

Uçuş Operasyonlarında Yapay Zekâ: Rapor Analizi ve Güvenlik İzleme

Teoman Erdağ¹

Özet

Havacılık sektörü, operasyonel güvenlik ve raporlama süreçlerinde dijital dönüşümü hızla benimsemektedir. Bu dönüşüm uçuş emniyeti, zaman yönetimi ve maliyet optimizasyonu açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu bölümde uçuş operasyonlarında yapay zekâ (YZ) temelli çözümlerin rapor sınıflandırma ve güvenlik izleme süreçlerine entegrasyonu incelenmiştir. Özellikle Lufthansa Group tarafından geliştirilen “AI Co-Validator” projesi örnek olay olarak ele alınmış, projenin teknik altyapısı, operasyonel kazanımları ve stratejik etkileri detaylı biçimde tartışılmıştır. YZ, yalnızca büyük veri kümelerini yönetmekle kalmayıp, olayların bağlamsal analizini, örüntü tespiti ve risk öngörüsünü mümkün kılmaktadır. Sistem, çok dilli raporları işleyebilmekte, otomatik sınıflandırma ve güven skoru üretme yetenekleriyle karar destek sistemlerine katkı sağlamaktadır. AI Co-Validator, manuel raporlama süreçlerinin aksaklıklarını azaltmakta, işgücü ve zaman tasarrufu sağlamakta, operasyonel tutarlılığı artırmakta ve kurumsal hafıza oluşturulmasına yardımcı olmaktadır. Bunun yanı sıra etik, şeffaflık ve regülasyon boyutları da ele alınmış; açıklanabilir yapay zekâ (XAI) yaklaşımları, algoritmik önyargı riskleri ve yasal uyumluluk vurgulanmıştır. Türkiye bağlamında ise, yerli havacılık altyapısı ve SHGM düzenlemeleri, YZ tabanlı raporlama ve analiz sistemlerinin uygulanabilirliği açısından uygun bir zemin sunmaktadır. Türkiye’de faaliyet gösteren havacılık işletmeleri ve diğer yerli girişimler, yapay zekâ çözümlerinin operasyonel süreçlere entegre edilmesi ve yerli sistemlerin geliştirilmesi için fırsatlar yaratmaktadır. Bu bağlamda, YZ destekli sistemler sadece teknik bir yenilik değil, aynı zamanda uçuş güvenliğinde proaktif karar alma, verimlilik ve kurumsal öğrenme süreçlerini güçlendiren stratejik bir araç olarak ön plana çıkmaktadır.

1 Dr., Türk Hava Yolları Kabin Veri Analitiği ve Süreç Geliştirme Şefliği, e-mail: teomanerdag1979@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3829-7546

1. Giriş

Uluslararası hava taşımacılığı, 21. yüzyılın en karmaşık ve dinamik sektörlerinden biri haline gelmiştir. Günümüzde ticari havayolu işletmeleri, yalnızca taşımacılık hizmeti sunmakla kalmayıp aynı zamanda milyonlarca yolcunun güvenliğini, konforunu ve zamanını yöneten büyük ölçekli veri işletmeleri olarak da değerlendirilmektedir. Bu bağlamda uçuş operasyonları, özellikle zamanlama, emniyet, hizmet kalitesi ve maliyet yönetimi açısından stratejik öneme sahiptir.

Uçuş operasyonlarının emniyet yönetişimi çerçevesinde incelenmesi, emniyet raporlarının etkin biçimde sınıflandırılması, değerlendirilmesi ve karar vericilere ulaştırılmasıyla doğrudan ilişkilidir. Ancak klasik raporlama sistemleri bu süreci büyük ölçüde manuel iş gücüne dayandırmakta, dolayısıyla zaman kaybı, hata oranı ve öznellik gibi faktörlerle performans kaybına neden olmaktadır. Bu durum uçuş emniyeti gibi hayati bir alan için önemli bir risk unsuru oluşturmaktadır (EASA, 2022).

Son on yılda dijital dönüşüm, havacılık sektöründe veri analitiği ve otomasyon tabanlı çözümlerin önünü açmış; özellikle yapay zekâ tabanlı sistemler, operasyonel süreçlerde anlamlı katkılar sağlamaya başlamıştır. Gelişmiş makine öğrenmesi algoritmaları, doğal dil işleme (NLP), büyük dil modelleri (LLM) gibi teknolojiler, metin tabanlı verilerin yapılandırılmasında yeni ufuklar açmış ve karar destek sistemlerinin doğruluğunu artırmıştır (McAfee & Brynjolfsson 2017; Nanyonga vd.; 2025).

Yapay zekâ sistemlerinin uçuş raporlarının analizine entegre edilmesi, sadece veri hacminin yönetilmesi açısından değil; aynı zamanda olayların bağlamsal anlamlandırılması, eğilimlerin tespiti ve sistemsel risklerin öngörülmesi açısından da çığır açıcı niteliktedir. Geleneksel sınıflandırma modelleri, genellikle sabit kurallara ve anahtar kelimelere dayanırken; güncel YZ çözümleri bağlamdan bağımsız dil yapılarını analiz edebilmekte, çok dilli raporları işleyebilmekte ve geçmiş verilerle örüntü yakalayabilmektedir (New & Wallace, 2025).

Uçuş operasyonlarındaki YZ uygulamaları, aynı zamanda organizasyonel öğrenmeyi de destekleyen bir yapıya sahiptir. Raporlardan öğrenilen bilgiler, sadece mevcut olaylara müdahale etmeyi değil, gelecekteki operasyonlara yönelik stratejik planlamayı da mümkün kılar. Böylece YZ, sadece teknik bir sınıflandırma aracı değil, aynı zamanda bilgi üretiminde merkezî bir aktör haline gelmektedir (McKinsey, 2020).

Literatürde özellikle son dönemde yayımlanan sistematik derlemeler, havacılık emniyeti ve veri analitiği ilişkisinin giderek derinleştiğini ortaya

koymaktadır. Yapay zekânın sektöre entegrasyonu konusunda öne çıkan başlıca temalar arasında; emniyet tahmini, bakım optimizasyonu, yolcu davranışı analizi ve olay sınıflandırma yer almaktadır (Demir vd., 2024). Bu bağlamda, uçuş raporlarının sınıflandırılması, havayolu şirketleri için operasyonel mükemmeliyet hedefinin temel yapı taşlarından biri haline gelmektedir.

Türkiye gibi gelişmekte olan ve havacılık sektöründe küresel ölçekte büyüme gösteren ülkelerde, bu teknolojilerin benimsenmesi stratejik bir fırsat olarak değerlendirilmektedir. Gerek Türk Hava Yolları gibi büyük ölçekli taşıyıcılar, gerekse yeni havalimanı yatırımları, bu dönüşüm için uygun bir dijital zemin sunmaktadır. Ancak teknolojik yatırımların başarılı olması için kurumsal kültürün, mevzuatın ve insan kaynağının da eş zamanlı dönüşmesi gerekmektedir (TÜBİTAK, 2021).

Bu kitap bölümünde, Lufthansa Group tarafından geliştirilen ve Eurowings'te uygulanan AI Co-Validator sistemi üzerinden uçuş raporlarının YZ ile sınıflandırılma süreci incelenecektir. Ayrıca bu teknolojinin Türkiye'de uygulanabilirliği, etik ve yasal yönleri, işgücü etkileri ve geleceğe dönük perspektifleri ele alınacaktır. Bölüm, sadece teknik bir çözüm sunmakla kalmayıp, aynı zamanda havacılık sektöründeki dijital dönüşümün yönetim boyutunu da tartışmayı amaçlamaktadır.

2. Uçuş Raporlama Sistemleri ve Karşılaşılan Sorunlar

2.1 Raporlama Sürecinin İşleyişi

Raporlama süreçleri, havacılıkta emniyet yönetiminin temel taşı olarak kabul edilmektedir. Bu süreçte bilgi akışının doğruluğu ve zamanlaması, operasyonel karar alma mekanizmalarının etkinliğini doğrudan etkilemektedir. Ancak mevcut sistemlerde bu akışın çoğu hâlâ insan tabanlı süreçlere dayanmaktadır. Bu durum, özellikle kritik olayların zamanında bildirilmesi ve değerlendirilmesi açısından belirli sınırlılıklar doğurmaktadır.

Uluslararası düzeyde farklı havacılık otoriteleri, emniyet raporlarının belirli bir standarda göre hazırlanmasını önerse de uygulamada bu standartların sahada tam karşılık bulamadığı görülmektedir. Özellikle serbest metin alanlarında çalışan personelin kişisel anlatım biçimi, kullanılan teknik terimler ve olayın tanımlanma şekli, sistematik veri işleme sürecini zorlaştırmaktadır (EASA, 2022).

Bazı havayolu şirketlerinde elektronik raporlama sistemleriyle entegrasyon sağlanmış olsa da bu sistemlerin çoğu olayları sadece belirli kategorilere ayırmakta ve metin analizine yönelik ileri düzey çözümlere

olanak tanımamaktadır (Demir vd., 2024). Bu nedenle, özellikle uçuş ekibi tarafından yazılan açıklayıcı bölümler, karar destek sistemleri için yeterince yapılandırılmış veri üretmemektedir.

Ayrıca, raporların işlenme sürecinde farklı birimler arasında oluşan zaman farkları, kritik durumlara geç müdahale edilmesine yol açabilmektedir. Örneğin, bir teknik arıza raporunun bakım birimiyle zamanında paylaşılmaması aynı uçakta benzer bir problemin tekrar yaşanmasına neden olabilir (Nanyonga vd., 2025a). Bu tür olaylar, manuel raporlama sistemlerinde sıkça karşılaşılan aksaklıklardan biridir.

Çok uluslu uçuş ekipleri arasında yaşanan dil farkları da süreci daha da karmaşık hâle getirmektedir. Özellikle İngilizce dışındaki dillerde hazırlanan raporların çeviri süreci, olayın bağlamının kaybolmasına ve bazı güvenlik sinyallerinin göz ardı edilmesine neden olabilmektedir.

Son dönemde bazı şirketler, raporların daha yapılandırılmış biçimde yazılmasını teşvik eden rehber sistemler geliştirmektedir. Bu sistemlerde, kullanıcıdan olayı adım adım anlatması istenmekte ve metin girişleri belirli alanlara yönlendirilmektedir. Ancak bu tür sistemlerin etkinliği, kullanıcı alışkanlıklarına ve eğitim düzeyine göre değişmektedir.

Raporlama süreçlerinin güvenilirliği, aynı zamanda kurum içi geri bildirim kültürüyle de ilişkilidir. Rapor yazan personelin, gönderdiği verilerin değerlendirildiğini ve sürece etki ettiğini bilmesi, sistemin sürekliliğini sağlar. Ancak geri bildirim eksikliği, zamanla raporlama motivasyonunun düşmesine ve kritik verilerin kaybolmasına neden olabilir (LIH, 2024).

Bu bağlamda, ileri düzey yapay zekâ çözümlerinin entegrasyonu yalnızca teknik bir ihtiyaç değil, aynı zamanda operasyonel sürdürülebilirlik için stratejik bir gereklilik hâlini almaktadır. Özellikle veri hacminin artması ve hızlı karar alma gerekliliği, manuel sistemlerin sınırlılıklarını daha görünür kılmakta; raporlama süreçlerinin yeniden yapılandırılmasını zorunlu kılmaktadır.

2.2 Mevcut Sistemin Sınırlılıkları

Mevcut sistemlerin en belirgin eksikliklerinden biri, raporların içerik bakımından standartlaşmamış olmasıdır. Serbest metin yapısında iletilen veriler, her personelin farklı anlatım biçimi nedeniyle homojen bir analiz altyapısı oluşturamamaktadır. Bu durum, büyük veri kümeleri içinde örüntü tespitini güçleştirir ve otomatik analiz araçlarının performansını sınırlı kılar (New & Wallace, 2025).

Dilsel çeşitlilik, sistematik sınıflandırmayı zorlaştıran bir başka temel faktördür. Özellikle Avrupa merkezli havayolu işletmelerinde, İngilizce dışındaki dillerde tutulan raporlar yeterince yapılandırılmadığı takdirde çeviri sürecinde bilgi kaybı yaşanabilmektedir (EASA, 2022). Bazı terimlerin bağlamsal karşılığı bulunamadığında, raporun anlamı bozulmakta ve bu da risk değerlendirmelerinde hatalara yol açmaktadır.

Ayrıca, manuel sistemlerde olayların sınıflandırılması büyük ölçüde analiz yapan kişilerin deneyimine bağlıdır. Bu kişisel yorum farklılıkları, aynı türdeki olayların farklı biçimlerde sınıflandırılmasına neden olabilir. Böyle bir durumda veri tutarlılığı zayıflar ve zaman içinde oluşturulan istatistiksel tablolar karar vericileri yanıltabilir (Binns, 2018).

Mevcut sistemlerin bir başka sorunu ise “gecikmeli müdahale” problemidir. Raporların işlenmesi uzun zaman aldığına, emniyetle ilgili potansiyel bir sorun ortaya çıkmadan önce gerekli önlemler alınmaz. Bu da reaktif bir yönetim anlayışına yol açar ve havacılık gibi sıfır tolerans gerektiren bir alanda ciddi riskleri beraberinde getirir (Nanyonga vd.; 2025b).

Algoritmik sınıflandırmanın uygulanabilirliği açısından bakıldığında, mevcut sistemlerin veriyi işlemeye uygun formatta sunmaması, veri madenciliği projelerinin başarısını doğrudan etkiler. Özellikle BERT, GPT veya LSTM gibi modellerin verimli çalışabilmesi için hem hacimli hem de etiketli veri kümelerine ihtiyaç duyulmaktadır (New & Wallace, 2025).

Personel eğitimi konusundaki eksiklikler de mevcut sistemin performansını olumsuz etkilemektedir. Raporlama yapan personelin teknik terimlere hâkim olmaması veya olayların yeterince ayrıntılı tanımlanmaması, verinin analiz edilebilirliğini düşürmektedir (TÜBİTAK, 2021). Bu bağlamda, sadece teknolojik değil, insan kaynağı ekseninde de yapısal dönüşüm ihtiyacı söz konusudur.

Bazı sistemlerde sınıflandırma sürecinin tamamı tek bir veri analistine bırakılmakta; bu da hem iş yükünü artırmakta hem de hata oranını yükseltmektedir. Özellikle büyük havayolu şirketlerinde, bu tür tekil bağımlılıkların uzun vadede sistem güvenilirliğini zayıflattığı görülmektedir.

Son olarak, mevcut manuel sistemler kurumsal hafıza oluşturmada yetersiz kalmaktadır. Benzer olayların tekrarlandığı durumlarda önceki raporların sistematik bir şekilde karşılaştırılabilmesi genellikle mümkün değildir. Yapay zekâ destekli sistemler ise bu hafızayı dijital ortamda inşa ederek, geçmişe dönük öğrenmeyi ve örüntü analizini kurumsal bir değere dönüştürebilir (Demir vd.; 2024).

3. AI Co-Validator Projesi: Kavramsal ve Teknik Arka Plan

3.1 Projenin Amacı ve Kapsamı

AI Co-Validator projesi, havacılıkta emniyet odaklı raporlama süreçlerinde insan hatasını azaltmak, veri işleme hızını artırmak ve kurumsal öğrenmeyi teşvik etmek amacıyla tasarlanmıştır. Lufthansa Innovation Hub öncülüğünde geliştirilen bu proje, uçuş emniyet raporlarının dilsel analizini gerçekleştirebilen ve olayları otomatik olarak sınıflandırabilen bir yapay zekâ tabanlı sistem sunmaktadır (LIH, 2024).

Projenin en temel amacı, manuel olarak işlenen binlerce serbest metin formatındaki uçuş emniyet raporunu anlamlı veri kümelerine dönüştürerek karar destek sistemlerine entegre etmektir. Mevcut manuel süreçlerin operasyonel karar alma sürelerini uzattığı, hatta bazı emniyet risklerinin gözden kaçmasına neden olduğu raporlarla ortaya konmuştur (EASA, 2022).

Kapsam itibarıyla AI Co-Validator yalnızca Lufthansa'nın iç operasyonlarını değil, aynı zamanda Star Alliance'a bağlı diğer taşıyıcılarla da entegre çalışabilecek şekilde ölçeklenebilir bir mimaride kurgulanmıştır. Bu bağlamda sistemin çok dilli metinlerle başa çıkabilmesi, küresel operasyonlarda dil bariyerinin neden olduğu bilgi kayıplarını azaltmaktadır.

Proje kapsamında geliştirilen yapay zekâ altyapısı, doğal dil işleme (NLP) yöntemleriyle güçlendirilmiş, eğitilmiş modeller aracılığıyla metinleri anlama, bağlam çıkarma ve ön sınıflandırma yapma yeteneklerine sahiptir. Bu sayede uzman incelemesinden önce kritik içeriklerin önceliklendirilmesi mümkün hâle gelmektedir (New & Wallace, 2025).

AI Co-Validator, aynı zamanda kurumsal hafıza üretimini de desteklemektedir. Daha önce yaşanan benzer olayların benzerlik analizleri aracılığıyla tanımlanabilmesi, önleyici stratejilerin oluşturulmasını kolaylaştırmakta ve emniyet kültürünü pekiştirmektedir (Demir vd.; 2024).

Projeye entegre edilen analitik gösterge panelleri (Dashboard), yöneticilere özet istatistikler ve eğilim analizleri sunmakta; bu da olayların zaman içindeki dağılımı ve tematik yoğunluğu hakkında içgörü üretmektedir. Bu yaklaşım, veriye dayalı karar alma sürecini operasyonel bir norm hâline getirmektedir.

Lufthansa'nın bu projeye hedeflediği bir diğer unsur ise rapor yazma kültürünün desteklenmesi ve personelin geri bildirim döngüsüne aktif katılımının sağlanmasıdır. Yapay zekâ tarafından yapılan otomatik sınıflandırmalar, kullanıcıya geri bildirim olarak dönmekte ve rapor kalitesini artıracak öneriler sunmaktadır (LIH, 2024).

Son olarak, proje Lufthansa'nın sürdürülebilir dijitalleşme stratejisinin de bir parçası olarak görülmektedir. AI Co-Validator hem operasyonel verimliliği hem de emniyet kalitesini artırmayı hedefleyen entegre bir dijital dönüşüm aracıdır.

3.2 Sistem Mimarisi

AI Co Validator'ın sistem mimarisi, ölçeklenebilirlik, esneklik ve entegrasyon kabiliyeti göz önünde bulundurularak çok katmanlı bir yapı üzerinde inşa edilmiştir. Mimari yapı, veri almından son kullanıcı arayüzüne kadar birbirine bağlı alt bileşenlerden oluşmaktadır (New & Wallace, 2025).

Sistemin ilk katmanında yer alan veri alma modülü, çeşitli kaynaklardan gelen uçuş emniyet raporlarını toplamaktadır. Bu modül, Lufthansa'nın mevcut operasyonel veri tabanlarıyla doğrudan entegredir ve her gün binlerce yeni veri girişiyle güncellenmektedir (Demir vd., 2024).

İkinci katman, doğal dil işleme motorudur. Burada raporlardaki serbest metin ifadeleri "tokenize" edilmekte, "lemmatizasyon" uygulanmakta ve belirli dil kalıplarına göre ön işleme tabi tutulmaktadır. Bu katman, çok dilli destek sayesinde Almanca, İngilizce ve Fransızca gibi yaygın dillerdeki raporları aynı anda değerlendirebilmektedir.

Üçüncü katman, yapay zekâ modelleme katmanıdır. Burada eğitilmiş sınıflandırma algoritmaları devreye girer. BERT, RoBERTa gibi dil modelleri kullanılarak raporlardaki olay tipleri (örneğin insan hatası, teknik arıza) önceden belirlenmiş sınıflara atanır (Nanyonga vd.; 2025a).

Veri güvenliği katmanı, sistemin en kritik bileşenlerinden biridir. Havacılık sektörü gibi yüksek regülasyona tabi bir alanda, kişisel veri koruma ilkeleri (örneğin GDPR) çerçevesinde işlem yapılması zorunludur. AI Co-Validator, hassas bilgileri maskeleyerek anonimleştirme süreçlerini otomatik yürütmektedir (EASA, 2022).

Sistem mimarisinde yer alan görselleştirme katmanı kullanıcılara özelleştirilebilir panolar sunar. Bu panolar sayesinde yöneticiler istedikleri zaman diliminde belirli bir kategoriye ait olayları analiz edebilir ve filtreleme yapabilir. Modüler yapının sağladığı en büyük avantajlardan biri, sisteme yeni algoritmalar veya dil modellerinin kolayca entegre edilebilmesidir. Bu da AI Co Validator'ı geleceğe dönük sürdürülebilir bir altyapı hâline getirmektedir.

Son olarak, sistemin açık API yapısı sayesinde farklı havacılık veri sistemleriyle entegrasyon kolayca sağlanmakta, çapraz analiz olanakları mümkün kılınmaktadır. Bu mimari tercih yalnızca Lufthansa'ya değil,

potansiyel olarak diğer operatörlere de uygulanabilirliği artırmaktadır (LIH, 2024).

3.3 Kullanılan Yapay Zekâ Modelleri

AI Co-Validator projesinde kullanılan yapay zekâ modelleri, doğal dil işleme alanındaki en güncel ve etkili tekniklerden seçilmiştir. Proje kapsamında hem önceden eğitilmiş (pre-trained) hem de özel olarak incelenmiş (fine-tuned) modeller kullanılmaktadır (New & Wallace, 2025).

Özellikle BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) modeli, metinlerin bağlamsal analizinde yüksek doğruluk oranı sunmaktadır. BERT'in çift yönlü kodlayıcı yapısı sayesinde, bir kelimenin yalnızca önceki değil aynı zamanda sonraki kelimelerle olan ilişkisi de dikkate alınarak anlam çıkarımı yapılmaktadır (Demir vd.; 2024).

Bu model, Lufthansa'nın geçmiş yıllarda toplanan etiketli emniyet raporlarıyla yeniden eğitilmiş ve uçuş operasyonlarına özgü kavramları daha iyi tanıyacak biçimde özelleştirilmiştir. Böylece "unstable approach" veya "late touchdown" gibi havacılığa özgü ifadeler doğru şekilde sınıflandırılabilir (LIH, 2024).

Ayrıca RoBERTa (Robustly Optimized BERT) modeli de alternatif olarak test edilmiştir. RoBERTa'nın daha büyük veri setlerinde daha hızlı öğrenme sağlaması, çok büyük hacimli verilerin işlendiği projelerde verimliliği artırmaktadır (Nanyonga vd.; 2025b).

Geleneksel makine öğrenmesi algoritmaları da sistemde destekleyici olarak yer almaktadır. Örneğin Naive Bayes ve Random Forest algoritmaları, sınıflandırma modelinin doğrulama aşamasında karşılaştırmalı analiz için kullanılmıştır. Veri hacminin çok büyük olması nedeniyle, TensorFlow ve PyTorch tabanlı paralel işlem teknikleri kullanılarak model eğitimi bulut altyapısı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu sayede işlem süresi kısaltılmış ve sistem güncellemeleri daha dinamik hâle getirilmiştir.

Sistemde, kullanıcıdan gelen yeni verilerle sürekli olarak öğrenme sağlayan aktif öğrenme algoritmaları da uygulanmaktadır. Bu teknikle modelin düşük güven skoruyla sınıflandırdığı örnekler insan uzmanlara yönlendirilmekte, doğrulanan veriler tekrar modele beslenerek sistemin zamanla gelişmesi sağlanmaktadır (TÜBİTAK, 2021).

Sonuç olarak, AI Co Validator'ın yapay zekâ altyapısı, yalnızca mevcut teknolojiyi uygulamakla kalmayıp aynı zamanda havacılık sektörüne özgü bilgi sistemlerinin gereksinimlerini karşılayacak şekilde evrimsel bir modellemeye dayanmaktadır. Bu yönüyle proje, yapay zekânın yüksek

regülasyonlu sektörlerdeki uygulama potansiyeline dair önemli bir örnek teşkil etmektedir (EASA, 2022)

4. Uygulama Sonuçları ve Operasyonel Kazanımlar

4.1 Zaman ve İşgücü Verimliliği

AI Co-Validator sisteminin Lufthansa Group için uygulanması, zaman ve işgücü verimliliği açısından dikkate değer kazançlar sağlamıştır. Raporların manuel olarak sınıflandırılmasına göre çok daha hızlı ve tutarlı çıktılar sunan sistem, operatörlerin tekrar eden işlerle geçirdiği süreyi azaltarak stratejik analiz işlevlerine daha fazla odaklanmalarına imkân tanımıştır (AircraftIT, 2024).

AI Co-Validator, Lufthansa operasyonlarında yüz yüze rapor sınıflandırma süreçlerinde ortalama 30% ila 40% oranında zaman tasarrufu sağlamıştır (Polaris Aero, 2025). Bu kazanç, sistemin sürekli öğrenen yapısı sayesinde zamanla daha da artmaktadır. Analistler, otomatik öneri sistemlerinin sunduğu sınıflandırma tavsiyelerine güven duydukça, insan müdahalesi azaltılmakta ve kaynaklar daha verimli kullanılmaktadır (McKinsey, 2024).

Otomasyon sayesinde analistlerin sınıflandırma için ayırdığı süre azalmış, bu da acil durum sinyallerine daha hızlı müdahale imkânı yaratmıştır (Nanyonga vd., 2025a). Bu verimlilik artışı sadece zaman ve iş yüküyle sınırlı kalmamış, aynı zamanda bakım takip, kalite güvence ve emniyet raporlarının analizine ilişkin bölümlerdeki iş yükü de azalmıştır (AircraftIT, 2024).

Sistem, manuel hatalar nedeniyle oluşan tasnif tutarsızlıklarını ortadan kaldırarak operasyonel sürekliliğin korunmasına da katkı sağlamaktadır. Bu tutarlılık sayesinde, veriye dayalı karar alma süreçleri daha etkin çalışmaktadır.

Kazançlar yalnızca zamandan ibaret değildir; sistem ayrıca insan kaynağının yeniden dağıtılmasına da imkân tanımıştır. Analistler, manuel kodlama yerine olay analizine yoğunlaştırılarak kurumsal bilgi üretimi sürecine daha nitelikli katkılar sunmaktadır (McKinsey, 2024).

Sistem, standart çıktıların çok düzenli bir biçimde üretilmesini sağladığı için raporlar arasındaki tutarlılığı da artırmaktadır. Bu durum, önceki dönemlerde sıkça karşılaşılan subjektif değerlendirme farklılıklarının ortadan kalkmasına yardımcı olmaktadır (TÜBİTAK, 2021).

Tüm bu kazançlar, kuruluşun insan kaynağını stratejik alanlara yönlendirme kapasitesini artırmış ve emniyet analitiğine daha fazla kaynak ayrılmasını olanaklı kılmıştır.

4.2 Emniyet Yönetimi Açısından Değer

AI Co-Validator sisteminin birincil katkısı, emniyet verisinin daha erken aşamada ve daha doğru şekilde analiz edilmesini sağlamasıdır. Bu durum, reaktif değil proaktif bir emniyet yaklaşımının hayata geçmesine olanak tanımaktadır (FAA, 2023).

Derin öğrenme tabanlı NLP modelleri (LSTM, sRNN), Avustralya Uçak Kaza Araştırma Dairesi (ATSB) gibi kurumların verileri üzerinde 87-90 % aralığında F1 skoruna ulaşmakta ve emniyet olaylarının çok yüksek doğrulukla sınıflandırılmasını mümkün kılmaktadır (Nanyonga vd., 2025a). F1 skoru makine öğrenimi ve derin öğrenme modellerinin sınıflandırma başarısını ölçmek için kullanılan bir metriktir. Kesinlik ve doğruluk kriterlerinin harmonik ortalamasıdır. Doğruluk (Accuracy) tüm tahminlerin içinde doğru olanların oranını, kesinlik (Precision) ise modelin olumlu dediği örneklerin gerçekten olumlu olma oranını ifade etmektedir. Precision yüksek ama Recall düşükse (ya da tersi) F1 bunu dengeleyerek göstermektedir. Bu yüzden özellikle emniyet raporları, kaza/olay sınıflandırmaları gibi dengesiz veri setlerinde (az sayıda kritik olayın varlığı) F1 skoru “accuracy” den daha anlamlı bir ölçü olmaktadır. Dolayısıyla %87-90 F1 skoru, modelin hem yanlış pozitifleri hem de kaçırılan vakaları düşük tutarak olayları yüksek doğrulukla sınıflandırabildiğini göstermektedir.

Sistem, olay analizlerinde sübjektiflik payını azaltarak daha objektif ve standardize bir değerlendirme yapısı oluşturmaktadır. Bu da kurumsal emniyet kültüründe tutarlılığın artmasına katkı sağlamaktadır (Polaris Aero, 2025).

Yapay zekâ destekli bu sınıflandırma yapılarının gece/gündüz, vardiya ya da merkez farkı olmaksızın tutarlı kararlar vermesi, önleyici emniyet tedbirlerinin daha erken devreye sokulmasını sağlamaktadır (AircraftIT, 2024).

Ayrıca, FAA tarafından yayınlanan “AI Safety Assurance Roadmap” gibi belgeler, bu tür sistemlerin yalnızca teknik değil aynı zamanda etik ve hukuki açılardan da entegre edilmesini önermektedir. Bu durum, emniyet yönetiminin daha kapsamlı bir biçimde ele alınmasına imkân tanımaktadır (FAA, 2023).

4.3 Karar Destek Sistemine Katkı

AI Co-Validator, sınıflandırma işlemleri sırasında her rapor için bir güven skoru (confidence score) üretir. Bu skor, karar destek sistemlerinde önceliklendirme ve iş akışını belirlemede temel bir kriter haline gelmektedir (AircraftIT, 2024).

Yüksek güven skoruna sahip raporlar otomatik olarak sistem tarafından işlenebilirken, düşük skorlular insan analistlere iletilmektedir. Bu hibrit model, McKinsey'in tanımladığı “yarı otonom karar destek sistemleri” süreçlerine uygundur (McKinsey, 2024).

Ayrıca, bu yapı geri besleme mekanizması ile donatılmıştır. Analistlerin yapacağı müdahaleler modelin öğrenmesini sağlamakta, bu da sistemin zamanla daha isabetli kararlar üretmesine katkı sunmaktadır (TÜBİTAK, 2021).

Benzeri AI tabanlı karar destek sistemleri, yolcu davranışlarının analizinden bakım planlamasına kadar farklı operasyonel alanlarda da başarıyla uygulanmakta ve kurumsal karar alma süreçlerine katkı sağlamaktadır (Demir vd.; 2024).

Son olarak, Polaris Aero tarafından geliştirilen VOCUS SMS platformunda yer alan benzeri özellikler, kullanıcı yazısına dayalı kategori eşleştirme yaparak sistemin veri girme ve işleme verimliliğini artırmaktadır (Polaris Aero, 2025).

5. Etik ve Regülasyon Açısından Perspektifler

5.1 Etik ve Şeffaflık Sorunları

Yapay zekâ sistemlerinin uçuş operasyonlarında sınıflandırma ve analiz amacıyla kullanılması, karar verme algoritmalarının nasıl çalıştığına dair bilgi eksikliğini gündeme getirir; bu da kullanıcıların ve paydaşların AI sistemine güven duymasını zorlaştırabilir (Park & Yoon, 2025). Özellikle “black-box” niteliğindeki derin öğrenme algoritmaları, modelin neden belirli bir karara ulaştığını açıklamakta yetersiz kalabilir; bu durum, son yıllarda giderek önem kazanan açıklanabilir yapay zekâ (XAI) yaklaşımının önemini artırmaktadır. XAI, algoritmanın işleyişini daha şeffaf kılarak kullanıcıların güvenini artırmayı hedeflemektedir (Arrieta vd., 2019).

Açıklanabilirlik eksikliği hem algoritmik önyargı riskini artırmakta hem de hatalı sınıflandırma durumlarında sorumluluğun belirlenmesini güçleştirmektedir (Hobbs & Li, 2023). Özellikle uçuş güvenliği gibi yüksek risk içeren sistemlerde, algoritmaların neden belirli bir raporu “olay” ya da “risk” olarak sınıflandırdığı açıkça ortaya konmalıdır. Aksi halde hatalı kararların tespiti ve düzeltilmesi süreçleri gecikebilir. Bu bağlamda etik sorumluluk sadece algoritmanın doğruluğu ile değil aynı zamanda karar sürecinin izlenebilirliği ile de doğrudan ilişkilidir.

AI Co-Validator gibi sistemlerde doğruluk skoru yüksek olsa da özellikle kritik olaylarda modelin hatalı etiketleme yapması halinde insan müdahalesinin göz ardı edilmemesi gerekir. Bu durum, sistem tasarımında etik bakış açısının ön planda tutulmasını gerektirir. Özellikle uçuş emniyetinde yapay zekânın destekleyici ancak nihai karar verici olmayan bir pozisyonda konumlandırılması, sistemin güvenliği ve etik uygunluğu açısından elzemdir (FAA, 2023).

Modelin şeffaflığı yalnızca teknik tasarımla sınırlı olmamalıdır. Kullanıcı arayüzü ve geri bildirim mekanizmaları da şeffaflığı destekleyecek şekilde yapılandırılmalıdır. Pilotların ve analiz ekiplerinin sınıflandırma kararlarının mantığını anlaması sistemi daha etkin ve güvenilir kılmaktadır (Anumula, 2025). Bu sayede, yapay zekâ sistemlerine karşı geliştirilen güven sorunu azaltılabilir.

Yapay zekâ algoritmalarındaki önyargı, dilsel çeşitlilik veya belirli terminolojilerde farklı performans gösterebilir. Bu durum, farklı kültürel ya da coğrafi bağlamlarda sınıflandırma doğruluğunun azalmasına ve sistemin ayrımcı sonuçlar üretmesine neden olabilir. Bu nedenle, algoritmaların adil, kapsayıcı ve tarafsız şekilde eğitilmesi etik açıdan büyük önem taşır

Avrupa Komisyonu bünyesinde kurulan Avrupa Algoritma Şeffaflık Merkezi (ECAT), algoritmaların endüstriyel uygulamalarda nasıl daha şeffaf ve etik kullanılabileceğine yönelik standartlar ve rehberler geliştirmektedir (ECAT, 2025). Bu girişim, yapay zekâ sistemlerinin toplumsal kabulünü artırmakta ve düzenleyici çerçevelerle uyumlu hale getirmektedir. AI Co-Validator gibi sistemlerin bu tür standartlarla uyumlu olması, kurumsal ve kamusal düzeyde güven oluşturmak açısından hayati önem taşır.

Nature dergisinde yayımlanan Park ve Yoon (2025) çalışması, yapay zekâ sistemlerinde “güven zinciri” yaklaşımı ile şeffaflığın nasıl yapılandırılabileceğini detaylı biçimde ortaya koymaktadır. Sistem tasarımının her aşamasında şeffaflığın gözetilmesi, yalnızca sonuçların değil sürecin de denetlenebilirliğini sağlar. Bu hem kullanıcı deneyimini geliştirir hem de kurum içi hesap verebilirlik düzeyini yükseltir.

Sonuç olarak, uçuş emniyetinde AI sistemlerinin kabulü yalnızca teknik performansa değil; aynı zamanda şeffaflık, etik denetlenebilirlik ve sorumluluğun açıkça tanımlanmış olmasına bağlıdır. AI Co-Validator gibi projelerde, etik tasarım ilkelerinin entegrasyonu ve açıklanabilirliğin sağlanması, teknolojik yeniliğin sorumlu biçimde hayata geçirilmesi açısından temel önemdedir.

5.2 Regülasyon ve Denetlenebilirlik

Federal Havacılık İdaresi (FAA) tarafından yayımlanan “AI Safety Assurance Roadmap” adlı belge, havacılıkta yapay zekâ kullanımına yönelik güvenlik temelli regülasyon ilkelerini detaylı şekilde ortaya koymaktadır. Bu belge hem teknik yeterlilik hem de etik sorumluluklar açısından kapsamlı bir denetim modeli önermekte; sabit model (learned) ve dinamik model (learning) ayrımı yaparak her iki yapının da farklı değerlendirme ve sertifikasyon süreçlerine tabi tutulması gerektiğini savunmaktadır (FAA, 2023).

Avrupa Birliği’nin Genel Veri Koruma Tüzüğü (GDPR) kapsamında otomatik karar süreçlerine karşı bireylerin “insan müdahalesi hakkı” ve “kararın açıklanması hakkı” (right to explanation) korunmaktadır. Bu yaklaşımlar, yapay zekâ sistemlerinin karar alma süreçlerini yalnızca algoritmalara bırakmamakta; aynı zamanda bireylerin bu süreçlere itiraz edebilme ve anlamlandırma hakkını tanımaktadır (FATE, 2025).

Avrupa Komisyonu, algoritmik şeffaflık ve etik kullanım için sorumlu yapay zekâ regülasyonlarını geliştirerek, ECAT aracılığıyla sektörler arası denetim mekanizmaları önermektedir (ECAT, 2025). Bu kapsamda geliştirilen çerçeveler, sistemlerin izlenebilirliğini ve hesap verebilirliğini sağlamayı amaçlamaktadır. AI Co-Validator gibi yüksek hassasiyetli sistemlerin bu standartlara uygun geliştirilmesi gerekmektedir.

SESAR Joint Undertaking’in HUCAN projesi, hava trafik yönetimi özelinde yapay zekânın nasıl sertifikalandırılabilceğini ele almakta ve güvenlik ile regülasyon arasındaki dengenin nasıl sağlanacağına dair öneriler geliştirmektedir (Lanzi vd., 2024). Bu proje, uçuş güvenliği açısından yapay zekâyâ dayalı sistemlerin bağımsız denetim ve test protokollerine tabi olması gerektiğini vurgulamaktadır.

Massachusetts Institute of Technology (MIT) gibi önde gelen akademik merkezler, havacılık sektörünün yapay zekâ deneyimlerinden yola çıkarak sağlık sektörü gibi diğer alanlara yönelik etik regülasyon önerileri sunmaktadır. Burada ortak vurgu, sertifikasyon süreçlerinin şeffaf, izlenebilir ve kurumsal sorumluluğu açıkça tanımlayan yapılarla desteklenmesidir (Ouyang & Jameel, 2024).

İngiltere’de önerilen AI hata ve kötüye kullanım kayıt sistemi, güvenlik kritik sektörlerde yapay zekâ kaynaklı hataların merkezi bir yapı tarafından izlenmesini ve raporlanmasını önermektedir (The Guardian, 2024). Bu yapı, regülasyonun sadece önleyici değil, aynı zamanda geriye dönük izleme ve düzeltme kapasitesi de olması gerektiğini göstermektedir.

ABD’de kamu kurumlarında kullanılan yapay zekâ sistemlerine yönelik yeni düzenlemeler, şeffaflık, insan denetimi ve algoritmik ayrımcılığı önleme ilkelerini ön plana çıkartmıştır. 2024 sonuna kadar federal kurumlar, kullandıkları AI sistemlerinde kullanıcıya bilgi verme ve sistemin güvenilirliğini ispat etme sorumluluğunda önemli adımlar atmıştır (Tech Policy, 2025).

Son olarak, AI Co-Validator gibi sistemlerde regülasyona uyumluluk yalnızca teknolojik yeterlilikle değil; aynı zamanda etik sorumlulukların, insan denetiminin ve algoritmik şeffaflığın düzenlemelerle garanti altına alınmasıyla mümkündür. Bu tür sistemlerin sürekli denetlenebilir olması hem emniyet standartlarını korumakta hem de kamu güvenini sağlamaktadır.

6. Türkiye’de Uygulama Potansiyeli

6.1. Altyapı ve İhtiyaçlar

Türkiye’de yerleşik havayolu işletmeleri her gün binlerce operasyon raporu üretmektedir. Bu raporların hâlâ büyük ölçüde manuel süreçlerle işlenmesi, analiz hızını sınırlamakta ve güvenlik ekiplerinin müdahale süresini uzatmaktadır (Yesilbaş & Oktay, 2024). Otomatik sınıflandırma sistemlerinin devreye alınması iç hat yoğun rotalarda personel ihtiyacını azaltmakta, analiz hizmetlerini hızlandırmakta ve kritik emniyet kararlarının daha kısa sürede alınmasına olanak vermektedir.

Manuel raporlama süreçlerine dayalı sistemler, eğitim seviyesi ve değerlendirme subjektifliklerinden dolayı sınıflandırmalarda tutarsızlık oluşturmaktadır. Yapay zekâ temelli otomasyon sistemleri, yüksek doğruluklu sonuçlar sunarak zaman kaybını önlemekle birlikte veri kalite standartlarını da yükseltebilir (Yesilbaş & Oktay, 2024). Özellikle uçuş emniyeti raporlarının işlenme süreleri modelle otomatikleştirildiğinde, operasyonel dayanıklılık açısından önemli kazanımlar elde edilebilir.

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) bilgi sisteminin dijital altyapısı veri entegrasyonuna açık bir yapıya sahiptir. ICAO tarafından İstanbul’da düzenlenen “Global Implementation Support Symposium”da, SHGM yetkilileri dijitalleşme ve yapay zekâ politikalarının Türkiye’de hızla ilerlediğini vurgulamıştır. Bu yapı, ulusal düzeyde uçuş verilerinin merkezi olarak toplanması ve analiz edilmesine uygun bir zemin sunmaktadır.

Türkiye’nin son 20 yıldaki havacılık yatırımları hem yolcu talebini hem de dijitalleşme kapasitesini artırmıştır. Yeni nesil İstanbul Havalimanı gibi büyük ölçekli projeler hem veri altyapısının hem de analitik sistemlerin kurulmasını mümkün kılmaktadır (Aksoy & Ömer, 2023). Bu yatırımlar,

yapay zekâ çözümlerinin uygulama alanını dijital bir uçuş veri ortamı oluşturmak açısından zenginleştirmektedir.

Türkiye’de havayolu lojistik, yer hizmetleri ve bakım ekipmanlarıyla koordineli çalışan uçuş güvenliği yönetim sistemleri (SSP/SMS) yasal zeminle desteklenmektedir (Yesilbaş & Oktay, 2024). Bu yasal çerçeve, yapay zekâ destekli raporlama sistemlerinin güvenlik kültürüne entegre edilmesi için teknik gereklilikleri sağlamaktadır.

THY’nin “Red Hat OpenShift AI” platformu gibi örnek projeleri uçuş operasyonlarından dinamik fiyatlandırma, bakım öngörülleri ve operasyon analitiğine kadar birçok alanda başarıyla uygulanmaktadır (Red Hat, 2025). Bu uygulamalar, havacılık alanında yerli yapay zekâ modellerinin kullanılabileceğini gösteren önemli bir altyapı örneğidir.

Türkiye’nin araştırma altyapısı da bu dönüşümde kritik önemdedir. Özellikle Türk Hava Kurumu Üniversitesi, Eskişehir Teknik Üniversitesi gibi kuruluşlar havacılık ve yapay zekâ alanında fiziksel ve akademik altyapıya sahiptir. Bu kurumlar, ulusal düzeyde öngörü ve sınıflandırma sistemlerinin geliştirilmesi için eğitimli personel yetiştirmektedir.

Sonuç olarak, Türkiye’nin havacılık sektöründe yapay zekâ odaklı çözümler için hem teknik altyapısı hem de kurumsal uygunluğu mevcuttur. THY gibi lider kuruluşların dijital dönüşüm stratejileri ile SHGM’nin düzenleyici yapısı bu sürecin güvenli ve sürdürülebilir biçimde ilerlemesini desteklemektedir.

6.2. Yerli Sistem Geliştirme Olanakları

Türkiye’de üniversiteler, SHGM ve havayolu işletmeleri arasında kurulacak iş birlikleri, yerli yapay zekâ tabanlı raporlama platformlarının geliştirilmesine olanak sağlayabilir. TÜBİTAK’ın “Artificial Intelligence Ecosystem Call 2025” gibi destek programları bu tür konsorsiyumların kurulmasını teşvik etmektedir (TÜBİTAK, 2025). Bu yapılar, üniversiteler ile teknoloji firmalarını kapsayan konsorsiyumların kurulmasına ve yerli platformların geliştirilmesine olanak tanımaktadır.

Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi (2021–2025) yerli teknoloji geliştirme, veri güvenliği ve dışa bağımlılığın azaltılması hedeflerine odaklanmaktadır (Digwatch, 2021). Bu strateji çerçevesinde, havacılık sektörüne özgü yapay zekâ çözümlerinin geliştirilmesi, ulusal güvenlik ve egemenlik açısından öncelikli bir alan olarak değerlendirilmiştir.

TÜBİTAK tarafından desteklenen “hackathon” ve yarışmalar, genç araştırmacıların yerli projeler geliştirmesinde önemli bir teşvik mekanizması

sunmaktadır. METU ve Aksaray Üniversitesi gibi kurumlar, savunma odaklı AI projelerinde uluslararası başarı elde ederek, sivil havacılık sistemlerine aktarılabilir yöntemler üzerinde çalışmaktadır. Bu kazanımlar, sektörel inovasyonu desteklemektedir.

Savunma sanayiindeki yapay zekâ tecrübesinin “dual-use” uygulamalar yoluyla sivil havacılığa transfer edilmesi de mümkündür. Bayraktar TB2, Hürjet ve Kızılelma projelerinin AI entegrasyonu bu süreci destekleyici örneklerle dönüşmektedir. Bu gelişmeler, sivil uygulamalarda kullanılacak AI sistemlerinin geliştirilmesi için referans altyapı oluşturabilecek kapasitedir.

Türkiye Technology Center (GE Aerospace) gibi inovasyon merkezlerinin varlığı, havacılık özelinde ileri analitik ve uçuş verisi optimizasyonu çalışmalarını desteklemektedir (Aviation Turkey, 2025). Bu merkezler, veri bilimi ve uçuş güvenliği sistemlerinin entegre edilmesi ile yerli çözümler üretilmesine katkı sağlamaktadır.

Yerli AI raporlama platformlarının geliştirilmesi, veri mahremiyeti ve ulusal egemenlik açısından önemlidir. NAIS stratejisi (National Artificial Intelligence Strategy), verinin Türkiye içinde işlenmesi ve yurt dışı bağımlılığının azaltılmasına vurgu yapmaktadır (Digwatch, 2021). Bu yaklaşımla geliştirilecek sistemler, güvenlik standartlarına daha kolay uyum sağlayabilir.

Akademik kuruluşların yanı sıra özel sektörün AI ekosistemi hızla genişlemektedir; 2025 itibarıyla yüzlerce AI startup’ı faaliyet göstermektedir (TÜBİTAK, 2025). Bu işletmeler yerli çözüm geliştirme kapasitesine katkı sağlamakta, sektörel inovasyon potansiyelini artırmaktadır.

Ayrıca yerel sistemlerin test, sertifikasyon ve regülasyon süreçlerinde SHGM kritik rol üstlenebilir. SHGM’nin ICAO ve EASA standartlarına uyumlu yapısı, yerli platformların denetlenebilir, güvenilir sistemler haline gelmesini destekleyecek niteliktedir (Yesilbaş & Oktay, 2024). Böylece, sistemlerin uluslararası standartlarda çalışması sağlanabilir.

Sonuç itibarıyla, Türkiye’nin hem akademik hem kurumsal araçları yerli yapay zekâ tabanlı raporlama sistemlerinin geliştirilmesini desteklemektedir. Bu sistemler, havacılık operasyonlarının güvenlik ve verimlilik açısından stratejik dönüşümünü hızlandırabilir.

6.3 Regülasyon ve Politika Çerçevesi

Yapay zekâ sistemlerinin sivil havacılıkta kullanımı, mevcut mevzuatlarla sınırlandırılmayacak kadar karmaşık bir yapıya sahiptir. Türkiye’de SHGM tarafından yürütülen düzenlemeler, klasik bilgi sistemleri için uygun olsa da

özerk karar alma yeteneğine sahip yapay zekâ sistemleri için güncellenmesi gerekmektedir. Avrupa Birliği'nin 2021 yılında yayınladığı Yapay Zekâ Yasası (AI Act), bu alanda öncü bir model sunmakta ve risk-temelli sınıflandırma yaklaşımı ile yüksek riskli sistemlerin denetimini zorunlu kılmaktadır (European Commission, 2021).

Havacılık sektöründe kullanılan yapay zekâ sistemleri hem operasyonel hem de güvenlik açısından yüksek riskli sistemler kategorisine girmektedir. Bu sistemlerin karar alma süreçlerinin şeffaf olması, yani "açıklanabilir yapay zekâ" (explainable AI) ilkelerine göre tasarlanması büyük önem taşır (European Commission, 2019). Türkiye'de geliştirilecek politikaların da bu prensipler doğrultusunda oluşturulması sistem güvenilirliğini artıracaktır.

Regülasyonlar sadece teknolojik değil aynı zamanda etik boyutları da kapsmalıdır. Özellikle karar verme süreçlerinde insan-makine etkileşimi ve sorumluluk paylaşımı kritik hale gelir. Türkiye'nin bu süreçte etik ilkeleri de içeren bir düzenleyici çerçeve oluşturması kamu güvenliği açısından önem arz etmektedir. Yapay zekânın uçuş güvenliğinde karar destek sistemleri olarak kullanılması, regülasyonlarda insan merkezli kontrol mekanizmalarının yeniden tanımlanmasını gerektirmektedir.

Türkiye, Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı (EASA) ile iş birliği yaparak yerli politika çerçevesini küresel normlarla uyumlu hâle getirme fırsatına sahiptir. ECAC üyeliği kapsamında alınacak ortak kararlar regülasyonların tutarlılığını ve uygulanabilirliğini artıracaktır. Aynı zamanda Türkiye'nin stratejik coğrafi konumu, bölgesel bir yapay zekâ uygulama merkezi olması için yasal altyapısını güçlendirmesini gerekli kılmaktadır.

Yapay zekânın uçuş operasyonlarında uygulanabilirliği yalnızca teknolojik kabiliyetle değil, bu teknolojiyi düzenleyen ve yöneten kurumsal yapıların esnekliği ve güncelliği ile doğrudan ilişkilidir. Türkiye'nin, ulusal strateji belgeleri ile uyumlu, etik ve teknik standartları içeren bir regülasyon çerçevesi oluşturması, bu teknolojilerin güvenli ve etkili biçimde benimsenmesini sağlayacaktır (CBDDO, 2021).

6.4 İnsan Kaynağı ve Eğitim Ekosistemi

Yapay zekâ destekli havacılık sistemlerinin başarısı yalnızca algoritmaların doğruluğuna değil, bu sistemleri tasarlayacak ve yönetecek insan kaynağının niteliğine bağlıdır. Türkiye'de havacılık alanında nitelikli insan gücü mevcuttur ancak yapay zekâ uzmanlığı ile bu alanın entegrasyonu hâlâ sınırlıdır. Bu nedenle hem mühendislik hem de havacılık eğitimi veren kurumların programlarını dönüştürmeleri gerekmektedir. Özellikle teknik üniversiteler tarafından çok disiplinli eğitim programları geliştirilerek hem

sivil hem askeri havacılık alanına yapay zekâ okuryazarı profesyoneller yetiştirilmesi önemlidir. Ayrıca bu merkezler, sektörel iş birlikleri ile hem eğitim hem de araştırma uygulamalarını harmanlayacak yapılar kurmalıdır.

Havayolu işletmelerinin kendi iç eğitim programlarını genişletmeleri de önemli bir stratejidir. Bu işletmeler bakım, emniyet ve operasyon yönetimi ekiplerine yönelik sürekli eğitimler düzenleyerek çalışanlarının yapay zekâ sistemlerini anlama, yorumlama ve kullanma becerilerini artırabilir. Bu sayede sistemlerin verimliliği ve güvenilirliği artabilecektir.

Uluslararası havacılık eğitim kurumları ile yapılacak ortak çalışmalar, Türkiye'deki eğitim altyapısının uluslararası geçerliliğini de artıracaktır. Özellikle EASA onaylı programlara entegre edilecek YZ modülleri, sertifikasyon süreçlerini destekler nitelikte olacaktır (European Commission, 2021). Böylece Türkiye, sadece kullanıcı değil aynı zamanda ihraç edilebilir insan kaynağı üretiminde de avantajlı konuma gelebilecektir.

Uzun vadede Türkiye'nin havacılık sektöründe dijital dönüşümünü sürdürülebilir kılabilecek temel unsur, eğitim sisteminin bu dönüşümü destekleyecek şekilde yeniden yapılandırılmasıdır. Yapay zekâ ve havacılık ekseninde oluşturulacak akademik-sanayi-kamu iş birlikleri, yeni nesil uzmanlar yetiştirilmesini mümkün hale getirebilecektir.

6.5 Ekonomik Etki ve Yatırım Alanları

Yapay zekâ teknolojilerinin havacılıkta kullanımı yalnızca operasyonel verimliliği artırmakla kalmaz, aynı zamanda sektöre yeni yatırım alanları kazandırır. Türkiye'de iç hat ve dış hat yoğunluğu dikkate alındığında, otomatik raporlama sistemlerinin uygulanması hem doğrudan hem de dolaylı ekonomik fayda yaratacaktır (KPMG, 2021). Raporlama süresinin kısalması, karar alma hızını artırarak şirketlerin maliyetlerini azaltıcı özelliğe sahiptir.

Yerli yazılım ve yapay zekâ girişimlerinin bu alana yönlendirilmesi katma değerli ürünlerin artmasına aracılık etmektedir. TÜBİTAK ve KOSGEB destekli girişim programları ile yapay zekâ tabanlı sistemlerin yerli firmalar tarafından geliştirilmesi, dışa bağımlılığı azaltırken teknoloji ihracatını da destekleyecektir (TÜBİTAK, 2021). Bu tür yatırımlar, Türkiye'nin dijital ekonomiye geçişini hızlandıracaktır.

Ekonomik olarak en büyük kazanım, insan kaynağı tasarrufu ve zaman maliyetinin düşmesidir. Günümüzde manuel raporlama ve veri işleme süreçleri ciddi zaman ve kaynak gerektirmektedir. Yapay zekâ sistemleri sayesinde bu işlemler saniyeler içinde gerçekleştirilebilir ve bu durum, işgücü

yeniden dağılımını tetikleyerek yüksek katma değerli alanlara yönelmeyi mümkün kılar.

Uçuş operasyonlarındaki aksaklıkların azaltılmasıyla birlikte, müşteri memnuniyeti artacak ve dolaylı gelirler de yükselecektir. Yolcu güvenliği, uçuş sürekliliği ve zamanında kalkış oranları gibi göstergeler üzerinde olumlu etkiler yaratacak yapay zekâ uygulamaları, şirketlerin marka değerini ve rekabetçiliğini artıracaktır. Türkiye'nin bölgesel havacılık merkezine dönüşüm hedefi açısından bu tür yatırımlar stratejik önem addetmektedir.

Uzun vadede yapay zekâ sistemlerinin havacılık dışında da etkileri olacaktır. Örneğin sigorta sektöründe risk analizleri, enerji yönetiminde tahminlemeler veya gümrüklerde denetim sistemleri gibi uygulama alanları doğacaktır. Türkiye'nin bu teknolojiyi öncelikli sektörlerde uygulaması, diğer alanlara da ölçeklenebilir faydalar sağlayacaktır.

6.6 Veri Güvenliği ve Altyapı Uyumu

Yapay zekâ sistemlerinin başarısı, büyük hacimli ve kaliteli verilere dayanır. Türkiye'de SHGM ve havayolu firmaları tarafından toplanan operasyonel verilerin bütünlüğü, gizliliği ve güvenliği, bu sistemlerin güvenilirliği açısından kritik önemdedir. Ancak verilerin çoğu hâlâ manuel olarak saklanmakta ve işlenmektedir.

Veri standardizasyonu eksikliği, yapay zekâ sistemlerinin doğruluğunu ve güvenliğini olumsuz etkileyebilir. Uçuş operasyon raporlarının dijitalleştirilmesi ve tek formatta işlenebilir hale getirilmesi, sistem performansını doğrudan artıracaktır (ThinkTech, 2020). Bu nedenle havayolu firmalarının ve kamu otoritelerinin ortak veri altyapıları kurmaları gereklidir.

Ayrıca, KVKK ve GDPR gibi veri koruma düzenlemeleri kapsamında, kişisel ve kurumsal bilgilerin işlenmesinde etik ilkeler gözetilmelidir. Yapay zekâ sistemlerinin öğrenme süreçlerinde anonimleştirme ve şifreleme tekniklerinin kullanılması, veri güvenliğini güçlendirir (EDPB, 2022). Bu bağlamda yerli sistemlerin bu standartlarla uyumlu biçimde geliştirilmesi kritik öneme sahiptir.

Siber güvenlik tehditleri de veri altyapısını doğrudan etkileyen bir faktördür. Türkiye'nin ulusal siber güvenlik stratejileri kapsamında havacılık altyapılarını kapsayan özel koruma planları geliştirmesi gereklidir. Özellikle uçuş verileri ve uçuş sonrası raporların bütünlüğü, saldırılara karşı güvence altına alınmalıdır (UAB, 2023).

Veri yönetimi ve güvenliği, sadece teknik değil aynı zamanda stratejik bir konudur. Türkiye, veri egemenliğini koruyarak bu verileri yerli sistemlerle işleyecek bir altyapı kurduğunda, dışa bağımlılığı azaltırken stratejik özerkliğini de pekiştirmiş olacaktır.

6.7 Uluslararası İş Birlikleri ve Stratejik Konum

Türkiye'nin havacılıkta yapay zekâ entegrasyonu sürecinde, uluslararası iş birlikleri stratejik öneme sahiptir. Avrupa Birliği, ICAO ve IATA gibi kuruluşlarla teknik ve politik iş birliklerinin geliştirilmesi, sistemlerin küresel normlara uygun biçimde tasarlanmasına destek olacaktır. Türkiye'nin bu kuruluşlarla uyumlu projeler üretmesi, küresel havacılık sistemine entegrasyonunu güçlendirecektir.

Orta Doğu, Balkanlar ve Orta Asya pazarlarına komşu olan Türkiye, bölgesel teknoloji merkezi olma potansiyeline sahiptir. Bu kapsamda, İstanbul Havalimanı gibi altyapı projeleri üzerinden YZ destekli operasyon sistemleri pilot uygulama alanları olarak kullanılabilir. Böylece, Türkiye sadece kullanıcı değil aynı zamanda bölgesel tedarikçi rolüne de geçebilir.

Teknolojik iş birlikleri çerçevesinde, Avrupa'daki üniversitelerle ortak araştırma projeleri geliştirilmesi, bilgi paylaşımı ve teknoloji transferi süreçlerini hızlandıracaktır. Horizon Europe gibi programlara katılım hem finansman hem de Ar-Ge kapasitesinin artırılması açısından önemlidir (European Commission, 2021).

Ayrıca Star Alliance üyeleri arasında yapılacak teknoloji paylaşımı anlaşmaları, YZ sistemlerinin uluslararası test sahalarında uygulanmasına olanak tanır. Bu sayede Türkiye, sistem güvenilirliği ve standardizasyonu konusunda liderlik rolü üstlenebilir.

Sonuç olarak, Türkiye'nin stratejik coğrafi konumu, gelişmiş havalimanı altyapısı ve insan kaynağı potansiyeli, yapay zekâ temelli havacılık sistemlerinin uluslararası düzeyde yaygınlaştırılması için güçlü bir temel oluşturmaktadır. Bu potansiyelin değerlendirilmesi için çok yönlü uluslararası iş birliklerinin tesis edilmesi gereklidir.

7. Geleceğe Yönelik Öngörüler

Yapay zekâ çözümlerinin uçuş operasyonlarında yalnızca rapor sınıflandırma ile sınırlı kalmayacağı; bakım, yakıt yönetimi, kriz müdahale sistemleri ve operasyon planlaması gibi alanlara yayılacağı öngörülmektedir. AI Co-Validator benzeri projeler bu dönüşümün öncü örnekleri olarak kalıcı bir etki oluşturabilir. Ancak bu başarı yalnızca teknik yeterlilikle değil,

aynı zamanda organizasyonel dönüşüm ile yasal ve etik uyum süreçlerinin bütünselliğiyle sağlanabilecektir.

Sonuç

Yapay zekânın (YZ) havacılık sektörüne entegrasyonu, yalnızca teknolojik bir yenilik değil aynı zamanda organizasyonel değişimin bir tetikleyicisidir. Uçuş operasyonları gibi yüksek riskli ve veri yoğun ortamlarda YZ sistemleri, karar destekten süreç otomasyonuna kadar çok katmanlı roller üstlenebilir hale gelmiştir. AI Co-Validator projesi, bu kapsamda geliştirilen ve uygulamaya geçirilen somut örneklerden biri olarak dikkat çekmektedir.

Günümüz havacılık ekosistemi giderek daha fazla veri üretmekte ve bu verinin gerçek zamanlı analizini talep etmektedir. Uçuş raporlarının anlık olarak analiz edilmesi, sadece bireysel olayların değil sistemik problemlerinin de tespit edilmesini mümkün kılmaktadır. Bu bağlamda YZ tabanlı sınıflandırma ve analiz sistemleri, veri zenginliğini bilgiye, bilgiyi ise öngörüye dönüştüren stratejik araçlar olarak değerlendirilmektedir (Nanyonga vd.; 2025).

YZ sistemlerinin uçuş güvenliğine katkısı, reaktif süreçlerden proaktif süreçlere geçişin hızlanmasında da kendisini göstermektedir. Geleneksel olarak kazalar ya da olaylar yaşandıktan sonra müdahale edilen bir alanda, YZ'nin sunduğu erken uyarı mekanizmaları sayesinde olaylar henüz oluşmadan önce tahmin edilebilir hâle gelmektedir. Bu durum hem maliyetlerin azaltılması hem de insan hayatının korunması açısından hayati bir kazanımdır (Demir vd., 2024).

Ancak teknolojinin başarısı, sadece sistemin doğruluk oranlarıyla değil aynı zamanda sistemin sektörel kabulü ve yasal uyumluluğu ile de doğrudan ilişkilidir. AI Co-Validator gibi sistemler yüksek doğrulukta çalışsalar dahi, havayolu şirketlerinin güvenini kazanamadıkları sürece operasyonel fayda üretemezler. Bu nedenle YZ çözümlerinin şeffaflık, denetlenebilirlik ve etik ilkeler doğrultusunda tasarlanması zorunluluktur (Binns, 2018; European Commission, 2021).

Türkiye açısından değerlendirildiğinde, yüksek yolcu hacmine sahip hava yolları ve modern havalimanı altyapısı, YZ sistemlerinin entegrasyonu için uygun bir zemin sunmaktadır. Ancak bu entegrasyonun sürdürülebilir olması, yalnızca teknolojik değil aynı zamanda kurumsal dönüşümün sağlanmasıyla mümkündür. Özellikle yerli algoritmaların geliştirilmesi ve veri mahremiyetine ilişkin ulusal düzenlemelerin yapılması bu dönüşümün önünü açacaktır (TÜBİTAK, 2021).

YZ'nin sunduğu fırsatların yanı sıra siber güvenlik ve algoritmik tarafılık gibi riskler de göz ardı edilmemelidir. Uçuş güvenliği ile ilgili kararların YZ sistemleri tarafından alınması, hatalı sınıflandırmaların ciddi sonuçlara yol açabileceği bir ortam yaratır. Bu nedenle insan denetimi ve yapay zekâ iş birliğinin dengeli bir şekilde kurgulanması elzemdir. Tam otomasyon yerine, denetimli otomasyon modelleri daha uygulanabilir ve güvenilir bir yol olarak öne çıkmaktadır (McKinsey, 2020).

Geleceğe dönük olarak, YZ sistemlerinin havacılık operasyonlarında sadece raporlama değil; uçuş planlama, rotalama, bakım öngörülleri ve kriz yönetimi gibi alanlara da entegre edileceği öngörülmektedir. Bu çok yönlü kullanım, havacılık sektörünün daha esnek, dayanıklı ve akıllı bir yapıya evrilmesini sağlayacaktır.

Sonuç olarak, yapay zekânın uçuş operasyonlarında kullanımı, sektördeki güvenlik ve verimlilik dengesini yeniden tanımlamakta, geleneksel süreçleri yeniden yapılandırmaktadır. Türkiye gibi gelişmekte olan pazarlar için bu tür sistemlerin erken benimsenmesi, yalnızca rekabet avantajı değil, aynı zamanda global havacılık normlarına daha hızlı entegrasyon anlamına gelmektedir. Bu bağlamda YZ destekli güvenlik sistemleri sadece teknik bir yatırım değil, aynı zamanda stratejik bir vizyonun ifadesidir.

References

- AircraftIT (2024). ASQS and Lufthansa Industry Solutions unveil revolutionary AI Co-Validator- a game changer for aviation report processing. ASQS and Lufthansa Industry Solutions Unveil Revolutionary Ai Co-Validator:A Game-Changer for Aviation Report Processing, 06.08.2025.
- Aksoy, Cenk & Dursun, Ömer. (2018). A General Overview of the Development of the Civil Aviation Sector in Turkey. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*. 17. 1060-1076.
- Anumula, Sumanth. (2025). Aviation Equity through Digital Scheduling Transparency: Transforming Pilot Experience through Explainable AI. *International Journal of Computing and Engineering*. 7. 53-64.
- Arrieta, Alejandro Barredo, Natalia Díaz-Rodríguez, Javier Del Ser, Adrien Bénézet, Siham Tabik, Alberto Barbado, Salvador García, Sergio Gil-López, Daniel Molina, Richard Benjamins, Raja Chatila, Francisco Herrera (2019). Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, Taxonomies, Opportunities and Challenges toward Responsible AI. *arXiv*. [1910.10045v2] Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, Taxonomies, Opportunities and Challenges toward Responsible AI, 06.08.2025
- Aviation Turkey (2025). *AI in the Sky Conference*, Türkiye. Aviation Turkey, 06.08.2025
- Binns, R. (2018). Algorithmic accountability and and public reason. *Philosophy & technology*, 31(4), 543-556.
- CBDDO (2021). *Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi 2021–2025*. Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi - Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi 2021-2025, 09.09.2025
- Demir, G., Moslem, S., & Duleba, S. (2024). Artificial intelligence in aviation safety: Systematic review and biometric analysis. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 17, 279.
- digwatch (2021). *Turkey National Artificial Intelligence Strategy 2021–2025*. The Turkey National Artificial Intelligence Strategy (2021-2025) | Digital Watch Observatory, 01.08.2025
- EASA (2022). *European Aviation Safety Plan 2023–2025*. European Union Aviation Safety Agency. European Plan for Aviation Safety (EPAS) 2023-2025 | EASA, 30.07.2025
- ECAT (2025). *European Centre for Algorithmic Transparency*. European Commission. European Centre for Algorithmic Transparency - European Commission, 28.07.2025
- EDPB (2022). European Data Protection Board. *Guidelines 05/2022 on the use of facial recognition technology in the area of law enforcement*. Guidelines

- 05/2022 on the use of facial recognition technology in the area of law enforcement | European Data Protection Board, 18.07.2025
- European Commission (2019). High-Level Expert Group on AI. *Ethics Guidelines for Trustworthy AI*. ai-ethics-guidelines.pdf, 24.07.2025
- European Commission. (2021). *Proposal for a Regulation laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act)*. Proposal for a Regulation laying down harmonised rules on artificial intelligence | Shaping Europe's digital future, 25.07.2025
- FAA (2023). *Roadmap for Artificial Intelligence Safety Assurance, Version I*. Federal Aviation Administration. [Add the document's title here] , 25.07.2025
- FATE (2025). ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency. Association for Computing Machinery, Athens, Greece, June 23-26, 2025
- Hobbs, K. L., & Li, B. (2023). Safety, Trust, and Ethics Considerations for Human-AI Teaming in Aerospace Control. *arXiv*. [2311.08943] Safety, Trust, and Ethics Considerations for Human-AI Teaming in Aerospace Control, 26.08.2025
- KPMG (2021). *Dijitalleşme Yolunda Türkiye 2021*. dijitalleşme-yolunda-turkiye-raporu-v9.pdf, 23.07.2025
- Lanzi, P., Spiller, E., Jameel, M., Christoffels, L., Gigante, G., Esposito, R., Contissa, G., Sanchi, M., Galli, F., Everdij, M. H. C., & Stroeve, S. H. (2024). *Challenges and new directions for the certification of AI and advanced automation in civil aviation*. Paper presented at SESAR Innovation Days 2024, Rome, Italy.
- LIH (2024). Lufthansa Group Innovation Runway The Top 50 Projects at a Glance, Home - Lufthansa Group Innovation Runway, 25.05.2028
- McAfee, A. & Brynjolfsson, E. (2017). *Machine, Platform, Crowd: Harnessing Our Digital Future*. Deutsch. ISBN: 978-0-393-35606-9.
- McKinsey (2020). *The State of AI in 2020*. McKinsey Global Institute, Global survey: The state of AI in 2020 | McKinsey, 30.07.2025
- McKinsey (2024). *The generative AI opportunity in airline maintenance*. Aircraft maintenance companies and gen AI | McKinsey, 26.07.2025
- Nanyonga, A., Wasswa, H., Wild, G. (2025). Aviation safety enhancement via NLP & Deep Learning: Classifying flight phases in ATSB safety reports. *arXiv*. [2501.07923] Aviation Safety Enhancement via NLP & Deep Learning: Classifying Flight Phases in ATSB Safety Reports, 05.08.2025
- Nanyonga, A., Wasswa, H., Turhan, U., Molloy, O. & Wild, G. (2025a). Sequential classification of aviation safety occurrences with natural language processing. *arXiv*, [2501.06490] Sequential Classification of Aviation Safety Occurrences with Natural Language Processing, 06.08.2025

- Nanyonga, A., & Wild, G. (2025). Utilizing AI for aviation post-accident analysis classification. arXiv. [2506.00169] Utilizing AI for Aviation Post-Accident Analysis Classification, 29.07.2025
- New, M. D., & Wallace, R. J. (2025). Classifying aviation safety reports: Using supervised NLP in an applied context. *Safety*, 11(1), 7.
- Ouyang, A. & Jameel A. L. (2024). *Stratospheric safety standards: How aviation could steer regulation of AI in health*. MIT News. Stratospheric safety standards: How aviation could steer regulation of AI in health | MIT News | Massachusetts Institute of Technology, 24.07.2025
- Park, K. & Yoon, H. Y. (2025). AI algorithm transparency, pipelines for trust not prisms. *Humanities & Social Sciences Communications*. *Humanit Soc Sci Commun* 12, 1160.
- Polaris Aero (2025). Polaris Aero adds AI to Vocus safety platform. AINonline. Polaris Aero Adds AI to Vocus To Enhance Safety Reports and Reduce Effort | Aviation International News, 04.08.2025
- Red Hat (2025). *Turkish Airlines Pioneers AI-led Innovation for Aviation with Red Hat OpenShift AI*. Turkish Airlines Pioneers AI-led Innovation for Aviation with Red Hat OpenShift AI, 05.08.2025
- Tech Policy (2025). *AI Accountability Starts with Government Transparency*. AI Accountability Starts with Government Transparency | TechPolicy.Press, 03.08.2025.
- The Guardian (2024). UK needs system for recording AI misuse and malfunctions, , thinktank says. UK needs system for recording AI misuse and malfunctions, thinktank says | Artificial intelligence (AI) | The Guardian, 06.08.2025
- ThinkTech (2020). *Sivil Havacılıkta Büyük Veri Teknolojisi ve Uygulamaları*. STM Teknolojik Düşünce Merkezi, Research Report January 2020, 1608904343_stm-sivil-havacilikta-buyuk-veri.pdf, 23.09.2025
- TÜBİTAK (2021). *Yapay Zekâ Enstitüsü: Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi 2021-2025*. Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi (UYZS) 2021-2025, 23.09.2025
- TÜBİTAK (2025). *Artificial Intelligence Ecosystem Call*. 1711 - Artificial Intelligence Ecosystem Call | TÜBİTAK | Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, 23.09.2025
- UAB (2023). *Siber Güvenlik Strateji Belgesi*. T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, ulusal-siber-guvenlik-stratejisi-ep-2020-2023.pdf, 23.09.2025
- Yesilbaş, E., & Oktay, T. (2024). *Management of aviation safety at the state level: Current status of Turkish civil aviation*. 11th International Conference on Applied Sciences, Rize, Turkey, December 2024, (PDF) MANAGEMENT OF AVIATION SAFETY AT THE STATE LEVEL: CURRENT STATUS OF TURKISH CIVIL AVIATION, 23.09.2025

