

İNSANSIZ HAVA ARACI TEKNOLOJİSİ VE OPERATÖRLÜĞÜ EĞİTİM KİTABI

Prof. Dr. Murat YAKAR
Doç. Dr. Ali ULVİ
Öğr. Gör. Şafak FİDAN
Öğr. Gör. Atilla KARABACAK
Öğr. Gör. Osman VİLLİ
Yük. Müh. Abdurahman Yasin YİĞİT
Yük. Müh. Mehmet Özgür ÇELİK
Yük. Müh. Seda Nur Gamze HAMAL

2023

İNSANSIZ HAVA ARACI TEKNOLOJİSİ VE OPERATÖRLÜĞÜ EĞİTİM KİTABI

ISBN: 978-625-8101-34-8

© 1. Basım, Nisan 2023

© Copyright 2023, ATLAS AKADEMİ

Bu baskının bütün hakları Atlas Akademi'ye aittir.

Yayınevinin yazılı izni olmaksızın kitabın tümünün veya bir kısmının elektronik, mekânîk ya da fotokopi yoluyla basımı, yayımı, çoğaltımı ve dağıtımı yapılamaz.

SERTİFİKA NO: 49704

Kapak & Dizgi
Atlas Akademi

Baskı ve Cilt
Dizgi Ofset
Yeni Matbaacılar Sitesi Konya
Tel: 0332 342 07 42

KÜTÜPHANE BİLGİ KARTI

YAKAR, Murat – ULVİ, Ali – FİDAN, Şafak – KARABACAK, Atilla – VİLLİ, Osman
YİĞİT Abdurrahman Yasin – ÇELİK, Mehmet Özgür – HAMAL Seda Nur Gamze
İnsansız Hava Aracı, Hava Hukuku, Hava Aracı Uçuş Dinamiği, Uçuş Prensipleri, Meteoroloji,
ATC Usülleri, Havacılık Frezolojisi, Seyrüsefer, Operasyon, Kumanda Edilebilir Sistemler,
İtki Sistemleri, Aviyonik Sistemler, Bakım ve Onarım



Akademi Mah. Yeni İstanbul Cad.
No: 22 Selçuklu / KONYA
Tel: 0332 241 30 59

ÖNSÖZ

Bazı kaynaklarda drone olarak da bilinen insansız hava aracı (İHA), içinde herhangi bir insan olmayan bir hava aracıdır. İHA'lar başlangıçta askeri görevler için geliştirilmiş olup yirmi birinci yüzyılda çoğu askeri ordu için temel vazgeçilmez unsurlar haline gelmiştir. Kontrol teknolojilerinin gelişmesiyle ve ayrıca maliyetlerin artması ile İHA'ların kullanımı askeri olmayan uygulamalara da kaymıştır. Bunlar arasında haritacılık, hava fotoğrafçılığı, arkeolojik çalışmalar, maden alanı ölçümleri, hassas tarım, orman yangını izleme, nehir izleme, çevre izleme, güvenlik ve gözetim, altyapı denetimleri, kaçakçılık, ürün teslimatları, eğlence ve drone yarışları gibi daha birçok alanı sayabiliriz.

Yabancı kaynaklarda bazı yerlerde “İnsansız Hava Aracı Sistemi” olarak da karşımıza çıkmaktadır. İnsansız hava aracı sisteminin (UAS-unmanned aircraft system), terim olarak kullanılması; Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı (DoD) ve Amerika Birleşik Devletleri Federal Havacılık İdaresi (FAA) tarafından 2005–2030 İnsansız Hava Aracı Sistemi Yol Haritasına göre 2005 yılında kabul edildi. Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO) ve İngiliz Sivil Havacılık Otoritesi ve Avrupa Birliği’de Amerika’nın kullandığı bu terimi benimsemiştir. Türkiye’de de bu konuda yetkili kurum olan Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü talimatnamesinde “İNSANSIZ HAVA ARACI SİSTEMLERİ TALİMATI” şeklinde başlıkla hazırlanmış olup aslında aynı terimi kullanmayı kabul ettiği anlamına gelmektedir. Bu Talimat, Türk Hava Sahası’nda ayrılmış hava sahalarında uçacak olan sivil İnsansız Hava Araçlarının (İHA) operasyonlarını, İHA sistemlerini kullanacak olan kişilerin sahip olması gerekli nitelikleri, İHA sistemlerinin uçuşa elverişliliklerine dair hususları ve İHA operasyonları sırasında verilecek hava trafik hizmetlerine ilişkin usul ve esasları belirlemek amacıyla hazırlanmıştır. Talimatname; Türk Hava Sahası’nda ayrılmış hava sahalarında uçacak sivil İHA’ları, ilgili sistemleri, bunları işletecek olan işletmeleri, bu işletmelerde görev alacak personeli, İHA pilotlarını, İHA uçuş ekibini ve verilecek hava trafik hizmetlerini kapsamaktadır.

Günümüzde İHA’lar hem askeri hem de sivil/ticari pazarlarda çeşitli görevleri yerine getirmektedir. Piyasada farklı kullanıcıların beklentilerine yanıt veren farklı yeteneklere sahip çok farklı tipte İHA mevcuttur. Bu İHA’ların kullanılması gün geçtikçe artmakta ve birçok ülkede olduğu gibi TÜRKİYE’de de bu sistemleri kullanım için İHA operatörlüğü ehliyeti alınması gerekmektedir. Sivil Havacılık tarafından yetkili kurumlarca verilen bu ehliyet için İHA temel eğitiminin alınması gerekmektedir. Bu kitap tamamen sivil havacılığın bu kurslarda alınması gereken konuları ele almış ve bu tür eğitim veren kurumlar için önemli bir kaynak olma özelliğine sahiptir. Kitap içeriği tamamen Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü’nün belirlediği bire bir başlıklardan oluşmakta olup aynı zamanda İHA TEKNOLOJİSİ VE OPERATÖRLÜĞÜ bölümlerinde eğitim alan önlisans öğrenciler için de bir kaynak olma özelliğine sahiptir. Kısacası, İHA kullanımına Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) tarafından bazı düzenlemeler ve sınırlamalar getirilmiştir. Bu düzenlemelerin neler olduğu, İHA’nın nasıl kullanılması gerektiğine

dair tüm bilgilerin ve kuralların, Türk Hava Sahasında işletilecek veya kullanılacak sivil İnsansız Hava Aracı (İHA) sistemlerinin operasyonlarını, sistemleri kullanacak kişilerin sahip olması gereken nitelikleri, İHA'ların uçuşa elverişliliklerine dair hususları ve İHA operasyonları sırasında verilecek hava trafik hizmetlerine ilişkin usul ve esasların içeriğine bu kitap sayesinde ulaşabileceksiniz. Kitabımızda çizimleri gerçekleştiren Engin KANUN'a verdiği emeklerden dolayı teşekkür ederiz.

Tüm İHA kullanıcılarına faydalı olması dileğiyle.

Prof. Dr. Murat YAKAR

Mersin 2023

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	v

BÖLÜM 1

1. İHA TANITIM.....	1
1.1. Hava Aracı Tanımı ve İHA.....	1
1.2. Temel Prensipler.....	5
1.3. İHA Kabiliyeti ve Görevleri.....	6
1.4. Sistem Tasarımı.....	8
1.5. Bileşenler ve Sistemler.....	11
1.5.1. Gövde.....	15
1.5.2. Pervaneler.....	15
1.5.3. Motorlar.....	16
1.5.4. Batarya.....	17
1.5.5. Uçuş Denetleyicisi.....	18
1.5.6. Güç Dağıtım Kartı.....	19
1.5.7. Elektronik Hız Denetleyicisi.....	19
1.5.8. Alıcı.....	20
1.5.9. Kamera.....	20
1.6. İHA Kullanım Alanları.....	21

BÖLÜM 2

2. HAVA HUKUKU VE SORUMLULUKLAR.....	23
2.1. Giriş.....	23
2.2. İnsansız Hava Araçlarının Hukuki Boyutu.....	23
2.2.1. Uluslararası İnsansız Hava Araçları Hukuku.....	24
2.2.2. Ulusal İnsansız Hava Araçları Hukuku.....	25
2.2.3. İnsansız Hava Sistemleri Talimatı.....	27
2.2.3.1. Sınıflandırma.....	31
2.2.3.2. İthal Teknik Uygunluk.....	32
2.2.3.3. Zorunlu Teçhizat.....	33
2.2.3.4. Uçuşa Elverişlilik ve Özel Uçuş İzni Belgesi.....	34
2.2.3.5. Bakım ve Onarım Gereklilikleri.....	36
2.2.3.6. Sorumluluk ve Sigorta.....	37

2.2.3.7. Kayıt İşlemleri.....	37
2.2.3.8. Tescil İşlemleri.....	38
2.2.3.9. Uçuş Operasyon El Kitabı ve Hafif İHA İşleticisi Sertifikası.....	40
2.2.3.10. Pilot Lisansı Sınıflandırması ve Gereklilikleri.....	43
2.2.3.11. İHA Pilotu Sorumlulukları.....	45
2.2.3.12. İHA2 ve İHA3 Sınıfı İHA'lar İçin Uçuş Ekibi Gereklilikleri.....	46
2.2.3.13. Uçuş İzni Gereklilikleri.....	46
2.2.3.14. Özel İzne Tabi Bölgeler.....	49
2.2.3.15. Uçuş Şartları ve Alan Gereklilikleri.....	49
2.2.3.16. Ayırma Sağlama ve Çarpışma Önleme.....	50
2.2.4. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü İHA İşlemleri.....	52

BÖLÜM 3

3. HAVA ARACI UÇUŞ DİNAMİĞİ VE UÇUŞ PRENSİPLERİ.....	57
3.1. Havacılık ile İlgili Tanımlar.....	57
3.2. Sabit ve Döner Kanat.....	58
3.3. Rotor ve Çoklu Rotor.....	58
3.4. Temel Kanunlar ve Tanımlar.....	59
3.5. Kaldırma Kuvvetinin Meydana Gelmesi ve Bernoulli Prensibi.....	59
3.6. Kanat ve Pervane Profili.....	60
3.7. Faydalı Yüklerin Uçuşa Etkisi.....	60
3.8. Ağırlık Merkezi.....	62

BÖLÜM 4

4. METEOROLOJİ.....	63
4.1. Meteorolojinin Tanımı.....	63
4.2. Hava Raporu Kaynakları.....	63
4.3. Hava Bilgisi ve Yorumlama.....	64
4.4. Atmosfer ve Görüş Faktörü.....	72
4.4.1. Görüş Faktörü.....	75
4.5. Konveksiyon, Adveksiyon.....	75
4.6. Meteorolojik Görüş.....	77
4.7. Rüzgâr, Türbülans.....	78
4.7.1. Rüzgâr.....	78
4.7.2. Türbülans.....	82
4.8. Yağış, Bulut ve Kümülonimbus.....	88
4.8.1. Sis.....	88

4.8.2. Yağış.....	89
4.8.3. Bulut.....	90
4.8.4. Buzlanma.....	92
4.9. Basınç Farkları ve Sıcaklık.....	93
4.10. CAVOK, SKC ve NSC.....	97

BÖLÜM 5

5. ATC USULLERİ VE HAVACILIK FREZOLOJİSİ.....	99
5.1. Havacılık Alfabetesi.....	99
5.1.1. Havacılık Rakamları.....	101
5.2. Standart Terimler.....	102
5.3. Standart Konuşma Usulleri.....	105
5.4. Standart VFR Meydan Turu.....	105
5.5. Hava Trafik Kontrol (ATC) ile iletişim.....	106
5.6. Diğer Paydaşlarla Bilgi Paylaşımı.....	108
5.6.1. Telsizle Haberleşme.....	108
5.6.2. Haberleşme Teknikleri.....	108

BÖLÜM 6

6. SEYRÜSEFER VE OPERASYON.....	111
6.1. Dünya, Ay ve Güneş Sistemi, Yörüngeler.....	111
6.2. 3 Boyutlu Konumlandırma.....	116
6.3. Referans Sistemleri.....	116
6.4. GNSS (Global Navigation Satellite Systems) Prensipleri.....	122
6.5. Temel Harita Okumaları.....	125
6.5.1. Koordinatlar ve Kareler Ağı (Karelaj).....	129
6.5.2. Diğer Bilgiler.....	129
6.5.3. Haritadan Koordinat Okuma.....	130
6.5.4. Haritada Dik Koordinatların Okunması.....	130
6.6. Havacılık Haritaları (Chart).....	133
6.7. Özel Haritalar.....	141
6.8. Yorumlama ve Farkındalık.....	146
6.9. Hava Sahası ve Uçuşa Yasak Bölgeler.....	147
6.10. Uçuş Planı.....	149
6.11. Operasyon Kuralları.....	150
6.12. Operasyon Zarfı.....	151
6.13. Emniyetli ve Güvenli Uçuş.....	156

6.14. Acil Durumlar	157
6.15. Risk Değerlendirmesi	159
6.16. Uçuşların Kayıt Edilmesi ve Bildirim.....	160

BÖLÜM 7

7. KUMANDA EDİLEBİLİR SİSTEMLER.....	163
7.1. Giriş ve Tanım.....	163
7.2. İHA Kumanda Donanımı ve Yazılımı	164
7.3. Yer İstasyonu Donanım ve Yazılımı	171
7.4. Veri Bağlantı ve Kontrolleri.....	182
7.5. Veri Bağı Frekansları ve Spektrum	184
7.6. Entegrasyon Sorunları.....	186
7.7. Komuta ve Kontrol	189
7.8. Otopilot ve Elle Kumanda.....	191
7.9. Faydalı Yükler ve Sensörler	194

BÖLÜM 8

8. İTKİ SİSTEMLERİ.....	197
8.1. Motor, Rotor ve Hareket Mekanizmaları.....	198
8.2. Motor Türleri.....	199
8.2.1. Rotary (Wankel) İçten Yanmalı Motorlar.....	199
8.2.2. Gaz Türbinli Motorlar	200
8.2.3. Hibrit Motorlar.....	200
8.2.4. Hidrojen Yakıt Hücreli Motorlar.....	200
8.2.5. Benzinli Motorlar	200
8.2.6. Elektrikli Motorlar.....	201
8.2.7. Servo Motorlar	203
8.3. Pervane ve Kanatlar.....	203
8.4. Elektronik Hız Kontrol Ünitesi (ESC).....	205
8.5. Yakıt Sistemleri.....	206

BÖLÜM 9

9. AVİYONİK SİSTEMLER.....	209
9.1. Aviyonik Sistem Türleri	211
9.1.1. Navigasyon Sistemleri.....	211
9.1.2. Kontrol Sistemleri	211
9.1.3. Güvenlik Sistemleri.....	211

9.1.4. İletişim Sistemleri	211
9.1.5. Motor Kontrol Sistemleri.....	212
9.1.6. Hava Veri İşleme Sistemleri	212
9.2. İHA Aviyonik Sistemleri	214
9.2.1. Radyo Kontrol Sistemleri	214
9.2.2. Görüntü Sistemleri	216
9.2.3. Yer Kontrol İstasyonu Bileşenleri.....	216
9.2.4. Transponder (TP).....	217
9.2.5. Algı ve Sakın.....	217
9.2.6. Kumanda Sistemleri	218
9.2.7. Faydalı Yükler ve Sensör Sistemleri	218
BÖLÜM 10	
10. BAKIM VE ONARIM	221
10.1. Uçuş Öncesi Kontroller ve Bakım.....	221
10.2. Bakımın Amaçları.....	221
10.3. Bakımı Oluşturan Faaliyetler	221
10.4. Uçuş Sonrası Bakım (Programlı Bakımlar).....	222
10.5. Dönemsel Kontrol ve Bakım.....	222
10.5.1. Bakımın Sınıflandırılması	223
10.6. Kaza Sonrası Bakım ve Onarım	224
10.6.1. Bakım Kayıtlarının Tutulması.....	224
10.6.2. Uçak Bakımı İle İlgili Temel Kavramlar ve Kısaltmalar.....	226
10.7. Vaka İncelemesi	226
KAYNAKÇA	229
EK-1	
SİVİL HAVACILIK GENEL MÜDÜRLÜĞÜ İNSANSIZ HAVA ARACI KAYIT SİSTEMİ	249
EK-2	
UÇUŞ ÖNCESİ VE SONRASI YAPILMASI GEREKEN KONTROLLER (PRE DEPARTURE, PREFLIGHT CHECKLIST)	250