

SİVİL HAVACILIKTA BÜYÜK VERİ TEKNOLOJİSİ VE UYGULAMALARI

ARAŞTIRMA RAPORU OCAK 2020



İşbu eserde yer alan veriler/bilgiler, yalnızca bilgi amaçlı olup, bu eserde bulunan veriler/bilgiler tavsiye, reklam ya da iş geliştirme amacına yönelik değildir. STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş. işbu eserde sunulan verilerin/ bilgilerin içeriği, güncelliği ya da doğruluğu konusunda herhangi bir taahhüde girmemekte, kullanıcı veya üçüncü kişilerin bu eserde yer alan verilere/bilgilere dayanarak gerçekleştirecekleri eylemlerden ötürü sorumluluk kabul etmemektedir. Bu eserde yer alan bilgilerin her türlü hakkı STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş.'ye aittir. Yazılı izin olmaksızın işbu eserde yer alan bilgi, yazı, ifadenin bir kısmı veya tamamı, herhangi bir ortamda hiçbir şekilde yayımlanamaz, çoğaltılamaz, işlenemez.

 F. Tamer ÇUKUR

1. GİRİŞ

Son on yıllarda tüm modern toplumlarda dijital teknolojilerin gelişmesiyle dijital ekonomi de yayılmaktadır. Dünyada kişi başına veri depolama kapasitesi, 1980'lerden bu yana her 40 ayda bir kabaca iki katına çıkmış, 2012 yılından itibaren her gün 2,5 exabayt^[1] veri üretilmiştir. Bilgi teknolojileri pazar istihbaratı sunan Amerikan International Data Corporation (IDC) firması, 2025 yılında küresel ölçekte 163 zetabaytlık veri üretileceğini ve kullanılacağını öngörüyor^[1].

Bütün bunlar dikkate alındığında Büyük Veri (Big Data) Çağında bulunduğumuz söylenebilir. Veriden daha önemlisi, bu verinin analizinden değer yaratma yeteneğidir. Bu nedenle Avrupa Komisyonu 2013'te değer zincirini gelecekteki bilgi ekonomisinin kilit noktası olarak belirlemiştir^[2].

Büyük veri terimi, 20'nci yüzyılın sonlarında kullanılmaya başlanmış ve kısa sürede popüler olmuştur. Büyük veri günümüzde iş fırsatlarını iyileştirmek ve yeni iş fırsatları yaratmak için büyük bir potansiyeli ve geniş kapsamlı uygulamaları temsil etmektedir^[3]. Büyük veri, birçok sektörde işletmelerin karar alma şeklini değiştirmeyi vadetmektedir, böylelikle daha yüksek operasyonel verimlilik ve daha düşük maliyet elde edilebilecek, ayrıca riskler azaltılabilecektir^[4].

Büyük verinin kullanım alanlarının artması yenilikçiliği artırmakta, toplum sağlığının iyileştirilmesinden ulusal güvenliğe, kamu düzeninin korunmasından ekonomik

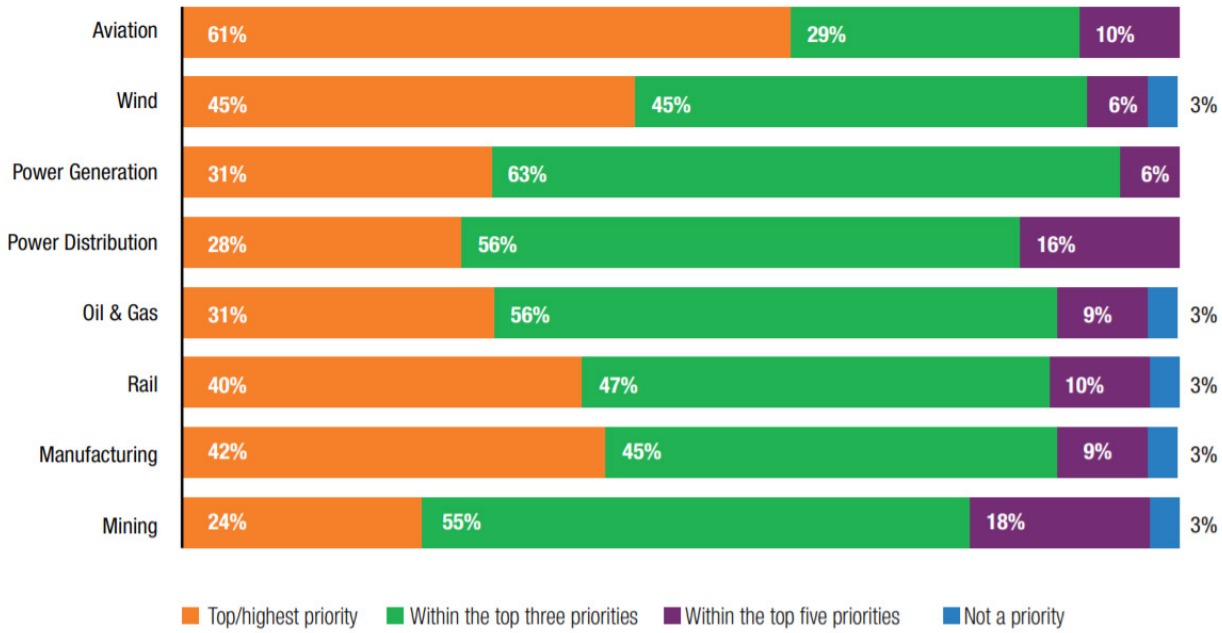
verimliliğin artırılmasına kadar birçok toplumsal fayda açığa çıkarmaktadır. Kalkınmaya katkı sağlamak amacıyla büyük veriden fayda yaratacak yenilikçi çalışmalardan öne çıkanlar, stratejiler ve yetkinliklerin geliştirilmesini destekleyen Avrupa İçin Büyük Veri Platformu girişimi ve Birleşmiş Milletler Genel Sekreterliğince gelişmekte olan ülkelerdeki ekonomik krizlerle başa çıkmaya yönelik politikaların belirlenmesi amacıyla başlatılan "Küresel Nabız" girişimidir^[5].

Büyük veri ve ilgili analitiklerin kullanımından faydalanmak isteyen sektörlerden biri de ülkelerin endüstriyel gelişiminde stratejik bir role sahip olan havacılık endüstrisidir^[4].

En hızlı büyüyen küresel endüstrilerden biri olan havacılık endüstrisinde verimlilik çok önemlidir^[6]. Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojileri arasında yer alan büyük veri analitiği havacılık sektöründe değer kayması yaratma potansiyeline sahiptir. Böylelikle sektörü sadece daha verimli değil daha emniyetli hale getirmek için de yeni mekanizmalar üretilabilecektir^[7].

Büyük veri analitiğinin ticari havacılık sektöründe önemli uygulamaları; akıllı bakım, risk yönetimi, hava trafik optimizasyonu, müşteri memnuniyeti, maliyet azaltma, gelir yönetimi, performans ölçümleri, maliyetlerin kontrolü ve doğrulaması, filo kapasitesinin artırılması ve bilet ücreti ayarlaması amaçlı yük kontrolü, yolculara bağlı seyahat (connected travel) deneyimi sağlama ve havalimanı performans yönetimidir.

* 1 Zetabayt (ZB) = 10³ Exabayt (EB) = 10⁶ Petabayt (PB) = 10⁹ Terabayt (TB) = 10¹² Gigabayt (GB)



Şekil 1: Endüstri Bazında Büyük Veri Analitiği Öncelikleri^[9]

Yönetim danışmanlığı ve teknoloji servisi sağlayan dünyanın en büyük danışmanlık şirketlerinden Accenture'ın 2015 yılı "Industrial Internet Insights" raporuna^[9] göre, havacılık endüstrisinde CEO'ların yüzde 61'i büyük veri uygulamalarını birinci öncelik olarak görmektedir. Bu oran, raporda ele alınan sekiz endüstri içinde en büyük olanıdır (Şekil 1). Sözkonusu endüstrilerin CEO'ları arasında büyük veri analitiğini ilk üç teknoloji önceliği arasında görenlerin oranı ise yüzde 90'dır^[9].

Accenture tarafından 2016 yılında yapılan bir başka anket çalışmasından çıkan sonuç ise havacılık şirketlerinin (orijinal donanım imalatçıları ve havayolu şirketlerinin) **veri analitiğini** bir öncelik haline getirmiş olmasıdır. Bunun nedeni, "büyük veriden elde edilecek bilgilerin rekabet avantajını artıracak yararlı stratejilere dönüşebileceğinin anlaşılmasıdır"^[2].

Bu araştırma raporumuzda, sivil havacılık sektöründe dijitalleşme ve büyük verinin gelişimi, veri kümeleri, kullanım durumları, şirket bazında uygulama örnekleri, sınırlamalar, kritik başarı faktörleri ele alınmakta ve sektörde gizlilik ve etik açıdan değerlendirmesi sunulmaktadır.

2. YAPAY ZEKÂ VE BÜYÜK VERİ

Teknoloji haberleri takip edildiğinde, "yapay zekâ" ve "büyük veri" konularının popüler iki eğilim olduğu görülmektedir. Her iki teknoloji de günümüzde çeşitli teknolojik yeniliklerin arkasındaki itici güçtür.

İlerleyen kısımlarda, yapay zekâ ve büyük verinin ne olduğunu, birlikte nasıl çalıştıklarını ve her ikisinin de sivil havacılık sektöründe dijital geleceği nasıl değiştirdiğini keşfedeceğiz^[10].

Yapay zekâyı benzersiz kılan, farklı yenilikçi teknoloji ve çözümlerin bir sağlayıcısı olan genel bir şemsiye

teknolojisi olmasıdır. Havacılığa büyük değer katacak bir güce sahiptir^[11].

Yapay zekâ yeni değildir, onlarca yıldır hem kavram olarak mevcuttur hem de uygulamadadır. Daha önce yalnızca insanın alanında olan şeyleri bilgisayarların yapmasına izin veren teknolojidir. Bilgisayarlar her zaman hesaplama kabiliyetine sahipti, ama yapay zekânın gelişimiyle öğrenme, mantıksal akıl yürütme, problem çözme ve sonuç çıkarma kabiliyetleri de edindiler^{[10],[11]}.

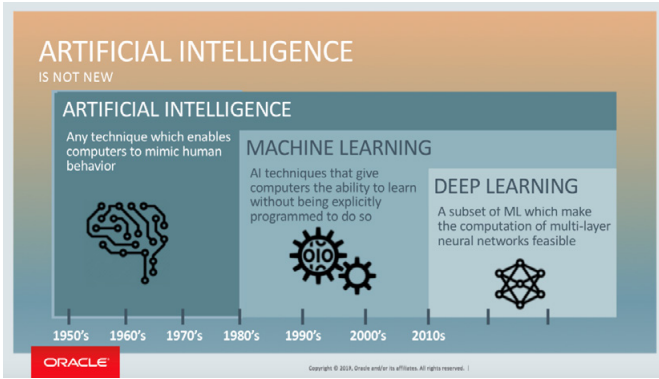
ABD'nin "Defense Advanced Research Projects Agency" (DARPA) kuruluşunun bakış açısına göre, yapay zekânın dört boyutu vardır: Analiz ve Sonuç, Dış Dünyanın Algılanması, Bilginin Soyutlanması ve Deneyimlerden Öğrenme^[11].

Yapay zekânın gelişiminde dört nesil ayırt edilebilir^[11]:

- **Birinci Nesil (Kural Tabanlı Akıl Yürütme)**
Bilgi edinme ve soyutlama yeteneği olmadan, statik kuralların tanımlanması yoluyla bilgisayar programlarına veri dahil edilir.
- **İkinci Nesil (Büyük Veri ile Öğrenme)**
Veri analizi aracılığıyla öğrenme başlar. Ancak mantıksal akıl yürütme, bağlamlı anlama ve bilgiyi farklı alanlara soyutlama kabiliyeti sözkonusu değildir. İlgili duyulan alanı simüle eden iyi tanımlanmış istatistiksel modeller aracılığıyla öğrenmek ve modeli sürekli eğiterek geliştirmek için veri kullanılır.



Şekil 2: Yapay Zekânın Dört Boyutu^[11]



Şekil 3: Yapay Zekâ, Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenmenin Zaman Çizelgesi^[12]

● Üçüncü Nesil (Analitik Bilinç)

Bu nesilde yapay zekâ analitik yolun ve çok sınırlı bir dereceye kadar analiz içeriğinin farkındadır. Uçakta bir arıza tespit edebilmek için farklı uçak hasarlarına ait 1.000 tane örnek fotoğrafı görmesi gerekmemektedir.

● Dördüncü Nesil (Bağlamsal Farkındalık)

Bağlamı anlamak ve bir alandan diğerine geçebilmek, bilgi toplamak ve büyük miktarda eğitim verisine ihtiyaç duymadan öğrenmek dördüncü nesil yapay zekâyı önceki nesillerden ayıran tipik özelliklerdir.

Yapay zekâ disiplinlerinden makine öğrenmesi, verilerden öğrenebilen ve öğrendiklerini yeni veri kümelerine uygulayabilen bilgisayar ve yazılımların tasarımı ve geliştirilmesiyle ilgilenir^[10].

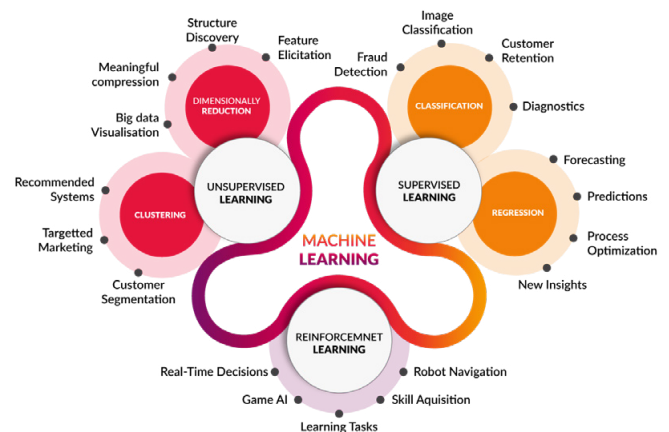
Makine öğrenmesi basit bir süreç değildir. Algoritmalar eğitim verilerini temel alarak en uygun ve doğru modelleri üretebilir. Makine öğrenmesi modeli, makine öğrenmesi algoritmanızı verilerle eğittiğinizde elde ettiğiniz üründür. Eğitim sürecinden sonra bir modele giriş yaptığınızda, size bir çıkış sağlanır. Örneğin, tahmine dayalı bir algoritma tahmine dayalı bir model oluşturur. Ardından, tahmine dayalı modele veriler sağladığınızda modeli eğiten verilere dayalı bir tahmin alırsınız.

Makine öğrenmesi, modellerin, devreye alınmadan önce veri kümeleri üzerinde eğitilmesini sağlar. Bazı makine öğrenmesi modelleri çevrimiçi ve sürekli. Çevrimiçi modellerin bu yinelenmeli süreci, veri öğeleri arasındaki ilişki türlerinde bir iyileştirmeye olanak sağlar. Karmaşıklığı ve boyutu nedeniyle, bu modeller ve ilişkiler insanların gözünden kolaylıkla kaçabilir. Bir model eğitildikten sonra, verilerden öğrenmek için gerçek zamanlı olarak kullanılabilir. Doğrulukta sağlanan iyileştirmeler, makine öğrenmesinin bir parçası olan eğitim sürecinin ve otomasyonun bir sonucudur.

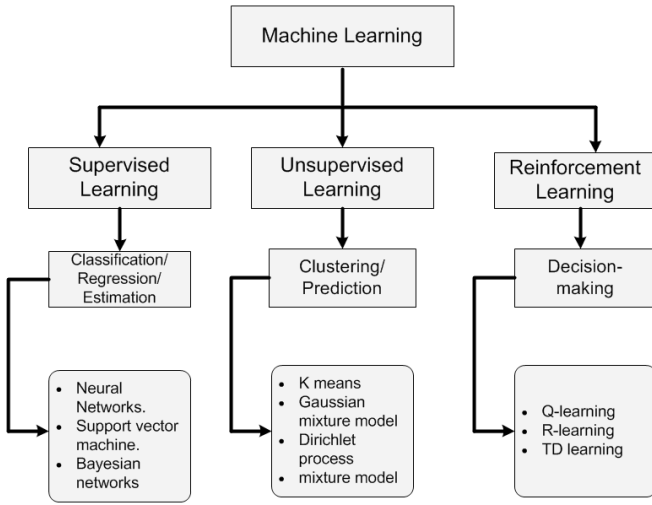
Tahmine dayalı modellerin doğruluğunu artırmak için makine öğrenmesi teknikleri gereklidir. Ele alınan iş sorununun türüne bağlı olarak, verilerin tipine ve hacmine göre farklı yaklaşımlar vardır. Bu yaklaşımlar gözetimli (supervised) öğrenme, gözetimsiz (unsupervised) öğrenme ve pekiştirmeli (reinforcement) öğrenme olarak kategorize edilir.

- **Gözetimli öğrenme**, genellikle belirli bir veri kümesi ve bu verilerin sınıflandırma yönteminin anlaşılmasıyla başlar. Gözetimli öğrenme, bir analitik sürecine uygulanabilen verilerdeki modelleri bulmayı amaçlar. Bu veriler, verilerin anlamını tanımlayan etiketli özelliklere sahiptir. Örneğin, resimler ve yazılı açıklamalara göre milyonlarca hayvanı birbirinden ayıran bir makine öğrenmesi uygulaması oluşturabilirsiniz.
- **Gözetimsiz öğrenme**, sorun sınıflandırılmamış büyük hacimde veri gerektirdiğinde kullanılır. Örneğin Twitter, Instagram ve Snapchat gibi sosyal medya uygulamalarının hepsinde büyük hacimlerde sınıflandırılmamış veriler bulunur. Bu verilerin ardındaki anlamın anlaşılması için, bulunan modelleri veya kümeleri temel alan verileri sınıflandıran algoritmalar gerekir. Gözetimsiz öğrenme, insan müdahalesi olmadan verileri analiz ederek yinelenmeli bir süreç uygular. İstenmeyen e-postaları saptama teknolojisiyle kullanılır. Bir analistin talep edilmemiş toplu e-postayı etiketleyebilmesi için meşru ve istenmeyen e-postalarda çok fazla değişken vardır. Bunun yerine istenmeyen e-postanın belirlenmesi için kümeleme ve ilişkilendirmeye dayalı makine öğrenmesi sınıflandırıcıları uygulanır.
- **Pekiştirmeli öğrenme**, davranışsal bir öğrenme modelidir. Algoritma, veri analizinden geribildirimleri alarak kullanıcıyı en iyi sonuca yönlendirir. Sistem örnek veri kümesiyle eğitilmediğinden pekiştirmeli öğrenme, diğer gözetimli öğrenme türlerinden farklıdır. Burada sistem, deneme ve yanılma yöntemiyle öğrenir. Böylece başarılı kararlar sonunda süreç sağlanmaktadır.

Makine öğrenmesinin avantajı, sonuçları tahmin etmek için algoritmalar ve modellerden yararlanmanın mümkün olmasıdır. İşin sırrı, işi yapan veri bilimcilerinin doğru algoritmaları kullanmasını, en uygun verileri almasını (doğru ve temiz olan) ve en iyi performansa sahip modelleri kullanmasını sağlamaktır. Tüm bu koşullar bir araya gelirse, modelin sürekli olarak eğitilmesi ve verilerden öğrenerek sonuçlardan ders çıkarması mümkündür. Bu modelleme, model eğitimi ve test sürecinin otomasyonu, iş dönüşümünün desteklenmesi için doğru tahminler oluşturur^[14].



Şekil 4: Makine Öğrenmesi Kategorileri İçin Bazı Uygulamalar^[13]



Şekil 5: Farklı Makine Öğrenmesi Türlerinin Karşılaştırılması^[15]

Yoğun çalışılan bir konu olduğu için önerilmiş birçok yaklaşım ve algoritma mevcuttur. Makine öğrenmesi kategorileri ve ilgili algoritmalar Şekil 5'te gösterilmektedir.

Diğer bir disiplin olan derin öğrenme ise insan beynine benzer şekilde tasarlanmış sinir ağlarına dayanır^[10]. Derin öğrenme, verilerden sürekli olarak öğrenmek için birbirini izleyen katmanlarda sinir ağlarını bir araya getiren bir yöntemdir. Özellikle yapısal olmayan verilerden modelleri öğrenmeye çalışırken kullanılır. Derin öğrenmenin karmaşık sinir ağları, insan beyninin işleyişini taklit edecek şekilde tasarlandığından bilgisayarlar, tanımlı kötü yapılmış soyutlamaları ve sorunları çözecek şekilde eğitilebilir. Ortalama beş yaşındaki bir çocuk, öğretmenin yüzüyle güvenlik görevlisinin yüzünü kolaylıkla birbirinden ayırabilir. Buna karşılık bilgisayar, kimin kim olduğunu çözmek için çok çalışmalıdır. Sinir ağları ve derin öğrenme genellikle resim tanıma, konuşma ve bilgisayar görüntüsü uygulamalarında kullanılır^[14].

Derin öğrenme ile son zamanlarda birçok alanda iyi sonuçlar alınmaktadır. Yüz tanıma sistemleri, plaka tanıma sistemleri, parmak izi okuyucular, iris okuyucular, ses tanımlama sistemleri, sürücüsüz arabalar, spam (istenmeyen) e-posta tespiti bunlardan bazılarıdır.

Uçaklarda veri toplama için artan sensör kullanımı, büyük miktarda veriyi yorumlamak için karmaşık çözümlere ihtiyaç duyulmasına neden olduğundan derin öğrenmenin uçak gecikme tahmininden bakım onarımına kadar havacılık sektöründe kullanımına yönelik araştırma faaliyetleri de artmaktadır^[16]. Örneğin, büyük veri kullanımı, özellikle insansız platformlarda, kazaları önlemek için kritik hale geliyor. Bu amaçla, uçakla diğer kaynaklar arasındaki iletişimden kaynaklanan büyük veri akışı, örneğin, havada çarpışmayı önleme yörüngesini ayarlamak için gerçek zamanlı olarak analiz edilebilir^[17]. Daha büyük depolama kapasitesine sahip aviyonik sistemler mevcut ise, havada uçaklar arasında karmaşık bir çarpışma önleme politikası etkin bir şekilde sağlanabilecektir^[16].

Model tahmini için geçmiş 10 yıllık veriyi kullanarak havalimanı için meteorolojik görüş mesafesi tahmini diğer

bir çalışma konusudur^[18]. Uçak sağlığının takibi ve uçak bakım onarımında (MRO) derin öğrenme yaklaşımları ise sırasıyla [19] ve [20] numaralı referanslarda incelenmiştir.

Verinin incelenerek işe yarayan bilginin elde edilmesine de veri madenciliği (data mining) adı verilir^[19]. Veri madenciliği verilerdeki (geçmiş) bilinmeyen özelliklerin keşfedilmesine odaklanır.

Veri eksikliği, yakın zamana kadar yapay zekânın büyümesini engellemiştir. Bugün, her şey daha farklıdır. Her türden muazzam miktarda veri bulunmaktadır^[10]. Küresel boyutta bu verilerin yüzde 90'ı son birkaç yılda oluşmuştur^[20].

Veri sayesinde yapay zekâ kendini geliştiriyor ve daha sağlıklı kararlar alabiliyor. Tabii bu veriyi tutabilmek ve hızlı bir şekilde kullanabilmek için altyapılar, sistemler gerekiyor. Burada veri işleme donanımı teknolojileri ve bulut teknolojileri devreye giriyor. Yapay zekânın son yıllarda bu kadar hızlı ilerlemesinin bir nedeni de söz konusu teknolojilerde yaşanan gelişmeler ve bu teknolojilerin daha kolay ulaşılabilir hale gelmesidir^[21].

Yapay zekâ öğrenmek için veriye ihtiyaç duyduğundan, bu amaç için mevcut olan yüksek miktardaki veri kümeleri büyük veri ile ifade edilir^[10]. Bu veri kümeleri geleneksel veri yönetimi yaklaşımıyla yönetilemez^[22].

Veri kümeleri çeşitli kaynaklardan gelebilir. Bunlardan bazıları halka açık iken, diğerlerine erişim satın alınarak yapılabilir^[22]. Büyük veri kaynakları genel olarak üç gruba ayrılır^[23]:

● Bilgi akışı

Bu kategori Nesnelerin İnterneti (IoT) gibi bağlantılı cihazların ağından gelen verileri içerir. Bu veri size ulaştığında analiz edebilir, hangi verilerin tutulup tutulmayacağını ve hangilerinin daha derin analiz gerektirdiğine karar verebilirsiniz.

● Sosyal medya verileri

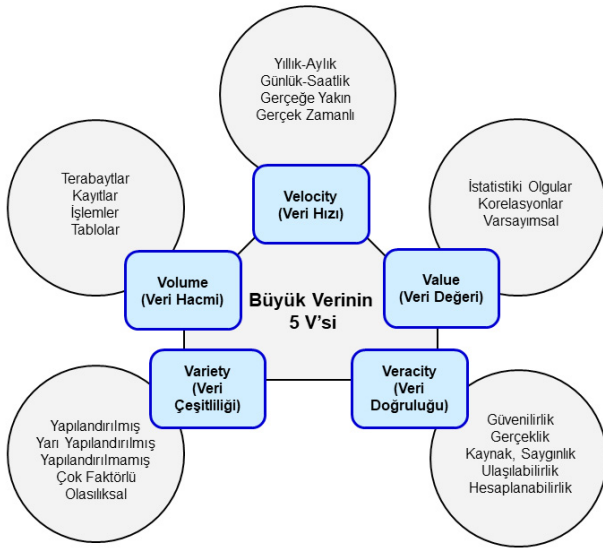
Sosyal medya verileri gittikçe daha cazip hale gelirken, özellikle piyasa, satış ve destek olmak üzere bir bilgi topluluğu oluşturmaktadır. Genellikle organize olmamış formdadır ve konu tüketim ve analiz olduğunda büyük bir zorluğa neden olabilmektedir.

● Kitlelerce ulaşılabilir kaynaklar

ABD hükümetinin "data.gov" sitesi, "CIA World Factbook" veya "European Union Open Data Portal" gibi açık veri kaynakları üzerinden büyük miktardaki bilgiye ulaşılabilir.

Aslında büyük veri ne kadar bilgi olduğundan ziyade, onunla ne yapılacağı üzerine yoğunlaşır. Bu açıdan büyük veri, gerçek zamanlı olarak veri işleme ve analiz yapılmasına izin veren, çok çeşitli büyük veri kümelerinden değer elde etmek için tasarlanan yeni nesil teknoloji ve mimarileri temsil eder^[23], [24].

Veri kümelerinin makineler tarafından analiz edilmesi, modelleri ve eğilimleri ortaya çıkarabilir ve gelecekle ilgili tahminler yapmayı kolaylaştırır. Başka bir deyişle, büyük veri analizi sonucunda, **daha iyi strateji geliştirme ve karar verme olanağı** sağlanmış olur^[23].



Şekil 6: Büyük Veri Karakteristikleri^[26]

Birçok iş sektöründeki kuruluş, karar vermede yardımcı olarak kullanmak üzere büyük veri altyapısı kurmakla ilgilenmektedir. Geleneksel veri yönetiminden farklı olarak, büyük veri sistemleri bağımsız bir işletim sisteminde ayrı uygulama yazılımı bileşenleri kullanır. Bu bileşenler verinin toplanmasını, saklanmasını, iyileştirilmesini, kullanımını, analitiğini, güncellenmesini ve sonraki seviyelere aktarımını sağlar^[22].

Büyük veri terimi ilk ortaya çıktığından itibaren değişik özellikleriyle ifade edilmiştir. 2000'li yıllarda büyük bir ivme kazanan büyük veriyi endüstri analisti Doug Laney 3V olarak tanımlamıştır. 3V, büyük verinin İngilizce kelimelerle "volume" (hacim), "velocity" (hız) ve "variety" (çeşitlilik) karakteristiklerini ifade etmektedir^[23]. Bu üç karakteristik büyük verileri tanımlamak için en önemli önkoşuldur ve büyük veri teknolojilerinin kullanılması gereken bir durumda üç ana özelliğin kombinasyonu zorunludur^[17].

Büyük veri, 5V olarak adlandırılan beş karakteristik ile de ifade edilebilmektedir: **Çok çeşitli (variety)** (yapılandırılmış, yarı yapılandırılmış ve yapılandırılmamış) ve büyük **hacimli (volume)** veriler, iş **değeri (value)** sağlamak amacıyla gerçek zamanlı olarak her yerden yüksek **hızda (velocity)** alınabilir ve toplanabilir (ama her yerden alınması nedeniyle doğrulukla ilgili endişeler de ortaya çıkarılabilir –**veri doğruluğu (veracity)**) (Şekil 6)^[25].

Veri kaynakları ve veri çeşitliliğindeki artışla birlikte bu karakteristiklerin sayısının 7V, 10V ve hatta 42V'ye kadar arttığı bilinmektedir. Örneğin, 10V büyük verinin 5V özelliklerine ilave olarak "variability" (değişkenlik), "validity" (geçerlilik), "vulnerability" (güvenlik açığı), "volatility" (oy-naklık) ve "visualization" (görselleştirme) karakteristiklerini ifade etmektedir^[27].

Son yıllarda, büyük miktarda veri üreten ve işleyen uygulamalardan gelen talebin artması nedeniyle büyük veri teknolojilerinin gelişim hızı artmaktadır. Bulut Bilişim ve Nesnelerin İnterneti, İş Zekâsını destekleyen

kurumsal çözümler geliştirmek için temel nedenlerdir ve bu da yeni fırsatlar ve yeni iş modelleri yaratır. Bir işletme; iç süreçleri hakkında veri toplayabilir, yeni bilgiler elde etmek, iş değeri yaratmak ve daha iyi kararlar almak için bu verileri işleyebilir. Bu, büyük verinin günümüzde herhangi bir işletme mimarisinde hayati bir bileşen olarak görülmesinin temel nedenidir^[28].

Büyük verilerin tamamı yeni veri değildir. Şirketler yapılandırılmamış formatta ya da tespit edilemedikleri için daha önce hiç kullanılmamış olan birçok dahili veri zenginliğine sahiptir.

Yapay zekânın ve gelişmiş analitiklerin rol oynadığı yerde en önemli ihtiyaç, sektörün günlük olarak karşılaştığı öngörülemeyen gelişmelerle başa çıkmaktır. Yüzlerce uçak, binlerce uçuş ve milyonlarca çalışan ve yolcuyla, sorunları çözmek amacıyla yeterince hızlı bir şekilde sıralama yapmak ve hatta potansiyel tehditleri önceliklendirmek için insanların üstesinden gelebileceğinden çok fazla veri ve değişken mevcuttur. Kasırgalar ve kar fırtınası gibi büyük olaylardan hava trafik kontrolü gecikmeleri, mekanik arızalar ve hatta gök gürültülü fırtınalar gibi küçük bozulmalara kadar birçok durumda bilgisayarlara ve analitiklere ihtiyaç vardır^[29].

3. SİVİL HAVACILIKTA DİJİTAL DÖNÜŞÜM

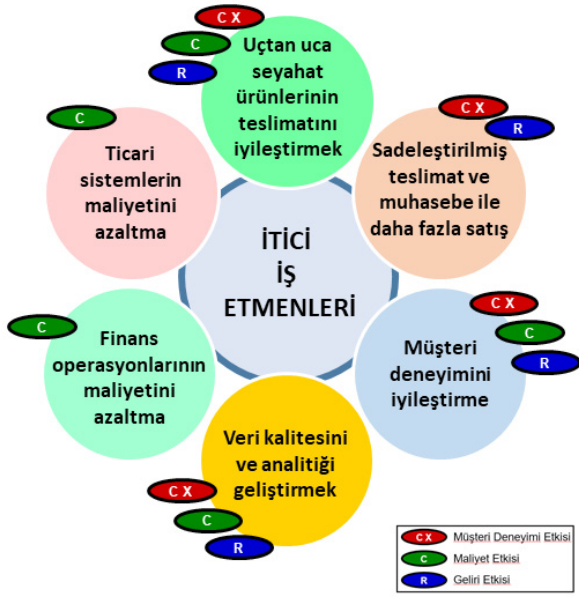
Dijital platformların yükselişi ekonominin bütün sektörlerini değiştirmekte; her geçen gün daha fazla endüstri, işlerini yönetmek, yeni ortaklar bulmak, kaliteyi yönetmek, pazarlama ve müşteri destek fonksiyonlarının performansını iyileştirmek için platformlarını adapte etmektedir^[2]. Dijital dönüşüm yaygın olarak işletme anlayışını, iş süreçlerini ve iş modellerini değiştiren yıkıcı bir güç olarak kabul edilmekte ve onlarca yıldır evrimleşmektedir^[30].

Dijital teknolojilerin değiştirdiği bir endüstri de hızla gelişen ve büyüyen havacılık endüstrisidir. İlk otomatik bagaj sıralama sistemleri 1990'larda ortaya çıkmıştır^[30]. 2000'li yılların başından bu yana, e-biletler kâğıt biletlerin yerini almış, binış kartı mobil ortama taşınmıştır. Gerçek zamanlı bagaj takibi uygulanmaya başlamıştır^[31].

Ticari havacılık sektöründeki yoğun rekabet sektör paydaşlarını marjları sınırlandırarak ve maliyet verimliliğini artırarak fiyat üzerinden yoğun bir şekilde rekabet edebilmek için yeni iş modelleri oluşturmaya yönlendirmiştir^[29].

Günümüzde bağlı yolcu (**connected traveller**), akıllı havalimanı, "self servis" havalimanı, terminal içi lokasyon bazlı hizmetler ve yönetim süreci görselleştirme gibi terimler yaygın olarak kullanımdadır. Ancak dijital dönüşüm dendığında ayrı, fakat iç içe geçmiş üç etken sözkonusu olmaktadır: Dijitalleşme (Digitisation), Bağlanabilirlik (Connectivity) ve Veri (Data)^[30].

2018 yılında Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (IATA) üyeleriyle birlikte çalışarak **dijital müşterilerin** beklentilerini karşılamak için süreçlerini tamamen yeniden tasarladıktan sonra, 2025'te bir havayolu şirketinin nasıl görünebileceğini temsil eden "**Dijital Havayolu**"



Şekil 7: IATA Tarafından Tanımlanan İşletmeye Yön Veren Etmenler^[32]

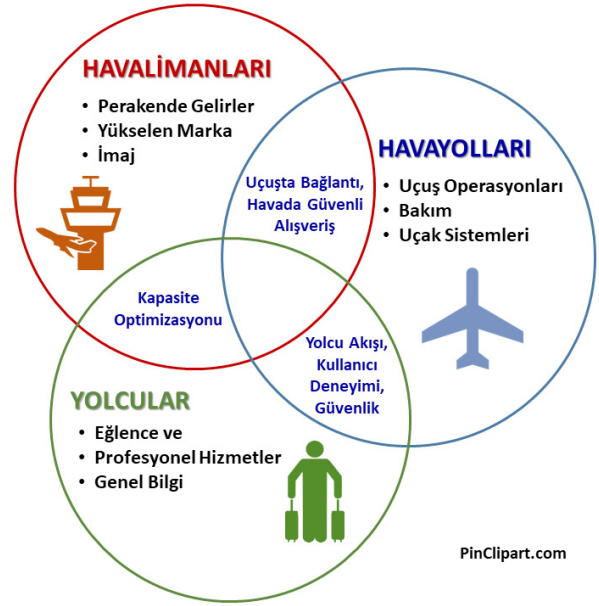
vizyonunu ortaya koydu. Bu vizyon, müşteri deneyiminin nasıl görüneceği hakkında da tetikleyici açıklamalar içermektedir^[31].

Dijital havayoluna götüren süreç itici etmenler ve zorluklar içerir. Bir itici etmen, **dijital müşteri** deneyimini iyileştirerek beklentileri karşılama yeteneğidir. Şekil 7’de IATA tarafından belirlenen itici etmenler tanımlanmaktadır. Yeni bir dünyaya geçişi kaçırmanın korkusu da bir başka itici etmendirdir.

Dönüşümün zorluklarından biri ise, doğru anlayış ve doğru becerilere sahip olmaktır. Birçok değişiklik, onlarca yıldır var olan süreçleri etkilemekte, insanların farklı düşüncelerini, farklı bir gelecek hayal etmelerini ve işe yarayan bir şeyi değiştirme riskini almalarını zorlaştırmaktadır.

Önerilen çözüm, mevcut iş yapma tarzını artık unutmaktır. İşe yaramadığı için değil. İşe yaramaktadır çünkü mevcut iş yapma tarzı saatte 800 km hızla insanları bir yerden diğer bir yere güvenli bir şekilde taşımayı sağlamaktadır. Ancak bu endüstrinin son 10 yılda başarılı olmuş olması, önümüzdeki 10 yıl için başarıyı garanti etmemektedir. Havayolu ürünlerinin şu anda nasıl dağıtıldığı ve müşterilerle nasıl etkileşim kurulduğu unutulmalıdır. Yeni şeyler ancak zihinlerimiz yenilendiğinde inşa edilebilir^[31].

Ticari havacılık, Orijinal Donanım İmalatçıları'nın (OEM) dijital platformlar, yeni ekosistemler ve uygulamalar geliştirmesiyle sonuçlanan önemli bir dönüşüm sürecinden geçmektedir. Neredeyse ticari havacılığın tüm faaliyet alanları dijital dönüşüm içindedir. Havacılık paydaşları dijital dönüşümün her aşamasında çeviklik, şeffaflık ve sistemlerin daha fazla entegrasyonu sayesinde gelişmiş iş performansı ve verimli operasyonlar sağlayan faydalar elde etmektedir^[33]. Bu bağlamda **“connected aviation”**



Şekil 8: Hava Taşımacılığı Ekosisteminde Devrim Yaratacak “Connected” Servisler (Oliver Wyman)^[34]

merkezi temadır ve **dijital dönüşüm girişimleri** rekabet avantajları elde etmek ve yeni yollarla farklılaşmak için bu tema etrafında gelişmektedir^[29].

Bağlanabilirlik (**connectivity**) ticari havacılık ekosisteminde daha yaygın hale gelmekte ve dijital dönüşümün anahtar konuları olan yapay zekâ, **büyük veri analitiği**, bulut, nesnelerin interneti (IoT), siber güvenlik, mobilite ve blokzincir bileşenlerinin potansiyel uygulamalarının denenmesinde hızlı bir artış sağlamaktadır.

Bu sürecin etkisi, iyileştirilmiş ürün ve hizmetlerle tedarik zincirinde, daha fazla yolcu deneyimiyle uçuş sırasında, artırılmış yönetim performansı ile havalimanında ve en önemlisi düşük bakım, işletme ve servis maliyetleri sayesinde uçakta daha fazla operasyonel verimlilik olarak belirgin bir biçimde ortaya çıkmaktadır.

Her gün artmaya devam eden dijital dönüşüm girişimlerinde dijital uçuş rotası optimizasyonu, öngörücü bakım ve uçak sistemlerinin optimizasyonu gibi uygulamalar gündeme gelmektedir^[33].

Havayolları, bağlı (connected) yolcunun ihtiyaçlarına cevap verebilmek için **yolcu merkezli** bir yaklaşıma yönelmektedir^[33]. Seyahat acenteleri de dahil olmak üzere tüm kanallarda havayolu ürünleri ve yardımcı işletmeler farklılaşmaktadır^[31].

4. SİVİL HAVACILIKTA BÜYÜK VERİ

Havacılık endüstrisinde geleneksel olarak verinin büyük ve önemli bir rolü vardır^[6]. Süreç yönelimli bir endüstri olarak havacılık dünyası, işleri yönlendirirken veri toplama, yorumlama, analiz etme ve veriden gelir elde etmeye dayanır^[35]. Sektör paydaşları olan havayolları,

havalimanları, uçak imalatçıları, tedarikçiler, hükümetler ve diğerleri operasyonel planlama ve yürütme faaliyetlerinde veriye bağlıdır^[36].

İnternet ve yapay zekânın gelişmesinden çok önce de havayolu endüstrisi her zaman tartışmasız şekilde teknoloji ve yeniliğin ön saflarında yer almıştır. 1970'lere kadar, havayolları seyahat acentelerini, koltuk envanterine gerçek zamanlı olarak ulaşabilecekleri şekilde ana bilgisayarlarına ve yolcu bilgilerine erişmelerine imkân vermek üzere dünyanın dört bir yanındaki havalimanlarına bağlamayı başarmıştı. Yapay zekâdan önce de uçaklar kalkış yapıyor, dünya etrafında uçabiliyor ve otopilotla güvenli bir şekilde iniş yapıyorlardı. Havayolları sadakat programlarında ve verim yönetiminde zamanın en yeni teknolojilerini kullanan liderler olarak öne çıkıyordu^[31].

IATA'ya göre, eğer bir havayolu şirketi tüm koşulları "görebiliyorsa" ve hızlı kararlar alabiliyorsa, filosunu havada tutarak işletme verimliliğini büyük ölçüde artırabilir. Bir uçağın yerde olması işletmecisine çok maliyetli olmaktadır (IATA analizine göre saatte yaklaşık 10.000 avro)^[3].

IATA, büyük veri gibi yeni teknolojilerin avantajlarından yararlanacak şekilde farkındalığı artırarak, havayollarını ve daha geniş bir değer zincirini desteklemeye isteklidir. Akademikle ve start-up şirketlerle yakın ilişkiler, pilotlar, konsept kanıtlama, uygulamalı araştırma ve geliştirme ile yenilikçiliği hızlandırmayı hedeflemektedir.

Günümüzde büyük veri, **havacılık değer zincirinde** havayolları ve diğer kuruluşlar için mevcut ve yeni iş yeteneklerini geliştiren kapsamlı bir teknolojidir. Ticari havacılık endüstrisi büyük veri yeteneklerinin yeni zirvelere ulaştığı ve iş yapma biçimlerinin üzerinde büyük etkide bulunacağı bir döneme girmiştir^[11].

Havayolu endüstrisi, yoğun rekabet altında son derece ince marjlarla faaliyet göstererek yüzde birin altında bir birikimli kâr marjıyla her yıl milyarlarca avro gelir elde eden zor bir alandır^[37]. Söz konusu yoğun rekabet, şirketleri para kazanmak, biriktirmek ve verimliliği artırmak istediklerinde büyük verinin sağladığı avantajlara odaklanarak yenilikçiliğe yol açmaktadır^[38].

Endüstride üretilen veri miktarı ciddi oranda artarken, sektördeki şirketler de büyük veri kullanımını artırarak daha verimli hale gelmekte, varlıklarını daha iyi kullanmakta ve dolayısıyla maliyetlerini düşürüp gelirlerini yükseltmektedir^[39].

Küresel havacılıktaki karmaşık ve eşzamanlı veri kümeleri, havacılık veri tabanlarının oluşturulması, sıralanması ve madenciliği konusunda önemli düzeyde teknik ve insani zorluklar yaratır. Havacılık veri kümelerinin büyüklüğü ve özellikleri, masaüstü bilgisayar becerilerinin de ötesine geçmiştir. Veriler toplandıktan sonraki zorluk analitiktir. **Büyük veri analitik metotları**, veri depolama ve hızlı yanıt veren veri madenciliğine yönelik yazılım çözümlerinin uygulanması bu zorluğu giderebilir. **Büyük veri analitiği**, havacılık endüstrisine ölçeklenebilirlik, genişletilebilirlik ve sorgu yeteneklerini sağlar^[36].

Havacılık endüstrisinde büyük veriden edinilen bilgiler hem üreticiler (Airbus, Boeing gibi) hem de havayolu

şirketleri için faydalıdır. Üreticilerin avantajları arasında Mühendislik, Tedarik Zinciri, Satış Sonrası ve Program Yönetimi yer almaktadır. Havayolları için ise Uçuş Operasyonları, Filo Yönetimi, Bakım, Envanter Yönetimi, Pilot ve Kabin Ekibi Yönetimi olarak belirtilebilir^[2].

Bir havayolu şirketinin operasyonel tarafı, hem yönetsel hem de matematiksel birçok zor problemi içeren çok karmaşık bir yapıya sahiptir. Otomatik sensörler ve bilgi iletişim teknolojileri güvenlik kontrolü, lojistik, rota planlama ve bakımdan yakıt ikmaline kadar tüm uçuş hizmeti boyunca mühendislere ve yöneticilere yardımcı olabilecek büyük miktarda gerçek zamanlı veri oluşturur.

Yukarıda belirtilen nedenlerle, havacılık endüstrisinin dijital dönüşümün sacayağından biri olan büyük veri ve ilgili diğer teknolojilerden faydalanması şaşırtıcı değildir^[6]. Bununla birlikte, havayolları ve havalimanları büyük veri analizine yönelik gelişmiş sistemler kullanmak için sınırlı yeteneklere sahiptir.

Halen büyük veri analizlerinin uygulanmadığı birçok havayolu bakım organizasyonu bulunmaktadır. Bu tür organizasyonlar yılın başında yapılmış ve sadece ihtiyaç duyulan yedek parça ve malzemeden oluşan bir planı kullanmaktadır. Ancak bu tamamen güvenli değildir. Yıl boyunca tahmin edilemeyen arızalar meydana geldiğinde, parçaların stok azlığı nedeniyle uçakların zamanında tamir edilmesi daha zordur. İhtiyaç raporlarını takiben gereken parçaların diğer uçaklardan alınmak zorunda kalınması işçilik ve zaman gerektirdiğinden ek maliyetler oluşturur ve gecikmelere yol açar^[40].

Büyük veri havayolu ticaretinde müşteri deneyimini de değiştirmektedir. Bu nedenle, "havayolları müşterilerine ait verileri toplamakta çok başarılı ancak bunları kullanmakta başarısız tespiti" de artık geçerliliğini yitirmektedir^[41]. Müşterisi ile olan diyalogunu güçlendirmek, onlarda bir aidiyet duygusu oluşturmak için havayolları geç de olsa ellerindeki bu hazinenin kıymetini anlamıştır.

Havayolu sektörü başından beri müşteri deneyimi konusunda oldukça uzmanlaşmış ve yıllardır uçuş öncesinden başlayarak uçuş sonrasına kadar sağladığı hizmetleri ve sadakat programlarını başarıyla uygulayan bir endüstridir^[42]. Bu açıdan, müşterilerini memnun edebilmek amacıyla büyük veri analizinin sihri hiç şüphesiz en çok ihtiyaç duyan sektörlerden birisi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bundan 15 yıl önce neredeyse sadece yolcu ad ve soyadı ile sınırlı olan havayolu ve yolcu arasındaki ilişki, günümüzde başta sosyal medya olmak üzere diğer iletişim teknolojileriyle üst seviyeye çıkmıştır^[43].

Bugün havayolları müşterileri hakkında tonlarca bilgi toplamaktadır^[44]. Farklı kaynaklardan ve eylemlerden elde edilerek üretilen verileri (rezervasyonlar, güzergâhlar, konaklama, sorgulamalar, ulaşım, fiyat, iptaller, müşteri geribildirimi, coğrafi konum vb.) akıllıca işlemeye başlamışlardır^[43].

Buna ilave olarak sosyal medyanın da yolcu bağlılığını artırmada ne kadar etkili olduğu görülmüştür. Daha düne kadar Facebook, Twitter, Instagram gibi sosyal paylaşım platformlarına mesafeli duran havayolları bugün bu kanalları etkin şekilde kullanmanın

yolunu keşfetmiştir. Yolcunun sosyal statüsü ve ekonomik durumunu ayrıntılı bir biçimde analiz ederek, bunu kendi lehine fırsata çevirmenin yollarını bulmuştur. Günümüzde havayollarında her yolcu hakkında kişisel bilgilerinden seyahat alışkanlıklarına, özel zevklerinden uçakta yiyecek ve içecek tercihlerine, otel ve araç kiralama alışkanlıklarına kadar çok değerli veriler bulunmaktadır^[41].

Bu bilgilerin analizi, havayollarının sadece yolcularını daha iyi segmentlere ayırmasını değil, aynı zamanda her müşteriye kişiselleştirilmiş bir deneyim sunmasını sağlar. Havayolu ile yolcu arasındaki birebir ilişki, müşteri memnuniyetini artıran olağanüstü bir sadakat oluşturur. Havayolları, daha önce hiç olmadığı şekilde müşterilerini, davranışlarını ve tercihlerini anlayabilmektedir^[44].

Büyük veri analizi, çoğu şirket için oldukça zorlu bir süreç olmasına rağmen ticari havacılık sektörünün evrimini yöneten **ana faktör**lerden birisidir^[43]. Maliyetleri düşürme, işletme verimliliğini artırma ve güvenliği artırma aracı haline gelmiştir^[45].

5. HAVACILIK VERİ KÜMELERİ

Ticari sivil havacılıkta büyük veri ile ilişkili alanlar Tablo 1’de verilmektedir. Bir uçak üreticisi veya bir havayolu operatörü bu verileri normal olarak operasyonel verimliliğini maksimuma çıkarmak için kullanır. Bu bilginin kullanılmaması, özellikle şirketin operasyonlarını, uçak üretimini, hava filosu seviyesinde yönetim ve bakım şirketini etkiler^[40].

Modern bir uçak her gün gigabayt düzeyinde operasyonel parametreler, teknik göstergeler, kayıtlar ve raporlardan oluşan veri kümeleri üretir^[44].

Tablo 1’de “Uçuş Operasyonları” alanında yer alan veriler, üretilme aşamasına ve iletilme yöntemine göre Tablo 2’deki gibi üç kategoriye ayrılabilir.

Uçak ve yerdeki sağlık yönetim sistemi arasında veri iletimi esas olarak; uçak havada iken “Aircraft Communications Addressing and Reporting System” (ACARS) üzerinden, uçak yerde iken kablosuz veri

Alan Adı	Yönetilen veri türleri
Rezervasyonlar/işlemler	Satılan koltuklar, fiyatlar, esneklikler, rota talebi, satış noktaları, yardımcı hizmetler ve müşteriye daha fazla ürün alması için ikna etme
Sadakat Programları	Demografi, seyahat geçmişi, tercihler, (diğer) pazarlama fırsatları
Havalimanı Operasyonları	Kullanılan tesisler, “gate” zamanlamaları, kayıtlı bagaj, el bagajı, “above-wing” ve “below-wing” hizmetleri; ısı haritaları ve darboğaz tahminleri; mobil katılım: çalışanlar ve müşteriler için konum farkındalığı (GPS, wifi, “beacon”) ve kişiselleştirilmiş hizmetler; yolcu harcaması (gelirleri maksimize etme) ve havalimanı erişim profili; güvenlik planlama, bina yönetimi / bakım ve enerji tüketim sistemleri
Uçuş Operasyonları	Uçuş planları, yakıt yüklemeleri, ağırlık / denge verileri, taksit süreleri, uçuşa dayalı yörüngeler, gerçek zamanlı uçak sağlığı ve müşteri takibi
Destek Bilgisi	Hava sahası müsaitlik ve yoğunluğu izleme, destek hizmetleri (örneğin meteorolojik), filo ve gelir takibi, sosyal medya arayüzleri
İleriye Dönük Planlama	Altyapı geliştirme için gelecekteki kapasite ve yatırım planlaması (projeksiyonlar sadece havalimanı ve bölgesel verilere değil aynı zamanda ulusal ve küresel olay ve eğilimlere de dayanabilir)

Tablo 1: Havacılıkta Büyük Veri Alanları^[24]

Kaynak (Veri İletim Yöntemi)	Veri Tipi (Verinin Üretim Aşaması)	Veri Tanımı
Hava-Yer Veri Linki	Gerçek zamanlı ACARS mesajları	OOOI, DFD, ACMS olay raporları, vd.
	ATG/Uydu İletişimi	Yoğun uçak operasyon verilerinin gerçek zamanlı iletimi
Yer Veri Linki	QAR (Hızlı Erişim Kayıt Cihazı)	QAR verileri, uçuş irtifası, hız, ivme, yunuslama, meyil, baş istikameti ve diğer uçuş parametreleri, sıcaklık parametreleri, hava basıncı, rüzgâr hızı ve kabin içindeki ve dışındaki diğer çevresel parametreler, uçak motorları ve uçak sistemleri dahil olmak üzere tüm uçuş aşamasının uçuş verilerini sürekli olarak kaydeder. Performans parametreleri ve durum parametreleri, kod çözme işleminden sonra genellikle yüzlerce megabayta ulaşabilir.
	Uçuş sonrası ACARS mesajları	Arıza raporu, ACMS olay raporu, konfigürasyon raporu
Operasyonel Veri	Bakım kayıtları	Bakım kayıtları, tekrarlanan arızalar, muayene kayıtları, vb. Kayıtların içeriği arıza olaylarını, oluşum zamanını, bakım önlemlerini, yedek parça numaralarını ve manuel girişi temel alan yapılandırılmamış verileri içerir.
	Güvenilirlik yönetimi verileri	Güvenilirlik yönetimi verileri, uçak kullanım verisi, güç kaynağı kullanım verileri, arıza kayıtları, malzeme değiştirme kayıtları, SDR ve onarım kayıtları vb. dahil olmak üzere operasyonel filonun güvenilirliğini yansıtır.

Tablo 2: Sivil Uçak Operasyon Verisinin Sınıflandırılması^[46]

	Eski Nesil	Yeni Nesil
Örnek Uçak	A320ceo, B777, A330, A340	A380, A350, B787
Avyonik Veri Yolu	Analog	Dijital
Veri Akışı	20-40 farklı avyonik bilgisi akışı	Sensör verileri - binlerce eşzamanlı akış
Veri Üretimi (Her İşletme Ayı İçin)	5 GB	30 TB'a kadar
Arayüzler	EFB veya arayüz cihazı üzerinden analogdan dijital dönüşüm gerektirir	Kurulu uçak içi bağlantı sistemlerine dijital bağlantı

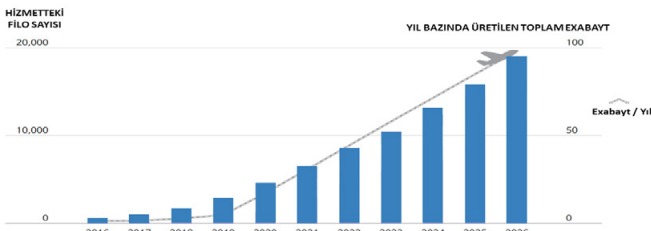
Tablo 3: Yeni Nesil Uçak Verisi^[47]

iletimiyle (kablolu Wi-Fi, hücreli 3G/4G) gerçekleştirilir. Gelecekte, yer-hava iletimi için geniş bant uygulamalarına geçilebilecektir^[46].

Bugün binlerce sensörle ve gelişmiş dijital sistemler aracılığıyla en yeni nesil jet motorlu uçaklar katlanarak artan miktarda veri toplamaktadır (Tablo 3). Her uçuşta önceki nesil geniş gövdeli jetlerin ürettiği veri miktarının 30 katından daha fazla üretilir. Günümüzde küresel filonun sadece onda biri bu teknolojik olarak gelişmiş uçaklardan oluşurken, on yıl içinde oran yarısından fazlası olacaktır. Yıllık veri üretimi Oliver Wyman tarafından yapılan tahminlere göre 2026 yılında **98 milyon terabayta (98 exabayta)** ulaşabilir (Şekil 9)^[48]. O zamana kadar yeni nesil uçakların ürettiği veri, uçuş başına **beş ila sekiz terabayt arasında** olacak ve bugün daha eski uçakların ürettiğinin 80 katına kadar çıkacaktır^[29].

Havayollarının ve uçuş/mil/puan programlarının davranışımızı izlemek, ölçmek ve analiz edebilmek için kullandığı veriler ise aşağıdaki şekildedir:

- Arama geçmişi
- Ödeme geçmişi
- Bagaj teslim bilgisi
- Kalkış ve varış tarih ve saatleri
- Varış yeri ve kalkış yapılan şehir
- Uçuş sırasında yapılan satışlar ve havalimanı mağazalarında yapılan harcamalar
- Uçuş sırasındaki yiyecek tercihleri
- Otel, araç kiralama bağlantıları
- Birlikte uçulan yolcuların sayısı
- Kazanılan kredi kartı puanları
- Kazanılan ve kullanılan miller
- Müşterilerin sosyal medyada diğer kişiler üzerindeki etkisi

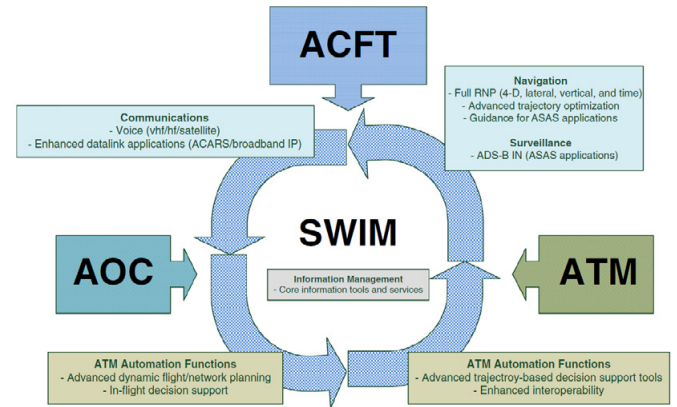
Şekil 9: Gelecekte Öngörülen Global Filonun Üreteceği Veri Miktarı^[4]

Bunlar gibi daha pek çok bilgi, ticari sivil havacılık sektörü tarafından sıklıkla kullanılmaktadır. Bizimle ilgili bu kadar verinin incelenmesi fikri ilk bakışta biraz ürkütücü görünebilir, ama amaç müşterinin iyiliği ve daha iyi hizmet almasıdır. Büyük veri teknolojisi, yolcu bilgilerinin etkin bir şekilde toplanmasına ve analiz edilmesine yardımcı olurken, sayısız havayolu şirketinin dikkatini de giderek daha fazla çekmektedir^[9].

Havacılıkta büyük miktarda veri paylaşımı için geleceğe yönelik önemli bir program da yürütülmektedir. Bu program "Yeni Nesil Hava Taşımacılığı Sistemi"nin (NextGen) ağ merkezli altyapısını kullanan "System Wide Information Management" (SWIM) programıdır.

SWIM, tüm hava sahası kullanıcıları ve paydaşları için havacılık, uçuş yörüngesi, hava trafik akışı, havalimanı operasyonları, meteoroloji, gözetim ve kapasite/talep bilgilerinin değişimini uyumlu hale getirmek amacıyla planlanmış küresel bir havacılık endüstrisi girişimidir. Şekil 10'da SWIM Sistemine genel bir bakış verilmektedir.

SWIM'in doğası göz önünde bulundurulduğunda, herkese uyacak tek bir teknoloji ile çözüm sağlanması söz konusu olamaz. SWIM'in yeni ve güncellenmiş standartlar için önemli bir etmen olması beklenmektedir. SWIM, Servis Odaklı Mimari'ye (SOA) dayanacaktır.



ACFT Aircraft

AOC Havacılık/Havayolu Operasyonel İletişim (Aeronautical/Airline Operational Communication)

ATM Hava Trafik Yönetimi (Air Traffic Management)

Şekil 10: SWIM Sistemine Genel Bakış^[49]

SWIM veri kümesi, hacmi çok büyük yapılandırılmış ve yapılandırılmamış veri karması içerdiğinden en iyi şekilde büyük veri sistemi kullanılarak idame ettirilir. Toplanmış verilerle güncellenmiş analitiklerle içgörüler daha doğru hale gelir^[22].

SWIM verileri ticari abonelik servisleri üzerinden bedeli karşılığında gerçek zamana yakın olarak elde edilebilmektedir.

6. BÜYÜK VERİNİN SİVİL HAVACILIKTA KULLANIM ALANLARI

Yüksek hacimli veri analizinden; havalimanı yönetimi, hava trafik kontrolörleri, havayolları, uçak üreticileri, bakım şirketleri ve ilgili diğer paydaşlar yararlanabilir.

Yüksek hacimli veri analizini uygulamanın ticari etkisi; sivil havacılık sektöründe verimlilik, optimizasyon, satış ve marka farklılaştırmada önemli bir artış yaratma potansiyeline sahiptir. Daha önce görülmemiş iş avantajları yaratma ve yararlananlara daha iyi hizmetler sağlama fırsatı sunar. Bu verilerin gerçek zamanlı yönetilmesi ve analiz edilmesi yalnızca bir depolama veya görselleştirme işlemi değil, aynı zamanda daha iyi karar alma ve doğru zamanda anlamlı önlem alma yeteneklerinin elde edilmesidir^[40].

Havayolu endüstrisinde verilere dayalı yeni geliştirilen araçlar yöneticilere karar alma sıklığını azaltmada, müşteri davranışlarını daha iyi anlamada yardımcı olur^[3].

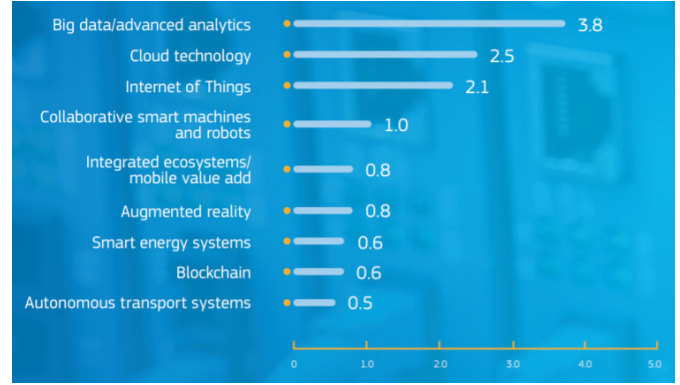
Büyük veri, ticari sivil havacılık sektöründe öne çıkan şu alanlarda kullanılmaktadır:

- Havalimanı Yönetim Performansını Artırma
- Operasyonel Verimliliği Artırma
- Bakım Programı Optimizasyonu
- Gelecekteki Tasarımlar İçin Teknik Veri Sağlama
- Müşteri Deneyimini İyileştirme
- Havayolu Pazar Payı Tahmini
- Fiyat Hassasiyeti Ölçümü
- Stok Yönetimi
- Havacılık Verisinin Görselleştirilmesi

Aşağıda bu alanlardan önemli kullanım örnekleri değerlendirilmektedir.

Havalimanı Yönetim Performansını Artırma

Havalimanları dijital olgunluklarına göre ayır edilebilir. En üst düzey olan Airport 4.0 olgunluk seviyesi yenilikçiliği geliştirmek amacıyla büyük veri ve açık veriden yararlanır. Ekosistemle bütünüyle entegre halde olan bu havayolu sistemlerinde operatörler süreçleri gerçek zamanlı yolcu akışına adapte ederek ve müşteri profilini daha iyi tanıyarak verilerden değer yaratmaya çalışır. Bu olgunluk seviyesindeki havalimanı ailesi, işlerin B2B'den (business-to-business) B2C'ye (business-to-consumer) değiştiğini açıkça görmektedir^[50].



Şekil 11: Havalimanları İçin Gelecekteki Dijital Teknolojilerin Önceliği^[51]

Havalimanlarında maliyet ve verimlilik kazanımı sağlama potansiyeli en yüksek teknolojiler Şekil 11'de gösterilmektedir.

Büyük veri ve gelişmiş analitik, nesnelerin interneti ve artırılmış gerçeklik gibi Airport 4.0 teknolojileri "bütünsel havalimanı yönetimi" çözümünün bir parçası olarak havalimanlarının varlıklarını daha verimli bir şekilde kullanmasına yardımcı olmada rol oynayabilir^[51].

Hali hazırda havalimanları tarafından kullanılan analitik çözümlerinin çoğu, kısa ve uzun vadeli planlama için performans yönetimi ve trafik akışı tahminini desteklemek üzere İş Zekâsı ile (yani yönetim "dashboard"ları ve raporlama) ilgilidir.

Büyük verinin havalimanı yöneticilerine sağlayabileceği faydalar aşağıdaki gibi özetlenebilir^[30]:

- **Süreç Optimizasyonu:** Bir havalimanının "İş Süreci İyileştirme" ekibinin sorunlu alanları tespit etmesini, performans ölçümü yapmasını ve gerekli önlemleri almasını sağlar. Kısa vadeli ve uzun vadeli planlamaya izin verir. Paydaşlar arasında sinerji sağlar, çalışan verimliliğini artırır. Maliyetleri düşürür.
- **İş Modeli İnovasyonu:** Yeni havacılık dışı gelir akışlarının geliştirilmesine izin vererek yaratıcı kampanya sürecini geliştirir. Doğru kişilere doğru zamanda ve doğru fiyatla yeni hizmetler sunmak amacıyla havalimanlarının yolcularını tanımasını ve segmentlere ayırmasını sağlar.
- **Müşteri Deneyimini İyileştirme:** Süreç optimizasyonu, iş modeli inovasyonu ve özellikle dijital dönüşüm yoluyla iyileştirme sağlar. Havalimanının her bir temas noktasında yolcuların seyahatini kolaylaştırmak için havalimanlarının benzersiz hizmetler geliştirmesine imkân verir.

Bölgesel demografik bilgiler, cep telefonu ağları, perakendeciler, havayolları, tren operatörleri ve otobüs operatörleri gibi kaynaklardan gelen verileri birleştirerek havalimanları son derece kıymetli bilgiler yaratabilir^[52].

Ayrıca gelecekte havalimanı yöneticileri, havalimanı işlemlerine ait gerçek zamanlı verileri temel alan üç boyutlu görselleştirmeler için büyük veri analitiğini kullanacaktır^[30].

Operasyonel Verimliliği Artırma

Bir uçuş büyük çoğunlukla planlandığı gibi gerçekleşmez, çünkü çeşitli engeller ortaya çıkabilir. Örneğin^[40]:

- Havayolu, çeşitli nedenlerden dolayı bir uçağın kalkış saatini değiştirebilir.
- Bir meteorolojik olay, herhangi bir uçağın belirli bir bölgeden geçmesini engelleyebilir.
- Bir hava trafik kontrolörü pilotun “kısa yol” kullanımına izin verebilir.

Uçaklardan, havalimanlarından ve hava durumu şirketleri gibi üçüncü parti kaynaklardan gelen verileri birleştirerek, havayolunun üretkenliğini artıracak daha iyi ve daha hızlı karar alınmasına yardımcı olan içgörüler oluşturulabilir^[53].

Yüksek hacimli veri analizi hava trafik kontrolünün yararına olacak şekilde, hava trafiğini güvenli bir şekilde yönetmek, hava trafiğindeki tıkanıklığı azaltmak (kalkış - iniş optimizasyonu), daha verimli uçuş rotaları oluşturmak, uçakların taksi sürelerini tahmin etmek ve azaltmak ve ayrıca performansı ve uçuş güvenliğini artırmak için havayollarıyla bilgi alışverişi amacıyla kullanılabilir.

Pilot ve Kabin Ekibi Yönetimi kapsamında uçuş ekibinin görevlendirilmesi daha hassas bir şekilde yapılarak ekip yorgunluğu azaltılabilir.

Geçmiş uçuş planı ve gerçekleşmiş uçuş verileri kullanılarak gelecekteki uçuş planlarının optimizasyonu sağlanabilir. Bu veriler varış/ayrılış saati, hava durumu ve hava sahası trafik koşullarına göre daha da güçlendirilerek, havayollarının gecikmeli ve iptal edilmiş uçuş sayıları azaltılabilir ve filolarını daha iyi yönetmeleri sağlanabilir^[40].

Havacılık, küçük bir iyileştirmenin bile her şeyi değiştirebileceği bir endüstri türüdür. Uçak üreticileri yakıt tüketimini veya bakımını yüzde bir-iki oranında iyileştirmek için de çalışmaktadır. Gerçek uçuş verilerinden elde edilecek gerçek uçak performans modelleri kullanılarak yeni uçuş planının optimize edilmesi neticesinde yakıt tasarrufu sağlanabilir^[25]. Çoğu durumda, elde edilecek sonuç yüzde bir-ikiden daha fazla olacaktır^[44]. Günümüzde makine öğrenmesi yöntemlerinden pekiştirmeli öğrenme (reinforcement learning) kullanılarak uçak yakıt tüketiminin optimizasyonuna yönelik araştırma çalışmaları bulunmaktadır.

Daha konforlu bir uçuş deneyimi için otoriteler ve havayolları gerçek zamanlı bir turbülans veri tabanı üzerinde çalışmaktadır. Örneğin, belirli bir yarıçap içinde hava sahasının gerçek zamanlı çok boyutlu basınç verisi turbülans kaçınmak için kullanılabilir.

Yolcu ve kargo uçaklarının yük optimizasyonu yapılarak uçuş verimi artırılabilir.

Bakım Programı Optimizasyonu

Büyük veri, tahmine dayalı analitik ve makine öğrenimi gibi dijital yenilikler havacılık sektöründe satış sonrası hizmetlere de yönelmektedir.

Bir havayolu şirketi için dijitalleşme, bakım maliyetlerini azaltan bir araçtır. Bu çerçevede günümüzde en önemli konulardan biri öngörücü bakımdır (predictive

maintenance). Uçuş güvenliği ve güvenilirliği havacılıkta her zaman temel başarı faktörleri olsa da, çoğu havayolunu ve OEM’i öngörücü bakım ve prognostik sağlık yönetimine (prognostic health management) yatırım yapmaya teşvik eden faktör finansal getiridir^[54].

Tahmine dayalı analitik (predictive analytics), kullanıcıların trendleri ve gelişmeleri daha kesin, bulut tabanlı ve (yakın) gerçek zamanlı olarak tahmin etmelerini sağlar^[55].

Geçmişte gerçek zamanlı ve etkili öngörücü bakım kabiliyetine ulaşmanın zorlukları yaşanırken, teknolojideki ilerlemeler sayesinde günümüzde bu konu havacılık endüstrisi için yeni bir pazar haline gelmektedir^[7].

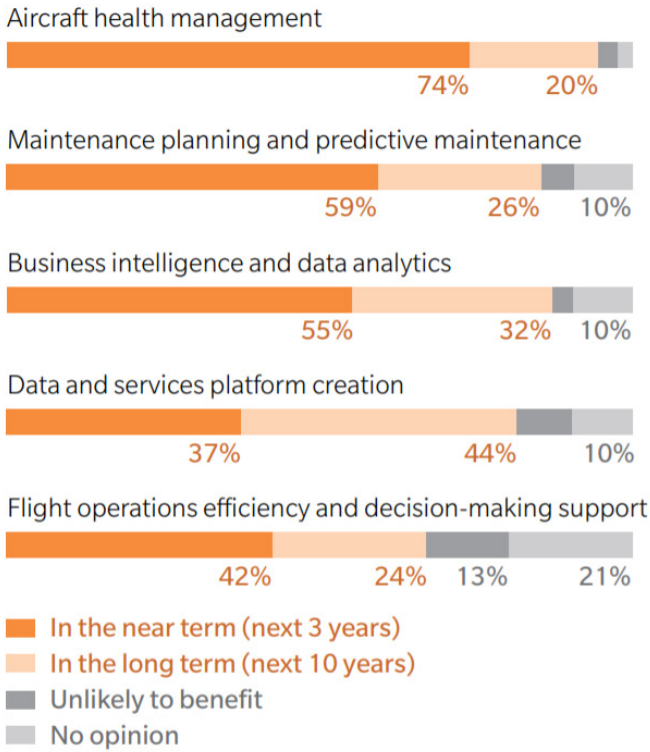
Örneğin, uçak motoru sağlığının izlenmesi (engine health monitoring) uzun bir süredir, en az yirmi yıldır yapılmaktadır. Motor OEM’leri uzun süredir öngörücü bakım yapmakta ve onlarca yıldır da sağlık izlenmesi gerçekleştirmektedirler^[56]. Bununla birlikte, MRO entegratörlerinden, Air France Industries motor bakımına ve kestirimci bakıma odaklanan yeni teknolojik çözümler geliştirirken; Lufthansa Technik firması, Aviatar firması ile uçuş operasyonları çözümlerinin yanı sıra bakım çözümleri için çalışmaktadır^[56].

Bakım programının optimizasyonu sayesinde düşük bakım maliyetleri ve daha iyi uçak hazır olma (availability) oranları elde edilir. Bir uçağın performansına etki eden her bir ögesi, bakım maliyetlerini önemli ölçüde azaltan ve daha da önemlisi, uçuş güvenliğini artırarak hayat kurtaracak müdahaleler yapmak amacıyla gerçek zamanlı olarak izlenebilir^[40].

Örneğin, yeni nesil A350 uçağı 400 binin üzerindeki parametreyi uçuş sırasında kaydetme kabiliyetine sahiptir. Bu verilerden büyük veri analitiğiyle birleştirilenler, arızalar daha meydana gelmeden bakım aralıklarının yönetilmesini sağlayacak potansiyele sahiptir^[7]. Bu şekilde önleyici bakım takvimi belirlenerek, uçağın yerde kalma süresi daha öngörülebilir ve yönetilebilir hale gelmektedir. Bu da uçuşların daha iyi planlanabileceği anlamını taşır. Başka bir örnek ise uçak motoru sesinin dinlenerek anormal durum (arıza) tespittir. Önleyici bakımın yapılması operasyon sırasında arızalanacak parçaların değiştirilmesinden daha az maliyetli ve daha çok güvenlidir^[45].

Bugünden tahmin edilen, öngörücü bakımın, sektördeki kilit performans göstergelerinden geciken uçuş sayısı oranını, başka bir deyişle “teknik sevk güvenilirliği”ni artıracığı, maliyet oluşturan “no fault found” işlemlerinde azalmaya neden olacağı, stok miktarlarını azaltacağı ve işgücü verimliliğini artıracığıdır. Bu durum sektör için yaklaşık üç milyar dolar tasarruf sağlayabilecektir^[56].

Oliver Wyman’ın 2019 yılına ait “MRO Survey” raporundaki^[57] bir ankette “Hangi dijital teklif işinize en fazla yararı sağlayacak?” sorusuna gelen cevaplar değerlendirilmiştir. Ankete cevap verenlerin üçte ikisi, bugüne kadar en çok uçak sağlığı yönetimi (Aircraft Health Management) ve bakım planlama/öngörücü bakımın geliştiğini ve önümüzdeki üç yıl içinde en çok faydayı, özellikle operatörler için, bu kabiliyetlerden beklediklerini söylemişlerdir. Ve önümüzdeki 10 yılda, katılımcıların çoğunluğu, iş zekası/veri analitiği ve yeni veri/hizmet platformları dahil olmak



Şekil 12: Dijital Uygulamaların İşe Sağlayacağı Fayda Oranları^[57]

üzere daha geniş bir yelpazedeki dijital tekliflerden fayda görmeyi beklemektedir. (Şekil 12)

Dijital hizmetler gelişmeye devam etmektedir, ancak pazardaki işlerin kazanılması için henüz gerekli hale gelmemiştir. Operatörler bu tür hizmetlerde “değer”i görmekle birlikte, bunları kimin sağlaması gerektiğinden veya büyük veri ve gelişmiş analitikten en iyi şekilde nasıl yararlanabileceğinden emin değildir. OEM’ler dijital hizmet geliştirme ve sunma konusunda ilerleme kaydederken, bu durum operatörleri bakım veya satış sonrası yaklaşımlarını temelden değiştirmeye ikna edememiştir. Bu, sektör paydaşlarının gerçekleştirmeyi beklediği bir sonraki çekim noktasıdır^[57].

Gelecekteki Tasarımlar İçin Teknik Veri Sağlama

Güncellenen veriler çok büyük miktarlarda olduğundan birçok havacılık üreticisi ürünlerine tanı koymak için büyük veri mimarileri geliştirmiştir^[22].

Sektörde toplanacak veriler tasarımın ve imalatın nasıl geliştirilebileceği hakkında bilgi sağlayarak bir sonraki uçağın ve sistemin geliştirilmesinde yardımcı olabilmektedir^[2].

Daha spesifik olarak, uçaktaki sensörler aracılığıyla toplanan verilerin analiziyle tespit edilen bileşen (component) güvenlik açığı sonuçları, uçak bileşen tasarımı ve geliştirme çalışmalarına yansıtılabilir^[22].

Örneğin, jet motoru, uçuş sırasında ve uçuşlar arasında büyük miktarda veri üretir. Bu veriler, gelecekteki jet motorları ve yardımcı ekipmanların tasarımındaki gelişme alanını belirlemek için kullanılabilir. Daha verimli bir jet motoru daha az yakıt tüketir, daha az zararlı gaz

yayar, daha uzun servis aralığına sahiptir, daha az ses çıkarır ve daha fazla güvenlik sağlar. Böylelikle düşük işletme maliyetlerine ve daha yüksek güvenlik seviyelerine ulaşılabilir^[45].

Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) yapay zekâ temelli evrimsel teknikler kullanılarak (genetik algoritmalar) uçak dizaynının optimale göre evrilmesi üzerine çalışmaktadır.

Yolcu Deneyimini İyileştirme

Havayolu endüstrisinin ana motivasyonu, müşterilere daha tatmin edici hizmet vermek ve müşteri deneyimini iyileştirmek için büyük veri teknolojisinin kullanılmasıdır. Bu şekilde, havayollarının daha detaylı müşteri içgörülerini elde etmesine, yolcuların davranış biçimini ve tercihlerini belirlemesine ve gelecekteki talepleri öngörmesine yardımcı olunabilir^[47]. Örneğin, bir müşterinin sosyal verilerini ekleyerek 360 derece dış davranışsal görünüm ve 360 derece iç psikometrik görünüm olmak üzere toplam 720 derecelik bir görünüm oluşturmak mümkündür^[25].

Tarihsel satın alma bilgilerinden yola çıkılarak, daha iyi tüketici profili oluşturma, tüketici segmentasyonu, ticari trend verileri üretme ve sadakat programlarına yönelik daha iyi hedefleme için önemli fırsatlar yaratılabilir^[24].

Havalimanında yolculara ulusal (veya hatta kişisel) harcama profillerine göre uyarlanmış, belirli bir zaman aralığında (örneğin, gelecek bir saat içinde) belirli bir perakende satış yeri için özel bir teklif içeren metin veya e-posta mesajları gönderilebilir^[24].

Uçuşla ilgili rezervasyon, ödeme ve sipariş verme gibi mevcut fonksiyonlar optimize edilebilir. Rezervasyon, sipariş ve bagaj kontrolü sürecinde kullanıcılara önemli miktarda zaman kazandırılabilir. Ayrıca, yolcular havalimanına giderken veya havalimanında tarifeler, uçuş işlemleri ve uçuşun durumu hakkında bilgilendirilebilir^[9].

Bazı havalimanları halihazırda terminal bölgelerinde yolcu güzergâhlarının coğrafi haritalamasını yapmak için veri görselleştirme yöntemleri (ısı haritaları dahil) kullanmaktadır.

Daha iyi yönetilen bir filo operasyonu da yolcu deneyimini ve memnuniyetini artırmaya yardımcı olacaktır. Bu artan yolcu sadakatine dönüştüğünde rezervasyonların sürekliliği beklenebilir. Bir adım daha ileri gidilerek, yolcuların uçuş düzenleri analiz edildiğinde, havayolları eklenecek yeni uçuşlar, uçuş güzergâhları ve/veya uçuşta uygulanacak yeni hizmetler belirleyebilir. Sonuçta, daha iyi yolcu memnuniyeti havayolunun bilançosunu iyileştirecektir^[45].

Havayolu Pazar Payı Tahmini

Büyük verinin son derece yararlı olabileceği diğer alan ise Kalite Hizmet Endeksi (QSI) modellemesidir. QSI, havayolu pazar payını tahmin etmek için bir yaklaşımdır. Yolcu davranışına dayanır ve farklı uçuş seçeneklerinin görece çekiciliğini dikkate alır. Metodoloji oldukça basit ve anlaşılırdır. Yolcunun uçuşu seçerken göz önünde bulundurduğu faktörleri belirlemek ve her bir faktöre belirli bir katsayı atanır. Katsayılara dayanarak, belirli bir uçuşun (veya bir dizi uçuşun) pazar payını tahmin etmeyi



sağlayacak bir QSI puanını kıymetlendirmek mümkündür. QSI'deki en zorlu kısım doğru faktörleri ve katsayıları seçmektir. Müşteriler uçağa binişin körükle ya da otobüs kullanarak yapıldığına önem veriyorlar mı, turboprop ve jet arasındaki farkı gerçekten görüyorlar mı? Eğer cevaplar evet ise, bu faktörler onlar için ne kadar değerlidir^{[44]?}

Büyük veri ve analizi, spesifik pazarlama için bu faktörler ve katsayılar hakkında sağlam bir bilgi verecektir. Büyük veri sayesinde artık genelleme, tahmin veya kaba varsayım söz konusu olmayacaktır^{[44]!}

Fiyat Hassasiyeti Ölçümü

Havayolu şirketleri A noktasından B noktasına giden uçuşlarda talebin arttığını fark ettiklerinde bu uçuşlar için indirim uygulama yoluna gidebilmektedir. Bunu yaparken müşterilerin satın alma aktivitelerini izlemeye de başlamaktadır. Sözkonusu indirimle birlikte hangi müşterilerinin fiyat hassasiyetine sahip olduğunu analiz edebilen şirketler, "büyük veri" nedir konusundan çok daha öteye geçerek, onu kendilerine bir avantaj haline getirmeye başlamışlardır. Büyük veri analitiğinden yararlanmaya başlayan bir şirket, bir sonraki yıl yine aynı dönemde talebin artabileceği ve müşterilerin sergileyebileceği davranışlar konusunda doğru öngörülere sahip olmaktadır.

Stok Yönetimi

Büyük verinin öngörüsül analiziyle bir uçak bakım ve onarım organizasyonunda stok verileri analiz edilerek daha verimli bir stok yönetimi elde edilebilir. Entegre dağıtım zinciri ve planlamasıyla değişim gerektiren parçalar için düşük stok miktarları sağlanabilir, stok maliyetleri düşürülebilir.

Havacılık Verisinin Görselleştirilmesi

Havacılık verisinin görselleştirilmesi büyük potansiyele sahiptir. Büyük verinin görselleştirilmesi akıllı örnekleme, segmentasyon ve akış tekniklerine dayanır. Isı haritaları, böyle bir sürecin çıktısının yaygın bir örneğidir.

Hava Trafik Yönetimi, verinin görselleştirilmesi ile çok büyük faydaların elde edilebileceği bir alandır. Veri akışında gelen ve depolanmayacak olan veri gerçek zamanlı olarak işlenebilir ve yönetilebilir. Bu, akıllı gösterimlerle (tüm dosya işlenmeden önce verileri göstermeye başlayarak) ve sürekli veri akışının öngörülmesiyle (örneğin, makine öğrenimini kullanarak) ilişkilendirilebilir. Ancak değişimin uygulanması yavaştır ve taktiksel araçların sıkı güvenlik ve sertifikalandırma prosedürlerinden geçmesi gerekmektedir^[24].

7. UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Bu bölümde yaratıcı bir şekilde büyük veri kullanan havayollarına, üreticilere ve otoritelere ait gerçek hayattan örnekler anlatılmaktadır^[38].

Türk Hava Yolları Anonim Ortaklığı, yapay zekâ, bulut ve büyük veri gibi gelişmiş teknolojileri kullanarak karmaşık yolcu ihtiyaçlarına hızla yanıt verecek **dijital uygulamalar** geliştirmektedir^[58].

Bu kapsamda yaptığı güncel çalışmalarla yeni bilet sistemi, uçuş ve rota yönetimi, bagaj hizmetleri, havalimanı ağı, güvenlik kontrolleri, video gözlem ve tesis bakımı dahil olmak üzere tüm operasyonlarını yenilemeye başlamıştır. Büyük veri analitiği yöntemleri kullanılarak; acente ve yolcu davranış analizleri, maliyet gider karşılaştırmaları, geçmiş dönem analizleri ve hata analizleri yapmaktadır. Ortaklık içinde temel düzeyde rapor geliştiren kullanıcılara "self-servis" iş zekâsı olanağı

sağlamaktadır. Rezervasyon, acente ve yolcu detay seviyesine kadar analiz edilebilir bilgi altyapısı oluşturmuştur. Yolcu memnuniyet seviyelerini belirleyecek anket ve geribildirim sistemlerini Veri Ambarına entegre etmiş, rezervasyon, bilet ve check-in entegrasyonunu hayata geçirmiştir^[59].

Lufthansa havayolu şirketi, müşterilerinin kendisiyle ve diğer şirketlerle olan işlem geçmişlerini, alışveriş tercihlerini ve tarihçelerini, hobilerini, hangi ürünleri aldıklarını ve önerdiklerini, ürün incelemelerini, siyasi görüşlerini, nerede yaşadıklarını ve ne yapmak istediklerini bilmektedir. Bu şekilde, müşterilerinin neye ihtiyaç duyacağını (örneğin, ebeveynlerini görmek için Asya'ya seyahat etmek, iş gezileri), ne isteyeceğini (örneğin Hawaii'de tatil), ne yapmak isteyeceğini (örneğin uçakta bir film sipariş etmek) veya ne satın almak isteyeceğini (örneğin, pahalı bir yıldönümü hediyesi) tahmin edebilmektedir.

Büyük verilerin tamamı yeni veri değildir. Diğer havayolları gibi Lufthansa da yapılandırılmamış formatta ya da tespit edilemedikleri için daha önce hiç kullanılmamış olan birçok dahili veri zenginliğine sahiptir. Örneğin, bir müşterinin değişik kanallardaki sorguları (rezervasyon birimi ile telefonda ya da kayıp bagajı bulmak için bagaj departmanı ile kişisel irtibatı gibi) veya pilotların uçuş deneyimi hakkındaki el yazısı notları gibi.

Başlangıçta Lufthansa'nın inovasyon sürecinde ortaya çıkan yüzlerce kullanım vakası bulunmaktadır. Bununla birlikte, Lufthansa'da uygulanan ve dönüşümün gereksinimlerini, büyük veriden keşfedilen değerleri ve şirketteki büyük veri inovasyonunun kapsamını gösteren dört önemli kullanım durumu vardır. Bunlar aynı zamanda Lufthansa'da büyük veri sisteminin benimsenmesini getiren durumlardır^[25]:

- **Kişiselleştirilmiş Müşteri Deneyimi:** Amaç, müşteriyle en iyi kişiselleştirilmiş seyahat deneyimini birlikte oluşturma konusunda içgörü kazanmaktır. Beklenen sonuçlar müşteri sadakatini ve gelirini artırmak, pazarlama ve satış etkinliğini artırmak ve müşteri hizmet sunumunun maliyetini düşürmektir.
- **Olağandışı Durumların Ele Alınması:** Amaç, olağandışı durumların ele alınmasına yönelik operasyonel istihbaratın artırılmasıdır. Facebook, Twitter ve diğer sosyal medya aktiviteleri takip edilerek havayolu operasyonları üzerinde iş etkisi hafifletilebilmektedir. Örneğin, Los Angeles havalimanında 2013 yılında yaşanan silahlı saldırı nedeniyle yüzlerce uçuş gecikmiş veya iptal edilmiştir. Halbuki sosyal medya içeriği gerçek zamanlı sistemlere entegre edilmiş olsaydı aşırı olağandışı bu durum hızlıca ele alınabilir ve etkisi hafifletilebilirdi.
- **Havayolu Gecikme Analizi ve Olağandışı Durumlarda Proaktif Davranma:** Havayollarında gecikmeler bir başka olağandışı durumdur. Gecikmeler sadece operasyonel bir sorun değildir; uçak, yolcu ve uçuş ekibi üzerinde etki olarak üç boyutlu etkisi vardır. Bu karmaşık üç boyutu aynı anda çözmek

çoğu zaman teknolojik bir çözüm gerektirir. Mevcut durumun ve gerçek zamanlı kararların dinamik olarak değerlendirilmesine ihtiyaç vardır. Büyük veri analizi, söz konusu üç boyutun en kısa sürede operasyona dönüşünün sağlanması amacıyla kullanılabilir.

Ayrıca, olağandışı durumlarda kayıpları en aza indirmek amacıyla büyük verinin proaktif kullanımı tercih edilir. Örneğin, büyük fırtınalar tahmin edilerek önceden tüm uçuşlar iptal edilebilir. Etkilenen tüm yolculara, fırtınanın başlamasından önce haber verilerek alternatif bir kalkış saati önerilebilir.

- **Öngörücü (Predictive) ve Önleyici (Preventive) Uçak Bakımı:** Amaç, tahmine dayalı ve önleyici uçak bakımının yapılması yoluyla olağandışı durumları önleyerek uçak emniyetini sağlamaktır. Bu bakımlar sayesinde yakıt maliyetlerinin optimize edilmesine de katkı sağlanabilir.

Airbus, havacılık ve savunma ürünleri ile ilgili hizmetlerin üreticisidir. 180 uluslararası lokasyona ve 12.000 doğrudan tedarikçiye sahiptir. Büyük veri entegrasyonu ve ileri düzeyde analitik özellikler sağlayan yeni bir havacılık veri platformu olan Skywise'ı başlatmıştır.

Airbus tarafından geliştirilen ve kullanılan Skywise veri platformu, arızaların analizinde ve tahmininde büyük başarılar elde etmiştir. Güvenlik ve operasyonel verimlilikte artış sağlanmıştır.

Skywise, havayolu şirketlerinin operasyonel, bakım ve uçak verilerini güvenli ve açık bir platforma entegre etmesine izin vermektedir. Bulut tabanlı platforma erişimi olan her kullanıcı, havayolu endüstrisi verileri ile kendi verilerini bir araya getirerek şirket verilerini zenginleştirme şansına sahiptir. Söz konusu havayolu endüstrisi verileri, iş emirleri, yedekler, parça verileri, uçak/filo konfigürasyonu, uçaktaki sensör verileri ve uçuş tarifelerini içermektedir. Platform ile her havayolu şirketi Airbus ile doğrudan ve havayolu endüstrisi sistemi (Veri Ekosistemi) ile dolaylı olarak partnerlik kurabilmektedir. Müşterilerin mevcut Bilişim Teknolojileri (BT) altyapılarıyla çalışacak şekilde geliştirilmiştir. Bu yüzden "data engine" için ek bir yatırıma ihtiyaç göstermez. Kullanıcı seçtiği Airbus verileri ve global havayolu referans verileriyle birlikte kendi verilerini depolayabilir, erişebilir, yönetebilir ve analiz edebilir.

Uçuş kesintilerini azaltmak, öngörücü bakım yoluyla bakım maliyetini azaltmak, uçuş operasyonlarını optimize etmek, kabin ve yer operasyonlarının dönüştürülmesi, beklenmedik olaylarla başa çıkmak için daha hızlı karar vermek ve yüksek hacimli filo ve uçuş operasyon verilerini yorumlayarak filo yönetimini optimize etmek gibi önemli alanlarda havayolu şirketlerinin değer yaratmasına yardımcı olabilmektedir.

Bugün dünyadaki çeşitli büyük havayolları Skywise platformunu adapte etmiştir^[2].

Delta Havayolları, ABD'deki en büyük havayollarından biridir. Seyahatin her aşamasında müşteri hizmetlerinde yenilik yapmanın yanı sıra, operasyonları ve maliyetleri optimize etmek için yapay zekâdan

yararlanmaktadır. Delta'nın başarısı bir şekilde yıllar önce büyük veri teknolojilerine yaptığı stratejik yatırımlardan kaynaklanmaktadır.

Örneğin, bagaj güvenliği teknolojilerine verdiği büyük önemle Delta, bagaj taşıma sürecini iyileştirmek için sadece havalimanı bagaj sistemine 100 milyon dolar yatırım yapmıştır. Operasyon ekibi, bagajların yanlış yönlendirilmesinin nedenlerini inceler, anlar ve uzman personel bilgisini otomatik olarak oluşturulan veri bilgisiyle birleştirir. Sonuç olarak, Delta her bir bagajın nerede olduğunu ve nereye gitmesi gerektiğini doğru bir şekilde bilmek için iyi bir çözüm geliştirmiştir. Sistem, bağlantılı uçuşu olan bagajların doğrudan transferi için bagaj taşıyıcılarını uyarmaktadır. Yolcular, bagajlarının ilerleyişini gerçek zamanda takip edebilmektedir.

Delta, 2007'den beri yanlış yönlendirilen bagaj oranını yüzde 71 oranında düşürmüştür. Bu etkileyici gelişme daha yüksek müşteri memnuniyeti yaratmakta ve müşteri sadakatine katkıda bulunmaktadır. Bu uygulama çok başarılı olmuş ve havayolunun 11 milyona yakın müşterisi uygulamayı telefonuna indirmiştir^[37].

EasyJet (İngiliz düşük maliyetli havayolu), operasyonel zorlukları başarılı yapay zekâ kullanım durumlarına dönüştürmüştür. Fiyatlandırma stratejisini geliştirmek ve envanteri yönetmek için veri bilimini kullanmıştır. Sonuç olarak, şirket 2010-2014 yılları arasında koltuk başına yaklaşık yüzde 20 kâr artışı sağlamıştır. Havayolu ayrıca yolcu bilgilerinin işlenmesini hızlandıran bir tanıma aracı kullanmaktadır. Bir belgedeki sayıları okumakta ve havalimanındaki bilgileri doldurmakta, böylece yolcu hiçbir şey yazmak zorunda kalmamaktadır^[37].

Southwest, Boeing uçaklarının yakıt tüketim alışkanlıklarını izleyen ve havayoluna yıllık olarak milyonlarca dolar tasarruf sağlayan büyük veri platformunu kullanmaya başlayarak yakıt tüketimi optimizasyonunu da başarmıştır. Endüstriyel İnternet üzerinde çalışan bulut tabanlı sistem, bir uçuş sırasında uçağın ürettiği verilerin toplanmasına ve analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Örneğin, pilotlar aynı varış noktasına bir sonraki uçuş için gereken yakıt miktarını planlarken rüzgâr hızı, hava nemi, uçak ağırlığı ve hızı, maksimum itki ve irtifa bilgilerini dikkate alabilmektedir^[37].

United Airlines, 2014 yılında odağını değiştirerek veri toplama ve analiz etme konusunda daha verimli yaklaşımlar kullanmaya başlamıştır. Bir müşterinin profilindeki 150 değişkeni analiz edebilen akıllı veriyi "topla, tespit et ve analiz et" sistemini hayata geçirmiştir. Müşterilere özel ve büyük veri odaklı bir alışveriş deneyimi sunduktan sonra, çevrimiçi satışlarında yıllık yüzde 15'ten fazla bir gelir artışı elde etmiştir^[38].

Japonya Havayolları, müşteri hizmetlerinde yeni bir standart belirlemeye karar vermiş, müşterilerinden öğrenerek ve kişiliklerini dikkate alarak daha kişisel bir seyahat deneyimi sağlamayı hedeflemiştir^[60].

Pilot bir proje olarak, Makana-chan adlı bir sohbet uygulaması oluşturulmuştur. Makana-chan'ın iletişim arayüzü müşterilerden gelen doğal dil sorularını anlamakta ve buna göre yanıt vermektedir. Makana-chan'ı gerçekten yenilikçi yapan şey, yapay zekâ analizleri ve

müşteri kişiliklerinin anlaşılmasıyla sağlanan kişiselleştirilmiş önerileridir. Bu öneriler, müşteriler giriş yaptıklarında Facebook ve Twitter gönderileri analiz edildikten sonra yolculara dokuz kişilik türünden birini atayabilmekte, ilgi alanlarına ve tercihlerine göre tavsiyelerde bulunabilmektedir. Bu iletişim ve anlayış düzeyi firmanın çözümünü farklılaştırmaktadır.

Makana-chan'ın en son sürümü müşterilerin fotoğraflarını analiz edebilen, yaşlarını, cinsiyetlerini ve diğer özelliklerini tespit edebilen ve öneri geliştirmek için bu verileri kullanan görsel tanımayı da içermektedir.

Makana-chan, yapay zekânın müşteri ilişkilerini nasıl dönüştürebileceğini göstermiştir. Örnek olarak, bir müşteri anketi, müşterilerin yüzde 70'inden fazlasının Makana-chan'dan memnun olduğunu ve yüzde 80'inden fazlasının hizmeti başkalarına tavsiye edeceğini göstermiştir.

Japon Havayolları uçak parçalarındaki sıcaklığı ölçen bir veri toplama sistemini de başlatmıştır. Buradaki fikir, teknik sorunları tahmin etmek ve maliyetli uçuş iptallerini önlemek için yeterli veri toplamaktır^[38]. Şirket, verilerin tanımlı eşik değerlerin üstünde çıktığını tespit ettiğinde düzenli kontroller ve uçaklarının bakımını yapmıştır. Yeni sistem, havayolunun büyük verilerdeki küçük kaymaları tespit ederek teknik aksaklıkları öngörmesini sağlamaktadır^[61].

British Airways, her müşteriye kişiselleştirilmiş sonuçlar sağlamak için verilerin derinlemesine analizini yapan "Beni Tanı" adını verdiği bir özelliği kullanmaktadır. Müşterilerini "ilgisiz teklifler için zamanı olmayan meşgul kişiler" olarak tanımlayan British Airways, müşteri verisini müşterilerin göz atması için onlara özel ve hedeflenmiş "bir sonraki en iyi teklif"e dönüştürmektedir^[42].

Shenzhen Airlines, gelişmiş bir bagaj kontrol sistemi ile bagaj kayıt oranını yüzde 100'e yükseltirken, bagaj kayıp oranını da yüzde 90 oranında azaltmıştır^[9].

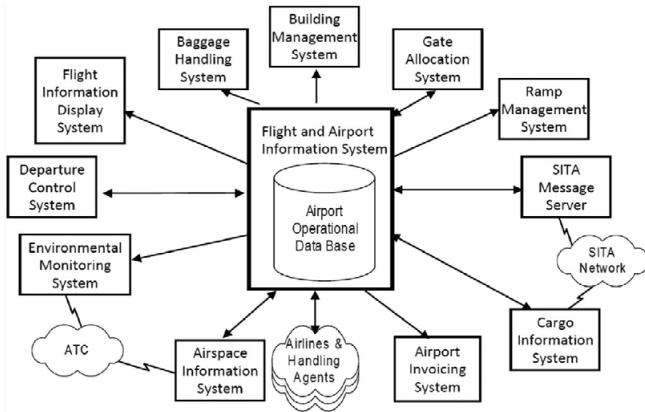
Çin yerel havayolları da (Air China, China Southern Airlines, China Eastern Airlines ve Hainan Airlines vb.) filo bakım ve mühendislik yönetimlerini optimize ederek uçakların gerçek zamanlı izlenmesi ve sağlık yönetimleri için bağımsız sistemler geliştirmişlerdir^[46].

Frankfurt Havalimanı örneğinde, havalimanındaki faaliyetleri desteklemek ve yolculara harika bir seyahat deneyimi sunmak için teknolojiye son gelişmeler uygulanmaktadır.

Daha spesifik olarak, bu havalimanındaki uygulamalar büyük veri kullanımının önde gelen örneğidir. Bu çerçevede, büyük veri teknolojileri ve en önemlisi tahmine dayalı analitik, Frankfurt Havalimanının sahibi ve işletmecisi Fraport'un^[62];

- Operasyonel süreçleri sürekli iyileştirmesine,
- İşletme kararları için sağlam bir temel edinmesine,
- Müşteri memnuniyetini artırmasına imkân sağlamaktadır.

Havalimanı yaklaşık sayılarla, 150 adet uçuş kapısı, 200 adet uçak pozisyonu ve dört adet pist ile günde



Şekil 13: Fraport'un Havalimanı Operasyonel Veritabanının Önemli Arayüzleri^[24]

150.000'den fazla yolcuya hizmet vermekte, saatte 100 uçak hareketini gerçekleştirmektedir. Ayrıca günde havalimanına hizmet veren 400 tren seferi vardır. Böylelikle Frankfurt Avrupa'daki en yüksek hacimli "intermodal" merkezlerden biri haline gelmektedir. Yolcular, potansiyel olarak rezervasyon, tüketici takibi, coğrafi konum ve sosyo-demografik bilgiler gibi kendileriyle ilişkili büyük miktarda veriye sahiptir. Uçaklar da sensörlerinden uçuş başına birkaç terabayt veri üretebilir. Bununla birlikte, havalimanındaki zorluk, verilerin hacminden ziyade, verinin karmaşıklığı ve havacılık, yer hizmetleri ve perakende alt sistemleri arasındaki arayüzdür. Havalimanı operasyonel veri tabanının bu tür sistemlere yaklaşık 60 arayüzü bulunmaktadır (Şekil 13)^[24].

Entegre iş modeline dayanan Fraport, uçuş, yer hizmetleri, perakende ve yolcu verileri gibi çeşitli iş alanlarındaki verileri ilişkilendirmek ve entegre etmek için benzersiz bir konumdur. Bu ayrıcalıklı kaynak, daha sonraki eylem stratejilerinin belirlenmesine temel teşkil edecek yeni bilgileri edinmek için kullanılmaktadır.

İstanbul Havalimanı, dijital ve akıllı bir havalimanı olarak açılmıştır. İlk etabı yılda 90 milyon yolcuya hizmet edecektir. Sonuçta toplam dört etap 2028 yılında tamamlandığında 500 uçak kapasiteli, yıllık 200 milyon yolcuya hizmet eden, 140 bin kişinin görev yaptığı dünyanın en büyük ve en modern havalimanı kimliğine kavuşacaktır^[63].

Dünyanın teknolojik olarak en iyi havalimanlarından biri olacak şekilde planlanan havalimanında geleneksel iş ve hizmet modelleri dönüştürülürken büyük veri ve yapay zekâ gibi gelişmiş yeni teknolojiler kullanılmaktadır. Bu çerçevede projeler hayata geçirilirken kullanılan diğer teknolojiler ise artırılmış ve sanal gerçeklik, otonom araçlar, IoT, LoRa WAN, mobilite, bulut bilişim, edge processing, ileri analitik gibi yeni teknolojilerdir^[63].

Bütünleşik büyük veri platformu üzerinde çalışan "Öngörücü Analiz" özelliği ile süreçlerde oluşabilecek kapasite ve performans konuları önceden belirlenebilmektedir^[64].

Pistlerin aşınma durumları da oldukça kritik bir konudur. Yeni havalimanında kamera ve ses dalgalarıyla

alınacak pist aşınma bilgileri büyük veri platformunda değerlendirilerek tahminler yapılacaktır. Böylelikle hangi tip uçakların hangi piste inmesinin gerektiği, pistlerin onarım durumları gibi bilgiler teknoloji yoluyla elde edilmiş olacaktır^[64].

Dubai Uluslararası Havalimanı, "Airports Council International" tarafından hazırlanan 2018 yılı dünya trafik raporuna göre en kalabalık üçüncü havalimanıdır. Bu havalimanında sadece 24 saat içindeki veri miktarının büyüklüğü şu örneklerle anlaşılabilir: sensörle 351.000 yolcunun tespiti, ücretsiz WiFi bağlantısı yapan 150.000 cihaz, havalimanı yolcu WiFi bağlantısında 35 TB veri, elektronik kapılarda 60.000 yüz taraması, saat başına 16.000 adet bagaj, bir bagaj için 200 noktada veri toplama.

Dubai havalimanında yolcu akışlarını ve kuyruk uzunluklarını tespit etmek için kullanılan yaklaşık 1000 sensör bulunmaktadır. Böylece havalimanında tam olarak nerede bulunduğunuz tespit edilebilmektedir. Bagajlarınızı teslim ettikten sonra büyük veri, pasaport ve güvenlikten geçerken her hareketinizi analiz etmektedir. Sensörler kuyrukları izleyerek verileri "yolcu akış analizi sistemi"ne gönderir. Bu, her beş dakikada bir yenilenir ve göçmen bürosu personeli, polis ve havayolları dahil olmak üzere yetkililere bilgi iletilir. Böylece, geç iniş yapan bir uçak beklenmedik bir zamanda 600 kişinin havalimanına girişine neden olursa, yöneticiler kaynakları buna göre tahsis edebilir^[65].

Dubai Havalimanı, artan talebin sistemlerine verdiği yükü ele almak için önceden hazırlanmış modüler bir veri merkezi çözümüne sahiptir. Veri merkezi yüzde 99,98 kullanılabilirlik sağladığından, havalimanı "gate" hizmetleri, elektronik biniş kartı ve bagaj etiketleri gibi yenilikler için veri merkezini kullanmaktadır^[66].

Shenzhen Havalimanı, geleceğe hazır bir dijital platform oluşturmak için "Platform + Ekosistem" stratejisini takip etmektedir. Yapay Zekânın önemli bir rol oynadığı platform tabanlı bir ekosistem inşa edilmektedir. Örneğin, bilgi grafiği, makine öğrenimi ve doğal dil işleme gibi büyük veri uygulamaları kullanılır. Yüz ve insan vücudu tanıma, araç tanıma ve izleme, panorama birleştirme için yapay zekâ görüntü uygulamaları kullanılır.

Örneğin, büyük veri ve yapay zekâ kullanılarak, havalimanındaki yolcu otobüslerinin sayısını azaltmak için uçakların "contact stand"larının kullanımı optimize edilmiştir. Böylelikle doğrudan "boarding" oranını en az yüzde 10 artırmışlardır. Bu da her 1000 uçuştan 100'ünde servis otobüslerine olan ihtiyacı ortadan kaldırmakta ve yolcular için daha iyi bir deneyim sunmaktadır.

Shenzhen Havalimanı, giren ve çıkan tüm yolcular için büyük veri analizi ile yüz tanıma hizmetleri sunmaktadır. Yüz görüntü tabanlı erişim kontrolü, manuel yolcu tanımlamasına duyulan ihtiyacı ortadan kaldırmakta ve sıralarda harcanan bekleme zamanını azaltmaktadır^[67].

Heathrow Havalimanı, dünyanın en işlek havalimanlarından biridir ve genellikle yüzde 100 kapasitede çalışmaktadır. Yapay zekâ ve büyük veriden hava trafik kontrolü ve pist yönetiminin belirli görevlerinde yararlanmaktadır. Daha fazla veri içgörüsü, Heathrow havalimanının kapasitesinin ve sonuçta gelirlerinin artmasını sağlamıştır^[52].

Uçuş hareketleri, yolcu transferleri, güvenlik kuyrukları ve göçmen kuyrukları hakkında gerçek zamanlı verilerinin analizi, tarifeli uçuş varış ve ayrılışlar için yolcu akışının iyileştirilmesi Heathrow Havalimanındaki bazı uygulama örnekleridir^[68].

Havalimanı pistlerinde “yabancı cisim algılaması” İngiltere’de büyük veri ve yapay zekâ kullanımının genişletilmek istendiği diğer bir alandır^[65].

IATA, kendi ödeme sistemlerini ve müşteri hizmetlerinin performansını geliştirmek için yapay zekâ çözümlerini benimsemiştir. Yeni çözümleri test etmeye devam etmektedir^[11].

Havacılıkta büyük verinin kullanımı henüz zirveye ulaşmamıştır. Havalimanlarında halihazırda sıcaklık, ışık seviyeleri, nem ve titreşim gibi faktörler hakkında bilgi veren çevrimiçi sensör bolluğu vardır. Ancak 5G’nin gelişi, havalimanındaki tesislerin daha iyi izlenmesine ve havalimanlarının “öngörücü bakımının” iyileştirilmesine olanak sağlayacaktır^[65].

Tüm bu örnekler bize büyük veri analizlerinin havacılık sektörünü yeniden şekillendirdiğini ve daha da dönüştürme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Büyük veri analizleri büyük ölçüde müşterilere fayda sağlıyormuş gibi görünse de, havacılık sektörüne de hizmetlerini iyileştirerek satışlarını artırma şansı vermektedir^[43].

Özetle, büyük veri teknolojisi havayolu şirketleri, havalimanı işletmecileri, müşteriler, bakım şirketleri ve diğer paydaşlar üzerinde olumlu etki yaratmaktadır^[9].

8. BÜYÜK VERİNİN HAVACILIK UYGULAMALARINDAKİ ZORLUKLARI

Büyük veri artan gereksinimlerin karşılanmasını mümkün kılmakta, düşünme, algılama biçimi, araştırma ve iş yapış yöntemlerinde köklü bir değişim yaratmakta, ancak bununla birlikte bazı zorlukları beraberinde getirmektedir.

Son araştırmalar büyük veri analitiğinin havayolu endüstrisinde kullanılmasının önündeki en büyük engellerin verilerden değer elde etmek için gereken zaman, kaynak, beceri, araç (öngörü ve yönetim amaçlı olanlar dahil) ve sistemlerin yetersizliği olduğunu göstermektedir^[2]. Bu hususların büyük veri uygulamalarını benimseyen sektör paydaşları tarafından ilave yatırımlarla tamamlanmaya çalışıldığı gözlenmektedir.

Büyük verinin havacılık sektöründe uygulanmasına ilişkin zorluklar büyük veri süreçleri (Şekil 14) bazında bu bölümde anlatılmaktadır. Başlangıçta, veri entegrasyon adımı farklı veri kaynaklarını birleştirir. Veri yönetimi analiz edilecek ilgili veri kümelerinin elde edilmesini içerir. Veri ön işleme; analiz işlemine hazırlamak için verileri temizler, normalleştirir ve azaltır. Daha sonra tahmini (predictive) ve açıklayıcı (descriptive) veri madenciliği teknikleri anlamlı bilgiler çıkarmak için uygulanabilir. Bilgi sunumu, farklı havacılık uygulamaları için elde edilen bilgileri temsil eden büyük veri analitiğinin son adımıdır. Bu sürecin bütünü uzun vadeli ve gerçek zamanlı olarak



Şekil 14: Büyük Veri Süreçlerine Genel Bakış^[17]

kullanılacak verileri hazırlar, analiz eder ve sunar. Elde edilen sonuçlar, uçuş ekibinden ve yolculardan bakım ekibine ve sistem tasarımcılarına kadar tüm paydaşlara sağlanır^[17].

Veri Entegrasyonu

Havacılıkta hızlı değişen büyük miktarlarda heterojen veri çok çeşitli kaynaklar aracılığıyla elde edilebilir. Uçak sensörleri, radarlar, kameralar, meteoroloji istasyonları, havalimanları vb. gibi sürekli artan sayıda veri kaynakları yüksek dinamiğe sahip veri üretir. Büyük veriyi işleyen herhangi bir yaklaşımın ilk adımında, tüm veri kaynaklarının birleştirilmesi gerekir; bu, heterojen yapıya sahip çeşitli veri kaynaklarının düzgün ve uygun bir yapıya sorunsuz bir şekilde birleştirilmesi anlamına gelir^[17].

Bir uygulama için veri kümelerinin büyüklüğü ve saniyede oluşturulan, analiz edilen ve yorumlanan veri miktarı çok yüksek olabilir. Veri kümelerinin heterojen formatlara ve tiplere sahip olduğu, **saniyede terabayt ölçeğinde** durumlar olabilir. (Tablo 1, Tablo 2, Tablo 3 ve Şekil 9)

Toplanan verilerin kalitesi de büyük ölçüde değişebilir. Kalitesi ve tutarlılığı ile ilgili olarak işlenmesi ve dönüştürülmesi gerekebilir. Kayıt yaparken oluşan eksiklikler genellikle eksik veri setlerine neden olur ve sonuçta herhangi bir analiz modelini etkiler. Veriler çeşitli tiplerde olabilir, ancak aynı türde verilerin bile hatalı veya hatta gereksiz veri kümelerinin oluşturulmasını önleyen

sağlam ve güvenilir prosedürlerle birleştirilmesi gerekebilir. Uçağa gömülü olan çok sayıda sensör ve diğer havacılık veri kaynakları her saniye büyük veri setleri üretir^[17].

Büyük veri sistemi doğal olarak, saklı bilgileri elde etmek için kullanılan veri setiyle doğrudan ilgili olmayan diğer veri set(ler) ile bağlantı kurulmasını gerektirir. Bununla birlikte, örneğin uçak sensörü verileri ve meteorolojik veriler gibi birbirleriyle doğrudan ilgili olmayan iki bilgi grubunu birbirine bağlayarak hangi bilgilerin keşfedilmesi gerektiği araştırılmalıdır. Çok büyük miktarda dijital veriye sahip havacılık endüstrisinde iki veri kümesini bağlamak sistem içinde zor olduğundan, öncelikle bağlantının belirgin yararı bulunmalıdır^[22].

Büyük veri analizinin temel zorluklarından bir diğeri, verinin bizzat kendisine erişim olarak ifade edilmektedir. Geniş ölçekli verilere kolay erişim, söz konusu büyük veri setlerinden elde edilecek fayda ve değere erişimi de kolaylaştırmaktadır. Özellikle üçüncü tarafların verilerine (internette, sosyal medya kanallarından, üçüncü kişi veri sahiplerinden vb.) erişilmesi ve söz konusu verilerin elde edilerek birleştirilerek kullanılması büyük veri analitiği bakımından önemli bir potansiyeli ortaya çıkarmaktadır. Bununla birlikte, özellikle uygulamada büyük veri setlerine sahip kurumların veri paylaşımı konusunda isteksiz davrandığı yahut veri karşılığında oldukça yüksek ücretler talep ettiği bilinmektedir. Örneğin sosyal medya şirketlerinin kullanıcılara veri tabanlarında depoladığı verileri alabilmeleri için sunduğu açık uygulama programlama arayüzlerinin (Application Programming Interface-API) tüm verilere erişim imkânı vermediği ifade edilmektedir. Sektöründe faaliyet gösteren işletmeler ciddi yatırımlar yapmak istese de, kişilerin bilgileri paylaşılmamaktadır^[5].

Bu çerçevede hem veri formatlarının hem de müşteri arayüz taleplerinin artan çeşitliliği bağlamında açık mimarilerin de korunması gerekmektedir^[24]. Analizler yalnızca operatör ve OEM verilerinin toplanmasını değil, ekonomik, coğrafi ve meteorolojik veriler gibi harici ve tüketici veri kaynaklarının dahil edilmesini gerektirmektedir. Bunu yapmak için açıklık, verileri paylaşma arzu ve yeteneği ve hepsinden önemlisi, ilgili tüm paydaşların ağlarındaki sanal güvenlik duvarlarının ve engellerin kaldırılması gerekmektedir^[69].

Büyük veri sistemlerinin uygulamasında başka bir zorluk, sürekli ve hızlı teknolojik değişiklikler nedeniyle, yeni ve eski sistemlerin sürekli olarak entegre edilmesi gerekmektedir^[22].

Veri hacmi problemi ile ilgili olarak, programlama modelleriyle paralel hesaplama, örneğin, MapReduce toplu işleme için önerilmektedir. Büyük verinin hız yönü artan kümeleme teknikleriyle yönetilebilir, çünkü hızlı değişen veriler önceki bağlantıları geçersiz hale getirebilir ve bu durumda hesaplama gücü boşa harcanır. Gruenheid ve diğerleri^[70], yüksek hızla önemli ölçüde daha iyi başa çıkabilen ve kalite açısından ihmal edilebilir bir kaybı olan bazı artımlı bağlantı algoritmaları sunmaktadır. Algoritmalar yalnızca önceden oluşturulmuş bağlantıdaki güncellemeleri birleştiremez, aynı zamanda oluşturulan

yapıdaki hataları algılayabilir ve onarabilir. Heterojen ve yapılandırılmamış verilerin çeşitliliği, örneğin bir metin biçimindeki uçak/komponent bakım emirleri veya talimatları, entegrasyonda büyük bir zorluktur. Doğruluk ve değişkenlik özellikleri kümeleme ve bağlantı tekniklerinin bir kombinasyonu ile azaltılabilir^[17].

Veri Yönetimi

Büyük Veri'nin tüm yönlerini ve sorunlarını ele alabilen, özellikle de kısa sürede büyük miktarda heterojen veriyi analiz edip işleyebilen veri yönetimi için bir yazılım ortamı sağlamak gereklidir. Büyük verinin veri yönetimi, veri analizi yapmak için ilgili veri setlerinin elde edilmesini sağlar ve veri akışlarının hızlı bir şekilde yayılması için altyapı içerir. Bu büyük miktardaki verileri depolamak ve işlemek için veri ambarı çözümlerinin kullanımı çoğu zaman yetersizdir, çünkü veri ambarları yapılandırılmış verilerle uğraşmak üzere tasarlanmıştır. Hızlı yanıt süreleriyle de başa çıkabilen iyi işleyen bir depolama yapısı, çoklu veri merkezlerindeki kümeler aracılığıyla mümkündür. Bu sistem, büyük veri hacmini geleneksel veritabanlarından daha iyi idare eder ve hızlı veri akışının üstesinden gelmesini sağlar. NoSQL veritabanları esnek, karmaşık, dağıtılmış veri depolar. Yatay ölçeklenebilirlik, büyük verilerin hızlı bir şekilde işlenmesini sağlar ve bu nedenle büyük veride giderek daha fazla kullanılmaktadır.

Saklanan veriler, işleme amaçları doğrultusunda yığın işleme (batch processing), yalnızca akış (stream-only) ve karma çerçeveler (hybrid frameworks) halinde kategorilere ayrılabilen veri işleme çerçeveleri, örneğin Hadoop, Apache Storm, Apache Spark vb. ile verimli bir şekilde işlenebilir. Yığın işleme, büyük, dinamik olmayan veri kümelerini işlemek için kullanılır. Hadoop, dağıtık dosya sisteminde yığın işleme sağlayan ve bir MapReduce programlama modeli uygulayan gelişmiş bir çerçevedir. Yığın işlem, zamanın önemli bir faktör olmadığı büyük veri kümelerini yönetir. Akış işleme sistemleri, veri dizilerini işler ve aynı anda her veya birkaç veri ögesini işler, örneğin Apache Storm, hızlı dağıtık veri akışı işleme için işlevler sağlar. Karma paradigma, yığın işleme ve akış işlemlerini aynı anda içerir ve genel veri işleme için karma bir çözümdür. Apache Spark, veri akışlarını işleme yeteneğine sahip hafif bir toplu veri işleme çerçevesidir. Hadoop ile birleştirilebilir ve farklı veri kaynaklarına erişebilir^[17].

Veri Önişleme

Büyük miktarda veri her zaman iyi olmayabilir. Sağlanan büyük veri kümesi, birçok perspektifte daha büyük grubu temsil ediyorsa değerlendirilmeye tabi tutulmalıdır. Temiz, tarafsız ve eksiksiz veri girişleri olmadan kaliteli çıktılar elde edilmesi beklenmemelidir^[24].

Hatalı, eksik ve gereksiz bilgilerin gerçek veri setlerinin kalitesi üzerinde olumsuz etkisi vardır. Zayıf veriler, veri madenciliği performansının kalitesini doğrudan etkiler. Veri ön işleme, ham verileri temizlemek için eksik değerler, aykırı değerler ve gürültülü verilerle ilgilenir. Veri normalleştirme ve toplama, verileri veri madenciliği için uygun biçimlere dönüştürür. Veri azaltma, alakasız ve gereksiz öznitelikleri ve öznitelik değerlerini kaldırır.

Örneğin, güvenlik anomalileri ile yanlış veriler arasında ayırım yapmak havacılık bağlamında son derece önemlidir. Bir yandan, gürültülü veriler yanıltıcı güvenlik uyarıları üretebilir ve diğer taraftan, yanlış filtrelenmiş sistem hataları en kötü durumda bir kazaya neden olabilir. Sensör verisine dayalı tekniklerle sistem arızalarının doğru tespit edilmesi büyük bir zorluktur. Sensörler, kesin olmayan ölçümlerin neden olduğu sinyal sapmalarına neden olabilir, böylece yedek sensörlerin ve yedek analitiklerin kullanılması sensör hatalarının tespit edilmesinde ve gürültülü sinyallerin en aza indirilmesinde yardımcı olabilir. Kaynakça [71]'deki örnek olay incelemesi, bir uçak motorundaki yüksek basınçlı kompresörün hata tespitini göstermektedir. Farklı motor sağlığı altında üretilen eğitim veri kümeleri ve değişen sensör gürültüsü koşulları farklı sınıflara ayrılmıştır. Gözetimli (supervised) yöntemler, sensör gürültüsü, sensör arızası ve motor arızası arasında ayırım yapılmasına yardımcı olur.

Havacılıktaki veri yoğunluğu ve etki alanı karmaşıklığı sürekli büyümektedir. Milyonlarca örnek veri sensörler, kameralar, aktüatörler, ağ bağlantısı ve diğer hizmetler tarafından üretilmektedir. Verilerin azaltılması çoğunlukla karmaşık analizlerin kabul edilebilir bir zaman zarfında yapılması için gereklidir^[17].

Veri Madenciliği

Veri madenciliği, anlamlı bilgileri elde etmek için büyük dinamik veri kümelerinden faydalı örüntüleri, ilişkileri ve aykırı değerleri keşfeder. Gelecek tahminleri tahmin modelleri kullanılarak yapılabilir. Örneğin, veri madenciliği teknikleri, havacılık olayları ve kazaları için nedenleri tanımlamaya yardımcı olabilir.

Veri madenciliği teknikleri; sınıflandırma (classification), gözetimli öğrenme (supervised learning), kümeleme (clustering), birliktelik analizi (association analysis), zaman serisi analizi (time series analysis) ve aykırı değer analizi (outlier analysis) alanlarına ayrılabilir.

Sınıflandırma işlemi verileri önceden tanımlanmış sınıflara atar. Literatürde pek çok sınıflandırma tekniğinden bahsedilmektedir; örneğin, Destek Vektör Makinesi (SVM), Karar Ağacı, "K-Nearest Neighbors" (KNN) ve "Bayesian Network". Arızaları tahmin etmek ve arızaya neden olan mekanik titreşimler, çevre sıcaklığı, nem, güç kaynağı, hava basıncı, fonksiyonel aşırı yüklenme vb. gibi kümülatif etkileri kombinasyon halinde tanımlamak için karar ağaçları kullanır. Uçak lastiklerinin arızasını tahmin etmek için "Bayesian Network" kullanılabilir. Lastik koşullarının öngörülmesi, uçak güvenliğini artırır ve bakım işlemini daha verimli hale getirir.

Uçak sensörlerinin ve araçlarının veri akışlarını gerçek zamanlı olarak analiz etmek ve uçak performansını daha etkin bir şekilde tahmin etmek amacıyla hesaplama modellerini zenginleştirmek için "Dynamic Data-Driven Avionics Systems" (DDDAS) kavramı önerilmiştir. Veri hatası algılama ve kurtarma mimarisini içeren bu kavram, otomatik olarak kurtarmayı sağlamak için akış uygulamalarındaki veri hatalarını algılayabilir, bu da sensördeki hatalı verileri veri akışlarının mevcut fazlalığıyla telafi edebilir.

Kümeleme algoritmaları, önceden belirlenmiş benzerlik kriterleri ile veri kümesini farklı gruplara böler. Literatürde farklı kümeleme paradigmalarından bahsedilmiştir, örneğin, bölümeleme kümelemesi, hiyerarşik kümeleme, yoğunluk bazlı kümeleme, grid bazlı kümeleme, spektral kümeleme. Benzer uçak yörüngeleri gruplandırılır ve ortak yörüngeler keşfedilir. Başlangıçta, algoritma yörüngeleri bölümlere ayırır. Yoğunluğa dayalı kümeleme algoritması, karşılık gelen çizgi parçalarını küçük mesafeli kümelere ayırır. Son olarak, algoritma her küme için ortak bir yörünge üretir^[17].

Bilgi Sunumu

Büyük veri sisteminde, yüksek değişken sayısına sahip analiz edilmiş bilginin görselleştirilmesine ilişkin teknikler üzerinde çalışılması gerekmektedir. İstatistiksel olarak analiz edilen çok büyük sonuçların görselleştirilmesi karmaşık görüntüleme teknikleri gerektirebilir. Büyük veri uygulamalarında görselleştirme sorunları görsel gürültü, büyük görüntü algısı, bilgi kaybı, daha yüksek performans gereksinimleri ve yüksek görüntü değişikliği oranı olarak tanımlanmıştır. Bunlar aynı zamanda insan faktörü (human factor) problemleridir^[22].

Yeni veri madenciliği teknolojileri, gerçek zamanlı veya gerçek zamanlıya yakın, büyük veri setlerinden daha kesin bilgi üretmektedir. Üretilen verilerin ve bilgilerin doğru bağlamda gösterilmesi çok zordur. İş zekâsı (BI) raporlaması, geçmiş, güncel veya öngörücü verileri analiz etmek ve göstermek için yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Örneğin, öngörücü bakım sistemine dayanan bir BI raporunda, uçak filolarının öngörücü teknik durumları özetlenebilir. Etkileşimli "dashboard"lar uçak pozisyonları, uçuş tarifesi ve ayrıntılı teknik sorunların listesini içerir. İyi tanımlanmış filtreler, uçak mühendislerinin gereksinimlerine göre ilgili bilgilerin seçilmesine izin verir. Verilen bilgiler servis yeri, bakım süreci veya uçağın değiştirilmesiyle ilgili karar vermede yardımcı olabilir^[17].

Büyük veri uygulamaları için sektörde yaşanan diğer zorluklar güvenlik, veri mülkiyeti ve kurumsal kültür olarak sıralanabilir. Bunlar aşağıda değerlendirilmiştir.

Güvenlik

Havacılık uygulamaları genellikle diğer alanlardan daha yüksek güvenlik seviyeleri gerektirir. Bu nedenle, havacılık için özel bir büyük veri sistemi tasarlarırken ve geliştirirken daha yüksek güvenlik önlemleri uygulanmalıdır. Bu, insan faktörü araştırma faaliyetlerini sürdürmek için engelleyici bir faktör olabilir^[22].

Büyük veri, birkaç sistemi bir araya getirmekten ziyade daha geniş bir bilgi ve sistem ağı gerektirdiğinden, yorumlama ve yönetim sistemleri daha otomatik hale geldikçe, verilerin güvenilirliğini sağlama konusunda da sorunlar ortaya çıkabilir^[24].

Veri Mülkiyeti

Uçaktan merkezi bir analiz merkezine büyük miktarda veriyi gerçek zamanlı veya başka türlü iletmek gereken altyapı ve hassasiyeti nedeniyle bu tür verilerin mülkiyeti de değerlendirilmesi gereken bir husustur^[45].

Ayrıca, kişisel verilerin etik analizinin sağlanabilmesi için veri işleyenlerin yalnızca kullandıkları veritabanları ve veri setlerini değil, aynı zamanda karar verme süreçlerinde kullanılan kriterleri de (ticari sırların korunması ve diğer fikri mülkiyet kurallarına tabi olarak) ortaya koymaları önem arz etmektedir.

Büyük veride analiz edilen ve sonuçları yayımlanan bir araştırmaya ilişkin veriler açık hale getirilmemekte, çoğunlukla yalnızca belirli kuruluşların çalışanları söz konusu erişimden yararlanmaktadır. Bu gibi durumlarda veri üzerinde çalışan veribilimcilerin, bu verinin özel bir işletmenin mülkiyetinde bulunduğu, hatta müşterilerinin mahremiyetini ihlal edebilecekleri savunmasını getirdikleri görülmektedir. Bu çerçevede, büyük veri setlerine kimlerin erişebileceği, hangi amaçlarla, hangi bağlamlarda ve hangi kısıtlamalarla yararlanabileceği gibi temel sorulara cevap verilmesi gerekmektedir^[6].

Kişisel veriler; ne ticari sır alanına ve fikri mülkiyet haklarına engel olacak mahiyette bireylerin münhasır bir varlığı olarak görülmeli ne de bireylerin fayda sağlanmalarını engelleyecek şekilde münhasıran işletmelerin mülkiyetine bırakılmalıdır. Kişisel verileri, toplumsal fayda ve yenilikçiliğin desteklenmesi için ortak bir kaynak olarak ele almayı öngören bir politika çerçevesi oluşturulmalıdır.

Kurumsal Kültür

Büyük veriden fayda sağlanması ve sahip olduğu değerlerin açığa çıkarılması hususunda ortaya çıkan bir diğer zorluk ise kuruluşların büyük veriden tam olarak nasıl faydalanılacağına dair bir kurumsal kültüre sahip olmalarıdır. Zira kuruluşların gerek kendi sahip oldukları gerekse internet, sosyal ağlar gibi farklı kaynaklardan elde ettikleri büyük veri setlerinden yararlanabilme, bu verileri kullanabilme yetenekleri ve veriye bakış açıları önem arz etmektedir. Büyük veriden fayda ve değer sağlamak isteyen kurum/kuruluşların bu konunun farkında olan yöneticilere, veri analistlerine, büyük verinin gerektirdiği teknolojik altyapıya ve yöneticiler dahil çalışanların veriden elde edilen bilgi ve tecrübeyi birleştirebilme becerisine sahip olmaları gerekmektedir.

Yukarıda bahsi geçen zorlukların tümü, havacılık verileriyle ilgili yalnızca alana özgü uzmanlıkla ele alınabilir^[24].

9. BÜYÜK VERİ İLE YENİLİK GETİRMEDE KRİTİK BAŞARI FAKTÖRLERİ

Havacılık endüstrisindeki teknolojik gelişmelerin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesinin anahtarı, zorlu piyasa koşullarında ayakta kalmak için mevcut iş modelinin nasıl değiştirileceğini tahmin edebilmektir. Yapay zekânın uygulanması ise, hem iş mimarisinin ve kapsamının hem de bunları geliştirmek için yapay zekâ teknolojilerinin ve stratejilerinin iyi anlaşılmasını gerektirir.

Her havayolu farklıdır ve farklı ihtiyaçları vardır. Bu nedenle “bu herkese uyar” yaklaşımı havacılık alanı için pek uygun değildir. Uzun vadeli başarı için en önemli

kararlardan biri, giderek artan veri miktarıyla uyum sağlayabilecek doğru platformu seçmektir. Bir diğeri ise yakıt yönetimi, bakım personeli, pilotlar gibi önemli kaynakların ve operasyonların yönetimidir. Aynı zamanda müşterilerin zorluklarını çözmelerine yardımcı olmak için yeni dijital çözümler üretmek de önemlidir^[39].

Bu bölümde açık kaynaklarda göze çarpan, Lufthansa'nın yeni iş modeli için büyük veri ile yenilik yapma konusundaki başarısına etki eden faktörlere yer verilmiştir. Aşağıdaki bilgilerin tümü doğrudan Lufthansa'nın Bilişim Kurulu Başkanı (CIO) tarafından vurgulanmıştır^[25].

● Etkili Değer Keşif Süreci

Lufthansa, büyük veriyi kabul etmeden önce üç yıl boyunca **Değer Keşfi** (Value Discovery) sürecinden geçmiştir. Değer Keşfi üç aşamayı içerir: **İnovasyon Süreci, Kullanım Durumu, Geliştirme ve Stratejik Gelişim Planlama** (maliyet-fayda analizi, kaynak bulma kararları, yetenek yönetimi vb. dahil).

Yenilikçi çözümleri ve teknolojileri desteklemek için bir inovasyon fonu başlatılmıştır. İlgili “start-up” şirketleriyle bağlantılarını güçlendirmek için Berlin’de bir inovasyon merkezi kurulmuştur. Çalışanlara yenilikçi fikirler ve projeler geliştirmek ve uygulamak için “Yenilikçilik Ödülleri” verilmektedir.

Büyük veri uygulamaları için fikir edinmek amacıyla resmi bir inovasyon süreci uygulanmıştır. Yüzlerce kullanım örneği oluşturulmuş, sıralanmış ve birkaç “deniz feneri projesi” seçilerek prototiplenmiş, daha sonra da ölçeklendirilmiştir. Kapsamlı süreç, büyük veriden elde edilen ve yeni iş modelini mümkün kılan iyi tanımlanmış “**değerler**” ile sonuçlanmıştır. Kasım 2014’te, bu yeni iş modeli için bir sistem kurmak üzere IBM ile bir dış kaynak sözleşmesi imzalanmıştır.

● Genel Müdürün (CEO) Doğrudan Katılımı

Havayolları normal olarak oldukça muhafazakârdır ve riskten kaçınırlar. Sistemleri ve uygulamaları uzun süre kullanırlar. Ancak günümüzde durum değişmektedir. Büyük veri bakımından BT geçmişten daha stratejik bir role sahiptir. Geçmişten farklı olarak artık bir projenin ilk aşamalarında bile CEO’nun katılım ve ilgisi gözlenmektedir.

● Hizmet Yönelimli Anlayış

İşletmelerde hizmet yönelimi (service-orientation) konusunda çok fazla ilerleme kaydedilmesine rağmen, birçok gelişme hizmet yönelimine tam geçiş yerine, çoğunlukla “goods-dominant” (G-D) mantığının uyarlamaları halindedir. Bu temel kayma, Lufthansa'nın “BT destekli” hizmet girişimlerini nasıl kavramsallaştırdığı, işletme dönüşümü ve hizmet inovasyonuna nasıl yaklaştığı konusunda bazen ince ama derin sonuçlara yol açmaktadır. Eski bilet satış modelinden en iyi “deneyimi” sunmaya doğru geçişte, Lufthansa hâlâ G-D mantığına hapsolmuş durumdaydı.

Örneğin, Lufthansa'nın benzersiz bir varlığı vardır – uçuş süresince saatlerce koltuklarında oturan yolcu (uzun süre oturmaktan sıkılan bir yolcu!). Bu yolcuları



tek tek tanıyorlar ve yolcuların zamanlarını, kendi tercihlerine göre, örneğin uçakta seyahat sırasında iş çalışmalarını devam ettirebilmek, online alışveriş yapmak, seyahatlerinin varış noktası için etkinlik rezervasyonu yapmak vb. için kullanmalarına yardımcı oluyorlar. Bu gerçek, mükemmel müşteri hizmetlerinin yan ürünüdür.

● BT Modasını Dikkatli Takip Etme

BT Modası, bilişim teknolojisinin yeni, verimli ve pratikte ön planda olduğuna dair geçici bir kolektif inanç olarak tanımlanmaktadır. Moda belirleyicileri, yeniliğin benimsenmesini etkilemek için “yenilik uygulanmalı, yoksa başarısız olunur” şeklinde bir söylem tuttururlar. Lufthansa, çoğunluğa uymayıp, kendi ihtiyacının farkına varana kadar etkilenmemiştir. Lufthansa’ya göre, büyük veri medya tarafından iddia edildiği gibi “teknolojide kuantum sıçraması” değil, daha fazla verinin daha hızlı işlenmesi ve özellikle yapılandırılmamış verinin işlenmesidir. En önemlisi, büyük verinin benimsenmesi teknoloji değil, iş ihtiyaçları ve iş önerileri tarafından yönlendirilmiştir.

● Büyüme ve Entegrasyon İçin Mimari Temel

Lufthansa’nın uygulama alanı (application landscape) karmaşıktır. Altyapıları coğrafi olarak dağılmış ve çeşitli veri merkezlerine yerleştirilmiştir. 350’den fazla karmaşık uygulama kullanılmaktadır. İyileştirme için en önemli öncelik veri yönetimidir. Lufthansa grubunun çeşitli havayolları bulunduğu verinin kapsamına dikkat etmek önemlidir; başka bir deyişle hangi veri hangi havayoluna aittir? Lufthansa’nın büyük veri eforlarından biri kişiselleştirilmiş deneyim uygulamaları ve müşteri profilinin çıkartılmasıdır. Buradaki zorluk, verileri bir araya getirerek tüm müşterilerin bilgileri için tek bir doğruluk noktası oluşturmaktır. Veriler uygulama alanının her tarafına dağılmıştır.

Lufthansa’nın en büyük başarılarından biri “Service Oriented Architecture” (SOA) uygulamasıdır. SOA, büyük şirketlerin örgütsel çevikliği elde etmenin ve iş ile BT’yi uyumlandırmanın maliyet etkin bir anahtarı olarak gördükleri birincil teknolojidir.

SOA’nın teknik ilkeleri şunlardır: birlikte çalışabilirlik, gevşek bağlantı, paylaşılan hizmetlerin yeniden kullanımı ve bileşen hizmetlerinin dinamik “yönetilmesi” için açık standartlar. SOA gelecekteki büyüme ve entegrasyon için sağlam bir altyapı temelidir. SOA ile Lufthansa eski uygulamaları yeni uygulamalara bağlamaya izin veren büyük bir Kurumsal Hizmet Veri Yolu’na sahiptir. Örneğin, büyük veri sistemi uygulamasında, sürekli ve hızlı teknoloji değişiklikleri nedeniyle, yeni ve eski sistemlerin sürekli olarak entegre edilmesi gerekir.

● Dışarıdan Tedarik ve Tedarikçi Yönetimi

Büyük verinin uygulanması için dışarıdan tedarik Lufthansa’nın ana stratejisidir. Kasım 2014’te Lufthansa, BT altyapı hizmetleri bölümünü ve personeli devralacak IBM ile 1,25 milyar dolarlık bir dış tedarik anlaşması imzalamıştır. Lufthansa dış kaynak kullanımında uzun bir geçmişe sahiptir. Altyapı ve uygulamaları her zaman ayırmaktadır. Lufthansa’da şirket içi geliştirici (developer) bulunmamaktadır.

● Yetenek Planlama

Şirket içinde yapay zekâ uzmanlığını ve bilgisini biriktirmek gerekmektedir. Lufthansa’nın komuta ve kontrol merkezlerinde birçok veri uzmanı vardır. Bu uzmanlar verileri “yönlendirmek” amacıyla sürekli iyileştirmeye çalışıyorlar. Şüphesiz veri bilimcileri gibi bazı uzmanlar zor bulunmakta ve onları işe almak zor ve pahalı olabilmektedir. Bu husus, stratejik uygulama planlamasında dikkatli bir şekilde ele alınmalıdır.

10. GİZLİLİK VE ETİK AÇIDAN DEĞERLENDİRME

Büyük verinin ortaya çıkması nedeniyle, havacılık endüstrisinde mahremiyet ve etikle ilgili sorunlar daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır^[9].

İlk olarak, bilgi toplama ve saklama aşamasında bazı gizlilik sorunları ortaya çıkabilmektedir. Önemli ekonomik ve sosyal faydaları bünyesinde barındıran büyük veri sayesinde, bugün bireyler hakkında hiç bir çağda olmadığı kadar bilgiye sahip olunabilmektedir. Bu durum ise **kişisel veri mahremiyeti** kurallarının uygulanması bakımından birtakım zorlukları beraberinde getirmektedir.

Büyük verinin getirdiği faydaların mahremiyete ilişkin kurallar karşısında korunarak dengenin tesis edilmesinin önem arz ettiği görülmektedir. Nitekim, büyük veride kişisel olmayan birkaç veri setinin kullanılarak profillemeye yapılabilmesi, hatta kişisel olmayan verilerden yepyeni kişisel bilgilerin ortaya çıkarılabilmesi, kişisel veriler ile kişisel olmayan veriler arasında ayırım öngören modern mahremiyet düzenlemelerinin hâlâ uygulanabilir olup olmadığını sorgulanır hale getirmiştir.

Söz konusu düzenlemelerin temel ilkelerinden biri olmaya devam eden kişisel verilerin bireyin rızasına dayanan, amaçla bağlantılı, sınırlı ve ölçülü işlenmesi temel kabulünün büyük veri çağında uygulanmasının oldukça güçleştiği görülmüştür. Zira büyük veriye dayalı iş modellerinde uzun süreler boyunca büyük miktar ve çeşitlilikte verinin hızla toplanması gerektiği görülmüştür. Bu doğrultuda, büyük veri tekniklerinin mevcut mahremiyet düzenlemeleri üzerinde genel bir revizyonu gerektirecek biçimde önemli bir baskı oluşturduğu görülmüş, büyük veri çağında kişisel veri işleme kurallarının yeniden yorumlanması ihtiyacı doğmaktadır.

Uluslararası örnekler dikkate alındığında, Türkiye’de mevcut düzenlemelerin büyük veri uygulamalarının veri koruma hukukuna etkilerine ilişkin sorunları çözmede yeterli olmadığı tespit edilmiştir.

Kişisel verilerin büyük veri gibi yenilikçi teknolojiler karşısında korunması için değiştirilmesi güç katı hukuki metinler yerine, bu teknolojilerden yararlanılmasını kolaylaştıran temel ilkelerin yorumlanmasını ve yol göstericiliğini güçlendiren yeni düzenleme ve politikaların belirlenmesi önem arz etmektedir.

6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu’nda yer alan rızaya ilişkin sorumluluğun bireyden veri işleyenlere kayması gerektiği, veri toplama ve veri kullanımı süreçlerinin ayrı ayrı değerlendirilmesi gerektiği tespit edilmiştir. Ayrıca Kanun’da yer almayan tasarımdan itibaren güvenlik ilkesinin mevzuata kazandırılması ve söz konusu ilkenin veri sorumlularınca nasıl uygulanması gerektiğine ilişkin rehberlerin yayımlanması önem arz etmektedir.

Büyük veriyle giderek yaygınlaşan verinin ikincil kullanımları alanında ortaya çıkacak yeni durumların ilgililere bildirilmesini öngören düzenlemelerin hayata geçirilmesi gerektiği görülmektedir. Bu kapsamda şeffaflık artırıcı mekanizmalardan biri olan, bireylerin kişisel verilerine

makinalar tarafından okunabilir formatta erişim sağlama imkânının tanınması gerektiği değerlendirilmektedir.

Yapılan araştırmalarda algoritmalara dayalı karar alma eğilimindeki artış dikkate alınarak, Türkiye’de kişisel veri işleyen aktörlerce sonuca ulaşmada kullanılan kriterlerin kamuoyuna açıklanması zorunluluğu getirilmesi, bu çerçevede, bireylere haklarında oluşturulan çıkarımlara karşı koyabilmeleri için uygun mekanizmaların ve süreçlerin veri sorumluları tarafından sunulması gerektiği tespit edilmiştir.

Büyük veri temelli karar verme süreçlerinin giderek yaygınlaşması dikkate alınarak, Türkiye’de büyük kapsamlı veri işleme faaliyetleri bakımından veri koruma görevlisi belirlenmesine ilişkin kanuni düzenleme yapılması gerektiği, büyük veri işleyenlerin gerekli teknik önlemleri almakla yükümlü kılındığı artırılmış bir sorumluluk rejiminin bu alanda faydalı olduğu değerlendirilmektedir. Bu çerçevede, teknik çözümleri idari ve yasal önlemlerle birleştiren yaklaşımların mevzuata yansıtılması önem arz etmektedir. Ayrıca, büyük çapta veri işleyen kuruluşların analiz ettikleri dijital verilerin aslında insan hayatını temsil ettiğinin hatırlatılması ihtiyacına yönelik düzenlemelerin hayata geçirilmesi faydalı görülmektedir.

Türkiye’de de büyük veri alanında mahremiyet risklerinin önlenmesi amacıyla, eğitim ve farkındalık çalışmalarının hayata geçirilmesi gerekmektedir. Türk yargı kararlarında da yer alan “unutulma hakkı”nın 6698 sayılı Kanun ile düzenlenmesi önem arz etmektedir.

Büyük veri işleyen küresel ölçekte güçlü veri aktörlerine karşı mevzuatın güçlü bir biçimde uygulanabilmesi için, Kişisel Verileri Koruma Kurumu’nun nitelikli teknik ve hukuki personel ihtiyacının en kısa sürede tamamlanması gerekmektedir.

Sınır ötesi veri aktarımının giderek arttığı mevcut durumda, uluslararası işbirliğiyle ülkeler arasındaki mahremiyet mevzuatının koordinasyonu ve uyumlaştırılmasının teşvik edildiği görülmektedir. Bu çerçevede, Türkiye’de uluslararası işbirliğinin tesisi amacıyla gerekli mekanizmaların düzenlenmesi ve AB’deki 29. Madde Çalışma Grubu gibi etkin bir mekanizma tesis edilerek yurtdışına aktarım şartlarının doğru bir şekilde ortaya konulması önem arz etmektedir^[5].

Bireylerden açıkça rızaları alınmış olsa dahi, meşru yollarla elde edilen verilerin kaydedilmesi, dönüştürülmesi veya kullanımı esnasında ortaya çıkabilecek sızıntılar, hizmet sağlayıcıların sebebiyet verdiği güvenlik açıkları ve operatör hatası gibi sebepler veri güvenliği alanında önemli sorunları beraberinde getirmektedir^[5]. Çok sayıda etik dışı şirket, izinleri olmadan havacılık sektörü tüketicilerinin bilgilerini toplamıştır. Bu şirketler, bazen kullanıcılarının bilgilerini güvenli bir şekilde koruyamamış, çok sayıda bilgi sızıntısı vakası gerçekleşmiştir. Bunlar kuşkusuz tüketiciler üzerinde olumsuz bir etkiye neden olmuş ve şirketlerin itibarını da zayıflatmıştır^[9].

Bir kullanıcı, tercih yönetimi yoluyla uçuşu için bir koltuk veya yemek tercihi yaptığında, rezervasyon numarası, pasaport numarası, tam isim ve diğer ilgili bilgiler Google ve Facebook vb. dahil yaklaşık 14 farklı üçüncü taraf takipçisine iletilebilmektedir. Neticede, ağdaki



kötü niyetli taraflar bilgileri yalnızca izlemekle kalmakta, elde edeceği bilgileri müşteri uçuşlarını değiştirmek, koltuklarını revize etmek, daha fazla ürün eklemek, pasaport bilgilerini değiştirmek gibi amaçlarla yeniden kullanabilmektedir^[9].

İkincisi, halkın da dikkatini çekebilen etik kaygılardır. Büyük veri havacılık şirketlerine birçok fırsat getirmiş olsa da, yanlış kullanılırsa birçok etik sorun da doğuracaktır. Her havayolu şirketi gelirlerini artırmak için yasal bir operasyon stratejisi olarak çifte rezervasyon taktiği uygulayabilmektedir. Ancak, bazı şirketlerin yaptıkları seçim etik değildi, çünkü uçakta çifte rezervasyona maruz kalan kullanıcıları analiz ederek indirimli fiyatlarla bilet alan yolcuları uçuşa binmemeleri için ikna etmişlerdir.

Haksız fiyat stratejisi ise bir diğer etik konudur. Çok sayıda gazete, belirli havayolu şirketlerinin veya platformlarının farklı kişilere farklı fiyat stratejileri uyguladığını yazmıştır. Yoğun kullanıcılara daha yüksek fiyatlar teklif edilmiştir. Kullanıcı büyük veri analizi ile tespit edildi ise, bu tüketici daha yüksek bir fiyat teklifi de alabilmektedir. Bu stratejilerin etik dışı olmadığı vurgulansa da, bu konularda tüketicilerin çıkarlarının korunmasına yönelik taleplerin ilgili yönetmeliklerde açık bir şekilde yer aldığı göze çarpmaktadır^[9].

11. SONUÇ

Havacılık endüstrisinde zaman paradır ve havacılık şirketleri sonuç ister. Günümüzde bunu etkin bir şekilde yapmanın yolu, olası kısa, orta ve uzun vadeli ilerlemeleri göstermek için mümkün olduğunca çok veriyi analiz etmektir. İşletmeler tarafından ele alınacak veri hacminin büyüklüğü büyük veri analitiği gerektirir. Böylelikle sektördeki şirketler, hem içeriden hem dışarıdan büyük miktarlarda veriyi toplama ve yönetme yeteneklerini yapay zekâ, makine öğrenmesi ve derin öğrenme kabiliyetleri ile birleştirerek kendilerini rakiplerinden ayırabilir ve pazarın zirvesinde kalabilir^[2].

Bir havayolu şirketi büyük veri kullanımı ve dijitalleşme ile önemli tasarruflar elde edebilecektir. Örneğin

öngörücü bakımdan yaklaşık 3 milyar dolar tasarruf sağlayabilir. Hız ve irtifa optimizasyonu, pilotların fırtınadan kaçınmasını sağlayan canlı hava durumu araçları ile yakıt maliyetlerinde yaklaşık 1,7 milyar dolar tasarruf elde edilebilir. Uçuşta her gecikme dakikasının yaklaşık 80-100 dolarlık bir maliyeti vardır. “Turnaround” gecikmeleri azaltılabilirse, endüstri genelinde yaklaşık 0,8 milyar dolarlık tasarruf sağlanabilecektir^[56].

Günümüzde büyük veriye geçiş yaparken söz konusu olan finansal riskler büyük veri çözümleri sunan birçok teknoloji sağlayıcısının yoğun rekabet içinde olması sayesinde azalmıştır. Büyük verinin uzun vadeli geleceğini tahmin etmek zordur. Bununla birlikte, kısa ve orta vadede, havacılık endüstrisi bu teknolojiden önemli faydalar elde etme potansiyeline sahiptir^[11].

Sektördeki paydaşlar büyük veri ve analitiğinin kendi iş modelleri, stratejileri ve değer yaratma üzerindeki etkilerinin de farkında olmalıdır. Etkin veri analitiği paydaşların faaliyetlerini yönetmede daha reaktif ve verimli olmalarını sağlar^[3].

Sektörde büyük veriden değer yaratan ve ekonomik faydasının farkına varan paydaşlar, söz konusu alanda uzmanlık ve liderlik hususunda, daha en başından oldukça avantajlı konumda bulunmaktadır. Zira teknolojik sistemlere ve altyapıya hâkim olan paydaşlar bu alanda kalıcı düzenlemeleri, yaklaşımları, standartları ve uygulamaları belirlemektedir^[5]. Bu paydaşlar; pazardaki eğilimleri tanımlama, hedeflenmiş hizmetler sunma, müşteri sadakatini artırma ve şirketlerini rakiplerinin önüne geçirecek fırsatları öngörme bakımından sektörde her zaman bir adım önde olacaklardır^[43].

Ülkemizde de bu durumu çok iyi bir şekilde analiz eden Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, 2018 Faaliyet Raporunda yer alan ve 2018-2020 yıllarını kapsayan orta vadeli programda, yazılım sektörüne yönelik Ar-Ge, yurt dışına açılım ve kümelenme destek ve yatırımlarında büyük veri alanını öncelik verilecek alanlar arasında göstermiştir^[72].

Bu çerçevede havacılık endüstri oyuncularının kendilerine sormaları gereken soru, lider mi olacakları, yoksa takipçi olarak mı kalacaklarıdır^[29].

KAYNAKÇA

- [1] “Big Data Nedir? Kullanım Alanları Nelerdir?” 02 Ocak 2019
URL:<https://www.tercihiniyap.net/ozel-haber/big-data-nedir-kullanim-alanlari-nelerdir-h6397.html>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [2] Filomena Izzo, “Management Transition to Big Data Analytics: Exploratory Study on Airline Industry”, International Business Research; Vol. 12, No. 10, pp. 48-56, 2019
- [3] K.Himmi , J.Arcondara , P.Guan , W.Zhou, “Value Oriented Big Data Strategy: Analysis & Case Study”, Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences, p. 1053 – 1062, 2017
- [4] Aircraft big data entering the skies of next-generation maintenance, 04 May 2016, Consultancy.UK
URL:<https://www.consultancy.uk/news/11961/aircraft-big-data-entering-the-skies-of-next-generation-maintenance>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [5] Ayşe Nur AKINCI, “Büyük Veri Uygulamalarında Kişisel Veri Mahremiyeti”, Uzmanlık Tezi, Yayın No: 0001, Sektörler ve Kamu Yatırımları Genel Müdürlüğü, T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Şubat 2019
- [6] URL:<https://www.opentracker.net/article/how-big-data-is-transforming-the-aerospace-industry>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [7] R.M.A.Valdés, V.F.G.Comendador, A.R.Sanz, J.A.P.Castán, “AVIATION 4.0: More Safety Through Automation And Digitization”, Chapter 2, Aircraft Technology, pp 25-42, IntechOpen, Septrtember 2018
- [8] Industrial Internet Insights Report for 2015, Accenture,
URL: https://www.accenture.com/t20150523T023646_w_us-en/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Dualpub_11/Accenture-Industrial-Internet-Insights-Report-2015.pdf, (Erişim zamanı; Aralık, 04, 2019)
- [9] V.Chang, Z.Ji, and M.Arami, “Privacy and Ethical Issues of Big Data in the Airline Industry”, Oral Presentation, FEMIB 2019 International Conference on Finance, Economics, Management and IT Business, May 4th 2019
- [10] “AI And Big Data: Two Major Parts of The Digital Future”, URL: <https://hackernoon.com/ai-and-big-data-two-major-parts-of-the-digital-future-2f9c7c5e813a>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [11] AI In Aviation, Whitepaper, IATA, 2018
- [12] P.Jeffcock, “What’s the Difference Between AI, Machine Learning, and Deep Learning?”, 11 Temmuz 2018, URL: <https://blogs.oracle.com/bigdata/difference-ai-machine-learning-deep-learning>, (Erişim zamanı; Aralık, 04, 2019)
- [13] <https://www.argility.com/argility-ecosystem-solutions/iot/machine-learning-deep-learning/>, (Erişim zamanı; Aralık, 4, 2019)
- [14] “Veri bilimi ve makine öğrenimi”, IBM, URL:<https://www.ibm.com/tr-tr/analytics/machine-learning>, (Erişim zamanı; Aralık, 4, 2019)
- [15] K.Sultan, H.Ali, Z.Zhang, “Big Data Perspective and Challenges in Next Generation Networks”, MDPI Future Internet – Open Access Journal, Haziran 2018
- [16] K.D.Julian, M.J.Kochenderfer, M.P.Owen, “Deep Neural Network Compression for Aircraft Collision Avoidance Systems”, Journal of Guidance, Control and Dynamics, pp.1-11, Kasım 2018
- [17] G.Burmester, H.Ma, D.Steinmetz, S.Hartmann, “Big Data and Data Analytics in Aviation”, Advances in Aeronautical Informatics, pp 55-65, Springer, 2018
- [18] Lei Zhu, Guodong Zhu, Lei Han, Nan Wang, “The Application of Deep Learning in Airport Visibility Forecast”, Atmospheric and Climate Sciences, 2017, 7, pp 314-322
- [19] Erhan AKDOĞAN, Ph.D, “Mekatronik Mühendisliği Uygulamalarında Yapay Zekâ Makine Öğrenmesi”, 2017, URL: <http://ytubi-omechatronics.com/wp-content/uploads/2017/10/Makine-Ogrenmesi.pdf>, (Erişim zamanı; Aralık, 4, 2019)
- [20] M.Ali AKÇAYOL, “Büyük Veri İçin İstatistiksel Öğrenme”, Gazi Üniversitesi, Bilgisayar Müh. Bölümü, Aralık 2018
- [21] “Yapay Zekânın Gelişimi ve Farklı Sektörlerde Kullanımı”, İşnet Blog, 23 Kasım 2018, URL: <https://www.isnet.net.tr/Blogicerik/yapay-zekanin-kullanim-alani-isnet-blog>, (Erişim zamanı; Aralık, 4, 2019)
- [22] Chang-Geun Oh, “Application of Big Data Systems to Aviation and Aerospace Fields; Pertinent Human Factors Considerations”, International Symposium on Aviation Psychology, Dayton, USA, Mayıs 2017
- [23] “Big Data’nın (Büyük Veri) Endüstriyel Kullanımı”, URL:<https://www.endustri40.com/big-datanin-buyuk-veri-endustriyel-kullanimi/>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [24] A.Cook ve D.Rivas, Complexity Science in Air Traffic Management, Routledge, 2016
- [25] H.M.Chen, R.Schütz, R.Kazman, F.Matthes, “Amazon in the Air: Innovating with Big Data at Lufthansa”, 49th Hawaii International Conference on System Sciences, 2016
- [26] S. Bayrakçı, M. A. Albayrak, “Büyük Verinin Akademik Çalışmalarda Kullanımı Üzerine Mukayeseli Bir Veri Tabanı Araştırması”, AJIT-e: Online Academic Journal of Information Technology, Winter – Vol: 10 - No: 36, Şubat 2019
- [27] Muhammet Atalay, Enes Çelik, “Büyük Veri Analizinde Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi Uygulamaları”, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt: 9, Sayı: 22, Sayfa 155-172, Aralık 2017
- [28] Radu BONCEA, Ionuț PETRE, Dragoș-Marian SMADA, Alin ZAMFIROIU, “A Maturity Analysis of Big Data Technologies”, Informatica Economică vol. 21, no. 1, sayfa 60-71, 2017
- [29] O.Wyman, “The Data Science Revolution That’s Transforming Aviation” Haziran 16, 2017, URL:<https://www.forbes.com/sites/oliverwyman/2017/06/16/the-data-science-revolution-transforming-aviation/#70061cf67f6c>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [30] “Big Data applications in digital transformation of airports”, 02.01.2018, URL:<https://www.smithsdetection.com/insight/aviation/digitisation-aviation-industry-part-3/>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [31] Eric Leopold, “The Roadmap To The Digital Airline”, The International Air Transport Association (IATA), CIO Review, 2019, URL:<https://aviation.cioreview.com/cxoinstight/the-roadmap-to-the-digital-airline-nid-28541-cid-209.html>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [32] The Basic Guide to ONE Order - Version 2018-05, IATA, 2018
- [33] “The Global Impact of Digital Transformation in Commercial Aviation – 2017”, Frost & Sullivan, Ocak 2018
- [34] O.Wyman, “The Data Science Revolution That’s Transforming Aviation”, Forbes Magazine, Haziran 2017
- [35] R.Burbaite, “Digital transformation in aviation: Big data, IoT, AI & mobility”, 17 Eylül 2019, URL:<https://www.aerotime.aero/ruta.burbaite/23948-digital-transformation-in-aviation-big-data-iot-ai-mobility>, (Erişim zamanı; Aralık, 4, 2019)
- [36] T.Larsen, “Cross-platform aviation analytics using big-data methods”, Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS), 2013
- [37] “9 incredible ways data analytics is transforming airlines”, URL:<https://blog.datumize.com/9-incredible-ways-data-analytics-is-transforming-airlines>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)

- [38] “How Big Data Helps Today’s Airlines Operate”, URL:<https://www.kdnuggets.com/2017/04/big-data-airlines-operate.html>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [39] “Havacılık Endüstrisi Büyük Veri İle Yükseliyor”, GE Türkiye Blog, 30 Ocak 2018, URL:<https://geturkiyeblog.com/havacilik-endustrisi-buyuk-veri-ile-yukseliyor/>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [40] Victor Emmanuell BADEA, Alin ZAMFIROIU, Radu BONCEA, “Big Data in the Aerospace Industry”, Informatica Economică, Vol. 22, no. 1, pp. 17-24, 2018
- [41] “Havayollarının Elindeki Gizli Hazine; Big Data”, 12 Mart 2017 URL:<https://www.kokpit.aero/havayollarinin-elindeki-gizli-hazine-buyuk-veri>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [42] Havayolu Sektörü Büyük Veriden Nasıl Yararlanıyor? URL: <https://www.exastax.com.tr/buyuk-veri/havayolu-sektoru-buyuk-veriden-nasil-yararlaniyor/>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [43] “Büyük Veri Analizi Seyahat Sektörünü Nasıl Şekillendiriyor?” URL:<https://www.exastax.com.tr/veri-analitigi/buyuk-veri-analizi-seyahat-sektorunu-nasil-sekillendiriyor/>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [44] Andriy Moroz, “How Airlines Can Benefit From Big Data”, 13 Aralık 2017, URL:<https://sigma.software/about/media/how-airlines-can-benefit-big-data>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [45] “Big Data in Aviation”, URL: <http://bigdataspace.weebly.com/aviation.html>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [46] W.Zhaobing, W.Yi, C.Shimeng, “Application architecture and typical cases of big data technology in health management of civil aircraft system”, Vibroengineering PROCEDIA, Vol. 22, 2019, pp.19-24, March 2019
- [47] Dr.T.Larsen, “Big Data: Transforming Flight Operations”, 9th Annual Flight Operations Conference, December 2015
- [48] T.Hoyland, C.Spafford, A.Medlan, O.Wyman, “BIG DATA – A LION OR A LAMB?, Innovation and Adoption In Aviation MRO”, MRO SURVEY 2016
- [49] E.Casado, R.Rodríguez, P.Taboso, and J.García, “Information Security in Future Air Traffic Management Systems”, Journal of Aerospace Information Systems, Vol. 13, No. 3, pp. 101-112, 2016
- [50] Smart Airport: How Technology Is Shaping The Future Of Airports, 2017, URL: www.wavestone.com (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [51] Arthur D.Little, “Airport Digital Transformation”, Araştırma Raporu, AMADEUS, Ekim 2018
- [52] Milanamos and the bigger picture of big data, <https://milanamos.com/heathrow-airports-big-data/>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [53] “Havacılık Endüstrisinin Geleceği Büyük Verilerle Şekilleniyor!”, 12 Mart 2019, URL:<https://geturkiyeblog.com/havacilik-endustrisinin-gelecegi-buyuk-verilerle-sekilleniyor/>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [54] “Internet of Flying Things”, White Paper, Aircraft IT MRO, pp.28-33, Ekim-Kasım 2015 |
- [55] “MRO and Big Data”, White Paper, Aircraft IT MRO, pp. 30-32, Temmuz/Ağustos 2014
- [56] “Big Data: Racing to platform maturity”, Aircraft IT MRO, pp 38-46, Winter 2018-2019
- [57] O.Wyman, “MRO Survey 2019”, URL: https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/v2/publications/2019/apr/20190408_MRO_Survey_2019_ONLINE_vF.pdf, (Erişim zamanı; Aralık, 4, 2019)
- [58] “THY ile Huawei Yapay Zekâ İş Ortaklığı Yapıyor”, 5 Temmuz 2019, URL: <https://turk-internet.com/thy-ile-huawei-yapay-zeka-is-ortakligi-yapiyor/>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [59] Türk Hava Yolları 2017 Faaliyet Raporu
- [60] T.Okamoto, “How AI helps Japan Airlines personalize the travel experience”, July 16, 2019, URL:<https://www.ibm.com/blogs/client-voices/ai-personalizes-japan-airlines-travel-experience/>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [61] “Japan transport firms using big data to improve safety” URL: https://disruptivetechasean.com/big_news/japan-transport-firms-using-big-data-to-improve-safety/, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [62] R.Felkel, D.Steinmann, F.Follert, “Hub Airport 4.0 – How Frankfurt Airport Uses Predictive Analytics to Enhance Customer Experience and Drive Operational Excellence”, Digital Marketplaces Unleashed, pp 443–453, Springer, 2017
- [63] “Dijital ve akıllı İstanbul Havalimanı dünyaya kapılarını açtı.”, 7 Mart 2019, <https://www.platinonline.com/teknoloji/dijital-ve-akilli-istanbul-havalimani-dunyaya-kapilarini-acti-952582>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [64] BT Haber - Özel Yayın, İGA, <https://www.bthaber.com/PDF/IGA.pdf>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [65] The Amazing Ways Dubai Airport Uses Artificial Intelligence, Artificial Intelligence, July 26, 2019, URL: <https://wired.me/technology/artificial-intelligence/dubai-airport-big-data-passenger/>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [66] Top 7 Airport Technology Trends of 2019, July 31, 2019, <https://blog.mobility.here.com/top-7-airport-technology-trends-of-2019>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [67] Z.Huai, “How big data and AI will transform Shenzhen Airport”, Shenzhen Airport Group, Aralık 2018, URL: <https://www.huawei.com/en/about-huawei/publications/winwin-magazine/32/shenzhen-airport-digital-platform-and-ai>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [68] How Heathrow transformed using analytics for the people, 18 Ekim 2018, URL: <https://www.computerweekly.com/news/252450787/How-Heathrow-transformed-using-analytics-for-the-people>, (Erişim zamanı; Kasım, 15, 2019)
- [69] P.Saunders, J.L.Knolla, “Drinking from the Fire Hose – Modern aircraft and big data”, AIRCRAFT IT MRO, August/September 2015
- [70] A. Gruenheid, X.L. Dong, D. Srivastava, “Incremental record linkage”, Proc. VLDB Endow. 7(9), pp.697–708, 2014
- [71] S. Sarkar, X. Jin, A. Ray, “Data-driven fault detection in aircraft engines with noisy sensor measurements”. J. Eng. Gas Turbin. Power 133(8), 081602, 2011
- [72] Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Faaliyet Raporu 2018, Şubat 2019



thinktech
STM Teknolojik Düşünce Merkezi
<http://thinktech.stm.com.tr>

