

## Uçuş Planlamada Yapay Zeka Uygulamaları 8

Ali Akbaba<sup>1</sup>

### Özet

Yapay zekâ (AI-Arifical Intelegence) uygulamaları birçok sektörde kendisine kullanım alanı bulmuştur. Başka bir ifade ile Yapay zekâ uygulamalarının süreçlerini etkilemediği sektör yok gibidir. Günümüzde hava trafiğinin yoğunluğu yönetilmesi ilave önlemler gerektiren bir seviyeye ulaşmıştır. Herhangi bir zamanda uçuş gerçekleştiren on binlerce uçak bulunmaktadır. Bu büyümeyi yönetebilmek için havacılık sektörü de yapay zekâ uygulamalarından faydalanabilir. Bir havayolu süreci olan uçuş planlama yapay zekanın kullanıldığı alanlardan biri olabilir. Bu çalışmada uçuş planlama sürecinde yapay zekâ uygulama gelişmeleri literatürden araştırılarak ortaya konmaktadır. Literatür taraması sonucunda AI-tabanlı uçuş planlama programları ile ilgili çalışmalar ve sektör uygulamaları olduğu görülmüştür. Makine Öğrenimi algoritmaları ile geçmiş meteoroloji raporlarını kullanarak öngörülerin doğruluk oranını arttırma hususunda çalışmalar ve uygulamalar mevcuttur. Aynı zamanda uçuş sahası limiti, kalkış saati, zaman pencereleri ve rota bağlantısı gibi kısıtlamaları analiz eden AI modellerinin içerdikleri makine öğrenmesi algoritmaları yöneticilere ve uçuş harekât uzmanının rota tercihi sunarak optimizasyon sağlanmasına katkıda bulunmaktadır. Gelişmeler gösteriyor ki İleride büyüyen hava trafiğini yönetebilmek için uçuş planlama programlarının, sefer öncesi planı hazırladıktan sonra uçuş boyunca seferin izlenmesi (monitör etmek) ile oluşabilecek değişiklikleri entegre eden proaktif bir nitelikte olması gerekmektedir. AI uygulamaları bu dönüşümü sağlayabilecek yeterlilikte görünmektedir.

### Giriş

Günümüzde hava trafiğinin yoğunluğu yönetilmesi ilave önlemler gerektiren bir seviyeye ulaşmıştır. Herhangi bir zamanda uçuş gerçekleştiren on binlerce uçak bulunmaktadır (Simorgh et al., 2024; Wang et al., 2025). Uçuş planının amacı bir uçağın iki nokta arasındaki uçuşunun emniyetli

1 Dr Öğretim Üyesi, İstanbul Topkapı Üniversitesi, aliakbaba@topkapi.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-1745-8029

şekilde gerçekleştirilebilmesi için şartlara uygun hazırlanan planı hem ATC'ye (Air Traffic Control-hava trafik kontrol) hem de sefer kaptanlarına göndererek koordinasyonu sağlamaktır.

Yapay zekâ (AI), insana ait bazı özellikleri kullanarak, bilgisayar sistemi ve algoritma oluşturma bilimi şeklinde tanımlanabilir. İnsana ait kullanılan özelliklere öğrenme, problem çözme, karar verme gibi fonksiyonlar örnek olarak verilebilmektedir (Golec et al., 2025; Grzybowski et al., 2024). Bu bölümde uçuş sürecin planlanmasında yapay zekâ uygulamalar ile ilgili çalışmalar ve sektör yapay zekâ kullanımı ile ilgili literatür taraması yapılarak hangi AI modellerin öne çıktığı belirtilecektir. Ve gelecekte yapay zekanın uçuş planlamadaki rolü aktarılacaktır.

Literatür taraması sonucunda AI-tabanlı uçuş planlama programları ile ilgili çalışmalar ve sektör uygulamaları olduğu görülmüştür. Makine Öğrenimi algoritmaları ile geçmiş meteoroloji raporlarını kullanarak öngörülerin doğruluk oranını arttırma hususunda çalışmalar ve uygulamalar mevcuttur. Aynı zamanda uçuş sahası limiti, kalkış saati, zaman pencereleri ve rota bağlantısı gibi kısıtlamaları analiz eden AI modellerinin içerdikleri makine öğrenmesi algoritmaları yöneticilere ve uçuş harekât uzmanı rota tercihi sunarak optimizasyon sağlanmasına katkıda bulunmaktadır.

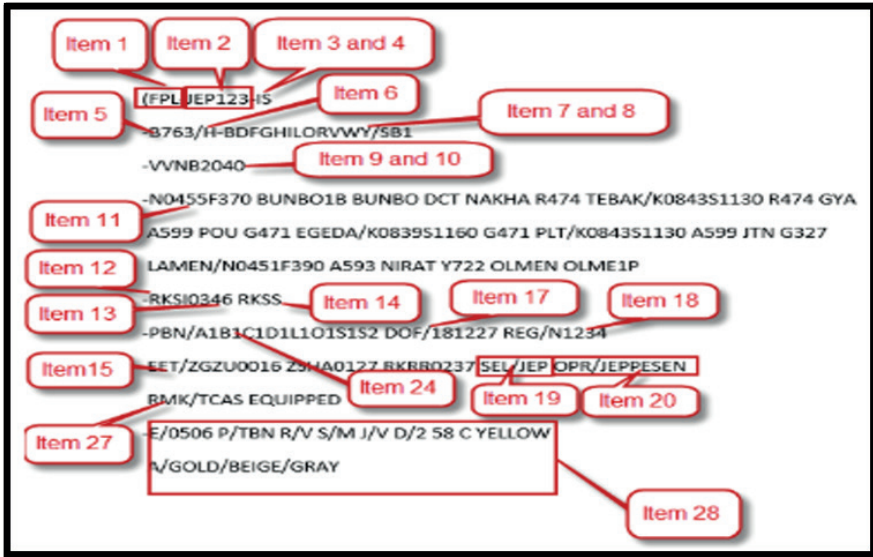
İleride büyüyen hava trafiğini yönetebilmek için uçuş planlama programlarının, sefer öncesi planı hazırladıktan sonra uçuş boyunca seferin izlenmesi (monitör etmek) ile oluşabilecek değişiklikleri entegre eden proaktif bir nitelikte olması gerekmektedir. AI uygulamaları bu dönüşümü sağlayabilecek yeterlilikte görünmektedir (IATA, 2024).

## 1. Uçuş Planı Kavramına Genel Bakış

Günümüzde hava trafiğinin yoğunluğu yönetilmesi ilave önlemler gerektiren bir seviyeye ulaşmıştır. Herhangi bir zamanda uçuş gerçekleştiren on binlerce uçak bulunmaktadır (Simorgh et al., 2024; Wang et al., 2025). Uçuş planının amacı bir uçağın iki nokta arasındaki uçuşunun emniyetli şekilde gerçekleştirilebilmesi için uçuşu planlayıp hem ATC'ye hem de sefer kaptanlarına bu planı göndererek koordinasyonu sağlamaktır. Bu koordinasyon uçuş planında yer alan rota, seviye, hız gibi bilgiler sayesinde gerçekleşmektedir. Başka bir ifade ile uçuş planı ATC üniteleri ile sefer kaptanları arasında içerdiği bilgiler sayesinde iletişim aracı görevi görmektedir. İlave olarak, ikaz arama kurtarma çalışmalarını kolaylaştırma ve güvenlik nedenleri de uçuş planının amaçlarından biridir (uzun et al., 2019). Uçuş planı üreterek ATC ve sefer kaptanlarına sunmak havayolları için uyulması mecburi bir faaliyettir. Uçuş planı ATC ve operasyonel olmak

üzere ikiye ayrılmaktadır (SKYbrary, Flight plan, N.D; SKYbrary, Flight Plan Completion, N.D; Eurocontrol, 2019).

ATC uçuş planı, bir uçağın icra edeceği seferle veya seferinin bir bölümüyle ilgili hava trafiğini yöneten ünitelere rota gibi belirli bilgiler sağlayan bir dokümandır (ICAO Ek 2: Hava Kuralları, 2004). Bu üniteler uçuş planının diğer paydaşı olan sefer kaptanlarında haiz olduğu bu bilgilerle koordinasyonu sağlayarak hava trafiğini emniyetli bir şekilde yönetmektedirler (SKYbrary, Flight plan, N.D; SKYbrary, Flight Plan Completion, N.D). Aşağıdaki şekil 1’de uçuş plan programları ile üretilen örnek bir ATC uçuş planı görülebilmektedir. Aşağıdaki şekil 1’deki kodların açıklamaları EK-1 de verilmiştir. ATC uçuş plan Genellikle bilgisayar sisteminde üretilip ATC ünitelerine gönderilmektedir. Diğer durumlarda ise manuel olarak doldurularak hava trafik ünitelerine gönderilir. Şekil 1’deki bilgiler Manuel ATC Flight plan formuna yazılarak ATC ünitelerine gönderilmektedir (Boing, 2018). EK-2’de boş bir manuel ATC uçuş plan formu yer almaktadır (Eurocontrol, 2019; IFR, ICAO FLIGHT PLAN, N.D).



planının geniş bir versiyonu olarak bildirilebilir ve aynı bilgileri içermektedir (SKYbrary, Flight plan, N.D; SKYbrary, Flight Plan Completion, N.D; Eurocontrol, 2019) EK-3'de örnek bir operasyonel uçuş planı görülmektedir (Researchgate, 2023).

Uçuş planları günümüzde genellikle teleks ile hava trafik ünitelerine gönderilmektedir. Bu birimler bu uçuş planına iki şekilde geri dönüş yapmaktadırlar (Eurocontrol, 2019; FAA, 2012);

- Kabul (acknowldge); bu mesaj uçuş planının onaylandığını belirtmektedir.
- Ret (reject); bu mesaj bir uçuş planının gerekçesi ile birlikte onaylanmadığını belirtmek amacını taşımaktadır.

Havayolları uçuşlarını karmaşık bir ortamda yürütmektedirler. Bu nedenle kabul edilmiş uçuş planlarında değişiklik yapma gerekliliği ortaya çıkabilmektedir; Aşağıdaki üç mesaj tipi ile bu değişiklikleri hava trafik ünitelerine bildirmektedirler (FAA, 2012; Eurocontrol, 2019);

- Gecikme (Delay); bir seferde gecikme olduğunda bunu bildirmek için hava trafik ünitelerine çekilen mesajdır.
- Değişiklik (Change); gecikme dışında uçuş operasyonla ilgili değişiklikleri bildirmek için hava trafik ünitelerine çekilen mesajdır.
- İptal (Cancel); bir sefer herhangi bir nedenden iptal edildiğinde hava trafik ünitelerine bildirmek için çekilen mesajdır.

Bir uçuş planı hazırlanırken genel olarak üç faktör dikkate alınmaktadır;

- Hava sahası bilgi yayınları
- Havacılık meteoroloji raporları
- Uçak arızaları

## 1.1 Hava Sahası Bilgi Yayınları

### 1.1.1 AIP

Havacılık Bilgi Yayını (AIP), bir ülkenin hava sahasını yönetmekte yetkili olan havacılık otoritesi tarafından ICAO ile iş birliği sonucu uçuş ile ilgili kurum ve kişiler için yayınlanan ve havacılık faaliyetlerinde gerekli olan kalıcı ve uzun süreli geçici nitelikte bilgileri içeren dokümandır (ICAO Ek-15, 2018). Uçuş planları hazırlanırken bu bilgiler, prosedürler ve kurallar kontrol edilerek uçuş operasyonun bu gerekliliklere uygun olarak hazırlanması emniyet açısından kritik önemdedir (Montazeri ve Montazeri, 2026).

### 1.1.2 NOTAM

NOTAM AIP’de yer almayan ve uçuş operasyon ile ilgili kurum ve kişilere uçuşları etkileyebilecek geçici veya sürekli değişiklikleri bildiren yayınlardır ve ilgili ülkenin havacılık otoritesi tarafından yayınlanmaktadır. “Notice to airmen (mission)” kelimelerini kısa bir şekilde ifade etmek amacıyla oluşturulmuş bir kısaltmadır (ICAO Ek-11, 2018; ICAO Ek-15, 2018). Havacılık otoritesi tarafından uçuş hareketiyle ilgili paydaşlara (kaptan gibi) NOTAM yayınları genellikle aşağıdaki hadiseleri bildirmek amacıyla hazırlanmaktadır (Montazeri ve Montazeri, 2026; Morâraşu and Roman, 2025; SKYbrary, Notam, N.D):

- Askeri ve sivil uçuş gösterilerin etkilerini duyurmak,
- VIP (very important person-Üst düzey ülke yetkilileri) seferlerinin etkilerini ilgili kişilere bildirmek,
- Pist, apron ve taksi yolları kısıtlamalarının etkilerini bildirmek,
- Hava sahası tahditlerinin veya kapalılıklarının etkilerini duyurmak,
- Pist, taksi yolları veya meydandaki herhangi bir çalışmanın (inşaat çalışması gibi) etkilerini bildirmek,
- Arızalı ya da kullanım dışı olan seyrüsefer ekipmanların etkilerini duyurmak,
- Askeri faaliyetlerin etkilerini duyurmak,
- Havaalanı çevresinde devamlı olmayan veya sürekli seferleri etkileyecek maniaları duyurmak,
- Yağmur, kar gibi yağışların piste uçuş operasyonu açısından etkilerini duyurmak (SNOWTAM).

Bu bildirimler farklı şekillerde yayınlansa da genellikle ICAO formatında iletilmektedir. Aşağıda ICAO formatında yayınlanmış bir NOTAM örneği görülebilmektedir (ICAO, (2018);

A1543/24 NOTAMN

Q) LTAA/QNDAS/IV/BO/AE/000/999/3652N03047E025

A) LTAI B) 0407011250 C) 0410011250

E) ANT DME CH28XOUT OF SERVICE

Yukarıdaki bildirim kısaca aşağıdaki şekilde kodlanabilmektedir (ICAO Ek-15, 2018):

- A1543; notam yayın numarası,

- 24; notamın yayınlandığı yıl,
- N (NOTAMN); yeni (New) bildirim,
- Q; hava sahasını, notamın konusunu, etkilediği uçuş tipini ve etkilediği koordinatları bildiren kodların yer aldığı kısım,
- A) LTAI: havaalanının ICAO kodu (Antalya),
- B) 2407011250 C) 2410011250; bildirimin başladığı ve bittiği tarihi göstermektedir (01 Temmuz 2024 saat 1250utc'de başlayacak ve 01 Ekim 2024 saat 1250utc'de bitecek)
- E) ANT DME CH28XOUT OF SERVICE; bildirimin text şeklinde konusunun belirtildiği kısımdır.

Yukarıdaki örnekte de görüleceği gibi bu bildirimlerin uçuş planına etkileri incelenerek emniyetli bir uçuş planı oluşturmak kritik önemdedir. Bu bildirimler inilecek ve kalkış yapılacak pist, uçulacak rota, tüketilecek yakıt gibi önemli hususları etkileyebilmektedir.

## 1.2. Havacılık Meteoroloji Raporları

Havacılık operasyonlarının emniyetli, etkin, ekonomik ve çevreye en az zarar verecek şekilde icra edilmesinde havacılık meteoroloji raporları kritik önemdedir. Sis, kar gibi bazı meteorolojik hadiseler operasyonun planlandığı gibi gerçekleşmesine engel olabilmektedir. Bu sebeple, meteoroloji raporları mevcut hava durumu koşulları ve gelecekteki olması muhtemel hava durumu tahminleri ile ilgili riskler konusunda havacılık paydaşlarını bilgilendirmektedir (Kwasiborska et al., 2023). ICAO Ek 3'e göre her ICAO üyesi ülke uluslararası hava ulaşımı için meteoroloji hizmeti sağlayabilecek yeterlilikte çalışanın görev aldığı ve Dünya Meteoroloji Organizasyonunun istediği gereklilikleri sağlayan bir meteoroloji otoritesini yetkilendirmekle sorumludur; Türkiye'de Meteoroloji genel müdürlüğü yetkilendirilmiştir (ICAO EK 3, 2018). Meteoroloji raporları havayolları için kritik önemdedir çünkü uçuşlar ile ilgili aşağıdaki kararların alınmasına rehberlik etmektedir (Gültepe and feltz, 2019; Kwasiborska et al., 2023; FAA, Chapter 12 Weather Theory, N.D; WMO, Aviation, N.D);

Emniyet – Oraj, türbülans gibi bazı riskli hadiselerden kaçınmak ya da bu şartlara hazırlanmak.

Tarife – Güçlü rüzgarlar gibi olumsuz hava koşulları seferlerin ötelenmesine veya icra edilmemesine yol açabilmektedir. Bu olumsuz koşullar havayollarının tarifelerini planladıkları gibi icra edilmesini engelleyebilmektedir.

Uçuş planı – Bazı hava hadiseleri bir uçuşun planlanmasını etkileyebilmektedir. Örneğin rüzgarın hızı rotayı, görüş yaklaşma pistini ve yakıt planlamasını etkilemektedir.

Hava trafik yönetimi – Meteoroloji raporları, trafik yoğunluğunu tahmin etmek ve yönetmek ve uçaklar arasında emniyetli mesafeyi belirlemek için kritik önemdedir.

Havalimanı Operasyonları – Meteorolojik hadiseler meydan trafiğini yönetmekte önem arz etmektedir; iniş ve kalkış pistinin belirlenmesi, yükleme, boşaltma işlemleri, de-icing işlemleri gibi havalimanı operasyon yönetimi ile ilgili kararlarda belirleyici rol oynamaktadır.

### 1.2.1 Hava Olayları ve Uçaklar Üzerindeki Etkileri

Hava durumu seferlerin icra edilmesini etkileyebilmektedir. Bu etkileri belirleyebilmek amacıyla meteoroloji raporlarını kontrol etmek uçuş planlayıcılar ve karar alıcılar açısından önem arz etmektedir. Hava durumunun uçuş operasyona etkisi aşağıdaki gibi özetlenebilir (Goodman and Griswold, 2019; Gültepe and feltz, 2019; Kwasiborska et al., 2023; FAA, Chapter 12 Weather Theory, N.D);

#### 1.2.1.1 Rüzgarlar

Uçakların kalkıştan sonra alçalma sürecine kadar, başka bir ifade ile düz uçuşta, yüksek seviye rüzgarlarının hız ve yön bilgisi uçuş planında rota ve seviye planlaması açısından incelenmesi gerekli parametrelerdir. Düz uçuşta kuyruktan esen rüzgâr (Tail wind) planlama açısından yakıt sarfiyatı boyutunda avantaj sağlamaktadır. Kuyruktan esen rüzgâr uçağın hızını pozitif yönde etkilerken önden esen rüzgâr (headwind) negatif yönde etkileyecektir. Hem zamandan hem de yakıttan tasarruf sağlayabilmek için uçuşu planlayan uçuş harekât uzmanının meteorolojik raporlarda yer alan yüksek seviye rüzgâr hızını ve yönünü kontrol etmeleri kritik önemdedir (WMO, Aviation, N.D; Abbas, 2012).

Uçakların iniş ve kalkış sürecinde düşük hızlarda tutunabilmelerini pozitif yönde etkilediğinden rüzgârın önden esmesi avantaj sağlamaktadır. Bu nedenle pilotların, uçuş harekât mezununun ve hava trafiğini yöneten kontrolörlerin inilecek ve kalkış yapılacak pist yönünü en optimum rüzgâr faydası sağlayacak şekilde seçmelerinde havaalanı rüzgâr bilgisini sunan meteoroloji raporları kontrol edilmelidir (Abbas 2021; Škultét et al., 2021)



### 1.2.1.2 Görüş Mesafesi

Ticari uçaklar inerken ve kalkarken havaalanında bulunan ve iniş ve kalkış sürecini kolaylaştıran bazı yaklaşma kolaylıkları kullanmaktadır (ILS Gibi). Bu ekipmanlar havaalanından havaalanına değişmektedir ve inişin ve kalkışın yapılabilmesi için genelde belirli bir yatay ve dikey görüş mesafesi gerektirmektedirler. Bazı meteorolojik hadiseler görüş mesafesini etkilemektedir; sis, kar, yağmur gibi. Bu nedenle karar vericiler uçuş planını hazırlarken hem yatay hem de dikey görüş mesafesine gereksinim duymaktadırlar. Eğer görüş mesafeleri meteoroloji tahmin raporlarında gerekli minimum görüşün altında bildirilmiş ise sefer için şartlara göre gecikme ve iptal kararı verilebilir (Gültepe, 2023).

Görüş mesafesi hava trafiğinin yönetimi için de önemli bir girdidir. İniş ve kalkış trafiği sayısının görüş düştüğünde azaldığı görüş yüksek olduğunda arttığı bildirilebilir.

### 1.2.1.3 Sıcaklık

Sıcaklık uçuş operasyonlarını hem yerde hem de düz uçuşta etkilemektedir. Havanın yoğunluğu sıcaklık arttıkça düşmektedir ve sıcaklık düştükçe artmaktadır. Bu nedenle düşük sıcaklıklarda motorların gerekli havayı çekebilmeleri için daha fazla güç gerekmektedir. Dolayısı ile sıcaklık uçuş plan açısından düz uçuşta gerekli yakıtın belirlenmesinde önem arz etmektedir. Bu sebeple planlayıcılar için yüksek seviyelerdeki sıcaklık tahminleri kontrol edilmesi gereken bir veridir (Borsky and Unterberger, 2019).

İkinci olarak, kalkış sırasında sıcaklık pist mesafesini, kalkış ağırlığını ve kalkış hızını belirlemek için gerekli bir veridir. Düşük sıcaklıklarda yoğunluk azaldıkça gerekli hava miktarını çekmek daha fazla motor gücü gerektirdiğinden ve yoğunluk arttıkça daha az motor gücü gerektiğinden bu veri uçuşun emniyetli icra edilmesinde kritik önemdedir (Coffel and Radley, 2015).

### 1.2.1.4 Atmosferik Basınç

Basınç düştükçe hava yoğunluğu azalmaktadır. Bu sıcaklık faktöründe olduğu gibi gerekli havayı motorlara çekebilmek için daha fazla motor gücünü gerektirmektedir. Bu sebeple yakıt tüketimini belirleme sürecinde uçuş hareket uzmanının basınç bilgisini kontrol etmesi gerekmektedir (Safronov, 2019).

İrtifa arttıkça belirli bir düzende basınç düşmektedir. Bu veri altimetre (irtifa göstergesi) için basınç değerinden uçağa irtifa bilgisi vermekte



kullanılmaktadır. Referans basınç verisine göre gösterge (altimetre) yükselirken ve alçalırken ölçülen basınç değişimlerini karşılaştırarak uçuş ekibine uçağın irtifası konusunda bilgi vermektedir (Ostroumov, 2024).

#### 1.2.1.5 Yağış

Yağış, kar, yağmur, oraj gibi meteorolojik hadiseleri ifade etmektedir. Yağış şiddetine göre yağdığı bölgede görüşü düşürmektedir. Görüş hem kalkış sürecinde hem de iniş sürecinde seferler açısından kritik önemdedir. Eğer gerekli minimum görüşün altına düşme ihtimali mevcutsa sefer için gecikme kararı veya iptal kararı alınabilir. Ayrıca görüş havadaki uçaklar için iniş sürecinde havada beklemeyi gerektirebileceğinden yakıt planlaması açısından da önem arz etmektedir (Gultepe, 2023; FAA, Section 1. Meteorology, N.D).

Kar yağışı yerde uçağın üzerine biriktiğinde uçağın aerodinamik yapısının bozulmasına neden olarak taşıma kuvveti kayıplarını ortaya çıkarabilmektedir. Uçak üzerinde kar birikmesini ya da buzlanmayı önlemek amacıyla uçağın yüzeyine de-icing işlemi uygulanmaktadır. Bu işlem yerde uçağın kalkışa kadar geçireceği süreyi ve yakıt planlamasını etkilemektedir. Dolayısı ile uçuş planını hazırlama sürecinde bu bilginin kaptan ve uçuş harekât uzmanlarına ulaştırılması için havacılık meteoroloji raporlarında yer alması gerekmektedir (Gultepe, 2023; FAA, Section 1-Meteorology, N.D).

Kar yağışı aynı zamanda pist yüzeyini iniş ve kalkış uçakları açısından durması ve hareket etmesi için kaygan hale getirebilmektedir. Bu durumda pistin temizlenmesi gerekebilmektedir. Bu koşullarda pistin operasyon açısından durumunu belirtmek için havacılıkta kullanılan frenleme katsayısının belirlenmesi gerekmektedir. Dolayısı ile meteoroloji raporlarında bu bilginin yayınlanması uçuş planını hazırlarken kritik önemdedir (Gultepe, 2023; FAA, Section 1. Meteorology, N.D).

#### 1.2.2 Havacılık Meteoroloji Raporları

Hava durumunun uçağın uçuşuna etkilerini analiz edebilmek için yukarıda bahsedilen hadiselerin kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle ICAO üye ülkelere havacılık faaliyetlerinin emniyetli ve verimli bir şekilde yürütülmesi amacıyla uçağın uçuş yetkinliklerini etkileyebilecek hadiselerin yayınlanmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu raporlar genel olarak aşağıdaki gibidir (FAA, Section 1. Meteorology, N.D; Hazerfen, 2009).

METAR; Havacılık faaliyetlerini etkileyen havaalanında ve çevresinde gözlemlenen meteoroloji hadiselerinin yayınlandığı raporlardır. Yarım saatte bir veya saatte bir yayınlanmaktadır. İniş sürecindeki ve kalkış

süreindeki seferler için mevcut hava koşulları hususunda bildirim yapılması amaçlanmaktadır (Goodman and Griswold,2019; Koçyiğit, 2025).

SPECI; Metar raporunda belirli kıstaslarda beklenmeyen değişiklikler olduğunda bir sonraki metar raporu beklenmeden paydaşları bilgilendirmek amacıyla yayınlanan raporlardır (Hazerfen, 2009).

TAF; Uçuş operasyon iniş sürecindeki meteorolojik hadiseler hususunda tahmin raporlarına gereksinim duymaktadır. Bu tahmin raporları özellikle gelecekte gerçekleşecek iniş süreci için kritik önemdedir. TAF raporları bir meydana ve çevresinde olması muhtemel meteorolojik olayları bildiren tahmin raporlarıdır (Gultepe et al., 2019; Koçyiğit, 2025).

SIGMET; Düz uçuştaki ticari uçaklara uçuş emniyeti için rotaları boyunca karşılaşılabilecekleri meteorolojik oluşumları bildiren raporlardır (FAA, Section 1. Meteorology, N.D; Hazerfen, 2009).

AIRMET; Airmet, sigmet ile aynı amaçlar doğrultusunda yayınlanmaktadır. Fakat airmet alçak seviye uçuşlar için yayınlanmaktadır (FAA, Section 1. Meteorology, N.D; Hazerfen, 2009).

PIREP; pilot bildirimlerinin yer aldığı kaptanların uçuşta karşılaştığı gerçek meteorolojik koşulları ilettiği raporlardır (FAA, Section 1. Meteorology, N.D; Hazerfen, 2009).

SIGNIFICANT CHART; Belirli bir periyod ve belirli bir bölge için belirli seviyelerde havacılık faaliyetlerinde önemli olan hava olaylarını gösteren haritalardır.

WIND CHART; Yüksek seviyelerde rota planlamasında yakıt tasarrufu sağlamak amacıyla rüzgarların yönü, şiddeti uçuş planlaması açısından önem arz etmektedir. Bu raporlar her ikisini birden gösteren meteorolojik haritalardır (Hazerfen, 2009).

### 1.3. Uçak Arızaları

Uçakların emniyetli bir uçuş gerçekleştirmesi için asgari bir ekipmana gereksinim duyulmaktadır. Bu asgari ekipman listesinin yer aldığı dokümana MEL (minimum equipment list) denmektedir (ICAO,2014). Herhangi bir arıza olduğunda bu arıza giderilmeden uçuşun gerçekleştirilip gerçekleştirilemeyeceği kararı MEL dokümanı kontrol ederek verilmektedir. Eğer gerçekleştirilebiliyorsa varsa özel koşulların gerekliliği ve içeriği yine bu dokümanda bulunmaktadır (ICAO, 2017; Obadimu et al., 2020).

CDL: Konfigürasyon sapma listesi (CDL: Configuration Deviation List) uçakta bulunan harici parçaları tanımlayan ve gerektiğinde operasyonel

sınırlamalar ve performans düzeltmeleri hakkında bilgi içeren dokümanlardır (ICAO, 2014). Uçuş planlaması açısından bu sınırlamaların ve performans düzeltmelerinin plana yansıtılması bu dokümanın kontrolünü gerektirir.

#### 1.4 Uçuş Planlarında Yer Alan Bilgiler

Uçuş planı, genel olarak bu üç faktör analiz edilerek uçuş harekât uzmanları tarafından oluşturulmaktadır. Oluşturulan uçuş planları aşağıdaki bilgileri içermektedir (Rosenow et al., 2021; Researchgate, 2021);

- Uçak kimliği: Her uçağın ulusal havacılık kayıtlarına göre bir ismi mevcuttur. Uçuş planında bu isim yer almaktadır.
- Uçuş kuralları ve uçuş türü: İki tip uçuş kuralı mevcuttur; görerek ve aletli uçuş. Hangi kurala göre uçuşun gerçekleştirildiği uçuş planında yer almaktadır. Ayrıca uçuşun tarifeli, tarifesiz, charter gibi türü de yer almaktadır.
- Uçak tipi ve türbülans kategorisi: Üretici firma tarafında uçaklara bir tip ismi verilmektedir. Ayrıca bu uçak tiplerinin belirlenen türbülans kategorisi mevcuttur. Bu iki bilgi uçuş planında gösterilmektedir.
- Ekipman: Uçakta bulunan seyrüsefer ve iletişim ekipmanlarının kodları ayrı ayrı uçuş planında belirtilmektedir.
- Kalkılacak havalimanı.
- Tahmini blok süre: Uçağın park yerinden ayrılıp varış havaalanında park yerine ulaşana kadar geçecek tahmini süre iletilmektedir.
- Seyir hızı.
- Seyir seviyesi.
- İzlenecek rota.
- Varış meydanı ve düz uçuş süresi.
- Alternatif meydan: Uçuşlar planlanırken uçağın hava durumu, uçak arızaları, hasta yolcu gibi nedenlerle varış meydanına inememesi durumu göz önünde bulundurularak yedek meydan veya duruma göre yedek meydanlar uçuş planlarında belirtilmektedir.
- Yakıt miktarının tahmini uçuş süresi: Her uçuş için kuralların gerektirdiği minimum yakıt miktarının nasıl hesaplanacağı belirtilmiştir. Bu yakıt miktarı sadece uçuş sürecini değil taksi süresini, yedek meydana gidiş süresini, beklenmeyen durum yakıtını ve yedek meydana giderse orada belirli süre havada bekleyebileceği

yakıt miktarını içermektedir. Bu yakıt miktarı toplam yakıt miktarı olarak belirtilir ve bu miktarın uçağın havada ne kadar süre kalmasını sağlayacağı bilgisi uçuş planlarında yer almaktadır.

- Uçuştaki yolcu ve ekip sayısı.
- Acil durum ve hayatta kalma ekipmanı.
- Diğer bilgiler.

## 2. Uçuş Planının Hazırlanmasında Yapay Zekâ Uygulamaları

### 2.1 Yapay Zekâ Kavramına Genel Bakış

Yapay zekâ çok eski zamanlara dayandırılabilir de gerçek gelişimini asıl gelişimini 1950 ve sonrasında gerçekleştirdiği belirtilebilir. 1950 yılında Turing çalışmasında makineler düşünebilir mi cümlesi ile yapay zekanın öncüsü kabul edilse de yapay zekâ ifadesini 1956 yılında ilk kez McCarthy ortaya atmıştır (Golec et al., 2025; Grzybowski et al., 2024). Günümüzde yapay zekâ uygulamaları birçok alanda kendisine kullanım alanı bulmuştur.

Yapay zekâ (AI), insana ait bazı özellikleri kullanarak, bilgisayar sistemi ve algoritma oluşturma bilimi şeklinde tanımlanabilir. İnsana ait kullanılan özelliklere öğrenme, problem çözme, karar verme gibi fonksiyonlar örnek olarak verilebilmektedir (Golec et al., 2025; Grzybowski et al., 2024). İnsan herhangi bir alanda çalışmaya başladığında yaşadığı deneyimler sonucunda her gün yeni şeyler öğrenir. Tecrübesi arttıkça ilgili alanda bilgisi ve yetkinlikleri de artmaktadır ve kişiden kişiye değişen zamanlarda ilgili alanda uzman bir birey olunabilmektedir. Makinelerde tecrübe ile öğrenmenin karşılığı daha fazla veri kümesinin analiz edilmesi şeklinde özetlenebilir. İstatiksel yöntemlerle başlangıçta üretilen sonuç tahmin boyutundayken veri sayısı arttıkça istatistiki tahminin doğruluk oranı arttığından bilme boyutuna ulaşmaktadır. Bu nedenle yapay zeka uygulamaları için veri sayısı kritik önemdedir.

Yapay zekâ, genel olarak makine öğrenimi algoritmaları, derin öğrenme gibi istatistiksel ve matematik yaklaşımlar ile problemleri çözmekte kullanılmaktadır. Makine öğrenimi, geçmişteki büyük veri setlerini istatistiksel yaklaşımlarla analiz ederek ileride olabilecek sonuçlar ile ilgili tahmin yapılmasını sağlayan yapay zekâ alt kümesidir.

Derin öğrenme makine öğreniminin bir alt koludur. Derin öğrenme insan beynindeki sinir ağları arasındaki bağlantıyı örnek alan çok katmanlı bir tür makine öğrenimidir. Burada ilk katmandaki sinir ağlarının girdilere göre ürettikleri çıktılar bir sonraki katmandaki sinir ağlarının girdisi olmaktadır. Bu

örüntü ile insan sinir ağları öğrenme ve görevleri yerine getirme hususunda taklit edilmektedir.

## 2.2 Uçuş Planlamasında Yapay Zekâ Uygulamaları

Uçuş planı hazırlarken uçuş harekât uzmanlarının bazı faktörleri kontrol etmesi sonucunda çıktı olarak uçuş planında yer alan bilgilere karar verilmektedir (Tafur et al., 2025); hava durumu bu faktörlerden biridir. Havacılık operasyonları için hazırlanan hava durumu raporları kontrol edilerek kalkış yapılacak pist, iniş yapılacak pist gibi kararlar verilmektedir. Hava durumu raporu mevcut koşulların raporlandığı ve gelecekteki koşulların tahmin edildiği iki durumu içermektedir (Flores et al., 2024; Tafur et al., 2025). En fazla gecikme ve divert nedeni olan meteoroloji raporlarındaki öngörülerin AI uygulamaları ile tutarlılığının artırılması uçuşların emniyetli bir şekilde icra edilmesini sağladığı gibi daha verimli ve sürdürülebilir uçuş operasyonlarının yapılmasına da katkı sağlamaktadır (IATA, 2024). Makine Öğrenimi algoritmaları ile geçmiş meteoroloji raporlarını kullanarak öngörülerin doğruluk oranını artırma hususunda çalışmalar ve uygulamalar mevcuttur. Örneğin, NWS (Amerika'nın ulusal meteoroloji servisi-National Weather Service) tarafından kullanılan AI uygulamasının meteoroloji raporlarının tahmin doğruluk oranını yüzde 10 artırdığını göstermiştir (Tafur et al., 2025).

AI hava durumu raporlarını ve ulusal havacılık otoritelerinin getirdiği kural ve prosedürleri analiz ederek en uygun uçuş rotasını seçip yakıt maliyetini optimize etmeyi ve sefer süresini azaltmayı ve bunların sonucu olarak genel operasyonel optimizasyonu sağlamayı amaçlamaktadır. Hava sahası kapasitesi, kalkış saati, ekip mesaipleri ve uçağın bir sonraki seferi gibi faktörler bu kararların verilmesinde kritik önemdedir (Rosenow et al., 2021).

Uçuş harekât uzmanları uçuş planı hazırlarken hava durumu ve bildirimleri (AIP, Notam) takip ederek optimum rota içeren dokümanı hazırlamaktadırlar. Fakat planlama dinamik bir süreçtir. Sefer tamamlanana kadar aynı zamanda şartların değişmesi durumunu takip ederek gerektiğinde planı değiştirip uçağa göndermektedirler. Mevcut teknolojiler ile havadaki uçağa uçuş planı gönderilebildiğinden gerektiğinde yeni plan hazırlanıp sefer kaptanlarına iletilebilmektedir. İleride büyüyen hava trafiğini yönetebilmek için uçuş planlama programlarının, sefer öncesi planı hazırladıktan sonra uçuş boyunca seferin izlenmesi (monitör etmek) ile oluşabilecek değişiklikleri entegre eden proaktif bir nitelikte olması gerekmektedir. AI uygulamaları bu dönüşümü sağlayabilecek yeterlilikte görünmektedir (IATA, 2024).

Aşağıda AI tabanlı uçuş planı hazırlamak amacıyla yapılan bazı çalışmalara ve sektörde AI tabanlı uçuş planı uygulamalarına yer verilmiştir.

### 2.3 AI tabanlı uçuş planlama modelleri ile ilgili çalışma örnekleri

Kalyan vd., çalışmalarında tekrarlı plan sayısını azaltmak için geçmiş dönem uçuş plan dokümanlarındaki verilerden yararlanmak amacıyla Grafik Sinir Ağları (GNN) tabanlı bir sınıflandırıcı metodunu kullanmışlardır. Uçuş planlama sayısı GNN modelinin Monte Carlo Ağacı Arama (MCTS) algoritmasına sağladığı ödül ile tatmin edici bir uçuş planı oluşturulana kadar birkaç yinleme boyunca otomatik olarak tekrarlanır. Çalışma sonucunda aşağıda belirtilen sonuçlar çıkarılmıştır (Kalyan et al., 2025);

- Uçuş planlama sürecindeki bilgisayar performans tıkanıklığının azaltılması
- Tekrarlanan plan sayısının azalması sonucu artan kapasite

Resenow vd., etkinliği ve sürdürülebilirliği optimum seviyeye çıkarmak amacıyla yapay zekâ (AI), çok amaçlı optimizasyon ve paydaş iş birliğine dayalı karar alma (collaborative decision making) modellerini entegre ederek bu modellerle optimum rotayı belirleme, yakıt tasarrufu sağlama, uçuş süresini azaltma ve genel operasyonel etkinliği artırma gibi boyutları araştırmışlardır. Çalışma, uçuş sahası limiti, kalkış saati, zaman pencereleri ve rota bağlantısı gibi kısıtlamaları analiz ederek ikili karar değişkenleri temelli bir matematiksel formülasyon modeli ortaya çıkarmıştır. Oluşturulan model rota tercihi için optimizasyon algoritmalarını içermektedir. Sonuçlar, yakıt tüketiminin azaltılması, uçuş süresinin iyileştirilmesi, hava sahası kapasitesinin verimli kullanımı ve mantıksal rota bağlantısı gibi yeni nesil uçuş rotasının potansiyel faydalarını ortaya koymaktadır (Rosenow, J. et al., 2021).

Noorizi vd., bulanık mantığı yöntemini (fuzzy-logic), makine öğrenimini ve SHapley Ekllemeli Açıklamalar (SHAP-SHapley Additive exPlanations) analizini entegre eden yapay zekâ (FEXAI) çerçevesi önermişlerdir. Çalışmada ADS-B kullanılarak toplanan veriler kullanılmıştır. Bu veriler on bir uçuş operasyon ve on sekiz meteorolojik hadiselerde oluşan yirmi dokuz özellik içermektedir. Çalışmada, makine öğrenimi modelleri ve SHAP, uçuşların sürekli alçalma operasyonlarına (CDO) uyum seviyelerini sınıflandırmak ve özellikleri önem sırasına göre listelemek için uygulanmıştır. SHAP modelinin verdiği puanlara göre en etkili üç özellik, yorumlanabilir bulanık kuralların belirlenmesini sağlayan bulanık kural tabanlı bir sınıflandırıcı oluşturmak için kullanılmıştır. Tüm modeller %90'ın üzerinde sınıflandırma doğruluğu elde etmiş ve FEXAI, operasyonel kullanıcılar için anlamlı, insan tarafından okunabilir kurallar sağlamıştır. Sonuçlar, yaklaşma paterninde ortalama

iniş hızının, iniş segmentlerinin sayısının ve iniş sırasında istikametdeki ortalama değişimin, CDO performansının en güçlü belirleyicileri olduğunu göstermiştir (Noroozi A. et al., 2025).

## **2.4 AI tabanlı uçuş planlama sistemlerini kullanan havayolları örnekleri**

### **2.4.1 Alaska Havayolları**

Alaska havayolları 1921 yılında yapay zekâ tabanlı bir uçuş planlama sistemini kullanmaya başladı; Flyaways AI. Küçük bir yazılım firması olan Airspace Intelligence (ASI) tarafından geliştirilen programı ilk kullanan Alaska havayolları oldu. Hava durumu, rotalar, trafik yoğunluğu, uçuş süresi optimizasyonu gibi değişkenler sebebiyle uçuş harekât uzmanları için uçuşun planlanması karmaşık bir süreçtir. ASI'nin Flyways AI Platformu, meteoroloji modelleri, rüzgarlar, türbülans, notam kısıtlamaları ve hava trafik yoğunluğu gibi faktörlerin büyük ölçekli dataalarını analiz etmek amacıyla ileri seviye algoritmalar ve makine öğrenimi kullanmaktadır (Fortune, 2021; Alaska, 2024).

Flyaway AI hava durumu raporlarını, hava sahası trafik dataalarını analiz ederek 8 saat önceden 4 boyutlu haritalar oluşturarak uçuş harekât uzmanlarına optimum rota önerilerinde bulunmaktadırlar. Sistemin kullanılmaya başlandığı ilk dönemlerde Flyaway AI ortalama uçuşların yüzde 64'üne rota seçenekleri sunmuş yaklaşık bunların yüzde 21'inde bu rotalar planlamada kullanılmıştır. 2021-2023 arasında Flyaway AI tarafından önerilen rotaların uçuşların yüzde 55'inde planlamada kullanılmıştır. Başlangıçta yakıt tüketimi ortalama 480.000 galon azalmış ve karbon salınımı 4600 ton azalmıştır. 2023 yılına gelindiğinde ortalama yüzde 3-5 oranında yakıt tasarrufu sağlandığı bildirilmektedir. Bu girişimler yakın hedefi Amerika'nın ortalama en az yakıt tüketen havayolu olma ve stratejik hedefi 2040 senesinde sıfır emisyon olan hedeflerine ulaşmak için yapılan hamleler olarak gösterilebilir (TNMT, 2025; Alaska, 2024).

Flyways AI sistemi birbirine bağlı farklı makine öğrenimi algoritmalarıyla ile havadaki uçakların olası konumunu ve bu uçakların hava trafik yoğunluğuna etkisini hesaplayıp meteorolojik durumu öngörerek çok hızlı bir şekilde alternatif rotalar teklif edebilmektedir (Alaska, 2024).

Alaska havayolları bu konuda öncü olsa da sağlanan iyileştirmelerden dolayı uçuş planlama sistemlerinde AI kullanan başka havayolları da olacak gibi görünmektedir. Havayollarının, AI tabanlı uçuş plan kullanımının



artması, karbon salınımını azaltabilir ve sefer gecikmelerinde düşüşü sağlayabilir.

### 2.4.2 WIZZ Air

2025 Mart ayından beri WIZZ Air StorkJet'in AI destekli FlyGuide rota optimizasyon programını kullanmaktadır. Hava yolunun uçuş ekibi hem uçak performans modellerini hem de gerçek uçuş verilerini analiz eden yapay zekâ destekli bir sistem olan uçuş rota optimizasyonu (FPO) yazılımını kullanmaktadır. Bu program, gerçek zamanlı verileri analiz ederek seferin bütün süreçleri için hız ve irtifa ve rota seçenekleri belirleyerek uçuş ekibine iletmektedir. Wizz Air'in 10.000'den fazla uçuşu kapsayan denemeleri, sektör başına %0,5 ile %1 arasında yakıt tasarrufu ve CO<sub>2</sub> azaltımı olduğunu göstermektedir. Bu sonuçların havayolunun 2050 hedefi olan sıfır emisyon hedefi ile uyumludur (AVSN, 2025; Aviation Business News,2025).

2025 Ağustos ayından itibaren Wizz Air uçuşlarında güncel meteoroloji raporları sağlayan AI-tabanlı AVTECH sistemini kullanmaktadır. Bu uygulama geleneksel genel meteoroloji bilgisi verisi ile uçuşu gerçekleştirmek yerine rotaya uygun hava durumu analizleri sunmaktadır. Pilotlar rüzgâr hız ve yönü, türbülans şiddeti ve seviyesi, buzlanma şiddeti, tropical siklonlar ve volkanik kül gibi hadiseler ile ilgili gerçek zamanlı veriler almaktadır. Bu bilgilere ilave olarak konum, seviye ve uçuşu süresinin yer aldığı dört boyutlu rota görselleştirmesi ile uçuş ekibinin optimum rota seçmesini mümkün kılmaktadır (WIZZ Air, 2025; AVSN, 2025).

Wizz air, StorkJet'in FPO'sunu ve AVTECH'in hava durumu araçlarını entegre kullanılmasıyla, uçuş ekibine optimum kararlar almasında yardımcı olarak hem verimliliği hem de yolcu konforunu artırma olanakları sunmaktadır. Wizz Air, en son uçuş planlama ve hava durumu tahmin araçlarını bir araya getirerek daha güvenli, daha verimli ve daha konforlu uçuşlar sağlamaktadır (WIZZ Air, 2025).

## 2.5 Sonuç ve Tartışma

Günümüzde yapay zekâ uygulamaları zekâ alanda kendisine kullanım alanı bulmuştur. Yapay zekâ uygulamalarının süreçlerini etkilemediği sektör yok gibidir. Havacılık sektörü de yapay zekâ uygulamalarından etkilenmektedir. Bir havayolu süreci olan uçuş planlama da yapay zekanın kullanıldığı alanlardan biridir. Bu çalışmada uçuş planlama sürecinde yapay zekâ uygulama gelişmelerini literatürden araştırılarak ortaya konmaktadır.

Literatürde AI tabanlı uçuş planı ile ilgili hava durumu tahminlerinin tutarlılığının arttırarak divertlerin ve gecikmelerin azaltılıp yakıt tasarrufu

sağlama ve verimliliği artırma üzerine çalışmalar hem planlama aşamasında hem de uçuşta rota optimizasyonu ile ilgili çalışmalar; hem de uçuşun alçalmasında yakıt tüketiminin azaltılması ile ilgili çalışmalar yer almaktadır. AI tabanlı uçuş planlama alanını literatürde ileride geniş çalışma alanı bulacağı görünmektedir.

Alaska havayolları meteoroloji modelleri, rüzgarlar, türbülans, notam kısıtlamaları ve hava trafik yoğunluğu gibi faktörlerin büyük ölçekli dataalarını analiz eden, ileri seviye algoritmalar ve makine öğrenimi kullanan yapay zekâ tabanlı bir uçuş planlama sistemi Kullanmaktadır. Alaska havayolları AI tabanlı uçuş planı kullanmaya başladıktan sonra hem yakıt tüketiminde hem karbon salınımında hem de operasyon verimliliğinde avantajlar sağlamıştır.

WIZZ Air'in uçuş ekibi hem uçak performans modellerini hem de gerçek uçuş verilerini analiz eden yapay zekâ destekli uçuş rota optimizasyonu yazılımını kullanmaktadır. Ayrıca Wizz Air uçuş ekibine uçuş sürecinde güncel meteoroloji raporları sağlayan AI-tabanlı bir sistem kullanmaktadır. Bu iki sistemin entegre kullanılması uçuş ekibinin optimum kararlar almasını sağlayarak yakıt tasarrufu, karbon salınımı azalması ve verimlilik hususlarında avantajlar sağlamıştır.

Hem literatürdeki çalışmalar hem sektörde AI tabanlı uçuş planlama programı kullanımının getirdiği kazanımlar hem de büyüyen hava trafiğini yönetebilmek için uçuş planlama sistemlerinin hızlanması gereksinimi uçuş planlamada AI kullanan havayolları sayısının artacağı görünmektedir.

## Kaynakça

- Abbas, Innocent. (2012). The Impacts of Extreme Weather And Climate Events on Aviation, Environment, Ecology & Management, vol. 1, 12-20
- Alaska/Hawaiian, (2024). How AI is helping Alaska Airlines plan better flight routes and lower emissions, Ulaşılabilir URL: <https://news.alaska-air.com/sustainability/how-ai-is-helping-alaska-airlines-plan-better-flight-routes-and-lower-emissions/>, Erişim Tarihi: 05.10.2025.
- Aviation Business News, (2025). Wizz implements StorkJet and Avtech flight systems, Ulaşılabilir URL: <https://www.aviationbusinessnews.com/industry-news/wizz-implements-storkjet-and-avtech-flight-systems/>, Erişim Tarihi: 08.11.2025.
- AVSN, (2024). Wizz Air Introduces AI-Driven Flight Path Optimisation Technology, Ulaşılabilir URL: <https://aviationsourcenews.com/wizz-air-introduces-ai-driven-flight-path-optimisation-technology/#a-first-for-low-cost-airlines>, Erişim Tarihi: 05.11.2025.
- Boing, (2018). ATC filing strip decode ATS messages, Ulaşılabilir URL: <https://support.boeing.com/s/article/ATC-filing-strip-decode-ATS-messages>, Erişim Tarihi: 05.10.2025.
- Borsky S. and Unterberger, C., (2019). Bad weather and flight delays: The impact of sudden and slow onset weather events, Economics of Transportation, Vol. 18, P.10-26, <https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2019.02.002>.
- Eurocontrol, (2019). Ifps User Manuel, Ulaşılabilir URL: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2019-05/ifps-users-manual-current.pdf>, Erişim Tarihi: 03.10.2025.
- FAA, (N.D). Chapter 12 Weather Theory, Ulaşılabilir URL: [https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/14\\_phak\\_ch12.pdf](https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/14_phak_ch12.pdf), Erişim Tarihi: 16.10.2025.
- FAA, (N.D). Section 1. Meteorology, Ulaşılabilir URL: [https://www.faa.gov/air\\_traffic/publications/atpubs/aim\\_html/chap7\\_section\\_1.html](https://www.faa.gov/air_traffic/publications/atpubs/aim_html/chap7_section_1.html), 17.10.2025.
- FAA, (2012). FAA ICAO Flight Planning Interface Reference Guide, Ulaşılabilir URL: [https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/about/office\\_org/headquarters\\_offices/ato/FAA\\_ICAO\\_flight\\_planning\\_interface\\_ref\\_guide.pdf](https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/about/office_org/headquarters_offices/ato/FAA_ICAO_flight_planning_interface_ref_guide.pdf), Erişim Tarihi: 20.10.2025.
- Flores, A. D. C. et al., (2024). Climate Change and the Impact of Extreme Temperatures on Aviation. Weather, Climate, and Society, Intelligent Human Systems Integration, Vol. 119, 2024, 421–428, <https://doi.org/10.54941/ahfe1004506>.

- Fortune, (2021). Alaska Airlines pioneers A.I. to plan flight routes, saving fuel and time, Ulaşılabilir URL: <https://fortune.com/2021/07/27/alaska-airlines-ai-flight-dispatch-airspace-intelligence/>, Erişim Tarihi: 20.10.2025.
- Golec, M. et al., (2025). Artificial Intelligence (AI): Foundations, trends and future directions, Telematics and Informatics Reports, Vol. 20, 100265, <https://doi.org/10.1016/j.teler.2025.100265>.
- Goodman, C. J., and J. D. Small Griswold, 2019: Meteorological Impacts on Commercial Aviation Delays and Cancellations in the Continental United States. J. Appl. Meteor. Climatol., 58, 479–494, <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-17-0277.1>.
- Gultepe, I., Feltz, W.F. Aviation Meteorology: Observations and Models. Introduction. Pure Appl. Geophys. 176, 1863–1867 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00024-019-02188-2>.
- Gultepe, Ismail. (2023). A Review on Weather Impact on Aviation Operations: Visibility, Wind, Precipitation, Icing. Journal of Airline Operations and Aviation Management. 2. 1-44. DOI:10.56801/jaoam.v2i1.1.
- Hazerfen, (2009). Havacılık Meteorolojisi İle İlgili Tanımlar, Ulaşılabilir URL: [https://hezarfen.mgm.gov.tr/Genel/Btanim.aspx#:~:text=Hezarfen&text=METEOROL OJ%C4%B0%20%3A%20Atmosferde%20meydana%20gelen%20hava,%2C%20Buzl anma%2C%20Sis%20vs.\),](https://hezarfen.mgm.gov.tr/Genel/Btanim.aspx#:~:text=Hezarfen&text=METEOROL OJ%C4%B0%20%3A%20Atmosferde%20meydana%20gelen%20hava,%2C%20Buzl anma%2C%20Sis%20vs.),) Erişim Tarihi: 17.10.2025.
- ICAO, (2004). Rules of The Air, Annex 2- Rules of The Air -Chapter 3.3 General Rules-Flight Plan.
- ICAO, (2018). Aeronautical Information Services, Annex 15-Chapter 3 Aeronautical Information Management.
- ICAO, (2088). Meteorological Service for International Air Navigation. Annex 3-Chapter 3 Global Systems, Supporting Centers and Meteorological Offices.
- ICAO, (2001). Air Traffic Services, Annex 11- Chapter 1 Definition- Notam.
- ICAO, (2014). Air Operator Certification and Surveillance Handbook, Volume 2, Chapter 3- Approval of minimum equipment list (MEL) and configuration deviation list (CDL).
- IATA, (2024). Flight Planning in the Digital Age, Ulaşılabilir URL: [https://www.iata.org/contentassets/1be2bec28b3d45f9ae7780d6e7be9/whitpaper--flight-planning-in-the-digital-age\\_final-version.pdf](https://www.iata.org/contentassets/1be2bec28b3d45f9ae7780d6e7be9/whitpaper--flight-planning-in-the-digital-age_final-version.pdf), Erişim Tarihi: 17.10.2025.
- IFR, (N.D). ICAO FLIGHT PLAN, Ulaşılabilir URL: <https://ifr-magazine.com/system/icao-flight-plan-again/>, Erişim Tarihi: 17.10.2025.
- Kalyan V. et al., (2025). AI-assisted flight plan generation and verification, Artificial Intelligence and Machine Learning for Multi-Doma-

- in Operations Applications VII; Proceedings Vol. 13473, <https://doi.org/10.1117/12.3056020>.
- Koçyiğit, F. (2025). The Effect of Meteorological Data on Energy Efficiency and Flight Performance in Sustainable Aviation. *Journal of Aviation*, 9(2), 295-302. <https://doi.org/10.30518/jav.1656416>.
- Kwasiborska et al., (2023). The Influence of Visibility on the Opportunity to Perform Flight Operations with Various Categories of the Instrument Landing System. *Sensors*, 23(18), 7953. <https://doi.org/10.3390/s23187953>.
- Montazeri, A., Montazeri, E. (2026). NOTAM to AIP Publications and Trigger-NOTAM. In: *Handbook NOTAM, SNOWTAM, GRF, RCC*. Springer, Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-47434-8\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-658-47434-8_7).
- Miruna Maria Morăraşu, Cătălin Horaţiu Roman, (2025). "Transforming Notams to Digital Notams: an Ai-Powered Approach to Enhance Aeronautical Information Management", 2025 Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS), pp.1-6, DOI: 10.1109/ICNS60906.2024.10550725.
- Noroozi A. et al., (2025). A Fuzzy-Enhanced Explainable AI Framework for Flight Continuous Descent Operations Classification, computer science, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2508.14618>.
- Obadimu, S. O. et al., (2020). Development of the Minimum Equipment List: Current Practice and the Need for Standardisation. *Aerospace*, 7(1), 7. <https://doi.org/10.3390/aerospace7010007>.
- Ostroumov, I. (2024). Statistical Analysis of Airplane Pressure Altitude Datasets. In: Nechyporuk, M., Pavlikov, V., Krytskyi, D. (eds) *Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering - 2023. ICTM 2023. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 1008, [https://doi.org/10.1007/978-3-031-61415-6\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-031-61415-6_1).
- Researchgate, (2021). flight planning, Ulaşılabilir URL: [https://www.researchgate.net/publication/350323961\\_Flight\\_planning](https://www.researchgate.net/publication/350323961_Flight_planning), 17.10.2025.
- Researchgate, (2023). Comparison Analysis Of Fuel On Manual And Systematic Flight Plan On Citilink Airlines On The Jakarta-Surabaya Route Using Airbus A320 Aircraft, Ulaşılabilir.URL: [https://www.researchgate.net/publication/377227409\\_Comparison\\_Analysis\\_Of\\_Fuel\\_On\\_Manual\\_And\\_Systematic\\_Flight\\_Plan\\_On\\_Citilink\\_Airlines\\_On\\_The\\_Jakarta-Surabaya\\_Route\\_Using\\_Airbus\\_A320\\_Aircraft](https://www.researchgate.net/publication/377227409_Comparison_Analysis_Of_Fuel_On_Manual_And_Systematic_Flight_Plan_On_Citilink_Airlines_On_The_Jakarta-Surabaya_Route_Using_Airbus_A320_Aircraft), Erişim Tarihi: 20.10.2025.
- Rosenow, J. et al., (2021). Advanced Flight Planning and the Benefit of In-Flight Aircraft Trajectory Optimization. *Sustainability*, 13(3), 1383. <https://doi.org/10.3390/su13031383>

- Safronov, A. N. (2019). Aviation Meteorology at Several Plane Crash Sites. *Atmosphere*, 10(2), 50. <https://doi.org/10.3390/atmos10020050>
- SHGM, (N.D). Havacılık Bilgi Ürünleri, Ulaşılabilir URL: <https://dhmi.gov.tr/Sayfalar/Ssd/HavacilikBilgiY%C3%B6netimiSbMd/AIPTurkey-Hakkında.aspx>, Erişim Tarihi: 03.10.2025.
- Simorgh, Abolfazl et al., (2024). Concept of robust climate-friendly flight planning under multiple climate impact estimates, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 131, 104215, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2024.104215>.
- SKYbrary, (N.D). Flight plan, Ulaşılabilir URL: <https://skybrary.aero/articles/flight-plan>, Erişim Tarihi: 03.10.2025.
- SKYbrary, (N.D). Flight Plan Completion, Ulaşılabilir URL: <https://skybrary.aero/articles/flight-plan-completion>, Erişim Tarihi: 03.10.2025
- SKYbrary, (N.D). Notam, Ulaşılabilir URL: <https://skybrary.aero/articles/notice-airmen-notam>, Erişim Tarihi: 15.10.2025.
- Škultéty, F. et al., (2021). Dangerous weather phenomena and their effect on en-route flight delays in Europe, *Transportation Research Procedia*, Volume 59, P. 174-182, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.11.109>.
- Tafur, C. L. et al., (2025). Applications of artificial intelligence in air operations: A systematic review, *Results in Engineering*, Vol. 25, 103742, <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103742>.
- TNMT, (2025). Airlines and AI: Three strategies shaping aviation's future, Ulaşılabilir URL: <https://tnmt.com/airline-ai-strategies/#:~:text=In%202021%2C%20Alaska%20became%20the,dispatchers%20more%20accurate%20route%20options>, Erişim Tarihi: 15.10.2025.
- Uzun, Mevlut et al., (2019). "Deep Learning Techniques for Improving Estimations of Key Parameters for Efficient Flight Planning," 2019 IEEE/AIAA 38th Digital Avionics Systems.
- Wang, Ziming et al., (2025). A reliable predict-then-optimize approach for minimizing aircraft fuel consumption, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 142, 104693, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2025.104693>.
- WIZZ Air, (2025). WIZZ Air Enables Next-Generation Tools In Flightdeck For Real Passenger Comfort, Ulaşılabilir URL: <https://www.wizzair.com/en-gb/information-and-services/about-us/news/wizz-air-enables-next-generation-tools-in-flightdeck-for-real-passenger-comfort>, Erişim Tarihi: 17.11.2025.
- World Meteorological Organization (WMO), (N.D). Aviation, Ulaşılabilir URL: <https://wmo.int/topics/aviation/#:~:text=Flight%20schedule>

dules%20%2D%20Adverse%20weather%20conditions,others%20can%20affect%20flight%20routes, Erişim Tarihi: 17.10.2025.



## Ek-1 ATC Flight Plan Codes

FPL = Filed Flight Plan

JEP123 = airline 3 letter identifier and flight number callsign for flight

IS = will be rules of flight and type of flight I = IFR S = scheduled

B763/H = type of aircraft and wake turbulence category – boeing 767-300 with heavy wake turbulence

-BDEFGHILORVWY/SB1 = equipment loaded on aircraft along with surveillance and pbn equipment

VVNB = departure aerodrome ie departure airfield

2040 = time of departure

The next block is the routing of the flight

When N0455F370 is used it is stating the initial cruise speed and altitude in this case a speed of 455knots and flight level 370 or 37000ft.

If you see K0843S1130 it is the same only metric rules apply. 843 kmh at an altitude of 11300 meters

NOTE: that Jeppesen only displays the metric system for Chinese airspace, everywhere else is standard imperial system of knots and feet

RKSI = arrival airport

0346 = total estimated elapsed time to arrive at arrival airport

RKSS = alternate airfield

PBN/A1B1C1D1L1O1S1S2 = performance based navigation equipment

DOF = date of flight indicated as YYMMDD

REG = registration of aircraft

EET = Estimated elapse time of a fir boundary crossing

SEL= SELCAL set in aircraft database for the code designated by ATS authority

OPR = operator set in the aircraft database

RMK = Remarks can be set in the Flight brief database or modified when filing

E/ = fuel endurance on board

Beyond this is set in the aircraft database

P/ = passengers TBN is to be notified NOTE: TBD is not accepted TBN is the only approved use

R/ = Radio frequency

U if frequency 243.0 MHz (UHF) is available,

V if frequency 121.5 MHz (VHF) is available,

E if emergency locator transmitter (ELT) is available.

S/ = survival equipment

P = polar

D = desert

M = maritime

J = jungle

J/ = life jacket type

L = lighted

F = fluorescent

U = uhf

V = vhf

D/ = dinghies on board followed by how many souls fit on them and their color type

A/ = aircraft color

## Ek-2 Manuel Uçuş Planı

| FLIGHT PLAN<br>PLAN DE VOL                                                                                                                                         |  |                                                                                         |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------|--|
| PRIORITY<br>Priorité                                                                                                                                               |  | ADDRESSEE(S)<br>Destinataire(s)                                                         |  |
| FF                                                                                                                                                                 |  |                                                                                         |  |
| FLYING TIME<br>Heure de vol                                                                                                                                        |  | ORIGINATOR<br>Expéditeur                                                                |  |
|                                                                                                                                                                    |  |                                                                                         |  |
| SPECIFIC IDENTIFICATION OF ADDRESSEE(S) AND/OR ORIGINATOR<br>(identification précise du destinataire et/ou de l'expéditeur)                                        |  |                                                                                         |  |
| 3 MESSAGE TYPE<br>Type de message                                                                                                                                  |  | 7 AIRCRAFT IDENTIFICATION<br>Identification de l'aéronef                                |  |
| FPL                                                                                                                                                                |  |                                                                                         |  |
| 9 NUMBER<br>Numéro                                                                                                                                                 |  | 8 FLIGHT RULES<br>Règles de vol                                                         |  |
|                                                                                                                                                                    |  |                                                                                         |  |
| 13 DEPARTURE AERODROME<br>Aérodrome de départ                                                                                                                      |  | 10 EQUIPMENT<br>Équipement                                                              |  |
|                                                                                                                                                                    |  |                                                                                         |  |
| 15 CRUISING SPEED<br>Vitesse croisière                                                                                                                             |  | TIME<br>Heure                                                                           |  |
|                                                                                                                                                                    |  |                                                                                         |  |
| LEVEL<br>Niveau                                                                                                                                                    |  | ROUTE<br>Route                                                                          |  |
|                                                                                                                                                                    |  |                                                                                         |  |
| 16 DESTINATION AERODROME<br>Aérodrome de destination                                                                                                               |  | TOTAL FET<br>Distance totale estimée                                                    |  |
|                                                                                                                                                                    |  | HR MIN                                                                                  |  |
| 18 OTHER INFORMATION<br>Renseignements divers                                                                                                                      |  | ALTN AERODROME<br>Aérodrome de déviation                                                |  |
|                                                                                                                                                                    |  |                                                                                         |  |
|                                                                                                                                                                    |  | 2ND ALTN AERODROME<br>2 <sup>e</sup> aérodrome de déviation                             |  |
|                                                                                                                                                                    |  |                                                                                         |  |
| SUPPLEMENTARY INFORMATION (NOT TO BE TRANSMITTED IN FPL MESSAGES)<br>Renseignements complémentaires (À NE PAS TRANSMETTRE DANS LES MESSAGES DE PLAN DE VOL DÉPOSÉ) |  |                                                                                         |  |
| 19 ENDURANCE<br>Autonomie                                                                                                                                          |  | PERSONS ON BOARD<br>Personnes à bord                                                    |  |
| E / HR MIN                                                                                                                                                         |  | P /                                                                                     |  |
| SURVIVAL EQUIPMENT<br>Équipement de survie                                                                                                                         |  | EMERGENCY RADIO<br>Radio de secours                                                     |  |
| POLAR<br>Polaire                                                                                                                                                   |  | VHF                                                                                     |  |
| DESERT<br>Désert                                                                                                                                                   |  | VHF                                                                                     |  |
| MARTIME<br>Maritime                                                                                                                                                |  | ELT                                                                                     |  |
| JUNGLE<br>Jungle                                                                                                                                                   |  | E                                                                                       |  |
| JACKETS/GILETS de sauvetage                                                                                                                                        |  |                                                                                         |  |
| S / P                                                                                                                                                              |  | R / U                                                                                   |  |
| D                                                                                                                                                                  |  | V                                                                                       |  |
| M                                                                                                                                                                  |  | U                                                                                       |  |
| J                                                                                                                                                                  |  | V                                                                                       |  |
| JACKETS/GILETS de sauvetage                                                                                                                                        |  |                                                                                         |  |
| J / L                                                                                                                                                              |  | F                                                                                       |  |
| L                                                                                                                                                                  |  | U                                                                                       |  |
| F                                                                                                                                                                  |  | V                                                                                       |  |
| NUMBER<br>Nombre                                                                                                                                                   |  | CAPACITY<br>Capacité                                                                    |  |
| COVER<br>Couverture                                                                                                                                                |  | COLOUR<br>Couleur                                                                       |  |
| D                                                                                                                                                                  |  | C                                                                                       |  |
| AIRCRAFT COLOUR AND MARKINGS<br>Couleur et marquages de l'aéronef                                                                                                  |  |                                                                                         |  |
| A                                                                                                                                                                  |  |                                                                                         |  |
| REMARKS<br>Remarques                                                                                                                                               |  |                                                                                         |  |
| N                                                                                                                                                                  |  |                                                                                         |  |
| PILOT-IN-COMMAND<br>Pilote commandant de bord                                                                                                                      |  |                                                                                         |  |
| C                                                                                                                                                                  |  |                                                                                         |  |
| FILED BY / Déposé par                                                                                                                                              |  |                                                                                         |  |
|                                                                                                                                                                    |  | SPACE RESERVED FOR ADDITIONAL REQUIREMENTS<br>Espace réservé à des fins supplémentaires |  |

Ek-3 Operasyonel Uçuş Planı

COMPUTERIZED FLIGHT PLANNING

FLIGHT PLAN NO. 009708  
COMP 0219Z VALID U/I 0819Z  
CTV716 WIII TO WARR  
PK-GLS / CFM56-5B4 / CRZ CI014  
15 NOV 22 ETD 0455Z PROGS 141812Z IFR KGS

| FLT ID     | ORIG/DEST | ACFT | ROUTE | WIND/ISA | PERF FACTOR |
|------------|-----------|------|-------|----------|-------------|
| CTV716 /15 | WIII/WARR | A320 | R3    | M008/P14 | 0.0%        |

|           | FUEL   | TIME  | DIST     | NAM  | WEIGHT | -ACTUAL- | STRUCTURAL  |
|-----------|--------|-------|----------|------|--------|----------|-------------|
| TRIP FUEL | 003441 | 01.21 | 0469     | 0472 |        |          |             |
| ALT/WAAA  | 003212 | 01.17 | 0488     | BOW  | 042385 | .. .. .  |             |
| FINAL RES | 001111 | 00.30 |          | EIC  | 000000 |          |             |
| CONT *    | 000193 | 00.05 |          | PYLD | 015700 |          |             |
| ADD       | 000000 | 00.00 | -ACTUAL- | ZFW  | 058085 | .. .. .  | MZFW 061000 |
| REQUIRED  | 007957 | 03.13 | .. .. .  | TOF  | 007957 |          |             |
| TANKERING | 000000 | 00.00 |          | TOGW | 066042 | .. .. .  | MTOW 077000 |
| TOF       | 007957 | 03.13 |          | BURN | 003441 |          |             |
| TAXI      | 000253 | 00.22 |          | LDGW | 062601 |          | MLDW 064500 |
| BALLAST   | 000000 |       |          |      |        |          |             |
| BLOCK     | 008210 | 03.35 | .. .. .  |      |        |          |             |

PPRM 004516 \* MAX 5 PCT BURN OR 5 MIN Hold @ 1500

|                |          |
|----------------|----------|
| BLOCK ON ..... | TDN..... |
| BLOCK OFF..... | A/B..... |
| FLT TIME ..... | AIR..... |

BURN ADJUSTMENT PER 1000 KGS - 37 KGS

ZFW INCR / 1000 .. .. . X 37 KGS = .. .. . BURN ADJ

ADJUSTED REQUIRED FUEL .. .. .

FUEL BURN ADJUSTMENT BELOW PLANNED FLIGHT LEVEL:

|     |        |       |
|-----|--------|-------|
| FL  | BURN   | ETE   |
| 310 | 003464 | 01.21 |
| 290 | 003492 | 01.22 |

REMARKS:

NOT UNDER INFLUENCE

.....

.....