



Received / Makale Geliş Tarihi 06.06.2025
Published / Yayınlanma Tarihi 31.07.2025
Volume (Issue) Cilt (Sayı) 9 (56)
pp / ss 759-768

Review Article /Derleme Makale
10.5281/zenodo.16783729
Mail: editor@pejoss.com

Oğuz Köşlü

<https://orcid.org/0009-0009-4977-5548>

İstanbul Aydın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul / Türkiye

ROR Id: <https://ror.org/00qsyw664>

Prof. Dr. Akın Marşap

<https://orcid.org/0000-0003-2155-8137>

İstanbul Aydın Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İstanbul / Türkiye

ROR Id: <https://ror.org/00qsyw664>

Sanayi Devrimlerinden Günümüze Endüstri Modellerindeki Değişim ve Teknolojinin Rolü

The Evolution of Industrial Models from the Industrial Revolutions to the Present Day and the Role of Technology

ÖZET

Bu çalışma, Endüstri 4.0'ın temel teknolojilerinin iş gücü dinamikleri ve örgüt yapıları üzerindeki çok katmanlı etkilerini kapsamlı biçimde irdelemektedir. Sanayi devrimlerinin tarihsel evriminde dördüncü aşama olarak konumlanan Endüstri 4.0; yapay zekâ, büyük veri analitiği, nesnelerin interneti, eklemeli imalat, bulut bilişim, artırılmış gerçeklik ve siber-fiziksel sistemler gibi ileri teknolojileri içermekte ve üretim süreçlerini kökten dönüştürmektedir. Artan otomasyon, robotik entegrasyon ve veri odaklı yönetim yaklaşımları; iş gücü talebinde nitelik kaymasına, istihdam modellerinde esnek ve proje tabanlı çalışma biçimlerinin yaygınlaşmasına yol açmaktadır. Teknolojik işsizlik riskleri, yeniden beceri kazanımı (reskilling) gereksinimleri ve güvencesiz çalışma formlarının büyümesi, çalışan hakları ile sendikal örgütlenme üzerinde önemli baskılar oluşturmaktadır.

Örgütler bu dönüşüme yanıt olarak daha esnek, yatay ve dijital odaklı yapılara evrilmekte; karar alma süreçleri gerçek-zamanlı veri analitiğiyle desteklenen çevik (agile) metodolojilere dayanmaktadır. Dijitalleşmenin yarattığı veriye dayalı kültür, yöneticilerin stratejik rolünü yeniden tanımlarken çalışanlardan sürekli öğrenme, disiplinlerarası iş birliği ve dijital yeterlilikler talep etmektedir. Çalışma, sürdürülebilirlik, enerji verimliliği ve dögüsel ekonomi ilkelerinin Endüstri 4.0 uygulamaları ile nasıl bütünleştiğini de inceleyerek çevresel etkileri vurgulamaktadır. Ayrıca, dijital bölünme, siber güvenlik açıkları ve verinin etik kullanımı konularına dikkat çekilmekte; bu risklerin hem iş gücü piyasalarında hem de örgütsel sürdürülebilirlikte yarattığı kırılganlıklar tartışılmaktadır.

Türkiye bağlamında yapılan analiz, sanayi sektörlerindeki dijital olgunluk düzeylerini, KOBİ'lerin karşılaştığı finansman ve uzmanlık engellerini, ulusal strateji belgeleri ile teşvik programlarının etkinliğini ve yükseköğretimdeki yetkinlik geliştirme girişimlerini nitel ve nicel veriler ışığında değerlendirmektedir. Bulgular, politika yapımcılar için eğitim-istihdam uyumunu güçlendirmeye, dijital altyapı yatırımlarını hızlandırmaya ve siber güvenlik standartlarını yaygınlaştırmaya yönelik öneriler sunarken; işletme yöneticilerine de insan kaynakları dönüşüm programları, veri yönetişimi stratejileri ve bütünleşik değer zinciri çözümleri geliştirmeleri için yol haritası sağlamaktadır. Genişletilmiş bu perspektif, Endüstri 4.0'ın çok boyutlu etkilerinin bütüncül olarak anlaşılmasına katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sanayi Devrimi, Endüstri 4.0, Teknoloji.

ABSTRACT

This study offers a comprehensive examination of the multilayered effects of Industry 4.0's core technologies on labour dynamics and organisational structures. Positioned as the fourth stage in the historical evolution of industrial revolutions, Industry 4.0 encompasses advanced technologies—artificial intelligence, big-data analytics, the Internet of Things, additive manufacturing, cloud computing, augmented reality and cyber-physical systems—that are fundamentally reshaping production processes. Heightened automation, robotic integration and data-driven management approaches are fuelling a shift in skill demand, fostering flexible, project-based employment models and intensifying concerns over technological unemployment. The growing need for reskilling, the expansion of precarious work forms and increasing pressure on trade-union organisation highlight significant challenges for employee rights and collective action.

In response, firms are transforming into more flexible, horizontal and digitally oriented entities; decision-making routines now rely on real-time analytics and agile methodologies. The resulting data-centric culture redefines managers' strategic roles while calling for continuous learning, interdisciplinary collaboration and digital literacy among employees. The study also explores how sustainability, energy efficiency and circular-economy principles intersect with Industry 4.0 applications, underscoring their environmental ramifications. Critical risks—including the digital divide, cybersecurity vulnerabilities and ethical use of data—are discussed in terms of their impact on labour markets and organisational resilience. Focusing on Türkiye, the analysis assesses sectoral digital-maturity levels, the financial and expertise constraints faced by SMEs, the effectiveness of national strategy documents and incentive schemes, and higher-education initiatives aimed at developing relevant competencies. Findings generate policy recommendations to strengthen education-employment alignment, accelerate digital-infrastructure investment and mainstream cybersecurity standards, while offering managers a roadmap for human-capital transformation, data-governance strategies and integrated value-chain solutions. By expanding the perspective to include economic, social and environmental dimensions, this study seeks to contribute to a holistic understanding of Industry 4.0's multifaceted impacts.

Keywords: Industrial Revolution, Industry 4.0, Technology.

1. GİRİŞ

İnsanlık tarihi boyunca üretim süreçleri, teknolojik ilerlemelerle birlikte köklü dönüşümler geçirmiştir. Bu dönüşümler, genellikle "Sanayi Devrimleri" olarak adlandırılan belirli dönemlerde yoğunlaşmış ve sadece üretim yöntemlerini değil, aynı zamanda toplum yapılarını, istihdam biçimlerini ve küresel ekonomiyi yeniden şekillendirmiştir. Her sanayi devrimi, kendinden önceki dönemin temelleri üzerine inşa edilmiş; ancak her biri farklı bir teknolojik sıçrama ile yeni üretim paradigmasını doğurmuştur (Zeybek & Yıldız, 2019; Ayboğa & Görmüş, 2022). Günümüzde, Dördüncü Sanayi Devrimi veya Endüstri 4.0 olarak adlandırılan yeni bir aşama yaşanmaktadır. Bu aşama, önceki devrimlerin dijital ve bilgi teknolojileri temellerini alarak fiziksel, sayısal ve biyolojik alanlar arasındaki çizgileri bulanıklaştırmakta ve siber-fizyolojik sistemler, yapay zekâ, büyük veri analitiği, nesnelerin interneti ve otomasyon gibi teknolojilerle karakterize edilmektedir.

Bu makale, sağlanan kaynaklar çerçevesinde, Sanayi Devrimlerinin tarihsel gelişimini, bu devrimlerin üretim modellerinde yarattığı değişimleri ve her aşamada teknolojinin üstlendiği kritik rolü incelemeyi amaçlamaktadır. Özellikle Endüstri 4.0'ın getirdiği akıllı üretim, kişiselleştirme, değişen işgücü nitelikleri, esnek çalışma modelleri ve örgüt tasarımı üzerindeki etkileri detaylandırılacaktır. Ayrıca, bu küresel dönüşüm sürecinde Türkiye'nin durumu ve karşılaştığı zorluklar da kaynaklar ışığında değerlendirilecektir.

2. SANAYİ DEVRİMLERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ VE ÜRETİM MODELLERİNDEKİ DEĞİŞİM

2.1. Sanayi ve Sanayileşme Kavramı

Türk Dil Kurumu'na göre sanayi; "işletmelerin büyüklükleri, teknolojik yenilikleri uygulama biçimleri ve hukuki durumları ne olursa olsun gerçekleştirdikleri bütün ekonomik faaliyetleri" ifade etmektedir. Sanayileşme ise "bir ülkenin ekonomik faaliyetlerinin merkezinin sanayi sektörüne doğru kayması, başka bir ifadeyle milli gelir içinde sanayi sektörünün payının giderek yükselmesi; üretimde makinelerin artan kullanımı, işin rasyonelleştirilip bölünerek kitlesel üretime geçilmesi ve işçi sınıfının ortaya çıkmasıyla birlikte sınıfsal ilişkilerin belirginleşip derinleşmesini içeren karmaşık bir toplumsal dönüşüm süreci" olarak açıklanmaktadır (TDK, 2019).

Sanayinin gelişim evreleri; zaman dilimi, sektörler ve coğrafi bölgelere göre değişiklikler göstermiştir. İlk aşama, 1780-1880 yılları arasında Britanya'nın liderliğinde pamuk, kömür, demiryolu ve demir madenciliği sektörlerinde gerçekleşmiştir. İkinci aşama ise 1880-1950 yılları arasında çelik, elektrik, kimya, otomotiv ve petrol sektörlerinde Amerika Birleşik Devletleri ile Almanya'nın öncülüğünde yaşanmıştır. Üçüncü aşama, 1950 sonrasında 2000 yılına kadar bilgi ve iletişim teknolojileri alanında. Bu süreçte, mikroelektronik devrim ve yazılım gelişmeleri belirleyici olmuştur (Kaygın vd., 2019).

2.2. Birinci Sanayi Devrimi (Endüstri 1.0)

Endüstri 1.0 öncesi dönemde insanlar temel geçim kaynakları olarak tarım ve el işçiliğine dayanan üretim faaliyetlerini sürdürmekteydi. Bu dönemde üretim, evlerde ya da küçük atölyelerde gerçekleşir, ürünler belirli standartlara göre değil, zanaatkarın kişisel becerisine bağlı olarak şekillenirdi. Mesleki bilgiler ustadan çırağa veya aile içinde nesilden nesile aktarılırdı. Kas gücü ve bireysel yetenekler, üretim sürecinin temel unsurlarıydı. İnsanlık, 18. yüzyıl sonlarında buhar gücü ve motorla çalışan makinelerin icadı ile Birinci Sanayi Devrimi'ni yaşadı. Bu devrimin temel özelliği makineleşmeydi. Bu yeniliklerle birlikte kumaş üretim yöntemleri dönüşmüş, küçük atölyelerin yerini fabrikalar almıştır. Yeni makineler sayesinde üretim süreci önceki dönemlere kıyasla daha hızlı ve ekonomik hale gelmiştir. İlk Sanayi Devrimi, yüksek işçilik maliyetleri ve ucuz enerji gibi faktörler nedeniyle ilk olarak İngiltere'de ortaya çıkmıştır. Üretimde verimlilik artışı sağlamak için insan gücü yerine enerji kullanımı gerekliliği, bu süreci hızlandıran faktörlerden biridir. Bir diğer sebep ise icatlardan elde edilen gelirin piyasa koşullarına bağlı olmasıdır. Büyük Britanya'nın büyük madencilik sektörü pazarı bulunması, buluşları daha kârlı hale getiriyordu. Ayrıca Büyük Britanya'da mucitlerin haklarını koruyan patent yasaları bulunması, yeniliklerin hızını artırmıştır (Durmaz, 2025).

2.3. İkinci Sanayi Devrimi (Endüstri 2.0)

1870'li yıllardan itibaren üretim, ekonomi ve toplumsal yapının yeniden şekillenmesiyle başlayan ve 1970'li yıllara kadar süren dönemdir. Bu uzun süreçte, siyasi sistemlerde büyük dönüşümler yaşanmış, ekonomik yapı yeniden düzenlenmiş ve toplumdaki statü ilişkileri yeniden şekil kazanmıştır. Çelik ve elektrik kullanımının yaygınlaşmasıyla üretimde gerçekleşen yenilikleri ifade eden dönem, Avrupa'da ekonomik, siyasal ve sosyal değişimlerin gerçekleşmesine zemin hazırlamıştır. Bu devrimle birlikte üretim süreçleri

modernize olmuş, yönetim faaliyetleri daha karmaşık ve çeşitli hale gelmiş ve "tekno-bürokrasi" olarak adlandırılan yeni bir sosyal grup ortaya çıkmıştır (Balcı, 2022).

2.4. Üçüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 3.0)

İkinci Sanayi Devrimi'yle ortaya çıkan organize üretim sistemleri, esas olarak iş bölümü ilkesine ve insan merkezli yönetim anlayışlarına dayanıyordu; bu çerçeve 1970'lere dek hem yönetim bilimlerinde hem de makine endüstrisinde sürekli geliştirilerek sürdü. 1970 sonrası dönemi kapsayan süreç ise genel kabul gören biçimiyle Üçüncü Sanayi Devrimi'nin hâkimiyetine işaret eder. İki dünya savaşının tetiklediği ihtiyaçlar ile bilgi ve imalat alanındaki dönüşümler, fabrikalarda Programlanabilir Mantıksal Kontrolörlerin (PLC) geliştirilmesiyle karşılanmış, böylece otomasyon sayesinde üretim verimliliği arttırılmıştır. Önceki devrimlerde makinelerin mekanik gücü ve sonrasında daha büyük enerji kaynaklarıyla kurulmuş karmaşık sistemler öne çıkarken, Üçüncü Sanayi Devrimi'nde makineler işin kontrol ve kısmen yönetim aşamalarına da katılarak "akıllı makineler çağını başlatmıştır. Nasıl ki ilk iki sanayi devrimi dönemi arasında kesin bir sınır çizmek güçse, üçüncü ve dördüncü dönemler arasında da keskin bir ayrım yerine belirgin bir geçişkenlik söz konusudur (Arkan, 2018).

2.5. Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0) ve Üretim Modellerindeki Dönüşüm

Üç sanayi devrimi boyunca dikkate değer sonuçlardan biri, doğal kaynakların hızla tükenmesi ve sürdürülebilirlik yaklaşımının öne çıkmasıdır. Almanya'daki endüstriyel dönüşüm incelendiğinde, bugün yaşanan yeni aşamaya neden "Endüstri 4.0" adı verildiği kolayca anlaşılabilir. 2011'de Almanya Eğitim ve Araştırma Bakanlığı'nın ülkelerin gelecekteki kalkınmasını desteklemek ve kalıcı hâle getirmek amacıyla yürüttüğü "Yüksek Teknoloji Stratejisi 2020'nin Gelecek Projeleri" kapsamında yayımlanan çalışmalar; karbon salınımının azaltılması, çevre dostu ve akıllı şehirlerin kurulması, yenilenebilir enerji kullanımı ve akıllı şebekelere geçiş gibi gündelik yaşamla iç içe konulara odaklanmıştır. Bu projelerden biri de Almanca "Industrie 4.0" olarak adlandırılmış ve kavram ilk kez 2011 Hannover Fuarı'nda dile getirilmiştir (Yüksekbilgi & Çevik, 2018).

Esnek planlama, kendi kendini yöneten robot-makineler, gelişmiş sensör sistemleri gibi yenilikler sayesinde üretim yöntemleri, ürün çeşitliliği ve kalite anlayışı köklü biçimde değişmektedir. Bununla birlikte, internet kullanımının kapsamının olağanüstü genişlemesi, giderek karmaşılaşan veri toplama yöntemleri ve bilgi-iletişim teknolojileri, bilgi temelli ekonomide de dönüşüme yol açmaktadır. Üretim ve satış odaklı işletmeler bu değişimlere birçok bakımdan uyum sağlamak zorunda kalmıştır. Endüstri 4.0 kavramı, sanayileşme sürecindeki ülkeleri yeni stratejiler, argümanlar ve yönelimler geliştirmeye itmiştir. Endüstri 4.0, mevcut üretim teknik ve uygulamalarını bütünüyle tersine çevirecek bir yaklaşım olarak görülür. Bu yaklaşımın merkezinde, endüstriyel makinelerin yalnızca ürünü işlemekle kalmayıp, ürünün de makinelerle iletişim kurarak onlara tam olarak ne yapılacağını bildirmesi yer alır. Endüstri 4.0; insan kaynaklı hataları ortadan kaldırmayı, yapay zekâ destekli karar süreçlerini iyileştirmeyi ve çeşitli kaynaklardan gelen bilgileri farklı yöntemlerle analiz etmeyi kapsayan bütüncül bir kavram olarak değerlendirilebilir (Özkan, 2019, s. 7).

3. ENDÜSTRİ 4.0'IN TEMEL TEKNOLOJİLERİ

Endüstri 4.0'ın temel teknolojileri şunlardır (Demirtaş & Kara, 2021; Özmen vd., 2019):

3.1 Yapay Zekâ (YZ)

Yapay zekâ, Endüstri 4.0'ın temel taşlarından biridir ve üretim süreçlerinde karar verme mekanizmalarını optimize etmek için kullanılmaktadır. YZ, büyük veri analizi, makine öğrenmesi ve derin öğrenme gibi tekniklerle desteklenerek, üretim hatlarında otomatikleştirilmiş kararlar alınmasını sağlar. Bu sayede, üretim süreçlerinde verimlilik artışı ve maliyet düşüşü sağlanmaktadır.

3.2. Büyük Veri Analitiği

Büyük veri analitiği, Endüstri 4.0 kapsamında, üretim süreçlerinden elde edilen büyük hacimli verilerin analiz edilerek anlamlı bilgilere dönüştürülmesini ifade eder. Bu teknoloji, üretim süreçlerinin daha iyi anlaşılmasını ve optimize edilmesini sağlar.

3.3. Nesnelerin İnterneti (IoT)

Nesnelerin İnterneti, fiziksel cihazların internet aracılığıyla birbirleriyle iletişim kurmasını sağlayan bir teknolojidir. Endüstri 4.0'da IoT sayesinde üretim ekipmanları arasında veri alışverişi sağlanarak, üretim süreçlerinin daha esnek ve verimli hale gelmesi hedeflenmektedir.

3.4. Eklemeli İmalat (3D Yazıcılar)

Eklemeli imalat, dijital tasarımların katmanlı üretim yöntemiyle fiziksel nesnelere dönüştürülmesini sağlar. Bu teknoloji, prototipleme süresini kısaltarak ürün geliştirme süreçlerini hızlandırır ve maliyetleri düşürür.

3.5. Bulut Bilişim

Bulut bilişim, üretimle ilgili verilerin internet tabanlı sistemlerde depolanarak her yerden erişilebilir hale gelmesini sağlar. Bu sayede yazılım ve veri maliyetleri azalır, sistem esnekliği artar.

3.6. Artırılmış Gerçeklik (AR)

AR, bakım, eğitim ve montaj gibi alanlarda çalışanların fiziksel ortamda dijital bilgiye erişmesini sağlar. Böylece hata oranı azalırken verimlilik artar.

3.7. Simülasyon

Simülasyon teknolojisi, fiziksel süreçlerin dijital ikizlerini oluşturarak sistemlerin önceden test edilmesini mümkün kılar. Bu da planlama hatalarının önüne geçilmesine yardımcı olur.

3.8. Siber-Fiziksel Sistemler

Siber-fiziksel sistemler, fiziksel ve dijital bileşenlerin entegre çalıştığı akıllı sistemlerdir. Bu yapı sayesinde üretim süreçleri kendi kendini izleyen, öğrenen ve tepki veren bir yapıya dönüşür.

4. İŞGÜCÜ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

İşgücü üzerindeki etkileri aşağıda açıklanmıştır (Özışık & Şahin, 2022; Kabakçı, 2023):

4.1. Teknolojik İşsizlik ve Değişen İşgücü Niteliği

Endüstri 4.0 ile otomasyonun artması, bazı mesleklerin ortadan kalkmasına ve teknolojik işsizliğin yükselmesine neden olmaktadır. Bu durum, işgücünün daha yüksek becerilere sahip olmasını ve sürekli öğrenmeyi gerektirmektedir.

4.2. Yeni Yetkinlikler ve Emegın Yeniden Vasıflandırılması

Dijitalleşme, işgücünün yeni teknolojilere uyum sağlamasını ve dijital yetkinlikler kazanmasını zorunlu kılmaktadır. Bu süreçte, çalışanların yeniden eğitilmesi ve vasıflandırılması önem kazanmaktadır.

4.3. Çalışma Modellerindeki Değişim

Endüstri 4.0, esnek çalışma modellerinin yaygınlaşmasına ve platform ekonomisinin gelişmesine katkı sağlamaktadır. Bu değişim, geleneksel çalışma saatlerinin ve mekânlarının dışında yeni çalışma biçimlerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

4.4. Güvencesizlik

Yeni çalışma modelleri, çalışanlar için sosyal güvenlik ve iş güvencesi konularında belirsizlikler yaratmaktadır. Bu durum, özellikle platform çalışanları için güvencesiz çalışma koşullarını beraberinde getirmektedir.

4.5. İşçi Denetimi

Dijital teknolojiler, çalışanların performansının sürekli izlenmesini ve denetlenmesini mümkün kılmaktadır. Bu durum, çalışanlar üzerinde baskı oluşturabilirken, aynı zamanda verimliliği artırma potansiyeli de taşımaktadır.

4.6. Sendikalar ve Yeni Örgütlenme Modelleri

Endüstri 4.0, sendikaların geleneksel örgütlenme modellerini sorgulamalarına ve dijitalleşme sürecine uyum sağlamalarına neden olmaktadır. Sendikalar, dijital platformlar aracılığıyla yeni örgütlenme stratejileri geliştirmektedir.

5. ÖRGÜT TASARIMI VE YÖNETİMİNDEKİ DEĞİŞİMLER

Örgüt tasarımı ve yönetimindeki değişimler aşağıdaki gibidir (Özmen vd., 2019):

5.1. Örgüt Yapılarında Esneklik ve Değişim

Endüstri 4.0, örgütlerin daha esnek ve adaptif yapılar benimsemelerini zorunlu kılmaktadır. Bu esneklik, hızlı değişen piyasa koşullarına ve teknolojik gelişmelere uyum sağlamak için gereklidir.

5.2. Yeni Örgüt Yapıları

Dijitalleşme, örgütlerde yatay ve ağ tabanlı yapıların önemini artırmıştır. Bu yeni yapılar, bilgi akışını hızlandırmakta ve karar alma süreçlerini daha katılımcı hale getirmektedir.

5.3. Yönetim ve Hiyerarşi

Geleneksel hiyerarşik yönetim anlayışı, yerini daha demokratik ve dağıtık liderlik modellerine bırakmaktadır. Bu değişim, çalışanların karar alma süreçlerine daha fazla katılımını teşvik etmektedir.

5.4. Adaptasyon ve Direnç

Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde, örgütlerin adaptasyon yetenekleri kadar değişime karşı gösterdikleri direnç de önemlidir. Başarılı bir dönüşüm için, örgüt kültürünün değişime açık olması gerekmektedir.

5.5. Bilgi Paylaşımı

Dijital teknolojiler, örgüt içi bilgi paylaşımını kolaylaştırmakta ve hızlandırmaktadır. Bu durum, örgütlerin daha yenilikçi ve rekabetçi olmalarını sağlamaktadır.

6. TEKNOLOJİ KABULÜ VE BENİMSENMESİ

İnsanların yeni teknolojileri neden kabul ettiğini anlamak hem uygulayıcılar hem de araştırmacılar için ortak bir sorudur. Kullanıcıların yeni teknolojilere karşı tepkilerini tasarlamak, değerlendirmek ve tahmin etmek için bir dizi model ve çerçeve geliştirilmiştir. Bu modeller, temelde kişilerin teknoloji konusundaki inanç ve algılarının, kullanım davranışları üzerine etkilerini öngörmeye yöneliktir.

6.1. Teknoloji Kabulünü Etkileyen Faktörler:

Teknoloji kabulünü etkileyen faktörler aşağıda açıklanmıştır (Taşçı & Köse, 2022; Venkatesh vd., 2003; Öztürk & Arslan, 2020):

6.1.1. Algılanan Fayda (Perceived Usefulness)

Bir sistemi kullanmanın iş performansını artıracağına yönelik inançtır. Davranışsal niyeti doğrudan etkiler. TKM'nin temel belirleyicilerindendir.

6.1.2. Algılanan Kullanım Kolaylığı (Perceived Ease of Use)

Bir sistemi kullanmanın çabasız olacağına yönelik inançtır. Tutumun belirleyicilerindendir. TKM'nin temel belirleyicilerindendir. Çaba beklentisi (effort expectancy) ile benzerdir ve kullanım niyetini etkiler. Algılanan kullanım kolaylığı, sağlık hizmetlerinde yapay zekâ teknolojilerinin kabulünde güveni doğrudan etkileyen en önemli belirleyicidir. Yoğun iş yükü olan hekimler için teknolojinin kullanıcı dostu olması önemlidir.

6.1.3. Sosyal Etki (Social Influence)

Bireyin önemli gördüğü kişilerin sistemi kullanması veya kullanması gerektiğini düşünmesinin bireyin kendi kullanım niyetini etkilemesidir. Özne normlar (subjective norms) öğrencilerin sosyal çevre beklentilerine uyumla olumlu niyet geliştirmesini teşvik eder.

6.1.4. Kolaylaştırıcı Durumlar (Facilitating Conditions)

Bir sistemi kullanmak için gerekli altyapı, kaynak ve bilgiye sahip olunduğuna yönelik inançtır. Davranışsal kontrol ve uygunluk değişkenlerinden esinlenilmiştir. Kullanım davranışına doğrudan etki eder.

6.1.5. Teknolojik Yatkınlık (Technological Propensity)

Kişinin teknolojiye yönelik genel tutumunu ifade eden bir kavramdır. Dört boyutu vardır: yenilikçilik, iyimserlik, rahatsızlık, güvensizlik. Teknolojiye yatkınlığı yüksek olan bireylerin (özellikle teknolojiyle ilgili bir işte çalışan 50 yaş altı erkekler) teknolojiyi kabul etmeye daha hazır olduğu gözlemlenmiştir. Yatkınlık boyutları, algılanan fayda ve kullanım kolaylığı gibi TKM değişkenleri ile satın alma eğilimi gibi sonuçlar arasındaki ilişkide düzenleyici (moderating) bir etkiye sahip olabilir. İyimserlik ve yenilikçilik düzeyi düşük olan kişilerde algılanan fayda ile davranışsal eğilim arasındaki ilişki daha kuvvetliken, bu düzey arttıkça ilişki zayıflamaktadır.

6.1.6. Güven (Trust)

Özellikle sağlık gibi kritik alanlarda yapay zekâ teknolojilerinin kabulünde önemli bir rol oynar. Güvenin, hekimlerin yapay zekâ teknolojilerini kullanma niyetleri üzerinde anlamlı bir etkisi olduğu bulunmuştur. Yapay zekânın güvenilir ve doğru şekilde kullanılabileceğine inanan uygulayıcıların olumlu niyet geliştirme olasılığı daha yüksektir. Güven düzeyi, bireyin risk üstlenmeye ne kadar istekli olduğunun derecesini ifade eder. Sağlık profesyonelleri, hasta yaşamı ve sağlığı üzerindeki olası riskler konusunda endişe duyabilirler. Aşırı veya körü körüne güvenin tehlikeli olabileceği endişesi de dile getirilmektedir. Güven, Teknoloji Kabul Modeli ve Planlı Davranış Teorisi ile incelendiğinde, hekimlerin sistemi kullanma niyetleri üzerindeki aracı (mediator) etkisinin anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır.

6.1.7. Kişisel Özellikler, İnançlar ve Tutum

Kişisel özellikler, inançlar (örn. riske karşı tutum) ve tutumlar (örn. teknolojiye karşı olumlu/olumsuz düşünceler) teknoloji kabulünü etkileyebilir. Algılanan fayda ve kullanım kolaylığı tutumun belirleyicileridir. Tutum, duygu, düşünce ve davranışa yönelik üç boyutu içerir. Deneyim, algılanan kullanım kolaylığı üzerindeki etkileriyle TKM'yi geliştirebilir.

6.1.8. Değişime Direnç

Birey ve örgüt yapısında genel bir olgu olup teknoloji kabulünü engelleyebilir.

6.1.9. Marka Kredibilitesi

Teknolojik ürün satın alma davranışında etkili olabilir. Algılanan fayda ve kullanım kolaylığı aracılığıyla satın alma eğilimini etkileyebilir.

6.2. Teknoloji Kabul Modelinin Genişletilmesi ve Uygulanması

TKM, tüketicilerin teknolojik ürün satın alma davranışını açıklamada temel model olarak ele alınmıştır. Modelde eksiklikler olduğu tespit edilmiş ve bu eksiklikleri gidermek amacıyla genişletilmeye çalışılmıştır. Marka güvenilirliği ve teknolojik yatkınlık (boyutlarıyla birlikte) TKM'ye eklenen önemli değişkenlerdir. Bu genişletilmiş model, satın alma eğilimini öngörmek üzere uyarlanmıştır (modeldeki kullanma eğilimi yerine satın alma eğilimi bağımlı değişken olarak kullanılmıştır). Yapılan bir çalışmada, marka güvenilirliği ve teknolojik yatkınlık boyutlarının eklendiği genişletilmiş TKM'nin, tüketicinin satın alma eğilimini öngördüğü düşünülse de yol analizinde algılanan kullanım kolaylığı ve algılanan faydadan satın alma eğilimine doğrudan anlamlı bir yol bulunamamıştır. Ancak, marka güvenilirliğinin satın alma eğilimini, algıladığı faydayı ve algıladığı kullanım kolaylığını doğrusal olarak etkilediği tespit edilmiştir. Teknolojik yatkınlığın boyutlarının, marka güvenilirliği ile algılanan fayda ve kullanım kolaylığı arasındaki ilişkide düzenleyici etkisi olabileceği önerilmiştir. Modelin uyumunun iyi olduğu gözlemlenmiştir. Bu genişletme, modelin kavramsal katkısı olarak değerlendirilmektedir. Tüketicinin algıladığı risk, teknolojik ürün satın alma davranışını etkileyen, ancak geleneksel ürünlerden farklılaşan bir faktördür (Öztürk & Arslan, 2020, s. 68).

7. ENDÜSTRİ 4.0 DÖNÜŞÜMÜ VE TÜRKİYE

Türkiye Cumhuriyeti de Endüstri 4.0 dönüşüm sürecinde yer almaktadır. Mevcut teknolojilerini geliştirebilmek ve Endüstri 4.0 teknolojilerini uygulayabilmek adına "Dijital Türkiye Yol Haritası" dahilinde çalışmalar sürdürülmektedir. Bunun yanı sıra, 2018'de "100 Günlük Eylem Planı" kapsamında pek çok bakanlıkla beraber sürdürülen projeler bulunmaktadır. Bu projelerden bazıları arasında dijital dönüşüm ve yetkinlik merkezleri olan model fabrikaların hizmete açılması yer almaktadır (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018, s. 12).

Dönüşümün ilk amacı, milli teknoloji hamlesini gerçekleştirebilmek adına sanayinin teknolojik dönüşüm sürecini yerine getirmek, tasarım ve yenilikçilik kapasitesini yükselterek nitelikli insan kaynağını geliştirmektir. Bu doğrultuda belirlenen hedefler arasında, sanayinin dijital dönüşümünde sürdürülebilirliğin sağlanması, dönüşümün hızlandırılması ve imalat endüstrisinin rekabet gücünün artırılması yer alır. Ayrıca, imalat sektöründe ağırlıklı bir şekilde yüksek teknoloji ürün ve malların üretildiği, nitelikli işgücünün olduğu, toplum ve çevreye duyarlı bir sanayi oluşturulabilmesi adına kümelenme girişimleri desteklenecektir. Bilimsel alanlarda gelişmiş çalışma ve araştırmaların gerçekleştirilmesi ve küresel çapta değer üretmeleri hedeflenmektedir. Teknoloji standartlarının geliştirilmesi ve yenilenmesine aktif bir şekilde katkı sağlanmalıdır (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019, s. 24).

Ancak dönüşüm sürecinde bazı zorluklar da mevcuttur. Kaynak yetersizliğinden dolayı ileri teknoloji uygulamalarına yeterince yer verilememiş olabileceği düşünülmektedir. Bazı firmaların dijital dönüşüm sürecinin önünde ciddi engeller olduğu belirtilmiştir. Teknoloji kullanıcısı firmalar yerli tedarikçilerin bulunmadığını belirtirken, teknoloji tedarikçisi işletmeler talep azalmasını önemli bir problem olarak görmektedir. Bu durum, teknolojinin talep ve arzı arasında bulunan kopukluğun bir göstergesidir. Firmaların bir kısmı henüz yatırım öncesi dönemde veya planlama döneminde bulunmaktadır. Dijital rekabette kalıcı olmak için imalat sektöründe yüksek teknoloji ürün üretimi, nitelikli işgücü ve kümelenme girişimlerinin desteklenmesi gibi adımlar önerilmektedir. Olgunluk modeli değerlendirmelerinde, bazı işletmelerin dijitalleşmeye yönelik teknoloji yatırımları yaptığı ancak bazılarının bilgi ve kaynak yetersizliği nedeniyle bu uygulamalara yer veremediği saptanmıştır. İşletmeler, Endüstri 4.0'a hazırlık seviyelerini değerlendirmek için öz değerlendirme modelleri geliştirmekte ve kullanmaktadır. Bu modeller, işletmelerin hazırlık durumlarını en az hazır ve en hazır olarak değerlendirir ve iyileştirme önerileri sunar. Müşterilerden elde edilen geri bildirimlerin işletmenin stratejisi açısından teknoloji yatırımlarını etkilediği ve bu yönde yatırımlara karar verildiği kanısı hakimdir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2021, s. 18).

8. ENDÜSTRİ 4.0'IN ETİK BOYUTLARI VE TOPLUMSAL ETKİLERİ

Dördüncü Sanayi Devrimi, yalnızca teknolojik bir dönüşüm süreci değil, aynı zamanda derin etik ve toplumsal sonuçlar doğuran bir paradigma değişimidir. Bu dönüşümün bireyler, kurumlar ve toplumlar üzerindeki etkileri, teknolojinin tarafsız olmadığı ve değer yüklü sonuçlar doğurduğu gerçeğini bir kez daha gündeme getirmektedir.

8.1. Veri Güvenliği ve Mahremiyet

Endüstri 4.0 teknolojileri—özellikle yapay zekâ, nesnelerin interneti ve büyük veri uygulamaları—bireylere ait verilerin toplanmasını, analiz edilmesini ve paylaşılmasını mümkün kılmaktadır. Bu durum, veri güvenliği ve bireysel mahremiyetin korunması sorununu beraberinde getirmiştir. KVKK (6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu) ve Avrupa Birliği Genel Veri Koruma Tüzüğü (GDPR) gibi düzenlemeler, bireylerin rızası olmadan veri toplanmasını yasaklasa da teknolojik sistemlerin karmaşıklığı çoğu zaman şeffaflığı zorlaştırmaktadır (Demirtaş & Kara, 2021).

Endüstri 4.0'ın sunduğu fırsatların yanı sıra, siber saldırı riski de artmıştır. Fabrika otomasyonları, tedarik zinciri sistemleri ve dijital platformlar siber güvenlik açıklarına karşı kırılgan hâle gelmiştir. Bu durum, sadece veri ihlali değil, üretim ve yaşam güvenliği açısından da ciddi sonuçlar doğurabilecek etik bir risk alanı oluşturmaktadır.

8.2. Algoritmik Önyargılar ve Karar Alma Mekanizmaları

Yapay zekâ sistemlerinin karar alma süreçlerinde daha fazla kullanılması, beraberinde algoritmik önyargı (bias) sorununu getirmektedir. Özellikle insan kaynakları, kredi değerlendirme, hukuk ve güvenlik alanlarında kullanılan algoritmaların eğitildiği veri setlerinin tarihsel önyargıları yansıtmaması, sistematik ayrımcılığı kalıcılaştırabilir (Yıldız, 2020).

Bu bağlamda öne çıkan bir diğer sorun da hesap verebilirlik (accountability) meselesidir. Otonom üretim sistemlerinin bir hata yapması durumunda, sorumluluğun geliştiriciye mi, kullanıcıya mı yoksa algoritmaya mı ait olacağı sorusu hâlen tartışmalıdır. Bu durum, etik ve hukuki açıdan netlik gerektiren bir alandır.

8.3. Dijital Uçurum ve Eşitsizlikler

Endüstri 4.0 teknolojileri büyük bir potansiyel barındırmakla birlikte, bu potansiyelden yararlanabilme imkânları toplumsal düzeyde eşit dağılmamaktadır. Özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasındaki dijital altyapı farkları, teknolojiye erişim olanaklarını büyük ölçüde etkilemektedir. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde bölgesel farklılıklar, kırsal alanlardaki internet erişim sorunları, eğitim düzeyindeki eşitsizlikler ve ekonomik imkânlar dijital dönüşümde dezavantaj yaratmaktadır (Gündüz, 2020).

Dijital uçurum yalnızca ülkeler arasında değil; aynı zamanda bireyler arasında da gözlemlenmektedir. Eğitim düzeyi düşük bireylerin, yaşlıların ve düşük gelir grubuna mensup kişilerin dijital araçları kullanma becerileri sınırlı kalmakta, bu da iş gücüne katılım ve hizmetlere erişim gibi temel alanlarda eşitsizlik üretmektedir. Sonuç olarak, teknolojinin eşitsizlikleri azaltma değil, tersine derinleştirme potansiyeli olduğuna dair eleştiriler artmaktadır (Aksu & Demir, 2022).

8.4. Emek ve İnsan Hakları

Endüstri 4.0 ile yükselen platform ekonomisi, serbest zamanlı çalışma, gig iş modelleri ve uzaktan çalışma gibi uygulamalar, esneklik açısından fırsatlar sunsa da güvencesizliğin kurumsallaşması gibi tehlikeleri de beraberinde getirmektedir. Geleneksel istihdam ilişkilerinden farklı olarak, bu yeni modellerde sosyal güvenlik hakları, örgütlenme özgürlüğü ve iş güvencesi gibi haklar ya kısıtlıdır ya da tamamen ortadan kalkmıştır (Yıldız, 2020).

Ayrıca, dijital denetim araçlarının yaygınlaşmasıyla birlikte çalışanların sürekli izlenmesi, performans dayalı algoritmik yönetim sistemleri gibi uygulamalar etik kaygıları artırmaktadır. Bu bağlamda çalışan haklarının korunması, işyerinde dijital gözetimin sınırlarının çizilmesi ve sendikal örgütlenmenin dijital çağa uyarlanması elzem hâle gelmiştir (Şener & Koç, 2023).

8.5. Etik Kodlar ve Regülasyon İhtiyacı

Endüstri 4.0 sürecinde yaşanan hızlı değişim, mevcut yasal ve etik düzenlemelerin çoğu zaman yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Avrupa Komisyonu tarafından 2019 yılında yayımlanan “Güvenilir Yapay Zekâ İçin Etik İlkeler” dokümanında; insan otonomisine saygı, adalet, açıklık, mahremiyet, güvenlik ve hesap verebilirlik gibi temel ilkeler belirlenmiştir. Ancak bu ilkelerin uygulanabilirliğini sağlayacak yasal bağlayıcılık hâlâ çoğu ülkede zayıftır.

Türkiye’de ise bu alandaki yasal düzenlemeler sınırlı kalmakta; yapay zekâ, veri analitiği ve dijital gözetim gibi alanlarda bütüncül bir regülasyon çerçevesi henüz oluşturulmamıştır. Akademik çevreler, kamu otoriteleri ve özel sektör arasında etik farkındalık ve iş birliği mekanizmalarının güçlendirilmesi gerektiğini savunmaktadır (Yılmaz, 2021).

Özetle, Endüstri 4.0 yalnızca üretim teknolojilerinde bir yenilik değil, aynı zamanda toplumsal yapılar üzerinde dönüştürücü etkileri olan bir paradigmadır. Bu dönüşümün etik boyutları—mahremiyetin korunması, eşitsizliklerin azaltılması, insan haklarının gözetilmesi ve algoritmaların şeffaflığı—hem kuramsal hem de uygulamalı düzeyde yoğun tartışmalar doğurmaktadır. Türkiye’nin bu süreçte etkin bir aktör olabilmesi, sadece teknolojiyi ithal etmekle değil, etik ve sosyal boyutları dikkate alan bir dijital dönüşüm modeli geliştirmekle mümkün olacaktır.

9. SONUÇ

Sanayi devrimleri, buhar makinesinden elektriğe, otomasyondan siber-fiziksel sistemlere uzanan teknolojik gelişmelerin rehberliğinde, üretim modellerini el emeğinden makineleşmeye, kitle üretiminden esnek ve kişiselleştirilmiş üretime doğru temelden değiştiren tarihi süreçlerdir. Endüstri 4.0, yapay zekâ, büyük veri analitiği, eklemeli imalat, bulut bilişim gibi ileri teknolojilerle bu evrimi hızlandırmakta, üretim süreçlerini daha esnek, hızlı ve verimli hale getirirken, iş modellerini ve örgüt yapılarını köklü biçimde dönüştürmektedir. Akıllı değer zincirleri ve uyarlanabilir modeller bu yeni dönemin öne çıkan özellikleridir.

Bu teknolojik dönüşümün işgücü üzerindeki etkileri karmaşıktır. Bir yandan dijital üretim süreçlerinin teknolojik işsizlik potansiyeli ve vasıfsız işlerin azalması endişesi gündeme gelirken, diğer yandan yeni iş alanları ortaya çıkmakta ve dijital okuryazarlık, bilişsel yetenekler, değişime uyum, hızlı iletişim, takım çalışması gibi yeni ve üst düzey yetkinliklere sahip nitelikli işgücüne olan talep artmaktadır. Emeğin yeniden vasıflandırılması, eğitim yoluyla bu süreçte kritik bir rol oynamaktadır. Çalışma modelleri esnekleşmekte, uzaktan çalışma ve sanal takımlar yaygınlaşmaktadır, ancak bu durum güvencesizliği de beraberinde getirebilir. Teknolojinin artmasıyla işçi denetimi de sıkılaşmaktadır ve algoritmik yönetim ön plana çıkmaktadır. Sendikalar gibi işçi temsilciliklerinin de bu değişime uyum sağlaması ve dijital işçi temsilciliği gibi yeni örgütlenme modelleri geliştirmesi gerekmektedir.

Örgütler de bu dönüşümden etkilenmekte, yapıları ve yönetim biçimleri değişmektedir. Daha esnek, süreç veya proje tabanlı, matris ve hibrit yapılar yaygınlaşmakta, çalışan ve yönetim kademe sayılarının azalması öngörülmektedir. Değişime uyum sağlayabilmek için çalışanların teknoloji ve örgütle uyumu büyük önem taşımaktadır. Değişime direnç yönetilmesi gereken önemli bir olgudur.

Teknoloji kabulü ve benimsenmesi, bu dönüşümün başarısı için hayati öneme sahiptir. TKM, PDT, UTAUT gibi modeller, bireylerin algıladığı fayda, kullanım kolaylığı, sosyal etki, kolaylaştırıcı durumlar, teknolojik yatkınlık ve güven gibi faktörlerin teknoloji kullanım niyetini ve davranışını nasıl etkilediğini anlamak için geliştirilmiştir. Özellikle sağlık gibi kritik alanlarda güven, yapay zekâ teknolojilerinin kabulünde belirleyici bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Teknolojik yatkınlık ve marka güvenilirliği gibi ek faktörler, teknoloji

kabul modellerinin teknolojik ürün satın alma davranışı gibi farklı bağlamlara uyarlanması için araştırılmaktadır.

Türkiye'de de "Dijital Türkiye Yol Haritası" gibi girişimlerle Endüstri 4.0'a geçiş süreci desteklenmektedir. Milli teknoloji hamlesi, nitelikli insan kaynağının geliştirilmesi, yüksek teknolojlili üretime geçiş ve kümelenmelerin desteklenmesi hedeflenmektedir. Ancak, kaynak yetersizliği, talep/arz dengesizliği ve yatırım öncesi aşamada olma gibi zorluklar mevcuttur.

Genel olarak, sağlanan kaynaklar, sanayi devrimlerinin ardışık teknolojik ilerlemelerle üretimde radikal değişimlere yol açtığını, Endüstri 4.0'ın bu süreci ileri dijital teknolojilerle derinleştirdiğini ve bu dönüşümün sadece üretim tekniklerini değil, aynı zamanda işgücünü, örgütleri ve bireylerin teknolojiyle ilişkisini kapsayan kapsamlı bir paradigma değişimi olduğunu göstermektedir. Bu dönüşümün getirdiği potansiyelden tam olarak yararlanabilmek için bireylerin, işletmelerin ve devletin sürekli öğrenmeye, uyum sağlamaya ve gerekli altyapı ile düzenlemeleri oluşturmaya odaklanması gerekmektedir.

Gelecekteki çalışmalar, teknoloji kabul modellerinin gerçek kullanım bağlamında test edilmesini, farklı sektörler veya uzmanlık alanları özelinde (örneğin tıp alanında radyoloji ve aile hekimliği arasındaki farklılıklar gibi) incelenmesini, farklı kültürlerdeki kabul niyetindeki farklılıkların anlaşılması için kültürler arası çalışmalar yapılmasını ve hekimlerin uzmanlığı, iş yükü ve farkındalığı gibi düzenleyici faktörlerin beklenti, algılanan risk, güven ve YZ kullanımı arasındaki ilişkideki rollerinin anlaşılmasını inceleyebilir. Ayrıca, dijital dönüşümün önündeki engellerin erken belirlenmesi yoluyla kuruluşların YZ yatırımlarını iyileştirme potansiyeli de mevcuttur.

KAYNAKÇA

- Aksu, M., & Demir, A. (2022). Sanayi devrimlerinin karşılaştırmalı analizi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(1), 1–18.
- Arkan, Ö. (2018). *Endüstri 4.0 kavramı ve Endüstri 4.0 dönüşümünün üretim maliyetlerine etkisi üzerine bir vaka çalışması: Bebek bezi üretimi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Arel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Ayboğa, H., & Görmüş, L. (2022). Endüstri 4.0 – Türkiye'nin durumu ve yapılması gerekenler. *Marmara Sosyal Araştırmalar Dergisi (MARUSAD)*, (17), 82–98.
- Balcı, B. (2022). *Endüstri 4.0 emeğin niteliğini nasıl değiştirmektedir: Türkiye'de Endüstri 4.0 teknolojilerinin uygulandığı işletmelerde nitel bir araştırma* (Yayımlanmamış doktora tezi). Kırklareli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kırklareli.
- Çirkin, E., & Özdaoğlu, A. (2021). Endüstri 4.0 bünyesindeki otonom robotların sürdürülebilirlik perspektifleri açısından değerlendirilmesi. *Erciyes Akademi*, 3(2), 1535–1550.
- Demirtaş, E., & Kara, H. (2021). Endüstri 4.0 ve dijital dönüşüm süreci: Türkiye örneği. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 45(3), 112–128.
- Doğan, O., & Baloğlu, N. (2020). Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık ölçeği. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 22(38), 58–81.
- Durmaz, E. (2025). *Dönüşümcü liderliğin performans üzerindeki etkisinde Endüstri 4.0'ın rolü* (Yayımlanmamış doktora tezi). Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Zonguldak.
- Gündüz, H. B. (2020). Endüstri 4.0'ın işgücü piyasasına etkisi ve geleceği. *İktisadi, İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi*, 5(2), 70–85.
- Kabakçı, A. (2023). Endüstri 4.0 ve platform çalışma: Niteliği, fırsatları ve zorlukları bağlamında bir değerlendirme. *Bitlis Eren Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 1(1), 13–23.
- Kaygın, E., Zengin, Y., & Topçuoğlu, E. (2019). Endüstri 4.0'a akademik bakış. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 33(4), 1065–1080.
- Kaya, M. (2021). Sanayi 4.0'da yapay zekâ ve Türkiye. *Fırat Üniversitesi İİBF Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 5(2), 63–74.
- Özışık, T., & Şahin, B. E. (2022). Endüstri 4.0 teknolojilerinin iş gücü ve işin geleceğine etkileri. *Journal of Life Economics*, 9(2), 81–96.

- Özkan, T. Ö. (2019). *A contemporary analysis of Industry 4.0 for logistics, supply-chain management and transportation* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Bahçeşehir University, İstanbul.
- Özmen, Ö. N. T., Eriş, E. D., Özer, P. S., & Zerey, H. (2019). Endüstri 4.0'a bütüncül bir yaklaşım: Örnek olay analizi ve stratejik yol haritası. *İşletme Fakültesi Dergisi*, 20(2), 499–520.
- Öztürk, M., & Arslan, A. (2020). Genişletilmiş teknoloji kabul modeli: Satın alma davranışları üzerine etkileri. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(2), 60–72.
- Şener, E., & Koç, H. (2023). Endüstri 4.0 ve insan kaynakları yönetimi. *Sakarya Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 30(1), 45–60.
- Taşçı, H., & Köse, D. (2022). Teknoloji kabulü ve benimsenmesi: Sağlık sektörüne yönelik bir inceleme. *Sağlık ve Toplum Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 85–99.
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2019). *On Birinci Kalkınma Planı (2019–2023)*. Ankara.
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2018). *100 Günlük Eylem Planı*. Ankara.
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2021). *Sanayide Dijital Dönüşüm Raporu*. Ankara.
- Türk Dil Kurumu. (2019). *Güncel Türkçe sözlük*. <https://sozluk.gov.tr/>
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478.
- Yıldız, A. (2020). Endüstri 4.0 ve sendikal yapıların geleceği. *Çalışma ve Toplum Dergisi*, (67), 133–154.
- Yılmaz, R. (2021). Teknoloji kabulü modelleri üzerine eleştirel bir inceleme. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(39), 25–42.
- Yüksekbilgili, Z., & Çevik, G. Z. (2018). Endüstri 4.0 bağlamında Türkiye'nin yerine ilişkin güncel ve gelecek eksenli bir analiz. *Finans, Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(2), 422–436.
- Zeybek, H., & Yıldız, A. (2019). Endüstri 4.0 ve karanlık üretim: Genel bir bakış. *Türk Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 1–15.