

## Endüstri 4.0 ve İş Gücü Niteliklerinin Değişimi

Begümhan TURGUT<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dr., Artvin Çoruh Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Bölümü, bturgut@gmail.com

ORCID: 0000-0002-7594-9128

**Özet:** Endüstri 4.0 endüstriyel üretim süreçleri iyileştiren aynı zamanda ekonomik, çevresel ve sosyal yönlerde de değişiklikler yaratmayı amaçlıyan teknolojik gelişmedir. Bu çalışmada, Literatür taraması bulgularına göre, Endüstri 4.0 sürecinde pek çok işin yerini otomasyon ve robotların alması belirli segmentlerde insan emeğine olan ihtiyacı şekillendirmiş, gelişmiş niteliklere ve güncellenmiş becerilere sahip işgücüne duyulan talebi artırmıştır. Endüstri 4.0 teknolojilerini kullanımı ile kalifiye olmayan personel kullanımında azaltma ve işgücüne eğitimle yeni becerilerin kazandırılması, yeni iş modellerinin tasarlanması, verimliliğin artırılması, maliyetlerin düşürülmesi, yüksek hızlı ağlara dayalı yapay zeka iş süreçlerini geliştirilmesi ve Büyük veri analizine dayalı iş modelleri kullanılmasıdır. Dijital teknolojiler, mobil ağlara ve verilere dayalı erişimle yeni tüketici davranış modelleri yaratacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Endüstri 4.0, Yeni Teknolojiler, İşgücü

### Industry 4.0: Impact on Future of Work

**Abstract:** Industry 4.0 is a technological development that improves industrial production processes and aims to create changes in economic, environmental and social aspects. In this study, according to the literature review findings, the replacement of many jobs by automation and robots in the Industry 4.0 process has shaped the need for human labor in certain segments and increased the demand for workforce with advanced qualifications and updated skills. Reducing the use of unqualified personnel with the use of Industry 4.0 technologies and providing the workforce with new skills through training, designing new business models, increasing efficiency, reducing costs, developing artificial intelligence business processes based on high-speed networks and using business models based on Big data analysis. Digital technologies will create new patterns of consumer behavior with access to mobile networks and data.

**Keywords:** Industry 4.0, New Technologies, Workforce

#### 1. GİRİŞ

Otomasyon devrimine geçiş aşaması, COVID-19 salgınının ortaya çıkmasıyla hız kazandı. Şirketler için krizin başlaması, işyerinde fiziksel mesafelerin oluşturulması, çalışma ortamının evlere taşınması müşteri davranışlarında ve tercihlerinde büyük değişiklikler yeni arayışları getirmiştir. İmalat şirketleri tedarik zincirlerini ve üretim hatlarını yeniden gözden geçirmeye başlamıştır. Büyük ölçekli kuruluşlar, değişen talep karşısında çalışanların eğitim ve yeteneklerini yeniden değiştirme sürecine yatırım yapmaya başladı. Örneğin, küresel perakendeci Walmart, ön saflardaki ve arka ofis işlerindeki personelin müşteri hizmetleri odaklı yeni rollere geçişine sağlamak için dört yılda 4 milyar dolar yatırım yaptı. E-ticaret devi Amazon, çalışanlarının daha vasıflı işlere geçmesini sağlamak için 2025 yılına kadar teknoloji eğitimine 700 milyon dolar ayırdı. Profesyonel hizmetler şirketi Manpower Group, gelecek beş yıl içinde 130.000 çalışanı için eğitim şirketi Pearson ve diğerleriyle bir ortaklığa girdi (McKinsey ve Company, 2020).

Çok sayıda varolan meslek, yeni bir istihdam kategorisi ile değiştiriliyor. Endüstri 4.0'a geçişle

birlikte, vasıflı eleman ihtiyacı artabilir, düşük ve orta vasıflı eleman talebi ise düşebilir. Örneğin, düşük düzeyde sosyal etkileşim, yaratıcılık, kalite ve çabukluk gerektiren işler ön plana çıkıyor. Ayrıca ölçüm, işleme, örüntü tanıma veya manipülasyon gerektiren rutin işler, bilgisayarlaşma ve otomasyona karşı çok daha hassastır. Ayrıca, otomatikleştirilmiş sistemler ve robotikler, beceri açığını genişleterek, çalışanların aşamalı olarak yerini alabilir. Sanayi devrimi (IR) 4.0'dan kaynaklanan teknik gelişmelerin, yalnızca normal işleri değil, aynı zamanda örüntü tanıma ve psikolojik özellikli rutin olmayan görevler gibi yüksek vasıflı işleri de ortadan kaldırması muhtemeldir. Tüm endüstrilerde zahmetle yapılan milyonlarca mesleğin yerini bilgisayar ve robotlar alacaktır. Bu bağlamda Endüstri 4.0, düşük vasıflı/düşük ücretli işçiler daha da zor koşullarla karşı karşıya kalabilir. Dünya Sağlık Örgütü, bu devrimin operasyonel, yönetsel ve faaliyetler üzerindeki etkilerini incelediklerinde, akıllı ve siber-fiziksel sistemlerin, iş becerilerini değiştireceğini keşfetti. Siber-fiziksel sistemlerin ve teknolojinin istihdam edilebilirliği ve iş yapısını nasıl etkileyebileceğini ortaya koymak için senaryo geliştirildi (Ford, 2009).

Yapılan araştırmalarda, birçok işin ortadan kalkması ve aynı zamanda insan emeğinin azalacağı tahmin edilmektedir. Bugün, tüm işlerin beş yüzde biri genellikle piyasadaki teknolojilerle makine kontrollüdür. İstihdamın yalnızca küçük bir yüzdesinin (%5'ten azı) hiçbir şekilde otomatikleştirilemeyecek görevleri vardır; teknoloji genellikle bütün süreçlerde yerini almaktadır. Teknolojik atılımlar nedeniyle bazı işlerin kısa vadede bitmesi bekleniyor. Ancak ilerleyen süreçte hem düşük hem de yüksek vasıflı işçiler üzerinde büyük değişim olması söz konusudur. Otomasyonun avantajları, riskli işlerin ortadan kaldırılması, daha düşük maliyetler, daha yüksek kalite, daha fazla güvenlik ve çevre dostu çözümler sunmasıdır. Robotların araba boyası gibi insanlar için potansiyel olarak tehlikeli veya zehirli olan görevleri üstleneceğinden, personel otomasyonu insanlara zararlı işlerde yerini alacaktır. Teknolojinin getirdikleri, kaza olasılığını ortadan kaldırmak, sıkıcı bir işi değiştirmek için üretim hatlarında sensör güdümlü iç kontrol uygulamak, bazı meslekleri veya etkinlikleri geliştirebilir.

3D ve 4D baskı teknolojileri, onarım ve Montaj şirketleri tarafından ayrı ayrı üretilebilen bileşenlerin kullanılabilirliğini hızlandırır ve optimize eder. Farklı teknolojilerin bir kombinasyonunu kullanan şirketler, iş yapma biçimlerini ve yöntemlerini değiştirmekte, yeni pazar segmentlerinde değer yaratma veya önceki endüstrilerde yeni değer yaratma fırsatı elde etmektedir (Kraftová vd., 2018). İşletmeler önemli ölçüde zaman ve mekan kısıtlamalarını aşarak ortak bir ekonomik sisteme dönüşmüştür. Yapay zekayı bulut teknolojileri ve büyük verilerle birleştirmek, şirketler ve tüketiciler için önemli fırsatlar yaratıyor. Bununla birlikte, bu potansiyeli kullanmak için, küresel bir dijital dönüşüme, mevcut iş modellerini temelden değiştiren farklı teknolojilerin bir kombinasyonuna dayanan daha karmaşık inovasyon biçimlerine geçiş gereklidir (Yanitsky, 2017). Bu da, yeni düşünme ve iş yapma biçimlerinin algılanmasını ve tanıtılmasını gerektirir. Operasyonel modeller yeni dijital modellere ve iş operasyonları yeni biçimlere ve stratejilere dönüştürülüyor. Bu bağlamda bir gelir kaynağı, daha kaliteli, daha düşük maliyetli ve daha iyi hizmet kalitesine sahip ürünlerdir. İşletme, çalışma şekli hakkında tam bilgi alarak, ürünü değiştirmeden kalitenin sürekli gelişimini izleyebilir. Teknolojik yeniliklerin amacı, şirketlerin varlıklarının algılanmasını ve yönetim şeklini değiştirmektir (Genkin vd., 2020). Kontrol göstergelerinin sensörler ve algoritmalar kullanılarak sürekli olarak izlenmesi, acil durumların nedenlerinin önceden tahmin edilmesine ve ortadan kaldırılmasına yardımcı olur. Bakım yeni bir

kalite haline gelir ve stratejik olarak önemli olmayan veya uzmanlaşmış endüstriler dış kaynak kullanımı gibi uzaktan tahmin ve yeni iş modellerine dayalı olarak gerçekleştirilir.

Siber fiziksel sistemler, siber güvenlik, Büyük Veri, artırılmış gerçeklik, Nesnelerin İnterneti, bulut bilişim, simülasyon, robotik, katmanlı üretim, sistem entegrasyonu gibi üretimde otomasyon ve dijital teknolojilerin kullanılması sürecine girilmesidir (Aethon, 2018). İş süreçleri ve çalışma ortamı önemli derecede değişikliğe uğrayacaktır (Chryssolouris vd., 2013). Yeni dönemde, var olan mesleklerin yerini yeni meslekler alacaktır. Çalışanlardan daha yüksek performans ve yetenek sergilemeleri talep edilecektir (Hartmann ve Bovenschulte, 2013; European Parliament, Directorate-General for Internal Policies of the Union vd., 2016). 4.0 Sanayi devrimine talebin büyük olmasına rağmen işler ve beceriler üzerindeki alan araştırmaları henüz yeterli değildir (Gehrke vd., 2016; Chryssolouris vd., 2013). 4.0 Sanayi devrimindeki talepleri karşılamak için, işgücü nitelikleri ve becerileri önemli derecede değişecektir (Gajdzik ve Grzybowska, 2014; Hirsch-Kreinsen, 2014; Kłosowski vd., 2016; Juszczynski ve Kowalski, 2013).

## 2. ENDÜSTRİ 4.0

Endüstri 4.0'ı üretim süreçlerinin otomatikleştirildiği ve ürünlerin, hizmetlerin ve ekipmanların birbirine bağlı olduğu üretim süreçlerinin dijital entegrasyonu olarak tanımlanır. Bu insanların değil, makinelerin de siber fiziksel bir sistemde birbiriyle iletişim kurarak üretim süreçlerini daha etkin teknolojiler ile yapabilmeleridir. Bu bağlamda maliyetlerde azaltma ve kalite standartlarında artma yaratarak pazar talebini artıracaktır. Endüstri 4.0, üretim teknolojisinde bir otomasyon ve veri alışverişi entegrasyonudur. Şirketler Endüstri 4.0 dijital dönüşüme odaklanmaktadır. Bu, değer zincirinde tüm fiziksel varlıkların kapsamlı bir şekilde sayısallaştırılarak dijital ortamın yaratılması ve verilerin üretimi, analizi, kesintisiz iletişimi, değer yaratmak için çok çeşitli yenilikçi teknolojilerin bir araya getirilmesidir. Endüstri 4.0 kavramı birçok ülke ve işletmede, Almanya'da "Industrie 4.0", Çin'de "Made in China 2025", Birleşik Krallık'ta "Akıllı Fabrika", ABD'de "Akıllı Endüstri" gibi ulusal hükümetler tarafından uygulanan programlar tarafından desteklenmektedir. Bununla birlikte, Endüstri 4.0'ın getirdiği yenilikçi teknolojilerin uygulanması, gelişmekte olan ülkeler ve endüstriler için zorlu ve karmaşıktır. Endüstri 4.0, işletmeler için yeni fırsatlar üretecek ancak otomasyon ve dijitalleşmeden dolayı birçok zorluğuda beraberinde getirecektir.

Endüstri 4.0 veya "Akıllı Fabrika" dediğimizde Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (IIoT), robotlar, 3D baskı, potansiyel iş süreçlerini aza indirirken, işçilerin daha eğitilmiş olmasını gerektirir. Makineleşmiş işlerin sayısı artarken, aynı zamanda problem çözme ve kişiselleştirme gerektiren işlerin sayısında artma olacaktır. Artan verimlilik, her sanayi devrimde olması gerektirir. İlk üç sanayi devrimi, endüstriyel süreçlerde güçlü bir etkiye sahipti. Dördüncü sanayi devrimi olan Endüstri 4.0, akıllı ve geleceğin fabrikalarıyla sanayi sektöründe geniş çapta tartışılan ve araştırılan karmaşık bir teknolojik sistemdir. Endüstri 4.0 kavramı, Siber-Fiziksel Sistemler (CPS), Nesnelerin İnterneti (IoT), Hizmetlerin İnterneti (IoS), Robotik, Büyük Veri, Bulut Bilişim ve Artırılmış Gerçeklik ile gelecekteki bir dizi endüstriyel gelişmeyi kapsayan yeni bir endüstriyel terimdir. Bu teknolojilerin kullanılması, bağımsız olarak bilgi alışverişinde bulunabilen, birbirini kontrol edebilen ve akıllı bir üretim ortamı sağlayan cihazlar, makineler, üretim modülleri ve ürünleri içeren daha akıllı üretim süreçlerinin geliştirilmesinde merkezi bir öneme sahiptir (Weyer vd., 2015). Bu yeni yaklaşım, dijital ve fiziksel dünyaları CPS teknolojisi aracılığıyla bir araya getirecek ve bu yeni üretim felsefesini benimseyen şirketler arasında üretkenliği ve verimliliği artıracak bir dizi gelecekte endüstriyel gelişmeler olacaktır (Zhou vd., 2015). Endüstri 4.0 büyük bir potansiyele sahiptir ve iş organizasyonu, iş modelleri ve üretim teknolojisi ile bir dizi ekonomik ve sosyal fırsat sağlayacaktır (Kagermann vd., 2013).

Endüstri 4.0 ile iş-yaşam esnekliğinin yanı sıra yeteneklere olan ilginin ve programlama yeteneklerinin artması beklenmektedir. Ayrıca, inovasyonla ilgili ve zihinsel olmayan yeteneklere karşı ilgi artmaktadır (Centre for the New Economy and Society, 2018). İnovasyon ilerledikçe, düşük yetenekli uzmanların yaratıcı ve sosyal bilgi gerektiren girişimlere geçmeleri ve yeni yaratıcı ve etkileşimli yetenekler kazanmaları gerektiği anlamına geliyor. Bu nedenle, yeni yetenekler edinmeye yardımcı olacak yeniden hazırlık projelerini koordine etmek, yüksek risk altındaki işçiler için çok önemlidir. Çok sayıda işletme işgücünden mekanik teknolojiye ve makineleşmeye doğru ilerlemelerle karşılaşmaktadır. Düşük vasıflı işçiler, hiç şüphesiz en savunmasız gruptadır. Endüstri 4.0 teknolojilerini kullanma becerisine sahip olan çalışanlar ise daha fazla özerklik kazanabilir. Elektrikli alet ve cihazlar, malzeme, giyim ve ayakkabı işletmeleri, mekanik teknoloji ve bilgisayarlaşma konusunda en hassas girişimler arasında yer almaktadır.

Bu akıllı fabrikalar, verileri toplayıp analiz eden ve karar vermeyi sağlayan gelişmiş sensörler, gömülü

yazılımlar ve robotlarla donatılmıştır. Üretim operasyonlarından elde edilen veriler ERP, tedarik zinciri, müşteri hizmetleri ve diğer kurumsal sistemlerden alınan operasyonel verilerle birleştirilerek yeni görünürlük ve içgörü seviyeleri oluşturularak daha yüksek değer yaratılır.

Akıllı fabrikalarda yüksek teknoloji IoT cihazlarının kullanılması, daha yüksek üretkenlik ve iyileştirilmiş kalite sağlar. Manuel denetim iş modellerini yapay zeka destekli görsel içgörülerle değiştirmek, üretim hatalarını azaltır. Zamandan tasarruf sağlar ve maliyetleri düşürür. Üreticiler, makine öğrenimi algoritmalarını uygulayarak, onarım işinin daha pahalı olduğu sonraki aşamalar yerine hataları hemen tespit edebilir. Simülasyon, yalnızca üretim sistemlerinde değil, birçok senaryo ve değerlendirmede güçlü bir araç olduğu için Endüstri 4.0'ın temel bir elemanıdır. Aynı zamanda bilgi paylaşımı ve eğitim alanında da güçlü bir araçtır (Rüßmann vd., 2023).

Endüstri 4.0 kavramları ve teknolojileri, ayırık ve proses üretiminin yanı sıra petrol ve gaz, madencilik ve diğer endüstriyel segmentler dahil olmak üzere her tür endüstriyel şirkete uygulanabilir.

### 3. ENDÜSTRİ 4.0 BİLEŞENLERİ

Endüstri 4.0'ın hayatımıza girmesiyle tüm üretim modelinin değişeceği yeni bir teknoloji çağı başlamıştır. Endüstri 4.0'ın bileşenleri; büyük veri analitiği, bulut bilişim, siber fiziksel sistemler (CPS), nesnelerin interneti (IoT), sanal gerçeklik ve 3D teknolojileri, yapay zeka ve robotik teknolojilerinin entegrasyonu ile yeni fabrikalar çağı başlayacaktır.

#### 3.1. Büyük Veri Analitiği

Günümüzde internet, nesnelerin interneti, sosyal ağlar ve bulut bilişim gibi gelişen teknolojik gelişmeler büyük veri toplulukları oluşturur. Bu verilerin daha çeşitli, daha karmaşık ve daha az yapılandırılmış hale gelmesiyle hızlı bir şekilde işlenmesi gerekir. Ancak, geleneksel veri analizi bu kadar büyük miktarda veriyi işleyemez. Geleneksel teknolojiler, ilişkisel veritabanları ve ölçek büyütme altyapıları gibi bilgi işlem yapıları ile karmaşık bir yapı yaratır (Park vd., 2015). Bu bağlamda, büyük veriler çok büyük miktarda veri içerir. Bu nedenle toplanması, saklanması ve analiz edilmesi zor olan veri yapılarına, alternatif olarak verileri analiz eder, aynı zamanda var olan veriler üzerinde gerekli bilgileri bulma fırsatı yaratır (Fisher vd., 2012).

Büyük veri, ağ üzerinde nesnelere olarak homojenleştirilmiş bir şekilde üretilen çok büyük miktarda veridir. Bu veriler yapılandırılmış, yarı yapılandırılmış ve yapılandırılmamış olabilir. Büyük

verinin değeri, erişilebilirlik ile organize edilmiş olmasıdır (Bag vd., 2020).

Büyük veri genel olarak “karar verme ve süreç otomasyonu sağlayan uygun maliyetli, yenilikçi bilgi işleme teknikleri, talep eden yüksek hacimli, yüksek hızlı ve/veya çok çeşitli bilgi varlıkları” olarak tanımlanır (Gartner, 2015). Büyük veriden çok çeşitli alanlarda yararlanır. İşletmeler için, büyük veri analitiğinin etkin kullanımı, verimlilik artışı sağlamaya, pazarlama stratejilerini geliştirmeye, gerçek zamanlı kararların alınmasına, daha iyi tahminler yapmaya yardımcı olur (Martin, 2015).

### 3.2. 5G ve 6G

Beşinci nesil (5G), gizli, uzun, güvenilir ve güvenli iletişimi gerçekleştirmek ve ortaya çıkan iş süreçlerinin karmaşık taleplerini karşılamak için Endüstri 4.0'ın temelini oluşturur (Parker vd., 2016; Varghese ve Tandur, 2014). 5G henüz yeni olmasına rağmen, endüstriler daha karmaşık ve daha fazla yoğun bilgi haline geldikçe, 5G teknolojisi, Endüstri 4.0 ve IoT ile ilişkili makineler arası (M2M) iletişim için gerekli bir gelişim sağlayacaktır. Endüstri 4.0 ile büyük miktarda veriler ortaya çıkacaktır (Miskuf ve Zolotova, 2016).

5G, veri aktarımının verimliliğini artırmak için tasarlanmış bir hücresel ağlar neslidir. 5G ağları, 4G ağlarından daha yüksek veri hızları, daha düşük gecikme süresi, büyük cihaz bağlantısı, daha yüksek kapasiteler, daha iyi tutarlı hizmet kalitesi ve daha düşük maliyet sağlar (Da Xu, 2022). Ancak IoT cihazlarının gerçek zamanlı olarak çeşitli veri türlerini değiş tokuş etmesi için 5G yetersizdir. 5G'nin yeni nesli olarak 6G, 5G'den daha fazla heterojenlik sergileyecek ve görülenin çok ötesinde uygulamaları destekleyecektir. 6G, tam dikey uygulamaları desteklemek için her şeyi birbirine bağlayacak, tam boyutlu kablosuz kapsama alanı sağlayacak ve algılama, iletişim, bilgi işlem, önbelleğe alma, kontrol, konumlandırma, radar, navigasyon ve görüntüleme dahil tüm işlevleri entegre edecektir.

### 3.3. Siber - Fiziksel Sistem (CPS)

Siber-Fiziksel Sistemler, fiziksel unsurlar ile sanal dünya arasındaki bağlantıyı belirler. Yani insanlar, makineler, ürünler, nesnelere ve BİT sistemleri arasında bağlantı kurmak, aletler, kaplar ve diğer yardımcıları, üretimde barkodlar, sensörler ve aktüatörler aracılığıyla pasif kaynaklardan aktif kaynaklara dönüşen nesnelere olarak tanımlanır. Operatör ve diğer makinelerle iletişim kurmanın yanı sıra makineler, nesnelere ve ürünlerle de iletişim kurarak sabit bir bilgi akışı oluşturabilir.

Siber ve fiziksel Sistem, bileşenleri etkili bir şekilde birleştiren, bunların değişikliklerini algılayan, bunlara yanıt veren, öğrenen ve modern sensör, bilgi işlem ve ağ teknolojilerini kullanan kendine uyarlayan sistemlerdir. Başka bir deyişle, Siber-Fiziksel Sistem, siberetik, bilgisayar donanımı ve yazılım teknolojilerini bir araya getiren sistemin entegrasyonudur (Alguliyev vd., 2018).

Siber güvenlik, Dijital çağda bilgisayar sistemleri, internet ve akıllı cihazlar gibi teknolojiler günlük yaşamda önemli rol oynamaktadır. Ancak yeni teknolojilerin sağladığı kolaylık ve verimliliğe karşı, ortaya çıkan risk ve tehditler vardır. Son yıllarda, tüm sektörler, siber saldırıların artan sıklığı, ile karşı karşıya kaldı (Lu ve Da Xu, 2019).

Siber güvenlik Teknolojideki ilerleme yeni önleyici tedbirlerin geliştirilmesini gerektiren ve büyük endişe kaynağı olan daha yüksek siber tehditlere de yol açmaktadır. İnternette milyarlarca veri üretilmekte ve saklanmaktadır. Bu verilerin her an bir siber saldırıya maruz kalması beklenebilir. Yeni dijital çağda, bilgi ve iletişim teknolojisi (BİT) endüstrisindeki büyük gelişmenin bir sonucu olarak olası siber saldırılara karşı koruma önemli bir konu haline geldi (Sarker vd., 2020; Craigen vd., 2014; Rainie vd., 2022; Von Solms ve Van Niekerk, 2013).

Siber güvenlik (CS), yüksek düzeyde bilgi güvenliği için hizmet edebilir ve "siber" kelimesi aracılığıyla endüstriyel ortamlara ve IoT'ye de uygulanmak üzere kullanılır (Kagermann vd., 2013; Rüßmann vd., 2023). Siber-fiziksel sistemler (CPS), birbirine bağlı sistemlerin fiziksel ve hesaplama ortamlarını entegre ederek kontrole izin veren bir teknolojidir (Rüßmann vd., 2023).

Siber Fiziksel Sistem (CPS), temel işlevi, Hizmetlerin İnterneti (IoS) haline getirilebilen Nesnelere İnterneti'ni (IoT) yaratmaktır. Bu bağlamda, işletmeler gelecekte CPS'nin depolama sistemlerini, makinelerini ve üretim tesislerini birleştiren küresel ağlar oluşturacaktır. Endüstri 4.0, Nesnelere İnterneti (IoT) ile Hizmetlerin İnterneti'nin (IoS) üretim sürecinde birleşmesi sonucunda ortaya çıkmıştır (Kagermann vd., 2013). Genellikle IoT, sistemlerin, hizmetlerin gelişmiş bağlanabilirliğini sağlayabilir. Fiziksel nesnelere, nesneden nesneye iletişim ve veri paylaşımını sağlar. IoT, çeşitli sektörlerde ısıtma, aydınlatma, işleme ve uzaktan izleme gibi hususların kontrolü ve otomasyonu yoluyla elde edilebilir (Zhong vd., 2017).

### 3.4. Nesnelere İnterneti (IoT)

Nesnelere İnterneti (IoT), akıllı fabrikaların önemli bir bileşenidir. Fabrikadaki makineler, makinelerin diğer web özellikli cihazlara bağlanmasına izin veren bir IP adresine sahip sensörlerle donatılmıştır. Bu

mekanizasyon ve bağlanabilirlik, büyük miktarda değerli verinin toplanmasını, analiz edilmesini mümkün kılar.

Nesnelerin İnterneti (IoT), akıllı hizmetlerin son kullanıcılara sunulduğu bir ortam sağlamak için entegre olan ve birlikte çalışan sensörler, ağ ve işleme teknolojileri ile donatılmış akıllı nesnelere içeren bir bütündür. İnternet bağlantısının olduğu her yerde ortak nesnelere birbirine bağlı cihazlara dönüştüren bir bilgi işlem teknolojisidir. Nesnelerin İnterneti, çevredeki ortamı algılayabilen, elde edilen verileri iletebilen, işleyebilen ve ardından ortama geri bildirimde bulunabilen milyarlarca akıllı nesnenin bir arada çalışmasıdır. (Asghari vd., 2019; Kiran, 2019; Sisinni vd., 2018) Nesnelerin İnterneti (IoT), üretim, sağlık, çevre, akıllı şehirler, pazarlama gibi birçok alanda uygulama bulur.

Ağ, Nesnelerin İnterneti ve IIoT Endüstri 4.0, üretim ve diğer sektörlerdeki ağ oluşturma uzmanlarının sayısını önemli ölçüde etkiledi. Endüstriyel IoT (IIoT) ve ağ teknolojilerinin bazı örnekleri, akıllı fabrikalar, bağlantılı fabrikasyon ve malzeme taşıma ekipmanı, navlun durumu izleme ve denetimi için uzaktan sensörler, kamu hizmeti yönetimi ve enerji tasarrufu çabaları için otomatik altyapı ve akıllı ölçüm ve araçlar için izleme sistemleridir. Birbirine bağlı dünyayla karşı karşıya kalan tüm işletmeler, şu anda istihdam ettiklerinden çok daha fazla ağ ve IoT uzmanına ihtiyaç duyacaktır. Örneğin, Amerikan Çalışma İstatistikleri Bürosu, ABD'nin 2029 yılına kadar ağ ve bilgisayar sistemleri yöneticilerine 15.000'den fazla iş eklemesini beklemektedir (U.S. Bureau of Labor Statistics, 2022). Endüstriyel IoT, Bilgi Teknolojisini (BT) Operasyonel Teknolojiye (OT) genişleterek üretim ekipmanına, süreçlere ve yönetime fırsat katar (Umar, 2005; Ustek-Spilda vd., 2021). Endüstriyel IoT (IIoT), veri toplama, değiş tokuş ve analize olanak tanıyan endüstriyel uygulamalarla ağa bağlı birbirine bağlı sensörler, enstrümanlar ve diğer cihazları ifade eder (Da Xu, 2022b). IIoT, süreç kontrollerini geliştirmek için bulut bilgi işlem kullanarak daha yüksek derecede otomasyona izin veren dağıtılmış bir kontrol sisteminin (SDS) evrimidir.

### 3.5. Bulut Teknolojileri

Bulut bilişim, Endüstri 4.0 stratejisinin temel prensipleri arasında yer alır. Bulut Bilişim, akıllı üretimin tam olarak gerçekleştirilmesi, mühendislik, tedarik zinciri, üretim, satış ve dağıtım ve hizmetin bağlantı ve entegrasyonunu sağlar. Ayrıca, depolanan ve analiz edilen büyük miktardaki veriler, bulut ile daha verimli ve uygun maliyetli bir şekilde işlenebilir. Bulut bilgi işlem, ihtiyaçlarını doğru ölçebilen ve işleri büyüdükçe ölçeklendirebilen

küçük ve orta ölçekli üreticiler için maliyetleri azaltabilir.

Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü'ne (NIST) göre bulut bilgi işlem, minimum yönetimle ağlar, sunucular, depolama, uygulamalar ve hizmetler gibi yapılandırılabilir bilgi işlem kaynaklarının ortak bir havuzuna her yerde ağ erişimi sağlayan bir modeldir (Mell ve Grance, 2011). Bulut sistemini kullanan kişiler, elinde bir cihaz varsa (akıllı telefon, tablet bilgisayar, laptop veya masaüstü) istedikleri zaman istedikleri verilere ulaşabileceklerdir. Bulut Bilişim, bireylerin yanı sıra BT hizmetlerini dışarıdan alan şirketler için İnternet üzerinde kullanılan her bir verinin depolanmasını sağlayan alternatif bir teknolojidir (Mell ve Grance, 2011).

Bulut bilgi işlem ile bulut üretimi, daha yüksek ürün kişiselleştirme/özelleştirme, daha geniş küresel iş birliği, yenilik ve artan pazar tepki çevikliği için artan talepleri karşılamayı amaçlayan bulut kullanan akıllı ağ bağlantılı bir üretim modelidir". Bulut üretimi ayrıca, her yerde bilgi sağlama olanağı sunan akıllı fabrika ağlarının oluşturulmasına olanak tanır. Bulut bilişim sistemleri ve bulut üretimi, "Her Yerde Tasarla Her Yerde İmalat" felsefesinin gerçekleştirilmesinde önemli bir rol oynayabilir (Xu, 2012).

### 3.6. Sanal Gerçeklik ve 3D Teknolojileri Sanal Gerçeklik

Akıllı fabrikalar, bireysel müşterilerin ihtiyaçları için özelleştirilmiş uygun maliyetli ürünler üretebilir. Birçok endüstri alanında, üreticiler ekonomik bir şekilde tek parti büyüklüğünde ürün üretimini ister. Gelişmiş simülasyon yazılım uygulamaları, 3-D baskı gibi teknolojilerin kullanımı ile, üreticiler belirli müşterilerin istekleri özel parçalardan oluşan küçük partiler halinde üretimi oluşturabilirler. İlk sanayi devrimi seri üretimle üretim yaparken, Endüstri 4.0 kişiye özel üretim felsefesini baz alır.

Sanal gerçeklik, gerçek bir ortamı kopyalayan veya hayali bir dünyayı bilgisayarla en az üç boyutlu olarak yeniden yaratan teknolojileri ifade eder. Havacılık, askeriye, tıp vb. birçok alanda tasarlanan modellerin değerlendirilmesine ilişkin çalışmalarda sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanılmaktadır. Günümüzde çalışanlar, fabrika operasyonlarını doğru bir şekilde gerçekleştirmek için sanal gerçeklik cihazlarıyla eğitilmektedir (Zhu vd., 2019; Raja ve Priya, 2021; Furu vd., 2021).

### 3.7. Öğrenen Robotlar (Cobot'lar Robot)

Öğrenen Robotlar (Cobot'lar Robot) kavramı, insanlar tarafından yapılan birçok işi yerine getirmek üzere programlanmış bir makinedir. Bu bağlamda cobotlar, yüksek verimlilik elde etmek için

insan faktörü ve robotlarla iş birliği içinde çalışan birçok karmaşık işi yapan bir robot türüdür (Clarke, 2019; Peshkin vd., 2001). Geleneksel robotlar tek bir görevi yüksek hız ve hassasiyetle, daha kolay ve daha az maliyetli yapabilmelerine rağmen, deneyimli bir programcı, aynı işi daha uzun zamanda ve daha yüksek maliyetle yapabilir. Geleneksel robotların bu sınırlamaları, algoritmalar ve programlar tarafından kontrol edilen yapay zeka (AI) donanımlı robotlarla en kısa zaman içinde yapılabilir. Bu bağlamda endüstri 4.0'ın üstün teknolojileri arasında Robotlar, makine öğrenmesi ve yapay zekanın birleşimi yer alır. Geleneksel endüstriyel üretimin bir parçası olan robotlar, giderek daha yoğun yapay zeka ile donatılmakta ve insan zekasının yapamayacağı görevleri yapmaktadır. Bazı robotlar basit işler için uyarlanmıştır. Kavanoz kapağını kapatmak veya vida takmak şekilde kodlanmıştır. Bu robotlardan karmaşık işleri yerine getirmesi beklenemez (Liu vd., 2015; Kragic vd., 2018; Gray ve Wegner, 2012). İlk endüstriyel robot, 1956 yılında Devol ve Joseph Engelberger tarafından üretilmiştir. İlk robot, bir ray üzerine monte edilmiş ve bir kısıkaç ile donatılmış mekanik bir koldan oluşuyordu. Daha sonra robotik otomasyon üzerindeki çalışmaları ile milyonlarca kol tipi robot inşa edildi. Bugün satın aldığımız birçok ürün bir robot tarafından monte ediliyor (Corke, 2017). Klasik robotik platform üzerine yapılan araştırmaların çoğu, çevresini algılamaya ve verileri ileride kullanmak üzere veri tabanında depolamaya odaklanmıştır. Robotlar, birçok pahalı sensör ve bazı karmaşık algoritmalarla donatılarak karar vermek için bir veri tabanına dayalı olarak çalışır. Bu gelişmelerin sonucunda hizmet robotlarının günlük hayatımıza girmesi ve bizi günlük işlerden kurtarması mümkün oldu (Baeg vd., 2007).

### 3.8. Yapay Zeka ve Karanlık Fabrikalar

Yapay Zeka (AI) 2000 yılından itibaren, özellikle de 2015'ten sonra, sensör ve bilgisayar çiplerindeki gelişmeler, algoritmaların evrimi ve büyük verinin desteği yapay zekanın (AI) gelişimi ve kullanımını arttırdı. AI, şirketlerin rekabet gücünü artırmak için stratejik bir bilgi teknolojisidir. Makine öğrenimi ve derin öğrenme gibi yapay zeka teknolojileri, çeşitli sektörlerdeki uygulamalara gelişmiş veri analizi ile katkıda bulunur (Chen vd., 2021). Örneğin AT&T, insansız hava araçlarının baz istasyonlarını kontrol etmesini ve onarmasını sağlamak için AI algoritmalarının nasıl kullanılacağını araştırıyor. Güney Kore'deki SK Telecom, çalışmalarındaki hataları tespit etmek ve ağ trafiğini analiz etmek için makine öğrenimi uygulandı (Chen vd., 2021). Teknoloji şirketlerinde yapay zeka girişimleri kullanılsada, birçok yapay zeka uygulaması hala kavramsal aşamadadır. Veri toplamadan kurumsal

mimari tasarımına kadar, yapay zeka geliştirme stratejisi ve yapay zeka proje önceliklendirmesi, oldukça karmaşıktır. Yapay zeka uygulamalarından yararlanmak için araştırmacıların ve sektör uzmanlarının daha güçlü algoritmalar oluşturması, daha önemli miktarda veri ve bilgi işlem gücü kullanması ve merkezi bulut hizmetlerine güvenmesi gerekiyor.

Yapay zeka ve makine öğrenimi, üretim şirketlerinin yalnızca fabrika içinde değil, iş birimleri genelinde ve hatta ortaklardan ve üçüncü taraf kaynaklardan üretilen bilgi hacminden tam olarak yararlanmasına olanak tanır. Yapay zeka ve makine öğrenimi, operasyonların ve iş süreçlerinin görünürlüğünü, öngörülebilirliğini ve otomasyonunu sağlayan içgörüler oluşturabilir. Örneğin: Endüstriyel makineler üretim sürecinde bozulmaya eğilimlidir. Bu varlıklardan toplanan verileri kullanmak, işletmelerin makine öğrenimi algoritmalarına dayalı tahmine dayalı bakım gerçekleştirmesine yardımcı olarak daha fazla çalışma süresi ve daha yüksek verimlilik sağlayabilir.

Endüstri 4.0'ı uygulamak için üç temel özellik dikkate alınmalıdır: yatay entegrasyon, dikey entegrasyon ve katma değerli ağlar aracılığıyla bağlantılı üretim sistemleri ve mühendisliğin birlikte kullanılmasıdır. Dikey entegrasyonu temsil eden akıllı fabrika, bilgi teknolojilerini otomasyona derinlemesine entegre etmek için yapay zeka (AI) teknolojisinin yanı sıra bulut bilişim, nesnelerin interneti (IoT) ve büyük veri teknolojisini birleştirerek makinelerin zekasını geliştirmeyi hedefler (Liu vd., 2015b; Wang vd., 2017; Shafiq vd., 2015). Karanlık Fabrika, bilgisayar kontrollü, üretim sürecinin her safhası insansız makine ile gerçekleştirilen üretim merkezidir. Otomasyon ve robotik, üretimi daha gelişmiş hale getiriyor ve süreçlerin her bir parçasında yerini alıyor. Otomasyon, rekabet gücünü ve verimliliği artırmak için üretim süreçlerini rasyonelleştirmede güç olarak tanımlanır (Wadhwa, 2012).

### 4. İŞ GÜCÜ

Endüstri 4.0 ile gelecekteki işyerinin ve işgücünün önemli ölçüde değişeceği tahmin ediliyor. Bu süreçte birçok iş faaliyetinin dijitalleşmesi ve otomasyonu nedeniyle mevcut birçok işin yerini bir dizi yeni iş alacaktır. Endüstri 4.0'a geçişle yüksek vasıflı işçilere olan talep artacak, düşük ve orta vasıflı işçilere olan talep ise azalacaktır. Örneğin, düşük düzeyde sosyal etkileşim, yaratıcılık, hareketlilik ve el becerisi gerektiren işler otomatik hale gelme olasılığı daha yüksektir. Ayrıca ölçüm, işleme, örüntü tanıma veya manipülasyon gerektiren rutin işlerin çoğu, bilgisayarlaştırma ve

otomasyona karşı çok daha savunmasız olacaktır (Makhoul, 2018). Otomasyon geliştikçe robotlar ve bilgisayarlar birçok endüstride el emeği ile gerçekleştirilen birçok işin yerini alacaktır. Dolayısıyla Endüstri 4.0 işgücü piyasalarında eşitsizliğin artmasına neden olacak, özellikle düşük vasıflı/düşük ücretli çalışanlar daha zor koşullarla karşılaşacaktır (The Impacts of the Fourth Industrial Revolution on Jobs and the Future of the Third Sector, 2018). Akıllı ve siber fiziksel sistemlerin, temel ve daha düşük beceri gerektiren işlerde çalışanların yerini alacağı görülüyor (Ford, 2009) Senaryo kullanılarak siber fiziksel sistemlerin ve bilgisayar teknolojisinin istihdam edilebilirlik ve iş organizasyonu üzerindeki etkisi tahmin edilebilir.

Endüstri 4.0 tarafından yaratılan yüksek beceriler gerektiren yeni işler, kendi kendini organize etme, yönetme, ekip çalışması veya iletişimi ön plana çıkaracaktır (Kergroach, 2017). Gelecekte, işverenler tarafından yaratıcılık, karar verme becerileri ile teknik, bilgi ve iletişim teknolojileri (ICT) uzmanlığı, en çok aranan özellikler olacaktır. Bilişim, büyük veri ve siber güvenlik uzmanlığı, gelişmiş ekonomilerdeki işgücü piyasalarının en önemli meslekleri haline gelecektir (Davies, 2015). Bilgi Teknolojilerine uygun niteliklere ve becerilere sahip iş gücüne ihtiyaç artacağından, organizasyon yapıları yeniden şekillenecek, varlıkları daha verimli kullanmak için yeni yönetim teknikleri uygulanacaktır (Kergroach, 2017). Endüstri 4.0'ın talep ettiği yeni özellik ve yeni becerilerin karışımının, eğitim profillerinin yanında eğitim ve öğretim politikalarını da değiştirmesi gerekecektir (Kergroach, 2017). Endüstri 4.0 beraberinde yeni meslekleri getirecektir.

Endüstri 4.0, birçok iş sürecini değiştirerek çalışanlar için yeni bir dönem başlattı (MIT Technology Review, 2021) yapay zeka uzmanları, tıbbi transkripsiyon uzmanları, veri bilimcileri, müşteri başarı uzmanları, tam yığın geliştiricisi, sosyal medya asistanları, büyüme korsanları, çöplük biyogaz üretim sistemi teknisyenleri, rüzgar türbini servis teknisyenleri, yeşil pazarlamacılar vs.

Endüstri 4.0'ın uygulamaya girilmesiyle, işgücünde azalma yaratacağını tahmin edilsede robotik mühendisleri, otomasyon mühendisleri, kontrol mühendisleri, gömülü yazılım mühendisleri ve IoT mühendisleri gibi mesleklerde yeni iş fırsatları ortaya çıkacaktır.

Robotik sistemi yönetebilecek ve bakımını yapabilecek robot mühendisine, otomatik makineleri tasarlamak, programlamak ve test etmek için otomasyon mühendislerine ve üretim süreçlerini tasarlayabilen ve uygulayabilen kontrol

mühendislerine olan ihtiyaç artacaktır (Edwards, 2022).

İşgücü mimarisine göre, bir yapıda beş ana bileşen vardır (Goffee ve Scase, 1995) İlk bileşen üretim organizasyonu: stratejilerin formüle edilmesinden ve uygulanmasından sorumlu varlıktır. İkinci bileşen, fabrika yöneticisi: bilgi akışını (yukarı ve aşağı) birbirine bağlayan ve koruyan bir hiyerarşi modeli ile temsil edilir. Üçüncü bileşen, İşletim çekirdeği: temel işi yapan, mal üreten ve hizmetlerin sağlanması (yani girdilerin güvence altına alınması ve malzemelerin dağıtılması). Dördüncü bileşen: üretime hizmet sağlayan analist olan tekno-yapı bileşeni çalışmayı inceleyen ve planlayan süreç, yani bir proje mühendisidir. Beşinci bileşen, destek personeli: Bir organizasyonun farklı alanlarına kurum içi yardım ve destek sağlayan, yani, insan kaynaklarında bordro yöneticisidir. Endüstri 4.0'ın ürün ve hizmetlerin kişiselleştirilmesini sağlama girişimidir (Wan vd., 2015) Talep üzerine üretim sistemlerinin yeniden yapılandırılmasını gerektirecektir (Hu, 2013). Ayrıca, geleceğin akıllı fabrikaları, Nesnelerin İnterneti (IoT) hizmetleri tarafından güçlendirilecektir (Shariatzadeh vd., 2016).

Endüstri 4.0'da işgücünün yetenek, beceri, bilgi ve tecrübeleri bugünkü iş gücünden çok farklı olacağı açıktır (Bauernhansl vd., 2014; Hirsch-Kreinsen, 2014). Gehrke, Endüstri 4.0 koşullarında geleceğin çalışanlarının niteliklerini ve becerilerini geliştirmek için bir yaklaşım önerdi. Bu yaklaşım üç seviyeli bir analize dayanmaktadır (Gehrke vd., 2015); İlk seviye, insan sermayesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olan ve işletmelerin gelecekte çalışma şeklini önemli ölçüde değiştirecek olan dört faktörden oluşmaktadır. Bunlar: araçlar ve teknolojiler, organizasyon ve yapı, çalışma ortamı, organizasyon içi ve organizasyonlar arası iş birliği. Birinci seviye faktörler, ikinci seviye vasıflı işgücü görevlerini temsil eder. Üçüncü seviye, ikinci seviyenin üzerine inşa edilen iş gücünün beceri ve nitelikleridir. Daha spesifik olarak, vasıflı bir işgücünün bir işi etkili bir şekilde yerine getirmesi için gereken nitelikler ve beceriler, öncelikle iş görevleri tarafından belirlenir. İşgücü eğitimi ile ilgili maliyetler, işletmelerin finansal kaynaklarını tahsis etmesi gereken diğer unsurlardan bir tanesidir (Gródek-Szostak vd., 2020). Endüstri 4.0 dönemiyle birlikte gelen yenilikler, işçi-işveren ilişkisini de değiştirecektir. Bulut platformları aracılığıyla dağıtılan görevler, projeler bağımsız çalışanlar tarafından yürütülecektir. Bunlar, UBER şoförü veya Airbnb ev sahibi gibi meslekleri içerir. Bu süreçte serbest meslek sahibi olarak sınıflandırılanlar gibi asgari ücret, istihdam vergisi ve sosyal sigorta gibi yükümlülüklerle tabi olmayacaklardır (Kurt, 2019).

İstihdam tehdidi, robotların gelecekte insan yerine kullanılacağı ve bunun da işsizliğin artmasına yol açacağı endişesidir. Yeni meslekler, yeni süreçler, yeni üretim yöntemleri, yeni ürünler ve yenilikçi teknolojiler insanlar tarafından yaratılacaktır. Üretim sürecinin dijitalleşme sürecine dönüşmesi sadece olumsuz değil, tam tersi sonuçlar doğuracaktır. Sıradan çalışanlar, yöneticiler ve tüm şirketler bu sürece bir dönüşüm stratejisi ve çığır açan değişiklikler olarak tepki gösterecektir (Kurt, 2019). Her sanayi devrimi verimlilik ve üretkenlik süreçlerini değiştirmiştir.

Buna karşılık, birçok kişi Endüstri 4.0'a geçişin özellikle matematik, mimarlık ve bilgisayar bilimi alanlarında iş olanaklarını artıracak tahmin ediyor. Endüstri 4.0 teknolojisinin sağladığı, endüstrinin değer zinciri boyunca artırılmış üretkenliğin uygulanması, artan talebe yanıt olarak seçilen endüstriler için yeni istihdam fırsatları sunabilmesidir. Bu sorunları karşılamak için alt ve orta vasıflı işçilerin becerileri güncellenebilir. Bankacılık, adli yardım ve muhasebe gibi geleneksel finans sektörü işleri blockchain (BC) teknolojileri ile değiştirilecektir. Ayrıca bu teknoloji, nesnelerin interneti geliştiricileri, blockchain geliştiricileri gibi yeni meslekler ortaya çıkaracaktır. Endüstri 4.0'ın uygulanması, çok profesyonel çalışanlara iş fırsatları yaratacaktır. Endüstri 4.0'ın bir sonucu olarak ortaya çıkan üstün yeteneklere sahip yeni işler için yeni nitelikler ve beceriler gerekli olacaktır. Yönetim ve iletişim becerilerinin bu bağlamda önem kazanma olasılığı çok daha yüksektir.

Uzmanlar, yapay zekanın çalışanlara denetim sağlamak, yasal ve mevzuata uygunluğu sağlamak ve insan kaynakları sorumluluklarını yerine getirmek gibi daha bilişsel roller üstleneceği tahmin ediliyor. Yapay zekanın ve gelişmiş robot teknolojisinin daha fazla kullanılması, insan gücünü önemli ölçüde ortadan kaldıracak beklenbilir. Yapay zeka, herhangi bir insanın sahip olabileceğinden daha fazla ve ayrıntılı bir bilgi tabanına erişebildiğinden, bu teknolojiyi endüstriyel rollere uygulamak için çok büyük fırsatlar vardır. Robotlar insan beyninin düşünme kalıplarını benimseyebilirlerse, örneğin bir makine operatörü veya hatta robot koordinatörü rolünü tam olarak üstlenebilirler.

Endüstri 4.0, imalat sanayileri ve ulusal ekonomiler için muazzam fırsatlar yaratıyor. Montaj ve üretim planlama gibi bazı iş kategorilerinde iş kayıpları yüksek olsa da, özellikle BT ve analitik olmak üzere diğer kategorilerde iş kazanımları önemli olacaktır. Endüstri 4.0'ın uygulanabilirliği, şirketlerin bu teknolojik gelişmeleri yeni ürünler, hizmetler ve iş modellerini geliştirmek için ne kadar iyi kullanabileceğine bağlı olacaktır. Şirketlerin

işgücünü yeniden eğitmesi, BT becerileri açığını kapatmasına yönelik eğitim sistemlerine ve hükümetlerin desteklerini güçlendirmesine olanak sağlamak, Endüstri 4.0'ın gerçekleştirilmesinde büyük öneme sahip olacaktır. Başarı, teknolojik gelişmelerin ve bunların çok çeşitli iş aileleri üzerindeki etkilerinin hem niceliksel hem de niteliksel açıdan derinlemesine anlaşılmasını gerektirecektir.

İnsan kaynaklarında endüstri 4.0'daki değişiklikler Endüstri 4.0'ın getirdiği farklılıklardır. Örgütsel yapı, yenilik ve değişimle dolu bir ortam için daha uygun bir yaklaşım olan ademi merkezilik, bireylerin yetkilendirilmesi, daha az resmi kural, yatay iletişim ve ekip çalışması ile karakterize edilir (Schmidt vd., 2015). Endüstri 4.0'ın işgücü dönüşümü ve benimsenmesi esastır.

Uzmanlara göre endüstri 4.0'ın gelişimi birçok sorunu ve riski beraberinde getirecektir. Örneğin, çalışanları yeni koşullara ve yüksek teknolojik değişim seviyelerine uyarlamak ve mevcut mesleklerin yok olma riskini göze almaktır (Chulanova, 2019). Yenilik üzerindeki güçlü baskının özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeler için zararlı olabilecek ve şirketler ne kadar küçükse risk o kadar büyük olacaktır (Sommer, 2015). Değişiklikler, aynı anda birkaç şirkette esnek çalışma saatleriyle yarı zamanlı çalışmanın payının artmasına neden olabilir. İş hukuku ilişkileri, daha çok işgücünün seçilen pozisyonların kaynak dışı ve yeni iç yapılar oluşturmaya dayalı olacaktır (Wisskirchen, 2017). Kasım 2017'de McKinsey'nin raporuna göre, yeni teknolojilerin kullanılmaya başlanmasıyla yaklaşık 800 milyon işin risk altında olduğunu vurguladı. Bu büyük değişiklik, işi otomatikleştirecek ve katma değeri düşük işleri ortadan kaldıracaktır. Bu bağlamda teknolojilerin uygulanması personel becerilerinde eksiklik yaratmaktadır. Şirketler işgücü piyasasında gerekli becerileri edinmenin mi yoksa eski çalışanları içeriden eğitmenin mi faydalı olacağına karar vermelidir. Büyük sayıda çalışanı işten çıkarmalar, iş kaybı ve güvenlik korkusu yaratacaktır. Öte yandan, Japonya veya Almanya gibi ülkelerde, yani robot teknolojisinde lider olan ülkelerde, son yirmi beş yılın en düşük işsizlik oranına sahip olduklarını belirtmek gerekir (Woessner vd., 2017) Slovakya da dijitalleşme ve robotlaşmayı kullanma eğilimi ülkede son yıllarda işsizlik oranını düşürüyor (Boros & CFA Society Slovakia, 2018). Manpower Group, önümüzdeki yıllarda teknolojinin iş dünyasına etkisi hakkındaki soruları yanıtlamaya odaklandı (Adamková, 2020). Bir organizasyonda ilk süreçlerden biri, çalışanları yeni değişikliklere duyulan ihtiyaç konusunda bilgilendirmektir. Kuruluşun pazarda rekabet edebilmesi için gerekli olacak değişiklikler, sürekli



büyüyen bir organizasyonun geleceğine katkıda bulunur. Bu nedenle, kuruluşların mümkün olan en kısa sürede çalışanlarını sürece dahil etmesi önemlidir.

Endüstri 4.0, bireyin endüstriyel faaliyetlerdeki rolünde azalma anlamına gelir. Bireyin entelektüel çalışmasını önemli ölçüde değiştirir ve bunun sonucunda çalışma ortamının gelişme beklentileri giderek belirsizleşir (Gogolinskiy ve Syasko, 2019) Endüstri 4.0'ın sadece iş sayısını değil, yapılan işin türünü de değiştirmesi beklenmektedir. Örneğin Endüstri 4.0'da ana teknoloji olan "büyük veri"nin ortaya çıkması nedeniyle pazarlamacıların rolü değişiyor. Çok sayıda verinin hızlı bir şekilde analiz edilmesi olasılığı artıyor. Bu nedenle, işe alımda, "büyük verileri" toplama, depolama, analiz etme ve dağıtma teknolojilerine sahip çalışanlar tercih edilecektir (Alias vd., 2018; Kim, 2018). Matematiksel işlemler, veri sınıflandırma ve yönetim gibi tekrarlayan işler ortadan kalkma tehlikesiyle karşı karşıya kalmakla, günümüzde yüksek ücretli ve istikrarlı olduğu düşünülen mesleklerin (doktorlar, avukatlar gibi) yerini yapay zeka ve robotların alması beklenmektedir. Uber veya Airbnb gibi kuruluşlar, hizmet sağlayıcıları ve tüketicileri doğrudan birbirine bağlayarak işlem maliyetlerini önemli ölçüde azaltabilir. Robotlar, basit ve tekrarlayan görevleri yerine getirirken insanların yerini aldığı anda, çalışanlar istihdam ve geçim kaynakları konusunda kaygı yaşarlar.

Üretkenliği ve yaşam kalitesini artırmak için getirilen otomasyon, bir çalışan için daha uzun çalışma saatlerine veya daha kötü çalışma koşullarına yol açabilir. Örneğin, otomasyon başarısız olursa, çalışanın bunu manuel olarak onarması gerekir. Tüm çalışanların devre dışı bırakılmasında, çalışanların güvenliğinin sağlanması gerekir. Efektif talebe dayalı bir ekonomide, işçiler bağımsız yüklenicilerdir ve "talep" her gün/saat değiştiği için garantili bir gelir elde etmeleri zordur. Bu nedenle çalışanlar, daha önce örgütlerin temel risklerinden biri olan gelir dalgalanmaları riskini üstlenebilmeleri için günlük/saat bazında bağımsız yüklenici olarak iş aramak zorundadırlar (Ventsel, 2018).

Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımı ile artan verimliliğin bir endüstrinin değer zinciri boyunca yayılma etkisi, artan talebe bağlı olarak hedef endüstrilerde yeni iş olanakları yaratabilir. Otomasyon ve robotlar, yüksek vasıflı işçiler için emek talebi ve ücretler üzerinde olumlu bir etkiye sahip olsa da, orta vasıflı işçilerin istihdam oranlarındaki azalma, gelir eşitsizliğini artırması açısından bazı endişelere yol açmaktadır. Bu endişeler, alt ve orta vasıflı işçilerin becerilerinin güncellenmesiyle çözülebilir (International

Federation of Robotics, 2017). Finans sektöründeki muhasebecilik, bankacılık ve hukuki yardım gibi geleneksel işlerin büyük ölçüde yeniden yapılandırılması ve yerini Blockchain (BC) teknolojisine bırakması bekleniyor. Ayrıca bu teknoloji, Blockchain geliştiricileri, nesnelerin interneti, mimarlar ve bilişsel bilgisayar mühendisleri gibi yeni çalışmaların ortaya çıkmasına neden olabilir (Balliester ve Elsheikhi, 2018) Ayrıca teknolojinin bazı alanlarda bazı işleri ortadan kaldırmasına rağmen, teknolojinin sağladığı ekonomik büyüme ve yenilikle birlikte yeni işletmelerin ortaya çıktığını, yeni ürün ve hizmetlerin geliştirildiği ve yeni istihdam yaratıldığı görülmektedir (Ford 2009).

## 5. SONUÇ

Endüstri 4.0 sürecinde bir kişinin yerini bir makine olsa bile, insan emeğine gereksinim olacaktır. İnsana yakışır iş pek çok yönü içermelidir: üretkenlik, adil gelir ve işyerinde güvenlik, aile için sosyal güvenlik garantileri, bireysel kişisel gelişim ve sosyal bütünleşme ve bireysel ifade özgürlüğü gibi. Endüstri 4.0'daki değişikliklerin ana yönleri, süreçlerin dijitalleşmesi, teknolojik değişimler ve geleneksel insan yaşamı, değerleri, inançları ve varoluş koşulları olacaktır.

Endüstri 4.0 yeni iş ve mesleklerin ortaya çıkmasını sağlarken, endüstrilerdeki bazı işlerin yok olmasını sağlayacaktır. Ancak bir işi yok etme ve yaratma süreci daha uzun, bir zaman sürecine yayılabilir (Balliester ve Elsheikhi, 2018). Ayrıca, Endüstri 4.0'ın iş dünyasının geleceği üzerindeki etkisine ilişkin tartışmalar devam etse de, işin geleceğinin hala önemli ölçüde belirsizliğini koruduğu görülüyor. Bununla birlikte, yakın gelecekte işlerin yüksek eğitim ve beceri gerektirmesi daha olasıdır. Ayrıca, yeni işler standart olmayan işlerden ve bir kişinin birden fazla işte çalışması gibi birleştirilmiş iş fırsatları sunan esnek ekonomiden oluşuyor gibi görünüyor. Endüstri 4.0 hem yeni iş fırsatlarını hem de yeni işsizlik ve eksik istihdam risklerini beraberinde getireceğinden, maliyetlerin en aza indirilmesi ve eşit olarak paylaşılması için yeterli pasif istihdam politikaları geliştirilmelidir. İşçi sendikaları, işverenler ve kamu kurumları, istihdam politikaları ve kararların oluşturulması süreçlerinde Endüstri 4.0'a başarılı bir geçiş sağlamak için birlikte hareket etmelidir. Endüstri 4.0'ın özellikle mimarlık, mühendislik, bilgisayar ve matematik alanlarında yeni meslekler yaratılabilecektir. Örneğin Fransa'da İnternet son 15 yılda 500 bin iş kaybına neden olurken, 1,2 milyon yeni iş yarattı (Balliester ve Elsheikhi, 2018). Ayrıca gelişmiş ülkelerde üst düzey beceri gerektiren Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımının artması, istihdamın gelişmekte olan

ülkelerden gelişmiş ülkelere kaymasına neden olabilecektir. Çünkü gelişmekte olan ülkelerde üretimin işgücü maliyetleri avantajları azaltacaktır (Balliester ve Elsheikhi, 2018).

Yenilikçi teknolojilerin ortaya çıkması, günümüzün küresel ekonomisinde önemli bir itici güç olarak insanların yaşam kalitesinde ve toplumun refahında iyileştirmeler getiriyor (Grzybowska ve Łupicka, 2017). Endüstri 4.0, tüm şirket süreçlerini etkileyen optimize edilmiş, dinamik, kendi kendini organize eden, değer yaratan şirketler arası ağlar oluşturmak için insanları, sistemleri ve nesnelere birbirine bağlar. Buna rağmen çoğu şirket, finansal faydaların belirsizliği ve uzmanlık eksikliği gibi önemli uygulama engelleri nedeniyle dijital dönüşüm süreçlerine başlamakta kararsız kalıyor (Mohamed, 2018).

Robot teknolojisinin, otomasyonun ve dijitalleşmenin yaygın kullanımı, işler, beceriler ve meslekler üzerinde önemli etkileri olacaktır. Endüstri 4.0'in gelişimi, şirketlerdeki çalışanların rolleri ve gereksinimlerdeki değişikliklerle desteklenecektir (Gorecky vd., 2014; Sumer, 2018). Endüstri 4.0 pek çok fırsatın yanı sıra işgücü piyasası yönetiminde temel değişikliklerin olmaması ve çığır açan Endüstri 4.0 konseptinin uygulanmasının sosyo-etik boyutu gibi bununla bağlantılı riskler de sunacaktır. Endüstri 4.0 zorlayan güç teknoloji değil, insan olacaktır (Soukupová vd., 2020).

Endüstri 4.0'da bilgi teknolojilerin kullanılması ile nitelikli çalışanlara ihtiyaç vardır. Hızlı hareket eden makineler, iş güvenliği açısından yeterli eğitim almış doğru çalışma koşullarına uyumlu iş gücünü artıracaktır. Yeni iş modellerini geliştirecek iş gücüne ihtiyaç duyulacağından sürekli kendini yenileyen yeni iş gücüne ihtiyaç artacaktır. Güçlü bir lider, çalışanları ve diğer paydaşları, kuruluşun hedeflerine ulaşmak için hedefe yönelik bir şekilde yönlendirebilir. Liderler ayrıca çalışanların tutumlarını etkileyebilir ve onları teknolojik değişiklikleri kabul etmeye motive edebilir (Al-Harazneh ve Sila, 2021).

Bir Endüstri 4.0 çalışma ortamında, kuruluşlar erken harekete geçme avantajından yararlanmak ve kendilerini küresel üretimde rakiplerinin önüne koymak istediklerinden, etkili işgücü stratejileri, şirketler için fırsat olacaktır. İşletmeler için başarı ölçütleri; artan karlılık, artan üretkenlik ve artan kalite değer kazanacaktır (Llopis-Albert ve Rubio, 2021).

Nesnelerin İnterneti (IoT), büyük veri, 3D baskı, yapay zeka(AI), bulut bilişim gibi teknolojilerin imalat sektöründe yer almasıyla işgücünün azalacağı onun yerine dijital sistemleri programlayabilen ve

tasarlayabilen yetenekli işgücünü artıracaktır. Sonuç olarak daha verimli üretime neden olarak yüksek çıktılar elde edilebilir. Siber-Fiziksel Sistemlerin (CPS) temel rolleri gerçek zamanlı bilgi akışına izin vererek, üretimin yetenek ve dinamik gereksinimlerini karşılamak ve tüm endüstrinin etkinliği ve verimliliğini artırmaktır (Georgakopoulos ve Jayaraman, 2016; Lom vd., 2016; Roblek vd., 2016).

Endüstri 4.0 işgücü stratejileri, rakipleriyle yarışabilecek yetenekli ve verimli sürekli kendini yenileyen motive eden yeni iş gücü stratejileri ortaya çıkaracaktır.

## KAYNAKÇA

- Adamková, H. G. (2020). Industry 4.0 brings changes in human resources. SHS Web of Conferences, 83, 01016. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20208301016>
- Aethon. (2018, November 7). What Industry 4.0 Means for Manufacturers. <https://aethon.com/mobile-robots-and-industry4-0>, (Erişim Tarihi: 15.05.2023).
- Alguliyev, R. M., Imamverdiyev, Y., & Sukhostat, L. V. (2018). Cyber-physical systems and their security issues. Computers in Industry, 100, 212–23. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.04.017>
- Al-Harazneh, Y. M., & Sila, I. (2021). The Impact of E-HRM Usage on HRM Effectiveness. Journal of Global Information Management, 29(2), 118–147. <https://doi.org/10.4018/jgim.2021030107>, (Erişim Tarihi: 15.05.2023).
- Alias, A. D. N. B., Al-Rahmi, W. M., Yahaya, N., & Al-Maatouk, Q. (2018). Big data, modeling, simulation, computational platform and holistic approaches for the fourth industrial. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.21244>
- Asghari, P., Rahmani, A. M., & Javadi, H. H. S. (2019). Internet of Things applications: A systematic review. Computer Networks, 148, 241–261. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2018.12.008>
- Baeg, S., Park, J., Koh, J., Park, K., & Baeg, M. (2007). Building a smart home environment for service robots based on RFID and sensor networks. <https://doi.org/10.1109/iccas.2007.4407059>
- Bag, S., Wood, L. C., Xu, L., Dharnija, P., & Kayikci, Y. (2020). Big data analytics as an operational excellence approach to enhance sustainable supply chain performance. Resources Conservation and Recycling, 153, 104559. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104559>
- Balliester, T., & Elsheikhi, A. (2018). The Future of Work: A Literature Review (Working Paper n°29). International Labour Organization. [https://www.ilo.org/global/research/publications/working-papers/WCMS\\_625866/lang--en/index.htm](https://www.ilo.org/global/research/publications/working-papers/WCMS_625866/lang--en/index.htm), (Erişim Tarihi: 15.05.2023).
- Bauernhansl, T., Hompel, M. T., & Vogel-Heuser, B. (2014). Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. In Springer eBooks. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8>
- Boros, K. & CFA Society Slovakia. (2018, January 14). Nemci vyvracajú známy blud. Roboty prácu neberú. FinWeb. <https://finweb.hnonline.sk/komentare->

- aanalyzy/1675335-nemci-vyvracaju-znamy-blud-roboty-pracu-neberu, (Erişim Tarihi: 15.05.2023).
- Centre for the New Economy and Society. (2018). *The Future of Jobs Report 2018* (ISBN 978-1-944835-18-7). World Economic Forum. <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018/>
- Chen, H., Li, L., & Chen, Y. (2021). Explore success factors that impact artificial intelligence adoption on telecom industry in China. *Journal of Management Analytics*, 8(1), 36–68. <https://doi.org/10.1080/23270012.2020.1852895>
- Chryssolouris, G., Mavrikios, D., & Mourtzis, D. (2013). Manufacturing Systems: Skills & Competencies for the Future. *Procedia CIRP*, 7, 17–24. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.05.004>
- Chulanova, Z. (2019). Professional standards as a factor of adaptation of human resources to the industry 4.0: approaches to development and implementation [https://www.researchgate.net/publication/338937325\\_Professional\\_standards\\_as\\_a\\_factor\\_of\\_adaptation\\_of\\_human\\_resources\\_to\\_the\\_industry\\_40\\_approach\\_es\\_to\\_development\\_and\\_implementation](https://www.researchgate.net/publication/338937325_Professional_standards_as_a_factor_of_adaptation_of_human_resources_to_the_industry_40_approach_es_to_development_and_implementation)
- Clarke, R. (2019). Why the world wants controls over Artificial Intelligence. *Computer Law & Security Review*, 35(4), 423–433. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2019.04.006>
- Corke, P. (2017). *Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms In MATLAB*, Second Edition. [https://openlibrary.org/books/OL28022492M/Robotics\\_Vision\\_and\\_Control](https://openlibrary.org/books/OL28022492M/Robotics_Vision_and_Control)
- Craigen, D., Diakun-Thibault, N., & Purse, R. (2014). Defining Cybersecurity. *Technology Innovation Management Review*, 4(10), 13–21. <https://doi.org/10.22215/timreview/835>
- Da Xu, L. (2022a). Emerging Enabling Technologies for Industry 4.0 and Beyond. *Information Systems Frontiers*. <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10213-w>
- Da Xu, L. (2022b). Emerging Enabling Technologies for Industry 4.0 and Beyond. *Information Systems Frontiers*. <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10213-w>
- Davies, R. (2015). Industry 4.0: Digitalisation for productivity and growth (PE 568.337). European Parliamentary Research Service. [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS\\_BRI%282015%29568337](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI%282015%29568337), (Erişim Tarihi: 15.05.2023).
- Edwards, D. (2022, March 8). How Industry 4.0 is Changing the Employment Market. *Robotics & Automation News*. <https://roboticsandautomationnews.com/2022/03/08/how-industry-4-0-is-changing-the-employment-market/49732>
- European Parliament, Directorate-General for Internal Policies of the Union, Carlberg, M., Kreutzer, S., & Smit, J. (2016). *Industry 4.0*. European Parliament. <https://data.europa.eu/doi/10.2861/947880>, (Erişim Tarihi: 15.05.2023).
- Firu, A. C., Tapırdea, A. I., Feier, A., & G, D. (2021). Virtual reality in the automotive field in industry 4.0. *Materials Today: Proceedings*, 45, 4177–4182. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.037>
- Fisher, D., DeLine, R., Czerwinski, M., & Drucker, S. M. (2012). Interactions with big data analytics. *Interactions*, 19(3), 50–59. <https://doi.org/10.1145/2168931.2168943>
- Ford, M. E. (2009). *The Lights in the Tunnel: Automation, Accelerating Technology and the Economy of the Future*. <https://ci.nii.ac.jp/ncid/BB07759183>
- Gajdzik, B., & Grzybowska, K. (2014). Qualifications versus useful knowledge in metallurgical enterprise. *Metalurgija*, 53(1), 119–122. <http://hrcak.srce.hr/file/153487>
- Gartner. (2015, October 7). *Gartner Says, By 2018, Half of Business Ethics Violations Will Occur Through Improper Use of Big Data Analytics* [Press release]. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2015-10-07-gartner-says-by-2018-half-of-business-ethics-violations-will-occur-through-improper-use-of-big-data-analytics>
- Gehrke, L., Kühn, A., Rule, D., Moore, P., Bellmann, C., Siemes, S., Dawood, D., Singh, L., Kulik, J., & Standley, M. (2016). *A Discussion of Qualifications and Skills in the Factory of the Future: A German and American Perspective* : [White paper].
- Gehrke, L., Kühn, A. T., Rule, D., & Standley, M. (2015). *A Discussion of Qualifications and Skills in the Factory of the Future: A German and American Perspective*. [https://www.researchgate.net/publication/279201790\\_A\\_Discussion\\_of\\_Qualifications\\_and\\_Skills\\_in\\_the\\_Factory\\_of\\_the\\_Future\\_A\\_German\\_and\\_American\\_Perspective](https://www.researchgate.net/publication/279201790_A_Discussion_of_Qualifications_and_Skills_in_the_Factory_of_the_Future_A_German_and_American_Perspective)
- Genkin, E., Filin, S., Velikorossov, V., Kydyrova, Z., & Anufriyev, K. (2020). The fourth industrial revolution: personnel, business and state. *E3S Web of Conferences*, 159, 04012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015904012>
- Georgakopoulos, D., & Jayaraman, P. P. (2016). Internet of things: from internet scale sensing to smart services. *Computing*, 98(10), 1041–1058. <https://doi.org/10.1007/s00607-016-0510-0>
- Goffee, R., & Scase, R. (1995). *Corporate Realities (Routledge Revivals): The Dynamics of Large and Small Organisations*. <https://www.taylorfrancis.com/books/9781138889293>
- Gogolinskiy, K., & Syasko, V. (2019). Prospects and challenges of the Fourth Industrial Revolution for instrument engineering and metrology in the field of non-destructive testing and condition monitoring. *Insight*, 61(8), 434–440. <https://doi.org/10.1784/insi.2019.61.8.434>
- Gorecky, D., Schmitt, M., Loskyll, M., & Zühlke, D. (2014). Human-machine-interaction in the industry 4.0 era. <https://doi.org/10.1109/indin.2014.6945523>
- Gray, K., & Wegner, D. M. (2012). Feeling robots and human zombies: Mind perception and the uncanny valley. *Cognition*, 125(1), 125–130. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2012.06.007>
- Gródek-Szostak, Z., Siguencia, L. O., Szelag-Sikora, A., & Marzano, G. (2020). The Impact of Industry 4.0 on the Labor Market. <https://doi.org/10.1109/itms51158.2020.9259295>
- Grzybowska, K., & Łupicka, A. (2017). Key competencies for Industry 4.0. In *Topics in economics, business and management*. <https://doi.org/10.26480/icemi.01.2017.250.253>

- Hartmann, E., & Bovenschulte, M. (2013). Skills Needs Analysis for "Industry 4.0" based on Roadmaps for Smart Systems | iit. Institute for Innovation and Technology. <https://www.iit-berlin.de/publikation/skills-needs-analysis-for-industry-4-0201d-based-on-roadmaps-for-smart-systems/>, (Erişim Tarihi: 15.05.2023).
- Hirsch-Kreinsen, H. (2014). Wandel von Produktionsarbeit–„Industrie 4.0“. *WSI-Mitteilungen*, 67(6), 421–429.
- Hu, S. (2013). Evolving Paradigms of Manufacturing: From Mass Production to Mass Customization and Personalization. *Procedia CIRP*, 7, 3–8. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.05.002>
- International Federation of Robotics. (2017). The Impact of Robots on Productivity, Employment and Jobs: A positioning paper. International Federation of Robotics. [https://ifr.org/img/office/IFR\\_The\\_Impact\\_of\\_Robots\\_on\\_Employment.pdf](https://ifr.org/img/office/IFR_The_Impact_of_Robots_on_Employment.pdf)
- Kagermann, H., Wahlster, W., Helbig Johannes, & acatech - National Academy of Science and Engineering. (2013). Securing the future of German manufacturing industry Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group. In acatech.de. acatech - National Academy of Science and Engineering. <https://en.acatech.de/publication/recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-4-0-final-report-of-the-industrie-4-0-working-group/download-pdf?lang=en>, (Erişim Tarihi: 15.05.2023).
- Kergroach, S. (2017). Industry 4.0: New Challenges and Opportunities for the Labour Market. *Форсайт*, 11(4), 6–8. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2017.4.6.8>
- Kim, J. (2018). Response to Current Pharmacologic Approaches in Painful Bladder Research: An Update. *International neurourology journal*, 22(1), 72–73. <https://doi.org/10.5213/inj.1836032.016>
- Kiran. (2019). Production Planning and Control: A Comprehensive Approach. Butterworth-Heinemann.
- Kłosowski, G., Gola, A., & Świć, A. (2016). Application of Fuzzy Logic in Assigning Workers to Production Tasks. In *Advances in intelligent systems and computing*. Springer Nature. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-40162-1\\_54](https://doi.org/10.1007/978-3-319-40162-1_54)
- Kraftová, I., Doudová, I., & Miláček, R. (2018). At the threshold of the fourth industrial revolution: who gets who loses. *E+M. Ekonomie a Management*, 21(3), 23–39. <https://doi.org/10.15240/tul/001/2018-3-002>
- Kragic, D., Gustafson, J., Karaoguz, H., Jensfelt, P., & Krug, R. M. (2018). Interactive, Collaborative Robots: Challenges and Opportunities. <https://doi.org/10.24963/ijcai.2018/3>
- Kurt, R. (2019). Industry 4.0 in Terms of Industrial Relations and Its Impacts on Labour Life. *Procedia Computer Science*, 158, 590–601. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.093>
- Liu, Q., Chen, J., Liao, Y., Mueller, E., Jentsch, D., Boerner, F., & She, M. (2015a). An Application of Horizontal and Vertical Integration in Cyber-Physical Production Systems. <https://doi.org/10.1109/cyberc.2015.22>
- Liu, Q., Chen, J., Liao, Y., Mueller, E., Jentsch, D., Boerner, F., & She, M. (2015b). An Application of Horizontal and Vertical Integration in Cyber-Physical Production Systems. <https://doi.org/10.1109/cyberc.2015.22>
- Llopis-Albert, C., & Rubio, F. (2021). Impact of digital transformation on the automotive industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 162, 120343. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120343>
- Lom, M., Pribyl, O., & Svitek, M. (2016). Industry 4.0 as a part of smart cities. <https://doi.org/10.1109/scsp.2016.7501015>
- Lu, Y., & Da Xu, L. (2019). Internet of Things (IoT) Cybersecurity Research: A Review of Current Research Topics. *IEEE Internet of Things Journal*, 6(2), 2103–2115. <https://doi.org/10.1109/jiot.2018.2869847>
- Juszczyński, M & Kowalski, A. M. (2013). Achieving Desired Cycle Times by Modelling Production Systems. In *Lecture Notes in Computer Science*. Springer Science+Business Media. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-40925-7\\_44](https://doi.org/10.1007/978-3-642-40925-7_44)
- Martin, K. E. (2015). Ethical Issues in the Big Data Industry. In *Routledge eBooks*. <https://doi.org/10.4324/9780429286797-20>
- McKinsey & Company. (2020, August 7). Building the vital skills for the future of work in operations. <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/building-the-vital-skills-for-the-future-of-work-in-operations>
- Mell, P., & Grance, T. (2011). The NIST definition of cloud computing. <https://doi.org/10.6028/nist.sp.800-145>
- Miskuf, M., & Zolotova, I. (2016). Comparison between multi-class classifiers and deep learning with focus on industry 4.0. <https://doi.org/10.1109/cyberc.2016.7438633>
- MIT Technology Review. (2021, February 24). Covid-19 and the workforce: Critical workers, productivity, and the future of AI. *MIT Technology Review*. <https://www.technologyreview.com/2020/04/30/1000888/covid-19-and-the-workforce-critical-workers-productivity-and-the-future-of-ai/>
- Makhoul, F. (2018). Industry 4.0—How it will shape the Future of Work.
- Mohamed, M. (2018). Challenges and Benefits of Industry 4.0: an overview. *International Journal of Supply and Operations Management*, 5(3), 256–265. <https://doi.org/10.22034/2018.3.7>
- Mourtzis, D., Schoinochoritis, B., & Vlachou, K. (2015). A New Era of Web Collaboration: Cloud Computing and its Applications in Manufacturing. *ResearchGate*. [https://www.researchgate.net/profile/Dimitris\\_Mourtzis/publication/282094282\\_A\\_New\\_Era\\_of\\_Web\\_Collaboration\\_Cloud\\_Computing\\_and\\_its\\_Applications\\_in\\_Manufacturing/links/5%20602b76308aeaf867fb6e810.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Dimitris_Mourtzis/publication/282094282_A_New_Era_of_Web_Collaboration_Cloud_Computing_and_its_Applications_in_Manufacturing/links/5%20602b76308aeaf867fb6e810.pdf)
- Mousa, A. K. (2012). Prospective of Fifth Generation Mobile Communications. *International Journal of Next-generation Networks*, 4(3), 11–30. <https://doi.org/10.5121/ijnngn.2012.4302>
- Park, K., Nguyen, M. T., & Won, H. (2015). Web-based collaborative big data analytics on big data as a service platform. <https://doi.org/10.1109/ictact.2015.7224859>
- Parker, M. A., Kocizan, G., Adeyemi-Ejeye, F., Quinlan, T., Walker, S. D., Legarrea, A., Imran, M., Escalona, E., Spirou, S. V., Kritharidis, D., Habel, K., Jungnickel, V., Trouva, E., Kourtis, A., Liu, Y. W., Frigau, M. S., Point, J., Lyberopoulos, G., Theodoropoulou, E., Gustincic, D. (2016). CHARISMA: Converged heterogeneous advanced 5G cloud-RAN architecture for intelligent and

- secure media access.  
<https://doi.org/10.1109/eucnc.2016.7561040>
- Peshkin, M. A., Colgate, J. E., Wannasuphprasit, W., Moore, C. F., Remy, C. D., & Akella, P. (2001). Cobot architecture. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 17(4), 377–390. <https://doi.org/10.1109/70.954751>
- Rainie, L., Anderson, J., Connolly, J., & Rainie, L. (2022, September 15). Cyber Attacks Likely to Increase. Pew Research Center: Internet, Science & Tech. <https://www.pewresearch.org/internet/2014/10/29/cyber-attacks-likely-to-increase/>, (Erişim Tarihi: 15.05.2023).
- Raja, M., & Priya, G. G. L. (2021). Conceptual Origins, Technological Advancements, and Impacts of Using Virtual Reality Technology in Education. *Webology*, 18(2), 116–134. <https://doi.org/10.14704/web/v18i2/web18311>
- Roblek, V., Meško, M., & Krapež, A. (2016). A Complex View of Industry 4.0. *SAGE Open*, 6(2), 215824401665398. <https://doi.org/10.1177/2158244016653987>
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Engel, P., Harnisch, M., & Justus, J. (2015). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. BCG Global. [https://www.bcg.com/publications/2015/engineered\\_products\\_project\\_business\\_industry\\_4\\_future\\_productivity\\_growth\\_manufacturing\\_industries.aspx](https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx), (Erişim Tarihi: 15.05.2023).
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Engel, P., Harnisch, M., & Justus, J. (2023). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. BCG Global. [https://www.bcg.com/publications/2015/engineered\\_products\\_project\\_business\\_industry\\_4\\_future\\_productivity\\_growth\\_manufacturing\\_industries.aspx](https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx)
- Sarker, I. H., Kayes, A. S. M., Badsha, S., Alqahtani, H., Watters, P. A., & Ng, A. H. (2020). Cybersecurity data science: an overview from machine learning perspective. *Journal of Big Data* 7(1). <https://doi.org/10.1186/s40537-020-00318-5>
- Schmidt, R., Möhring, M., Härting, R., Reichstein, C., Neumaier, P., & Jozinovic, P. (2015). Industry 4.0 - Potentials for Creating Smart Products: Empirical Research Results. In *Lecture notes in business information processing* (pp. 16–27). Springer Science+Business Media. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-19027-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-19027-3_2)
- Shafiq, S. I., Sanin, C., Toro, C., & Szczerbicki, E. (2015). Virtual Engineering Object (VEO): Toward Experience-Based Design and Manufacturing for Industry 4.0. *Cybernetics and Systems*, 46(1–2), 35–50. <https://doi.org/10.1080/01969722.2015.1007734>
- Shariatzadeh, N., Lundholm, T., Lindberg, L., & Sivard, G. (2016). Integration of Digital Factory with Smart Factory Based on Internet of Things. *Procedia CIRP*, 50, 512–517. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.050>
- Sisinni, E., Saifullah, A., Han, S., Jennehag, U., & Gidlund, M. (2018). Industrial Internet of Things: Challenges, Opportunities, and Directions. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(11), 4724–4734. <https://doi.org/10.1109/tii.2018.2852491>
- Sommer, L. (2015). Industrial revolution - industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution? *Journal of Industrial Engineering and Management*, 8(5). <https://doi.org/10.3926/jiem.1470>
- Soukupová, N., Adamová, M., & Krninská, R. (2020). Industry 4.0: an Employee Perception (Case of the Czech Republic). *Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 68(3), 637–644. <https://doi.org/10.11118/actaun202068030637>
- Sumer, B. (2018). Impact of Industry 4.0 on Occupations and Employment in Turkey. *European Scientific Journal*, ESJ, 14(10), 1. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n10p1>
- The Impacts of the Fourth Industrial Revolution on Jobs and the Future of the Third Sector. (2018). [https://www.nicva.org/sites/default/files/d7content/attachments-articles/the\\_impact\\_of\\_the\\_4th\\_industrial\\_revolution\\_on\\_jobs\\_and\\_the\\_sector.pdf](https://www.nicva.org/sites/default/files/d7content/attachments-articles/the_impact_of_the_4th_industrial_revolution_on_jobs_and_the_sector.pdf), (Erişim Tarihi: 15.05.2023).
- Umar, A. (2005). IT Infrastructure to Enable Next Generation Enterprises. *Information Systems Frontiers*, 7(3), 217–256. <https://doi.org/10.1007/s10796-005-2768-1>
- U.S. Bureau of Labor Statistics. (2022, September 8). Network and Computer Systems Administrators : Occupational Outlook Handbook: : U.S. Bureau of Labor Statistics. <https://www.bls.gov/ooh/computer-and-information-technology/network-and-computer-systems-administrators.htm>, (Erişim Tarihi: 15.05.2023).
- Ustek-Spilda, F., Vega, D., Magnani, M., Rossi, L., Shklovski, I., Lehuede, S., & Powell, A. (2021). A Twitter-Based Study of the European Internet of Things. *Information Systems Frontiers*, 23(1), 135–149. <https://doi.org/10.1007/s10796-020-10008-5>
- Varghese, A., & Tandur, D. (2014). Wireless requirements and challenges in Industry 4.0. <https://doi.org/10.1109/ic3i.2014.7019732>
- Ventsel, N. (2018). Achievement and risks of the fourth industrial revolution in conditions of increasing of globalization processes. *КиберЛенинка*. <https://cyberleninka.ru/article/n/achievement-and-risks-of-the-fourth-industrial-revolution-in-conditions-of-increasing-of-globalization-processes>, (Erişim Tarihi: 15.05.2023).
- Von Solms, R., & Van Niekerk, J. (2013). From information security to cyber security. *Computers & Security*, 38, 97–102. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2013.04.004>
- Wadhwa, R. S. (2012). Flexibility in manufacturing automation: A living lab case study of Norwegian metalcasting SMEs. *Journal of Manufacturing Systems*, 31(4), 444–454. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2012.07.008>
- Wan, J., Cai, H., & Zhou, K. (2015). Industrie 4.0: Enabling technologies. <https://doi.org/10.1109/icaiot.2015.7111555>
- Wang, S., Zhang, C., Liu, C., Li, D. M., & Hall, M. B. (2017). Cloud-assisted interaction and negotiation of industrial robots for the smart factory. *Computers & Electrical Engineering*, 63, 66–78. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2017.05.025>
- Weyer, S., Schmitt, M., Ohmer, M., & Gorecky, D. (2015). Towards Industry 4.0 - Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 579–584. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.143>

- Wisskirchen, G. (2017). The World of Tomorrow - Technological Changes: Impact on Labor Market, On Jobs and On the Organization of Work. On labor law, American Bar Association.
- Woessner, N., Findeisen, S., Südekum, J., & Dauth, W. (2017, September 19). The rise of robots in the German labour market. CEPR. <https://cepr.org/voxeu/columns/rise-robots-german-labour-market>, (Erişim Tarihi: 15.05.2023).
- Xu, X. (2012). From cloud computing to cloud manufacturing. Robotics and Computer-integrated Manufacturing, 28(1), 75–86. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2011.07.002>
- Yanitsky, O. (2017). On Transition from the Second Industrial Revolution to the Fourth one. International Journal of Media, Journalism and Mass Communication, 3(2), 1–10.
- Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. J. (2017). Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. Engineering, 3(5), 616–630. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2017.05.015>
- Zhou, K., Liu, T., & Tokekar, P. (2015). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. <https://doi.org/10.1109/fskd.2015.7382284>
- Zhu, W., Fan, X., & Zhang, Y. (2019). Applications and research trends of digital human models in the manufacturing industry. Virtual Reality & Intelligent Hardware, 1(6), 558–579. <https://doi.org/10.1016/j.vrih.2019.09.005>