



ENDÜSTRİ 4.0 AKILLI HAVALİMANI YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARININ İŞ GÖRENLER ÜZERİNE ETKİLERİNE YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA*

Mehmet ÖZDEN**

Derleme Makalesi

ÖZ

Bu araştırmanın amacı 2011 yılında Almanya’da hayatımıza giren Endüstri 4.0 kavramıyla birlikte başlayan Havacılık 4.0’ın, günümüze kadar getirdiği mevcut yenilikleri ve önümüzdeki yıllarda yaşanabilecek teknolojik gelişmeleri, yönetim fonksiyonlarına olan etkilerini ortaya koymak, gelecek 10-15 yıl içerisinde yaşanacak insansızlaşmaya yönelik insan kaynağının algısını ve tepkisini, uyum sağlamak için nasıl davrandığını tespit etmek, sektörde artarak devam eden insansızlaşmanın, çalışanlar üzerine olan etkilerini ve değişimi kabul etme ve insansızlaşma ile arasındaki ilişkiyi tespit etmektir. Ortaya çıkan bulgular sayesinde sektördeki işletmelerin insan kaynağını bu değişime ve geleceğe hazırlamak, istihdam süreçlerinde kriterleri doğru belirleyerek zamanında doğru yapılandırmaları yaparak, Endüstri 4.0’a hazır beşerî sermaye birikimine katkıda bulunulabileceği düşünülmektedir. Yöntem olarak araştırma kavramsal olarak yapılmış, içerik analizi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Veri toplama araçları olarak mülakat ve literatür tarama yöntemi kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Havacılık 4.0, Dijital Dönüşüm, İnsansızlaşma, Yapay Zekâ, Akıllı Sistemler

Yasal İzinler: Bu araştırma, İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu’nun 21.03.2024 tarih ve 18 sayılı onayı ile yürütülmüştür.

*Bu çalışma yazarın doktora tezinden türetilmiştir.

**Emekli Uçak / Helikopter Teknisyeni., Doktora öğrencisi, İnönü Üniversitesi, Yönetim ve Organizasyon Doktora Programı, ncoozden@hotmail.com, ORCID: 0009-0004-0676-7998

A STUDY ON THE EFFECTS OF INDUSTRY 4.0 SMART AIRPORT ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS ON EMPLOYEES

Review Article

ABSTRACT

This study aims to shed light on the current innovations brought about by Aviation 4.0, which began with the concept of Industry 4.0 and entered the German market in 2011. It also explores the potential technological developments that may occur in the near future and how they may affect management functions. Finally, it seeks to ascertain how employees perceive and respond to the unmanning that will occur over the next ten to fifteen years, how they adjust, and how the industry's growing unmanning affects them. Finally, it investigates the relationship between unmanning and acceptance of change. The results suggest that companies in the industry can help build up the human capital necessary for Industry 4.0 by ensuring that human resources are ready for the future and for this shift, by accurately defining the requirements in hiring procedures, and by timely configuration. The study used content analysis as a conceptual approach and was carried out as such. Interviews and the literature review method were employed as data gathering instruments.

Keywords: Industry 4.0, Aviation 4.0, Digital Transformation, Dehumanization, Artificial Intelligence, Intelligent Systems

Legal Permissions: This research was conducted with the approval of the Scientific Research and Publication Ethics Committee of İnönü University, dated March 21, 2024, and numbered 18.

1.GİRİŞ

Endüstri 1.0'ın 1784 yılında başlamasıyla, sırasıyla Endüstri 2.0, 3.0 ve 4.0 dönemleri göz önüne alındığında, 2011 yılında Almanya'da başlayan Endüstri 4.0 (E4.0)'a geçişe, yaşadığımız dönem gereği gelişmiş ülkelerle birlikte şahitlik ediyoruz. Sanayileşmenin başlangıcından itibaren makineleşme ve dijitalleşme benzeri teknolojik sıçramalar ile endüstriyel devrimler yaşanmıştır. Fabrikalarda gelişmiş bir dijitalleşme temelinde, internet teknolojileri ile akıllı nesnelerin yazılım ile desteklenmesi ile planlı bir 4. Sanayi devrimi projesi olarak "Endüstri 4.0" kavramı ortaya çıkmıştır.

Bir diğer ifadeyle bilgi toplumu olmamızı sağlamış olan E3.0'dan akıllı sistemlere geçilmektedir. E4.0, on yıllarca devam edecek teknolojik yeniliklerin temelini atarak, her geçen yıl birçok sektörde kendisini "büyük veri", "nesnelerin interneti", "simülasyonlar", "siber-fiziksel sistemler", "artırılmış gerçeklik", "yapay zekâ" gibi kavramlarla görünür hale getirmiştir. E4.0 ile hayatımıza giren Havacılık 4.0 kavramı da birçok yeniliği beraberinde getirmiştir (Kahraman ve Aydın, 2022)

Bu kapsamda, kokpit yönetimi, havacılık personelinin iş süreçlerinin dijitalleşme ile birlikte kolaylaşması, yer hizmetlerindeki yeniliklerle müşteriye uçuş ile ilgili anlık bilgi akışı sağlayacak tekniklerle yönlendirme, uçak üretimi ve bakımında gelişmiş teknolojiler gibi birçok açıdan gelecekte Havacılık 4.0 uygulamalarından önümüzdeki 10-15 yıl içerisinde daha fazla yararlanılacağı açıktır. Bu gelişmeler henüz başlangıç seviyesinde olup ileride daha da gelişecek olan teknolojilerin temelini oluşturmaktadır (Demiral, 2022).

Endüstri 4.0 ile ilgili literatür taraması, devletlerin E4.0'a ilişkin yol haritaları ve uzman görüşleri E4.0 gelişiminin çok erken bir aşamada yer aldığını göstermektedir. Bu konuda yapılan çalışmaların oldukça sınırlı alanlarda ve sınırlı sayıda olduğu gelişmeye açık potansiyel çalışma boşluklarının var olduğu görülmektedir (Liao vd., 2017).

Bu alanda yapılmış olan araştırmaların sonucunda elde edilen bulgularda ise, E4.0 gelişmelerinin çalışanların istihdamını ve eğitimini, şirketlerin iş modellerini, endüstriyel ilişkileri ve toplumu etkileyeceğini göstermiştir (Çakmak, 2018). Gelişmelere paralel olarak "insansızlaşma"nın artarak devam edeceğinden hareketle, Havacılık 4.0 uygulamalarının havacılık sektöründe çalışanlar tarafından benimsenmesine yönelik bir model oluşturularak çalışanların bu teknolojileri benimsemelerini etkileyen faktörlerin anlaşılmasına çalışılması veya olası direnç davranışlarının analiz edilmesi oldukça önemlidir. "İnsansızlaşma"nın avantaj ve dezavantajlarını bilimsel olarak ölçmek ve anlamak, zamanında adımları atarak doğru yapılandırmaları yapmak ve insan kaynağını yapay zekâ ile çalışmaya hazırlamak örgütsel amaçlara ulaşmak açısından önemlidir (Atalık vd., 2019).

E4.0'ın ortaya çıkaracağı etkilerin boyutlarının ne seviyede olacağı konusunda araştırmaya katılan insan kaynakları (İK) profesyonelleri arasında, sadece mavi yakanın etkilenmeyeceği, beyaz yakanın da görev tanımında bulunan birçok süreci otomasyona devredeceği ile ilgili görüşler ön plana çıkmıştır. Mavi yaka sayısında öngörülen düşüşün endüstri ilişkilerinde İK'nın elini rahatlatacağı ve ilişkilerde farklılaşmaların meydana geleceği, sendikaların öneminin azalarak, özellikle eğitim konusunda kamu kurum ve kuruluşlarıyla iş birliklerinin artacağı görüşlerinin ortaya çıktığı tespit edilmiştir (Pala, 2019).

Havacılık 4.0 ile ülkemiz sivil havacılık sektöründe önemli atılımlar gerçekleştirilmektedir. Gelişen ve büyüyen uzay ve havacılık sektöründe ihtiyaç duyulan nitelikli çalışanları temin etmek ve değişime ayak uydurmalarını sağlayarak motive bir şekilde çalışma hayatına devam etmelerini sağlayarak sektörde tutmak, rekabet açısından önemlidir.

İnsan ve yapay zekânın iş hayatında yan yana olmasından kaynaklı yeni yönetim biçimleri ortaya çıkacağı, akıllı sistemlere bağlı olarak bazı iş kollarının yok olacağı göz önüne alındığında; sektörde iş görenlerin potansiyel değişime ne yönde tepki verdiği, kendilerini nasıl konumlandığı, devam etmekte olan gelişmelere ve yeniliklere yönelik kavramsal farkındalıklarının ne ölçüde olduğu, sektörde artarak devam eden insansızlaşmanın, iş görenler üzerindeki olumlu ya da olumsuz etkileri araştırmaya muhtaç bir alandır (Kamber ve Bolatan, 2019).

2. DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ VE ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMI

E4.0, günümüzün endüstriyel üretimini bir bütün olarak ilgilendiren ve bunu kökten değiştirmeyi amaçlayan çağdaş bir konudur. E4.0, üretim sektörünün neredeyse tüm üretim bileşenlerinde, ürünlerinde ve ekipmanlarında yerleşik algılama cihazlarıyla dijitalleşmesini sağlamaktadır.

Dijital verilerin ve fiziksel nesnelerin kaynaşmasıyla her yerde bulunan bir sistemdeki ilgili verilerin analizi, dünyadaki her endüstriyel sektörü, önceki üç endüstriyel devrimin herhangi birinden, yani E1.0, E2.0 ve E3.0'dan çok daha hızlı ve daha büyük etki ile gelişmeye dönüştürme yeteneğine sahiptir (Lee vd., 2015).

Kolay bilgi alışverişi ve birlikte çalışabilirlik içinde eş zamanlı ve akıllıca hareket eden imalat ürünleri ve makinelerin entegre kontrolü ile elde edilmektedir (Mrugalska ve Wyrwicka, 2017). Ancak, farklı araştırmacıların E4.0'ın gerçek anlamı hakkında farklı algıları bulunmaktadır.

2.1. Endüstri 4.0 Kavramının Ortaya Çıkışı

Dünyada hızla artan küreselleşmenin etkisiyle ülkelerin içine girdiği iktisadi dönüşümler ülkeleri etkileşime açık pozisyona getirmiştir. Bilginin küresel çapta artan paylaşımıyla ülkeler sermaye ve beşerî kaynakları kullanma çabasına girişmiştir (Akben ve Avşar, 2018). Teknolojik alanda önemli gelişmeler sağlamayı başarmış olan ülkeler sermaye, insan kaynağı ve eğitim imkânlarını yenilikçi girişimlere ayırarak Ar-Ge faaliyetlerine önem vermiş, küresel ekonominin dönüşümüne katkı sağlayarak ekonomik büyüme istikrarına kavuşmuştur (Akkuşcu, 2019).

E4.0 ile, ortak amaca hizmet eden tüm birimlerin birbiriyle sürekli iletişimine, ortaya çıkan verilere eş zamanlı olarak ulaşılabilmesine ve verilerden sağlanan faydanın en üst seviyeye çıkarılarak katma değer maksimize edilmesi amaçlanmıştır (Anuşlu ve Fırat, 2020).

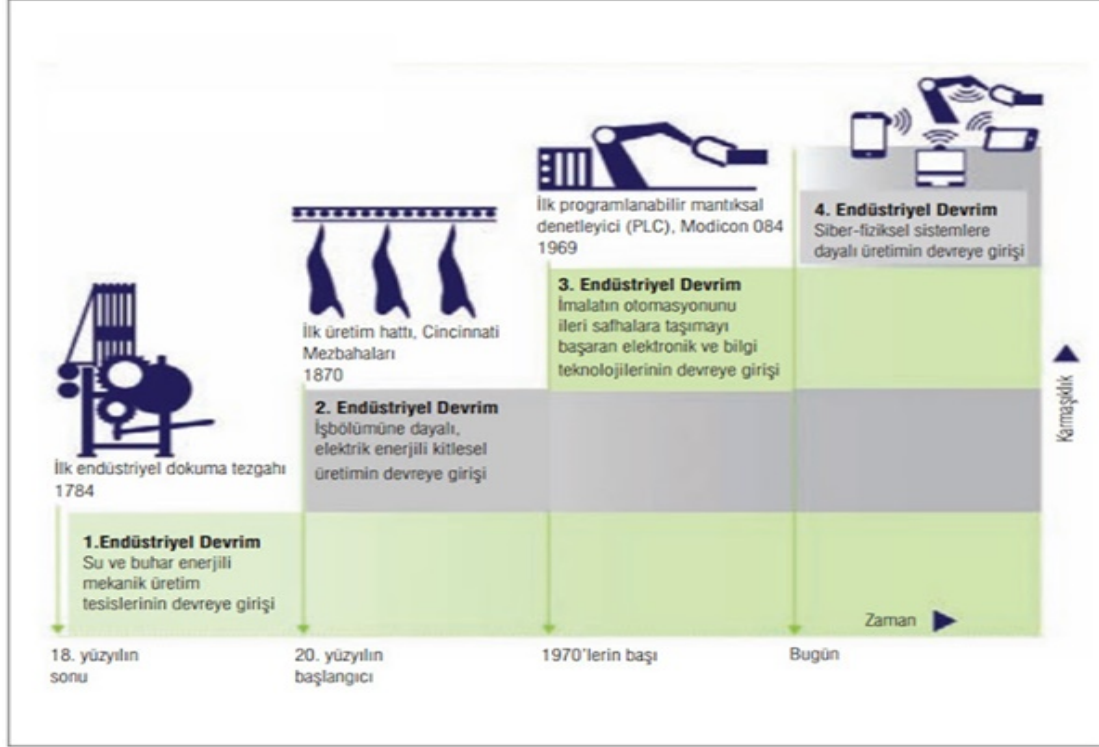
Son yıllarda hızlı bir gelişme sağlanan robot teknolojisinin desteğiyle, sürekli ve gerçek zamanlı sağlanan iletişim imkânları da kullanılarak, otonom akıllı makineler sayesinde etkileşimin en üst düzeyde olması amaçlanmıştır.

Dördüncü sanayi devriminin yarattığı dönüşümü incelendiğinde (Şekil 2.1.1) önceki endüstriyel devrimlerden farkı sanayi yerine teknolojik atılımlarla dönüşümün gerçekleşmesi üzerine olduğu görülmektedir. Günümüzdeki gelişmelere bakıldığında; E4.0 bileşenleri sayesinde teknolojiye dönük atılımlara kaynak ayıran ülkelerin gelişmişlik düzeyinde ölçülebilir bir artış, işçilerin işini yapma şeklinde dönüşüm yaşandığı görülmektedir.

Ayrıca "küreselleşme" kavramının, E4.0'ın temeli olan dijitalleşmeyi zorunlu hale getirdiği görülmektedir. Küreselleşme ile ticaret ve etkileşimin artması nedeniyle artan rekabet bileşenleri hem talebe hem de talebin beraberinde getirdiği yenilikler sayesinde meydana

gelen teknolojik gelişmelere, işletmelerin hızlı tepki vermesini ve dönüşüme uyum sağlamasını zorunlu hale getirmiştir.

Böylece E4.0'ın içeriğini dijitalleşme ve otomasyon kavramları oluşturmuş, siber-fiziksel sistemler kullanılarak hem üretim sürecinin hem de rekabet gücünün iyileştirilmesinin önü açılmıştır.



Şekil 2.1. Endüstri 1.0'dan Endüstri 4.0'a Endüstriyel Devrimler (Kagermann vd., 2013)

2.2. Endüstri 4.0'a Geçiş Aşaması

E3.0'dan E4.0'a geçiş, yeni bir ifadeyle Endüstri 3.5 aşaması (bazı kaynaklar bu geçişi Endüstri 3.5 olarak adlandırmıştır) ve döngüsel ekonomiye geçiş, mevcut sistemlerinde toptan değişiklik yapması gereken kuruluşlar için önemli iki kavram olduğu görülmektedir. Rekabetçi kalabilmek için her iki geçişin de sürdürülebilir kaynak yönetimi ve dijital dönüşüm ilkelerini takip etmesi gerektiği vurgulanmıştır. Ancak, kuruluşların dikkate alması gereken bu değişikliklerin önünde engeller olduğu bilinmektedir. Mevcut ortamda, kuruluşların daha sürdürülebilir kaynak yönetimi için bu engellerle eş zamanlı olarak başa çıkmaları gerektiği görülmektedir (Özkan vd., 2020).

Günümüzde şirketlerin, iş modellerini zorlayabilecek ve operasyonlarını önemli ölçüde etkileyebilecek iki büyük baskıyla karşı karşıya olduğu görülmektedir. İlk baskının, daha verimli süreçler, maliyet minimizasyonu, daha yüksek güvenilirlik, etkili tasarım ve gelişmiş yönetim kontrolü vaat eden dijitalleşme olduğu görülmektedir (Gupta ve Gupta, 2018). Farklılaşma ve yanıt verebilirlik gibi rekabetçi stratejiler, tedarik zincirlerinin etkin ve verimli yönetimini gerektirmektedir. Çünkü hız, güvenilirlik ve esneklik kavramlarının şirket içinde sınırlı olmayıp müşteri tabanına ve hatta satış sonrası hizmetlere kadar uzandığı görülmektedir (Um, 2017). Dolayısıyla E4.0 veya dijitalleşme, tüm operasyonu yönetmek için bütüncül bir bakış açısıyla bir sistemin yönetimini ve kontrolünü sağlar; bu nedenle Endüstri 3.0'dan E4.0'a geçişin kaçınılmaz bir gereklilik olduğu vurgulanmaktadır (Ku vd., 2020).

Abreu ve Ceglia (2018) tarafından bu perspektifte, kaynakların kullanımını en aza indirmek ve atık oluşumunu azaltmak için bütünsel olarak kullanılabilir döngüsel ekonominin, E4.0 çağında tedarik zincirinin dönüşümünün en uygun yolu olduğu ve yüksek teknolojik üretim ortamı geliştirirken sürdürülebilir kaynak yönetimi entegrasyonunun artık mümkün olduğu belirtilmiştir.

Yine Rahman vd., (2020), E4.0'ın sürdürülebilirliğin sosyal, çevresel ve ekonomik boyutlarını hedeflediğini ve teknolojik gelişmelerin ekonomik açıdan incelenmesinin sosyal ve çevresel yönlerle desteklenmesi gerektiğini öne sürmüştür.

Ancak özellikle E4.0 süreçlerine uyum hem altyapıda hem de iş gücünde büyük bir değişimi gerektirdiği görülmektedir (Karadayı vd., 2020). Özellikle geleneksel üretim sistemlerine sahip şirketler için sorunsuz bir dönüşüme ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır (Ku vd., 2020). Bu nedenle, toplam kaynak yönetimi ile dijital dönüşümü aynı anda ele alırken verimli çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır.

2.3. Endüstri 4.0 Gelişimi ve Etkileri

Üretimin geleceği olan E4.0, her üretim ögesinin otonom olarak bilgi alışverişinde bulunduğu, eylemleri tetiklediği ve kendilerini bağımsız olarak kontrol ettiği yaygın entegrasyondan oluşmuştur (Weyer vd., 2015). Daha akıllı süreçler yaratmayı amaçlayan bu üretim yaklaşımı, insan müdahalesi olmadan hareket eden ve ortam değişikliklerine ve gereksinimlerine bağlı olarak operasyonlarını özerk bir şekilde kontrol eden küçük merkezi olmayan ve dijitalleştirilmiş üretim ağları ile karakterize edilmiştir (Erol vd., 2016).

Doğru bir tanım bulmak kolay olmasa da “akıllı” kavramı E4.0 çerçevesinde merkezi hale gelmiştir. Bununla birlikte, bu kavramın birkaç yazarın vizyonunu karşılayan olası bir tanımı, gerçek zamanlı olarak iletişim kurabilen ve akıllı bir ortamda diğer akıllı cihazlarla iş birliği yapabilen, elde edilen bilgilerle karar veren ve eylemleri gerçekleştiren bağımsız ve otonom cihazlarla ilişkilendirilmiştir (Radziwon vd., 2014). E4.0, akıllı makinelerin kullanımı ve geleneksel üretim sistemlerinin akıllı fabrikalara dönüştürülmesi yoluyla akıllı ürün ve süreçlerin yaratılmasına büyük ölçüde odaklanan yeni bir üretim paradigmasıdır.

Akıllı Fabrika; entegrasyon, dijitalleşme ve esnek yapıların ve akıllı çözümlerin kullanımından oluşan çeşitli gelişmelerden kaynaklanan bu yeni sanayi devrimini ele alan kilit yönlerden biri olmuştur (Hajrizi, 2016). Bu üretim çözümleri, tüm değer zinciri boyunca akıllı bir ortamın yaratılmasına imkân vererek, esnek ve uyarlanabilir süreçlerin performansını sağlamaktadır (Radziwon vd., 2014). Akıllı bir fabrika ortamı, üretim verimliliğini artıran ve son derece karmaşık pazar gereksinimlerinin karşılanmasına izin veren her üretim kaynağı (sensörler, aktüatörler, konveyörler, makineler, robotlar, vb.) arasında yeni bir bütünleştirici gerçek zamanlı iletişimden oluşmuştur (Qin vd., 2016).

Akıllı ürünler, fiziksel ve sanal dünyalar arasındaki bağlantıyı sağlama yeteneklerinden dolayı siber fiziksel sistemler olarak tanımlanmıştır (Jazdi, 2014). Bu ürünler, hesaplama, veri depolama, çevreleriyle iletişim ve etkileşim, kendilerini tanımlayabilme, üretim süreçleri hakkında veri depolama ve üretim ve bakım ile ilgili diğer adımlar hakkında bilgi sağlama gibi birkaç temel özellik ile karakterize edilmiştir. Ayrıca, akıllı ürünler, yaşam döngüleri boyunca fiziksel çevrelerini özerk bir şekilde algılayabilen ve etkileşim kurabilen yüksek derecede özerkliğe sahip olmuştur (Schmidt vd., 2015).

Kısaca akıllı fabrikalar, pazar gereksinimlerini karşılamak için bir değer zincirine bağlanan standartlaştırılmış ara yüzler aracılığıyla makineler ve malzemeler arasındaki entegrasyondan

oluşmuştur. Akıllı malzemeler ve akıllı ürünlerin, tüm yaşam döngüleri boyunca izlenerek yüksek düzeyde özelleştirmeye olanak tanıdığı görülmektedir. E4.0, tüm tedarik zinciri boyunca gerçek zamanlı iletişim yeteneği aracılığıyla müşterilerin değişen gereksinimlerini daha iyi karşılayan yeni iş modelleri ortaya çıkışına olanak sağlamıştır (Erol vd., 2016).

2.4. Endüstri 4.0 Teknolojileri

E4.0'ın, dijital üretim teknolojisini, ağ iletişim teknolojisini, bilgisayar teknolojisini ve otomasyon teknolojisini kapsadığı görülmektedir. E4.0 ile ilgili teknolojik gelişmeler, insan ve makine araçlarını, malzemeleri, ürünleri, üretim sistemlerini ve süreçleri entegre ederek dijital ve fiziksel dünya arasındaki sınırları ortadan kaldırmaktadır (Erol vd., 2016).

E4.0'ın, birçok alanda hızlı teknolojik gelişmelere izin vererek, ağırlıklı olarak siber-fiziksel sistemlerin üretim süreçlerine teknik entegrasyonu ve endüstriyel süreçlerde nesnelere ve hizmetlerin internetin kullanılmasıyla şekillendiği görülmektedir (Kagermann vd., 2013).

Diğer özelliklerinin yanı sıra E4.0, otonom olarak birlikte çalışabilirliği, çevikliği, esnekliği, karar vermeyi, verimliliği veya maliyet düşürmeyi destekler. E4.0 çerçevesinin entegrasyonunu sağlamak için temel nokta, paydaşların mesleki becerilerinin geliştirilmesiyle iyileştirilecek olan insan katkısıdır (Alcácer ve Cruz-machado, 2019).

E4.0 uygulaması disiplinler arasıdır, çerçevesinin dokuz ayağı gibi tanımlamıştır; Nesnelere İnterneti, Büyük Veri, Bulut Bilişim Sistemi, Siber Fiziksel Sistemler, Akıllı Robotlar, Eklemeli İmalat, Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonları, Simülasyon, Yapay Zekâ, Artırılmış gerçeklik.

3. AKILLI HAVALİMANLARI

Havalimanı yönetimi için, sınırlı kaynaklara sahip havalimanı operasyonlarında, iç ve dış paydaşlarla eşgüdümlü çalışmak, ihtiyaç duyulan hizmetleri zamanında gerekli yerlere ulaştırmak ve sürdürülebilirliğini sağlamak, yolcuların ve ziyaretçilerin güvenliğini sağlamak, güvenli bir şekilde havalimanı operasyonunu sürdürürken söz konusu faaliyetlerin mevzuata uygunluğu sağlamak en kritik görevdir.

3.1. Havacılık 4.0 Kavramı

İlk devrim aşaması olan Havacılık 1.0, bu aşamada pilotların uçuşuna yardımcı olacak ticari havacılıkla ilgili konulara odaklanmamıştır. Bu dönem uçağın nasıl üretilip uçurulacağı konusunda teknolojik zorluklara odaklanan ve daha çok mekanik icatların ortaya çıkmaya başladığı, bir uçağın nasıl inşa edileceğinin ve uçurulacağının cevaplarının arandığı, buna yönelik teknolojik zorlukların nasıl üstesinden gelineceğinin araştırıldığı bir dönem olmuştur.

İkinci devrim olan Havacılık 2.0, mekanik aksamaların yerini elektrikli cihazların aldığı bir dönem olmuştur. Bu aşamadaki teknolojik ilerlemeler iki büyük zorluktan dolayı ortaya çıkmaya başlamıştır: “Kötü hava şartlarında uçak nasıl kullanılır”, “Hava araçlarının sayısının artmasıyla hava sahası içinde uçan uçaklar nasıl kontrol edilir”. Elektrikle çalışan otopilotlar, hava durumu radarları ve navigasyon cihazları gibi uçaklarda yenilikler bu dönemde ortaya çıkmıştır. Özellikle VOR ve ILS (aletli iniş sistemi) gibi pilotların rotaları ve yaklaşma yollarını güvenli bir şekilde takip etmelerine olanak tanıyan yeni cihazlar bu dönemde ortaya çıkmıştır (Kızılcın ve Mızrak, 2021).

Havacılık 3.0, ticari havacılıkta yaşanan devrimin üçüncü aşaması olmuştur. Bu devrimin başlangıcında, eski analog göstergeler renkli ekranlarla değiştirilerek hava araçlarının

kokpitindeki gösterge karmaşası ortadan kaldırılmıştır. Havacılıktaki bu üçüncü devrim, “elektronik ekosistemler” kavramının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Zaman içerisinde ortaya konan teknolojik çözümler, toplu, görselleştirilmiş, anlaşılır bilgilerin yardımıyla operatörlerin kararlarını destekleyecek şekilde aşamalı olarak tasarlanmıştır (Valdés vd., 2018).

Havacılık 4.0 ise siber-fiziksel tasarımıyla ilgilidir. Siber-fiziksel sistemler, hava aracı sistemlerini dijital ve akıllı hale getirerek, uçak üzerinde toplanabilecek operasyonel verinin miktarını ve çeşitliliğini arttırmayı amaçlamaktadır. Kullanıcıların karar almalarına ve görevleri özerk bir şekilde tamamlamalarına yardımcı olarak siber-fiziksel sistemlerin (CPS) tasarımı ve siber-fiziksel bileşenlerin gelecekteki havacılık bilgi sistemlerine entegrasyonu ile ilgilidir (Mosterman vd., 2015).

Günümüzün dijital teknolojileri, ürün yaşam döngüsü verilerini gerçek zamanlı olarak kullanılabilir ve uyarlanabilir hale getirmektedir. Küresel pazarda rekabet edebilmek için havacılık işletmelerinin güncel kalması kaçınılmaz bir durumdur. Bunu başarmak için daha hızlı, daha ucuz ve daha iyi ürünler geliştirmeleri gerekmektedir. Bunu başarmanın tek yolu E4.0'ın sunduğu yeni dijital araçları kullanmaktır. Diğer yandan E4.0, şirketlerin maliyetleri azaltmasına, kaliteyi ve verimi artırmasına, israfı en aza indirmesine ve yeni ürünler sunma fırsatlarını artırmasına olanak tanımaktadır.

Geçmişte havacılıktaki üretim süreci, ürünlerin üretim hattından parça parça bir araya getirilmesini ve ardından kapsamlı testlerden geçerek taşınmasını gerektirmiştir. Bu durum önemli verimsizliklere yol açmıştır. Eğer ürün bu aşamada düzgün çalışmadıysa, ürünün yeniden üretilip test edilmesi gerekmiş, bu da üretimde ciddi gecikmelere ve maliyetlerin artmasına neden olmuştur. Artık yeni üretim hattı teknolojisinin kullanıma sunulmasıyla birlikte üreticiler, sürecin her parçasını gerçek zamanlı olarak görebildikleri için arıza sürelerini en aza indirerek maliyetleri azaltmaktadır. Dijital teknolojiye yatırım yapmak kısa vadede pahalı görünebilmektedir. Ancak dijital teknolojiler uzun vadede maliyet etkin olacaktır çünkü bu teknoloji üreticilerin test hatalarından, zaman israfından ve maliyetlerin artmasına neden olan sorunlardan kaçınmasına yardımcı olmaktadır. Geleceğin iş gücü ve en iyi insan kaynağı, en son teknolojileri kullanan şirketlerin elinde olacaktır. Havacılık sektöründe faaliyet gösteren şirketlerin ayakta kalabilmeleri ve diğer pazarlara ayak uydurabilmeleri için dijital teknolojileri benimsemeleri gerekmektedir. E4.0 havacılık sektörü için bir arzudan ziyade zorunluluk haline gelmiştir (Aero-mag.com, 2024).

Dijitalleşmenin etkisi ile işletmeler, devlet kurumları ve diğer kuruluşlar ile müşteriler arasındaki ilişkiler yeniden şekillenmektedir. Aynı zamanda yeni iş modelleri de geliştirilmektedir. Bugün, endüstrilerdeki işletmeler, yeni iş fırsatlarını takip etmek ve hızla değişen küresel iş ortamına ayak uydurmak için çevikliğe, hıza ve esnekliğe ihtiyaç duymaktadır. Dijitalleşme, ileri teknolojiyi tüm süreçlerin, ürünlerin ve hizmetlerin merkezine yerleştirmenin önemini vurgulamaktadır. Küresel işletmelerin pandeminin etkisi ile daha fazla benimsedikleri dijital dönüşümün, gelecekte de etkisinin sürmesi beklenmektedir.

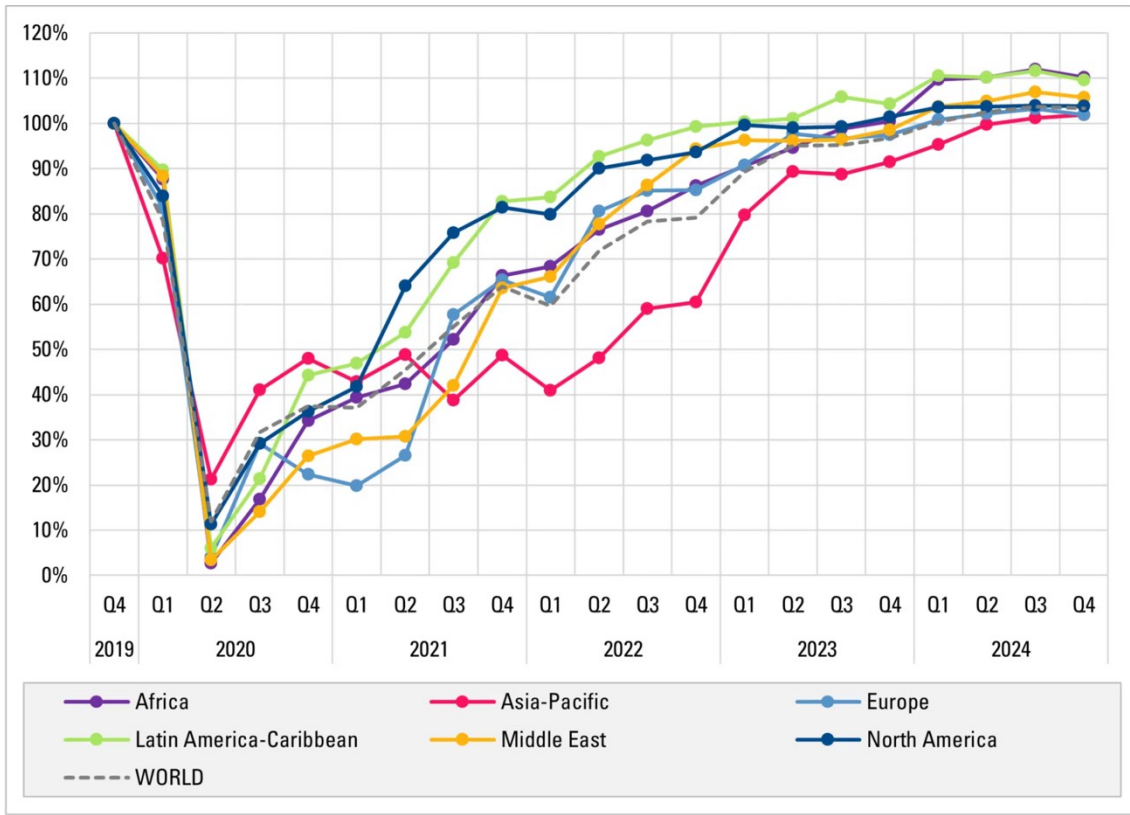
Bu doğrultuda havayolu işletmelerinin büyük çoğunluğu farklı bilgisayar teknolojilerinin desteği ile dijitalleşmeye büyük oranda uyum sağlarken, yolcuların dijitalleşmeye uyumlarında, özellikle dijital göçmen olarak adlandırılan internet teknolojisi ile geç tanışan yaş grubunun uyumunda problem yaşandığı bilinmektedir. Ancak yaşanan Covid-19 pandemisi sebebi ile teması ve etkileşimi azaltmaya yönelik alınan tedbirler dijitalleşmeye uyum sürecini hızlandırarak, önemli bir eşiğin atlanmasını sağlamıştır (Hava ve Harmanşah, 2022).

3.2. Akıllı Havalimanları

Modern havacılık endüstrisi çok hızlı gelişmektedir. Yolcu sayılarının hızlı büyümesi, gelecekteki havalimanlarının etkinlik seviyelerini artırmak ve sınırlı altyapıyı etkin bir şekilde kullanmak için tasarımında ileri teknolojinin kullanılması sektörün ana problemlerinden birisidir (Medvedev vd., 2017).

Uluslararası Havalimanları Konseyi (ACI) istatistiklerine göre (Şekil 3.1.), dünyada havayoluyla seyahat eden yolcu sayısı 2023 yılında 8,6 milyara ulaşarak pandemi öncesi 2019 yılının %94,2 sine ulaşmıştır (ACI World, 2024).

2024 yılının ise, 2019'da 9,2 milyar olan yolcu sayısını geride bırakarak 9,4 milyar yolcuya ulaşmasıyla küresel yolcu trafiğinin pandemi sonrası toparlanması açısından bir dönüm noktası olması beklenmektedir.



Şekil 3. Havayolu Yolcu Sayıları Öngörülleri (2020–2024, Üçer Aylık, 2019 Yılı 100% Varsayılan)

Yolcu sayılarındaki hızlı büyüme, hâlihazırda havalimanı işletmecileri üzerinde, mevcut altyapının kabiliyetini ve terminal kapasitesi yeniden değerlendirme ve iyileştirme, süreç iyileştirmeleri, yeni gelir modellerine odaklanma, fiziksel ve siber güvenlik konularını kontrol ederken küresel yolcuları çekmek için birinci sınıf hizmetler sunma konusunda bir baskı yaratmıştır.

Havalimanlarındaki en önemli süreç olan terminal faaliyetleri zorluklarının, check-in sürecinin verimliliği, entegre sistemler, ortak kullanılan terminal ekipmanları, bu süreçleri düzenleyen kurumlar ve entegre sistemin parçası olan acenteler gibi konular olduğu bilinmektedir.

Gelişen teknolojiler havalimanı sektörünü akıllı havalimanlarına doğru yönlendirmektedir. En son akıllı teknolojiye sahip havalimanı çözümlerine bakıldığında kalite iyileştirmesi amacıyla yapılan artık tamamı akıllı olan kapılar, check-in, bagaj izleme, yüz tanıma, biyometrik tanıma, mobil cihazlarla yapılan havalimanı terminal navigasyonu uygulamaları, IP tabanlı güvenlik, veri analitiği, yolcu davranışını incelemek için veri madenciliği, yapay zekâ uygulamaları ve diğer birçok operasyonel faaliyetler olduğu görülmektedir (Sabatová vd., 2016).

3.2.1. Akıllı Havalimanı Tanımları

Havalimanı 4.0 olarak bilinen havalimanının dördüncü evriminin tanımı halen geliştirilmektedir. “Havalimanı 4.0” veya eş anlamlısı olan “akıllı havalimanı” kavramının literatürde farklı tanımları mevcuttur. “Akıllı havalimanı” tanımının, “akıllı şehir” tanımıyla bağlantılı olduğu görülmektedir. Akıllı şehirler, daha uygun ve sürdürülebilir bir çevre yaratmak için teknolojiyi kentsel yaşamlara uygulamaktadır. Akıllı havalimanı da bu akıllı şehrin bir alt sistemi olarak yapılandırılmaktadır. Bu sistemde şehirde devam eden yaşamla uçak hareketleri birbiriyle bağlantılıdır. Şehrin ulaşım yönetimi, hava trafik kontrolü ve hava yolları arasında bilgi alışverişi kolaylıkla yapılabilmektedir. Bu bağlantı aracılığıyla bireysel süreçlerin ve havalimanı operasyonunun optimizasyonunun yanı sıra müşteri memnuniyetinin sağlanması amaçlanmaktadır.

Qi ve Pan (2018)’a göre akıllı havalimanı kavramı, hizmet sürecini nesnelerin interneti, mobil ağlar ve büyük veriye dayalı olarak bir “insan-makine entegrasyonu” sağlama eğilimindedir. Ayrıca geleneksel havalimanlarından farklı olarak birçok sistemin uzak bir alandan kontrol edilmesini ve izlenmesini sağlayan bir havalimanı çözümü olarak ortaya konmaktadır. Bu yaklaşım, yolcular ve çalışanlar için daha güvenli bir ortam sağlarken, meydana gelen herhangi bir arızaya anında müdahale edilmesini sağlamaktadır.

3.3. Havalimanı Güvenliği

Sivil havacılıkta güvenlik gereksinimleri, yolculara, uçaklara ve diğer tüm havalimanı kullanıcılarına daha güvenli yolculuk sağlamak için uyulması gereken zorunlu kurallardır. Akıllı havalimanları, mevzuat gerekliliklerine uygun olarak modern teknolojiyle havacılık güvenlik standartlarını iyileştirmekte ve yolcuların yaşadığı problemleri azaltmaktadır.

Bir havalimanında güvenlik amaçlı yapılan tarama süreçleri, yolcular için istenmeyen deneyimler ortaya çıkmasına sebep olabilmekte ve önemli miktarda zaman harcamaktadır. Uçuş güvenliğinin sağlanması zorlu bir iştir. Nesnelerin interneti (IoT), gelişmiş güvenlik hizmeti sunmak amacıyla RFID teknolojisiyle birlikte yolcuların kimliğini doğrulamak için gerekli adımları harekete geçirmek, algılamak ve işlemek için akıllı bir uygulama olarak kullanılmaktadır.

Güvenlik açısından akıllı sistemlerin kullanımına örnek olarak; Avrupa'nın en iyi havalimanlarından biri olan Münih Havalimanı, katı ve sıvı patlayıcıları tespit edebilen teknolojik bir tarayıcıyı yolcu terminaline eklemiştir. Yolcuların beyan etmek amacıyla bagajlarından dizüstü bilgisayar, akıllı telefon ve izin verilen herhangi bir sıvıyı çıkarmalarına gerek kalmadan tarayıcıdan kolayca işlem yapılabilmektedir.

Yolcu sayısının hızla artmasının yarattığı problemleri çözmek için uçak kapasitesi artışı ve havalimanı genişletmelerinin yanı sıra ek çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Havalimanlarında daha fazla bütünleştirici akıllı teknolojik gelişmelere ihtiyaç duyulmaktadır. Biyometri kullanımını, yolcu güvenliği, check-in, sınır/gümrük kontrolü akıllı havalimanlarının bir başka

önemli BT (Bilgi Teknolojileri) uygulamasıdır. Akıllı havalimanları hem yolcular hem de çalışanlar için daha güvenli bir ortam sağlamakta ve herhangi bir güvenlik hatası meydana gelirse Nesnelerin İnterneti entegrasyonu ile hızlıca çözüme kavuşturulabilmektedir (Jalali ve Zeinali, 2018)

3.4. Yolcu Rahatlığı

Yolcular, terminal formaliteleri boyunca yolculuklarında herhangi bir olumsuzluk yaşamadan rahatlık beklemektedir. Akıllı bir havalimanında seyahat edenlerin geleneksel bir havalimanında olduğu gibi uzun süre beklemesine gerek yoktur. Nesnelerin interneti (IoT) sayesinde bağlı sensörler aracılığıyla en kısa hat, park yeri ve kendi kendine kontrol edilebilen bagajlar hakkında bilgi sağlayabilmektedirler.

Skytrax Dünya Havalimanı Ödülleri tarafından üst üste 7. kez en iyi havalimanı seçilen Singapur'daki Changi Havalimanı, 4 no'lu terminal için yolcu yüz tanıma teknolojisini ve otomatik bagaj bırakma makinelerini hayata geçirmiştir. Yolcular için esnek, güvenli ve rahat bir kalkış süreci sağlamıştır. Uçuş öncesi bütün tarama süreci otomatikleştirildiğinden, güvenlik personeli tarafından manuel kimlik kontrollerine gerek yoktur (Changiairport.com, 2019).

Güney Kore'deki Incheon Havalimanı, yolcu karşılama için terminal sürecine "Airstar" isimli robotlarını dâhil etmiştir. Bu robotlar, gümrüksüz satış mağazaları ve varış alanındaki bagaj bantlarına, uçağa biniş öncesi kapılara özellikle yolcuların yoğun olduğu alanlara yerleştirilmiştir. Ayrıca, rehberlik, taşıma, araç park etme, sürücüsüz araçlar ve terminal içi yer bulma teknolojisi kullanıcılar için yolcu rahatlığını ve akıllı deneyim hizmetlerini geliştirmişlerdir (AlMashari vd., 2018).

3.5. Operasyonel Verimlilik

Operasyonel verimliliğin artırılması açısından yolculara ilişkin verilerin toplanması önemlidir. Büyük Veri analizi akıllı havalimanının en önemli ve faydalı avantajıdır. Yolcu davranışlarının belirlenmesi, yolcuların toplanma yerlerinin izlenmesi, bir yolcunun ortalama bekleme süresinin hesaplanması ve yolcuların diğer tüm kişisel davranışları akıllı veri işlemeye dayalı olarak belirlenebilmektedir.

Modern havalimanı işletmecileri, havalimanının operasyonel verimlilik düzeyini yükseltmek için ağ altyapısı ve algılama, veri yönetimi altyapısı, veri analitiği ve yapay zekâ ve makine öğrenimi kapasitesine ihtiyaç duymaktadır. Singapur Changi Havalimanı, daha iyi algılayabilen, daha iyi analiz edebilen, daha iyi tahmin edebilen ve operasyonel verimliliği artırabilen çeşitli işlevler için hâlihazırda yapay zekâ ve makine öğrenimi destekli uygulamaları hayata geçirmiştir.

Güney Kore Incheon Havalimanı, gerçek zamanlı verileri kullanarak akıllı teknolojiyle operasyonel verimliliği artırmıştır. Uçuşlarda yaşanan rötarları, kalkış öncesi bekleme sürelerinin ve yolcu terminali sürecinin gerçek zamanlı izlenmesiyle gecikmesiz müdahalelerle yolcu konforunu artırmıştır.

Ayrıca dijital ekran kartları ve akıllı görüntü izleme ile operasyonel gecikmeleri kontrol edebilmektedir. Diğer operasyonel kontrol üniteleri, büyük veri analizi yoluyla gerekli girdileri ve performans seviyeleri hakkında otomatik olarak bilgi toplayarak uyarı verebilmektedir (Jayasuriya, 2020).

3.6. Sınırlı Kaynakları Optimize Etme

Akıllı havalimanları konsepti, terminal, uçuş ve yer hizmetleri dahil olmak üzere sınırlı havalimanı kaynaklarının optimum kullanımı için en iyi çözümdür. Terminaldeki en yoğun zamanları tahmin ederek ve yapay zekâ analizinde veri girişlerinin eksiksiz sağlanması için nesnelerin interneti tabanlı gerçek zamanlı veri sistemleri kullanarak çözümler üretebilmektedir. Ayrıca, otomatikleşmiş yolcu süreçlerinde insansızlaşmayla personel katılımını azaltarak insan kaynağını etkili bir şekilde yönetebilmektedir.

Robot teknolojisi, kişiselleştirilmiş cep telefonu mesajları, akıllı bilgi panelleri ve “Havalimanı İşbirlikçi Karar Verme” (A-DCM / Airport-Collaborative Decision-Making) sistemleri sayesinde mevcut sınırlı kaynakları optimize edebilmektedir. Incheon Havalimanı tarafından A-CDM sistemi, yani gerçek zamanlı verileri uçuş ve yer hizmetleri kulesi ile entegre eden yapıyı 2017 yılında kullanmaya başlamıştır. A-CDM sistemi ile uçakların kalkış saatlerine bağlı olarak oluşabilecek pist kuyruklarına önceden müdahale edebilme yetenekleri geliştirilmiştir. Ayrıca akıllı teknoloji, aydınlatma ve iklimlendirme sistemlerini belirli bir zamanlamadaki talebe göre yöneterek enerji kullanımının azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Bu da enerji tüketimiyle ilgili maliyetlerin azaltılmasına yardımcı olmaktadır (AlMashari vd., 2018).

Havalimanı terminal operasyonları esas olarak yolcu hizmetleri, bagaj taşıma ve yasal kontroller olarak üç bölüme ayrılır. Akıllı havalimanı uygulamaları yukarıdaki temel bileşenlere göre aşağıdaki şekilde detaylandırılabilir;

3.7. Akıllı Havalimanı Uygulamaları

3.7.1. Akıllı Check-in

Yolcular web, cep telefonları, kişiselleştirilmiş yöntemler ve bilgisayar tabanlı kiosklar kullanarak check-in için çeşitli yöntemler kullanabilmektedir. Bu sistemler sayesinde yer hizmetleri personelinin yani insan müdahalesi sınırlandırılarak maliyetleri ve insan hatasını azaltılmaktadır. Daha önce bazı havayolları sadece kendi yolcuları için özel kiosklar buldurmuyordu. Akıllı havalimanları, faaliyet gösteren tüm havayolu şirketlerini birbirine bağlamış ve yolcu terminalinde bulunan herhangi bir ortak kiosk aracılığıyla check-in yapabilmektedir. Bu imkân, her bir havayolu için farklı kontuar tahsisi yerine maliyet katılımını azaltırken mevcut sınırlı terminal alanı için daha iyi bir çözüm sunmaktadır (Wittmer, 2011).

3.7.2. Kendi Kendine Uçağa Biniş (Self-boarding)

Akıllı havalimanı teknolojisinden temel beklenti, birbirine bağlı dijitalleştirilmiş sistemler ve süreçler sunarak daha verimli ve rahat bir seyahat deneyimi sunmaktır. Uçağa biniş süreci, çok sayıda güvenlik taraması ve manuel süreçler olması nedeniyle yolcu için en tatsız ve gergin deneyimlerden biridir. Bu nedenle, yolcuların esnek bir şekilde kendi biniş süreçlerine sahip olmalarını sağlamak gerekmektedir. Biniş kartı tarama makineleri, self-check-in kontuarından basılan biniş kartını kendi kendine taramak için kapılara yerleştirilmiştir. Yolcular, insan kontrol süreci olmadan ancak en son RFID (Radio Frequency Identification) tarama metodolojisini kullanarak uçağa binme yetkisine sahiptir. Biniş kapıları, biniş kartında taranan verilere göre yolcuya açılmakta ve yolcular uçağa binebilmektedir. İnsan müdahalesi ise sadece yer hizmetleri personeli tarafından denetleme amaçlı yapılmaktadır (Mohamed vd., 2018).

3.7.3. Havalimanı İçinde Yer-Yön Bulma

Mobil cihaz uygulamaları, uçuş saatleri, havalimanı içi konum planları ve diğer ihtiyaçlarla ilgili kişiselleştirilmiş bilgiler sunarak yolcuların uçağa zamanında ulaşmasına yardımcı olmaktadır. Havalimanına ve havalimanından başka yerlere ulaşım ve terminal içindeki diğer tüm ilgili tesis konumlarıyla ilgili konum bilgileri kişisel cihazlara indirilebilmektedir. Terminal binası iç mekân haritalamasıyla birlikte hangi işin ne kadar zaman alacağıyla ilgili bilgiler yolcuya sağlanarak gerekli uyarılar verilebilmektedir.

Havalimanını ilk kez kullanan yolcular, havalimanı prosedürleri ve daha sonra ilgili kapılar için yer göstermeye ihtiyaç duyabilmektedir. Google iç mekân haritaları veya havalimanı uygulaması sayesinde yolcuların havalimanı konumlarını rahatça bulmaları sağlanmaktadır. SMART uygulamaları, yolcuları yer hizmetleri personelinin yardımı olmadan havalimanı formalitelerini eksiksiz bir şekilde tamamlamaya yönlendirmektedir. Bu uygulamalar, havalimanı terminal tabelalarının gerekliliğini ortadan kaldırmaya yardımcı olmaktadır (Mantouka vd., 2019).

3.7.4. Biyometrik Hizmetler

Modern havalimanlarının çoğu, fizyolojik özelliklere dayalı hassas kontrol noktalarında otomatik kişisel tanımlama sistemleri uygulamaktadır. Biyometrik özellikler yüz tanıma, parmak izi, el geometrisi, el yazısı, ses, retina ve damar gibi daha ayırt edilebilir özellikler olarak tanımlanmaktadır.

Bu hizmetler, havalimanı süreci boyunca yolcu kolaylığı yaratmanın yanı sıra güvenlik endişelerini azaltmakta ve insan hatasını ortadan kaldırmaktadır.

Havalimanı giriş kontrolleri, tarama yöntemleri, seyahat belgeleri (pasaport), E-kapılar, steril kapılara giriş izni, bagaj alımında kimlik tespiti, sınır kontrol işlemleri biyometrik okuyuculara dayalı olarak geliştirilerek yolculara sorunsuz hizmet sağlayabilmektedir.

Uçağa binmeden önce yolcuların kimliklerinin doğrulanması, güvenli hava yolculuğu için kritik öneme sahiptir. Biyometrik seyahat belgeleri, yolcuları ayrı ayrı tanımak ve doğruluk seviyelerini artırmak için kullanılmaktadır. Bu teknoloji sayesinde, uçağa binen yolcuların prosedürlere uygun olarak check-in yapan kişilerle aynı kişi olduğunu kolayca doğrulayabilmektedir. Check-in noktasında akıllı görüntü izleme kullanılarak yolcuları izlemek için parmak izleri ve yüz kayıtları gibi ilk biyometrik veriler alınabilmekte ve sınır kontrolü yolcu seyahat belgesi ile doğruluğunu çapraz kontrol edebilmektedir. Daha sonra yolcular akıllı biniş kartı ve biyometrik doğrulamayla biniş kapısına kolayca erişebilmektedir. Modern havalimanlarının çoğu, yolcu rahatlığını, süreç verimliliğini artırmak, insan müdahalesini azaltmak ve doğruluk seviyelerini iyileştirmek ve yapay zekâ kararlarını kullanmak için gerekli veri desteği elde etmek için bu metodolojiyi zaten benimsemiştir (Sharif vd., 2019).

3.7.5. Giyilebilir Akıllı Cihazlar

Modern teknoloji ile giyilebilir akıllı donanım çözümleri artık kullanımdadır ve gömülü mikro çekirdek yapıda sistemlere sahiptir. Sıcaklık ve nemi ölçmek için çevresel sensörleri, tarayıcıları ve uzaktan kumanda modüllerini fiziksel etkileşim için kullanmaktadır. Yolcu merkezli modüller dokunmatik ekranları, kameraları, ses özelliklerini ve hareket sensörlerini çalıştırır. İletişim sistemleri olarak WiFi, Bluetooth, GPRS, Nesnelerin İnterneti (IoT) ve diğer en yeni iletişim yöntemlerini içermektedir.

Saatler, elektronik el bantları, Bluetooth şapkalar, akıllı gözlükler, kulaklıklar ve sensörlü elektronik aksesuarlar gibi akıllı cihazlar, yolculara havalimanı formaliteleri için zaman konusunda uyarı vermek için kullanılmaktadır. Ayrıca, kapı değişiklikleri, check-in kontuarı, gümrüksüz satış mağazaları ve restoranlarda özel indirimler ve yolcular için sunular kolaylıklar hakkında bilgilendirilme yapmaktadır. Gerçek zamanlı seyahat bilgileri, terminalin ön kapısından veya gelen yolcular için uçağın taksiye geçmesinden itibaren başlamaktadır (Kong vd., 2019).

3.7.6. RFID Bagaj Etiketleri

RFID teknolojisi esas olarak bagaj taşıma işlemi için kullanılmaktadır. Bu teknoloji, taramanın çeşitli ara yüzlerle belirli bir konumdan uzaktan izlenmesini kolaylaştırmaktadır. Yolcular, kalkış, varış veya transit geçiş sırasında bagajlarını, uçağa bagaj yükleme veya boşaltma durumunu takip etmek için RFID bagaj etiketlerinden yararlanabilmektedirler.

Akıllı havalimanları bu teknolojiyi kullanarak bagajların yanlış yönetilmesi riskini azaltmaktadır. Bagajın üreticisi, markası, büyüklüğü gibi ek bilgiler sisteme eklenebilmektedir. İnsan müdahalesi çok azdır ve patlayıcı tespit sistemi oluşabilecek hasar riskini azaltabilmektedir (Jayasuriya, 2020).

3.7.7. Bagajın Etiketlenmesi

Düşük maliyetli bütünleşik hizmet sağlayan havayolu şirketlerinin büyümesi ve Avrupa havalimanlarına benzer şekilde Asya'da da kendi kendine transfer yapan hava yolu yolcularının artması söz konusudur. Buna bağlı olarak Singapur, Tokyo Narita, Kuala Lumpur ve Seul Incheon Havalimanları gibi başlıca Asya merkezleri, yolcu sayısındaki hızlı artışlarla başa çıkabilmek için kendi kendine işleyen başlıca havalimanları olmuştur.

Akıllı havalimanları, yolcuların kalkış terminalindeki bagaj bırakma makinelerini kullanarak kendi bagajlarını etiketlemelerini kolaylaştırmaktadır. Yolcular bagaj etiketlerini evlerinden yazdırabilmekte ve ekonomik havayollarının çoğu sabit ve operasyonel maliyetlerini azaltmak için bu yöntemi tercih etmektedirler. Aynı zamanda yolcular akıllı telefon aracılığıyla bagaj durumunu takip edebilmektedirler. Dijital bagaj etiketleri, geleneksel kâğıt tabanlı bagaj etiketlerine bir alternatiftir. Verilen dijital barkod, uçuş veya indirim planında değişiklik olması durumunda havayolları veya yer hizmetleri tarafından uzaktan değiştirilebilmektedir (Chang vd., 2019).

3.7.8. Kayıp Bagaj Kioskları

RFID teknolojisi kayıp bagaj çözüm mekanizmasına adapte edilebilmekte ve bu sistem bagajı doğru uçağa dağıtır ve yolcunun bağlantı boyunca ve varışta izlemesine olanak sağlamaktadır. Kayıp bagaj kioskları, küresel hava yolu ve havalimanı ağına bağlıdır ve yolcuların akıllı cep telefonu aracılığıyla bagajlarının durumunu takip etmelerine yardımcı olmaktadır. Kayıp bagaj raporlama sistemi, yolcuların biniş kartını taramasına ve bagajda paketlenmiş olan eşyalar hakkında kısa bilgi eklemesine ve ilgili havayoluna iletmesine olanak tanıyarak da kolaylaştırmaktadır. Bir mesaj veya e-postaya yolcunun mevcut iletişim bilgileri ve bulunan bagajın teslim edileceği adres de eklenebilmektedir (Shehieb vd., 2016).

3.7.9. Sınır Kontrolü

Bu konuda tam bir yetkilendirmenin tamamlanması için göçmenlik, gümrük, akıllı hizmetler ve karantina gibi düzenleyici kurumlardan izin alınması gerekmektedir. Uluslararası Havalimanı Konseyi, biyometrik veriler için uluslararası standartlaştırılmış formatların

kullanılmasını ve bunun için uyumlaştırılmış bir yaklaşım getirilmesini tavsiye etmektedir. Otomatik sınır kontrol sistemleri yüz tanıma üzerinde gerekli kontrole sahip değildir ve seyahat eden kişi ile seyahat belgesi arasındaki doğruluğu kontrol etmek için ek güvenlik önlemleri gerekmektedir. Bu nedenle, sınır kontrol noktalarında bulunan e-kapılara yüz tanımanın yanı sıra biyometrik okuyucuların da eklenmesi gerekmektedir. E-kapı sistemleri hem giden hem de gelen yolcular için uygulanabilmektedir. Havalimanı altyapısına ek olarak, ülkenin düzenleyici sınır kontrol kurumu, ilk aşamada yerel vatandaşların kullanımı için elektronik seyahat belgelerini başlatmaları önem arz etmektedir (Sanchez del Rio vd., 2016).

3.7.10. Mobil Cihazlar İçin Havalimanı Uygulamaları

Yolcular, seyahat acentesi veya hava yolunun çevrimiçi portalı aracılığıyla rezervasyonlarını tamamladıktan sonra mobil uygulamalar ve bilet kioskları aracılığıyla havalimanı hizmetlerine sahip olabilmektedir. Genel olarak, SMART havalimanı deneyimi kalkıştan 48 saat önce başlamaktadır. Güzergâh detayları sağlandıktan sonra bu uygulama çalışmaya başlamakta ve yolcuyla mevcut tüm özelliklerle yardımcı olmaktadır.

Akıllı havalimanı mobil uygulamasının ilk sunduğu seçenekler, yolcunun herhangi bir yerden bagajının alınması gibi güzergâh detaylarıyla birlikte devreye girmektedir. Bu durumda yolcuların bagajlarını havalimanına kadar yanlarında taşımalarına gerek kalmamaktadır. Taksi hizmetlerine bağlı bir SMART uygulaması ile yolcu evden alınacak ve zamanında havalimanına bırakılacaktır. Yolcular uçuş durumu hakkında sürekli uyarılar ve hatırlatmalar alacaktır. Google iç mekân haritası, terminal içinde yürümek için yol tarifleri ile iç mekânda yürümeye yardımcı olacaktır.

Kiosklar, bir yolcu biniş kartını aldığı anda seyahat programını doğrulayacak ve aynı zamanda tercihlerine göre oturma düzenini değiştirebilecektir. Yolcu doğrulamasından sonra, otomatik kiosklar bagaj etiketlerini basacaktır. Bagajlar RFID okuyucularına göre doğru bir şekilde ilgili toplanma alanına gönderilecek ve yolcu bekleme alanında, uçağa taşınırken ve bagaj uçağa yüklendikten sonra akıllı cep telefonuna güncellemeler alacaktır.

Bagaj indirme işleminden sonra uygulama, yolcuyu güvenlik kontrolü ve göçmenlik gibi diğer formaliteler boyunca belirli bir mesafe ve bekleme süresi ile yönlendirmektedir. Uçağa biniş için yeterli zaman varsa, yolcular bir promosyon aracı olarak bazı özel Duty Free mağaza promosyonlarını cep telefonlarına alabilmektedirler. Ayrıca uygulama, bekleme süreleri için mevcut olan restoranları, tuvaletleri, sigara içme alanlarını, salonları ve diğer tesisleri göstermektedir. İlgili tüm kamu duyuruları hem ses kaydı hem de metin olarak cep telefonuna gelebilmektedir. Uçak biniş için hazır olduğunda, yolcunun biniş kartını kapıda okutması yeterlidir ve RFID tarama biniş kapısının yanı sıra uçak kapısına kadar olan biniş köprüsünü de açmaktadır (Jayasuriya, 2020).

4. YAPAY ZEKÂ

Yapay Zekâ (YZ), insan benzeri zekâ gerektiren görevleri gerçekleştirebilen bilgisayar sistemlerinin ve yazılımların geliştirilmesi ve kullanılması bilimidir. Bu, öğrenme (makine öğrenmesi), akıl yürütme, problem çözme, algılama, dil anlama ve nesne tanıma gibi çeşitli işlevleri içermektedir. Yapay zekâ sistemleri, büyük miktarda veri işleyerek ve bu verilerden öğrenerek belirli görevleri yerine getirme kapasitesine sahiptir. Yapay zekânın amacı, insan zekânının işlevlerini taklit eden veya iyileştiren makineler ve yazılımlar oluşturmaktır.

YZ'nin alt alanları arasında makine öğrenimi, derin öğrenme, doğal dil işleme, bilgisayarlı görme ve robotik bulunmaktadır. Bu teknolojiler, çeşitli endüstrilerde, sağlık hizmetlerinden

otomotive, finansal hizmetlerden eğlenceye kadar geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Yapay zekâ, otomatik veri analizi, öngörücü modelleme ve kişisel asistanlar gibi uygulamalarla günlük hayatımıza giderek daha fazla entegre olmaktadır. YZ biyolojik bir var oluş ile kendisini sınırlamak zorunda olmayan, insan zekâsını anlayabilmek adına bilgisayarların kullanılması gibi bir görev ihtiva eden olgudur (Davenport ve Ronanki, 2023).

4.1. Yapay Zekâ Kaygısı

YZ alanındaki uygulamaların hızlı ilerlemesi, özellikle havacılık sektöründe çeşitli uygulamaların yaygınlaşmasıyla çalışanların iş ve gelecek kaygılarının arttığı vurgulanmaktadır. E4.0 döneminde teknolojinin katlanarak ilerlemesinden dolayı iş görenlerin yapay zekâ kaygısının (YZK) belirlenmesi ve söz konusu kaygının yönetilmesi, iş gören uyumunun sağlanması dijitalleşme sürecinde üzerinde durulması gereken önemli bir konudur.

İçinde bulunduğumuz teknolojik devrim, çevremizde her alanda kendini hissettirmektedir. İnsan yaşamına katkısı açısından sürekliliği olan bilginin devrimiyle deneyimlediğimiz kullanıcı dostu uygulamalar ve kolaylıklar her alanda büyük yararlar sağlamaktadır. Sistemli bir şekilde hızla ilerleyen bu gelişmeler şüphesiz bir katma değerdir. E4.0 ile hayatımıza giren sistemler, nesnelere interneti, büyük veri, bulut bilişim sistemi, siber fiziksel sistemler, akıllı robotlar, simülasyon, yapay zekâ, artırılmış gerçeklik çeşitli alanlarda hayatımızı kolaylaştırmakla beraber, bir yandan da güvensizliği, kontrolsüzlüğü de çağrıştırmaktadır (Özkan vd., 2020).

Sosyal medyada ve haberlerde artık hemen hemen her gün karşımıza çıkan YZ'nin geleceği ile ilgili kaygılar ortaya konarak, YZ'nin kullanıcıların kontrolünden çıkabileceği, içinde bulunduğumuz yeniçağı olumsuz yönde etkileyebileceği görüşleri yer almaktadır (Johnson ve Verdicchio, 2017).

Söz konusu açığa çıkan endişelere bakıldığında; en sık rastlanılan kaygı otomasyonların, robotların insan kaynağının yerine geçebileceği, bu durumun iş güvencesizliğe yol açtığıdır. Bu durumun karşılığı ise literatürde Yapay Zekâ Kaygısı (YZK) olarak ifade edilmektedir (Mokyr, 2000).

Robot kaygısı ise, çalışma hayatında ve günlük hayatta insanların robotlar ile temasa geçmesini engelleyen veya temas kurduğunda algıladıkları kaygı ve korku duyguları olarak ifade edilmektedir (Nomura vd., 2006). Yaşanılan endüstriyel devrimin içinden bakıldığında ise, robotların insanların işini elinden alacağı endişesi olarak da ortaya çıkmaktadır.

Kokpit yönetimi, havacılık personelinin iş süreçlerinin dijitalleşme ile birlikte kolaylaşması, yer hizmetlerindeki yeniliklerle müşteriye uçuş ile ilgili anlık bilgi akışı sağlayacak tekniklerle yönlendirme, uçak üretimi ve bakımında gelişmiş teknolojiler gibi birçok açıdan gelecekte E4.0 uygulamalarından daha fazla yararlanılacağı açıktır. E4.0 ile şeffaflık ve tam zamanlı veri analizi, maliyetlerin azaltılmasında etkin rol oynayacaktır. Tabi ki dijitalleşme süreci zor ve ilk başta maliyetlidir. Mevcut çalışanların yeniden eğitimi önemli konulardır. Fakat havacılık sektörünün dijital teknolojileri benimsemeleri, güncel kalabilmeleri ve küresel rekabete ayak uydurabilmeleri açısından Havacılık 4.0 artık bir arzu değil zorunluluktur. Bunu başarmak için daha hızlı, daha ucuz ve daha iyi ürünler geliştirmelidirler. Bunun da tek yolu, E4.0'ın sunduğu yeni dijital araçları kullanmaktır (Demiral, 2022).

5. TARTIŞMA

İstanbul'da düzenlenen E4.0 Uygulamaları Fuarında (Aralık 2023) havacılık, eklemeli üretim, yenilenebilir enerji, akıllı fabrika uygulamaları gibi sektörlerde faaliyet gösteren yerli ve

yabancı firma temsilcileriyle yüz yüze yapılan mülakatlarda, uygulamalı sektörlerde faaliyet gösteren firma temsilcilerinin geri bildirimlerinden, maliyetleri düşürmek ve sektörde rekabet gücünü elinde tutmak isteyen firmaların, bu dönüşüme yani yapay zekâ uygulamalarına geçtiği müşahade edilmiştir. Özellikle geçiş sürecinde söz konusu insan kaynağının değişime nasıl tepki verdiği araştırmamın temel alanını oluşturmuştur.

Değişim sürecini destekleyen ve teşvik eden görüş, insan kaynağının, emeğin değerli olduğunu, bu beşerî kaynağın kendini tekrar eden, yaratıcı düşünme gerektirmeyen işlerde kullanılmasının bir kayıp olduğunu savunmaktadır. İçinde bulunduğumuz döneme Toplum 5.0 bakış açısıyla yaklaşılması gerektiği, insanın asıl potansiyelinin açığa çıkacağı yeni pozisyonlarda konumlandırılması gerektiğini savunmuşlardır. Duyguları olan insan kaynağının tekrar eden işlerde herhangi bir yaratıcılık ortaya koymadan çalışmasının insan doğasına ters olduğunu, YZ'nin iş gücüne entegrasyonu ile insanları işten çıkarmak yerine insan-makine iş birliğinin teşvik edilmesi yönünde bir yaklaşım içinde olduklarını genel olarak ifade etmişlerdir.

Mevcut durumda Havacılık 4.0, hava yolu endüstrisi açısından kapasitesinin artırılması, süreçlerin maliyet etkin olması anlamına gelirken hava yolu tüketicileri açısından ise yolcu deneyimlerinin iyileştirilmesine yarar sağlamaktadır.

Buradan yola çıkarak, Havacılık 4.0 uygulamalarının havalimanı çalışanları ve yolcular tarafından benimsenmesine yönelik bir model oluşturularak tüketicilerin bu teknolojileri benimsemelerini etkileyen faktörlerin anlaşılmasına çalışılması veya olası direnç davranışlarının analiz edilmesi oldukça önemlidir. Bu sayede mevcut teknolojilerin yayılım bakımından daha ileri evrelere ulaşması ve tüketici deneyimlerinin daha da zenginleştirilmesi sağlanabilecektir (Atalık vd., 2019).

Çakmak (2018), "E4.0'ın işgücü ve örgütler üzerindeki etkileri" ile ilgili yapmış olduğu çalışmadan elde ettiği bulgularda, E4.0 gelişmelerinin çalışanların istihdamını ve eğitimini, şirketlerin iş modellerini, endüstriyel ilişkileri ve toplumu etkileyeceğini belirtmiştir.

Bu etkilerin yanı sıra bulgular, etkilerin yoğunluğunu azaltmak için eğitimle ilgili, işle ilgili çözümler ve siber güvenlik önlemleri gibi bazı çözümler önermiştir.

Pala (2019), "Dördüncü Sanayi Devrimi ve İnsan Kaynakları Uygulamalarında Yeni Trendler" üzerine yaptığı araştırmada; E4.0 devrimine hazırlanmak için stratejilerin belirlenmesi ve en önemlisi eğitim sistemi yenilenmesi, teknik eleman sayısının artacağı için işsizlik yaşamaması için mavi yaka çalışanlar teknik anlamda kendisini geliştirmesi, beyaz yaka çalışanların ise yabancı dilin yanı sıra yazılım öğrenmesi gerektiği sonuçlarına ulaşmıştır.

E4.0 devrimi ile altın yakalı çalışan kavramı ortaya çıkmaktadır; bu çalışanlar iyi eğitilmiş, teknolojiyi iyi kullanan, yöneticilik vasıflarının yanı sıra, analitik düşünme, problem çözme ve yaratıcılık yetkinliklerine sahip olmalıdırlar.

Malik vd. (2022), "Yapay zekânın E4.0 liderliğindeki kuruluşlarda çalışanlar üzerindeki etkisi" üzerine yaptığı araştırmada, YZ'nin benimsenmesinin, bilgi güvenliği, veri gizliliği, dijital dönüşümlerden kaynaklanan ciddi değişiklikler ve çalışan ruhunda oluşan iş riski ve güvensizlik gibi belirgin olumsuz etkilerini ortaya koymuştur. Yine aynı çalışmada olumlu etkileri içeren bir faktörler hiyerarşisi takip ettiği, yani işle ilgili esneklik ve otonomi, yaratıcılık ve yenilikçilik ve iş performansındaki genel gelişmeler yaşanabileceği sonuçlarına ulaşmıştır. Çalışanlar arasında tekno-strese katkıda bulunan diğer faktörler ise aşırı iş yükü, iş güvencesizliği ve karmaşıklık olarak belirlenmiştir.

Van Looy (2022), “Çalışanların akıllı robotlara yönelik tutumları: bir ikilem analizi” adlı çalışmada, akıllı robotların uygulanmasında çalışanlara rehberlik edilebileceğini, bu sayede, kuruluşların uygulama maliyetlerini azaltabileceğini ve çalışanların süreç yeniliklerini daha hızlı ve daha verimli bir şekilde almasını sağlayabileceğini vurgulamıştır.

Praj (2022), “E4.0 ile uyumlu çalışan yetkinlikleri” konulu çalışmada; E4.0 Devriminin, gelişmekte olan ulusal ekonomiler için yeni bir yön ve benzersiz fırsatlar sunacağı, bu önemli toplumsal değişimin, işgücü piyasasını önemli ölçüde etkileyerek istihdam yaratılmasına neden olacağını savunmuştur. Diğer yandan ise, mevcut işlerin de tehdit altında olacağını belirterek işlere yönelik tehdit, mutlaka onların kaybı anlamına gelmeyeceğini; daha geniş anlamda, henüz isimsiz pozisyonlara dönüşmeleri anlamına da gelebileceğini belirtmiştir. Modern teknolojinin insanlardan işleri almayacağı, sadece doğasını ve biçimini değiştireceğini savunarak konuya ayrıca olumlu bir yaklaşım da getirmiştir.

Bolli ve Pusterla (2022), “Dijitalleşmenin çalışanların iş tatmini üzerindeki etkilerinin ayrıştırılması” üzerine yaptığı çalışmada, iş doyumunu azaltan kanallar arasında zaman baskısının artması ve iş-yaşam dengesinin bozulmasının kişinin işini kaybetme tehdidinden çok daha önemli olduğunu gösterdiği sonucuna ulaşmıştır.

Koçyiğit ve Tabak (2020), içinde bulunduğumuz yüzyılın, dijital çağ olarak ifade edilen ve işletmelerin gelişim, değişim ve dönüşümleri çok yoğun yaşandığı dönemlerden oluştuğunu, dijitalleşmenin, tüm sektörlerde ürün ve hizmetler konusunda büyük değişim ve dönüşümlere sebep olduğunu, YZ’nin da gelecek dönemlerde çalışacak ve iş hayatında yer alacak bireyleri endişelendirdiğini, çünkü işletmeler rekabet avantajını sağlamak için otomatikleşme ve robotikleşme yolunda hızla ilerlediğini vurgulamıştır.

6. SONUÇ

Tüm sektörleri etkileyen E4.0 devrimi özellikle havalimanı sistemlerinde de oldukça büyük değişiklikler yaşanmaya başlanmış olup “akıllı havalimanı” kavramı ortaya çıkmıştır. Dijital dönüşümle birlikte havacılık sektöründe ihtiyaçları karşılamak üzere değişim öngörülmektedir.

Yapay zekâ uygulamalarının akıllı havalimanlarında kullanımının artması, havacılık sektöründe verimlilik ve güvenlik açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu teknolojiler, yolcu akışının optimize edilmesi, bagaj yönetiminin iyileştirilmesi, güvenlik taramalarının hızlandırılması ve operasyonel süreçlerin otomatikleştirilmesi gibi birçok alanda etkili sonuçlar doğurmuştur. Ancak, bu gelişmeler beraberinde bazı sosyal ve ekonomik zorlukları da getirmektedir.

Mevcut insan kaynağının işsiz kalma ihtimali, bu dönüşüm sürecinin en kritik meselelerinden biridir. Yapay zekâ, rutin ve tekrarlayan işleri otomatikleştirerek insan iş gücüne olan ihtiyacı azaltabilir. Özellikle bilet kontrolü, güvenlik taramaları ve müşteri hizmetleri gibi alanlarda çalışanların, yapay zekâ destekli sistemlerle yer değiştirmesi mümkündür. Bu durum, kısa vadede iş kayıplarına ve çalışanlar arasında iş güvencesiyle ilgili endişelere yol açabilir.

Ancak, uzun vadede, yapay zekânın getirdiği değişimlerin yeni iş fırsatları yaratma potansiyeli de göz ardı edilmemelidir. Yapay zekâ sistemlerinin tasarımı, bakımı ve denetimi için nitelikli iş gücüne duyulan ihtiyaç artacaktır. Ayrıca, çalışanların bu yeni teknolojilere uyum sağlaması ve kendilerini geliştirmesi için yeniden eğitim programları önem kazanmaktadır. Havalimanları, çalışanlarına bu tür eğitim imkânları sunarak, onları değişen iş ortamına hazırlayabilir.

Sonuç olarak, yapay zekâ uygulamalarının havalimanlarında yaygınlaşması, iş gücü dinamiklerinde önemli değişimlere yol açacaktır. Bu sürecin olumsuz etkilerini en aza indirmek için stratejik planlamalar ve yeniden eğitim programları büyük önem taşımaktadır. Teknolojik ilerlemelerle birlikte insan kaynağının doğru yönetilmesi, havacılık sektöründe sürdürülebilir bir dönüşüm sağlanmasına katkıda bulunacaktır.

KAYNAKÇA

- Abreu, M. C. S. de, & Ceglia, D. (2018). On the implementation of a circular economy: The role of institutional capacity-building through industrial symbiosis. *Resources, Conservation and Recycling*, 138, 99–109. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2018.07.001>
- Aerospace 4.0 – *why we need it - Aerospace Manufacturing*. (n.d.). Retrieved March 14, 2024, from <https://www.aero-mag.com/aerospace-4-0-why-we-need-it/>
- Akben, İ., & Avşar, İ. İ. (2018). Endüstri 4.0 ve karanlık üretim: Genel bir bakış. *Türk Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 3(1).
- Akkuşcu, H. İ. (2019). Endüstri 4.0'ın çalışma hayatına etkileri ve Türkiye üzerine bir değerlendirme. *Uludağ Journal of Economy and Society / B.U.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 38(2).
- Alcácer, V., & Cruz-machado, V. (2019). Engineering Science and Technology, an International Journal Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22(3).
- AlMashari, R., AlJurbua, G., AlHoshan, L., Al Saud, N. S., BinSaeed, O., & Nasser, N. (2018). IoT-based Smart Airport Solution. *2018 International Conference on Smart Communications and Networking (SmartNets)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/SMARTNETS.2018.8707393>
- Anuşlu, M. D., & Fırat, S. Ü. (2020). Ülkelerin Endüstri 4.0 seviyesinin sürdürülebilir kalkınma düzeylerine etkisinin analizi. *Journal of Industrial Engineering (Turkish Chamber of Mechanical Engineers)*, 31(0).
- Atalık, Ö., Akan, A. G. Ş., & Bakır, A. G. M. (2019). Havacılık 4.0: Havayolu ve havaalanı endüstrisinde güncel Endüstri 4.0 uygulamaları. *Scientific Committee*, 879.
- Bağcı, E. (2018). Endüstri 4.0: Yeni üretim tarzını anlamak. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(24), 122–146.
- Baysal, İ. (2015). Endüstri 4.0, dijital dönüşümü anlamak. *Pwc 14. Çözüm Ortaklığı Platformu*.
- Bedo, J. S., Strinati, E. C., Castellvi, S., Cherif, T., Frascolla, M. V, Haerick, W., Korthals, I., Lazaro, O., Sutedjo, E., & Usatorre, L. (2015). 5G and the Factories of the Future. *Editörler: Haerick, Wouter ve Gupta, Milton, White Paper; Hhttps://5g-Ppp.Eu/Wpcontent/Uploads/2014/02/5G-PPP-White-Paper-on-Factories-of-the-Future-Vertical-Sector.Pdf*.
- Bolli, T., & Pusterla, F. (2022). Decomposing the effects of digitalization on workers' job satisfaction. *International Review of Economics*, 69(2), 263–300. <https://doi.org/10.1007/s12232-022-00392-6>
- Çakmak, M. (2018). *Impacts of industry 4.0 on labour force and business organizations: A qualitative analysis of consultants, experts and unions' introspections*. <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/624411>

- Chang, Y.-C., Lee, W.-H., & Wu, C.-H. (2019). Potential opportunities for Asian airports to develop self-connecting passenger markets. *Journal of Air Transport Management*, 77, 7–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2019.02.001>
- Davenport T. H., & Ronanki R. (2023). Artificial intelligence for the real world. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*. <https://doi.org/10.56726/IRJMETS42512>
- Demiral, G. (2022). *Havacılık 4.0: Havayolu ve havaalanı endüstrisinde güncel endüstri 4.0 uygulamaları* (B. Selçuk, S. Ünal, & Y. L. Mert, Eds.). Duvar Yayınları.
- Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., & Sihn, W. (2016). Tangible Industry 4.0: A scenario-based approach to learning for the future of production. *Procedia CIRP*, 54, 13–18. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.162>
- Garcia-Muiña, F. E., González-Sánchez, R., Ferrari, A. M., & Settembre-Blundo, D. (2018). The paradigms of Industry 4.0 and circular economy as enabling drivers for the competitiveness of businesses and territories: The case of an Italian ceramic tiles manufacturing company. *Social Sciences*, 7(12). <https://doi.org/10.3390/socsci7120255>
- Gupta, S., & Gupta, P. (2018). Digitization for reliable and efficient manufacturing. *Life Cycle Reliability and Safety Engineering 2018 7:4*, 7(4), 245–250. <https://doi.org/10.1007/S41872-018-0051-Y>
- Hajrizi, E. (2016). Smart Solution for Smart Factory. *IFAC-PapersOnLine*, 49(29), 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.11.052>
- Hava, H. T., & Harmanşah, H. (2022). *Havacılık Teknolojisi ve Uygulamaları Kitabı* (1st ed., Vol. 1). Ege Üniversitesi Yayınları Havacılık Meslek Yüksekokulu .
- Jalali, R., & Zeinali, S. (2018). Smart flight security in airport using IOT (Case Study: Airport of Birjand). *International Journal of Computer Science and Software Engineering (IJCSSE)*, 7(6).
- Jayasuriya, N. (2020). Smart Airport: A review on future of the airport operation. *Article in Global Journal of Management and Business Research*. <https://doi.org/10.34257/GJMBRAVOL20IS3PG25>
- Jazdi, N. (2014). Cyber physical systems in the context of Industry 4.0. *Proceedings of 2014 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics, AQTR 2014*. <https://doi.org/10.1109/AQTR.2014.6857843>
- Johnson, D. G., & Verdicchio, M. (2017). AI Anxiety. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 68(9), 2267–2270. <https://doi.org/10.1002/ASI.23867>
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group. *Forschungsunion: Berlin, Germany*.
- Karadayi-Usta, S. (2020). An interpretive structural analysis for Industry 4.0 adoption challenges. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 67(3), 973–978. <https://doi.org/10.1109/TEM.2018.2890443>

- Kızılcın, S., & Mızrak, K. C. (2021). Endüstri 4.0 ve sivil havacılıktaki önemi. *International Journal of Disciplines In Economics and Administrative Sciences Studies (IDEA studies)*, 7(35), 849–856. <https://doi.org/10.26728/ideas.522>
- Koçyiğit, Y., & Tabak, A. (2020). The interaction among organizational flexibility, competitive strategy and competitive advantage: A path analytic study. *Agile Business Leadership Methods for Industry 4.0*, 303–326. <https://doi.org/10.1108/978-1-80043-380-920201017/FULL/XML>
- Kong, X. T. R., Luo, H., Huang, G. Q., & Yang, X. (2019). Industrial wearable system: the human-centric empowering technology in Industry 4.0. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 30(8), 2853–2869. <https://doi.org/10.1007/s10845-018-1416-9>
- Ku, C. C., Chien, C. F., & Ma, K. T. (2020). Digital transformation to empower smart production for Industry 3.5 and an empirical study for textile dyeing. *Computers & Industrial Engineering*, 142, 106297. <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2020.106297>
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23. <https://doi.org/10.1016/J.MFGLET.2014.12.001>
- Malik, N., Tripathi, S. N., Kar, A. K., & Gupta, S. (2022). Impact of artificial intelligence on employees working in industry 4.0 led organizations. *International Journal of Manpower*, 43(2), 334–354. <https://doi.org/10.1108/IJM-03-2021-0173/FULL/XML>
- Mantouka, E. G., Barmponakis, E. N., Milioti, C. P., & Vlahogianni, E. I. (2019). Gamification in mobile applications: The case of airports. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 23(5), 417–426. <https://doi.org/10.1080/15472450.2018.1473157>
- Medvedev, A., Alomar, I., & Augustyn, S. (2017). Innovation in airport design. *Aviation*, 21(1), 23–28. <https://doi.org/10.3846/16487788.2017.1303542>
- Mohamed, M., Gomaa, H., & El-Sherif, N. (2018). Exploring the potentiality of applying smart airport technologies in Egyptian international airports. *International Journal of Heritage, Tourism and Hospitality*, 12(2). <https://doi.org/10.21608/ijhth.2019.31984>
- Mokyr, J. (2000). Innovation and its enemies: the economic and political roots of technological inertia. *A Not-so-Dismal Science*, 61–91. <https://doi.org/10.1093/0198294905.003.0003>
- Mosterman, P. J., Zander, J., by Tony Clark, C., Karsai, G., & Wieringa B Justyna Zander, R. J. (2015). Cyber-physical systems challenges: a needs analysis for collaborating embedded software systems. *Software & Systems Modeling 2015 15:1*, 15(1), 5–16. <https://doi.org/10.1007/S10270-015-0469-X>
- Mrugalska, B., & Wyrwicka, M. K. (2017). Towards lean production in Industry 4.0. *Procedia Engineering*, 182, 466–473. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2017.03.135>
- Nomura, T., Suzuki, T., Kanda, T., & Kato, K. (2006). Measurement of negative attitudes toward robots. *Interaction Studies. Social Behaviour and Communication in Biological and Artificial Systems*, 7(3), 437–454.

- Özkan, A., Akkaya, B., & Özkan, H. (2020). View of service robot integration willingness (sriw) scale: adaptation to turkish, validation and reliability study | *Business & Management Studies: An International Journal*. *Business & Management Studies: An International Journal*, 8(3), 3710–3750. <https://bmij.org/index.php/1/article/view/1591/1402>
- Ozkan-Ozen, Y. D., Kazancoglu, Y., & Kumar Mangla, S. (2020). synchronized barriers for circular supply chains in Industry 3.5/Industry 4.0 transition for sustainable resource management. *Resources, Conservation and Recycling*, 161, 104986. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2020.104986>
- Pala, A. (2019). *Dördüncü Sanayi Devrimi ve İnsan Kaynakları Uygulamalarında Yeni Trendler Üzerine Bir Araştırma*. T.C. Bahçeşehir Üniversitesi.
- Pamuk, N. S., & Soysal, M. (2018). Yeni sanayi devrimi Endüstri 4.0 üzerine bir inceleme. *Verimlilik Dergisi*, 1, 41–66. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/verimlilik/issue/34982/388198>
- Praj, F., Horváthová, M., & Čambál, M. (2022). Employee competencies in line with Industry 4.0. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1256(1), 012033. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1256/1/012033>
- Qi, Q., & Pan, Z. (2018). *Internet of things, internet, big data and airport services make smart airport based on O2O and humanism*. <https://doi.org/10.2991/MECAE-18.2018.30>
- Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2016). A categorical framework of manufacturing for Industry 4.0 and beyond. *Procedia CIRP*, 52, 173–178. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.08.005>
- Radziwon, A., Bilberg, A., Bogers, M., & Madsen, E. S. (2014). The smart factory: Exploring adaptive and flexible manufacturing solutions. *Procedia Engineering*, 69, 1184–1190. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.03.108>
- Rahman, S. M., Perry, N., Müller, J. M., Kim, J., & Laratte, B. (2020). End-of-Life in industry 4.0: Ignored as before? *Resources, Conservation and Recycling*, 154, 104539. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2019.104539>
- Sabatová, J., Sabatová, S., Galanda, J., Adamčík, F., Jezn'ý, M. J., & Radoslavšulej, R. R. (2016). Modern trends in airport self check-in kiosks. *MAD - Magazine of Aviation Development*, 4(20), 10–15. <https://doi.org/10.14311/MAD.2016.20.02>
- Sanchez del Rio, J., Moctezuma, D., Conde, C., Martin de Diego, I., & Cabello, E. (2016). Automated border control e-gates and facial recognition systems. *Computers & Security*, 62, 49–72. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cose.2016.07.001>
- Schmidt, R., Möhring, M., Härting, R. C., Reichstein, C., Neumaier, P., & Jozinović, P. (2015). Industry 4.0 - Potentials for creating smart products: Empirical research results. *Lecture Notes in Business Information Processing*, 208, 16–27. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19027-3_2
- Sharif, M., Raza, M., Shah, J. H., Yasmin, M., & Fernandes, S. L. (2019). An Overview of Biometrics Methods. In A. K. Singh & A. Mohan (Eds.), *Handbook of Multimedia Information Security: Techniques and Applications* (pp. 15–35). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15887-3_2

- Shehieb, W., Sayed, H. A., Akil, M. M., Turkman, M., Sarraj, M. A., & Mir, M. (2016). A smart system to minimize mishandled luggage at airports. *2016 International Conference on Progress in Informatics and Computing (PIC)*, 154–158. <https://doi.org/10.1109/PIC.2016.7949485>
- Um, J. (2017). The impact of supply chain agility on business performance in a high level customization environment. *Operations Management Research*, 10(1–2), 10–19. <https://doi.org/10.1007/S12063-016-0120-1/METRICS>
- Valdés, R. A., Comendador, V. F. G., Sanz, A. R., & Castán, J. P. (2018). Aviation 4.0: more safety through automation and digitization. In *Aircraft Technology*. InTech. <https://doi.org/10.5772/intechopen.73688>
- Van Looy, A. (2022). Employees' attitudes towards intelligent robots: a dilemma analysis. *Information Systems and E-Business Management*, 20(3), 371–408. <https://doi.org/10.1007/s10257-022-00552-9>
- 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*, 28(3), 579–584. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.143>
- Wittmer, A. (2011). Acceptance of self-service check-in at Zurich airport. *Research in Transportation Business & Management*, 1(1), 136–143. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2011.06.001>