

YAPAY ZEKÂ ve HAVACILIK ENDÜSTRİSİNDEKİ GELİŞMELER

Doç. Dr. Işıl Yazır

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Uçak Mühendisliği Bölümü
iyazar@ogu.edu.tr

Özet

Yapay zekâ hemen hemen her sektörde kullanımı hızla artan bir teknolojidir. Yapılan literatür araştırmaları da bunu destekler niteliktedir. Akademik anlamda yapılan araştırmalar ve endüstriyel alanındaki uygulamalar iç içe devam etmektedir. Gelişmeler gelecek adına çığır açıcı niteliktedir. Günümüzde yapay zekâ teknolojisi, havacılık endüstrisi de dahil olmak üzere çeşitli endüstri dallarında modernizasyon ve optimizasyon çalışmalarında kullanılabilecek temel bir araç olarak değerlendirilmektedir. Yapay zekâ teknolojisinin havacılık alanında potansiyel uygulaması, verimlilik, güvenlik ve sürdürülebilirlik anlamında önemli iyileştirmeler vaat etmektedir. Bu teknoloji, modern havacılığın neredeyse her alanına entegre edilebilmekte ve sektörde çeşitli alanlarda kullanılarak dönüşüm sağlanabilmektedir. Bu çalışma kapsamında havacılık endüstrisinde yapay zekâ bağlantılı olarak yapılan akademik çalışmalar ve uygulamalar hava trafik yönetimi, güvenlik, bakım-onarım ve otonom hava araçları başlıklarında incelenmiş ve güncel başlıklarla Türkçe literatüre kaynak kazandırılması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapay zekâ, havacılık, makine öğrenme, derin öğrenme

1- Giriş

Günümüzde yapay zekâ teknolojisi, havacılık endüstrisi de dahil olmak üzere çeşitli endüstri dallarında modernizasyon ve optimizasyon çalışmalarında kullanılabilecek temel bir araç olarak değerlendirilmektedir. Yapay zekâ teknolojisinin havacılık alanında potansiyel uygulaması, verimlilik, güvenlik ve sürdürülebilirlik anlamında önemli iyileştirmeler vaat etmektedir. Bu teknoloji, modern havacılığın neredeyse her alanına entegre edilebilmekte ve sektörde çeşitli alanlarda kullanılarak dönüşüm sağlanabilmektedir [1, 2]. Yapılan literatür araştırmaları ve sektördeki uygulamalar göz önüne alındığında yapay zekânın hava trafik yönetimi, havacılık güvenliği, havacılıkta bakım – onarım, otonom hava araçları, havacılık eğitimi gibi alanlarda önemli değişimler sağlayabileceğini göstermiştir. Bu alanlar haricinde, aerodinamik katsayıların optimizasyonu,

gürültü ve yanma yönetimi, yapısal bütünlük gibi uçak performansının artırılmasına yönelik tasarım çalışmalarında da yapay zekâ modellerinin etkin kullanılabildiği görülmüştür. Ayrıca, yapay zekânın risk tahmini ve yönetiminde uygulanabilmesi, potansiyel operasyonel olasılıkların daha ayrıntılı ve kesin analizlerini sağlayarak daha bilgili ve proaktif karar almayı kolaylaştırabilmektedir. Özellikle insansız hava aracı (İHA) sistemlerinin uçuşlara dahil edilmesiyle hava trafiği yoğunluğunda meydana gelen artış, geleneksel hava trafiği yönetimi sistemlerinde güncellemeyi zorunlu hale getirmiştir [1-4]. Yapay zekâ tekniklerinin hava trafiği yönetimine entegrasyonu, operasyonel verimliliği ve karar vermeyi iyileştirme potansiyeli göstermiştir. Örneğin, uçağın tahmini varış zamanını tahmin etmek için sinir ağları metodunun kullanılması hem doğru hem de verimli olduğunu kanıtlamış; havalimanı kaynaklarının daha iyi planlanmasına ve yönetilmesine olanak sağlamıştır [1-7].

Bu çalışma kapsamında havacılık endüstrisinde yapay zekâ bağlantılı olarak yapılan çalışmalar ve uygulamalar hava trafik yönetimi, güvenlik, bakım-onarım ve otonom hava araçları başlıklarında incelenmiş ve güncel başlıklarla Türkçe literatüre kaynak kazandırılması amaçlanmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde yapay zekâ kavramına kısaca değinilmiştir. Üçüncü bölümde ise belirtilen başlıklarda havalık endüstrisi bağlantılı erişilebilir literatür taramasına yer verilmiştir. Sonuç bölümünde ise yapay zekânın havacılık endüstrisinde kullanımının güncel durumuyla ilgili genel bir değerlendirmede bulunulmuştur.

2- Yapay Zekâ Nedir?

Klasik bilgisayar teknolojilerinin ötesinde, yapay zekâ, bilgisayarların bilgi işleme yeteneklerine yeni işlevler ve kabiliyetler eklemektedir. Yapay zekâ yazılımları, bilgisayarların ve kontrol birimlerinin insan benzeri fiziksel eylemleri gerçekleştirebilmesine, ayrıca veri hesaplaması ve analizlerini yapabilmesine olanak tanımaktadır. Bu sayede, inisiyatif gerektiren karmaşık işlemler daha hızlı ve otomatik bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir [8]. Aylak ve arkadaşları literatürde yer alan farklı yapay zekâ tanımlarını Tablo 1'deki gibi özetlemişlerdir [9]:

Tablo 1 Literatürden Bazı Yapay Zekâ Tanımları [9]

Bilgisayar veya bilgisayar destekli makinelerin, insana özgü nitelikler taşıyan yüksek düzeyde mantıksal süreçleri yerine getirme yeteneği olarak tanımlanabilir. Bu süreçler arasında sorun çözme, anlama, anlam çıkarma, genelleme yapma ve geçmiş deneyimlerden öğrenme gibi görevler bulunmaktadır [10].
Zeki makineler özellikle de zeki bilgisayar programları yapma bilimi ve mühendisliğidir. Sezgisel programlama temelinde olan bir yaklaşım olarak görülmektedir [11]
İnsanların yapmış oldukları çalışmalarını bilgisayarlara yaptırabilmedir [12]
Akıllı programları hedefleyen birimdir [13]
Yapay zekâ üzerine yapılan çalışmalar akıllı davranış üzerinedir. Buradaki ana hedef doğadaki varlıkların akıllı davranışlarını yapay olarak üretmeyi amaçlayan bir kuramın oluşturulmasıdır [14]

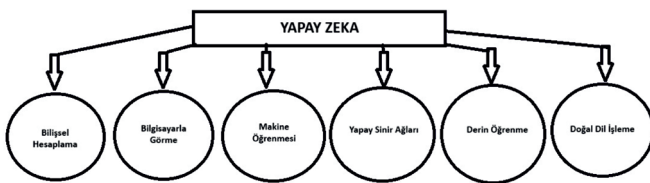
Literatürde yapay zekâ ile birlikte sıklıkla kullanılan makine öğrenmesi ve derin öğrenme gibi kavramlar da mevcuttur. Bu kavramların yapay zekâ ile olan ilişkisi aşağıdaki şekilde özetlenmiştir [9, 15]:

Şekil 1 Yapay Zekâ, Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme İlişkisi [15]



Bununla beraber yapay zekâ, makine öğrenmesi ve derin öğrenme başlıklarının yanında Şekil 2’de görülen diğer alt çalışma başlıkları da kapsamaktadır [9, 16].

Şekil 2 Yapay Zekâ Kapsamı [16]



3- Yapay Zekâ ve Havacılık Endüstrisi

Yapay zekâ hemen hemen her sektörde kullanımı hızla artan bir teknolojidir. Yapılan literatür araştırmaları da bunu destekler niteliktedir. Akademik anlamda yapılan araştırmalar ve endüstriyel alanındaki uygulamalar iç içe devam etmektedir. Gelişmeler gelecek adına çığır

açıcı niteliktedir. Kabashin ve arkadaşları [1] yaptıkları derleme çalışmalarında havacılıkta yapay zekâ uygulamalarına yönelik detaylı sistematik bir inceleme yapmışlardır. Çalışmada yapay zekânın havacılık endüstrisinde kullanımını hava trafik yönetimi, havacılık güvenliği, bakım ve onarım, otonom hava araçları, sivil havacılık organizasyonlarında dökümantasyon ve eğitim açısından irdelemişlerdir. Lozano ve arkadaşları da [2], PRISMA 2020 metodolojisini kullanarak hava operasyonlarındaki yapay zekâ uygulamalarına yönelik bir başka detaylı derleme çalışması yapmışlardır.

Hava trafik yönetimi açısından bakıldığında artan yolcu ve uçak sayısı, yolcu güvenliği gibi durumlar sürekli gelişmeyi ve iyileştirmeyi gerektirmektedir. Degas ve arkadaşları [17], hava trafiği yönetiminin artan karmaşıklığını ve yapay zekânın güvenliğin artırılması açısından havacılık sektöründeki potansiyel rolünü tartışmaktadır. Ortner ve arkadaşları [18] ise, hava trafik yönetiminin daha otomatik, verimli ve daha güvenli hale getirilebilmesi için çalışmalarında sinir ağları üzerinden yapay zekâ kullanımını incelemişlerdir. Xie ve arkadaşları [19], otomatik hava trafik yönetim sistemlerinde şeffaflığı ve güveni artırmak amacıyla makine öğrenimi üzerinden yapay zekâ kullanımına değinmişlerdir. Çalışma çıktısı olarak gerçek zamanlı risk tahmininin mümkün olduğu ve hava trafik kontrolörlerinin analiz edebileceği açıklamalar üretilebildiği gözlemlenmiştir. Kistan ve arkadaşları [20], hava trafiği yönetiminde yapay zekâ tekniklerinin kullanılabilmesi için gereken doğrulama, sertifikasyon ve kullanıcı kabulü gibi gereklilikleri incelemekte ve yapay zekâ ile doğrulama sürecinin paralel olarak ilerlemesi gerektiğini savunmaktadır. Hurter ve arkadaşları [21], yapay zekânın hava trafik yönetimi alanındaki önemini incelemekte, yapay zekâ için tanımlayıcı, tahmin edici ve öngörücü model tanıtmakta ve yapay zekâ sistemlerinin hava trafik yönetiminde kabulü için daha fazla araştırma ve doğrulamaya ihtiyaç olduğunu vurgulamaktadır. Uçak yörüngesi tahmini için sinir ağları üzerinden yapay zekâ kullanımı ise [22]’de sunulmuştur.

Yapay zekânın havacılık güvenliği açısından yapılan çalışmalarına bakılacak olursa Yang ve Huang’ın [23] sistematik bir derleme yaparak 2010-2022 yılları arasında havacılık güvenliği alanında doğal dil işleme (NLP) uygulamalarını araştırdığı görülmektedir. Çalışma, belirli NLP tekniklerini, bunların performansını,

mevcut zorlukları ve havacılık güvenliğini ve verimliliğini artırmak için gelecekteki potansiyel gelişmeleri vurgulamaktadır. Madeira ve arkadaşları [24], havacılıkta meydana gelen kaza raporlarından insan faktörü kategorilerini belirlemek ve sınıflandırmak için doğal dil işleme ve makine öğrenme gibi çeşitli yapay zekâ tekniklerini kullanan bir metodoloji sunmuş ve sınırlı sayıda veriye rağmen yüksek tahmin performansı elde etmişlerdir. Kumar ve arkadaşları [25], 2019'da San Francisco Uluslararası Havaalanı'ndaki kalkışları tipik ve anormal kalkış olarak kategorize etmek için yapay zekâ ve veri analitiği kullanmışlardır. Lee ve arkadaşları çalışmalarında [26], uçuş sırasında risk faktörlerini daha iyi anlamak için veri temizleme, korelasyon, gözetimli öğrenme ve görselleştirmeyi sentezleyen bir makine öğrenimi yaklaşımı olan Uçuş Olaylarının Güvenlik Analizi (SAFE) metodolojisini tanıtmaktadır. Ticari havayolu verilerinde gösterilen SAFE, belirli güvenlik olayları için kritik parametreleri başarıyla belirlemektedir. Nogueira ve arkadaşları çalışmalarında [27], havacılık endüstrisinde insan faktörlerinden kaynaklanan hataları belirlemek için yapay zekâyâ dayalı bir metodolojiyi ana hatlarıyla açıklamaktadır. Çalışmada umut verici sonuçlar elde edilmesi yaklaşımın potansiyelini öne çıkarmakta ancak gelecekteki potansiyel araştırmalar için daha büyük veri kümelerine olan ihtiyacı da vurgulamaktadır.

Bakım açısından yapay zekâ havacılık ilişkisine bakılacak olursa yine benzer gelişmeler bu alanda da görülmektedir. Doğru ve arkadaşları çalışmalarında [28], uçak bakımında görsel muayeneleri otomatikleştirmek için otonom dronlarla birlikte sinir ağları üzerinden yapay zekâ kullanımını araştırmıştır. Önceki çalışmalardan yola çıkarak, bu çalışmada, belirli görüntü artırımına ve ön sınıflandırmaya odaklanarak çöküntü gibi sorunları belirlemede daha yüksek doğruluk oranları elde edilmiş; kusur tespit performansını iyileştirme tekniklerinden bahsedilmektedir. Uçak kanadı buzdan korunma sistemlerinin termal performansını tahmin etmek için makine öğrenme üzerinden yapay zekâ ve nesnelerin interneti tabanlı yaklaşım [29]'da önerilmiştir. Yapay zekâ kullanan bu yaklaşımın geleneksel hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemlerinden daha verimli olduğu ve zamandan tasarruf sağladığı kanıtlanmıştır. Gao ve Mavris çalışmalarında [30], yakıt tüketimi, emisyon ve gürültü gibi uçak çevresel etkilerinin daha verimli, doğru ve veri odaklı bir analizini mümkün kılmak için istatistiksel ve yapay zekâ yöntemlerinin kullanımı incelenmekte, ayrıca çalışmalarında temel araştırma temalarını, benzer çalışmaları ve kullanılan bu teknikleri havacılık operasyonlarının sürdürülebilirliğini desteklemek için daha fazla entegre etme seçeneklerini özetlemektedir. Brandoli ve arkadaşları çalışmalarında [31], eğitimli operatörlere kıyasla korozyonu hassasiyetle otomatik olarak tespit etmek için yapay zekâ uygulamasının kullanılmasını önermektedir. Böyle bir uygulama bakım personelinin destekleyebilir ve daha otomatikleştirilmiş bir bakıma olanak sağlayabilir. Yang ve

arkadaşları [32] çalışmalarında, helikopterlerdeki aktif titreşim kontrolünü ele almakta ve merkezdeki titreşim yüklerini azaltmak için tekil kanat kontrolüne odaklanmaktadır. Çalışmada bulanık sinir ağı da dahil olmak üzere çeşitli modeller ve yöntemleri entegre ederek, bireysel kanat kontrol merkezinin titreşim yüklerinin azaltılabileceğini ve helikopter titreşim kontrolünü sağlayabilmek için önemli veriler sunabileceğinden bahsedilmektedir. Wang ve Zao [33] çalışmalarında gerçek motor verisi kullanarak motor sağlığı analizi ve uçuş güvenliği için önemli olan uçak motorlarının egzoz gazı sıcaklığı taban çizgisini tahmin etmek için yapay zekâ kullanımını önermiştir. Chen ve arkadaşları [34], makine öğreniminin lityum iyon batarya araştırmalarında, özellikle malzeme araştırmalarında, batarya sağlığı tahmininde ve arıza teşhisinde, havacılık bataryaları ve yeşil havacılık teknolojisine odaklanarak uygulamalarını derlemiştir. Çalışma, farklı makine öğrenimi uygulamalarının güçlü ve zayıf yönlerini araştırmış ve alanda daha derin bir anlayış sağlamayı ve gelecekteki ilerlemeleri teşvik etmeyi amaçlamıştır. Baumann ve arkadaşları [35], uçak motorunun çalışma noktaları arasındaki geçişi sırasındaki oluşan ısı transferine odaklanarak uçak motorunun geçiş performansını modellemek için makine öğrenimi kullanımını vurgulamaktadır. Papakonstantinou ve arkadaşları çalışmalarında [36], uydurum kontrolü için kullanılan 4- Kontrol Moment Jiroskobu'ndaki geçersiz hareketleri tahmin etmek için makine öğrenimi tekniklerini tanıtmaktadır.

Otonom hava araçları ve yapay zekâ ilişkisine bakılacak olursa; Sarkar ve Gul çalışmalarında [37], yapay zekâ tabanlı otonom İHA ağlarının kapsamlı bir derlemesini sunarak, ağ performansını iyileştirme potansiyellerini vurgulamaktadır. Çalışma kapsamında 100'den fazla makale incelenmiş olup, çalışma yapay zekâ tabanlı İHA'ların gelecekteki ağ tasarımı için uygulanabilirliğini ve maliyet etkinliğini doğrulamakta ve daha fazla araştırma gerektiren alanları vurgulamaktadır. Otonom uçaklar için dijital ikiz teknolojisinin kullanımı, veri yönetiminin önemi vurgulanarak [38]'da tartışılmaktadır. Çalışmada, gerçek veri kullanımıyla ilgili sorunları ele almak için sentetik veri üretimi yoluyla veri artırımı incelenmekte, özellikle dronlar/helikopterlerdeki hibrit turbo şaft motorlarına odaklanılmakta ve gerçek yaşam operasyonel verilerini simüle etmede çeşitli algoritmaların etkinliği gösterilmektedir. Mariani ve Fiori [39] çalışmalarında otonom quadrotor uçuşu için sinir ağı kullanarak denetleyici tasarımı yapmışlardır. Denetleyici yapısı durum sınırlamalarını göz önünde bulundurarak hava aracını belirli bir konuma yönlendirmeyi amaçlamaktadır. Geliştirilen denetleyici, simülasyonlarda hassasiyet ve hızı korurken etkili bir yöründe takibi göstermiştir. Bir diğer çalışmada [40], İHA'ları tespit etmek için özellikle akustik sinyaller vasıtasıyla derin öğrenme yöntemlerinin kullanımı araştırılmıştır. Soyhan ve arkadaşları [41] çalışmalarında İHA'ya görüntü işleme tekniklerinin uygulanması, algoritmalarının geliştirilmesi ve İHA'nın bu

yönteme karşı verdiği tepkileri incelemişlerdir. Adıgüzel çalışmasında [42] afet lojistiğinde yapay zekâ kullanım alanlarını ve lojistik sektöründeki yapay zekâ teknolojisi alanının ekonomik katkılarını araştırmaktadır. Caballero-Martin ve arkadaşları [43], otomasyondan karmaşık gerçek zamanlı karar almaya kadar, yapay zekânın drone otonom davranışını iyileştirme etkisini incelemektedir. Çalışma, en son gelişmelerin ve uygulamaların ayrıntılı örneklerini sunmakta; bu araştırma alanının gelecekteki evrimi için etik ve düzenleyici zorlukları da dikkate almaktadır. Çünkü yapay zekâlı dronların sosyoekonomik yapıyı büyük ölçüde değiştirme potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir. [44-45] çalışmalarında dron ve yapay zekânın tarım uygulamalarından, [46] çalışmasında ise spor alanında uygulamasından bahsedilmektedir. Estonya merkezli Skycorp firması, hidrojen yakıt hücresi sistemiyle çalışan yeni nesil akıllı dronunu Londra, Birleşik Krallık'ta düzenlenen son Ticari İHA Fuarı'nda tanıtmıştır. e-Drone Zero, gelişmiş bir yapay zekâ işletim sistemi tarafından yönetilen kompakt bir pakette, güçlü, uzun ömürlü bir quadcopter'dir [47]. Bunların haricinde yapay zekâlı dron uygulamaları kapsamında görsel muayene, lojistik – tedarik zinciri, mal takibi ve yönetimi, ses tabanlı dron denetimleri ile önleyici bakım, büyük ölçekli çiftlikler için hava denetimleri, otonom dronlarla gelişmiş 3B haritalama ve akıllı ölçümleme, yapay zekâ destekli denetim dronlarıyla güneş paneli bakımı, akıllı İHA'larla yapay zekâ destekli kentsel temizlik ve bakım, termal görüntülemeli yapay zekâlı dronlarla hızlı acil müdahale, yapay zekâ destekli dronlarla gelişmiş gözetim ve güvenlik izleme ve gelişmiş denetim dronlarıyla akıllı çevresel izleme gibi başlıklarda da uygulamalar görülmektedir [48]

4- Sonuçlar

Yapılan literatür araştırmaları ve güncel uygulamalar havacılık alanında birçok alanda yapay zekânın desteğinden faydalanılabileceğini göstermektedir. Ancak bununla birlikte geçiş sürecinde dikkat edilmesi gereken noktaların da bulunduğu unutulmamalıdır. Yapay zekâ algoritmalarının havacılık gibi kritik operasyonlarda uygulanması önemli güvenlik endişeleri doğurabilir. Her ne kadar algoritmaların doğruluğunda önemli ilerlemeler kaydedilmiş olsa da çeşitli değişken operasyonel koşullar altında algoritmaların güvenilirliklerinin deva-minın sağlanması için algoritmaların geliştirilmeye açık olması gerekmektedir. Algoritmaların havacılık operasyonlarının güvenliği üzerindeki etkisini değerlendirmek için kapsamlı çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışmalar, işletim ortamındaki değişikliklere dinamik olarak uyum sağlayabilen ve performansı önemli ölçüde düşürmeden eksik veya gürültülü verileri işleyebilen algoritmalar geliştirmeyi içerir. Algoritmaların ek riskler oluşturmaması ve acil durumları etkili bir şekilde ele alabilmesi sağlanmalıdır. Ayrıca, algoritmalarda kullanılacak veri setinin doğruluğu, bütünlüğü ve temizliği de sistem tarafından alınacak kararların doğruluğu konusunda ayrı önem arz etmektedir. Aksi takdirde sistem tarafından

potansiyel olarak ciddi sonuçlara neden olabilecek hatalı kararlar verilebilir. Bir diğer önemli nokta havacılık operasyonlarının oldukça dinamik ve zamana duyarlı olması nedeniyle gerçek zamanlı optimizasyon yapabilen algoritmaların geliştirilmesidir. Gelecekteki algoritmalar büyük hacimli verileri hızlı bir şekilde işleyebilme kabiliyetine sahip olmalı ve operasyonel karar almayı geliştiren gerçek zamanlı öneriler sağlamak için çevresel değişikliklere etkili bir şekilde uyum sağlayabilmelidir. Gerçek zamanlı optimizasyon yeteneği, değişen koşullar altında hava trafiğinin akışını ve güvenliğini sürdürmek için çok önemlidir. Bu zorlukların üstesinden gelebilmek ve yapay zekâ uygulamalarındaki ilerlemelerin havacılık operasyonlarında önemli ve güvenli iyileştirmelere dönüşmesini sağlamak için akademisyenler, yazılımcılar ve havacılık çalışanları arasında devam eden bir iş birliği gerektirecektir. Disiplinler arası iş birliği ve inovasyona odaklanma, bu zorlukların üstesinden gelmek ve bu teknolojilerin havacılık endüstrisi üzerindeki olumlu etkisini artırmak için önem arz etmektedir. Havacılık çalışanları arasında oluşabilecek değişime karşı direncin üstesinden gelmek de karşılaşılabilecek sorunlar arasında yer almaktadır. Çalışanların, başlangıçta belirsiz veya sezgiye aykırı görünebilecek yapay zekâ tarafından oluşturulan tahminleri yorumlamak ve güvenmek için özel eğitime ihtiyaçları olabilir. Yapay zekânın havacılıkta başarılı bir şekilde benimsenmesi yalnızca teknik gelişmelere değil, aynı zamanda çalışanların bu teknolojilerin potansiyelini anlamalarını ve tam olarak kullanmalarını sağlayan iyi tasarlanmış uygulama ve eğitim stratejilerine de bağlıdır. Yukarıda sıralanan başlıklardan yola çıkarak yapay zekâ alanındaki ilerlemelerin, havacılık operasyonlarını dönüştürme, verimliliği, güvenliği ve havacılık endüstrisinin sürdürülebilirliğini artırma potansiyeline sahip olduğu söylenebilir. Bu ilerlemelerin havacılık operasyonlarında önemli ve güvenli iyileştirmelere dönüşmesinin sağlanabilmesi için, kritik noktaların ele alınması ve bu teknolojiler için araştırma ve geliştirme çalışmalarına devam edilmesi esastır. Yapay zekâ ilerlemeleri, verimliliği, güvenliği ve sürdürülebilirliği artırarak havacılık operasyonlarını kökten değiştirme potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte, bu yeniliklerin anlamlı ve güvenli iyileştirmelerle sonuçlanmasını garantilemek için, zorlukları ele almak ve bu teknolojileri geliştirmeye devam etmek çok önemlidir. Bu hedeflere ulaşmak için iş birliği ve inovasyon çok önemli olacaktır [1-2].

KAYNAKLAR

[1] I. Kabashkin, B. Misnevs, O. Zervina, Artificial intelligence in aviation: new professionals for new technologies, Appl. Sci. 13 (21) (2023) 11660, <https://doi.org/10.3390/app132111660>, Oct.

[2] Cristian Lozano Tafur, Rosa Gabriela Camero, Didier Aldana Rodríguez, Juan Carlos Daza Rincón, Edwin Rativa Saenz,

Applications of artificial intelligence in air operations: A systematic review,

Results in Engineering, Volume 25, 2025, 103742, ISSN 2590-1230, <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103742>.

- [3] Z. Cai, Overview of research of machine learning in air traffic management, *Appl. Comput. Eng.* 8 (1) (2023) 103–112, <https://doi.org/10.54254/2755-2721/8/20230091>. Aug.
- [4] Y. Xie, N. Pongsakornasathien, A. Gardi, R. Sabatini, Explanation of machine-learning solutions in air-traffic management, *Aerospace* 8 (8) (2021) 224, <https://doi.org/10.3390/aerospace8080224>. Aug.
- [5] A. Degas, et al., A survey on artificial intelligence (AI) and eXplainable AI in air traffic management: current trends and development with future research trajectory, *Appl. Sci.* 12 (3) (2022) 1295, <https://doi.org/10.3390/APP12031295>. Jan.
- [6] J.Z. Wells, T.G. Puranik, K.M. Kalyanam, M. Kumar, Prediction of aircraft estimated time of arrival using a supervised learning approach, *IFAC-Papers OnLine* (2023), <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2023.11.008>.
- [7] S. Le Clainche, E. Ferrer, S. Gibson, E. Cross, A. Parente, and R. Vinuesa, "Improving aircraft performance using machine learning: a review," 2023. 10.1016/j.ast.2023.108354.
- [8] Yusuf Uzun, Mehmet Bilban, Hüseyin Arıkan, TARIMVE KIRSAL KALKINMADA YAPAY ZEKÂ KULLANIMI, VI. KOP Bölgesel Kalkınma Sempozyumu-KOP-BKS 26-28 Ekim 2018-Konya
- [9] B. L. Aylak, O. Oral, ve K. Yazıcı, "Yapay Zeka ve Makine Öğrenmesi Tekniklerinin Lojistik Sektöründe Kullanımı", *ECJSE*, c. 8, sy. 1, ss. 74–93, 2021, doi: 10.31202/ecjse.776314.
- [10] Nabiye, V. V., "Yapay Zekâ: İnsan-Bilgisayar Etkileşimi", Seçkin Yayıncılık, 2012.
- [11] Andrew, A. M., "Artificial Intelligence", Boston: AddisonWesley Company, 1991.
- [12] Popov, E. V., (Ed), "Yapay Zekâ", Uzman Sitemler ve Doğal Dil İşleme. Moskova: Radio i Svyaz, 1990, 461.
- [13] Copeland, J., "Artificial Intelligence: A Philosophical", Blackwell: Oxford, 1993.
- [14] Charniak, E., McDermot, D., "Introduction to Artificial Intelligence", Boston: Addison-Wesley Company, 1985.
- [15] Güngör, D. N., Yardımcı, U. İ., "Yapay Zeka Kavramı ve Makine Öğrenme Uygulamaları", Erişim adresi: <https://stratejico.com/yapay-zeka-kavrami-ve-makine-ogrenme-uygulamaları> Erişim Tarihi: 27.07.2020
- [16] Intellipaah., "What is Artificial Intelligence?", Erişim adresi: <https://intellipaah.com/blog/what-is-artificial-intelligence/> Erişim tarihi:27.07.2020
- [17] Degas, A.; Islam, M.R.; Hurter, C.; Barua, S.; Rahman, H.; Poudel, M.; Ruscio, D.; Ahmed, M.U.; Begum, S.; Rahman, M.A.; et al. A Survey on Artificial Intelligence (AI) and Explainable AI in Air Traffic Management: Current Trends and Development with Future Research Trajectory. *Appl. Sci.* 2022, 12, 1295. [CrossRef]
- [18] Ortner, P.; Steinhöfler, R.; Leitgeb, E.; Flühr, H. Augmented Air Traffic Control System—Artificial Intelligence as Digital Assistance System to Predict Air Traffic Conflicts. *AI* 2022, 3, 623–644. [CrossRef]
- [19] Xie, Y.; Pongsakornasathien, N.; Gardi, A.; Sabatini, R. Explanation of Machine-Learning Solutions in Air-Traffic Management. *Aerospace* 2021, 8, 224. [CrossRef]
- [20] Kistan, T.; Gardi, A.; Sabatini, R. Machine Learning and Cognitive Ergonomics in Air Traffic Management: Recent Developments and Considerations for Certification. *Aerospace* 2018, 5, 103. [CrossRef]
- [21] Hurter, C.; Degas, A.; Guibert, A.; Durand, N.; Ferreira, A.; Cavagnetto, N.; Islam, M.R.; Barua, S.; Uddin Ahmed, M.; Begum, S.; et al. Usage of More Transparent and Explainable Conflict Resolution Algorithm: Air Traffic Controller Feedback. *Transp. Res. Proc.* 2022, 66, 270–278. [CrossRef]
- [22] Hashemi, S.M.; Hashemi, S.A.; Botez, R.M.; Ghazi, G. Aircraft Trajectory Prediction Enhanced through Resilient Generative Adversarial Networks Secured by Blockchain: Application to UAS-S4 Hécatl. *Appl. Sci.* 2023, 13, 9503. [CrossRef]
- [23] Yang, C.; Huang, C. Natural Language Processing (NLP) in Aviation Safety: Systematic Review of Research and Outlook into the Future. *Aerospace* 2023, 10, 600. [CrossRef]
- [24] Madeira, T.; Melício, R.; Valério, D.; Santos, L. Machine Learning and Natural Language Processing for Prediction of Human Factors in Aviation Incident Reports. *Aerospace* 2021, 8, 47. [CrossRef]
- [25] Kumar, S.G.; Corrado, S.J.; Puranik, T.G.; Mavris, D.N. Classification and Analysis of Go-Arounds in Commercial Aviation Using ADS-B Data. *Aerospace* 2021, 8, 291. [CrossRef]
- [26] Lee, H.; Madar, S.; Sairam, S.; Puranik, T.G.; Payan, A.P.; Kirby, M.; Pinon, O.J.; Mavris, D.N. Critical Parameter Identification for Safety Events in Commercial Aviation Using Machine Learning. *Aerospace* 2020, 7, 73. [CrossRef]
- [27] Nogueira, R.P.R.; Melicio, R.; Valério, D.; Santos, L.F.F.M. Learning Methods and Predictive Modeling to Identify Failure by Human Factors in the Aviation Industry. *Appl. Sci.* 2023, 13, 4069. [CrossRef]
- [28] Doğru, A.; Bouarfa, S.; Arizar, R.; Aydoğan, R. Using Convolutional Neural Networks to Automate Aircraft Maintenance Visual Inspection. *Aerospace* 2020, 7, 171. [CrossRef]
- [29] Abdelghany, E.S.; Farghaly, M.B.; Almalki, M.M.; Sarhan, H.H.; Essa, M.E.-S.M. Machine Learning and IoT Trends for Intelligent Prediction of Aircraft Wing Anti-Icing System Temperature. *Aerospace* 2023, 10, 676. [CrossRef]
- [30] Gao, Z.; Mavris, D.N. Statistics and Machine Learning in Aviation Environmental Impact Analysis: A Survey of Recent Progress. *Aerospace* 2022, 9, 750. [CrossRef]
- [31] Brandoli, B.; de Geus, A.R.; Souza, J.R.; Spadon, G.; Soares, A.; Rodrigues, J.F., Jr.; Komorowski, J.; Matwin, S. Aircraft Fuselage Corrosion Detection Using Artificial Intelligence. *Sensors* 2021, 21, 4026. [CrossRef]
- [32] Yang, R.; Gao, Y.; Wang, H.; Ni, X. Fuzzy Neural Network PID Control Used in Individual Blade Control. *Aerospace* 2023, 10, 623. [CrossRef]
- [33] Wang, Z.; Zhao, Y. Data-Driven Exhaust Gas Temperature Baseline Predictions for Aeroengine Based on Machine Learning Algorithms. *Aerospace* 2023, 10, 17. [CrossRef]
- [34] Chen, J.; Qi, G.; Wang, K. Synergizing Machine Learning and the Aviation Sector in Lithium-Ion Battery Applications: A Review. *Energies* 2023, 16, 6318. [CrossRef]
- [35] Baumann, M.; Koch, C.; Staudacher, S. Application of Neural Networks and Transfer Learning to Turbomachinery Heat Transfer. *Aerospace* 2022, 9, 49. [CrossRef]
- [36] Papakonstantinou, C.; Daramouskas, I.; Lappas, V.; Moulitanis, V.C.; Kostopoulos, V. A Machine Learning Approach for Global Steering Control Moment Gyroscope Clusters. *Aerospace* 2022, 9, 164. [CrossRef]
- [37] Sarkar, N.I.; Gul, S. Artificial Intelligence-Based Autonomous UAV Networks: A Survey. *Drones* 2023, 7, 322. [CrossRef]
- [38] Aghazadeh Ardebili, A.; Ficarella, A.; Longo, A.; Khalil, A.; Khalil, S. Hybrid Turbo-Shaft Engine Digital Twinning for Autonomous Aircraft via AI and Synthetic Data Generation. *Aerospace* 2023, 10, 683. [CrossRef]
- [39] Mariani, M.; Fiori, S. Design and Simulation of a Neuroevolutionary Controller for a Quadcopter Drone. *Aerospace* 2023, 10, 418. [CrossRef]
- [40] Casabianca, P.; Zhang, Y. Acoustic-Based UAV Detection Using Late Fusion of Deep Neural Networks. *Drones* 2021, 5, 54. [CrossRef]
- [41] Soysan, İ., Gürel, S. & Tekin, S. A. (2021). Yapay Zeka Tabanlı Görüntü İşleme Tekniklerinin İnsansız Hava Araçları Üzerinde Uygulamaları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (24), 469-473.
- [42] Adıgüzel, S. (2022). Afet Durumlarında Yapay Zekâ Teknolojisi ile Lojistik Yönetimi Örnekleri. *Akademik İzdüşüm Dergisi*, 7(1): 47-70.
- [43] Caballero-Martin, D.; Lopez-Guede, J.M.; Estevez, J.; Graña, M. Artificial Intelligence Applied to Drone Control: A State of the Art. *Drones* 2024, 8, 296. <https://doi.org/10.3390/drones8070296>
- [44] İnan, M., & Karci, A. (2021). Tarımda Ağaç İlaçlamanın Drone'larla Yapılmasında Yeni bir Yöntemin Geliştirilmesi ve Uygulanması. *Computer Science*, 6(2), 72-89.
- [45] Uzun, Yusuf, Mehmet Bilban, and Hüseyin Arıkan. "Tarım ve Kırsal Kalkınmada Yapay Zekâ Kullanımı.", VI. KOP Bölgesel Kalkınma Sempozyumu-KOP-BKS, 26-28 Ekim 2018-Konya
- [46] Uluca, M., Yel, K., Güzel, S., Çakır, Z. (2024). Yapay Zeka ve Drone Teknolojileri ile Spor Etkinlikleri Gözlem ve Analizinde Güncel Yaklaşımlar. *Dede Korkut Spor Bilimleri Dergisi*, 2(2), 47-70.
- [47] Skycorp hydrogen fuel cell powered drone with advanced AI, *Fuel Cells Bulletin*, Volume 2018, Issue 12, 2018, Page 5, ISSN 1464-2859, [https://doi.org/10.1016/S1464-2859\(18\)30447-4](https://doi.org/10.1016/S1464-2859(18)30447-4).
- [48] <https://dac.digital/deep-tech/ai-enhanced-drone-solutions/>