

*Invited Paper / Davetli Yazı*

## Endüstri 4.0 Yolculuğunda Trendler ve Robotlar

Oktay Zihni Fırat<sup>a</sup>, Seniye Ümit Fırat<sup>b, \*</sup>

### 1. Robot İmparatorluğu mu Geliyor?

2013 yılında Google'ın öğrenen makineler konusunda uzman olan İngiliz yapay zeka şirketi DeepMind'i satın alması, robot uzmanlarının tamamen otonom robotlar yapmanın eşiğinde olduğu söylentilerine yol açtı. Bu satın almaya ilişkin haberlerde Google'ın bu teknolojinin kötüye kullanılma potansiyeli nedeniyle bir "etik panel" oluşturacağı söyleniyordu.

DeepMind'in kurucu ortaklarından Shane Legg, bu teknolojinin uzun vadede insanlık açısından olumsuz sonuçları olacağını söylüyor. "Er geç insanın ırkı yok olacak ve teknolojinin de bu yok oluşta payı olacak." Bu işlerden yüz milyonlarca dolar kazanan bir yapay zeka araştırmacısı açısından garip bir açıklamaydı bu. İnsan, gelişerek insanlığı yok edeceğini düşündüğü bir teknolojiyi geliştirmeye neden devam eder ki?

Günümüzde Google yapay zeka ve zeka artırma çalışmalarının potansiyel sonuçlarının en net örneği konumunda. İnsan bilgisini toplayan ve bu bilgiyi insanlara bilgiye ulaştırmakta güçlü bir araç sunmak amacıyla kullanan bir algoritma üzerine kurulu olan Google şu anda bir robot imparatorluğu kurma ha-

zırlığında. Google'ın bir zeka artırma şirketi olarak mı kalacağı, yoksa yapay zeka odaklı bir şirkete mi dönüşeceği belli değil.

Yapay zeka ve robot teknolojileri çalışmalarının yarattığı tehditler, bilim kurgu filmi *Blade Runner*'da Tyrell şirketinin karşı karşıya kaldığı akıllı makinelerin tasarımının yarattığı etik kaygıları hatırlatıyor (Markoff, 2015).

İncelemeye, böyle bir alıntı ile başlama nedenimiz, dördüncü sanayi devrimi olarak da anılan Endüstri 4.0 'ın ne olduğu, neler getireceği, sanayi ve hizmetler sektörlerindeki üretimi nasıl şekillendireceği, istihdamı veya daha geniş bir bakışla biz insanlığı nasıl etkileyeceği ve bu devrimi ortak bir yarara yönlendirmek için neler yapılabileceği konularında ilerlerken belki çok uç nokta gözü ile bakılabilecek tehditlerine de dikkati çekmektir.

### 2. Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar

Dijital Dönüşüm, Dijitalleşen Endüstri, Dördüncü Sanayi Evrimi gibi birbirine benzer değişik kelimelerle de ifade edilen Endüstri 4.0, ülkemiz ekonomisinin tüm sektörlerini ve her ölçekten firmayı etkileyecek bir akış ve devrim geliştirmektedir. Bu akışın içinde yer al-

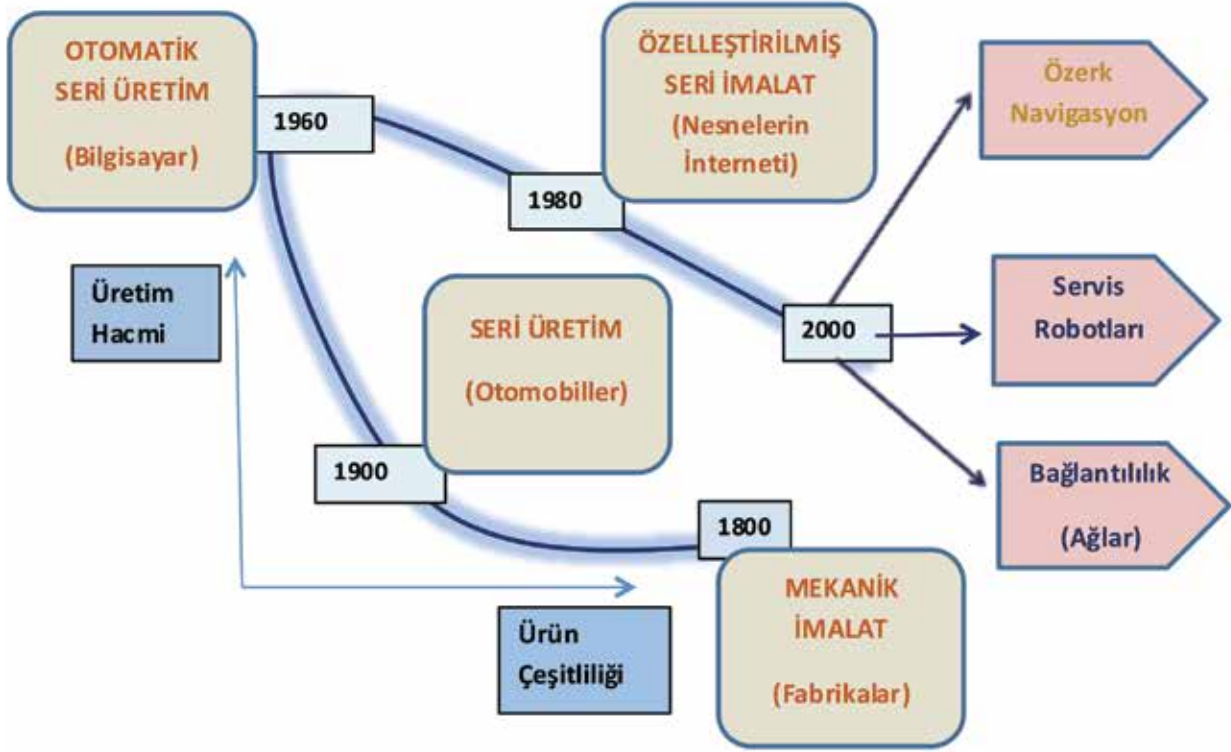
\* Corresponding author. Tel: +90 216 348 02 92, e-mail: [suofirat@marmara.edu.tr](mailto:suofirat@marmara.edu.tr)

e-mail addresses: [ozfirat01@gmail.com](mailto:ozfirat01@gmail.com) (O.Z. Fırat), [suofirat@marmara.edu.tr](mailto:suofirat@marmara.edu.tr) (S.Ü. Fırat)

<sup>a</sup>İşletme Bölümü, Siyasal Bilgiler Fakültesi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

<sup>b</sup>Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

Şekil 1: Endüstriyel Devrimler ve Üretim Üzerindeki Yansımaları



madan endüstriyel faaliyetlere devam etmek zorlayıcı görünmektedir. Kurumların, ileriye yönelik tüm strateji ve politikalarında, yatırım, geliştirme plan-proje ve uygulamalarında da büyük resme odaklı olarak özellikle iklim değişikliği hareketi ile birlikte, Sanayi 4.0 dönüşümü de firmalar için zorlayıcı bir ana çerçeve niteliğindedir (Oktay Fırat, 2016).

Dünyanın sanayi de dört devrim ile gelişmeye devam ettiği genel kabul görmektedir. Bu devrimler arasındaki geçişlerde önceki teknolojiler ile birlikte, yeniliklerin de yerini aldığı bilinmektedir. Dünyanın yaşadığı dört sanayi devrimi yani Endüstri 1.0'dan 4.0'a kadar olan dört evrede ortaya çıkan önemli kilometre taşları aşağıda açıklanmıştır.

1. Mekanik Üretim Tesislerinin Uygulanması (18. Yüzyıl): 1712 Buhar Makinesinin İcadı
2. Elektrik ve İş Bölümüne Dayalı Seri Üretime Geçilmesi: (19. Yüzyıl): 1840 Telgraf ve 1880 Telefon İcatları, 1920 Taylorizm (Bilimsel yönetim)

3. Üretim Süreçlerinin Otomasyonu (20. Yüzyıl): 1971 İlk mikro bilgisayar (Altair 8800), 1976 Apple I (S. Jobs ve S. Wozniak)
4. Otonom Makineler ve Sanal Ortamlar (21. Yüzyıl): 1988 AutoIDLab. (MIT), 2000 Nesnelerin İnterneti, 2010 Hücresel Taşıma Sistemi, 2020 Otonom Etkileşim ve Sanallaştırma.

Dört sanayi devriminin, üretim hacmi ve fabrikaların yapısı üzerinde yarattığı değişiklikler Şekil 1. de izlenebilir. 2000 yılından itibaren başlayan unsurlar Endüstri 4.0'ın tetikleyicileri ve alt yapısıdır, diğer bir ifadeyle bugünkü akıllı fabrikaların bileşenleridir. Akıllı fabrikalar, robotlar, kobotlar; Endüstri 4.0'ın digital dünya dışındaki bileşenleri olup somut olarak toplumun görebildiği, gözleyebildiği parçalarıdır.

Endüstri 4.0 devrimi, altyapı olarak değer zincirinin bileşenlerinin hepsinin otomasyon sistemi içinde olmasını gerektirmektedir. Ayrıca tüm bu sistemlerin birbiriyle entegrasyonunu da kapsamaktadır. Entegrasyon, tüm bileşenlerin birbiri ile gerçek zamanlı ve sürekli ileti-

şim içinde kalmasını, böylece akıllı ve kendini yöneten makine- makine etkileşimleri ile daha hızlı, yüksek kalitede ve verimli bir sanayi dönüşümünü içermektedir (Fırat ve Fırat, 2017).

Endüstri 4.0 devrimini üçüncü devrimin bir uzantısı olarak kabul eden görüşler de olmakla birlikte, yaşanan bu yeni evrimi diğerlerinden çok farklı kılan noktalara da dikkat çekilmektedir (Verl, 2017). Bu farklılık, Endüstri 4.0 devriminin aşağıda kısaca açıkladığımız üç özelliği ile vurgulanmaktadır.

1. **Hız:** Bu devrim öncekilerin tersine doğrusal olmayıp, üstel bir hızla gelmektedir. Çok yönlü küresel dünyanın, yeni teknolojilerin sürekli daha yeni ve daha üstün yetenekli teknolojileri üretmesi ile ilgilidir.
2. **Genişlik ve Derinlik:** Bu devrim dijital teknolojiler alt yapısı üzerine inşa ediliyor ve iş dünyasında, toplumun diğer kesimlerinde, bireylerde benzeri görülmemiş paradigmlar ile ilerliyor, hızlı teknolojik değişimler ve donanımlar geliştiriyor. Kuşaklar arası farklar her zamankinden daha fazla açılıyor.
3. **Sistem Etkisi:** Endüstri 4.0 devrimi, tüm yönetim bilişim sistemleri yanında herşeyin herşeye bağlantılı olabildiği bir ağ sistemi üzerinden gelişirken, dünyada koskocaman sistemlerin, bütünleşik bir dönüşümünü kapsamaktadır.

Tüm bunlar ışığında, “Endüstri 4.0’ı reddedip onsuz yaşamak” gibi bir tercih görünmemektedir. Şu halde amaç, dünyayı kuşatmaya başlayan bu devrimden, nasıl yararlanacağımız, teknolojik ve dijital yenilikleri gerek iş yaşamında gerek toplumun diğer kesimlerinde faydayı artırmak ve yaşam kalitesini iyileştirmek yolunda nasıl kullanacağımız sorularının cevabına odaklanmak olmalıdır. Herşeyden önce bu devrimi anlamak ve mevcut boyutlarını, fırsatlarını ve avantajlarını bilerek farkındalık içinde hareket etmek gerekir.

Bir literatür çalışmasında Sanayi 4.0’ı tanımlamak için en çok kullanılan terimler belirlenmiştir. Sanayi 4.0 üzerine akademik yayınlarda en fazla kullanılan terim ve kelimeler aşağıda sıralanmıştır ve ilk dört kavram, Sanayi 4.0’ı ifade etmek için çok daha fazla kullanılmaktadır (Fırat ve Fırat, 2017; Hermann ve ark., 2015).

1. Siber fiziksel sistemler (Cyber-Physical Systems)
2. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)

3. Akıllı Fabrika (Smart Factory)
4. Servislerin İnterneti (Internet of Services)
5. Akıllı Ürünler (Smart Product)
6. M2M (Machine-to-Machine)
7. Büyük Veri (Big Data)
8. Bulut teknolojileri (Cloud)

Endüstri 4.0 devriminin alt yapısını oluşturan, devrimi tetikleyen ve şekillendiren temel unsurlar ile çevreleyen ortam Şekil 2’de gösterilmektedir. Öncelikle en büyük etkilemeyi ve dönüşümü imalat sanayinde yaratan devrimin tam da merkezinde akıllı teknolojiler ve akıllı fabrikalar durmaktadır. Bu devrim tabii ki imalat ile birlikte tüm hizmet sektörlerini ve alt yapıları da etkilemekte ve değiştirmektedir.

Şekil 2’de görüldüğü gibi Endüstri 4.0 ortamı internet ile çevrelenmiş- donatılmış dijital ürünler sistemidir ve bu sistemin çoğu bileşeni bulut teknolojileri tarafından saklanmakta hatta yönetilmektedir. Bilişim teknolojileri dünyasında geleceği tahmin çalışmaları da yoğun bir şekilde sürmektedir. [2]

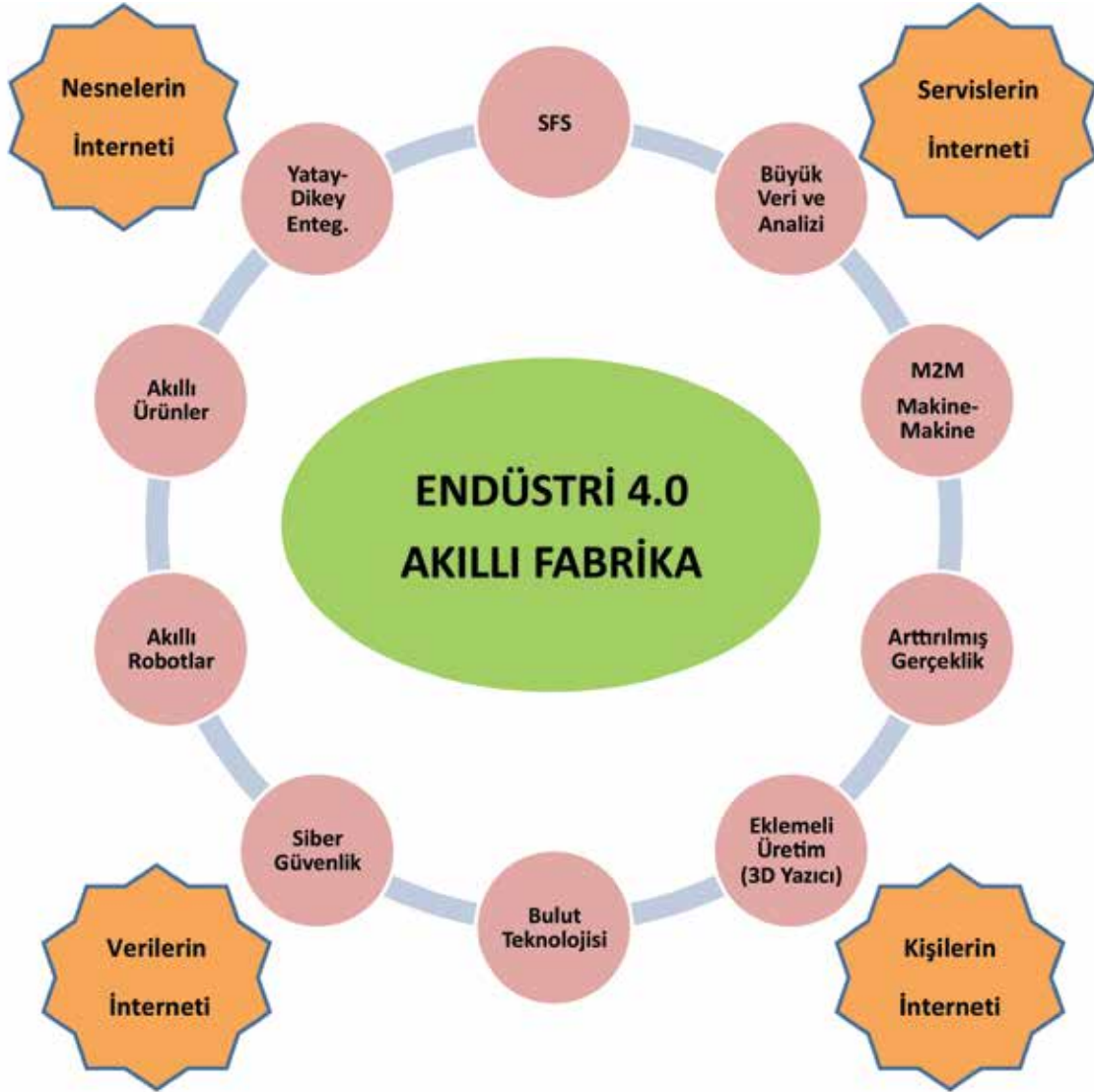
Uluslararası Robotik Federasyonu tarafından (Verl, 2017) Endüstri 4.0 ile ilgili beklentiler ve robotlar ile ilişkileri üzerine araştırmalar yapılmaktadır. Bu konudaki bulgular Tablo 1’de özetlenmiştir.

**İnsan-robot işbirliği:** Endüstri 4.0’ın en belirleyici ilkelerinden biri olarak karşımıza çıkan insan –robot işbirliği konusunda önemli gelişmeler olmaktadır. İnsanlar makineler tarafından kolayca kopyalanamayacak becerilere sahiptir. Ayrıca yüksek dereceli otomasyonun da sıklıkla aşırı maliyetle sonuçlanabileceği görüşleri vardır. Simbiyotik insan-robot işbirliğinin yeni ve ekonomik çözümler sağlayabileceği yollar vardır.

Günümüzde insansız - karanlık akıllı fabrikalar yanında pek çok yeni uygulamada İnsan robot işbirliğinde insan ve makine birlikte el ele çalışmaktadır. İnsan üretimi kontrol ve takip işlerini yaparken, robotlar fiziksel olarak yorucu ve bilek gücüne dayanan işleri yapmaktadır. Böylece her ikisi de kendi özel yeteneklerine katkıda bulunmaktadır.

İnsanların yaşamını kolaylaştırmak ve iyileştirmek için, Nesnelerin İnterneti (IoT) platformuyla entegre edilmiş

Şekil 2: Endüstri 4.0 Devriminin Unsurları ve Ortamı (SFS: Siber fiziksel sistemler)



geniş bir çeşitliliğe sahip robotlar geliştirilmektedir. 2016 yılında insan simbiyotik robotunu geliştiren firmalar olmuştur. Hitachi, insanlarla konuşabilen ve çalışabilen bir hizmet-yardım robotu üretmiştir.

Bilgisayarlaşma ve robotlaşma ile çalışanların tehdit altında olduğu kaygılarına ışık tutan araştırmalar da az sayıda da olsa yapılmaktadır. Dünya Ekonomi Forumu tarafından desteklenen “İstihdamın Geleceği” konulu araştırma (WEF Future of Jobs Report, 2016; WEF, 2017) böyle bir soruyu değerlendirebilmek amacıyla, 702 meslek için bilgisayarlaşmanın olasılığını tahmin ede-

bilecek yeni bir metodoloji uygulamıştır. Çalışmada, bu tahminlere dayanarak, gelecekte bilgisayarlaşmanın iş gücü piyasası üzerindeki beklenen etkileri incelenmiştir. Araştırmanın sonuçlarında ulaşılan bulgularda, bilgisayarlaşmaya en uygun ve en az uygun olan meslekler sıralanmıştır. En yüksek olasılığa sahip olanlardan bazı örnekler aşağıda sıralanmıştır:

1. Bilgisayarlaşmaya en uygun olanlar; Vergi Danışmanları, Saat tamircileri, Emlak Komisyoncuları, Restoran - kafe garsonları, Muhasebeci- Denetimi, Endüstriyel Kamyon ve Traktör Operatörleri

**Tablo 1. Endüstri 4.0 dan beklentiler**

<p>➤ <b>Daha fazla Esneklik ve Uyarlanabilirlik</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sabit yapılar uyarlanabilir ağlarla değiştirilecek.</li> <li>• Yerel zeka, karmaşıklığı gidermeye yardımcı olacak.</li> </ul>	<p>➤ <b>Daha fazla Modülerlik ve Özerklik</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Siber Fiziksel Ürünler her seviyedeki otomasyonda kullanılacak.</li> <li>• Granülerlik pazar ihtiyaçlarına göre ayarlanacak.</li> </ul>
<p>➤ <b>En Yüksek Üretkenlik</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kaynak optimizasyonu ağ tabanlı sürü (swarm) optimizasyonunda yapılacaktır.</li> <li>• Tak ve Üret özelliği, geliştirme maliyetini önemli ölçüde düşürecektir</li> <li>• Yönetim, yangınla mücadeleden daha fazla optimizasyon yapacak</li> </ul>	<p>➤ <b>Yeni İş Modelleri</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• “App-store” ve “cloud” yeni bilgi yönetimini sağlayacak</li> <li>• Prosumer (*)- Modeller</li> <li>• Birinci büyüklük uygun olmalı</li> <li>• (Büyük Veriler) yeni bir şoför haline gelecek</li> <li>• Açık Kaynaklı Yaklaşımlar yeni fırsatlar sağlayacak</li> </ul>

Prosumer: İlk olarak 1980 lerde Alvin Toffler'ın “Üçüncü Dalga” isimli kitabında ifade ettiği bu kavram, tüketici ile profesyonel donanımlar arasındaki bağlantıyı ifade eder. İngilizce “producer + consumer” sözcüklerinin bileşiminden türetilmiştir.

2. Bilgisayarlaşmaya en az uygun olanlar; Mekanik, Montajcılar ve Tamircilerin Birinci Süpervizörleri, Doktorlar ve Cerrahlar, Eğitim Yöneticileri, İlk ve Orta Öğretim Okulu, Bilgisayar Sistem Analistleri, Antropolog & Arkeolog, Adli Tıp Teknisyenleri

Robotlar ve diğer yazılımlar yoluyla işler ve endüstri dijitalleşirken, veri üretme kapasiteleri tahmin edilemeyecek bir hız da büyümektedir. Veri akışları anlık veri işlemeyi ve gerçek zamanlı veriler üzerinde analiz ve modelleme yapmayı zorunlu kılmaktadır. Yani Büyük Veri bir yandan Endüstri 4.0 'ın tetikleyicisi konumunda olmakla birlikte diğer yandan inanılmaz bir hız, ivme ve kaos da getirmektedir. Hatta “büyük veri denilen canavar” ile nasıl baş edileceği konusunda da önemli çabalar artmaktadır. “Veri madenciliği “ yanında bulut teknolojileri üzerinden ayıklama, indirgeme ve hedef veriye ulaşma yolları geliştirilmektedir (Fırat, 2015).

### 3. Küresel Megatrendler ve Robotların Yeri

Dünya Ekonomik Forumunun, “Yazılım ve Toplumun Geleceği” konusunda çalışan Küresel Ajanda Konseyi, 2015 yılında gerçekleştirdiği araştırmada, toplumu şekillendiren yazılımları ve hizmetleri ve bunlarla ilişkili fırsatları ve riskleri belirlemeye çalışmıştır (WEF, 2017).

Raporda megatrendler altı ana kategoride toplanmıştır.

1. **İnsanlar ve internet:** İnsanlar başkalarıyla, bilgiyle ve çevrelerindeki dünyayla bağlantı kurabilmek için teknolojilerin bir bileşimi ile dönüştürülüyor.

Giyilebilir ve vücuda yerleştirilebilir (implant) teknolojiler, insanların “dijital varlıklarını” artıracak ve nesnelere ve birbirleriyle yeni yollarla etkileşime girmelerini sağlayacaktır

2. **Her yerde bilgi işlem, iletişim ve depolama:** Bilgi işlem ve bağlantı teknolojilerinin boyut ve maliyetinde hızlı düşüşün devam etmesi, internete erişme ve bunlardan yararlanma potansiyelinde üssel bir artışa neden oluyor. Bu, herkesin neredeyse sınırsız depolama kapasitesiyle cebinde bir süper bilgisayara erişebilmesine ve her yerde mevcut bilgi işlem gücünün kullanılmasına yol açacaktır.

3. **Nesnelerin İnterneti (IoT):** Daha küçük, daha ucuz ve daha akıllı sensörler imalat süreçleri yanında, evlerde, giysi ve aksesuarlarda, şehirlerde, ulaşımında ve enerji ağlarında da kullanılmaya başladı.

4. **Yapay zeka (AI) ve Büyük veri:** Üssel dijitalleşme katlanarak, her şey ve herkes hakkında daha fazla veri yaratmaktadır. Buna paralel olarak, yazılım sorunlarının gelişmişliği ele alınmaktadır ve yazılımın kendisini öğrenmesi ve geliştirmesi hızlı bir şekilde ilerlemektedir. Bu, karar verme için büyük verilerin yükselişi ve Yapay Zeka ve robotların karar verme ve işler yaratmaya başlama etkisi üzerine kurulmaktadır.

5. **Paylaşım ekonomisi ve dağıtılmış güven:** İnternet, ağlara ve platform temelli sosyal ve ekonomik modellere yöneliyor. Varlıklar paylaşılabilir, sadece

**Tablo 2. Sanayi 4.0'ı etkileyen teknolojik megatrendler ve alt grupları [9]**

MEGATRENDLER		
FİZİKSEL	DİJİTAL	BİYOLOJİK
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Özerk taşıtlar</li> <li>• 3D Yazıcılar</li> <li>• İleri Robotik</li> <li>• Yeni malzemeler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensörler</li> <li>• Sanal Ağlar</li> <li>• Nesnelerin İnterneti</li> <li>• Herşeyin İnterneti</li> <li>• Platformlar</li> <li>• Dağıtık Kasa Defteri-dijital para (Blockchain- bitcoin)</li> <li>• Siber Güvenlik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Genetik inovasyonlar</li> <li>• İnsan genomu projesi (Genom dizilimleri)</li> <li>• Sentetik Biyoloji (Organizma özelleştirme - etik sorunları var)</li> <li>• Tarım uygulamaları</li> <li>• Biyoyakıtlar üretimi</li> </ul>

yeni etkinlikler değil aynı zamanda sosyal öz-örgütlenme için iş modelleri ve fırsatları da vardır. Gelişmekte olan bir teknoloji olan blok zincir (blockchain), üçüncü taraf kurumların finansal, sözleşme ve seçim/oylama faaliyetlerinde güvene dayalı yaklaşımlarının yerini alıyor.

- 6. Maddenin dijitalleşmesi:** Fiziksel nesnelere, hammaddelerden eklemeli imalat veya 3D yazıcılar ile basılmaktadır. Bu endüstriyel imalatı dönüştüren, evde ürünlerin basımını sağlayan ve insan sağlığı ile ilgili bir dizi fırsatlar yaratan bir süreçtir.

Dünya Ekonomik Forumu'nun kurucusu ve başkanı Prof. Schwab 2016'da kaleme aldığı kitabında, bütün yeni gelişmelerin ve teknolojilerin ortak bir özelliğe sahip olduğunu bunun da bilişim teknolojilerinin ve dijitalleşmenin gücü ile bütünleştiğini ifade etmektedir. Bu bakımdan, dünyayı kuşatan megatrendleri belirlemek ve dördüncü sanayi devriminin teknolojik itici güçlerini ortaya koymak için, konuyu üç grupta ve alt başlıklar halinde ele almaktadır (Tablo 2) (Schwab, 2016).

Dünya, yazılımdaki ilerlemelerin getirdiği önemli toplumsal kaymalara girmektedir. Bu değişiklikler tüm insanları etkileyecektir. Yapay zeka, bağlı cihazlar ve 3D baskı gibi daha önce sadece bilimkurgu alanında görülen buluşlar, daha önce hiç olmadığı gibi bağlantılar kurulmasını ve yenilikler yapılmasını sağlayacaktır. İşletmeler karmaşık görevleri otomatikleştirecek, üretim maliyetlerini düşürecek ve yeni pazarlara ulaşacaklardır. İnternet erişiminde devam eden büyüme, değişimin hızlanmasını arttıracaktır. Hatta bazı kurumsal raporlarda, değişimin kuvvetini vurgulamak için "Sahra altı Afrika'da ve diğer az gelişmiş bölgelerde, bağlantı, küresel ticareti yeniden tanımlama, insanları yoksulluk-

tan kurtarma ve siyasi rejimleri devirme potansiyeline sahiptir." yorumları yer almaktadır.

Ve çoğumuz için, görünüşte basit yazılım yenilikleri günlük rutini dönüştürmektedir. Bu değişiklikler, zorlukları olmaksızın mümkün değildir; teknoloji birçok insanın hayatını iyileştirdiğinden; insanları gizlilik, güvenlik ve iş kesintileri konusundaki endişeleri anlama ve bunlara yönelik hazırlanmaları için kurumsal çabalarla yardımcı olmak gerekmektedir.

Dünya Ekonomik Forumu, Küresel Ajanda Konseyi'nin "Yazılım ve Toplumun Geleceği" konusunda 2015 yılında gerçekleştirdiği bir anket çalışması ilginç bulgular ortaya koymaktadır (WEF, 2017).

Anket, bilgi ve iletişim teknolojisi sektöründen 800'den fazla yönetici ve uzmanın katıldığı bir topluluğun beklentilerinin yatay kesit görüntüsünü sunmayı amaçlamaktadır. Katılımcıların, Endüstri 4.0 dalgası içinde yer alan derin değişim noktalarının ne zaman (yıl) olacağı konusundaki algıları belirlenmiş ve verdikleri cevaplardan da beklentilerin olasılıkları hesaplanmıştır. Raporda yer alan anket sonuçlarına bakıldığında, katılımcıların yüzde 20'sinin derin değişim noktalarının 2025 yılına kadar yani 10 yıllık bir sürede gelmesini beklediği görülmektedir. Araştırmaya katılan uzmanların görüşlerine göre 21 derin değişim alanı ortaya çıkmaktadır ve bunların 2025 yılına kadar ortaya çıkma olasılıkları %45.2 ile %91.2 arasında değişmektedir. Bu 21 derin değişim alanından on birinin bu tarihe kadar olmasına ait yüksek bir beklenti (%80'in üzerinde) olduğu görülmektedir. Bulguların kısa bir kesiti Tablo 3'de verilmiştir.

Araştırma raporunda, derin değişim noktalarının zaman zaman belli bir alanda oluşacağını düşünen katılımcı-

**Tablo 3. 2025 yılına kadar gerçekleşmiş olması beklenen değişim noktaları (olasılığı %75 üzerinde olanlar alınmıştır) [7]**

Beklenen Değişim	Olasılığı
İnsanların % 10'u internete bağlı kıyafetler giyiyor	91.2
İnsanların% 90'ı sınırsız ve ücretsiz (reklam destekli) saklama alanına sahip	91.0
İnternete bağlı 1 trilyon sensör	89.2
ABD'de ilk robot eczacı	86.5
Okuma gözlüklerinin % 10'u internete bağlı	85.5
Kişilerin% 80'i internette dijital olarak mevcut	84.4
İlk 3D baskı ile üretilmiş otomobil	84.1
Nüfus sayımı yerine büyük veri kaynaklarıyla sayım yapan ilk hükümet	82.9
Ticari olarak piyasaya sunulan ilk implant cep telefonu	81.7
Tüketici ürünlerinin % 5'i 3D olarak basılmış	81.1
Nüfusun% 90'ı akıllı telefon kullanıyor	80.7
Nüfusun% 90'ının internetin düzenli erişimi mevcut	78.8
ABD yollarında tüm araçların % 10'una yakını sürücüsüz arabalar	78.2
3D baskılı bir karaciğerin ilk nakli	76.4
Kurumsal denetimlerin % 30'unun Yapay Zeka tarafından yapılması	75.4

rın en erken büyük değişimin 2018 yılında ve en geç gelişmelerin de 2027'de gerçekleşeceğini tahmin ettikleri görülmektedir. Sonuçlar, uzmanların önümüzdeki on yılın ilk yıllarında önemli sayıda değişim beklediğini göstermektedir.

Bu değişimlerin içinde en önemli yayılım, akıllı fabrikaların temel unsurları olan robotların, endüstri sektöründen, sağlık alanına, ev ve ofis hizmetlerinden kişisel kullanımlara kadar çok geniş bir yelpazede Endüstri 4.0 devrimi ile birlikte daha fazla yaşamımızda olacağı gerçeğidir.

Burada, yazında benzer şekillerde çok ifade edilen bir soru gündeme gelmektedir: “İnsanoğlu robotlarla birlikte yaşamaya ve çalışmaya ne kadar hazırlıklı?” Sorunun cevabını aşağıdaki açıklamalar doğrultusunda birlikte bulmaya çalışacağız.

#### 4. Dünyada Robot Trendleri

Robotlar yüklendikleri işler bazında iki ana alanda ele alınmaktadır:

1. Endüstriyel Robotlar
2. Servis Robotları

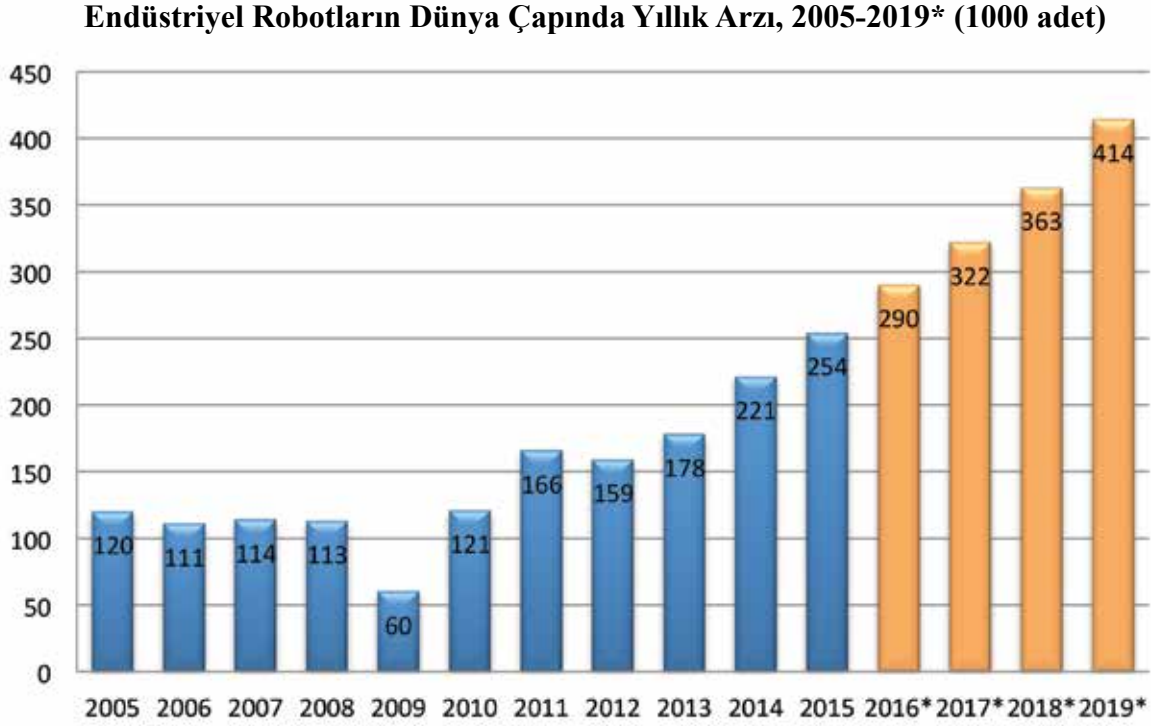
Bu kısımda, dünya üzerinde robotların gelişimi, yayılımı üretim ve satış trendleri ile kullandıkları alanlar, “Dünya Robotik Raporu 2016” referans alınarak kısaca incelenmiştir (IFR, 2016a).

#### Endüstriyel Robotlar

Uluslararası Robotik Federasyonu'nun (IFR) en yeni tahmini; 2019 yılına kadar dünyadaki fabrikalara 1.4 milyondan fazla yeni endüstriyel robot kurulacağı şeklindedir (Oktay Fırat, 2015).

Avrupa Birliği, küresel otomasyon yarışında en üst sıralarda yer almaktadır. İmalat otomasyon sıralamalarında Avrupa Birliği şu anda küresel ön cephelerden biridir: 10,000 çalışan başına ortalamanın üzerinde endüstriyel robot sayısına sahip ülkelerin yüzde 65'i AB'de bulunmaktadır. Robotik endüstrisi için en güçlü büyüme Çin'de bulunmaktadır; 2019 yılında, endüstriyel robot-



**Grafik 1:** Endüstriyel Robotlar için dünya çapında tahminler ( 2016\*- 2019\* yılları tahmin edilen değerlerdir)

ların dünya pazar hacminin yüzde 40'ı tek başına orada satılacaktır.

Uluslararası Federasyon Başkanı Joe Gemma “Otomasyon, geleneksel imalat grupları için merkezi bir rekabet faktörü olmakla birlikte, aynı zamanda dünyadaki küçük ve orta ölçekli işletmeler için giderek önem kazanmaktadır” şeklinde beyanat vermektedir (IFR, 2016a).

2019 yılı için Endüstriyel robot sayılarında patlama yaşanacağı tahmin edilmektedir. Dünya genelinde konuşlandırılan endüstriyel robotların sayısının 2019'a kadar 2,6 milyona ulaşacağı ve rekor kırılan bir yıl olan 2015'e oranla yaklaşık bir milyon adet daha fazla sayı ile gerçekleşeceği raporlanmıştır (Grafik 1 ve Grafik 2).

Sektörlere göre dağılıma bakıldığında, endüstriyel robotların yaklaşık yüzde 70'i otomotiv, elektrik / elektronik ve metal ve makine sanayilerinde halen çalışmaktadır. Sonra sırasıyla, Kimya, Kauçuk ve Plastik sektörü ile Gıda sektörü gelmektedir.

2015 yılında, burada kaydedilen operasyonel birimlerin sayısındaki en güçlü artış, yüzde 18'lik bir artışla

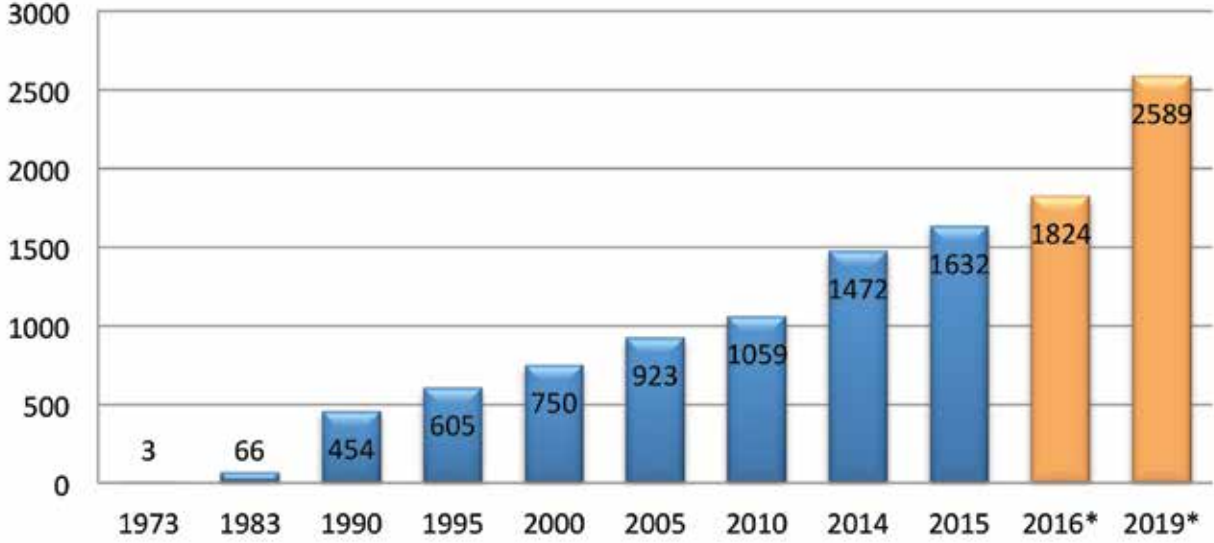
övünen elektronik endüstrisinde kaydedildi. Metal endüstrisi yüzde 16 oranında bir artış gösterdi; otomotiv sektörü yüzde 10 büyüdü. 2017 raporu henüz yayınlanmadığı için son durumu bilmiyoruz.

Avrupa'daki en güçlü büyüme rakamları Orta ve Doğu Avrupa ülkeleri tarafından yayınlanmaktadır; 2015 yılında satışlardaki artış yaklaşık % 25 seviyesinde gerçekleşmiştir. Ayrıca 2016'da benzer bir büyüme oranı (%29) öngörülmüyor. Olumlu trendin devam etmesi bekleniyor. Ortalama büyüme, yılda %14 civarında sabit kalacaktır (2017-2019).

Endüstriyel robotların satışında en büyük tırmanma Çek Cumhuriyeti ve Polonya'dadır. 2010 ile 2015 yılları arasında, yeni robot kurulum sayısı Çek Cumhuriyeti'nde %40 (bileşik yıllık büyüme oranı) ve Polonya'da %26 oranında yükseldi.

Dünya çapında bir karşılaştırmada, Avrupa Birliği üyesi devletler otomasyon konusunda çok ilerlemiş durumdadır. Büyük Batı Avrupa ekonomilerindeki robot yoğunluğu, önümüzdeki dönemler için de Çin'in önünde gidecektir. Bu açıdan en büyük fark Almanya 'da (301'e



**Grafik 2:** Dünya üzerinde işlevsel olan robot sayıları ve 2016, 2019 yılları için tahminleri**Dünya üzerinde işlevsel olan robotların tahmin edilen sayıları (1000 adet)**

karşı 49 birim) ve en küçük fark Birleşik Krallık'ta (71'e karşı 49 birim) görülmektedir.

Çin "Made in China 2025" başlıklı ulusal bir 10 yıllık planla, birkaç yıl içinde, en iyi teknolojik endüstri ülkelerinden biri olmayı hedeflemektedir.

Bununla birlikte, Pekin'in 2020'de 150 ünite robot yoğunluğuna ulaşılması için Çin'de 600.000 ila 650.000 yeni endüstriyel robotun kurulması gerekecektir. Bugün Çin zaten bir lider satış pazarıdır. Kore Cumhuriyeti ve Japonya, endüstriyel robotlar için dünyanın en büyük satış pazarları olarak ikinci ve üçüncü sırada yer almaktadır. 2015 yılında satılan birimlerin sayısı, Kore'de %55, Japonya'da %20 oranında artmıştır.

2016 yılı sonunda, yeni kurulan endüstriyel robotların sayısının %14 artarak 290.000 adede ulaşacağı tahmin ediliyordu.

2017-2019 döneminde, yılda en az %13'lük ortalama büyümenin devam etmesi bekleniyor Robotik üreticileri bu tür büyüme umutları için hazırlıklar yaptılar. Bu amaçla, üretim kapasiteleri artırılmıştır ve Avrupalı üreticilerin çoğunluğu Çin'in ve ABD'nin geniş satış pazarlarında yeni yerlerde faaliyet göstermektedir.

Teknolojik eğilimler söz konusu olduğunda, şirketler gelecekte insan ve makinenin, basitleştirilmiş uygulamaların ve hafif robotların ortak çalışmasına yöneleceklerdir. Buna iki kollu robotlar, mobil çözümler ve robotların mevcut ortamlara entegrasyonu eklenmiştir. Modüler robotlar ve son derece cazip fiyatlarla pazarlanabilir robotik sistemler üzerinde artan bir odaklanma olacaktır.

Endüstriyel robotlar için müşteriler arasındaki talep, aynı şekilde çeşitli faktörlerden kaynaklanmaktadır. Bu, yeni materyallerin, enerji verimliliğinin, daha gelişmiş otomasyon kavramlarının ele alınmasını, gerçek dünya fabrikasının ve sanal dünyanın Endüstri 4.0 ve İş Dünyasının Endüstriyel İnternetinin tanımına göre birbirine bağlanmasını içermektedir.

**Servis Robotları**

Servis robotları kullanıldığı yerler açısından iki kategoride incelenmektedir: i- Profesyonel kullanımlar ii-Kişisel ve Ev için kullanımlar

1. Profesyonel kullanımlar: En çok kullanımda oldukları uygulama alanları itibarıyla; lojistik, sevünme, ziraat ve medikal kullanımlar olarak sıralanmaktadır.

2. Kişisel ve Ev Kullanımları: Ev işleri, eğlence ve boş zamanları değerlendirme cihazları olmak üzere sıralanmaktadır.

2014 yılında 32.939 adet satılan profesyonel hizmet robotunun toplam sayısı, 2015 yılında % 25 artışla 41.060 birime çıkmıştır. Satış değeri % 14 artarak 4,6 milyar ABD dolarına yükseldi. 1998'den beri, bu istatistiklerde profesyonel kullanım için toplam 220.000 hizmet robotu sayılmıştır. (IFR, 2016b)

Bu ürünlerin çeşitliliği nedeniyle bu robotların kaçının halen çalışmakta olduğunu tahmin etmek mümkün değildir: Bu da kullanım sürelerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Bazı robotlar (örn. su altında çalışan robotlar), 10 yıldan daha uzun bir süre çalışabilirler (endüstriyel robotlarda ortalama ömür 12 yıldır). Savunma robotları gibi bazı türler sadece kısa süre görev yapabilmektedir (IFR, 2016a).

Profesyonel hizmet robotlarının toplam sayısının % 46'sını ve toplam satışların (değerli)% 17'sini oluşturan 19.000 lojistik sistemi 2015'te kuruldu; yani 2014'ten % 50 daha fazla olarak gerçekleşti.

Üretim ortamlarında 3,410 otomatikleştirilmiş rehberli taşıt ve imalat dışı çevrelerde 15,515 olmak üzere, 2014 yılındaki otomatikleştirilmiş rehberli araç satışlarına kıyasla % 51'lik bir artış meydana getiriyor. Yeni kurulan sistemlerin gerçek sayısının çok daha yüksek olduğu varsayılıyor.

2016-2019 yılları için yapılan projeksiyonlarda, 333.200 yeni servis robotunun profesyonel kullanıma alınacağı belirtilmektedir. Bu dönemde lojistik sistemlerin satışı önemli ölçüde artacaktır. Lojistik sistemleri, tahmin edilen dönemdeki mevcut hizmet robotları toplamının % 53'ünü oluşturacaktır.

Yine bu dönemde, 175.000'den fazla birim, yaklaşık 174.650 adet otomatikleştirilmiş güdümlü araç (AGV-automated guided vehicles) satılacağı tahmin edilmektedir.

Servis robotlarının 2016- 2019 dönemi için profesyonel kullanımına ilişkin yapılan diğer tahminlerin özeti aşağıdadır:

- 74800 adet savunma robotunun satılacağı tahmin ediliyor.

- Bunları, 34.600 adetlik tarla robotları izliyor. Muhtemelen bu oldukça tutucu bir tahmindir.
- Bu iki hizmet robot grubu, şu andaki toplam hizmet robotlarının tahminen % 33'ünü oluşturuyor.
- Bir diğer güçlü büyüyen sektör profesyonel temizlik robotları olacaktır.
- 2016 ve 2019 yılları arasında başlıca zemin temizleme sistemleri olarak yaklaşık 11.700 adet satılacak.
- Tıbbi robotlarda artan bir artış bekleniyor. 2016-2019 arasındaki dönemde yaklaşık 8150 adet satılacağı tahmin edilmektedir.

2016-2019 döneminde servis robotlarının kişisel ve ev kullanımları alanında da yaklaşık 42 milyon birim satış tahmin ediliyor. Vakum ve zemin temizleme robotları dünyada giderek daha fazla haneye girecek; 2016 ile 2019 yılları arasında yaklaşık 30 milyon adet satılacağı tahmin edilmektedir. Çim biçme robotları ile ilgili olarak, yine bu dönemde 910.000 adet daha artacağı tahmin edilmektedir.

Uluslararası Robot Federasyonu'nun Servis Robotları raporuna göre, hizmet robotu tedarikçileri daha önce 2010 yılında, yardımcı ve insansı robot satışlarının güçlü bir şekilde artacağını tahmin etmişlerdi. Ancak şimdi, 2016 ve 2019 yılları arasında bu robotların 8.100 adet satılacağı öngörülüyor. Bu insansı robotların (humanoid robots) ilk arzı 2004 yılında başladı. Bununla birlikte bugüne kadar, üretim, ofis veya ev ortamlarında tipik günlük görevleri yerine getirmek için insan yoldaşları olarak insansı robotların önemli bir satış gerçekleşmedi (IFR, 2016b).

## Türkiye

Uluslararası Robot Federasyonu'nun 2015 yılı rakamları ile yayınlanan raporunda, Türkiye'de endüstriyel robotları pazarının hızla büyüdüğü görülüyor (IFR, 2016a), (GE Türkiye Blog, 2017). Rapora göre Türkiye'de 2015'te 1705 yeni robot, endüstriye entegre edilmiştir. Bu durumda, yeni robot sayısının, bir önceki yıla göre yüzde 37 oranında artmış olmaktadır. Ülkeler sıralamasına bakıldığında, 2015 sonunda 7900'e yakın üretim robotuna sahip olan Türkiye, yeni robot entegrasyonunda 17'nci, toplam robot sayısında ise 22'nci sırada bulunmaktadır.

Raporda yer alan verilere göre, Türkiye'de endüstriyel robotların yüzde 35'i otomotiv, yüzde 23'ü metal sanayinin

de, yüzde 15'i plastik ve kimya sanayinde bulunmaktadır. Türkiye'deki endüstriyel robotların geri kalan yüzde 27'si ise aralarında tarım sektörünün de bulunduğu 30 civarında farklı sektörde dağılmaktadır. Çalışan sayısı başına robot kullanımı anlamına gelen "üretimde yoğunluk" açısından Türkiye gelişmiş ülkelere göre epey gerilerdedir. Güney Kore'de 10 bin işçi başına 531 robot düşerken bu sayı Türkiye'de sadece 19 dur. Dünyada ortalama 10 bin işçiye 70 endüstriyel robot düşerken Türkiye'de robot yoğunluğunun oldukça düşük olduğu ortaya çıkmaktadır.

## 5. Robotlar ve İnsan: Birlikte Çalışmak

**Robotlar ve İşler:** Robotlarla yapılan muazzam otomasyon programları yalnızca ABD'de değil, aynı zamanda istihdam üzerinde de olumlu bir etki yaratmıştır. Alman otomotiv sektöründe, robotik otomasyonun büyümesine paralel olarak çalışan sayısı da aynı şekilde artmıştır: 2010 ve 2015 yılları arasındaki artış ortalama %2,5 - endüstriyel robotların işletme (operasyonel) stoğu yılda ortalama yüzde 3 paralel bir artış göstermiştir. Otomasyonun iş sayısının artışına olumlu etkisi, son zamanlarda ZEW tarafından Utrecht Üniversitesi ile ortak olarak yayımlanan bir çalışma ile teyit edilmektedir. Özünde, düşürülmüş üretim maliyetleri daha iyi pazar fiyatlarıyla sonuçlanır. Ardından artan talep daha fazla işi tetikler. 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 (Fırat ve Fırat, 2017; WEF, 2017; IFR, 2017a; Friis, 2016).

**Kafeslerinden Dışarı Çıkan Robotlar: İnsan Robot İşbirliği Örnekleri:** Robotlarla birlikte çalışmak, teknolojik gelişmeler ve yenilik hareketlerinin sonucu bir yaklaşım olarak kendini gösterdi. Endüstriyel uygulamalarda pek çok "İnsan Robot İşbirliği" örnekleri gözlenmektedir ve literatüre geçmektedir (IFR, 2017a).

Endüstriyel robotlar yakın zamana kadar insanlardan, genellikle fiziksel kafeslerle ayrılmıştı. Teknolojideki son gelişmelere bağlı olarak, fabrikadan imalat dışı sektörlerle ve eve de yayılan daha yeni bir trend, insanlara güvenle tepki veren ve çalışan işbirlikçi robotlardır.

Fabrikada, mobilite ve esneklikteki gelişmeler - örneğin; gelişmiş kavrama teknikleri ve farklı bir yelpazede elde edilebilir şekiller ve malzemelerin çeşitliliği, en-

tegre vizyon rehberliği ve geliştirilmiş robotların çevreyi algılamasını ve buna yanıt vermelerini sağlayan sensörler; hem sesli hem de hareketli komutlara cevap verme becerisi - gibi özellikler robotları kafeslerinden dışarı çıkarmaktadır. Fabrika zeminine yayılan, insan çalışanlarla işbirliği yapan, imalatı tamamlanmış ürünleri paketleme, hatalı ürünleri imalat hattından uzaklaştırma gibi işlemlerle robotlar çalışanların en önemli yardımcısı konumunda kalıyor.

Bu işbirlikçi robotlar insan çalışmasının yerini almaz, ancak çalışanların verimliliğini arttırmak, İşyerinde yaralanma riskini azaltmak gibi faydalar sağlar. 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 uyarlabilir. İnsanların hala tamir-bakım işleri gibi bazı görevleri yerine getirmesi gerekmektedir, ancak parçaları getiren ve taşıyan robot asistanı, işçilerin verimliliğini önemli ölçüde artıracaktır.

BMW'nin Spartanburg'daki Amerikan fabrikasında bilek gücüne dayanan bir iş olan bir görevde işbirlikçi robotların ses ve nem izolasyonlu kapıları monte etmeye yardımcı olması sıkça bahsedilen bir örnektir.

Kanadalı elektronik üreticisi Paradigm Electronics, hoparlörlerde hassas cilalama ve parlatma işlemlerinde nihai bitiş ve kalite kontrolünü çalışanlarla birlikte yapan robotları kullanmaktadır. Bu robotlar,% 50 verimlilik artışı sağlamış, ancak daha önce bu görevleri yerine getiren çalışanlar iş kaybetmemişler. Makine operatörlüğünden robot programcılığına terfi ettirilmiştir (İşbirlikçi Robotlar).

Hizmet robotları kategorisinin, hem ev hem de profesyonel kullanımının her ikisinde de hızla büyüyeceği tahmin edilmektedir. IFR, 300.000'den fazla profesyonel servis robotunun 2016 ve 2019 yılları arasında imalat ve imalat dışı sektörlerle satılacağını öngörmektedir.

Bunlara fabrikaları, depoları, hastaneleri ve diğer halka açık alanları dolaşarak üretim süreçleri boyunca ürünleri taşımak, malları ve parçaları getirmek, palet yüklemek ve makinelerin ve stokların durum düzeylerini kontrol etmek için bağımsız ya da insan asistanı olarak işlev gören Otomatik Kılavuzlu Araçlar (AGV'ler- Automated Guided Vehicles) da dahildir.

IFR 2016 ve 2019 yılları arasında; zemin temizleme, çim biçme, eğlence ve yaşlı yardımı gibi kategorilerde kişisel ve ev içi kullanım için 42 milyon hizmet robotu artışı tahmin etmektedir.

Ev hizmetlerinde kullanılan robotların gelişim hızı ve toplumsal kabullenme, ses tanıma ve doğal dil programlamasındaki hızlı gelişmelerle kısmen sağlanmaktadır. Sağlık hizmetleri, hizmet robotları için umut verici bir diğer sektördür.

## 6. Kobotlar

Bugünün üreticileri artan maliyet baskısı, artan ürün çeşitliliği ve değişken dalgalanmalar ile karşı karşıyadır. İşçilerin ekonomik olduğu yerlerde bile, bu yeni nesil kompleks ürünler, yalnızca insan işçilerinin becerilerinin ötesinde bir montaj uyumluluğu, hassasiyet ve güvenilirlik gerektirir. Bu yüksek karışımı, düşük hacimli çağa hazırlıklı olmak için üretim yöntemleri esnek ve otomatik olmalıdır. Kobotların, otomasyon fırsatlarını genişleteceği ve kolaylaştıracağı bilinmektedir (IFR, 2017a; Friis, 2016; Frey and Osborne, 2013).

Geleneksel endüstriyel robotlar, günümüzün otomasyon ihtiyaçlarını karşılamak için geniş bir faktörler listesi, yük taşıma kapasitesi ve kapasite karışımıyla gelişmeye devam ediyor. Ancak, özellikle küçük ve orta ölçekli işletmelerde, değişken ve yarı yapılandırılmış ortamlar için yeni otomasyon fırsatları ortaya çıkıyor.

Çalışanlarla yan yana çalışabilme yetenekleri nedeniyle “işbirlikçi robotlar” veya kobot (“cobots”) olarak adlandırılan bu hafif, esnek araçlar, yeni görevleri çözmek için kolayca taşınabilir ve yeniden programlanabilir.

Kullanıcı dostu, ekonomik kobotlar, otomasyon bariyerini muazzam bir şekilde düşürmekte, daha önce çok karmaşık veya pahalı görülen alanlarda otomasyonu mümkün kılmaktadır. Kobots, tamamen manuel montaj ve tam otomatik üretim hatları arasındaki boşluğu doldurarak, birçok KOBİ'nin karşılaştığı kısa vadedeki üretim zorluğunu karşılamaya yardımcı olabilmektedir. Bu, küçük işletme sahiplerine geniş uygulama yelpazesinde konuşlandırılabilen uygun fiyatlı otomatikleştirme çözümleri ile uluslararası rekabette yardımcı olabilir.

Bu küçük işletmeler daha etkin bir şekilde rekabet ederken, büyüme, kobotlar ve yüksek hızlı, tekrarlanabilir

uygulamalar için geleneksel endüstriyel robotlar arasında birden çok kobot da dahil olmak üzere ek otomasyon çözümleri ya da başka bir işbirliği biçimi kullanılmasını sağlayabilir. Kobotlar, endüstrilerin ve uygulamaların tüm alanlarını optimize eder.

Kobotlar, vidalama, yapıştırma ve kaynak işlemlerini yapan montaj hatlarının yanı sıra parlatma, lazer işaretleme, süreklilik testi ve paletleme gibi diğer üretim süreçlerinde giderek daha fazla konuşlandırılmaktadır.

## 7. Sonuç

Endüstri 4.0 bilişim ve iletişim teknolojilerinin hazırladığı ve tetiklediği alt yapı ile kuşatılmış ortamlarda bulut teknolojisinin ve büyük verinin kazandırdığı hız ile ilerlemektedir. Hem imalat hem de servisler alanında robotlar bu sistemin en önemli bileşenleri ve yeni devrimin vazgeçilmezleridir.

Endüstriyel robotlar imalat sanayinde bir sanal fiziksel sistemin prototipidir ve dijital imalatın ana bileşenidir. Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti endüstriyel robotlarla birlikte yeni iş modellerinin önünü açmaktadır. Büyük ölçekli sanayi, daha fazla bağlantı ve bulut tabanlı optimizasyondan yararlanabilirken, KOBİ'ler yeni hizmetlerden ve yeni iş modelleri bakımından fayda sağlamaktadır.

Robotlar verimliliği ve rekabet gücünü artırır. Robotlar emeği tamamlamaktadır ve işgücünün kapasitesini artırmaktadır. Gelecekte robotlar ve insanlar birlikte çalışıyor olacaktır. Hükümetler ve firmalar; işçilerin, şirketlerin ve ulusların bu iyileştirmelerin kazanımlarına ulaşabilmesini sağlayacak bir ortam yaratmak için çalışmalıdır. Bu ise robotlaşmada araştırma ve geliştirme yatırımlarını desteklemek ve daha da önemlisi, mevcut ve gelecekteki çalışanların, eğitim ve becerilerini geliştirmede yeniden eğitim sağlamak anlamına gelir (Fırat ve Fırat, 2017; IFR, 2017b).

Dünya Ekonomi Forumu'nun “Yazılım ve Toplumun Geleceği” raporunda da (WEF, 2017) belirtildiği gibi dünya ve insanların yapabilecekleri herşey, giderek artan bir şekilde yazılımlar tarafından yönlendirilmekte ve etkinleştirilmektedir. Yazılımlarla etkinleştirilmiş bu değişim temelde iki şey için yetenek sağlamaktadır:

1. Herkese, her şeye, her yerde ve her zaman dijital bağlantı.

2. Günlük yaşamın neredeyse tüm yönleriyle ilişkili tüm verileri analiz etmek ve kullanmak için bir takım mekanizmalar veya araçlar

Tüm bu yeteneklere rağmen, Endüstri 4.0 aynı zamanda, hem ölçek hem de hız açısından uyarlanması çok zor olabilecek büyük ölçekli bir değişikliği yaşatmaktadır. İlave olarak, "her şey üzerinde oluşturulan verilerle, bireylerin/kurumların hala kabul edilebilir düzeyde gizlilik sahibi olmaları mümkün mü?" sorusunu gündeme getirmektedir. Bu bağlamda kritik etik sorunlara, özel yaşama müdahil olma, kişilik haklarının ihlali vb. yol açması gibi çok önemli bireysel tehditler gelişmektedir. Diğer yandan siber güvenlik, bilgi güvenliği konuları küresel riskler listesinde yerini alırken; bu konuda yapılan akademik ve uygulamalı araştırmalarda önemli bir çalışma alanı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dördüncü Endüstriyel Devrime geçişin çeşitli yönlerini ve hızını tahmin etmek çok zordur, ancak imkansız değildir. Şu andan itibaren 10 ila 15 yıl sonra dünyanın oldukça farklı şekilde üretim ve tüketim içinde olacağını, çok farklı işlemlere sahne olacağını tahmin ediyoruz.

#### Kaynakça

Fırat, S. Ü., & Fırat, O. Z. (2017). Sanayi 4.0 devrimi üzerine karşılaştırmalı bir inceleme: Kavramlar, küresel gelişmeler ve Türkiye. *Toprak İşveren Dergisi* (114).

Frey C. B. & Osborne, M. A. (2013). *The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?* Oxford University.

Friis, D. (2016). *Cobots Expand Automation Opportunities*, Editorial Notes, IFR, Editorial World Robotics Industrial Robots.

GE Türkiye Blog. (2017). Türkiye'nin Endüstriyel Robotları, erişim 20.06.2017, <https://geturkiyeblog.com/turkiyenin-endustriyel-robotlari/>

Hermann, M., Pentek, T., Otto, B. (2015). *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review*. Working Paper, No.01/2015, Technische Universität Dortmund.

IFR (2016a). The International Federation of Robotics, World Robotics Report.

IFR (2016b). Executive Summary World Robotics 2016 Service Robots.

IFR (2017a). Executive Summary World Robotics 2016 Industrial Robots

IFR (2017b). The Impact of Robots on Productivity, Employment and Jobs, A positioning paper.

Markoff, J. (2015). *Sevgi Dolu Makineler (Çev. Taner Gezer)*. İstanbul Gedik Üniversitesi Yayını.

Oktay Fırat, S. Ü. (2016). Sanayi 4.0 dönüşümü nedir? Belirlemeler ve beklentiler. *Global Sanayici Dergisi*, ÇOSB Yayını. 6 Haziran.

Oktay Fırat, S. Ü. *Büyük Veride İstatistiğin Önemi*, Konferans kaydı, ORACLE, Spark Day, İTÜ Maçka Tesisleri, 4.11.2015. Erişim : 20.07.2017, <https://www.youtube.com/watch?v=2RnVY92ONrc>

Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*, World Economic Forum.

Verl, A. (2017). *Robotics & Industrie 4.0*. IFR- International Federation of Robotics.

WEF (2015). Global Agenda Council on the Future of Software & Society, Deep Shift; Technology Tipping Points and Societal Impact, Survey Report, September.

WEF (2016). Future of Jobs Report: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution, Global Challenge Insight Report.