



KAVRAMSAL MAKALE

Endüstri 4.0'dan Endüstri 5.0'a Geçiş: Dijital Dönüşümde Yapay Zeka ve Metaverse'in Rolü

Dr. Öğr. Üyesi Kemal Gökhan NALBANT, İstanbul Beykent Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İstanbul, e-posta: kemalnabant@beykent.edu.tr
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5065-2504>

Dr. Öğr. Üyesi Sevgi AYDIN, İstanbul Beykent Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İstanbul, e-posta: sevgiaydin@beykent.edu.tr
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9507-5448>

Öz

Endüstri 4.0'dan Endüstri 5.0'a geçiş, endüstriyel operasyonlarda önemli bir değişim anlamına gelmektedir. Endüstri 4.0 otomasyon ve veri merkezli operasyonlara öncelik verirken, Endüstri 5.0 kişiselleştirme, insan-makine işbirliği ve sürdürülebilir üretimi teşvik etmektedir. Yapay zeka (AI) bu dönüşümde çok önemli bir rol oynamakta ve karar verme, tahmine dayalı analitik ve otonom sistemleri güçlendirmektedir. Endüstri 5.0'da yapay zeka, insan yaratıcılığını otomasyonla bütünleştirerek daha akıllı ve uyarlanabilir endüstriyel süreçleri kolaylaştırır. Metaverse, insanlar, makineler ve robotlar arasında işbirliği için sürükleyici sanal ortamlar sunarak bu değişimi kolaylaştırır. Kuruluşlar, fiziksel uygulamadan önce artırılmış ve sanal gerçeklik, dijital ikizler ve simülasyonlar kullanarak dijital bir ortamda geliştirebilir ve yaratabilir. Yapay zeka ve metaverse birlikte insan merkezli ve sürdürülebilir bir endüstriyel paradigma oluşturmakta, insanlar ve makineler arasındaki ara yüzü geliştirirken yenilikçiliği ve verimliliği teşvik etmektedir. Bu çalışma, yapay zeka ve metaverse teknolojilerinin, kişiselleştirme, insan-makine iş birliği ve sürdürülebilir üretim gibi alanlarda Endüstri 5.0'a sağladığı katkıları analiz etmeyi amaçlamaktadır. Özellikle, yapay zeka uygulamaları ile sanal ve artırılmış gerçeklik (metaverse) arasındaki etkileşim ele alınarak, bu teknolojilerin yenilikçi çözümler geliştirme potansiyeli değerlendirilmektedir. Çalışma, endüstriyel süreçlerin daha verimli ve insan merkezli hale gelmesi için yapay zeka ve metaverse'in nasıl kullanılabileceğine dair bütünsel bir çerçeve sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sanal Gerçeklik (VR), Dijital Dönüşüm, Endüstri 4.0, Endüstri 5.0, Yapay Zeka.

Makale Gönderme Tarihi: 03.10.2024

Makale Kabul Tarihi: 05.01.2025

Önerilen Atıf:

Nalbant, K. G. ve Aydın, S. (2025). Endüstri 4.0'dan Endüstri 5.0'a Geçiş: Dijital Dönüşümde Yapay Zeka ve Metaverse'in Rolü, *Sosyal, Beşerî ve İdari Bilimler Dergisi*, 8(1): 41-54.



Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences

2025, 8(1): 41-54. DOI: [10.26677/TR1010.2025.1502](https://doi.org/10.26677/TR1010.2025.1502)

ISSN: 2667-422X Dergi web sayfası: www.sobibder.org



CONCEPTUAL PAPER

Transitioning From Industry 4.0 To Industry 5.0: The Role of Artificial Intelligence and The Metaverse in Digital Transformation

Assistant Prof. Dr. Kemal Gökhan NALBANT, İstanbul Beykent University, Faculty of Engineering and Architecture, İstanbul, e-mail: kemalnalbant@beykent.edu.tr

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5065-2504>

Assistant Prof. Dr. Sevgi AYDIN, İstanbul Beykent University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, İstanbul, e-mail: sevgiaydin@beykent.edu.tr

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9507-5448>

Abstract

The transition from Industry 4.0 to Industry 5.0 signifies a substantial change in industrial operations. Industry 4.0 prioritizes automation and data-centric operations, whereas Industry 5.0 promotes personalization, human-machine cooperation, and sustainable manufacturing. Artificial intelligence (AI) is pivotal in this transformation, augmenting decision-making, predictive analytics, and autonomous systems. In Industry 5.0, artificial intelligence integrates human creativity with automation, facilitating more intelligent and adaptive industrial processes. The metaverse facilitates this shift by offering immersive virtual environments for collaboration among humans, machines, and robots. Organizations may develop and create in a digital environment using augmented and virtual reality, digital twins, and simulations prior to physical implementation. AI and the metaverse are together establishing a human-centric and sustainable industrial paradigm, promoting innovation and efficiency while improving the interface between humans and machines.

Keywords: Virtual Reality (VR), Digital Transformation, Industry 4.0, Industry 5.0, Artificial Intelligence.

Received: 03.10.2024

Accepted: 05.01.2025

Suggested Citation:

Nalbant, K. G. and Aydın, S. (2025). Transitioning From Industry 4.0 To Industry 5.0: The Role of Artificial Intelligence and The Metaverse in Digital Transformation, *Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences*, 8(1): 41-54.

GİRİŞ

Facebook'un adının 'Meta' olarak değiştirilmesi dikkatleri 'meta' kavramına çekti. Bu ilkenin çeşitli uygulamaları vardır. Yunanca bir terim olan meta, başlangıçta 'ile' veya 'sonra' anlamına gelirken, günümüzde modern İngilizcede en yaygın olarak yukarıda, hakkında ve/veya ötesinde anlamında kullanılmaktadır. Örneğin, 'meta-communication' ifadesinde, meta terimi iletişimi niteleyen bir son ektir ve 'iletişim hakkında' ifadesine karşılık gelir. Meta'nın başka bir ismi nitelediği bu kullanımın örnekleri saymakla bitmez. Öte yandan, metanın herhangi bir şeyin ötesinde kullanıldığı anlamı felsefi soruları gündeme getirmektedir (Yildiz ve Bozkurt, 2023). "Metaverse" terimi, sanal bir dünya, dijital alan veya sürükleyici paralel gerçeklik olan bir 'evren' veya 'çoklu evren' kavramından türetilmiştir. Metaverse, kullanıcıların birbirleriyle kesintisiz ve gerçekçi bir şekilde etkileşime girebildiği, tamamen sürükleyici ve etkileşimli bir sanal dünyayı ifade eden bir kavramdır. Metaverse, internet, yapay zeka, sanal ve artırılmış gerçeklik gibi teknolojilerdeki ilerlemeler tarafından yönlendirilmektedir ve internette devrim yaratma potansiyeli nedeniyle metaverse, dünyanın dört bir yanındaki teknoloji devlerinden büyük ilgi ve yatırım görmektedir. Halihazırda Roblox ve Facebook gibi büyük oyuncular bu alana girmeyi planladıklarını açıkladılar. Metaverse'in mimarisi, kullanıcıların verileri ve deneyimleri üzerinde tam kontrole sahip olacağı merkezi olmayan bir ağa dayanmaktadır (Cheng, 2023).

İş açısından bakıldığında, Metaverse umut verici ticari fırsatlar ortaya koymuştur. Büyük şirketler Metaverse'i yeni bir sermaye ihracı biçimi olarak geliştirmeye odaklanırken, tüketicilerin İnternet içeriği ve etkileşim yöntemlerinin yanı sıra sanal dünyada özgürlük talepleri de sürekli artmaktadır. Hyundai Motor, BMW ve Boeing gibi birçok tanınmış şirket bu dönemde Metaverse'e katılmaya başlamıştır. İnternet devlerinin Metaverse alanına milyarlarca dolar akıtacaklarını açıklamasının ardından, oyun işletmelerinin hareketlendiği algılanmakta ve büyük teknoloji şirketlerinin önemli satın almalar yapması beklenmektedir. Yakın gelecekte gözlükler, yeni tür aygıtlar ve farklı deneyimler sunacak teknolojilerle karşılaşacağımızdan da bahsediliyor (Berber, 2023).

Genellikle "çapraz gerçeklik" (XR) olarak bilinen "genişletilmiş gerçeklik" ifadesi, verilerin görüntülediği ve temsil edildiği elektrikli ve dijital ortamlar da dahil olmak üzere geniş bir sürükleyici teknolojiler kategorisini ifade eder. Artırılmış Gerçeklik (AR), Karma Gerçeklik (MR) ve Sanal Gerçeklik (VR) XR'ye dahildir. VR, tamamen farklı ve alternatif olan dijital olarak oluşturulmuş sahte bir ortamdır. Sanal gerçeklikte (VR), kullanıcılar ayrı bir ortamdaymış gibi bir daldırma hissine sahiptir ve gerçek dünyada nasıl davranacaklarına benzer şekilde davranırlar. Görme, ses, dokunma, hareket ve sanal şeylerle organik bağlantı modaliteleri, çok yönlü koşu bantları, VR başlıkları ve daldırma kaskları gibi uzman çok modlu ekipmanların kullanımıyla geliştirilir. AR, gerçek ortamlar söz konusu olduğunda farklı bir yol izler; gerçek dünyayı geliştirmek yerine, dijital girdileri ve sanal yönleri ona dahil eder. Sanal ve gerçek dünyaları coğrafi olarak bütünleştirir. Sonuç, uzamsal olarak yansıtılan ve akıllı telefonlar, tabletler, gözlükler ve kontakt lensler gibi şeffaf yüzeylerin aracılık ettiği bir dijital eserler katmanıdır (Mystakidis, 2022).

Yapay zeka, 1950'lerin ortalarında bir bilgisayar bilimi disiplini olarak ortaya çıkmıştır. O zamandan bu yana, birçoğu normalde insan zekası gerektiren zor problemleri çözmek için mühendislikte pratik olarak kullanılan bir dizi güçlü araç üretmiştir. Bunlar: bilgi tabanlı sistemler, bulanık mantık, tümevarımsal öğrenme, sinir ağları ve genetik algoritmalarıdır. Bu araçların tümü 30 yılı aşkın bir süredir mevcuttur ve mühendislikte uygulama alanı bulmuştur (Pham ve Pham, 1999).

Yapay Zeka (YZ), minimum insan müdahalesi ile akıllı davranışı modellemek için bir bilgisayarın kullanılmasını ifade eden genel bir terimdir. YZ'nin genellikle robotların icadıyla başladığı kabul

edilir (Hamet ve Tremblay, 2017). Yapay zekanın çevresinde konuşulan konu başlıkları, bileşenler ise yapay sinir ağları, uzman sistemler, bulanık mantık, genetik algoritmalar. Yapay zekayı sahiplenen birçok disiplin vardır. Bazıları, bilgisayar mühendisliği, felsefe, bilişsel bilim, elektronik bilimlerdir (Pirim, 2006). Yapay zeka, operasyonel yönetim, felsefe, beşeri bilimler, istatistik, matematik, bilgisayar bilimleri ve sosyal bilimlerde teknolojik bir kavramdır. Yapay zeka, genellikle insan zekasına ihtiyaç duyan işleri yürütmek için bilgisayarlar veya makineler yaratmayı amaçlar. Yapay zekanın alt disiplini, daha sonra istatistiksel öğrenmeye yönelik makine öğrenimidir. Yapay zeka, makinenin insan zekasını taklit etmesine ve insanların daha verimli bir şekilde gerçekleştirebileceği görevleri yürütmesine olanak tanıyan bir bilgisayar bilimi dalıdır (Abonamah vd., 2021).

Yapay Zeka (YZ) terimi, John McCarthy tarafından 1956'da bu konu hakkında düzenlenen bir konferansta ortaya atıldı. Ancak, makinelerin insan davranışını simüle edebilme ve gerçekten düşünebilme olasılığı, insanları makinelerden ayırt etmek için Turing testini geliştiren Alan Turing tarafından daha önce gündeme getirildi. O zamandan beri, hesaplama gücü anında hesaplamalar yapma ve daha önce değerlendirilen verilere göre yeni verileri gerçek zamanlı olarak değerlendirme becerisi noktasına geldi (Mintz ve Brodie, 2019).

Çalışmanın devamında dijital dönüşüm teknolojilerinden bahsedilecektir. Diğer bir bölümde ise yapay zeka'nın endüstride kullanım alanları incelenecektir. Daha sonra Endüstri 4.0 için yapay zeka uygulamaları, Endüstri 4.0 için yapay zeka kullanımının avantajları, modelleme ve optimizasyon başlıkları analiz edilecektir. Sonuçlar bölümünden önce ise Endüstri 5.0 ve yapay zeka, metaverse'in sürdürülebilirliği: Endüstri 5.0'a geçiş gibi konular araştırılmıştır.

DİJİTAL DÖNÜŞÜM TEKNOLOJİLERİ

Dijital Dönüşümün özünde, bir organizasyon içindeki teknolojinin rolündeki somut değişim tarafından yönlendirilir. Artık yalnızca iş süreçlerini etkinleştiren bir destek işlevi olmaktan çıkan teknoloji, artık çok daha fazlasını yapabiliyor. Teknoloji artık yeni, yenilikçi iş modellerine (örneğin, XaaS) olanak sağlıyor, satış büyümesini yönlendiriyor ve hatta Rekabet Avantajı kaynağı bile olabiliyor. Dijital Dönüşümü yönlendiren çok sayıda yeni teknoloji trendi var. Bunlardan öne çıkanlar arasında Sosyal Medya, Mobilite, Nesnelerin İnterneti (IoT), Siber Güvenlik, Büyük Veri ve Analitik, Bulut Bilişim, Robotik Süreç Otomasyonu (RPA), Yapay Zeka (yani Makine Öğrenimi), Blockchain vb. yer alıyor. Teknolojinin uygulanabilirliği büyük ölçüde sektöre ve organizasyona bağlıdır (Tang, 2021).

Dijital dönüşümle ilgili kaynaklar incelendiğinde, bu kavramın özellikle son beş yılda Endüstri 4.0 kavramıyla birlikte ortaya çıktığı görülmektedir. Ancak aslında işletmelerin dijital dönüşümünü tetikleyen şey dijitalleşme süreci ya da dijital teknolojinin işletme içinde uygulanmasıdır. Bugünlerde yeni dijital teknolojiler, iş üretim süreçleri üzerinde özellikle büyük bir etkiye sahip ve bu süreçleri değiştiriyor. Robotik, sensörler ve otonom sistemler tarafından kontrol edilen akıllı fabrikaların bir sonucu olarak kurumsal üretim süreçleri dijital bir devrim geçirmektedir. Dijital dönüşüm, çeşitli iş fonksiyonlarında bilgisayar ve internet kullanımına atıfta bulunmanın ötesinde, sosyal medya, yapay zeka ve büyük veri gibi yeni dijital teknolojilerin iş süreçlerine entegrasyonunu ve bunun sonucunda yeni iş modellerinin oluşturulmasını da ifade etmektedir. "İşletmelerde dijital dönüşüm" terimi literatürde farklı şekillerde tanımlanmıştır. Örneğin dijital dönüşüm, kurumsal operasyonları geliştirmek için ortaya çıkan dijital teknolojilerin (bulut bilişim, sosyal medya, büyük veri analizi ve diğerleri gibi) uygulanmasını ifade eder (Klein, 2020).

Dijital dönüşüm kanalları artık internet teknolojisi tarafından desteklenmektedir. "Nesnelerin

İnterneti" (IoT) tarafından oluşturulan ve izlenen dijital tüketici profilleri, algoritmik öneri tabanlı mobil uygulamalar, özelleştirilmiş ürünlerin oluşturulmasını kolaylaştıran 3D baskı teknolojileri, kullanıcılara zaman kazandıran arama motoru öneri motorları, robotik, yapay zeka, ses tanıma ve hareket algılama teknolojileri, kronik hastalık yönetimi ve insanların günlük aktivitelerindeki kişisel sağlıkları bunlara örnek olarak verilebilir. Mobil sağlık uygulamaları giderek daha popüler hale gelmekte ve kullanıcıların hastalıklarını izlemelerine olanak sağlamaktadır (Altuntas, 2018).

Şu anda iş dünyasında ve toplumda tanık olduğumuz değişimin katlanarak büyümesi dijital teknolojiye kaynaklanmaktadır. Günümüzde olağanüstü bilgi işlem gücü, giyilebilir cihazlar, mobil cihazlar, biyoteknoloji, yapay zeka, sanal gerçeklik ve yüksek hızlı internet erişimi şeklinde her yerde ve sürekli olarak mevcuttur. Dijital teknolojiler, kolay çevrimiçi işlemler ve kişiselleştirilmiş öneriler gibi çeşitli yollarla müşteri deneyimini iyileştirebilir. Örneğin, kuruluşlar sohbet robotları, sosyal medya ve mobil uygulamalar gibi dijital teknolojilerden yararlanarak müşteri deneyimlerini iyileştirebilir ve daha güçlü müşteri ilişkileri kurabilir. İşletmeler dijital teknolojileri kullanarak tekrarlayan prosedürleri otomatikleştirebilir, operasyonel verimliliği artırabilir ve manuel hata oranlarını düşürebilir. İşletmeler, veri yönetimi ve analitiğini geliştirmek için dijital teknolojilerden yararlanabilir, böylece müşteri davranışını daha derinlemesine kavrayabilir, süreçleri düzene sokabilir ve daha bilinçli karar vermeyi sağlayabilir (Aksoy, 2024).

Robotlar, iş yerinde hayatı kolaylaştırmak ve verimliliği artırmak amacıyla genellikle üretim ve üretim dışı faaliyetlerde kullanılan gelişmiş otomasyon teknolojileridir. Üretim sistemlerinde, birçok üretici daha güvenilir üretim sistemi çözümleri için robotik ve otomasyona yönelmiştir. Robotların uygulama örneklerine inşaat sektöründe, otoparklarda, nükleer tesislerde, havaalanlarında, madenlerde, hastanelerde, kaynak tersanelerinde, uzay istasyonlarında ve otomotiv uygulamalarında rastlanmaktadır. Özellikle robotlar, çevre ve çalışma koşullarının tehlike arz ettiği ve/veya tehlikeli görevlerin yerine getirildiği alışılmadık yerlerde bulunur (Oke, 2008).

Hızla gelişen bu dijital çağda, dijital dönüşüm mikro, küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler) dahil olmak üzere ekonominin tüm sektörleri için bir zorunluluk haline gelmiştir. Dijital dönüşüm, operasyonel verimliliği artırmak, pazar erişimini genişletmek ve rekabet gücünü geliştirmek için dijital teknolojinin benimsenmesini ifade eder. Genellikle sınırlı kaynaklara sahip olan KOBİ'ler için dijitalleşme, daha büyük ve daha köklü şirketlerle rekabet etmek için önemli fırsatlar sunmaktadır. Ancak bu fırsatların yanı sıra, teknolojiyi yönetmede çeşitli zorluklar da vardır. Mikro, Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerde (KOBİ'ler) dijital dönüşüm, ekonomiyi, kurumları ve toplumu bir bütün olarak sistemik düzeyde yeniden yapılandırmak için kullanılan bir süreçtir. KOBİ'lerde dijital dönüşüm, işletme operasyonel verimliliğini artırma, yeni iş fırsatları yaratma ve önemli karlar elde etme çabaları olarak tanımlanabilir (Hendrawan vd., 2024).

YAPAY ZEKA'NIN ENDÜSTRİDE KULLANIM ALANLARI

Yapay zeka ve makine öğreniminin en yaygın kullanım alanlarından biri lojistik sektördür. Yapay zeka, lojistik kuruluşlarına satın alma, ulaşım ağı tasarımı, depolama, sevkiyat, talep tahmini ve planlaması, envanter yönetimi, müşteri ilişkileri yönetimi gibi alanlardaki çalışmalarda yardımcı olmaktadır. Müşteri kaybı tahmini, son zamanlarda lojistik işinde önemli bir araştırma konusu olarak ortaya çıkmıştır. Lojistik pazarı hızla genişlemekte ve güçlü bir rekabet ortamı yaratmaktadır. Sonuç olarak, lojistik şirketlerinin birincil odak noktası müşteriye

elde tutmaya kaymıştır. Tüketicinin gelecekte rakip kuruluşlara geçebileceğini kabul etmek kritik önem taşımaktadır. Sektöre özgü veriler ve makine öğrenimi teknikleri kullanılarak müşteri kaybı tahmin edilebilir ve önlenir. Makine öğrenimi uygulamalarında, müşteri kaybı tahmini şu şekilde yönetilir ve tanımlanır: gelecekte, belirli bir tahmin ve hedef müşterilere ilişkin veriler kullanılarak, potansiyel kayıp öngörülür. Müşteri elde tutma maliyeti, müşteri kazanma kaybı tahmininden çok daha düşük olduğu için işletmeler için önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca uzun vadeli siparişler ise yüksek depolama maliyetlerine sebep olmaktadır. Bu sorunun üstesinden gelmek için firma altı aylık zaman dilimi içinde oluşabilecek talepler için, yapay zekâ algoritmaları ile haftalık talep tahminleri oluşturmaktadır (Aylak ve Oral, 2021).

Yapay zeka giderek artan bir şekilde (ve genellikle yanlışlıkla) insan yaratıcılığı ve sanatsal uygulamalarla ilişkilendirilmektedir. 'Görme', 'duyma', 'konuşma', 'hareket etme' ve 'yazma' yeteneklerini ortaya koyduğu için, ses, görüntü ve video analizi, oyun, gazetecilik, senaryo yazma, film yapımı, sosyal medya analizi ve pazarlama gibi alanlarda ve uygulamalarda kullanılmıştır. Yirmi yılı aşkın bir süredir mevcut olan en eski yapay zeka teknolojilerinden biri, ses tonlama hatalarını otomatik olarak düzelten Autotune'dur. Yaratıcılık, Cambridge Sözlüğü'nde 'orijinal ve alışılmadık fikirler üretme ya da yeni veya yaratıcı bir şey yapma yeteneği' olarak tanımlanmaktadır. Yaratıcı görevler genellikle bir dereceye kadar özgün düşünme, kapsamlı deneyim ve izleyicinin anlaşılmasını gerektirirken, üretim görevleri genel olarak daha tekrarlayıcı veya öngörülebilirdir, bu da onları makineler tarafından gerçekleştirilmeye daha uygun hale getirir. Bugüne kadar, yapay zeka teknolojileri, orijinal yaratıcı çalışmalar üretmek için kullanıldığında karışık sonuçlar üretmiştir. (Anantrasirichai ve Bull, 2022).

Birçok endüstri sektörü, dijitalleşme ve akıllı makinelerin kullanımı yoluyla yalın ve tam zamanında üretim gerçekleştirmeyi vaat eden Endüstri 4.0 (I4.0) fikir ve teknolojilerini benimsemeye çalışmaktadır. Bu değişim, Yapay Zeka ve makine öğrenimi, sensör ağları ve Nesnelerin İnterneti teknolojileri, bulut bilişim, eklemeli üretim ve bu teknolojiler tarafından kullanılacak büyük miktarda verinin mevcudiyeti gibi teknolojik ilerlemelerden kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, I4.0 için YZ teknolojilerinin benimsenmesi, endüstri sektörleri arasında önemli ölçüde farklılık göstermektedir (Jan vd., 2023).

Endüstriler ürün tutarlılığını, üretkenliği iyileştirmeye ve işletme maliyetlerini azaltmaya odaklanıyor ve bunu robotik ve insanlar arasındaki iş birliği ortaklığıyla başarmak istiyorlar. Akıllı endüstrilerde, hiper bağlantılı üretim süreçleri, tüm veri türlerini yakalayıp yorumlayarak AI otomasyon sistemlerini kullanarak etkileşime giren farklı makinelerle bağlıdır. Akıllı otomasyon platformları, modern üretimi dönüştürmede belirleyici bir rol oynayabilir. AI, karar alma ve insanları olası arızalar konusunda uyarmak için uygun bilgiler sağlar. Endüstriler, nesnelerin interneti (IoT) cihazlarından ve bağlı makinelerden iletilen verileri, bunları ekipmanlarına entegre etme isteklerine göre işlemek için AI'yı kullanacaklar. Şirketlere tüm uçtan uca faaliyetlerini ve süreçlerini tam olarak izleme yeteneği sağlar (Javaid vd., 2022).

Veri yoğun ve riske duyarlı yapısıyla öne çıkan finans sektörü, yapay zeka teknolojilerini erken benimseyenlerden biri olmuştur. Algoritmik ticaret ve dolandırıcılık tespitinden risk yönetimi ve müşteri hizmetlerine kadar, yapay zeka finansal hizmetleri kökten dönüştürüyor. Bu bölümde, yapay zekanın finans alanında nasıl uygulandığı, verimlilik ve karar alma üzerindeki etkisi ve kullanımıyla ilişkili zorluklar ele alınmaktadır. Yapay zeka ayrıca piyasa analizi ve portföy yönetimi için de kullanılıyor. Yapay zeka algoritmalarıyla desteklenen robo danışmanlar, bireysel risk tercihlerine ve finansal hedeflere göre kişiselleştirilmiş yatırım tavsiyesi sağlar. Bu sistemler, portföyleri optimize etmek ve piyasa değişikliklerine yanıt olarak varlıkları yeniden dengelemek için makine öğrenimini kullanır. Özellikle makine öğrenimine dayalı yapay zeka modelleri, sahtekarlık faaliyetini gösterebilecek anormallikleri tespit etmek için büyük miktarda

işlem verisini gerçek zamanlı olarak analiz edebilir. Yapay zeka, daha doğru risk değerlendirmeleri sağlayarak ve olası kayıpları azaltmak için proaktif önlemlere olanak tanıyarak risk yönetimi süreçlerini geliştirmek için kullanılıyor. Yapay zeka destekli öngörücü bakım, üreticilerin ekipman arızalarını meydana gelmeden önce tahmin etmelerini sağlayarak bir çözüm sunuyor. Makine öğrenimi modelleri, olası arızaları gösteren kalıpları tespit etmek için makinelerle yerleştirilmiş sensörlerden gelen verileri analiz edebilir. Bu modeller, sıcaklık, titreşim ve basınç gibi parametreleri gerçek zamanlı olarak izleyerek ekipman anormallikleri konusunda erken uyarılar sağlayabilir. Yapay zeka, talep tahmini ve envanter yönetiminden lojistik ve tedarikçi yönetimine kadar tedarik zincirinin çeşitli yönlerini optimize etmek için kullanılıyor. Yapay zeka, gerçek zamanlı olarak otomatik ve doğru kusur tespiti mümkün kılarak kalite kontrolünde devrim yaratıyor (Weng vd., 2024).

Netflix, Amazon, Apple, Google ve Facebook gibi teknoloji şirketlerinin katılımıyla medya sektörü, izleyici davranışında, dağıtım platformlarında, içerik stratejilerinde ve iş modellerinde önemli değişiklikler gördü. Böylesine akışkan bir ortamda, medya şirketleri belirsizlik zamanlarında hayatta kalmalarına ve hatta gelişmelerine yardımcı olabilecek sürdürülebilir rekabet avantajları arıyor. Dönüştürücü vaatleriyle yapay zeka, tercih edilen bir sonraki teknoloji gibi görünüyor (Chan-Olmsted, 2019).

Endüstri 4.0 girişiminin gelişi, üretim ortamlarının giderek daha dinamik, bağlantılı ancak aynı zamanda doğası gereği daha karmaşık hale gelmesini sağladı; ek karşılıklı bağımlılıklar, belirsizlikler ve üretilen büyük miktarda veri var. Endüstriyel Yapay Zeka'daki son gelişmeler, bu teknolojinin, veri odaklı öngörücü analitiği ve son derece karmaşık, doğrusal olmayan ve genellikle çok aşamalı ortamlarda karar almaya yardımcı olma kapasitesi aracılığıyla, üreticilerin Siber-Fiziksel Sistemlerin bu dijital dönüşümüyle ilişkili zorluklarla başa çıkmalarına yardımcı olma potansiyelini sergilemiştir (Peres vd., 2020).

Yapay zeka tıpta popülerlik kazanıyor ve en geniş uygulama alanı radyolojidir. Bunun bir nedeni de son yıllarda yeterli dijital veri birikimi ve kullanılabilirliğinin yanı sıra önemli hesaplama gücünde artış görülen görüntü tanıma görevlerindeki kayda değer ilerlemedir. Radyolojik muayenelere erişimdeki artışla birlikte radyologlar için artan iş yükü ve eğitimli deneyimli radyolog eksikliği, yapay zeka ve yeteneklerini tıpta ön saflara taşımıştır (Mintz ve Brodie, 2019).

Endüstri 4.0, Dördüncü Sanayi Devrimi'ni tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Üretim teknolojileri bu devrimin bir parçasıdır. Bu grupta yer alan teknolojiler arasında Nesnelerin İnterneti (IoT), siber-fiziksel sistemler (CPS) ve yapay zeka (AI) gibi teknolojiler yer alır. Bir makinenin öğrenme, muhakeme ve sorun çözme gibi insan işlevlerini yerine getirme becerisine genellikle yapay zeka denir. Sensör teknolojilerini kullanarak, makine zekası ajanları çevrelerini algılayabilir ve onlarla etkileşime girebilir (Banitaan vd., 2023).

Yapay zeka (AI), Endüstri 4.0'daki son gelişmelere katkıda bulunur. Yapay zeka (YZ) teknolojilerinin uygulamaları, personel planlamasından ürün tasarımına, performansın, ürün kalitesinin ve çalışan refahının en üst düzeye çıkarılmasına kadar çeşitli iş kolları ve düzeylerinde çalıştığı için üretim sektöründeki yetenekleri önemli ölçüde artırır. YZ'deki gelişmeler, robotların daha fazla hesaplamalı görevi yönetmesine ve Endüstri 4.0 için gerçek zamanlı olarak çevresel verilere dayalı bağımsız kararlar almasına olanak tanıyarak çeşitli gelişmelerin merkezinde yer alır. YZ algoritmaları, işletmelerin üretim tedarik zincirlerini en üst düzeye çıkarmak için pazarlardaki değişimleri tahmin etmelerine yardımcı olur. Derin öğrenme ve yapay sinir ağlarındaki gelişmiş YZ algoritmaları, varlık arızası tahminlerini formüle etmek için onarım tahmini için kullanılır. Kalite, YZ algoritmalarının ürün kalitesi sorunlarını tetikleyebilecek üretim ekiplerine gelişen üretim kusurlarını bildirmesini gerektirir. Üretim endüstrileri, fabrika, ürün veya fiziksel özellikleri kopyalayan sanal bir temsil üretmek için bu teknolojiyi kullanır.

Kameralar, sensörler ve diğer veri toplama tekniklerini kullanarak, bu gerçek zamanlı bilgiyi yansıtır. ML modelleme, tüketilen enerjiyle ilgili geçmiş verileri işleyerek gelecekteki enerji talebini tahmin edecektir. Popüler ML yöntemi, enerji tüketimini tahmin etmek için sıralı veri ölçümlerine odaklanır (Javaid vd., 2022).

COVID-19 salgını dünya çapında önemli miktarda insan kaybına yol açtı ve sağlık hizmetleri üzerinde muazzam bir etkiye sahiptir. Endüstri 4.0 teknolojileri, sağlık alanında özelleştirilmiş taleplerin karşılanması için etkili tedarik zinciri yönetimi oluşturmuştur. Ayrıca, nesnelerin interneti, yapay zeka, büyük veri analitiği ve 3D baskı, COVID-19 salgınıyla mücadele etmek ve sağlık sektöründe katma değerli hizmetler sağlamaya yardımcı olmak için kapsamlı bir şekilde kullanılmıştır. Yapay zeka, Endüstri 4.0'da güçlü bir araç olarak kabul ediliyor ve karmaşık sağlık verilerinin analizi, infodeminin etkilerinin azaltılması, en uygun tedavi yönteminin belirlenmesine yardımcı olma ve virüsleri tespit etmek için X-ışını ve BT taramaları gibi tıbbi görüntüleme tekniklerinin kullanımı yoluyla şüphelilerin semptomlarının değerlendirilmesi dahil olmak üzere bu pandemide yaygın bir şekilde kullanılıyor. Buna karşılık, IoT dördüncü sanayi devriminde otomatik üretimden sorumludur. Endüstri 4.0 devriminde ortaya çıkan trendlerden biridir. IoT, sağlık sektöründe farklı tıbbi cihazlar arasında bağlantı sağlar. Büyük veri analitiği, daha iyi karar alma için kolayca erişilebilen ve analiz edilebilen büyük miktarda veriyi düzenli bir şekilde depolamak için kullanılır. 3D baskı, tasarım ve üretim sürecinde mükemmel esneklik sağlayan dördüncü sanayi devriminin temel direklerinden biridir. 3D baskı teknolojisi, COVID-19 döneminde tıbbi acil durumlarla başa çıkmak için yaygın olarak kullanılmıştır (Sood vd., 2022).

ENDÜSTRİ 4.0 İÇİN YAPAY ZEKA KULLANIMININ AVANTAJLARI

Yapay zeka, ürün süreçlerini yeniden üretme ve fabrika performansını izleme gibi endüstriyel hedeflere ulaşmak için güvenlik, otomatik yapılandırma, planlama, kontrol ve izleme, tahmin ve teşhis, bilgi ve algoritmalara dayalı karar alma gibi çeşitli uygulamaları içerir. AI yaklaşımları Endüstri 4.0'da şu avantajlar için kullanılır (Alenizi vd., 2023):

- i) Akıllı sistemler kullanılarak farklı şubelerin yönetilebilmesi. Birçok olay izleme yoluyla düzenlenir. Gerekliğinde hata veya problemler için uyarılar verilir ve sanal deneyimler farklı yerlerdeki şubelerin izlenmesine olanak tanır.
- ii) Daha önce sistemler doğru çalışıyordu ve bir sorun oluştuğunda hata oluşuyor ve sistem çalışmayı durduruyordu. Ancak izleme sistemlerinin yardımıyla sistem entegre izleme ile sürekli olarak analiz edilir. Bu analiz, hata oluşmadan önce sorunun keşfedilmesine yardımcı olur ve yönetim maliyeti düşürülür.
- iii) AI yardımıyla senaryolar simüle edilebilir. Bu senaryolar kullanılarak parametreler optimize edilebilir ve iyileştirilebilir ve son olarak senaryo ve sistem performansı iyileştirilebilir.
- iv) AI yardımıyla kalıpları bulma ve geleceği tahmin etme işlemleri hızlı bir şekilde yapılabilir ve bu da sistem yönetimini iyileştirir, kısa vadede sistem maliyetlerini düşürür ve insan kaynaklarını ve sistem varlıklarını daha iyi kullanır.

MODELLEME VE OPTİMİZASYON

Sanal dünyayı kolayca değiştirebilme yeteneği, test ve tasarım alanında yeni olanaklar sunuyor. Örneğin, dijital prototipler, fiziksel prototipleri oluşturmak ve test etmek için gereken masraf ve

zaman olmadan kopyalanabilir, değiştirilebilir ve test edilebilir. Bu, öğrencilerin fiziksel bir versiyon oluşturmadan önce tasarımlarını hızlı ve ucuz bir şekilde iyileştirmelerine ve test etmelerine olanak tanır. Sanal gerçeklik aynı zamanda farklı senaryo ve hipotezlerin test edilmesini de kolaylaştırır çünkü ortam, yabancı değişkenlerin test sonuçlarını bozmasını engelleyecek şekilde tasarlanabilir ve deneysel değişkenler hassas bir şekilde kontrol edilebilir (Boyles, 2017).

Yapay zeka (YZ) modelleri ve optimizasyon algoritmaları (OA), teknoloji ve bilimin farklı alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır ve son zamanlarda bitki doku kültürünün farklı aşamalarını iyileştirmek için uygulanmaktadır (Hesami ve Jones, 2020). Son yıllarda, malzeme modelleme alanında yapay zeka (AI) tekniklerinin kullanımı, çok miktarda veriyi analiz etme ve birbiriyle ilişkili çeşitli karmaşık fenomenler arasındaki korelasyonları ortaya çıkarma konusundaki mükemmel yetenekleri nedeniyle büyük ilgi görmüştür (Huang vd., 2021).

İlaç adayları için mevcut olan devasa veri kümeleri nedeniyle, modern ilaç keşfi büyük veri çağına doğru ilerledi. Bu değişimin merkezinde, ilaç veri kümelerinin dinamik, heterojen ve büyük doğasına dayalı yenilikçi modellemeyi uygulamak için yapay zeka yaklaşımlarının geliştirilmesi yer almaktadır. Sonuç olarak, derin öğrenme ve ilgili modelleme çalışmaları gibi yakın zamanda geliştirilen yapay zeka yaklaşımları, büyük veri modelleme ve analizine dayalı ilaç adaylarının etkililik ve güvenlik değerlendirmelerine yeni çözümler sunmaktadır (Zhu, 2020).

Son yıllarda, malzeme modelleme alanında yapay zeka (YZ) tekniklerinin kullanımı, çok miktarda veriyi analiz etme ve birkaç karmaşık birbiriyle ilişkili olgu arasındaki korelasyonları ortaya çıkarma konusundaki mükemmel yetenekleri nedeniyle önemli ilgi görmüştür. Geleneksel malzeme bilimi genellikle birikmiş deneyim ve özetlenmiş kurallara dayanarak ilerler. Sayısal modellemedeki son gelişmeler, büyük miktarda verinin sistematik olarak edinilmesini kolaylaştırırken, aynı zamanda edinilen verilerdeki desenlerin analizini, hipotezini ve tahminini daha karmaşık hale getirir. Örneğin, çimento bazlı malzemelerin hidrasyon sürecini etkileyen faktörler birlikte ele alınamayacak kadar çoktur, bu nedenle hidrasyon sürecini kontrol eden ortak bir kural önermek zorlaşır. Yapay zeka tekniklerinin ortaya çıkması bu eksikliği büyük ölçüde telafi eder. YZ teknikleri, deneme yanılma sürecini hızlandırabilir ve tüm olası tasarım alanlarını tatmin edici bir doğrulukla keşfedebilir. Bu nedenle, YZ teknikleri, akıllı araçlar, robotik ve sağlık hizmetleri gibi modern teknolojilerde sürdürülebilir uygulama için gelişmiş mühendislik malzemelerinin tasarımı, optimizasyonu ve dijital üretimi için umut verici bir araç olarak algılanmıştır (Huang vd., 2021).

ENDÜSTRİ 5.0 VE YAPAY ZEKA

Avrupa Komisyonu yakın zamanda dayanıklı, sürdürülebilir ve insan merkezli bir Avrupa endüstrisine ulaşmanın bir yolu olarak Endüstri 5.0'ı önerdi. İnsan merkezli yaklaşım, işgücünün ihtiyaçlarını, tercihlerini ve çıkarlarını ön plana çıkararak üretim sürecini teknoloji odaklı bir paradigmadan insan merkezli ve toplum merkezli bir paradigmaya kaydırır. Daha fazla kaynak verimliliğine sahip dairesel ekonomiler yaratmak, dairesel süreçler geliştirmeyi, kaynakları geri dönüştürmeyi, atıkları azaltmayı ve olumsuz çevresel etkileri azaltmayı gerektirir. Öte yandan, Birleşmiş Milletler (BM) tarafından Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) olarak bilinen bir dizi hedef yayınlanmıştır. Sonuç olarak, yukarıda listelenen SKH'ler, Endüstri 5.0'ın ve dolayısıyla Toplum 5.0'ın başarılması için hedefler olarak düşünülebilir. Üretim sisteminin şokları emme yeteneğini iyileştirmek ve acil durumlarda hayati altyapının tedarik edilebilmesini ve hizmet verilebilmesini garanti altına almak için dayanıklılık, artan yanıt verme yeteneğinin

geliştirilmesini gerektirir (Leng vd., 2024).

Endüstri 5.0'ın en belirgin özelliklerinden biri, insanların refahını üretim sürecinin merkezine yerleştirmesidir. Beşinci sanayi devriminin trendine ayak uydurmak için gelişmiş teknolojiler de yaratılmıştır. Yapay zeka (AI) algoritmalarının Endüstri 4.0'da önemli bir rol oynadığı kanıtlanmıştır. İnsan merkezli yönelimle Endüstri 5.0'a geçerken, AI, insan zekası (HI) ile birlikte geliştirilmiş ve bu da Artırılmış Zeka (AuI) adlı yeni bir konsepte yol açmıştır. AI ve AuI algoritmalarının Endüstri 5.0'da akıllı üretimi mümkün kılmak için önemli faydalar sağlaması beklenmektedir (Nguyen ve Tran, 2023).

Endüstri 5.0'ın gelecekteki yönü robotların ve endüstriyel robotların üretimidir. Yapay zeka ve bilişsel hesaplama teknolojilerinin ilerlemesi, üretim dünyasını yüksek bir hıza taşıyor ve iş verimliliğini artırıyor. Üretim işindeki faydalarının yanı sıra, endüstri 5.0, yenilenebilir enerjiyle çalışan sürdürülebilir bir sistem geliştirmeyi amaçladığı için sürdürülebilirlikte de fayda sağlar. Şirketler için endüstri 5.0'ı benimsemek için, personelin makineler ve operatörler arasında uygun etkileşime ihtiyacı vardır. Robotik ve yapay zeka gibi alanlarda bilgidir. İşletme organizasyonunun rolü, gelişmiş faktörler etrafında kararlar almaya dayanmaktadır. Çalışanlara eğitim sağlamak için üretimin durdurulması gerekmediğinden, işletmelerin maliyetini düşürmek için sanal eğitimle çalışanların eğitilmesi gerekir. Eğitim oturumları sırasında çalışanların gereksiz sorunlara maruz kalmasını önleyebilecek güvenli bir eğitim sağlar. İşbirlikçi robotlar, insanlarla sezgisel etkileşim için tasarlanıyor. Dijital ikizlerin genişletilmesi, endüstri 5.0'da gerekli bir teknolojidir. Ürünlerin, süreçlerin ve üretimin görsel modelleri daha iyi anlama ve test etme olanağı sağlayacaktır (Adel, 2022).

Endüstri 5.0 devrimi, ağ sensörü veri birlikte çalışabilirliği, robotlar ve diğer akıllı sistemler gibi daha sofistike sistemlerin müdahalesini gerektirir. Bu bağlamda, üretim ve toplumsal ihtiyaçlar arasındaki boşluğu kapatmak için insan-teknoloji etkileşimi hakkında bilgiyi birleştirmek gerekir. Yapay zeka, emeğin soğuk bir ikamesi değil, dönüşüm ve büyüme için bir fırsattır. Bu doğrultuda, insan merkezli yapay zeka (HCAI), sürdürülebilir kalkınma doğrultusunda daha fazla kapsayıcılık sağlamak ve insan yeteneklerini değiştirmek yerine geliştiren yapay zeka sistemleri yaratmak için Endüstri 5.0 vizyonunu gerçekleştirmede insan merkezli bir yaklaşımı savunur. Endüstri 5.0'daki insan merkezli yapay zeka (HCAI), akıllı makineler ve insan operatörler arasındaki iş birliğinin ve etkileşimin önemine odaklanarak yapay zeka sistemlerini kullanmayı amaçlayan yeni bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, insan girdilerinden öğrenir ve teknolojiye ek olarak insan bilimlerinden bilgi edinen iş birliğine dayalı ilkelere dayanır, böylece insanlar ve yapay zeka arasındaki iş birliği ve sinerji, artan güven ortamında gelişebilir. Endüstri 5.0, insanların ve makinelerin birlikte çalışarak, mevcut akıllı sistemlerle bütünleşerek insanın entelektüel yeteneklerinden ve yaratıcılığundan tam olarak yararlanarak süreç verimliliğini artırdığı fabrikalardaki insan emeğinin yeniden canlandırılmasını hedefliyor (Martini vd., 2024).

METaverse'İN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ: ENDÜSTRİ 5.0'A GEÇİŞ

Hiç tereddüt etmeden, metaverse dışındaki toplumun sanal etkileşimlerden ziyade gerçek etkileşimlere dayandığı için birçok farklılığa sahip olduğunu söylemek doğru olacaktır. Dahası, sosyal dışlanma, zenginler ve yoksullar arasındaki uçurum, ayrımcılık gibi toplumsal sorunlar metaverse aracılığıyla daha da artacaktır. Ancak, bu teknolojinin yıkıcı etkisi ve gelecekte oynayacağı rol göz önünde bulundurulduğunda, metaverse'in sosyal sürdürülebilirliğini garanti altına almak için gerçek hayatlarımız ve sanal hayatlarımız dengelenmelidir. İklim değişikliği, toplumsal cinsiyet eşitliği, barış ve adalet gibi bazı küresel zorluklar toplumda çok üst düzeyde ele alınabildiği ve yönetilebildiği için SKH'ler büyük olasılıkla ülkelere yöneliktir. Ancak genel

olarak firmalar, kurumlar, kişiler ve paydaşlar SKH'leri küresel düzeyde sundukları katkıyı göstermek için kullanabilirler. Şirketler metaverse'i kullanarak küresel ölçekte işbirliği yapabilir, karbon ayak izlerini azaltabilir ve üretim süreçlerini kolaylaştırabilir. Endüstri 5.0, metaverse aracılığıyla yaratıcılığı, yeniliği ve sürdürülebilirliği teşvik ederek imalat endüstrisinde devrim yaratabilir. Genel olarak, metaverse ve Endüstri 5.0, sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek ve birden fazla SKH'ye ulaşılmasını desteklemek için birlikte çalışabilecek tamamlayıcı yaklaşımlar olarak görülebilir. Bu yaklaşımlar, sanal dünyaların ve ileri teknolojilerin potansiyelinden yararlanarak herkes için daha sürdürülebilir ve eşitlikçi bir gelecek yaratılmasına yardımcı olabilir (De Giovanni, 2023).

DEĞERLENDİRME

Çalışmamız, yapay zeka ve metaverse teknolojilerinin Endüstri 5.0 çerçevesindeki kullanımını ele alırken aynı zamanda dijital dönüşüm, sürdürülebilirlik, ve insan-makine iş birliği gibi farklı alanları entegre ediyor. Bu, çalışmayı mevcut literatürdeki daha spesifik yaklaşımlardan ayırmaktadır. Çalışmada metaverse'ün sanal ortamları ve yapay zekanın endüstriyel süreçlere getirdiği yenilikler, birlikte değerlendirilerek bir bütünlük sağlanmıştır. Bu, özellikle Endüstri 5.0 bağlamında, literatürde daha az ele alınan bir konu olarak çalışmayı benzersiz kılar. Ayrıca, sadece teorik bir çerçeve sunmakla kalmayıp, metaverse ve yapay zekanın endüstriyel operasyonlarda gerçek uygulama alanlarını da incelemektedir. İnsan-makine iş birliğini ve kişiselleştirilmiş süreçleri ele alarak Endüstri 5.0'ın sürdürülebilirlik vizyonuna doğrudan katkı sağlamakta, yapay zeka ve metaverse'in gelecekteki sanayi dönüşümündeki rolleri, literatürdeki birçok çalışmadan daha ileri bir perspektifle değerlendirilmektedir. Çalışmanın bulgularını özetlemek için aşağıdaki Tablo 1 kullanılabilir. Ayrıca, Endüstri 5.0'a geçişte yapay zeka ve metaverse'in kritik rollerini karşılaştırmalı bir şekilde sunar.

Tablo 1. Endüstri 4.0'dan Endüstri 5.0'a Geçiş

	Endüstri 4.0	Endüstri 5.0	Açıklama
Odağı	Otomasyon ve Veri Analitiği	Kişiselleştirme, İnsan-Makine İş Birliği	İnsan merkezli paradigmaya geçiş
Teknolojiler	IoT, Büyük Veri, Robotik Sistemler	Yapay Zeka, Metaverse, Dijital İkizler	İleri teknolojilerin entegrasyonu
Üretim Yaklaşımı	Seri Üretim	Sürdürülebilir ve Esnek Üretim	Çevresel sürdürülebilirlik öncelikli
Yapay Zeka Uygulamaları	Karar Destek Sistemleri	Yaratıcılığı Artırma, Adaptif Sistemler	Daha karmaşık ve esnek yapay zeka sistemleri
Metaverse'in Rolü	Yok	Sanal İşbirliği ve Ürün Tasarımı	Artırılmış gerçeklik temelli tasarım süreçleri

SONUÇ

Endüstri 4.0'dan Endüstri 5.0'a geçiş büyük bir değişimdir. Artık sadece teknoloji ve veri entegrasyonuna odaklanmak yerine, daha uygulanabilir ve insan odaklı bir üretim modeline

odaklanılıyor. Yapay zeka (AI) ve metaverse gibi modern teknolojiler bu değişimi mümkün kılıyor. Bunların her ikisi de farklı işletmelerin nasıl dönüştüğünde büyük rol oynuyor. Yapay zeka (AI), karar verme, ne olacağını tahmin etme ve operasyonları kendi başına yürütme yeteneğini geliştirir. Metaverse, ekip çalışmasını ve yaratıcılığı teşvik eden gerçekçi dijital dünyalar yaratır. Çünkü yapay zeka çok büyük veri kümelerinden öğrenebilir ve bu da endüstriyel süreçleri daha esnek ve verimli hale getirir. Üretimi özelleştirmeyi kolaylaştırmanın yanı sıra israfı da azaltır. Endüstri 5.0 ile yapay zeka sadece makinelerin daha iyi çalışmasını sağlamakla ilgili değil; aynı zamanda daha akıllı ve daha esnek sistemler oluşturmak için insan hayal gücünü ve geri bildirimini artırmakla da ilgilidir. Öte yandan Metaverse, gerçek ve simüle edilmiş dünyaların sorunsuz bir şekilde birbirine karışmasını sağlar. İnsanlar, robotlar ve uzmanlar sanal ortamlar sayesinde projeler üzerinde uzaktan birlikte çalışabiliyor. İşletmeler artık fikirlerini hayata geçirmeden önce çevrimiçi olarak test edip deneyebiliyor, bu da üretkenliği artırıyor ve çevre dostu ürün geliştirmeyi teşvik ediyor. Sonuç olarak, yapay zeka ve Metaverse karışımı, işletmelerin gelecekte daha müşteri odaklı, yaratıcı ve çevreye duyarlı olmalarını mümkün kılıyor. Bu teknolojilerin kullanımıyla çevresel sorumlulukla uyumlu, daha uyarlanabilir, verimli ve yaratıcı endüstriyel sistemlerin yaratılmasında büyük bir etki olacaktır.

Endüstri 4.0'dan Endüstri 5.0'a geçiş süreci, sadece teknolojik değil, aynı zamanda sosyal ve çevresel bir dönüşümü de ifade etmektedir. Yapay zeka ve metaverse, bu dönüşümde stratejik bir rol oynayarak, endüstriyel süreçlerde inovasyon, verimlilik ve sürdürülebilirlik sağlamaktadır. Ancak, bu teknolojilerin başarılı bir şekilde benimsenmesi ve uygulanması için, işletmelerin hem insan kaynaklarını hem de dijital altyapılarını geliştirmeleri gerekmektedir. Ayrıca, bu süreçte etik ve güvenlik konularına da özel bir önem verilmelidir. Gelecekte, Endüstri 5.0'ın insan merkezli yaklaşımı ve sürdürülebilirlik hedefleri, yapay zekâ ve metaverse gibi yenilikçi teknolojilerle daha da güçlenecek ve bu alanlarda entegre çalışmalar yapılabilir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Destek Bilgisi: Herhangi bir kurum ve/veya kuruluştan destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması: Yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

Etik Onay: Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara riayet edildiğini yazar(lar) beyan eder. Aksi bir durumun tespiti halinde Sosyal, Beşeri ve İdari Bilimler Dergisi'nin hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk makale yazar(lar)ına aittir.

Etik Kurul Onayı: Çalışma kamuya açık ikincil verilerin kullanılmasıyla oluşturulmuştur.

Araştırmacıların Katkı Oranı: Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

Abonamah, A. A., Tariq, M. U., and Shilbayeh, S. (2021). On the commoditization of artificial intelligence. *Frontiers in Psychology*, 12, 696346.

Adel, A. (2022). Future of industry 5.0 in society: human-centric solutions, challenges and prospective research areas. *Journal of Cloud Computing*, 11(1), 1-15.

Aksoy, C. (2024). İşletmelerin dijital dönüşümü ve dijital liderlik yaklaşımı. *Kalite ve Strateji Yönetimi Dergisi*, 4(1), 1-29.

Alenizi, F. A., Abbasi, S., Mohammed, A. H., and Rahmani, A. M. (2023). The artificial intelligence technologies in Industry 4.0: A taxonomy, approaches, and future directions. *Computers & Industrial Engineering*, 185, 109662.

- Altuntas, E. Y. (2018). Dijital dönüşüm uygulamalarının kurumların marka değeri üzerindeki etkisi. *Ege Üniversitesi İletişim Fakültesi Medya ve İletişim Araştırmaları Hakemli E-Dergisi*, (2), 1-18.
- Anantrasirichai, N., and Bull, D. (2022). Artificial intelligence in the creative industries: a review. *Artificial Intelligence Review*, 55(1), 589-656.
- Aylak, B. L., ve Oral, O. (2021). Yapay zeka ve makine öğrenmesi tekniklerinin lojistik sektöründe kullanımı. *El-Cezeri*, 8(1), 74-93.
- Banitaan, S., Al-refai, G., Almatarneh, S., and Alquran, H. (2023). A review on artificial intelligence in the context of industry 4.0. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(2), 23-30.
- Berber, Ş. (2023). Metaverse ve işletmeler: mevcut uygulamalar-gelecek senaryoları. *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24(3), 598-631.
- Boyles, B. (2017). Virtual reality and augmented reality in education. Center For Teaching Excellence, United States Military Academy, West Point, Ny, 67.
- Chan-Olmsted, S. M. (2019). A review of artificial intelligence adoptions in the media industry. *International Journal on Media Management*, 21(3-4), 193-215.
- Cheng, S. (2023). *Metaverse*. In *Metaverse: Concept, Content and Context* (pp. 1-23). Cham: Springer Nature Switzerland.
- De Giovanni, P. (2023). Sustainability of the Metaverse: A transition to Industry 5.0. *Sustainability*, 15(7), 6079.
- Hamet, P., and Tremblay, J. (2017). Artificial intelligence in medicine. *Metabolism*, 69, 36-40.
- Hendrawan, S. A., Chatra, A., Iman, N., Hidayatullah, S., and Suprayitno, D. (2024). Digital Transformation in MSMEs: Challenges and Opportunities in Technology Management. *Jurnal Informasi dan Teknologi*, 6(2), 141-149.
- Hesami, M., and Jones, A. M. P. (2020). Application of artificial intelligence models and optimization algorithms in plant cell and tissue culture. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104(22), 9449-9485.
- Huang, J. S., Liew, J. X., Ademiloye, A. S., and Liew, K. M. (2021). Artificial intelligence in materials modeling and design. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 28, 3399-3413.
- Jan, Z., Ahamed, F., Mayer, W., Patel, N., Grossmann, G., Stumptner, M., and Kuusk, A. (2023). Artificial intelligence for industry 4.0: Systematic review of applications, challenges, and opportunities. *Expert Systems with Applications*, 216, 119456.
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., and Suman, R. (2022). Artificial intelligence applications for industry 4.0: A literature-based study. *Journal of Industrial Integration and Management*, 7(1), 83-111.
- Klein, M. (2020). İşletmelerde dijital dönüşüm ve etmenleri. *Journal of Business in The Digital Age*, 3(1), 24-35.
- Leng, J., Zhu, X., Huang, Z., Li, X., Zheng, P., Zhou, X., ... and Liu, Q. (2024). Unlocking the power of industrial artificial intelligence towards Industry 5.0: Insights, pathways, and challenges. *Journal of Manufacturing Systems*, 73, 349-363.
- Martini, B., Bellisario, D., and Coletti, P. (2024). Human-Centered and Sustainable Artificial Intelligence in Industry 5.0: Challenges and Perspectives. *Sustainability*, 16(13), 5448.

- Mintz, Y., and Brodie, R. (2019). Introduction to artificial intelligence in medicine. *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies*, 28(2), 73-81.
- Mystakidis, S. (2022). Metaverse. *Encyclopedia*, 2 (1), 486-497.
- Nguyen, H.D., and Tran, K.P. (2023). Artificial Intelligence for Smart Manufacturing in Industry 5.0: Methods, Applications, and Challenges. In: Tran, K.P. (eds) *Artificial Intelligence for Smart Manufacturing*. Springer Series in Reliability Engineering. Springer, Cham.
- Oke, S. A. (2008). A literature review on artificial intelligence. *International Journal of Information and Management Sciences*, 19(4), 535-570.
- Peres, R. S., Jia, X., Lee, J., Sun, K., Colombo, A. W., and Barata, J. (2020). Industrial artificial intelligence in industry 4.0-systematic review, challenges and outlook. *IEEE Access*, 8, 220121-220139.
- Pham, D. T., and Pham, P. T. N. (1999). Artificial intelligence in engineering. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 39(6), 937-949.
- Pirim, A. G. H. (2006). Yapay Zeka. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 1(1), 81-93.
- Sood, S. K., Rawat, K. S., and Kumar, D. (2022). A visual review of artificial intelligence and Industry 4.0 in healthcare. *Computers and Electrical Engineering*, 101, 107948.
- Tang, D. (2021). What is digital transformation?. *EDPACS*, 64(1), 9-13.
- Weng, Y., Wu, J., Kelly, T., and Johnson, W. (2024). Comprehensive Overview of Artificial Intelligence Applications in Modern Industries. arXiv preprint arXiv:2409.13059.
- Yildiz, S. K., and Bozkurt, G. (2023). Sanal gerçekliğin yeni anakarası: *Metaverse*. *TRT Akademi*, 8(17), 268-293.
- Zhu, H. (2020). Big data and artificial intelligence modeling for drug discovery. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 60(1), 573-589.