uygulamaların, tekstil sektöründeki yansımalarını yani Tekstil 4.0'ın değerlendirmesini içeren bu araştırmanın, hem literatüre, hem de uygulamacılara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Endüstri 4.0, robot, robotik sistemlerin tarihçesi, kobot, Tekstil 4.0

### Robotic Systems In Industry 4.0: A Review In The Textile Industry

**Abstract:** Digital technologies, which spread with the Fourth Industrial Revolution (4IR) and developed rapidly, are extensively used in almost all sectors with the trigger of the pandemic. Therefore, robotic applications, which are a mix of artificial intelligence, machine learning and big data analysis, are also an important research and application focus in the textile industry. This change/transformation in the sector is also called "Textile 4.0" and the components and technologies of Industry 4.0 find their place in different operational processes. In this study; The relationship between the Fourth Industrial Revolution and robotic systems, the use of robots in the textile industry, examples of the applications of robots in textiles, and research on the advantages and disadvantages of using robots in garment manufacturing are included. Industry 4.0 is one of the most important mega trends of recent years. In this context, it is anticipated that this research, which encompasses the analysis of robotic applications in the textile industry, specifically the evaluation of Textile 4.0, will make a significant contribution to both the literature and practitioners.

**Keywords:** Industry 4.0, robot, history of robotic systems, cobot, Textile 4.0

\* Merve Doğruel İstanbul Esenyurt Üniversitesi, İşletme ve Yönetim Bilimleri Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü 34510, İstanbul

\*\* Seniye Ümit Fırat İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü 34303, İstanbul

İletişim Yazarı: Merve Doğruel (mervedogrueel@esenyurt.edu.tr)

## 1. ROBOTİK SİSTEMLERE GİRİŞ VE TARİHÇE

Bu makale, Endüstri 4.0'ın ana bileşenlerinden olan robotik sistemlerin incelenmesi ile tekstil sektörü özelinde, robotların kullanımına ilişkin geniş bir çalışmayı içermektedir. Araştırmamızın, bu kullanımların getirdiği avantajlar ve dezavantajlar çerçevesinde literatürde mevcut boşluğa yönelik katkı sağlaması hedeflenmektedir.

Dördüncü Sanayi Devrimi'nde, yazılım teknolojilerinin sağladığı dijital bağlantılar, toplumu temelden değiştirmektedir. Etkinin büyüklüğü ve meydana gelen değişikliklerin hızı, gerçekleşen dönüşümü insanlık tarihindeki diğer herhangi bir sanayi devriminden çok farklı hale getirmektedir. Dijital bağlantıların temelinde nesnelerin interneti (IoT- Internet of Things), akıllı fabrika ve diğer akıllı sistemler, robotlar, büyük veri analitikleri çok büyük role sahiptir (Schwab, 2016).

Dünya Ekonomik Forumu'nun "Yazılım ve Toplumun Geleceğine İlişkin Küresel Gündem Konseyi", 800 yöneticiyle bir anket gerçekleştirmiştir. Bu araştırma, iş dünyasının liderlerinin bu oyun değiştirici teknolojilerin önemli ölçüde kamu alanına ne zaman gireceği konusundaki tahminlerini ölçmek ve bunun bireyler, kuruluşlar, hükümet ve toplumda yaratacağı kaymaların sonuçlarını tam olarak anlamak amacıyla yöneliktir. Eylül 2015'te "Derin Değişim – Teknolojide Dönüm Noktaları ve Sosyal Etkisi" anket raporu yayınlandı. Bu raporda 21 teknolojik değişim ve bu teknolojiler için dönüm noktaları ile pazara beklenen varış tarihleri de belirtilmektedir. Bu dönüm noktası yaratan teknolojiler arasında “robotik” de yer almaktadır. 2025 yıl için ABD’de ilk robot eczacının hizmete gireceği tahmin edilmektedir. Robotların imalatı tarıma, perakende sektöründen diğer hizmetlere kadar pek çok alanda sayıları artmakta ve çalışma yaşamında iş yerlerini etkilemektedir. Uluslararası Robot Federasyonuna göre, özellikle otomobil sektöründe kurulu robot sayısı çok yüksek ve imalatındaki işlerin %80’i robotlar tarafından yapılmaktadır. Robotlar sayesinde tüm iş modellerinin tedarik zincirleri daha verimli hale gelmektedir (World Economic Forum, 2015).

Giyisiler insanlık için vazgeçilmezdir. Nüfus arttıkça ve yaşam tarzı değiştikçe, çeşitli yeni giyim tarzlarına olan ihtiyaçlar da artmaktadır. Giysi üretimi süreci emek yoğunudur ve seri üretim tarzında işleyen bir endüstridir. Yeni ürünlerin hızlı bir şekilde pazara sunulması gereğinden ötürü aşırı seri üretim gerçekleşmektedir. Bu ise ciddi çevre sorunları ve sosyal maliyetler ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Ayrıca üreticiler, üretim maliyetlerini düşürmek için üretim üslerini, emek ücretlerinin daha düşük olduğu ülkelere taşımaya devam etmektedir. Müşteri ihtiyaçları ve üretim üssünün yeniden konumlandırılmasının sınırlandırılmaları nedeniyle dijital tesisler ve bilgisayar sistemleri gibi çeşitli teknolojiler aracılığıyla 4.0 akıllı fabrikaya odaklanan hazır giyim imalat endüstrisinin üretim süreçlerinin dönüştürülmesi devam etmektedir (Lee ve diğ., 2021).

Dördüncü Endüstri Devrimi (4IR) ile ortaya çıkan ve hızla gelişen yeni teknolojiler, dünyayı pek çok açıdan kaçınılmaz olarak dönüştürmektedir. Bu dönüşümde gerçekleşmesi arzulanan pek çok iyi sonuç yanında arzu edilmeyenler de mevcuttur. Durdurulması mümkün olmayan ve aynı zamanda gerisinde de kalınamayacak bir endüstri devrimi (4.0) yaşanmaktadır. Bu devrimin avantajlarının maksimuma çıkarılabilmesi ve risklerin azaltılması; sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik bakımından son derece önemlidir. Her şey yönetim kalitesine bağlı görünmektedir. Yönetişim, her bir ortaya çıkan teknolojinin, gelişimini ve dağıtımını; kurallar, normlar, standartlar, teşvikler, kurumlar ve diğer küresel mekanizmalar yoluyla şekillendirmelidir. Bunun için öncelikle değişime en açık ve yüksek ivme içinde olan teknolojilerin ve bu teknolojilerin küresel kapsamda getireceği risklerin belirlenmesi ve yönetim politika ve stratejilerinin bu yönlerde oluşturulması gerekir (Fırat ve Fırat, 2017a).

Günümüzde robotlar, tüm sektörlerde; hassas tarımdan hemşireliğe kadar çok çeşitli görevlerde giderek daha fazla kullanılmaktadır. Robotikteki hızlı ilerleme, gün geçtikçe insanlar ve makineler arasındaki iş birliğini rutin bir gerçeklik haline getirmektedir. Ayrıca, diğer teknolojik gelişmeler nedeniyle, robotlar, karmaşık biyolojik yapılardan ilham alan yapısal ve işlevsel tasarımlarıyla (“biyomimikri” adı verilen, doğanın kalıplarının ve stratejilerinin taklit edildiği bir sürecin uzantısı) daha uyumlu ve esnek duruma gelmektedir. Biyomimikri, “insan

mühendisliğinde doğadan esin kaynağı alan tasarımların uygulanması ve insanın problemlerini çözmek için icat edilmesi” bilimidir.

Uluslararası Robotik Federasyonu’nun da referans gösterdiği ISO 8373’e göre, "hareket, manipülasyon veya konumlandırma gerçekleştirmek için belirli bir özerkliğe sahip, programlanmış, çalıştırılan bir mekanizma" robot olarak tanımlanmaktadır (IFR, 2024). Bu tanım dikkate alındığında, bazı kaynaklarda robot olarak nitelendirilen, OpenAI tarafından geliştirilen ve 30 Kasım 2022’de piyasaya sürülen ChatGPT ve benzeri yapay zeka sohbet botunun robot olarak nitelendirilmesinin yanlış olduğunu belirtmek önemlidir. Botlar, uzaktan kumandalı dronlar, ses asistanları, otonom arabalar, ATM’ler ve akıllı çamaşır makinesi gibi teknikler robot kapsamında değildir (IFR, 2023).

Sensörlerdeki gelişmeler, robotların çevrelerini daha iyi anlamasına ve daha iyi tepki vermesine ve ev işleri gibi daha çeşitli görevlerle meşgul olmasına olanak tanımaktadır. Otonom bir birim aracılığıyla programlanmaları gereken robotlar artık geçmişin aksine bulut aracılığıyla bilgilere uzaktan erişebilmekte ve böylece diğer robotlardan oluşan bir ağa bağlanabilmektedir. Yeni nesil robotlar ortaya çıktıkça, insan-makine iş birliğine artan bir vurgu oluşacaktır. İnsan-makine ilişkilerinin ortaya çıkardığı etik ve psikolojik soru/sorunlar ise sosyal psikoloji ve endüstri sosyolojisi gibi farklı disiplinlerin araştırmalarında önemli bir yer tutacaktır (Schwhab, 2016).

İmalat sektörlerinde robotik uygulamalarının artması, üretim hatlarının otomasyonunu kolaylaştırmıştır. Temel olarak bilgisayar desteği ve yapay zeka ile çalışan robotlar ve bilişim iletişim teknolojileri (BİT) mekanizmaları sayesinde hızlı, güvenilir, kaliteli ve ekonomik bir üretim modeli olarak “esnek üretim sistemi” yapıları yaygınlaşmaktadır. Hazır giyim, imalat endüstrisinin yadsınamaz şekilde emek yoğun bir koldur. Ancak bu yönüne rağmen, robotik ile otomasyon, tüm alanlarda olduğu gibi bu endüstrinin de görünen geleceğidir.

İnsanlar robotların geleceği hakkında daha geniş fikirlere sahip olma isteği ve merakındadır. Ancak bu merakın en önemli kaynağı genellikle korkudur. Genellikle robotların yaşam içinde daha fazla yer almaya başlamasıyla birlikte; bazı kesimler tarafından, bilgi ve ağ toplumunun ve dolayısıyla Endüstri 4.0 Devriminin olumsuz bir yönü olarak değerlendirildiği de bilinmektedir. (Jackson, 2021). Bu nedenle otomasyonu benimsemenin zorluklarına ve giysi imalat endüstrisinde devrim yaratma potansiyeline de kısa - küçük tartışmalar ile yer verilecektir.

Robotların tarihine hızlı bir bakış, insani gelişim için ne kadar değerli olduklarını gösterecektir. Bu amaçla, robotların tarihi hızlı bir zaman çizelgesi şeklinde özetlenmiştir. Bu akışa göre “bir robot ayaklanması” olabileceği veya “robot imparatorluğu mu gelecek?” gibi endişe verecek durumların söz konusu olmadığını görmek mümkün olacaktır.

"Robot" kelimesini ilk ifade eden kişi, Çek oyun yazarı Karel Capek'tir ve 1920’de Rossum’un Evrensel Robotları (RUR) adlı oyununda kullanmıştır. Kelimeyi Çekçe’de “esaret” anlamına gelen ve işçi veya hizmetçi için kullanılan "robota" kelimesinden türetmiştir.

Tarihçe incelendiğinde robotların (ve onların öncüllerinin) düşünüldüğünden çok daha yaşlı olduğu görülmektedir. Cep telefonlarının tarihi gibi, herhangi bir şeyi teknolojik bir trendin ilk ürünü olarak ilan etmek de tamamen o trendin tanımlanmasına bağlıdır. Robotlar için, teknik olarak robot olmayan bu erken atalar, “otomatlar” olarak bilinir. En temelde buradaki fark, bir otomatın belirli talimatlara dayalı olarak önceden belirlenmiş eylemleri gerçekleştirmesidir. Robotlar kendi başlarına çalışabilir ve programlanabilir, bu da onlara çok yönlülük sağlar. Otomatlar, çok hassas girdilere dayalı olarak yalnızca sınırlı sayıda işlevi gerçekleştirebilir.

Kabaca bir tanım olarak robot, karmaşık bir dizi eylemi otomatik olarak gerçekleştirmek için programlanabilen bir mekanizmadır. Kendisine yüklenen göreve karşı bu esneklik ve yorulmak bilmeyen bağlılık, insanlar ile karşılaştırılmaz. Bu makinelerin, bazı insanların işlerini kaybetmek konusunda neden korktuğunu görmek kolaydır. Bu haklı bir korku olsa da - ve çok yakında büyük ölçekte ele almamız gerekecek - bu, robotların amacını yansıtmamaktadır. Bu makinelerin hayatı kolaylaştırması ve insanlara hizmet etmesi gerekiyordu ve tarih, geçmişte sürekli olarak otomat ve robotların bu işleve sahip olduklarını göstermektedir (Jackson, 2021).

Tarihi akış içinde robotlar konusundaki icatlar ve ilerlemelerin en önemlileri aşağıda kısaca özetlenmiştir:

- a. Robotların tarihinin Antik Yunanlılara kadar uzandığı varsayılmaktadır. Yunan mitolojisinde en az bir robot örneği vardı: Yunan teknoloji, ateş ve demirhane tanrısı Hephaestus'un mekanik hizmetkarları robot olarak kabul edilmektedir.
- b. 1206'da El Cezeri (Al-Jazari), bir otomat olan programlanabilir insansı robotların en eski biçimini geliştirdi. Bu otomat, bir göldeki teknede dört müzisyenden oluşan yüzen orkestra olarak ortaya çıktı ve perkusyonu çalıştıran küçük kollara çarpan mandallara sahip programlanabilir bir davul makinesi vardı. Mandallar değiştirilebilir, böylece grup başka bir şarkı çalabilirdi. Bazıları için bu makineye programlanabilir demek yeterlidir. Elbette, El Cezeri'nin bilgisinin çoğu yıllar içinde kayboldu ve ilk modern robotların tasarımcıları kendi makinelerinde çalışırken onun yüzen bandını incelemediler. Yine de, bu cihazın erken programlanabilir bir robot olarak kabul edilebileceğine dair bir argüman bulunmaktadır. El Cezeri'nin, başka birçok otomatu vardır (Çalışkan, 2019).
- c. 1495'te Leonardo Da Vinci, eğlence amaçlı şövalye zırhına bürünmüş, aslında yapıp yapılmadığı bilinmeyen bir insansı otomat tasarlamıştır. Çizimleri mevcut olmakla birlikte, ürün yoktur, ancak Avrupa'da bu çizimleri hayata geçirip, çalışıp- çalışmadığını test etmeye yönelik araştırmalar vardır.
- d. 1940'ta Issac Asimov, robotlar hakkında "A Strange Playfellow (Garip Bir Oyun Arkadaşı)" ile başlayan bir dizi kısa hikaye yazmıştır. Hikayesinden bir robotu ve onun korumakla yükümlü olduğu bir çocuğa olan sevgisini anlatan bu metinleri "Super Science Stories (Süper Bilim Hikayeleri)" dergisi için hazırlamıştır. Sonraki 10 yıl boyunca robotlar hakkında daha fazla hikaye üretti ve bunlar sonunda "Ben, Robot" cildinde, 1950'de yeniden derlendi. Asimov, 1942'de "Runaround (Etrafında koşmak)" adlı öyküsünde ilk kez bahsedilen "Robotik" teriminin popülerleşmesiyle tanınmaktadır. Ama Issac Asimov'un robot tarihine en önemli katkısı, "Üç Yasa"sının yaratılmasıdır:
  - i. Bir robot bir insana zarar veremez veya hareketsiz kalarak bir insanın zarar görmesine izin veremez.
  - ii. Bir robot, Birinci Yasa ile çelişmediği sürece, insanlar tarafından verilen emirlere uymak zorundadır.
  - iii. Bir robot, Birinci veya İkinci Kanuna aykırı olmadığı sürece kendi varlığını korumalıdır.
- e. 1950'de Alan Turing, bir makinenin kendi kendine düşünme gücünü kazanıp kazanmadığını belirlemek için bir test önerdiği "Bilgi İşlem Makineleri ve Zeka" başlıklı makalesini yayınladı.
- f. 1954'te Louisville, Kentucky'den bir mucit olan George Devol, dijital olarak çalıştırılan ve programlanabilen Unimate adlı ilk gerçek modern robotu icat etti ve patentini aldı. Sonraki on yıl boyunca ürününü endüstride satmaya çalıştı ancak başarılı olamadı.
- g. Unimate 1960 yılında General Motors'a satıldı ve 1961'de Trenton, New Jersey'deki bir fabrikada sıcak metal parçalarını bir döküm makinesinden kaldırmak ve istiflemek için kuruldu. Herhangi bir teknolojinin "ilk"ini belirlemek açıkçası zor bir iştir. Bununla birlikte, Unimate'in ilk modern endüstriyel robot olduğunu inkar etmek imkansızdı (Roberts, 2023).
- h. 1966 – Shakey; akademik kesim de yeni robotların yaratılmasında da büyük ilerleme kaydetti. 1958'de Stanford Araştırma Enstitüsü'nde Charles Rosen, "Shakey" adlı bir robot geliştirmek için bir araştırma ekibine liderlik etti. Shakey; özel, endüstriyel uygulamalar için tasarlanmış orijinal Unimate'den çok daha gelişmişti. Shakey odanın etrafında dönebilir, televizyon "gözleri" ile sahneyi gözlemleyebilir, tanıdık olmayan çevrelerde hareket edebilir ve bir dereceye kadar çevresine tepki verebilir. Titrek ve takırtılı hareketlerinden dolayı bu ismi almıştır. Shakey, endüstride hiçbir zaman pratik bir kullanım bulamadı, ancak bu makinenin amacı bu değildi. Rosen ve ekibi görsel

analiz, nesne yönlendirme ve rota bulmada büyük ilerlemeler kaydetti. Birçok kişi Shakey'i yapay zekadaki ilk başarılarından biri olarak görmektedir (Roberts, 2023).

- i. 2000 yılında Honda'nın ünlü robotu ASIMO, Honda'nın i-insansı projesinin en gelişmiş sonucu olarak ortaya çıktı. ASIMO koşabilir, yürüyebilir, insanlarla iletişim kurabilir, çevresiyle etkileşime girebilir, sesi ve duruşu tanıyabilir özellikteydi. 2005 yılında Honda, ASIMO'nun yeni davranış ve yeteneklere sahip güncellenmiş bir versiyonunu tanıttı.
- j. 2006 yılında Cornell Üniversitesi'nde, kendi kendini modelleyebilen ve hasar gördükten sonra yürümeyi öğrenebilen "Denizyıldızı" adlı 4 ayaklı bir robot yaratıldı.

Shakey ve Unimate, robotlar kavramında dünyayı tamamen değiştirirken; onlar bugünkü anlamda dijital dönüşümün sadece başlangıcını gerçekleştirdi. 1970'ler boyunca robotlarla ilgili gelişmeler bugünün nesnelerin interneti teknolojisi ve akıllı fabrikalar kurulumu ile birlikte geleceğe taşındı.

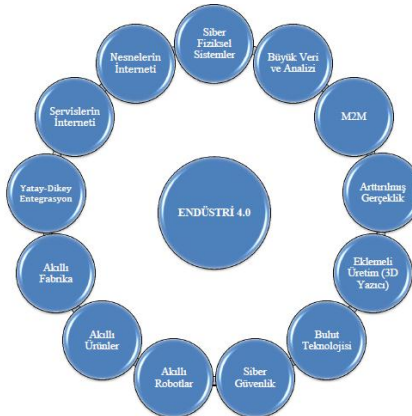
**Tekstil Endüstrisinde Robotiğin Tarihçesi:** Tekstil endüstrisinde robotik ve otomasyonun uygulanması, iki yüzyılı aşkın bir süre önce John Kay'ın uçan mekiği icat etmesiyle başlamıştı. Uçan mekik makinesi sadece üretimin artmasını sağlamakla kalmamış, aynı zamanda dokuma tezgâhını çalıştırmak için gereken kişi sayısını ikiden bire indirmiştir.

Tekstil endüstrisindeki coğrafi dağılım, son 50 yılda çarpıcı bir değişim görmüştür. Tekstil üreticileri, tekstil üretim tesislerinin bir kısmını manüelden (el ile üretimden) otomasyona kaydırды. Son yıllarda, Asya'da hızla artan ücretlerle birlikte robotik uygulamaları da arttı, bazı üreticilerin robotik üretim tabanlı iş modeliyle ilgilenmesini sağladı. Tekstil üreticilerinin üretkenliği ve etkinliği artırmak için önceliklerini otomasyona kaydırдыğı açıkça izlenmektedir.

Bunu başarmak için tekstil endüstrisinin robotik otomasyonu daha fazla benimsemesine ve manipülasyon sistemlerinin bir miktar daha yapay zeka (AI) uygulamalarına ihtiyacı vardır. Otomasyon ve robotik birbirine çok benzeyen iki teknolojidir. Temel olarak robotik, bir endüstriyel otomasyon şeklidir (Application of Robotics in Textile Industry, 2024).

## 2. ENDÜSTRİ 4.0'DA ROBOTLAR

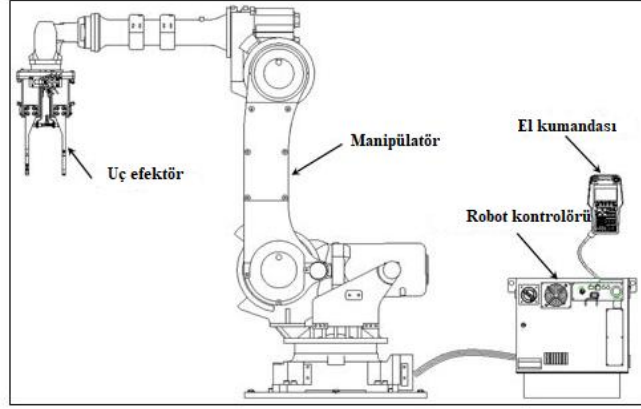
21. yüzyılda yaşanan 4. Sanayi Devriminin kilometre taşları; 1988 yılı AutoIDLab. (MIT), 2000 yılı Nesnelerin İnterneti, 2010 yılı Hücresel Taşıma Sistemi ve 2020 yılı Otonom Etkileşim ve Sanallaştırma olarak belirtilebilir. Bu devrim Otonom Makineler ve Sanal Ortamlar dönemi olarak da adlandırılır. Şekil 1'de Endüstri 4.0 Devriminin temel bileşenleri gösterilmektedir (Doğruel Anuşlu ve Fırat, 2019). Akıllı fabrikalar, robotlar ve kobotlar; Endüstri 4.0'ın dijital dünya dışındaki bileşenleri olup somut olarak toplumun görebildiği, gözleyebildiği parçalarıdır (Fırat ve Fırat, 2017b).



**Şekil 1:**  
Endüstri 4.0 Devriminin temel bileşenleri

Endüstri 4.0'ın en önemli bileşenlerinden biri olan robotların/endüstriyel robot sistemlerinin Şekil 2'de görüldüğü gibi dört ana bileşeni vardır (OSHA Technical Manual, 2023):

- 1- Manipülâtör
- 2- Kontrol sistemi veya robot kontrolörü
- 3- El kumandası
- 4- Uç efektör



**Şekil 2:**

*Endüstriyel Robot Sistemi: Ana Bileşenler (Kaynak: OSHA/ NIOSH/ RIA Alliance)*

Robot bilimciler, robotları üç önemli özellik ile açıklamaktadırlar (Kurt ve Bozoklu, 2019):

- i. Çevrelerini otomatik ve sürekli olarak algılaması (*sense*)
- ii. Veri analizi üzerinden algıladıklarını sürece dönüştürebilmesi (*think*)
- iii. Fiziki fonksiyonları (bir şeyi hareket ettirebilmek, gezinmek) veya fiziki olmayan fonksiyonları (uyarılar, tavsiyeler, kararlar, emirler) yerine getirebilmesi (*act*)

2019 yılında, küresel ekonomik ve ticari gerilimlere bağlı olarak, küresel robot kurulumları %12 azalarak 373.240 birime düştü ve bu kurulumların değeri 13,8 milyar ABD doları oldu. Bu, altı yıllık büyümenin ardından ilk düşüştü. Bu düşüş, robotik sektörünün ana müşterisi olan otomotiv ve elektrik/elektronik sektörlerinin yaşadığı zor zamanlar ile 2018'den bu zamana kadar küresel ekonomiye belirsizliği yayan Çin ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD) arasındaki ticari anlaşmazlığın etkileri yansımaktadır. Bununla birlikte otomotiv endüstrisi %28'lik pay ile elektrik/elektronik (%24), metal ve makine (%12), plastik ve kimyasal ürünler (%5) ile yiyecekler ve içecekler (%3) endüstrilerinin önünde olup, en büyük müşteri endüstrisi olmaya devam etmektedir. Robotların %20'sine ilişkin müşteri tarafında hiçbir bilgi olmadığı belirtilmektedir (IFR, 2020a).

2022 verilerine göre, endüstriyel robotlar için Çin, Japonya, ABD, Kore Cumhuriyeti ve Almanya beş büyük pazara sahip ülkelerdir. Bu ülkeler, küresel robot kurulumlarının yaklaşık %73'ünü gerçekleştirmektedir. Özellikle Çin'de çarpıcı bir büyümenin olduğunu belirtmek gereklidir. 2022 yılında endüstriyel robot kurulumlarının %52'si Çin tarafından yapılmıştır. Endüstriyel robotların yıllık kurulum sayılarına ilişkin veriler ve yapılan tahminlere ilişkin değerler Şekil 3'te gösterilmiştir (IFR, 2023).



**Şekil 3:**

*Endüstriyel robotların yıllık kurulumları (2017-2022) ve tahminler (2023- 2026) (1000 birim)*

Dünya Robotik Fedarasyonu (IFR) 2020 Endüstriyel Robotlar Yönetici özetine göre; COVID-19 pandemisine bağlı küresel ekonomik krizin, 2020'de endüstriyel robot satışlarını şekillendireceği belirtilmekteydi. Ayrıca, “Orta vadede bu kriz, dünya çapında robotik endüstrisi için büyüme fırsatları yaratacak bir dijitalleşme güçlendiricisi olacaktır. Uzun vadeli perspektifler mükemmel olmaya devam etmektedir” öngörülerini ifade edilmekteydi (IFR, 2020a). Zaman içinde bu projeksiyonun gerçekleştiği görülmüştür.

Kısa vadede robotik ve otomasyon, birçok endüstrideki ürünlerin, buna solunum cihazları ve maskeler de dahil olmak üzere hızla COVID-19 ortamına uyarlamasını sağlayarak toplumsal ihtiyacı karşılamakta önemli bir rol oynadı (IFR, 2020b).

IFR Endüstriyel Robot Tedarikçileri Komitesi Başkanı Marina Bill'e göre; COVID-19, bir nesilde endüstrideki değişimin en büyük tek katalizörü olsa da, herhangi bir yeni trend başlatmadı. Bunun yerine, uzun vadede üretimin çehresini temelden değiştiren dört mega trendi hızlandırdı: bireyselleştirilmiş tüketici, işgücü kıtlığı, belirsizlik ve dijitalleşme. Robotik ve otomasyon şeklindeki ve yapay zeka tarafından sağlanan teknoloji, bu dört mega trendin ve pandemi gibi büyük olayların sunduğu zorluklara birçok çözüm sunmaktadır. COVID-19 sonrası bir dünyada robotik ve otomasyonun benimsenmesi, hem çalışanların sağlığını korumak hem de iş sürekliliğini geliştirmek için kritik öneme sahiptir (IFR, 2020b).

Son zamanlarda Endüstri 4.0'ın, Yapay Zeka (AI - Artificial Intelligence) ve Makine Öğrenimi (ML - Machine Learning) gibi unsurları, üretim şirketlerinde rekabet güçlerini arttırmak için uygulanmaktadır. Bu elemanlar, endüstriyel robotların katı, esnek olmayan yeteneklerinin geliştirilmesini gerektiren, ana amacın verimlilik artışı olduğu robot teknolojisinde önemli bir role sahiptir. Yapay zeka, ML gibi farklı alt kümeleri ve algoritmaların programlamaya ihtiyaç duymadan verilerden öğrendiği en yeni Derin Öğrenme tekniklerini içermektedir. Endüstrideki geleneksel robotlar, süreç senaryosu robot kontrolöründe ayarlandığı sürece, genellikle nesneleri önceden belirlenmiş bir yörüngede toplama ve yerleştirme yeteneğine sahiptir. ML kullanan robotlar, daha önce yürütülmemiş bir göreve nasıl tepki vereceklerini ve yürüteceklerini kısa bir süre içinde kendilerine öğretebilirler. Makine öğrenimi kullanılan algoritmalar, robotlar tarafından yürütülen görevi birkaç kez tekrarlayarak daha iyi geliştirmektedir. Geleneksel sürecin insan zamanını ve çabasını tükettiği açıktır. Bu nedenle özellikle endüstriyel robotların atölyeye yeni kurulduğu yerlerde yapay zeka araçlarını kullanmak robotları eğitmeyi kolaylaştırmaktadır. Yeni robotları eğitmek için mühendisler ve yetenekli insan operatörler bulmanın daha zor olduğu yerlerde, AI araçları eğitim sürecini basitleştirmeye yardımcı olmaktadır. Yapay zekanın endüstriyel robotikte kullanılması, bir insanın robotun nasıl yapması gerektiğine değil, ne yapılması gerektiğine odaklanabileceği akıllı bir fabrika yaratma konusunda gerçek faydalara sahiptir (Benotsmane ve diğ., 2020).

Özellikle son 50 yıldır endüstriyel robotlar, yerlerini iş birlikçi robotlara (kobot) devretmeye başlamıştır. Endüstriyel robotların devamı niteliğinde olan iş birlikçi robotların, insanlara destek

olması ve insanlarla işbirliği içerisinde çalışmasından dolayı çok daha fazla tercih edilir durumdadırlar. Kobotlar, nispeten yeni bir teknoloji olmasına rağmen, endüstriyel robotlardan daha kolay çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Tablo 1'de endüstriyel robot ve kobotlar farklı öğelere göre karşılaştırılmıştır (Karacıgan, 2021).

**Tablo 1. Endüstriyel robot ve kobotların faydalarının karşılaştırılması**

| Faydalar                                              | Endüstriyel Robotlar | Kobotlar |
|-------------------------------------------------------|----------------------|----------|
| Parçaların hareket etmesi                             | Evet                 | Evet     |
| Rota takibi                                           | Evet                 | Evet     |
| Uzun süreli otonom şekilde çalışma                    | Evet                 | Evet     |
| Üretkenliğin ve ürün kalitesinin artırılması          | Evet                 | Evet     |
| İşçilerde kas/iskelet yaralanmalarının azalması       | Evet                 | Evet     |
| Güvenlik için sensör ve/veya kafes gereksinimi        | Evet                 |          |
| Entegrasyon için kapsamlı robotik bilgisi gereksinimi | Evet                 |          |
| Çok yer kaplaması                                     | Evet                 |          |
| Pahalı oluşu                                          | Evet                 |          |
| Programlama kolaylığı/uzmanlık gerektirmeme           |                      | Evet     |
| Mevcut çalışma alanına yerleşim kolaylığı             |                      | Evet     |
| Yeni görev için yapılandırma kolaylığı                |                      | Evet     |
| Bir görevden diğerine geçiş kolaylığı                 |                      | Evet     |
| Hızlı kurulum                                         |                      | Evet     |

### 3. TEKSTİL 4.0 VE ROBOTLAR

Tekstil sektörü, hazır giyim sektörünün tedarik zinciri altında da yer alan geniş kapsamlı bir üretim yelpazesine sahiptir. Elyaf, iplik, örme/dokuma kumaş, keçe ve tufting yüzeylerin dâhil olduğu dokusuz yüzeyler, ev tekstili ürünleri, halılar, bunların yanında ağ, ip, tekstil kablo, taşıyıcı tekstil bandı, branda, koruyucu bez, filtre, paraşüt, fren bezi gibi teknik kullanıma yönelik teknik tekstiller, tekstil sektöründe yer almaktadır. Örme ve dokuma kumaştan imal edilmiş tüm giyim ürünleri ise hazır giyim sektöründe üretilmektedir. Hayvan derileri ve kürkleri, deriden, kürkten, suni deriden, tekstil yüzeylerden imal edilmiş valiz, çanta, sandık, eldiven, kemer, koşum takımı, giyim ürünleri ve ayakkabılar ise deri ürünleri sektöründe sınıflandırılmaktadır (TC. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020).

Küreselleşme ile birlikte hızı yüksek teknolojik gelişmelerin olduğu iş dünyasında, tekstil endüstrisindeki üreticilerin de, rekabetçi olarak kalabilmesi için en güncel bilgi/bilişim teknolojileri uygulamalarına yatırım yapmaları oldukça önemlidir. Çalışanların verimliliğini arttırmak ve maliyetleri azaltmak için etkin bir strateji olan bilgi teknolojileri kullanımlarının, rekabet edebilirlik ve sürdürülebilir iyileşme için zorunlu olduğu artık bilinen bir gerçektir (Gökalp ve diğ., 2019).

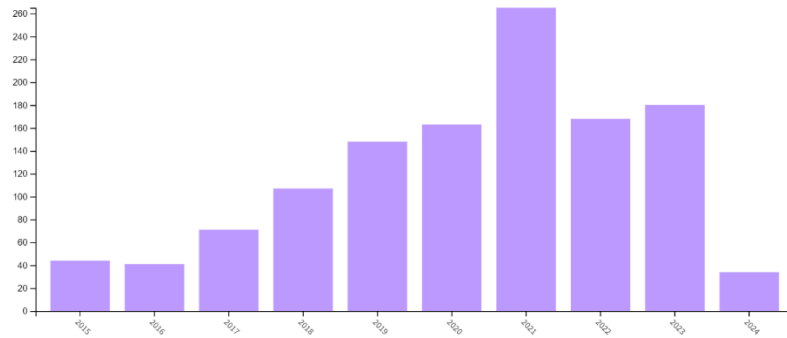
Endüstri 4.0 Devriminin özelliği; insanlar, makineler ve ürünler arasında gerçek zamanlı iletişim, bağlantı ve tanımları gerçekleştirebilmesi ve son derece yüksek bir esneklik içinde müşteri taleplerine göre özelleşmiş ve dijitalleşmiş akıllı imalat modeli geliştirmesidir. Üretimin merkezileşmeden çıkarılıp yerelleştirilmeye dönüşümü ve ürünün tek tip olmaktan, kişiye özel (customized) hale dönüşümü ise bu akıllı imalat modelinin esasıdır. Kullanıcılar üretime tamamen katılabilmektedir ve bu durum, imalat sanayiinin geniş bir bilişim ve iletişim teknolojileri (BİT) adaptasyonunu ve ilave olarak gerçek dünyanın sınırları ile sanal dünyanın olanaklarını birleştiren ve siber fiziksel üretim sistemleri (SFS) olarak bilinen yapıların devreye alınmasını gerektirmektedir (Gökalp ve diğ. 2019; Fırat ve Fırat, 2017c).



### 3.1. Literatürde Tekstil Ve Robot Birlikteliği

Tekstil sektörü özelinde, yoğun işgücü kullanımının yanında, özellikle son yıllarda müşterilerin kişiselleştirilmiş ve/veya özelleştirilmiş ihtiyaçlarına uygun üretim yapabilmek için üretim süreçlerinin yeniden düzenlenmesi elzem bir durum haline gelmiştir. Bu düzenlemelerin ise Endüstri 4.0 temelinde yapılacak güncellemeler olması gerekmektedir. Endüstri 4.0'ın tekstil teknolojisi ve tekstil imalatı sektöründeki uygulamaları ise “Tekstil 4.0” kavramı olarak literatürde yer bulmuştur (Olgun ve Turan, 2022).

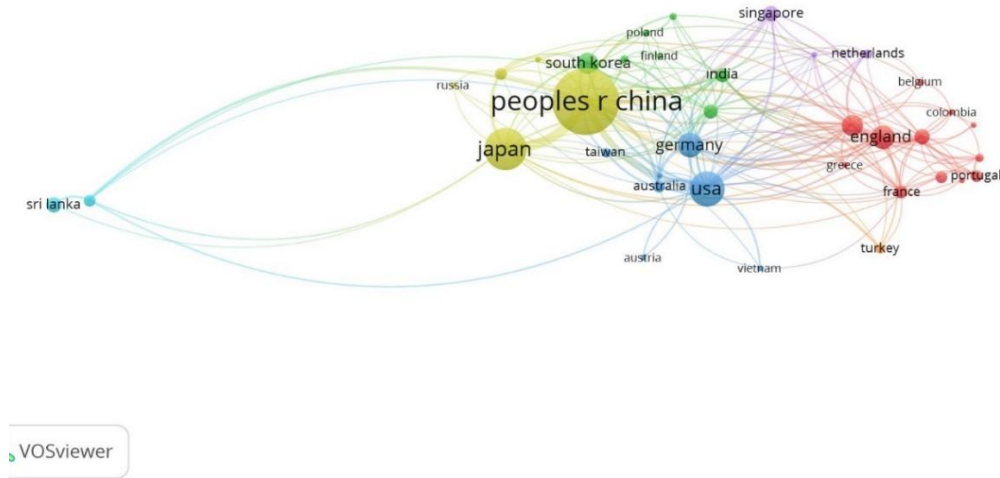
Web of Science (WOS) veri tabanında “robot” ve “tekstil” kelimelerinin ikisinin de içerildiği ortalama 1500 yayın olduğu görülmekte olup bu yayınların yıllara göre dağılımı Şekil 4'te yer almaktadır. Görüldüğü üzere 2017 yılı itibariyle yayın sayıları artış gösteren bir şekilde olmuştur.



Şekil 4:

Yıllar itibariyle robot ve tekstil kelimelerinin birlikte yer aldığı yayın sayıları

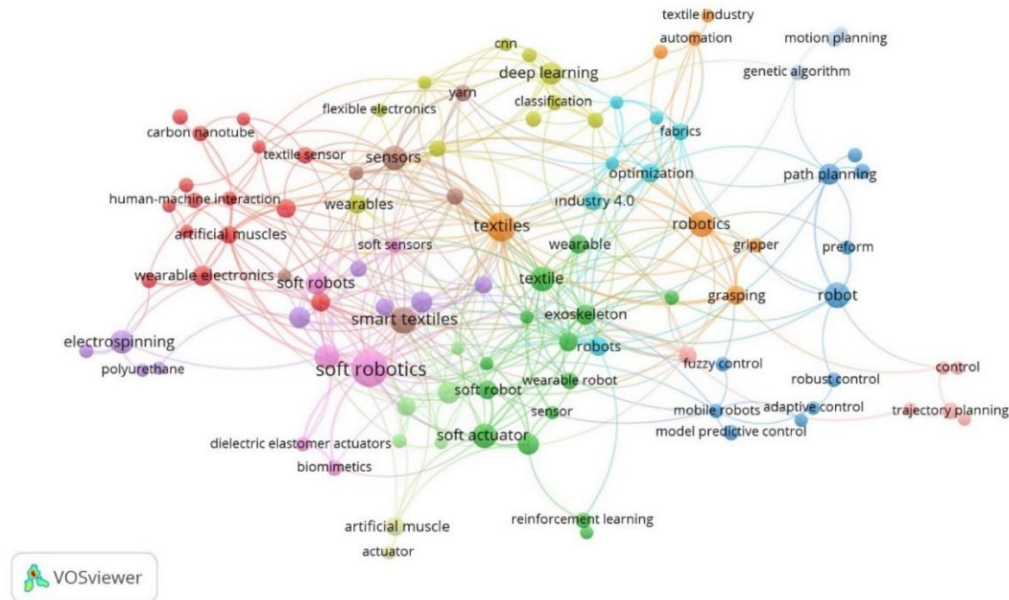
Şekil 5'te WOS veritabanında robot ve tekstil kelimelerinin birlikte içerildiği çalışmaların ülkelere ilişkin ağ diyagramında Çin, Japonya, ABD, Kore ve Almanya'nın başrollerde olduğu görülmektedir. Bu ülkelerin robot kurulumunda dünyadaki lider ülkeleri olduğu bilinmektedir. Ağ diyagramına göre bu ülkelerde hem sektörel olarak hem de akademik olarak robot ve tekstil etkileşimine önem verildiği anlaşılmaktadır.



Şekil 5:

Robot ve tekstil kelimelerinin birlikte geçtiği yayınların ülke ağ analizi

Web of Science veri tabanında “robot” ve “tekstil” kelimelerini içeren ağ analizi yapıldığında, Şekil 6 elde edilmiştir. Endüstri 4.0, beklenen şekilde bu iki kavram arasındaki önemli köprülerden biri görevindedir. Ayrıca insan-makine etkileşimi ve yapay zeka algoritmaları ve akıllı kavramı öne çıkan kelimelerdendir.



**Şekil 6:**  
*Robot ve tekstil kelimelerine ait ağ analizi*

Endüstri 4.0 ile mini fabrika ve akıllı fabrika olmak üzere iki üretim modeli ortaya çıkacağı öngörülmektedir. Talebe dayalı bir üretim modeli mini fabrika iken, sanal ortamda ve işbirliği çerçevesinde paydaşları ile bütünleşmeyi gerektiren model ise akıllı (karanlık) fabrikalar olarak ifade edilir. Tekstilde çok yoğun olan işletme içi lojistik faaliyetlerinde sayısal teknolojiler ve SFS kullanımı verimliliği iyileştirme potansiyelindedir. Böylece makineler hem kendi aralarında, hem de çalışanlar ile sayısal iletişim kurabilecek ve birbirlerine göre durumları ve bakım zamanları gibi yaklaşan problemlerle ilgili bilgi verebilecektir. Şerit kovaşı, masura, konik patron, çözgü levendi, kumaş vb. nesneler enformasyonu iletebilecek, bu sayede otonom tekstil üretim zinciri ortaya çıkabilecektir (İlhan, 2019).

Son yıllarda, tekstil sektörünün çevresel ve sosyal etkileri konusundaki farkındalık artmış ve daha sürdürülebilir ve etik üretim uygulamalarına doğru bir geçiş yaşanmıştır. Bu, çevre dostu malzemelerin geliştirilmesini ve atık miktarını azaltmayı ve giysilerin ömrünü uzatmayı amaçlayan dairesel iş modelinin benimsenmesini içermiştir. Ayrıca, Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanılması, tekstil ürününün tüm yaşam döngüsünde büyük iyileştirmelere olanak tanımış ve tekstil sektöründe tedarik zincirinin tamamında modern iş trendlerine ve uluslararası pazarın sürdürülebilirlik ihtiyaçlarına uyum sağlamada endüstriye destek olmuştur (Nouinou ve diğ., 2023).

### 3.2. Robotların Tekstilde Kullanım Alanları Ve Teknolojiler

Tekstil alanında robotların uygun kullanım alanları aşağıda incelenmiştir (İlhan, 2019; Dal Forno ve diğ., 2023):

Yapay zeka, ürün geliştirme maliyetini büyük ölçüde azaltabileceği ve önemli tasarruflarla sonuçlanabileceği için giyim ürünlerinin üretiminde muazzam bir potansiyel sağlamaktadır.

Yapay zeka, karar vericiler için karmaşık üretim faaliyetlerini verimli bir şekilde hazırlamak ve yürütmek, kritik kalite sorunlarını hızlı bir şekilde belirlemek ve ele almak ayrıca belirli müşteri gereksinimlerini karşılayan ürünler üretmek için mükemmel bir araç olarak görülmektedir. Noor ve diğ. (2021) yılında yaptıkları çalışmada, hazır giyim imalatında yapay zeka uygulamaları üzerine yapılan araştırmaları hazır giyim tasarımı, hazır giyim imalatı, hazır giyim perakendeciliği ve hazır giyim endüstrisinde tedarik zinciri yönetimi olarak analiz etmişlerdir. Elde edilen bulgular, giysi üretim uygulamalarında kullanılan en yaygın yapay zeka tekniklerinin sinir ağı, hibrit akıllı, benzetim tavlama, çok etmenli sistem, genetik programlama, yapay bağışıklık sistemi, bulanık mantık ve genetik algoritma olduğunu göstermektedir. Ayrıca daha önceki çalışmalarda incelenen araştırma probleminin sınırlı olduğu sonucuna da varılmıştır.

Büyük bir adım olarak görülen robotik otomasyona geçişle, operasyonların daha çevik hale gelmesi ve küresel pazardaki değişimlere hızlı yanıt verilmesi mümkün hale gelebilecektir (RoboDK. 2020).

Hazır giyim sektöründe kullanılan bazı otomatik makine örnekleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Otomatik cep katlama makinesi
- Otomatik kol pat kırma makinesi
- Otomatik etiket kesme ve katlama makinesi
- Otomatik poli torbalama makinesi
- Yaka noktası kesme ve torna makinesi
- Yaka ve manşet şekillendirme presi
- Yaka veya manşet dikişi veya üst dikiş için otomatik iş istasyonu
- Otomatik iplik kesicili 1 iğneli kilit dikiş makinesi.
- Program kontrolü ve otomatik iplik kesici ile donatılmış 1 iğneli kilit dikiş makinesi.
- Ceketlere cırt cırt takmak için otomatik çevrim makineleri
- Mikrobilgisayar kontrollü düğme açma makinesi
- Otomatik düğme beslemeli düğme dikiş makinesi

Dünya pazarında hazır giyim sektörünün rekabette ayakta kalabilmesi, endüstrinin tasarımından üretim sürecine ve ürün nakliyesine kadar kullanılan ileri teknoloji, otomasyon ve robotiklere bağlıdır. Hazır giyim sektörünün pazarda ayakta kalabilmesi için daha kusursuz ürünleri daha kısa sürede ve daha düşük maliyetle üretebilmesi gerekmektedir. İplik ve kumaş üretim süreci de dahil olmak üzere giysi üretiminde çeşitli otomasyon alanları bulunmaktadır (Kiron, 2021):

**a. CAD (Computer Aided Design – Bilgisayar Destekli Tasarım) ve CAM (Computer Aided Manufacturing – Bilgisayar Destekli Üretim) :** CAD, bir ürünün tasarımına yardımcı olmak için bilgisayar teknolojisinin kullanılmasıdır, genellikle elle yapılan işlemlerin hızını ve verimliliğini artırır. CAD, son tüketiciler tarafından kullanılan mallar veya diğer ürünlerde kullanılan ara mallar olabilecek ürünleri tasarlamak, geliştirmek ve optimize etmek için kullanılır. CAD, yalnızca ürünün pazara çıkış süresini azaltmakla kalmayıp aynı zamanda tasarım ve üretim aşamaları arasındaki iletişim çabalarını iyileştiren tekstil pazarına özel çözümler sunar. Kumaş tasarım yazılımı ile üretim araçları (dokuma ve örme tezgahları, tekstil yazıcıları) arasındaki elektronik iletişim sayesinde, tekstil üreticileri daha verimli bir endüstriyel süreç ve son tüketici ile kesintisiz iletişim sağlayabilir. Günümüzde, hazır giyim endüstrisinin kullanımı için piyasada bulunan farklı CAD sistemleri; dijitalleştirme sistemleri, derecelendirme sistemleri, marker (işaret) yapım sistemi, desen tasarım yazılımı, kalıp oluşturma yazılımı, vücut ölçüm yazılımı, doku eşleme, nakış sistemleri ile spesifikasyon ve maliyetlendirme sistemleri olarak belirtilebilir. CAM ise, iş parçalarının üretiminde takım tezgahlarını ve ilgili makineleri kontrol etmek için bilgisayar yazılımının kullanılmasıdır. Geleneksel olarak CAD ile oluşturulan bilgilere göre kontrol sürecini oluşturur (Dwivedi ve Dwivedi, 2013). CAD/CAM sistemlerinin doğuşu 1950’li yıllarda olmuştur. 1970’lerin başlarından itibaren mikro ve mini bilgisayar teknolojisinin

oluşmasıyla yeni kontrol teknikleri geliştirilmiştir. Teknolojinin gelişmesi ve fiyatların düşmesiyle seksenli yıllarda tüm sektörlerde yaygınlaşmaya başlamıştır (Birgöl, 2013).

**b. Robot baskı ve çizim:** Giysi imalatının temel görevlerinden biri tasarımların kumaşa basılmasıdır. Doğru araçlar kullanıldığında, robotlar yazdırma ve çizim için çok uygundur.

**c. 3D Fiber Yapı Baskı:** Robotik tekstil üretimindeki en son gelişmelerden biri 3D baskıdır. Normal 3D baskıya benzer şekilde, 3D baskılı kumaşlar, koruyucu yangın söndürme üniformaları gibi giysiler için bir polimerle kaplanmış lifler kullanır. Robot, kumaşı 3D yapının şekline yönlendirir ve sertleştirici polimer onu yerine yerleştirir (RoboDK. 2020).

**d. Kumaş Yayımada Otomasyon:** Eskiden kumaş sermede işçiler kumaşı elle yaymaktaydı ve işin tamamlanması için birden fazla işçi gerekmekteydi. Ardından, makineyi çalıştırıp işin yapılabileceği yarı otomatik makineler devreye girdi. Şu anda tam otomatik makineler yardımıyla kumaş serme işlemi yapılabilmektedir. Otomatik kumaş yaymada;

- i. Operatör tarafından verilen talimatlara göre boy-en korunarak iş hızlı bir şekilde yapılmaktadır.
- ii. Son kumaş rulosunun bittiği yerde, kumaş otomatik olarak eklenerek yayılmaya başlar.
- iii. Kusurları tespit etmek için etkili ve kaliteli sensör kullanılır ve hatalı kumaş kendi kendine kesilir.
- iv. Kat numarasının sayılır ve makine, belirtilen kat sayısı bittiğinde otomatik olarak kapanır.
- v. Bu makine ile her türlü kumaş serilebilir.
- vi. Daha az zaman gereklidir ve daha az işçilik maliyeti vardır. Ancak, bu makineyi çalıştırmak için çok pahalı ve yetenekli bir operatör gereklidir.

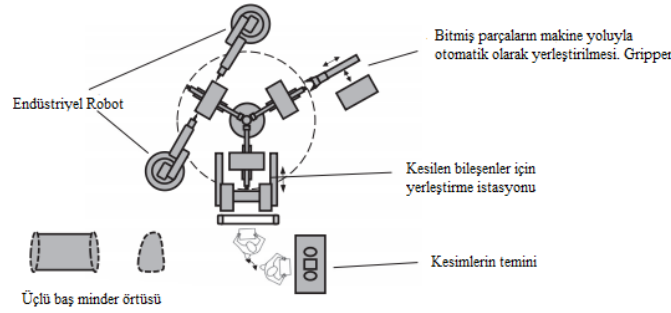
**e. Kumaş Kesiminde Otomasyon:** Bu işlem daha önce manuel olarak da yapılmaktaydı ancak artık otomatik kumaş kesme makinesi kullanılmaktadır. Sonuç olarak, kumaşı eskisinden daha doğru ve düzgün bir şekilde kesmek mümkündür. Giysinin tasarımına göre artık o kalıbın tasarımı marker kağıdı yapılmadan doğrudan bilgisayar belleğine kaydedilmekte ve bu talimata göre kesim makinesi otomatik olarak birden fazla kumaş katmanını kısa sürede ve doğru bir şekilde birlikte kesebilmektedir. Bu kesim işlemi de lazer kullanılarak bir yerde yapılmaktadır. Otomatik kesim makinelerinin kullanımı, manuel veya operatörle çalışan makinelere göre hem işçi sayısını hem de süreyi azaltmıştır. Otomatik kesim makinelerinden bazılarının isimleri aşağıdadır:

- i. Bullmer kesim: Premiumcut, Turbocut
- ii. Eastman CNC (Raptor)
- iii. Tukatech'in CNC Otomatik Kesim Makinesi: Tukacut

**f. Kumaş Testi:** Ürün testi, bazı tekstil ürünleri için önemli bir kalite güvence görevidir. Kumaş muayenelerinin manuel bir işlem ile gerçekleştirilmek yerine, otomatik ekipman ile yapılması, kumaş inceleme sürecinin verimliliğini artırmaya yardımcı olur. Kumaş denetiminin otomatikleştirilmesinin tüm tekstil süreçleri arasında en zor olanlardan biri olduğu kanıtlanmıştır. Otomatik kumaş denetimi için İstatistiksel Yaklaşım, Spektral Yaklaşım ve Model Tabanlı Yaklaşım gibi çeşitli teknikler kullanılabilir. Bu yöntemlerin tümünde, kumaş kusurunun ciddiyeti hakkında bilgi elde etmek için kumaş görüntüsü bir yazılım veya modelleme aracı tarafından manipüle edilir. Tespit edilen kusurlar kumaş üzerinde otomatik olarak tanımlanır, bir kumaş partisindeki kusur miktarları belirli bir limiti aşarsa reddedilir.

**g. Dikişte Otomasyon - Robotik 3D Dikiş Teknolojisi:** Vietnam, Kamboçya ve Laos gibi ülkelerde giysi üretim sürecinin çoğu, özellikle de dikiş süreci hala kalifiye işçiler tarafından yapılmaktadır. Üreticiler, otomatik dikiş makineleri veya dikiş robotu satın alma konusunda önemli ilerleme kaydetmemiştir, bu da yatırımlarını düşük tutmasına neden olmuştur. Ancak modern ekipmana yatırım yapmayan üreticiler, işçilik maliyetlerini düşük tutmak için aşırı rekabetle karşı karşıyadır. Son zamanlarda dikiş işleminin otomasyonu için, dikiş faaliyetleri sırasında kumaşı işleyebilen ve işçilik gerektirmeyecek endüstriyel robotlar üretilmektedir. Bu

otomatik makinelerde dikiş oluşturma işlemi, geleneksel dikiş makinelerinininkine benzemektedir. Robotik dikiş makinesi ile overlok dikiş, çift zincir dikiş, çift kilit dikiş vb. farklı dikiş türleri oluşturulabilmektedir. Robotik 3D dikiş teknolojisinin kullanımı, yüksek kaliteli giysiler yaratabileceğinden dikişte yeni boyutları keşfedebilir. Philipp Moll GmbH & Co., otomatik olarak 3D Dikiş oluşturabilen bir 3D Dikiş Teknolojisi icat etti. Ayrıca, Çin'de geliştirilen bir 3D dikiş robot kolu olan robotik kol, bir lazer tarayıcı ile kumaş parçalarını hızlı bir şekilde tarayabilir ve desteklenen programlanmış desenleri birlikte dikebilir ve iplikleri kesebilir, tüm işlemin tamamlanması sadece birkaç dakika sürer. 3D robotik kollar şu anda otomotiv iç mekanlarının dikilmesine uygulanmaktadır. 3D dikiş teknolojisi, giysi (pantolon, ceket, gömlek) ve araba koltuğu kılıfları, hava yastığı kumaşları yapabilir. Bu 3D teknolojisini, yüksek verimli dikiş ürünlerinin daha kaliteli elde edilmesine yardımcı olabilir. 3D dikiş teknolojisi ayrıca işçilik maliyetlerini düşürmeye ve üretkenliği artırmaya yardımcı olmaktadır. Entegre 3D dikiş sistemi, kesilen bileşenlerin bir odada 3D olarak dikildiği bir sistemi ifade eder. Sistem, bir araba koltuğu baş minderinin kılıfının dikilmesi için geliştirilmiştir ve yapı Şekil 7'de gösterilmektedir (Gries ve Lutz, 2018):



**Şekil 7:**

*Bir baş minder örtüsünün otomatik olarak dikilmesi için entegre üç boyutlu dikiş sistemi*

Bir operatör, otomatik işlem başlatıldıktan sonra kesilen bileşenleri bir iş parçası taşıyıcısına sabitlemektedir. İlk olarak, kesilen bileşenler sıkıştırılır ve böylece şekillendirilmiş bir gövde etrafında gerilir. Parçalar daha sonra birbirine yerleştirilir ve döner tabla döndürülerek bir adım daha ileri dikiş istasyonuna gidilir. Dikiş istasyonunda iki çevresel dikiş bir robot tarafından dikilmektedir. Döner tabla tekrar döndürülür ve dikilen malzeme boşaltma istasyonuna taşınır. Orada, kelepçeler serbest bırakılır ve ortaya çıkan 3D kabuk mekanik bir tutucu ile soyulur. Tekrarlanan bir dönüşten sonra, şekillendirilmiş gövde tekrar besleme istasyonuna ulaşır. İstasyonların süreçleri paralel çalışmaktadır. Böylece çevrim süresi, bir istasyonun en uzun işlem süresi artı taşıma süresinden hesaplanmaktadır. Esnek malzemenin zorlukları göz önüne alındığında programlaması çok zor olabilen 3D şekle sahip giysileri dikmek için karmaşık yollar gereklidir. Daha karmaşık dikiş görevlerinin üstesinden gelmek için yıllar içinde çeşitli çözümler uygulanmıştır. Bir örnek olarak Sewbo sistemi verilebilir. Kumaş geçici olarak bir takviye ile sağlam bir parçaya dönüştürülür, bu da dikişlerin tamamen bağımsız olarak dikilmesini mümkün kılar. Yaskawa'dan KMF Sewing gibi diğer çözümler, kumaşı özel aparatlarla yerinde tutar. KSL robot ise 3D dikiş aparatı kullanmaktadır. Entegre 3D dikiş sisteminin önemli bir dezavantajı, iki endüstriyel robot ve otomatik sıkma ve döndürme cihazları nedeniyle yüksek yatırım maliyetleridir. Ayrıca, sistem, diğer ürün tasarımları için yeni kalıplar üretildiğinden ve endüstriyel robotların manuel olarak yeniden programlanması gerektiğinden, kesimlerin farklı geometrileri açısından esnek olmadığını kanıtlamaktadır.

**h. Dikiş Robotu (Sewbo):** Sewbo, giyim endüstrisinde kumaş kavrama ve işleme için kullanılan endüstriyel bir robottur. Tüm giysiyi robotlar kullanarak dikmek için bazı deneysel

çalışmalar yapılmıştır. Bunun bir örneği Zornow'un dikiş sırasında kumaş elemanlarını otomatik olarak işleyebilen robotu “Sewbo’dur”. 2015 yılında Zornow tarafından icat edilen “Sewbo” robotu, baştan sona bir tişört dikebilmektedir. Bu başarı, eksiksiz bir takım oluşturmak için %100 otomasyona ulaşmada önemli bir kilometre taşıdır. Robot, belirli bir boyut ve stil için programlanabilir. Giysinin boyutu veya stili değişirse robotun yeniden programlanması gerekmektedir.

**i. LOWRY SewBot:** LOWRY SewBot, Atlanta merkezli ABD firması “Softwear Automation” tarafından icat edilmiş olup, konfeksiyon sektörü için tasarlanmış özel bir robot türüdür. Bu SewBot'lar, kumaşı insan gibi analiz edip manipüle edebilen bilgisayarlı görme veya gelişmiş robotik gibi ileri endüstriyel 4.0 devrim teknolojisi kullanılarak inşa edilmiştir. SewBot'lar, kumaş Kesme, dikme, uyanma (awaking), etiketleme, muayene vb. gibi birden fazla giysi üretim görevini gerçekleştirebilir. Tüm bu işler tek bir dokunmatik panel ile kontrol edilmektedir. SewBot'un çoklu yetenekleri, giysi üreticilerinin ihtiyaçlarını %50-70 oranında azaltmaktadır. SewBot'un yapıldığı ABD’de 2021 yılında; insan dikiş hattında kot gömlek yapmak 7,48\$'a, robotik üretim hattında ise sadece 0,33\$'a mal olduğu bilinmektedir. Ayrıca insan dikiş hattında sadece 8 saatte ortalama 669 adet tişört üretilmektedir. 1142 adet tişört üretme kabiliyetine sahip robotik dikiş hattı var, bu da üretimin %71 oranında artacağı anlamına gelmektedir.

**i. Lojistik taşımacılık:** Ürünlerin taşınması ve paketlenmesinde, diğer imalat türlerinde olduğu kadar tekstil endüstrisinde de robotlardan yararlanılmaktadır.

**j. Balya taşıma:** 2 tona kadar taşıma yüklerine sahip olabilen büyük endüstriyel robotlar için balya elleçleme oldukça uygun bir görevdir. Robotlar, balyaları bağımsız olarak almak, istiflemek ve sıralamak için kolayca programlanabilirler (RoboDK. 2020).

**k. Seç ve Yerleştir:** Parçaların çalışma alanı içinde hareket etmesi gerektiğinde, hemen hemen her üretim ortamında al ve yerleştir özelliği kullanılmaktadır. Tekstil parçaları esnek olmasına rağmen, modifiye edilmiş bir kavrayıcıya sahip robot kullanarak parçaları istenen alanda hareket ettirmek mümkündür.

**l. Lazer kaynak:** Son yıllarda, malzemeleri birleştirmenin tek yolu olarak bilinen dikişten uzaklaşmıştır. Lazer kaynağı gibi teknikler, bir lazer kullanarak iki parça kumaşı birleştirmeye olanak tanımaktadır. Lazer kaynak, diğer kaynak türlerine benzer bir görev olarak, tekstilde de robotlar için uygun bir uygulama alanıdır.

**m. Makine Bakımı:** Tekstil üretimindeki geleneksel otomatik makinelerin birçoğunun insan operatörler tarafından yüklenmesi ve boşaltılması gerekmektedir. Bu görev sıkıcı ve potansiyel olarak tehlikeli bir görev olabilir ve bu da, bu görevin bir robot için mükemmel olduğu anlamına gelmektedir. Bir makine bakım robotu, üretkenliği artırabilir ve çalışanların daha yetenekli görevlere geçmesine izin verebilir.

**n. Preslemede Otomasyon:** Presleme, müşterilere gitmeden önce ürünün estetiğini arttırmanın önemli adımlarından biridir. Müşterinin satın aldığı anda çekici görünmesi için giysideki herhangi bir kırışıklığı gidermek için presleme işlemi yapılır. Pres operasyonları için kalifiye işçi bulmak ve elde tutmak her zaman zorlu bir iştir. Operatörler, yeterli becerilere sahip olduklarında daha yüksek maaşlar için diğer sektörlerle göç etmektedirler. Sonuç olarak, bu sektörde kalifiye eleman sıkıntısı vardır. Bu sorunlar, pres sektöründe otomasyon stratejileri benimsenerek çözülebilir. Pres robotları, ceket aprecileri (finişerleri), gömlek aprecileri ve gömlek baskı makineleri gibi çeşitli ileri teknolojiler şu anda ticari olarak mevcuttur.

**o. Radyo Frekanslı İle Tanımlama Teknolojisi (RFID):** RFID teknolojisi, nesnelerin hareketini algılamak için elektromanyetik alanları kullanan bir tanımlama sistemidir. RFID sisteminin kullanılması, tüm üretim süreci boyunca ürünlerin izlenmesine yardımcı olur ve giysilerin üretimi sırasında otomasyon sürecinde yardımcı olabilir. RFID teknolojisinin tekstil sektöründe envanter yönetimi, ürün takip, üretim izleme ve kontrol, perakende yönetimi vb. gibi çeşitli kullanımları vardır. 1930 ve 1940 yıllarındaki radar ve radyo hakkındaki gelişmelerden

sonra 1950’li yıllarda RFID için bir çığır açılmıştır. 1980’li yıllarda RFID uygulamaları birçok alana yayılmıştır. 1990’lar RFID için kayda değer bir dönemdir (Maraşlı ve Çıbuk, 2015).

**Ö. Kalite Kontrol:** Robotik bir görüş sistemi ve sensörlerle entegre edilmiş bir mekanik kol kullanılarak, alınan sinyale göre denetlenen ürünü alan ve konumlandıran otonom bir kontrol istasyonu oluşturulabilir. Böylece, onaylanmış ürünler ambalajlanarak gönderim için üretim sürecini takip ederler; başarısız olurlarsa, süreçten çıkarılırlar.

### 3.3. Tekstil 4.0 Endüstrisinden Örnekler

Adidas, 2016 yılında Bavyera genel merkezinin yakınındaki Ansbach kasabasında ve 2017’de Atlanta yakınlarında “Speedfactory” adı verdiği fabrikalarında büyük ölçüde robotlarla ayakkabı üretimine başlamıştır. Speedfactory, en yüksek performans kalitesini sunmayı ve aynı zamanda ayakkabılara benzersiz bir tasarım sunan akıllı robot teknolojisini içermeye iddiasında olmuştur. Speedfactory’nin vizyonu, Adidas’ın tüketicilere devrim niteliğindeki üretim teknolojileri, mağaza içi kişiselleştirme ve etkileşimli dijital deneyimler kullanarak bütünsel bir yüksek teknoloji deneyimi sunması olarak belirtilmiştir (Adidas-group Media,2015). Ancak Adidas 2019 yılı Kasım ayında, Asya’daki iki tedarikçisinde ayakkabı üretiminde öncülük ettikleri teknolojileri kullanmaya odaklandığı için, iki fabrikadaki üretimin durdurulacağını açıklamıştır. Adidas gelecekte kaynaklarını ve kapasitelerini diğer tedarikçilerini modernize etmeye ve ayakkabı üretiminde 4D teknolojisini kullanmaya odaklayacağını ve her iki Speedfactory işletmecisi OECHSLER ile ortaklığını sürdüreceğini ifade etmiştir (Adidas-group Media, 2019).

Hugo Boss’un İzmir Türkiye’de 1999 yılında kurduğu ve Hugo Boss’un toplam üretiminin neredeyse yarısını karşılayan firması 2016 tarihinden itibaren dijitalleşmektedir. Dijitalleşen bu fabrikanın robotik uygulamaları hakkında bilgi almak amacıyla 16 Temmuz 2021 tarihinde Kurumsal Hizmetler Kıdemli Yöneticisi Sarper Aslan ve Kurumsal İletişim Takım Lideri Naim Kutlu ile görüşme sağlanmıştır. İzmir fabrikasının bütün operasyon ve iş yeri tasarımları firmanın kendi mühendisleri tarafından yapılmıştır. 10 adet istasyonda robotik uygulamalar bulunmaktadır. Fabrikada; bir istasyondan bir istasyona parça taşınması, bitmiş ürünün depoya taşınması, manşette ilik ve düğmenin yapılması, manşet dikiminde iki parçanın alınıp katlanması ve bir çerçeve dikişi yaparak bir sonraki istifleme noktasına götürülmesi ana konularında robotlar ile çalışılmaktadır. Robotlar bu dikiş operasyonunda, dikiş makinesi ile senkron (eş zamanlı) çalışarak, insan elinin yaptığı pozisyonlama ve dikiş sırasındaki kılavuzlama hareketlerini yapmaktadır. Firma özellikle lightweight (hafif) kategorisindeki evrensel, kolaboratif (işbirlikçi) robotları kullanmaktadır. Bu robotların seçilmesinin ana nedeni maliyet ve yetkinlik anlamında konfeksiyon için uygun olmasıdır.

## 4. SONUÇ: AVANTAJLAR VE DEZAVANTAJLAR

Günümüzde, tekstil sektörünün güçlendirilmesi sadece dijital işletme teknolojilerinin uygulanmasını hızlandırarak gerçekleştirilebilir. Entegrasyon, değer zincirinin dijitalleştirilmesi, çok kaynaklılık ve izlenebilirlik gibi konular, sektördeki birçok aktörün ilgilendiği noktalar. Bu gelişmeler, endüstrinin daha esnek, dayanıklı, sürdürülebilir ve şeffaf hale gelerek değişen tüketici talebini karşılamasına izin verecektir. Aslında, araçlar var olmasına rağmen, bir aktörü diğerinden rekabetçi kılan şey, bu araçların değerinden faydalanma ve ortaya çıkarma yeteneğidir. Bu nedenle geleceğin tekstil endüstrisi bağlantılı, optimize edilmiş şeffaf, esnek sürdürülebilir özelliklerini sağlamalıdır. Geleceğin tekstil endüstrisi, Endüstri 4.0’ı olanaklı kılan teknolojilerin entegrasyonu ile dönüştürülebilir (Nouinou ve diğ., 2023).

Tekstil ve giysi endüstrisinde giysi imalatında otomatik alet ve ekipman kullanmanın aşağıda belirtilen çeşitli faydaları vardır (Nayak ve Padhye, 2017):

- i. Verimlilik artışı: Siber fiziksel sistemler ve insan – robot etkileşimli üretim ile üretim hızında artış, çalışan performansında yükselme ve öngörücü bakım ile verimliliğin artması beklenmektedir.
- ii. Artan stok devir hızı: Sektörün verimliliği arttıkça malzeme devir hızı da artar. Manuel işlemlerde ham maddeler, kesilmiş bileşenler ve yarı mamul bileşenlerin nihai giysiye dönüştürülmesi için daha uzun süre beklemesi gerekir. Böylece otomasyon ile artan bir stok devir hızı elde edilir.
- iii. Kalitede iyileştirme: Otomasyon, insan müdahalesini ortadan kaldırdığı için giysilerdeki hata miktarının azalmasına yol açar. Bu durumda daha az kusurlu, kalitesi iyileştirilmiş ve dolayısıyla indirim gerektirmeyen ürünler üretilmiş olacaktır.
- iv. Tekrarlayan ve monoton işlerin değiştirilmesi: Giysi üreticilerinin çoğu, üretimde aşamalı demet sistemi (progressive bundle system) kullanır. Bu sistemde bir işçi belirli bir işi gerçekleştirir ve diğerine geçer. Bu nedenle, iş işçi için tekrarlayıcı ve monoton hale gelir. Bu, yorgunluğa ve verimliliğin düşmesine neden olabilir. Ancak, tüm bu tekrarlayan işler makine tarafından gerçekleştirildiğinden otomasyon bunlardan kaçınmaya yardımcı olabilir. Bu tür işler robotların kullanılmasına son derece elverişli alanlardır.
- v. İnsan kapasitesinin ötesinde işler yapmak: Otomasyon, yüksek işçilik gerektiren bazı işleri gerçekleştirebilir. Günümüz giysileri elektronik cihazların ve diğer cihazların entegrasyonuna doğru ilerlerken, bu işlemleri gerçekleştirmek için birçok kez yüksek beceriye ihtiyaç duyulmaktadır. Robotlar ile bu hedeflere çok kolay bir şekilde ulaşılabilir.
- vi. Doğrudan insan emeği maliyetlerinin ve genel giderlerin azaltılması: Otomasyon, çok sayıda operatörün görevlerinin bir defada yerine getirilmesini de sağlar. Ayrıca, çalışanların her yeni stil ve kalite ile ilgili eğitim ihtiyacı azaltılmıştır. Bu nedenle, insan emeğinin maliyeti ve işgücü genel giderleri düşmektedir.

Giysi imalatında otomasyonun birçok avantajı olmasına rağmen, aşağıda tartışılan birkaç dezavantajı vardır:

- i. Yüksek ilk kurulum maliyeti: Otomatik alet ve ekipmanın ilk kurulumunun maliyeti, giysinin birim maliyetine kıyasla yüksektir. Otomasyon bir süre boyunca birçok ürüne uygulanabilir olduğunda, yatırım maliyetine katlanmak faydalı olabilir.
- ii. Yüksek araştırma ve geliştirme maliyeti: Hazır giyim endüstrisinde otomatik araçlar ve robotların araştırma ve geliştirme maliyetleri yüksektir. Bu nedenle, otomasyondan sağlanan faydaları, diğer ifade ile yatırımın getirisini elde etmek ve maliyet tasarruflarını gerçekleştirmek uzun zaman alabilir.
- iii. Güvenlik tehditleri: Otomatik sistemler, insan gibi kendini devamlı yenileyen bir zekadan yoksun olduğundan, normal çalışmada beklenmeyen bir değişiklik olduğunda veya anlık kapsamdan sapma olduğunda hatalarla karşılaşmak yaygındır. Otomatikleştirilmiş alt sistemler, yaygın sorunları çözmek için basit mantığın genel ilkelerini uygulayamaz. Sadece akıllı sistem algoritmaları ile tanımlanmış ve seçeneklerin daha önceden belirlenerek kendisine öğretildiği bir yelpaze içinde karar verebilir ve aksiyon alabilir.
- iv. Yüksek bakım maliyeti: Otomatik ekipman ve robotlar, onarım için özel yedek parçalara ve onarım - bakım yapacak vasıflı insanlara ihtiyaç duyar. Bu nedenle, onarım ve bakım maliyeti normal makinelerle göre daha yüksek olacaktır. Her ne kadar robotik sistemlere yüklenen yapay zeka algoritmaları tahmin edici bakıma odaklı uyarı sistemlerine sahip olsa da, bu uyarılara cevap vermek için yüksek teknoloji donanımlı ekiplere gereksinim duyulur.
- v. Beklenmeyen üretim gecikmeleri: Bu durum, otomatik ekipman/robotlar arızalandığında veya çalışmayı bıraktığında ortaya çıkacaktır. Otomatik ekipmanın onarımı daha uzun



süreceği için üretim gecikmeleri olacaktır. Otomatik ekipmanın hatalı çalışması veya hiç çalışmaması durumunda tüm ürün hattı zarar görecektir.

- vi. Sınırlı kapsam: Robotlar, giysi imalatında yer alan tüm süreci kapsayacak şekilde genişletilemez. Bazı işlemlerin otomatikleştirilmesi zor veya daha pahalıdır. Kumaş esnekliği, birleştirilen iki bileşenin uygun şekilde hizalanması, dikiş sırasında doğru gerginlik ve giysi imalatı sırasında kumaşın kayması, giysi imalatında otomasyonun ve robotların kapsamını sınırlayan faktörlerden bazılarıdır.
- vii. Esneklik eksikliği: Otomasyon/robotların, giysi üretiminde esnek ve dönüştürülebilir bir süreç sağlamaları güçtür. Giysi üretiminde, kısa sürede birçok stil boyutu değişikliği olduğundan daha fazla esneklik gerektirmektedir. Robotlar, üretim hattının birinden diğerine çok fazla güçlük çekmeden geçişine izin vermelidir. Dijital elektroniklerin kullanımı, ürün hattında daha fazla doğruluk ve esneklik elde edilmesine yardımcı olmaktadır.
- viii. İşsizlik: Otomatik ekipman birden fazla işçinin yaptığı işi yapabileceğinden, birçok işçi otomasyon nedeniyle işini kaybedebilir. Dolayısıyla işi yapan işçiler otomasyon nedeniyle işlerini kaybetme riskiyle karşı karşıya kalacaklardır. Ancak otomasyon sayesinde ortaya çıkan ve istihdam sağlayacak bazı yeni işler olacaktır. 3D baskı, CAD, 3D vücut tarama ve robotik uygulama gibi çeşitli gelişmiş teknolojiler, daha az insan gerektiren potansiyel alanlardır. Otomatik kesim ekipmanlarının kullanımı ve robotların dikişte (veya dikiş robotlarında) kullanımının artması en çok etkilenen alanlar olacaktır.

Robotların insan faktörü ve istihdam üzerindeki etkilerine ilişkin araştırmalar yapılmakta ve hangi tür işlerde robotların insanın yerini alabileceği veya hangi durumlarda birlikte çalışan konumunda olacağı ile ilgili tartışmalar ve incelemeler sürmektedir. Fabrika zeminine yayılan, insan çalışanlarla işbirliği yapan, imalatı tamamlanmış ürünleri paketleme, hatalı ürünleri imalat hattından uzaklaştırma gibi işlevlerle robotlar çalışanların en önemli yardımcısı konumunda kalmaktadır. Bu işbirlikçi robotlar insan çalışmasının yerini almayıp, ancak çalışanların verimliliğini arttırmak, işyerinde yaralanma riskini azaltmak gibi faydalar sağlamaktadır. İşbirlikçi robotlar özellikle KOBİ'ler için pozitif katkı sağlayabilir. Çünkü bu robotlar, sistem entegrasyonu uzmanları yerine işçiler tarafından kolaylıkla kurulabilir ve aynı zamanda yeni süreçlere ve üretim çalışmalarının gereksinimlerine hızla uyarlanabilir. İnsanların hala tamir-bakım işleri gibi bazı görevleri yerine getirmesi gerekmektedir, ancak parçaları getiren ve taşıyan robot asistanı, işçilerin verimliliğini önemli ölçüde artıracaktır (Fırat ve Fırat, 2017b).

Yakın zamana kadar robotların kullanımı, otomotiv gibi belirli endüstrilerde çok fazla kontrol edilen görevlerle sınırlıydı. Hazır giyim ürünleri, otomobiller gibi aynı form veya üretim sürecinden geçmediği için bu endüstrinin otomasyonu büyük ölçüde uygulanamamıştır. Stiller çeşitlidir, çok sık değişmektedir ve ayrıca boyut sorunu bulunmaktadır. Aynı tasarımda bile desen, boyuta bağlı olarak değişir ve süreç farklı olabilir. Üretim sahasında otomatik bir tesis kurmanın ilk yatırım maliyeti yüksektir. Ek olarak, hala ucuz bir işgücü ile üretmek mümkün olduğu için otomasyona çok acil ihtiyaç yok gibi değerlendirilebilmektedir. Giysi imalatının tam otomasyonu hem literatür hem de sektör tarafından imkansız olarak belirtilmektedir; çünkü dikiş işlemi sırasında dikilen kumaşın yönünü ve konumunu kontrol etmek için hala bir insan gücüne ihtiyaç bulunmaktadır. Giysi stilleri çok hızlı değiştiği ve formları çok fazla olduğu için teknoloji ne kadar gelişirse gelişsin %95'ten fazla otomasyonun gerçekleşmesi imkansız gibi görünmektedir. Bununla birlikte, kısmi otomasyon yavaş yavaş gerçekleştirilmektedir. Giysi imalatının otomasyonu alanında, özellikle robot tutuşu ve otomatik dikiş sistemlerinde uzun yıllardır aktif olarak araştırmalar yapılmaktadır (Lee ve diğ., 2021).

Bazı dezavantajların ve sektörün yapısı gereği tamamen otomasyonun kullanılmasının imkansızlığına karşın Endüstri 4.0 uygulamalarının tekstil sektöründe oldukça ivme arttıran bir rolü olacağı öngörülmektedir. Ancak bu uygulamaların gerçekleştirilmesi için ülke ve sektör çalışanları bazında yetkinlik ve farkındalık düzeyinin olması gerekmektedir. Olgun ve Turan (2022) tarafından Türkiye için yapılan çalışmada Türk tekstil sektörünün henüz Endüstri 4.0'a

hazır olmadığı belirlenmiştir. Hem Türkiye hem de küresel bazda yetkinlikler Endüstri 4.0'a uygun hale getirilirse ve farkındalık düzeyinin artırılması sağlanırsa Endüstri 4.0'ın belirtilen avantajlarından tekstil sektörünün yararlanma düzeyi daha yüksek olacaktır.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar, bilinen herhangi bir çıkar çatışması veya herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile ortak çıkar bulunmadığını onaylamaktadırlar.

## YAZAR KATKISI

Dr. Merve Doğruel çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin belirlenmesi ve yönetimi, makale taslağının oluşturulması, literatür analizi, veri toplama, veri analizi, veri görselleştirme ve yorumlama, makalenin düzenlenmesi, son onay ve tam sorumluluk; Prof. Dr. Seniye Ümit Fırat çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin belirlenmesi ve yönetimi, makale taslağının oluşturulması, fikrîsel içeriğin eleştirel incelenmesi, literatür analizi, veri yorumlama, son onay ve tam sorumluluk aşamalarında katkı sağlamıştır.

## KAYNAKLAR

1. Adidas-group Media, 2019, <https://www.adidas-group.com/en/media/news-archive/press-releases/2019/adidas-deploys-speedfactory-technology-at-asian-suppliers-by-end-2019/>, Erişim Tarihi: 13.09.2021, Konu: Speedfactory technology at Asian suppliers by end of 2019.
2. Application of Robotics in Textile Industry, <https://www.textileblog.com/application-of-robotics-in-textile-industry/#:~:text=Application%20of%20robotics%20and%20automation,loom%2C%20from%20two%20to%20one>, Erişim Tarihi: 08.01.2024, Konu: Application of Robotics in Textile Industry.
3. Benotsmane, R., Dudás, L. and Kovács, G. (2020). Survey on artificial intelligence algorithms used in industrial robotics. *Multidiszciplináris Tudományok*. 194-205. doi: 10.35925/j.multi.2020.4.23
4. Birgül İ. (2013). Denizli konfeksiyon işletmelerinde CAD/CAM sistemleri uygulanması. (Yüksek Lisans tezi). YÖK Tez Merkezi (341639)
5. Chang, Adidas-group Media, 2015, <https://www.adidas-group.com/en/media/news-archive/press-releases/2015/adidas-first-speedfactory-lands-germany/>, Erişim Tarihi: 13.09.2021, Konu: Adidas's first Speedfactory lands in Germany.
6. Çalışkan, D. (2019). *Cezeri'nin olağanüstü makineleri*. İstanbul: Babil Kitap.
7. Dal Forno, A.J., Bataglini, W.V., Steffens, F. and Ulson de Souza, A.A. (2023). "Industry 4.0 in textile and apparel sector: a systematic literature review". *Research Journal of Textile and Apparel*, 27(1). 95-117. doi: /10.1108/RJTA-08-2021-0106
8. Doğruel Anuşlu, M. ve Fırat, S. Ü. (2019). *Endüstri 4.0 ve sürdürülebilirlik etkileşimi: Küresel endesklerle değerlendirmeler*. İçinde E. S. Bayrak Meydanoğlu, M. Klein, ve D. Kurt (Edler). Dijital dönüşüm trendleri (ss 56-100). Vefa, İstanbul: Filiz Kitapevi.
9. Dwivedi, A. ve Dwivedi, A. (2013). Role of Computer and Automation in Design and Manufacturing for Mechanical and Textile Industries: CAD/CAM. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*. 3(3). 174-181.
10. Fırat, O. Z. ve Fırat, S. Ü. (2017a). Endüstri 4.0 yolculuğunda trendler ve robotlar. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*. 46(2). 211-223.

11. Fırat, S. Ü. O. ve Fırat, O. Z., 2017b, <http://www.sanayicidergisi.com.tr/dorduncu-sanayi-devriminde-riskler-robotlar-ve-yapay-zekanin-yonetisim-sorunlari-makale,644.html>, Erişim Tarihi: 04.04.2024, Konu: Dördüncü Sanayi Devriminde riskler robotlar ve yapay zekanın yönetim sorunları.
12. Fırat, S. Ü. ve Fırat, O. Z. (2017c). Sanayi 4.0 Devrimi üzerine karşılaştırmalı bir inceleme: Kavramlar, küresel gelişmeler ve Türkiye. *Toprak İş-veren Dergisi*, 114, 10-23.
13. Gökalp, E., Gökalp, M. O. ve Eren, P. E. (2019). Hazır giyim ve konfeksiyon sektöründe Endüstri 4.0 Devrimi: Akıllı konfeksiyon fabrikası. *AJIT-e: Online Academic Journal of Information Technology*. 10(33), 73-96. doi: 10.5824/1309-1581.2019.2.005.x.
14. Gries, T., ve Lutz, V. (2018). Application of robotics in garment manufacturing. *Automation in Garment Manufacturing*, 179-197. doi:10.1016/b978-0-08-101211-6.00008-2
15. International Federation of Robotics (IFR), 2020a, [https://ifr.org/img/worldrobotics/Executive\\_Summary\\_WR\\_2020\\_Industrial\\_Robots\\_1.pdf](https://ifr.org/img/worldrobotics/Executive_Summary_WR_2020_Industrial_Robots_1.pdf), Erişim Tarihi: 23.08.2023, Konu: Executive Summary WR 2020 Industrial Robots.
16. International Federation of Robotics (IFR), 2020b, [https://ifr.org/img/worldrobotics/Foreword\\_WR\\_2020\\_Industrial\\_Robots.pdf](https://ifr.org/img/worldrobotics/Foreword_WR_2020_Industrial_Robots.pdf), Erişim Tarihi: 23.08.2023, Konu: Foreword WR 2020 Industrial Robots.
17. International Federation of Robotics (IFR), 2023, [https://ifr.org/img/worldrobotics/2023\\_WR\\_extended\\_version.pdf](https://ifr.org/img/worldrobotics/2023_WR_extended_version.pdf), Erişim Tarihi: 15.04.2024, Konu: World Robotics 2023.
18. International Federation of Robotics (IFR), 2024, <https://ifr.org/standardi>, Erişim Tarihi: 15.04.2024, Konu: Standardization.
19. İlhan, İ. (2019). Tekstil üretim süreçleri açısından endüstri 4.0 kavramı. *Pamukkale Üni versitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 25(7). 810-823. doi: 10.5505/pajes.2018.69851
20. Jackson, K., <https://sciencenode.org/feature/A%20brief%20history%20of%20robots%20part%201.php>, Erişim Tarihi: 11.12.2021, Konu: A brief history of robots.
21. Karacıgan, A. (2021). İş birlikçi endüstriyel robotlarda iş güvenliği ve risk analizi yaklaşımları. (Yüksek Lisans Tezi). YÖK Tez Merkezi (662330).
22. Kiron, M. I., 2021, <https://textilelearner.net/automation-and-robotics-in-apparel-industry/>, Erişim Tarihi: 09.08.2023. Konu: Automation and Robotics in Apparel Industry
23. Kurt, D. ve Bozoklu, Ü. (2019). Robot ekonomisinin yükselişi. *Sosyal Bilimler Metinleri* (01), 25-47
24. Lee, S., Rho, S. H., Lee, S., Lee, J., Lee, S. W., Lim, D. ve Jeong, W. (2021). Implementation of an automated manufacturing process for smart clothing: The case study of a smart sports bra. *Processes* (9). 289. doi: 10.3390/pr9020289
25. Maraşlı, F. ve Çıbuk, M. (2015). RFID Teknolojisi ve Kullanım Alanları. *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*. 4(2), 249-275.
26. Nayak, R. ve Padhye, R. (2017). Introduction to automation in garment manufacturing. İçinde R. Nayak and R. Padhye (Edler). *Automation in garment manufacturing* (ss 1-25). UK, Elsevier
27. Noor, A., Saeed, M. A., Ullah, T., Uddin ve Z., Khan, R. M. W. U. (2021). A review of artificial intelligence applications in apparel industry. *The Journal of The Textile Institute*. doi: 10.1080/00405000.2021.1880088
28. Nouinou, H., Asadollahi-Yazdi, E., Baret I., Nguyen, N.Q., Terzi, M., Ouazene, Y., Yalaoui, F., Kelly, R. (2023). Decision-making in the context of Industry 4.0: Evidence from the textile and clothing industry. *Journal of Cleaner Production*, 391. doi: 10.1016/j.jclepro.2023.136184
29. Occupational Safety and Health Administration (OSHA), <https://www.osha.gov/otm/section-4-safety-hazards/chapter-4>, Erişim Tarihi: 22.10.2023. Konu: OSHA Technical Manual (OTM) Section IV: Chapter 4.

30. Olgun, B. A ve Turan, F. K. (2022). Tekstil Sektöründe Dijital Dönüşüm ve Tekstil Firmalarının Endüstri 4.0 Kavramsal Farkındalık Düzeyini Belirlemeye Yönelik Bir Çalışma, *Tekstil ve Mühendis*, 29(125), 28-40.
31. Roberts, E., <https://cs.stanford.edu/people/eroberts/courses/soco/projects/1998-99/robotics/history.html> , Erişim Tarihi: 25.12.2023, Konu: Robotics: A brief history.
32. RoboDK., 2020, <https://robodk.com/blog/robot-applications-textile-industry/> , Erişim Tarihi: 17.05.2024. Konu: 9 Excellent Robot Applications in the Textile Industry.
33. Schwab, K. (2016). *Dördüncü Sanayi Devrimi*. (Çev. Z. Dicleli). İstanbul: Optimist Yayınevi
34. TC. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020, <https://www.sanayi.gov.tr/plan-program-raporlar-ve-yayinlar/sektor-raporlari/mu2001011410> , Erişim Tarihi: 06.08.2023. Konu: Tekstil, Hazırladığımız ve Deri Ürünleri Sektörleri Raporu
35. World Economic Forum (WEF), 2015, <https://www.weforum.org/reports/deep-shift-technology-tipping-points-and-societal-impact> , Erişim Tarihi: 04.01.2022. Konu: Deep Shift: Technology Tipping Points and Societal Impact, Survey Report