



**İnsansız Hava Araçlarının
Çok Düşük Seviyeli Operasyonlarında
Hava Trafik Yönetimi
Yüksek Lisans Tezi
Saide Nihan Sert
Eskişehir 2024**

**İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ ÇOK DÜŞÜK SEVİYELİ
OPERASYONLARINDA HAVA TRAFİK YÖNETİMİ**

Saide Nihan SERT

Yüksek Lisans Tezi

Hava Trafik Kontrol Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Öznur USANMAZ

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Ocak 2024

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Saide Nihan SERT'in İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ ÇOK DÜŞÜK SEVİYELİ OPERASYONLARINDA HAVA TRAFİK YÖNETİMİ başlıklı çalışması 19/01/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Hava Trafik Kontrol Anabilim dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Unvan Adı Soyadı

İmza

Üye

: Prof. Dr. Öznur USANMAZ

Üye

: Doç. Dr. Işıl YAZAR

Üye

: Dr. Öğr. Üyesi Tamer SAVAŞ

Prof. Dr. Semra KURAMA

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

19/01/2024

DANIşMAN ONAYI

Danişmanlığını yürüttüğüm Yüksek Lisans ğrencisi Saide Nihan SERT, “İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ ÇOK DüşüK SEVİYELİ OPERASYONLARINDA HAVA TRAFİK YÖNETİMİ” başlıklı tez çalışmasını tamamlamıştır. Hazırlamış olduğu tez tarafımca incelenmiş ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel ve etik açıdan uygun görülmüştür.

Tez Danişmanı

Prof. Dr. Öznur USANMAZ

ÖZET

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ ÇOK DÜŞÜK SEVİYELİ OPERASYONLARINDA HAVA TRAFİK YÖNETİMİ

Saide Nihan SERT

Hava Trafik Kontrol Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ocak 2024

Danışman: Prof. Dr. Öznur USANMAZ

İnsansız hava araçlarının kullanım alanlarının artmasıyla, farklı irtifalarda ve coğrafi bölgelerde operasyon sayıları da artmaktadır. Bu operasyonlar içerisinde yer seviyesinden 400 ft yüksekliğe kadar gerçekleştirilmekte olan operasyonlar, çok düşük seviyeli (VLL) insansız hava aracı operasyonları olarak tanımlanmaktadır.

Artan VLL operasyonları bu seviyedeki trafikler için sistematik bir düzenleme ve standardizasyon ihtiyacını da beraberinde getirmiştir. Hava sahası paydaşlarının ihtiyaçlarını dikkate alarak emniyet, verimlilik ve ekonomi arasında uzlaştırıcı çözümler bulmak hava trafik yönetiminin sorumluluğundadır. Bu doğrultuda, VLL operasyonlarının uygulanması için gerekli ortamı ve hizmetleri sağlamak amacıyla hava trafik yönetiminde tamamlayıcı kavramlar geliştirilmiştir.

Amerika Birleşik Devletleri'nde geçerli olan Federal Havacılık İdaresi insansız hava aracı hava trafik yönetimi FAA-UTM kavramı ile Avrupa'da U-Space çerçevesinde öngörülen Avrupa insansız hava aracı trafik yönetimi sistemleri için operasyon kavramı CORUS, kontrollü ve kontrolsüz hava sahasında insansız hava aracı operasyonlarının emniyetli, verimli ve esnek bir şekilde yürütülmesi için önemli yaklaşımlar sunmaktadır. Her iki kavramda VLL insansız hava aracı operasyonlarını mevcut hava sahasına entegre etmek ve tüm hava sahası kullanıcıları arasındaki iletişimi kolaylaştırmak için hizmetleri, prosedürleri, süreçleri ve gereksinimleri tanımlamaktadır.

Bu çalışmada, bu iki kavrama ilişkin düzenlemelerin benzerlik ve farklılıkları tartışılmıştır. Mevcut kavramlardan yararlanarak Ülkemizde VLL insansız hava aracı trafikleri ekosisteminin geliştirilmesi için bir değerlendirme yapılmıştır.

Anahtar Sözcükler: İnsansız hava aracı sistemleri, Hava trafik yönetimi, Çok düşük seviyeli operasyonlar

ABSTRACT

Saide Nihan SERT

Department of Air Traffic Control

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, January 2024

Supervisor: Prof. Dr. Öznur USANMAZ

With the increasing usage of unmanned aircraft systems, operations at various altitudes and geographical regions are also rising. Operations up to 400 ft above ground level are classified as Very Low-Level (VLL) unmanned aircraft system operations. The growing number of VLL operations necessitate systematic regulation and standardization for this level of traffic. “Air Traffic Management” is responsible for finding solutions that reconcile safety, efficiency, and economy while considering the needs of airspace stakeholders. Complementary concepts in Air Traffic Management have been developed to provide the necessary environment and services for implementing VLL operations. The Federal Aviation Administration's (FAA) Unmanned Aircraft Systems Traffic Management Concept (UTM) and the European U-Space's Concept of Operations for Unmanned Aircraft Systems Traffic Management Systems (CORUS) provide valuable approaches for managing unmanned aircraft operations in both controlled and uncontrolled airspace in a safe, efficient, and flexible manner. Both concepts describe services, procedures, processes, and requirements for integrating VLL unmanned aircraft operations into existing airspace and facilitating communication between all airspace users. This study aims to identify the similarities and differences in regulations between the two concepts. Based on current definitions, an evaluation was conducted to develop our country's VLL unmanned aircraft system traffic ecosystem.

Keywords: Unmanned aircraft systems, air traffic management, Very low level operations

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın bugünlere gelmesi için hoşgörü, ilgi ve sabırla yardımcı olan, lisans ve yüksek lisans hayatım boyunca bana rehberlik eden ve ayrıca havacılık sektöründeki kariyerimde dahi desteğini benden esirgemeyen çok değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Öznur Usanmaz’a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Lisans ve yüksek lisans hayatım boyunca eğitim aldığım, bugünkü bilgi birikimime sahip olmamı sağlayan çok değerli Eskişehir Teknik Üniversitesi “Hava Trafik Kontrol” bölümü hocalarıma, tez çalışmam boyunca sorularımı sabırla cevaplayan ve yardımcı olan değerli Esenboğa Havalimanı Meydan Kontrol Ünite Şefi Gürcan Sınar’a, Esenboğa Havalimanı Hava Trafik Kontrolörleri’ne ve Saha Kontrol Şefi Tolga Dağdeviren’e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarında bana motivasyon veren, yardımlarını esirgemeyen değerli Volkan Alpay’a, dostum Alperen Kök’e ve Eray Kaçar’a; yalnızca tez çalışmam boyunca değil, lisans ve yüksek lisans hayatım boyunca yardıma ihtiyacım olan her anda yardımlarını ve desteğini benden esirgemeyip yol gösteren değerli Serkan Aslaner’e ve en başta havacılık sektörüne adım atmamı sağlayan, fikirleri ile bana vizyon katan abim Osman Cihan Sert’e, zorlandığım her anda desteğini omzumda hissettiğim ablam Ayşe Nurdan Ulus’a ve abim gördüğüm Ali Ulus’a, pilotaj eğitimim boyunca yüksek lisans çalışmalarım için ihtiyaç duyduğum anlayışı gösteren Anadolu Yıldızları Uçuş Okulu(AYJET) hocalarına, bırakmaya yakın hissettiğim anlarda gayretlerimi takdir eden ve beni maddi manevi destekleyen annem, babam ve kardeşlerime çok teşekkür ederim.

Umuyorum ki bu çalışma, konu ile ilgilenen herkes için faydalı olur.

Saide Nihan SERT

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Saide Nihan SERT

İÇİNDEKİLER

BAŞLIK SAYFASI	I
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	II
DANIŞMAN ONAYI	III
ÖZET	IV
ABSTRACT.....	V
TEŞEKKÜR	VI
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	VII
TABLolar DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XIII
1. GİRİŞ	1
2. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI.....	4
2.1. İnsansız Hava Araçlarının Konfigürasyonları ve Özellikleri.....	4
2.2. İnsansız Hava Araçlarının Sınıflandırılması	7
2.2.1. Azami kalkış ağırlıklarına göre İHA sınıflandırması	8
2.2.2. Menzil ve havada kalma sürelerine göre İHA sınıflandırmaları	12
2.2.3. Görevlerine göre İHA sınıflandırması	15
2.3. İHA Kategorileri Sistemleri ve Bileşenleri.....	17
3. GELENEKSEL HAVA TRAFİK YÖNETİMİ	18
4. ÇOK DÜŞÜK SEVİYELİ OPERASYONLAR İÇİN KONSEPTLER VE TÜRKİYE’DEKİ MEVCUT UYGULAMA.....	26
4.1. Temel Tanımlar.....	27
5. İHA TRAFİK YÖNETİMİ: KARŞILAŞTIRMALI ANALİZ.....	30
5.1. Paydaşlar.....	30
5.2. Hizmetler ve Destekleyici Yapı.....	32
5.3. Operasyon Kategorileri	36

5.4. Uçuş Aşamaları ve U-Plan	37
5.5. Hava Sahası Sınıflandırması	39
5.6. Uçuş Kuralları	42
5.7. Hava Sahası ve Hava Trafik Yönetimi	43
5.8. UTM’de Merkezi-Dağıtılmış Yaklaşımlar ve Çakışma Tespiti Çözümü (CDR)	45
5.9. Kentsel Hava Hareketliliği (UAM) ve Gelişmiş Hava Hareketliliği (AAM)	48
5.10. Uygulama	49
6. TÜRKİYE’DE İHA EKOSİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK BİR DEĞERLENDİRME	51
7. SONUÇ	54
KAYNAKÇA	59
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLER DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2. 1. İHA tanımlarının zaman içerisindeki kullanımı	4
Tablo 2. 2. İHA'ların ağırlık ve hızlarına göre ayrımı	4
Tablo 2. 3. İHA konfigürasyonlarının özellikleri	6
Tablo 2. 4. İHA çeşitlerinin kabiliyetleri açısından karşılaştırılması	7
Tablo 2. 5. MTOW'a göre İHA'lar	8
Tablo 2. 6. MTOW'a göre İHA'lar	8
Tablo 2. 7. Azami kalkış ağırlığına göre EASA sınıflandırması	10
Tablo 2. 8. Ağırlıklarına göre Çin İHA Sınıfları	10
Tablo 2. 9. Ağırlıklarına göre İHA'lar, görev irtifaları ve çapları	11
Tablo 2. 10. Ağırlıklarına göre İHA'lar, görev irtifaları ve hızları.....	11
Tablo 2. 11. Türkiye'de üretilen bazı sİHA'lar ve seyir irtifası, hızı, uçuş süreleri	12
Tablo 2. 12. ABD Hava Kuvvetleri Tier Sistemi Sınıflandırması	13
Tablo 2. 13. ABD Askeri İHA Programları (the JPO)'ya göre menzil sınıflandırması..	13
Tablo 2. 14. Askeri İHA menzil ve havada kalış süresine göre sınıflandırma	14
Tablo 2. 15. İHA Sistemleri ve Uzaktan Kumandalı Uçak Sistemi arasındaki benzerlik ve farklılıklar	17
Tablo 3. 1. ICAO Havasahası Sınıflandırması ve Sağlanan Hizmetler.....	21
Tablo 4. 1. VFR minimalar.....	29
Tablo 5. 1. Paydaş Rollerini	30
Tablo 5. 2. SHGM İHA Sistemleri Talimatı Paydaşları	31

Tablo 5. 3. Resmi Sitede Tanımlanan Paydaşlar ve Rollerini 32

Tablo 5. 4. U-Plan Döngüsü 38

Tablo 7. 1. FAA-UTM, U-Space, SHGM SHT-İHA Karşılaştırma Tablosu 55



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2. 1. İHA konfigürasyonları.....	5
Şekil 2. 2. Kullanım tipine göre İHA Sınıflandırması	16
Şekil 3. 1. Hava Seyrisefer Hizmetleri ve Bileşenleri.....	18
Şekil 3. 2. İnsanlı Trafiklerin Uçuş Aşamaları	20
Şekil 5. 1. AIS Portal.....	35
Şekil 5. 2. U-Plan Döngüsünün Zaman Çizelgesi.....	37

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

\$	: Dolar
AAM	: Advanced Air Mobility (Gelişmiş Hava Hareketliliği)
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AGL	: Above Ground Level (Yer Seviye Üstünde)
AIM	: Aeronautical Information Management (Havacılık Bilgi Yönetimi)
AIP	: Aeronautical Information Publication (Havacılık Bilgi Yayını)
ANS	: Air Navigation Services (Hava Seyrüsefer Hizmetleri)
ANSP	: Air Navigation Service Provider (Hava Seyrüsefer Hizmet Sağlayıcı)
ASM	: Air Space Management (Hava Sahası Yönetimi)
ATC	: Air Traffic Control (Hava Trafik Kontrol)
ATFCM	: Air Traffic Flow And Capacity Management (Hava Trafik Akış ve Kapasite Yönetimi)
ATFM	: Air Traffic Flow Management (Hava Trafik Akış Yönetimi)
ATM	: Air Traffic Management (Hava Trafik Yönetimi)
ATS	: Air Traffic Services (Hava Trafik Hizmetleri)
BRLOS	: Beyond Radio Line Of Sight (Radyo Görüş Hattı Ötesi)
BVLOS	: Beyond Vision Line Of Sight (Görsel Görüş Hattı Ötesi)
CAAC	: Civil Aviation Administration of China (Çin Sivil Havacılık İdaresi)

CDR	: Conflict Detection And Resolution (CDR)
CFMU	: Central Flow Management Unit (Merkezi Akış Yönetim Birimi)
CNS	: Communication Navigation Surveillance (Haberleşme Seyrüsefer İzleme)
ConOps	: Concept Of Operations (Operasyon Konsepti)
CORUS	: Concept Of Operation for European UTM Systems (Avrupa İnsansız Hava Aracı Sistemleri Trafik Yönetimi Sistemleri için Operasyon Konsepti)
CR	: Close Range (Yakın Menzil)
CTOT	: Calculated Take-Off Time (Hesaplanmış Kalkış Zamanı)
DAA	: Detect And Avoid (Algıla ve Sakın)
DFR	: Digital Flight Rules (Dijital Uçuş Kuralları)
DHMİ	: Devlet Hava Meydanları İşletmesi
DOC	: Document (Doküman)
EASA	: Europe Aviation Safety Agency (Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı)
EOBT	: Estimated Off Block Time (Tahmini Takoz Çekme Zamanı)
EUROCONTROL	: European Organisation For The Safety Of Air Navigation Control (Avrupa Hava Seyrüsefer Emniyeti Teşkilatı)
EVLOS	: Extended Vision Line Of Sight (Genişletilmiş Görüş Hattı Operasyonları)

EVTOL	: Electrical Vertical Take Off and Landing (Dikey Kalkış ve İniş)
FAA	: Federal Aviation Administration (Federal Havacılık İdaresi)
FAR	: Federal Aviation Regulation (Federal Havacılık Düzenlemesi)
FIFO	: First In First Out (İlk Gelene İlk Hizmet)
FIMS	: Flight Information Management System (Uçuş Bilgi Yönetim Sistemi)
FIS	: Flight Information Services (Uçuş Bilgi Hizmetleri)
FL	: Flight Level (Uçuş Seviyesi)
Ft	: Feet
GAMZ	: Geodetic Altitude Mandatory Zones (Jeodezik İrtifa Zorunlu Bölgesi)
GNSS	: Global Navigation Satellite Systems (Küresel Konum Belirleme Sistemi)
GPS	: Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
Gr	: Gram
HALE	: High Altitude Long Endurance (Yüksek İrtifa Uzun Havada Kalış)
ICAO	: International Civil Aviation Organization (Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu, Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı)
IFR	: Instruments Flight Rules (Aletli Uçuş Kuralları)
İHA	: İnsansız Hava Aracı

JPO	: Joint UAV Program Office (Ortak İnsansız Hava Aracı Program Ofisi)
Kg	: Kilogram
Km	: Kilometre
Kts	: Knots
M	: Metre
MALE	: Medium Altitude Long Endurance (Orta İrtifa Uzun Havada Kalış)
MET	: Meteorological Services (Meteoroloji Hizmetleri)
MGTOW	: Maximum Gross Take-Off Weight (Azami Brüt Kalkış Ağırlığı)
MTOW	: Maximum Take Off Weight (Azami Kalkış Ağırlığı)
N/A	: Non-Available (Mevcut Değil)
NAA	: National Aviation Authority (Ulusal Havacılık Otoritesi)
NAS	: National Airspace System (Ulusal Hava Sahası Sistemi)
NASA	: National Aeronautics and Space Administration (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)
NATO	: North Atlantic Treaty Organisation (Kuzey Atlantik Antlaşması Teşkilatı)
NEXTGEN	: Next Generation Air Transportation System (Yeni Nesil Hava Taşımacılığı Sistemi)
NM	: Nautical Mile (Deniz Mili)
NOTAM	: Notice To Air Mission (Havacılara Bildiri)

RLOS	: Radio Line Of Sight (Radyo Görüş Hattı)
RPA	: Remotely Piloted Aircraft (Uzaktan Kumandalı Uçak)
RPAS	: Remotely Piloted Aircraft Systems (Uzaktan Kumandalı Uçak Sistemi)
RPIC	: Remote Pilot-in Command (Uzaktan Pilot)
RPS	: Remotely Piloted Station (Uzaktan Kumanda İstasyonu)
RTTA	: Reasonable Time To Act (Harekete Geçmek İçin Makul Süre)
SAR	: Search And Rescue (Arama Kurtarma)
SDSP	: Supplementary Data Service Provider (Ek Veri Hizmet Sağlayıcıları)
SDSS	: Supplementary Data Service Supplier (Ek Veri Hizmet Sağlayıcısı)
SESAR	: Single European Sky Air Traffic Management Research (Tek Avrupa Hava Sahası Hava Trafik Yönetimi Araştırma Geliştirme Projesi)
SHGM	: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
SHT-İHA	: İnsansız Hava Araçları Sivil Havacılık Talimatı
SiHA	: Silahlı İnsansız Hava Aracı
SORA	: Specific Operation Risk Assesment (Özel Operasyonel Risk Değerlendirmesi)
SR	: Short Range (Kısa Menzil)
TAI	: Turkish Aerospace Industries (Türk Havacılık ve Uzay Sanayii AŞ)

UA	: Unmanned Aircraft (İnsansız Hava Aracı)
UAM	: Urban Air Mobility (Kentsel Hava Hareketliliği) ³²
UAS	: Unmanned Aircraft Systems (İnsansız Hava Aracı Sistemleri)
UAV	: Unmanned Aerial Vehicle (İnsansız Hava Aracı)
UED	: Uçuşa Elverişlilik Daire Başkanlığı
UFR	: U-Space Flight Rules (U-Space Uçuş Kuralları)
UMZ	: U-Space Mandatory Zone (U-Space Zorunlu Bölgesi)
UOD	: Uçuş Operasyonu Daire Başkanlığı
USS	: Unmanned Aircraft System Service Supplier (İnsansız Hava Aracı Sistemleri Hizmet Sağlayıcı)
USSP	: U-Space Aircraft System Service Provider (U-Space Hava Aracı Sistemi Hizmet Sağlayıcı)
UTM	: Unmanned Aircraft Systems Traffic Management (İnsansız Hava Aracı Sistemleri Trafik Yönetimi)
VFR	: Visual Flight Rules (Görerek Uçuş Kuralları)
VIP	: Very Important Person
VLL	: Very Low Level (Çok Düşük Seviye)
VLOS	: Vision Line Of Sight (Görsel Görüş Hattı)
VTOL	: Vertical Take-Off And Landing (Dikey Kalkış ve İniş)
YKİ	: Yer Kontrol İstasyonu

1. GİRİŞ

İnsansız Hava Araçları (İHA), otopilot yardımıyla ve yazılım kontrollü uçuş planları aracılığıyla uzaktan kontrol edilebilen veya otonom olarak uçabilen hava araçlarıdır; İHA'lar aynı zamanda, minyatür robotlar olarak da tanımlanabilmektedir [1]. Askeri amaçlarla kullanımdan sonra İHA'ların ticari kullanımı ile ilgili ilk uygulamalar film çekimi alanında ortaya çıkmaya başlamıştır. Sonrasında haritalama, ölçme ve inceleme çalışmalarında kullanılarak kullanım alanı hızla genişlemiştir [2]. Tarımsal ilaçlama ve ormancılık sektöründe havadan görüntüleme, kargo teslimatı, fotoğrafçılık, eğlence gibi ticari amaçlarla birlikte, yangın söndürme, arama kurtarma, ülke-sınır kontrolü, kolluk güçleri tarafından kullanımı ve koruma yönetimi gibi devletlere ait kullanım alanlarıyla farklı irtifalarda ve coğrafi bölgelerde kullanım alanlarının çeşitlenmesiyle birlikte operasyon sayıları da artmıştır. Artan operasyon sayıları ile İHA'ların sivil hava sahasına emniyetli erişimine izin verilmesi ve erişimin devamlılığının sağlanabilmesi için teknik altyapı ile birlikte çeşitli konularda mevzuat oluşturulması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

İnsanlı havacılık için tipik Aletli Uçuş Kuralları-(IFR) ve Görerek Uçuş Kuralları (VFR) irtifalarının altındaki, yer seviyesinden 400 feet (ft) yüksekte gerçekleştirilmekte olan İHA operasyonları, çok düşük seviyeli (VLL) operasyonlardır. Dinamikliği itibarıyla bu operasyon, standardize edilmesi en zor İHA operasyon türüdür.

İHA'lar arasındaki ayrımlar, İHA'ların insanlı trafiklerle aynı hava sahasını paylaşp paylaşmamasına bağlı olarak değişmektedir. Özellikle İHA'ların hız, manevra kabiliyeti açısından insanlı trafiklerden farklılaşmaları, bu ayrımların önemini artırmaktadır. Buna bağlı olarak, paydaşların hava sahası içerisindeki ihtiyaçları değişecek dolayısıyla da prosedürel çerçeve; operasyon gösterilen irtifa ve seviyeleri de göz önünde bulundurarak değişecektir. İHA'ların Hava Trafik Yönetimi (ATM) sisteminin içerisinde kendilerine bir yer bulmaları ile ilgili dünyada ve ülkemizde çalışmalar yapılmaktadır.

Artan İHA trafiği, İHA'ların hava trafik sistemine emniyetli, verimli ve ekonomik entegrasyonu konusunda ATM sistemlerini zorlamaktadır. En çok sayıda hava aracında en emniyetli, en verimli ve en ekonomik şekilde hizmet verilmesi, hava trafik sisteminin amaçları olduğuna göre bu unsurlar arasında uzlaştırmacı çözümler de ATM tarafından bulunmalıdır. Bu doğrultuda VLL operasyonların gerçekleştirilmesi için gerekli ortamın ve hizmetlerin sağlanması amacıyla ATM'i tamamlayıcı nitelikte, farklı otoriteler tarafından konseptler geliştirilmiştir.

Hem kontrollü hem de kontrolsüz VLL hava sahasında İHA'ların operasyon göstermesi ihtiyacını ele alarak İHA Sistemleri Trafik Yönetimi (UTM) için Federal Havacılık İdaresi (FAA) Yeni Nesil Hava Taşımacılığı Sistemi (NextGen) Ofisi, Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) geçerli olan "FAA ConOps" olarak anılan bir operasyon konseptini geliştirmiştir. Avrupa Birliği de Avrupa'da İHA sistemleri için geçerli olacak şekilde Eylül 2019'da, Tek Avrupa Hava Sahası Hava Trafik Yönetimi Araştırma Geliştirme (SESAR) projesi kapsamında, U-space adlı bir UTM konseptini hedefleyen ve CORUS olarak bilinen Avrupa İnsansız Hava Aracı Sistemleri Trafik Yönetimi Sistemleri için Operasyon Konsepti'ni yayınlamıştır. Bu çalışmada da 2 Mart 2020'de yayınlanan FAA UTM Operasyon Konsepti 2.0 ve 20 Temmuz 2023'te yayınlanan CORUS Versiyon 4.0 incelenmiştir.

Ülkemizde de Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM), Türk Hava Sahası'nda işletilecek veya kullanılacak sivil İHA sistemlerine yönelik ilk mevzuatı olan İHA Talimatını (SHT-İHA) 22 Şubat 2016'da yayınlamıştır. FAA-UTM ve CORUS kadar ayrıntılı olmayan bu talimat Türkiye'deki İHA düzenlemeleri için önemli bir nitelik taşımaktadır. 12 Temmuz 2020'de son revizyon olarak Versiyon 4'ü yayınlanan Talimatta, ithalat, satış, kayıt, tescil, uçuşa elverişlilik, kullanıcı nitelikleri, hava trafik hizmetleri (ATS) ve İHA operasyonları hakkında bir çerçeve çizilmiştir.

Herhangi bir trafik yönetimi işlevinin merkezinde hava araçları arasındaki olası çakışmaların tespiti ve çözümü yer almaktadır. Dolayısıyla "Çakışma Tespiti ve Çözümü (CDR)" için kullanılan bir yaklaşım, İHA sisteminin genel yapılanmasını da etkileyecektir.

Dünya'da İnsanlı havacılık için tipik IFR ve VFR doğrultusunda belirlenen irtifaların altındaki VLL operasyonların gerçekleştirilmesi için gerekli ortamın ve hizmetlerin sağlanması amacıyla ATM'e tamamlayıcı nitelikte farklı otoriteler tarafından konseptler geliştirildiği görülürken, Türkiye'de İHA operasyonlarının hava trafiğine, dolayısıyla hava sahasına emniyetli entegrasyonu için henüz sistematik bir çalışma yapılmadığı görülmektedir. Bununla birlikte, literatürde bu konuda Türkçe kaynak eksikliği de gözlemlenmektedir.

ABD de bu ihtiyaçlara cevaben, FAA İnsansız Hava Aracı Hava Trafik Yönetimi (UTM) NextGen Ofisi, sistematik bir çalışma olarak, UTM operasyon konseptini yayınlamıştır. Avrupa'da ise U-Space çerçevesinde kullanılması öngörülen ve SESAR projesi kapsamında bir operasyon konsepti, CORUS, yayınlanmıştır. Ülkemizde de

SHGM, İHA Sistemlerinin Türk Hava Sahası'nda işletilecek veya kullanılacak sivil İHA sistemleri için bir SHT-İHA yayınlamıştır.

Bu çalışmada, bu iki konsept arasında ve ülkemiz düzenlemeleri arasında belirli başlıklar altında kıyaslar yapılmıştır. İHA düzenlemeleri bağlamında karşılaştırmalı bir analizin ardındaki motivasyon iki büyük konsept çalışmasının ülkemiz için örnek olabileceği düşüncesidir. Ülkemizde yerden 400 ft'e kadar olan İHA operasyonları için halihazırda var olan İHA ekosisteminin geliştirilmesi için yapılacak çalışmaların detaylandırılması ve detaylandırılacak alanların belirlenmesi amacıyla bu konseptler ve ülkemizdeki düzenlemeler arasında ATM açısından bir değerlendirme yapılmıştır. Dolayısıyla bu çalışmanın, ülkemizde ileride yapılacak çalışmalar için faydalı olması amaçlanmıştır.

2. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI

İnsansız Hava Araçları, Yer Kontrol İstasyonu (YKİ) ile uzaktan bir pilot tarafından kontrol edilebilen ya da önceden programlanmış bir uçuş planı ile bağımsız olarak çalışabilen sistemlerdir. Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Unmanned Aircraft Systems (UAS), Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) ve son olarak Drone şeklindeki farklı isimlerle literatürde yer almaktadır. İHA terminolojisinin yıllara göre kullanımı Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2. 1. İHA tanımlarının zaman içerisindeki kullanımı [3]

Terim	2013 Öncesi	2013	2014	2015	2016	Ara Toplam (2013- 2016)	Toplam
UAV	13,400	2,302	2,373	3,255	2,977	10,907	24,307
UAS	3,143	487	516	516	543	2,062	5,205
RPAS	166	40	54	75	64	233	399
Drone	3,290	281	433	641	736	2,091	6011

İHA'lar, farklı şekilde sınıflandırılmaktadır, Tablo 2.2’de İHA’ların ağırlık ve hızlara göre üç kategoriye ayrıldığı görülmektedir.

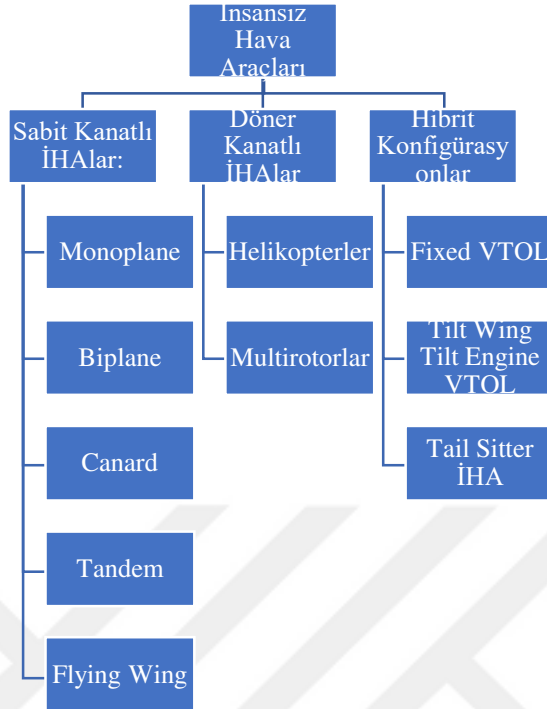
Tablo 2. 2. İHA’ların ağırlık ve hızlarına göre ayrımı [4]

Kategori	I	II	III
Ağırlık	≤55 lb (25 kg)	55-330 lb (25-150 kg)	>330 lb (150 kg)
Hız (kt)	≤ 70	≤ 200	>200
Tip	Model ya da küçük İHA (sUAS)	Küçük İHA (sUAS)	İHA (UAS)

2.1. İnsansız Hava Araçlarının Konfigürasyonları ve Özellikleri

En ilkel İHA çeşidi olan balonlar havadan daha hafif hava aracı olarak tanımlanmaktadır. Havadan daha ağır olan İHA çeşitleri ise sabit kanatlı (fixed wing), döner kanatlı (multi rotor), ve hibrit konfigürasyonlar olmak üzere üçe ayrılmaktadır [3]. Sabit kanatlı konfigürasyonlar kendi içlerinde “Monoplane, bi-plane, canard, tandem, flying wing” olarak ayrılırken, döner kanatlı konfigürasyonlar helikopter, multirotorlar olarak ayrılmaktadır. Hibrit konfigürasyonlar, fixed VTOL (Vertical Take Off and Landing – hem sabit kanat hem döner kanat), tilt wing/tilt engine VTOL ve tail sitter İHA

olarak ayrılmaktadır. İHA konfigürasyonları Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2. 1. İHA konfigürasyonları

Sabit kanatlı İHA’lar Bernoulli prensiplerine göre kanatların altında ve üstündeki basınç farkının yarattığı tutunma kuvvetinin yerçekimi kuvvetinden büyük olması esası ile çalışırken, döner kanat İHA’lar göreceli kuvvet doğasına göre çalışmaktadır. Bu nedenle, sadece ileriye doğru hareket etmek için enerji kullanarak, havada süzülme mantığı ile ilerledikleri için daha verimli İHA’lardır [3]. Havada kalış süresi 16 saat ya da daha fazla olabilmektedir. SHGM’nin azami kalkış ağırlıklarına (MTOW ya da MGTOW) göre yapmış olduğu sınıflandırmaya göre İHA0 ya da İHA 1 kategoriye giren sabit kanatlı İHA’lar 3-4 saat havada kalabilmektedir. Kalkışları fırlatılma şeklinde gerçekleştiği için ağırlığına göre değişerek açık alanda elle veya katapult denilen yardımcı bir ekipmanla yapılabilmektedir. Emniyetli inişleri de gövde üzeri olması dolayısıyla diğer İHA’lara kıyasla daha zordur. İnişleri paraşütle, ağa takılarak, kanattan ayrılarak gibi farklı şekillerde gerçekleşebilir. Bu İHA’ların maliyeti de farklı uçuş aşamalarına farklı ekstra araç gerektirmesi sebebiyle fazladır.

Sabit kanatlı İHA’lar kendi içinde kanat sayısına ve tipine göre ayrılırken, döner kanat İHA’lar ise çoklu pervaneye sahip olup dikey olarak iniş kalkış yapabilen, üç eksen de hareket edebilen çeşitlerdir. En yaygın kullanılanı dört pervaneye sahip

İHA'lardır. Havada kalış süresi düşük, maksimum 30 dakika olan bu İHA'ların havada kalış süresi tamamen taşıdığı faydalı yük miktarı ile ilgilidir. Faydalı yük miktarı ile ters orantılıdır. Avantajlı tarafı ise zorlu koşullarda emniyetli iniş kalkışını gerçekleştirebilme ve havada asılı kalma kabiliyeti ile kontrolünün kolay olmasıdır.

Tek pervaneli İHA'lar helikopter olarak da bilinmektedir. Dikey olarak iniş kalkış yapabilen bu İHA'lar, İHA'lar arasında en verimlisi olmalarına rağmen, günümüzde kullanımı nadirdir. Verimliliği pervanenin büyüklüğü, yavaşlığı gibi parametrelere bağlıdır. Maliyetli olması, dengeli olmaması, büyük pervaneleri ile hareket kabiliyetini kısıtlayabilmesi ve emniyet gibi faktörlerle tercih edilmeyebilmektedir. Farklı İHA tiplerinin konfigürasyon özellikler Tablo 2.3'de sunulmuştur.

Tablo 2. 3. İHA konfigürasyonlarının özellikleri

	Multirotor	Sabit Kanat	VTOL/Helikopter
Avantaj	Kullanımı ve bakımı kolaydır	Haritalandırma için iyidir. Uzun menzile sahiptir, verimlidir.	Olduğu yerden dikey kalkış ve iniş (VTOL) gerçekleştirebilir. Verimliliği yüksektir
Dezavantaj	Uçuş süresi kısıtlıdır.	Kalkış ve iniş için pist gerektirdiğinden fırlatma/kalkış sorun olabilir.	Kontrol zordur. İleri kontrol teknikleri gerektirir
Kararlılık	Rüzgarlı durumlarda kararsızdır	Kararlılığı yüksektir	Kararlılığı yüksektir
Maliyet	Maliyeti düşüktür ve güvenilirlidir	Maliyeti yüksektir.	Maliyeti yüksektir ve kompleks yapılardır.
Kabiliyetler	Manevra kabiliyeti çok yüksektir	Alan tarama kapasitesi yüksektir	Faydalı yük taşıma kapasitesi vardır
Havada kalış süresi	Uçuş süresi kısıtlıdır	Havada da uzun süre kalabilir (yaklaşık 16 saat ya da daha fazla)	-

Hibrit konfigürasyonlar, sabit kanatlı ve döner kanatlı İHA'ların pozitif özelliklerini birleştirmektedir. Dolayısıyla birçok soruna çözüm üretmiştir. Bu İHA'lar, multikoptere benzer olarak dikey kalkış ve iniş özellikleri ile Vertical Take Off and Landing (VTOL) olarak da adlandırılmaktadır. Uzun uçuş süresi ve geniş kapsama alanı, böylece kullanım alanlarını da çeşitlendirmektedir. Sabit (Fixed) VTOL'ler sabit kanatlı İHA'lar gibi havada uzun süre kalabilirken pist gerektirmeden kalkış ve inişini de gerçekleştirebilmektedir. Tilt Wing VTOL'lerde ise kanatları veya motorları yön değiştirebilmekte, bu sayede yukarı kalkış yapıp yere paralel operasyonlarına devam

edebilmektedir. Tasarımları sabit VTOL'lere göre daha komplekstir. Hibrit konfigürasyonların son çeşidi Tail Sitter İHA'ların ise, kuyruğunun üzerinden kalkış gerçekleştirdikten sonra yere paralel hale geldiği görülmektedir. Hibrit konfigürasyonlar içerisinde en verimlisidir, Tilt wing/motor VTOL'e göre tasarımı daha basittir. İHA konfigürasyonlarının özellikleri Tablo 2.3'te, kabiliyetleri açısından karşılaştırılması ise Tablo 2.4'te verilmiştir.

Tablo 2. 4. İHA çeşitlerinin kabiliyetleri açısından karşılaştırılması [3]

Kabiliyet + - o	Helikopter	Multikopter	Sabit Kanatlı	Hibrit
Dikey kalkış-iniş	+	+	-	+
Havada asılı kalma	+	+	-	+
Düz uçuş	-	+	+	+
Mod değiştirme	-	-	-	+
Havada kalma süresi	-	-	+	+
İdame Edilebilirlik	+	-	O	O

İHA'ların özelliklerinin avantajlı ya da dezavantajlı olması gerçekleştirilecek operasyon için ihtiyaç duyulan özelliklere göre değişeceğinden, ihtiyaca göre İHA tercihi yapılmalıdır.

2.2. İnsansız Hava Araçlarının Sınıflandırılması

İHA'lar, dünyada farklı otoritelerce azami kalkış ağırlıkları, menzil ve havada kalma sürelerine, görevlerine göre ya da taşıdığı yüklere göre sınıflandırılmış olsalar da, bu konuda henüz bir standart oluşturulmamıştır. Her ülke farklı ölçütlere göre İHA'ları sınıflandırırken, en kapsamlı sınıflandırmanın ABD tarafından yapıldığı görülmektedir.

Sınıflandırma İHA'ların gelişimi, her alanda yapılacak düzenlemelerin kolaylaştırılması, karışıklığın engellenerek bir standardizasyon oluşturulması, hava sahasına entegrasyonun ve pilotaj açısından kolaylık sağlanması gibi motivasyonlarla yapılmaktadır.

2.2.1. Azami kalkış ağırlıklarına göre İHA sınıflandırması

Azami kalkış ağırlığı (MTOW ya da MGTOW), hava aracının uçuşa elverişlilik sertifikasında, uçuş el kitabında veya diğer resmi kayıtlarda belirtilen kalkışa elverişli azami ağırlığıdır [5].

Ülkemizde sivil MTOW (ya da MGTOW) temel ölçüt alınarak İHA'lar 4 ayrı sınıfa ayrılır. Bu sınıflandırma Tablo 2.5'te kısaca verilmiştir:

- a) İHA0: Azami kalkış ağırlığı 500 gr (dâhil) – 4kg aralığında olan İHA'lar,
- b) İHA1: Azami kalkış ağırlığı 4 kg (dâhil) – 25 kg aralığında olan İHA'lar,
- c) İHA2: Azami kalkış ağırlığı 25 kg (dâhil) – 150 kg aralığında olan İHA'lar,
- ç) İHA3: Azami kalkış ağırlığı 150 kg (dâhil) ve daha fazla olan İHA'lar, [6].

Tablo 2. 5. MTOW'a göre İHA'lar [6]

İHA Sınıfı	MTOW (kg)
İHA0	≥ 500 ve < 4
İHA1	≥ 4 ve < 25
İHA2	≥ 25 ve < 150
İHA3	≥ 150

Yine MTOW ağırlıklarına göre yapılan başka bir sınıflandırma Tablo 2.6'da verilmiştir.

Tablo 2. 6. MTOW'a göre İHA'lar [7]

Kategori	MTOW (kg)	İsim
0	< 1	Mikro
1	< 5	Mini
2	< 13.5	Küçük(Small)
3	< 242	Hafif (Light-Ultralight)
4	< 4332	Normal
5	> 4332	Büyük (Large)

1 kg dan az olan mikro kategori İHA'lar için birçok ülkede bir düzenleme yapılmaz. 1 kg ya da daha fazla ve 5 kg dan az olan “mini” İHA'lar ve 5 kg ya da daha fazla olup 13.5 kg'dan az olan “küçük” İHA'lar radyo kontrollü İHA'lar içindir. 13.5 kg ya da daha fazla olup 242 kg'dan az olan hafif İHA'lar için sertifikasyon gereklidir. 242 kg ya da daha fazla ve 4332 kg'dan daha az olan “normal” kategori İHA'lar ağırlık olarak insanlı trafiklere yakınsamaktadır ve benzer bir değerlendirme uygulanması gerekmektedir. 4332 kg'dan daha fazla olan “büyük” İHA'lar Federal Havacılık Düzenlemesi (FAR 25) kapsamında “transport” kategorisine tabi tutulmaktadır.

Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı (EASA), İHA'ları performansa ve risk miktarına dayalı olarak 3 operasyonel kategoriye, ardından MTOW'a göre üç alt kategoriye daha ayırmıştır [8] . “Açık” kategori, çoğu hobi amaçlı uçuşları ifade etmektedir. Düşük riskli sivil İHA operasyonlarını ele aldığı için ticari operasyonlar da dahil olmak üzere havacılık otoriteleri tarafından denetlenmez ve operasyonel yetkilendirme de gerektirmez. Diğer hava sahası kullanıcıları için risk, insanlı havacılıkla ayrılma yoluyla ve düşük enerjili İHA'ların kullanımıyla azaltılmıştır. Örnek olarak, şehirlerde ya da yoğun yerleşim alanlarında operasyonla ilgili olmayan insanların üzerinde uçuşlara izin verilirken kalabalıkların üzerinde uçmak yasaktır. Paraşüt gibi risk azaltıcı ekipmana sahip olmalıdır ve yerleşim alanlarından ayrılmış alanların dışında kalabilmek ya da maksimum irtifayı korumak için yardımcı yazılım ya da sistemlere uyumlu olmalıdır. Ayrıca, kalabalık yerleşkelerdeki operasyonlar için maksimum ağırlığa göre de bir sınıflandırma ve böylelikle sınırlandırma da yapılacaktır. Bu standartlara uyma zorunluluğu, 500 g'dan az olan ve 14 yaşından küçük çocuklar tarafından kullanılmak üzere tasarlanmış oyuncaklar için geçerli değildir. Açık kategori, tüm bu düzenlemeler göz önünde bulundurularak A1, A2 ve A3 olmak üzere üç alt kategoriye ayrılmıştır ve her bir alt kategori için gereklilikler Tablo 2.7'de belirtilmiştir.

A1: İnsanların üzerinde uçabilir, ancak insan topluluklarının üzerinde uçamaz.

A2: İnsanlara yakın uçabilir.

A3: İnsanlardan uzak uçabilir, [9]

Tablo 2. 7. Azami kalkış ağırlığına göre EASA sınıflandırması [9]

Alt kategori	Azami kalkış ağırlığı	Notlar
A1	<250 g	Aynı zamanda A3 alt kategoride de uçabilir.
	<500 g ve ≥ 250 g	Aynı zamanda A3 alt kategoride de uçabilir.
A2	<2 kg ve ≥ 500 g	Aynı zamanda A3 alt kategoride de uçabilir.
A2	<5 kg ve ≥ 2 kg	Aynı zamanda A3 alt kategoride de uçabilir.

“Özel” kategori, daha riskli sivil İHA operasyonlarını kapsar ve emniyeti sağlamak için İHA operatörü, operasyona başlamadan önce ulusal yetkili otoriteden operasyon yetkilendirmesi almaktadır. Operasyon yetkilendirmesini almak için İHA operatörünün bir risk değerlendirmesi yapması gerekmektedir, bu da sivil İHA'ların emniyetli operasyonu için gerekli gereksinimleri belirlemektedir.

“Sertifikalı” kategori, emniyet riskinin oldukça yüksek olduğu operasyon kategorisidir; bu nedenle emniyeti sağlamak için İHA operatörünün ve İHA'nın sertifikasyonu ile uzaktan pilotların lisanslanması bu operasyon kategorisi için her zaman bir gerekliliktir.

Çin Sivil Havacılık İdaresi (CAAC) tarafından Çin hava sınırlarında İHA kullanımı için birtakım düzenlemeler yapıldığı görülmüştür. Çin için hazırlanmış talimatlar incelendiğinde İHA sınıflarına göz attığımız kullanım alanı ve ağırlıklarına göre yedi adet İHA sınıflarının belirlendiği görülmektedir [3].

CAAC tarafından yapılan sınıflandırma azami kalkış ağırlığına göre değil, boş ağırlıklara ve kalkış brüt ağırlıklarına göre yapılmıştır. Yapılan sınıflandırma Tablo 2.8’de verilmiştir.

Tablo 2. 8. Ağırlıklarına göre Çin İHA Sınıfları [3]

İHA Sınıfı	Ağırlıklar (kg)	İHA Sınıfı	Sınıf Açıklamaları
Sınıf 1	$\leq 1,5$	Sınıf 5	Bitki koruma (zirai)
Sınıf 2	$1,5 < \text{boş ağırlığı} \leq 4$ veya $1,5 < \text{kalkış brüt ağırlığı} \leq 7$	Sınıf 6	İHA
Sınıf 3	$4 < \text{boş ağırlığı} \leq 15$ veya $7 < \text{kalkış brüt ağırlığı} \leq 25$	Sınıf 7	100 m dışındaki görüş mesafesinde uçurulan Sınıf 1 ve 2 İHA’lar
Sınıf 4	$15 < \text{boş ağırlığı} \leq 116$ veya $25 < \text{kalkış brüt ağırlığı} \leq 150$		

Kuzey Atlantik Antlaşması Teşkilatı (NATO) The Joint Air Force Competence Centre tarafından 2010'da yapılmış çalışmaya göre azami kalkış ağırlığına göre yapılan İHA sınıflandırması Tablo 2.9'da verilmiştir.

ABD, Savunma Bakanlığı Ofisi'nin 2022'de MTOW'a göre yaptığı (ya da MGTOW) sınıflandırma Tablo 2.10'da verilmiştir.

Tablo 2. 9. Ağırlıklarına göre İHA'lar, görev irtifaları ve çapları [10]

<i>Sınıf</i>	Kategori (kilogram - kg)	İrtifa (ft)	Görev Çapı (kilometre - km)	Örnek Platformlar
<i>Sınıf 1</i> (<150 kg)	Small > 20	< 5000	50	Luna, Hermes 90
	Mini 2-20	< 3000	25	Scan Eagle, Skylark, Raven, Strix
<i>Sınıf 2</i> (150-600 kg)	Mikro < 2	< 200	5	Black Widow
	Taktiksel	< 10000	200	Spwerver, Iview 250, Hermes 450, Aerostar
<i>Sınıf 3</i> (>600 kg)	Strike Combat	< 65000	Limitsiz	X-47B
	HALE (Yüksek İrtifa Uzun Kalış Süresi)	< 65000	Limitsiz	Global Hawk
	MALE (Orta İrtifa Uzun Havada Kalış Süresi)	< 45000	Limitsiz	Predator B, Predator A, Heron, Hermes 900

Tablo 2. 10. Ağırlıklarına göre İHA'lar, görev irtifaları ve hızları [11]

Sınıflandırma	MTOW (Libre-Ibs)	Operasyon İrtifası (ft)	Hız (knots-kts)	Örnek Platform
1	0-20	< 1200 - yer seviyesi üzeri (AGL)	100	Raven (RQ-11), WASP
2	21-55	< 3500 - yer seviyesi üzeri (AGL)	< 250	ScanEagle
3	< 1320	< FL 180 (uçuş seviyesi)	< 250	Shadow (RQ-7B), Tier II/STUAS

4	> 1320	< FL 180 (uçuş seviyesi)	Herhangi bir uçuş hızı	Fire Scout (MQ-8B, RQ-8B), Predator (MQ-1A/B), Sky Warrior ERMP (MQ-1C)
5	> 1320	> FL 180 (uçuş seviyesi)	Herhangi bir uçuş hızı	Repear (MQ-9A), Global Hawk (RQ-4), BAMS (RQ-4N)

2.2.2. Menzil ve havada kalma sürelerine göre İHA sınıflandırmaları

İHA'lar dünya'da farklı otoritelerce menzillerine ve havada kalma sürelerine göre de sınıflandırılmıştır. Türkiye'de geliştirilen bazı Silahlı İnsansız Hava Araçları'na (SİHA); üreticisi Türk Havacılık ve Uzay Sanayii AŞ (TAI) olan Aksungur ve Anka ile üreticisi Baykar Savunma olan “Bayraktar Akıncı ve Bayraktar TB2” örnek verilebilir. Türkiye'de üretilen bazı SİHA'lar, seyir irtifaları ve süreleri Tablo 2.11'de bulunmaktadır.

Tablo 2. 11. Türkiye'de üretilen bazı SİHA'lar ve seyir irtifası, hızı, uçuş süreleri [12]

SİHA	Üretici	Menşei Ülke	İrtifa(m)	Maksimum hız(saat başına km)	Uçuş süresi(saat)	Mühimmat kapasitesi
AKSUNGUR	TAI	Türkiye	12.000	375	49	750
ANKA	TAI	Türkiye	9.000	217	30	350
Bayraktar Akıncı	Baykar Savunma	Türkiye	12.000	370	24	1.350
Bayraktar TB2	Baykar Savunma	Türkiye	8.200	222	27	150

ABD Hava Kuvvetleri'nin yaptığı Tier sistemine göre yapılan sınıflandırma Tablo 2.12'deki gibidir.

Tablo 2. 12. ABD Hava Kuvvetleri Tier Sistemi Sınıflandırması [13]

Tier	Menzil ve dayanıklılık durumu	Örnek Platform
Tier N/A	Küçük/mikro İHA	
Tier 1	Düşük irtifa düşük dayanıklılık	
Tier 2	Orta irtifa uzun dayanıklılık (MALE)	MQ-1 Predator
Tier 2+	High altitude long endurance (HALE) Geleneksel İHA: (60000-65000 ft görev irtifası, 6000 km görev yarıçapı, 24 saat havada kalma süresi)	RQ-4 Global Hawk
Tier 3	Tier 2+ kabiliyetleri ile birlikte gizlenme yeteneği	

ABD Askeri İHA Programları, Ortak İnsansız Hava Aracı Program Ofisi (JPO) de menzil ve havada kalış süresine göre farklı sınıflandırmalar yapmıştır. Bu sınıflandırmalardan ilki Tablo 2.13’de belirtilmiştir.

Tablo 2. 13. ABD Askeri İHA Programları (the JPO) 'ya göre menzil sınıflandırması [13]

Sınıflandırma	Notlar	Menzil	Örnek platform
Düşük Maliyet, Yakın Menzil (Very Low Cost Close Range)	< 10.000\$ sistem başına maliyet.	Menzil, 5 km civarı	Raven
Yakın Menzil (Close Range)	Hava kuvvetleri rolü: kendi havaalanlarında hasar incelemesi yapabilmek. Ordu ve donanma rolü, önlerindeki tepenin ardını görmek.	Menzil, 50 km civarı Havada kalma süresi, 1-6 saat arası	Dragon Eye

Kısa Menzil (Short Range)	Gece ve gündüz keşif/gözlem görevi yapabilme. Donanma içinse gemilerden kalkış kabiliyeti	Menzil, 150 km – 300 km arası Havada kalma süresi, 8-12 saat	E-310 UAV
Orta Menzil (Mid Range)	Gece ve gündüz keşif/gözlem görevi yapabilme. -Ana rol, yüksek hızda düşman bölgesine dalış yapma. - Yan rol, meteorolojik bilgi toplama.	Menzil, 650 km	
Dayanıklılık (Havada kalış odaklı -Endurance)	-Ana rol, gece ve gündüz keşif/gözlem - Yan rol, iletişim istasyonu	Menzil, 300 km civarı Havada kalma süresi, en az 36 saat.	

ABD Askeri İHA Sistemleri Programları, JPO tarafından yapılan bir diğer sınıflandırma Tablo 2.14'te verilmiştir.

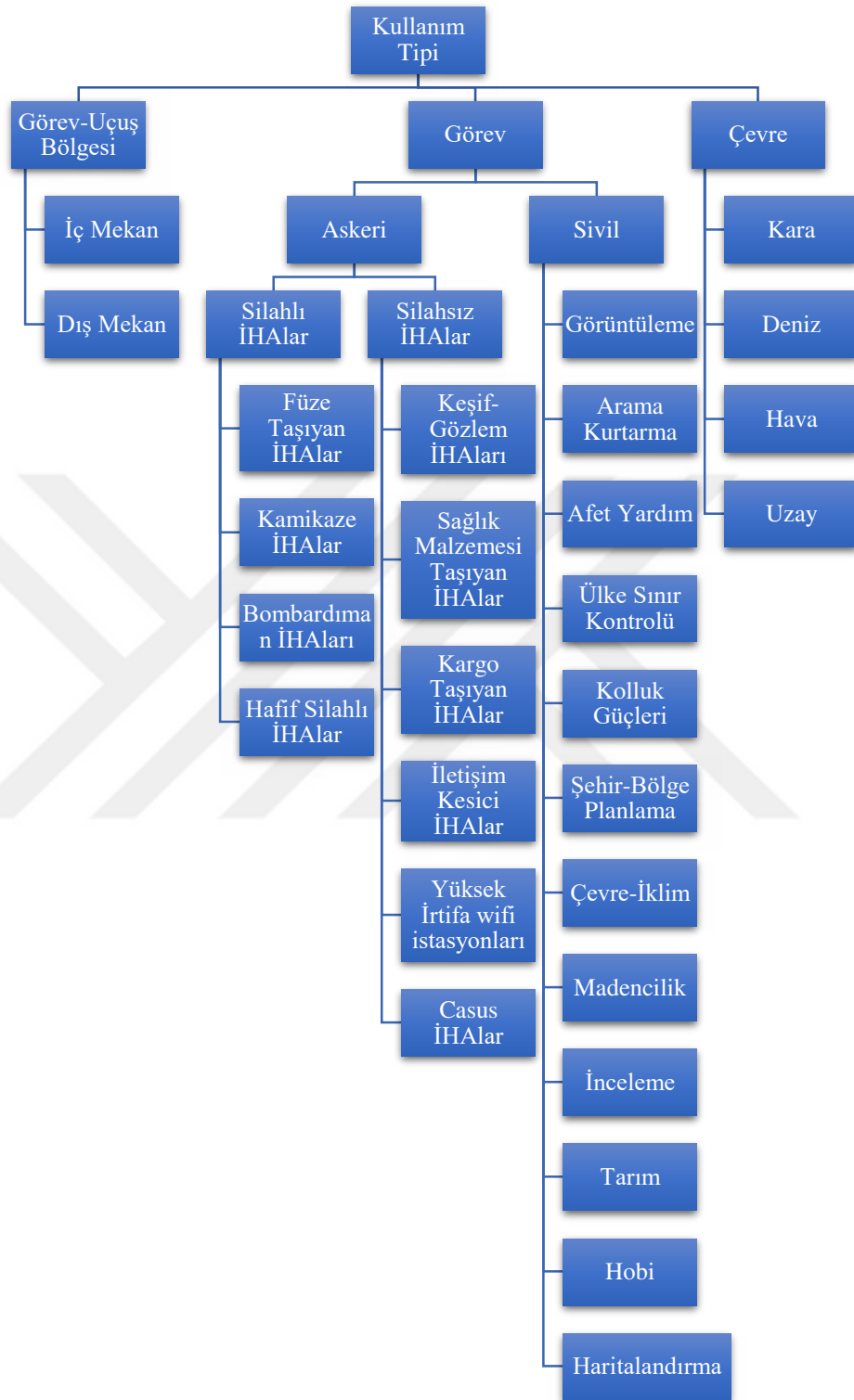
Tablo 2. 14. Askeri İHA menzil ve havada kalış süresine göre sınıflandırma [13]

Kategori ismi	Akronim	Ağırlık (kg)	Menzil (km)	Uçuş irtifası (m)	Havada kalma süresi (saat)
Mikro	Micro	<5	<10	250	1
Mini	Mini	25-150	<10	150-300	<2
Yakın Menzil (Close Range)	CR	25-150	10-30	3000	2-4
Kısa Menzil (Short Range)	SR	50-250	30-70	3000	3-6
Orta Menzil (Medium Range)	MR	1250'ye kadar	70-200	5000	6-10
Orta Menzil Havada Kalış (Medium Range Endurance)	MRE	1250'ye kadar	>500	8000	10-18

Düşük İrtifa Derin Nüfuz (Low Altitude Deep Penetration)	LADP	350'ye kadar	>250	50-9000	0,5-1
Düşük İrtifa Uzun Havada Kalış (Low Altitude Long Endurance)	LALE	<30	>500	3000	>24
Orta İrtifa Uzun Havada Kalış (Medium Altitude Long Endurance)	MALE	1500'e kadar	>500	14000	24-48

2.2.3. Görevlerine göre İHA sınıflandırması

İHA'lar azami kalkış ağırlıkları, menzıl ve havada kalma süreleri dışında görevlerine göre de ayrılmaktadır. Bu sınıflandırmada görev bölgesi, görevin kendisi ve çevresine göre ayrılmaktadır. İHA'lar iç ya da dış mekânda operasyon gerçekleştirebilmektedir. Operasyon çevresi ise, deniz, hava, kara ya da uzay olabilmektedir. Görev; askeri ve sivil olmak göre 2 grupta kategorize edilebilmektedir. Askeri İHA'lar, İHA'nın silah taşımamasına göre ve tıpkı sivil İHA görevleri gibi farklı görevlerce alt sınıflara ayrılmaktadır. Görevlerine göre İHA sınıflandırması Şekil 2.2'de verilmiştir [1,13].



Şekil 2. 2. Kullanım tipine göre İHA Sınıflandırması [13]

2.3. İHA Kategorileri Sistemleri ve Bileşenleri

İHA sistemlerini daha iyi tanımak ve ifade etmek için farklı tanımlara değinilmesi gerekmektedir. İHA sistemi (UAS); uzak pilot istasyonu, portatif yer kontrol istasyonu (YKİ), uzaktan pilot, ve İHA'ya pilotluk yapmak için kullanılan komuta ve kontrol bağlantısı ve İHA'nın kendisinden oluşmaktadır.

Uzaktan kumandalı uçak sistemi (RPAS), uzaktan kumandalı bir hava aracı, ilişkili uzak pilot istasyonu/istasyonları, gerekli komuta ve kontrol bağlantıları ve tip tasarımında belirtilen diğer bileşenleri içermektedir. Dolayısıyla uzaktan kumandalı uçak sistemi, uzaktan kumandalı uçak (RPA) ve uzaktan kumanda istasyonu (RPS) olarak ikiye ayrılabilir [14]. İHA sistemleri ve uzaktan kumandalı uçak sistemi arasındaki farklılıklar Tablo 2.15'te verilmiştir. [15]

Tablo 2. 15. *İHA Sistemleri ve Uzaktan Kumandalı Uçak Sistemi arasındaki benzerlik ve farklılıklar* [15]

İHA Sistemleri (UAS)	Uzaktan Kumandalı Uçak Sistemi (RPAS)
Uzak pilot istasyonu veya yer kontrol istasyonu (YKİ) (elde taşınabilir)	Uzaktan pilot istasyonu
Uzaktan pilot	Uzaktan pilot
İHA'ya pilotluk yapmak için kullanılan komuta ve kontrol bağlantısı	RPA'yı yönlendirmek için kullanılan kontrol bağlantısı
İnsansız Hava Aracı	Tip tasarımının gerektirdiği diğer bileşenler

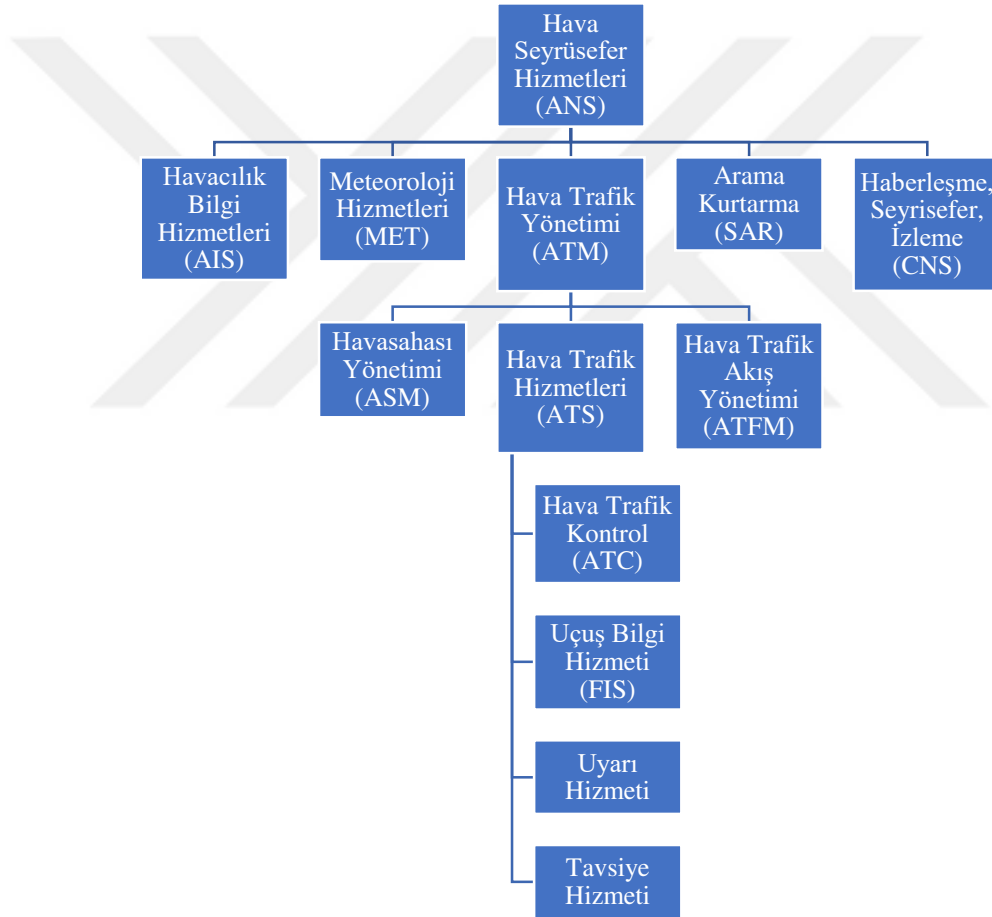
Düzenleyici otoritelerin farklı kategoriler arasında ayırma gidebilmesi amacıyla ortak bir terminoloji kullanması, uçak türlerini ve kabiliyetlerini ayırt etmeyi sağlayarak düzenlemelerde standardizasyona daha kolay gidilebilmesi ve hatta İHA'ların hava trafik sistemine entegrasyon çalışmalarının hızlanmasına fayda sağlayabilmektedir. Bu anlamda Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı (ICAO), diğer uçaklardan ayrılarak hava sahasında yer alabilen İHA'lar ile insanlı uçakların yanında hava sahasına entegre edilebilen ve insanlı trafik gibi davranan dolayısıyla da insanlı trafik olarak muamele gören İHA arasında net bir ayırım yapmaktadır. Dolayısıyla İHA, hava sahasında operasyon gösteren insanlı uçaklarla aynı donanımsal ve sertifikasyona sahip oldukları gibi aynı ayırma standartlarına da sahip olacaktır. Bu gereksinimleri karşılayamayan İHA'lar, ayrıca ele alınacaktır. Yerdeki diğer hava araçlarına, insanlara ve çevreye karşı oluşturdukları risk dikkate alınarak hava sahasında barındırılabilir. İHA'lar

genellikle 500 ft altındaki, kontrolsüz G sınıfı ve Çok Düşük Seviyeli (VLL) olarak tanımlanan sahalarda operasyon göstermektedir [16].

3. GELENEKSEL HAVA TRAFİK YÖNETİMİ

“Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu (ICAO), Avrupa Hava Seyrüsefer Emniyeti Örgütü (EUROCONTROL), Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı (EASA) ve M. Cavcar’ın yaptığı Sivil Havacılık Faaliyetlerinin sınıflandırılmasına göre Hava Seyrüsefer Hizmetleri (Air Navigation Services) üç ana konu başlığı ile ilgilenmektedir. Hava Trafik Yönetimi(ATM) bu başlıklardan biridir, ” [17].

Hava Seyrüsefer Hizmetleri ve bileşenleri Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3. 1. Hava Seyrisefer Hizmetleri ve Bileşenleri [18]

Hava trafik yönetim sistemi girdileri; hava sahası, havaalanı, uçak, teknik donanım, yazılım ve insan olan; hava sahası yönetimi (ASM), ATFM, ATS gibi süreçlerden geçerek hava trafik akışının elde edildiği bir insan-makine sistemidir.

En çok sayıda hava aracına en emniyetli, en verimli ve en ekonomik şekilde hizmet verilmesi hava trafik sisteminin amaçlarıdır. Öyleyse; emniyet, verim ve ekonomiklik arasında uzlaştırmacı çözümler bulmak da Hava Trafik Yönetimi'nin görevidir. Bu doğrultuda bu uzlaştırmacı çözümler, kaynakların optimum yönetimi ile gerçekleşir. ASM, ATS ve ATFM; ATM'in bu uzlaştırmacı faaliyetlerini dolayısıyla da bileşenlerini oluşturmaktadır. ATM, emniyet en öncelikli olmak üzere; hava trafik akışının düzenlenmesi, sıralanması ve hava sahasının optimum kullanımıdır.

“Gerek bir havaalanı üzerinde hareket eden, gerek bir havaalanına inişe gelen ve gerekse de havayollarında sürekli hareket halinde olan hava araçları tek bir merkezden aynı kurallara bağlı kalmak kaydıyla hava trafik hizmetleri alırlar. Bu hava trafiğine verilen; öncelikle hava trafik kontrol hizmetleri, uçuş bilgi hizmetleri, uyarı hizmetleri, hava trafik tavsiye hizmetleri beraberce hava trafik hizmetlerini (ATS) oluştururlar,” [19].

Hava Sahası Yönetimi ve Organizasyonu ise farklı hava faaliyeti türlerine, trafik hacmine, farklı hizmet seviyeleri ve davranış kurallarına uyum sağlayacak şekilde yapılandırılmıştır. Her tür hava sahası ASM'nin konusu olup aynı zamanda kaynağıdır.

Hava sahası ve ASM:

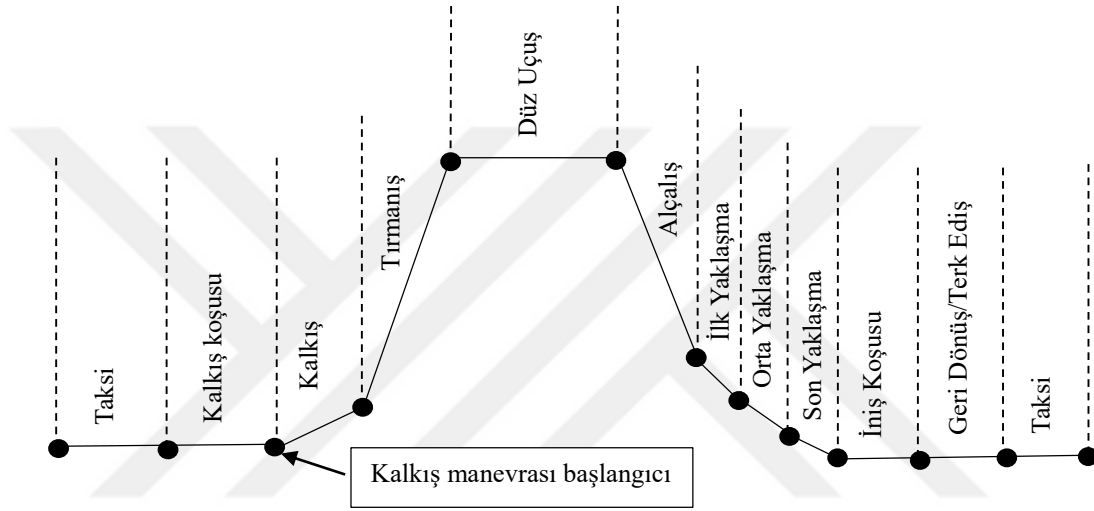
1. Kullanıcılar tarafından talep edilen hizmetleri sağlayan,
- 2.Sınırları ülke sınırları ile sınırlandırılmamış ve belirli trafik akışlarına göre ayarlanabilecek şekilde,
- 3.Sınırları, bölümleri ve kategorileri, trafik modellerine ve değişen durumlara uyarlanacak ve bu bölümde tanımlanan stratejik planlama süreçleri dahil ve fiili operasyonların daha optimum bir konfigürasyon gerektirmesine izin vererek diğer ATM hizmetlerinin verimli çalışmasını destekleyecek kadar dinamik olmalıdır.

Uçuşların kapıdan kapıya optimum uçuş yörüngeleri boyunca kısıtlama veya gecikme olmaksızın gerçekleştirilmesi kabiliyeti, hava sahasının esnek kullanımına dayanacaktır. Uçuşların kusursuz bir şekilde gerçekleştirilmesini kolaylaştırmak amacıyla yapılan hava sahasının esnek kullanımı; ayrılmış hava sahalarının boyutu, şekli ve zaman düzenlemesi en aza indirilmesine, hava sahası rezervasyonlarına ve dinamik uçuş yörüngelerine dayanmaktadır. Hava sahası rezervasyonları da mümkün olduğunca dinamik olarak yapılan değişikliklerle önceden planlanmalıdır.

Kullanıcıların gereksinimlerini karşılamak ve operasyonlar üzerindeki kısıtlamaları en aza indirmek amacıyla operasyonların hava sahası kullanımı üzerindeki etkisi izlenerek uçuşların kusursuzluğu için optimum sistem çözümleri bulunmalıdır.

“Karmaşık operasyonlar esneklik derecesini sınırlayabilmektedir. Bu da aslında en erken ve en kısa uygulama için çaba gösterilmesi gereken alanların, ATM beklentilerinin karşılanmadığı bu karmaşık operasyonel alanlar olduğunu gösterir,” [20].

ASM için öncelikle paydaşların ihtiyaçlarını emniyeti öncelikleyerek karşılayan uygun bir hava sahası tasarımına ihtiyaç vardır. Geleneksel ATM’de insanlı trafiklerin uçuş aşamalarına göre hava sahası şekillenmektedir. Bu uçuş aşamaları Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3. 2. İnsanlı Trafiklerin Uçuş Aşamaları [21]

ICAO, ATS hava sahaları, büyüklüklerine ve uçuş kurallarına, sağlanan hizmet ve ayırmaya, hız sınırlarına göre yedi sınıfa ayrılmaktadır. Böylece farklı türde (IFR-VFR) operasyonların etkileşimi gerçekleşirken emniyet, güvenlik, verimlilik ve ekonomiklik korunurken, farklı türde operasyonların farklı ihtiyaçlarına cevap verilmiş olmaktadır. Bütün bunlar gerçekleşirken uygulanacak kurallar ortaklaştırılmış, karışıklıklar engellenmiş, standardize edilmiş olacaktır (Tablo 3.1). Bu sınıflandırmaya göre:

A Sınıfı’nda yalnızca IFR uçuşlara izin verilmekte ve tüm uçuşların ayrımı hava trafik kontrol hizmeti (ATC) tarafındansağlanılmaktadır. B sınıfının A sınıfından tek farkı VFR uçuşlara da izin veriliyor oluşudur. C Sınıfı’nda IFR ve VFR uçuşlara izin verilmekte, tüm uçuşlara ATC hizmeti sağlanmaktadır. IFR uçuşlar hem IFR hem de VFR uçuşlardan ayrılmaktadır. VFR uçuşlar IFR uçuşlardan ayrılmaktadır, diğer VFR uçuşlara sadece trafik bilgisi sağlanmaktadır.

Tablo 3. 1. ICAO Havasahası Sınıflandırması ve Sağlanan Hizmetler [22]

	Hava sahası Sınıfı	Uçuş Türü	ATC tarafından sunulan ayırma hizmeti	ATC ile haberleşme	ATC müsaadesi		
Kontrollü Saha	A	IFR	Tüm uçaklar	Çift taraflı haberleşme	Var	IFR trafiğin tüm trafiklerden ayırma sorumluluğu ATC'dedir.	Havasahasına girişte tüm trafikler müsaade almalıdır.
	B	IFR	Tüm uçaklar	Çift taraflı haberleşme	Var		
		VFR	Tüm uçaklar	Çift taraflı haberleşme	Var		
	C	IFR	IFR ile IFR IFR ile VFR	Çift taraflı haberleşme	Var		
		VFR	VFR ile IFR	Çift taraflı haberleşme	Var		
	D	IFR	IFR ile IFR	Çift taraflı haberleşme	Var		
		VFR	Yok	Çift taraflı haberleşme	Var		
	E	IFR	IFR ile IFR	Çift taraflı haberleşme	Var		
		VFR	Yok	Gerekli değil	Yok		
KontROLSÜZ Saha	F	IFR	IFR ile IFR (uygulanabildiği müddetçe)	Çift taraflı haberleşme	Yok		
		VFR	Yok	Gerekli değil	Yok		
	G	IFR	Yok	Çift taraflı haberleşme	Yok		
		VFR	Yok	Gerekli değil	Yok		

D Sınıfı, IFR ve VFR uçuşlara izin verilmektedir, tüm uçuşlara ATC hizmeti sağlanmaktadır. IFR uçuşlar diğer IFR uçuşlardan ayrılmaktadır, VFR uçuşlarla ilgili trafik bilgisi sağlanmaktadır. VFR uçuşlara diğer tüm uçuşların trafik bilgisi elde edilmektedir.

E Sınıfı, IFR ve VFR uçuşlara izin verilmektedir. IFR uçuşlara ATC hizmeti sağlanarak IFR uçuşlarla ayırma sağlanmaktadır. Tüm uçuşlara mümkün olduğunca trafik bilgisi verilmektedir. E sınıfı hava sahası kontrol bölgelerinde kullanılmamalıdır. Kontrol

bölgesi, yeryüzünden belirli bir üst sınıra kadar uzanan kontrollü hava sahası olarak tanımlanmaktadır. VFR trafiklerin ATC ile iki yönlü haberleşme gerekli değildir.

F Sınıfı Hava Sahası IFR ve VFR uçuşlara izin verilmektedir, hava sahasında uçan tüm IFR uçuşlara hava trafik tavsiye hizmeti sağlanmaktadır. Tüm uçuşlara istenildiğinde uçuş bilgi hizmeti verilmektedir. Sağlanan Hava Trafik Tavsiye Hizmeti, normal olarak ATC hizmeti sağlanana kadar geçici bir önlem olarak değerlendirilmelidir. VFR trafiklerin çift yönlü haberleşme gerekli değildir.

G Sınıfı Hava Sahası: IFR ve VFR uçuşlara izin verilerek istenildiğinde uçuş bilgi hizmeti sağlanmaktadır.

Türkiye’de ise hava sahası sınıflandırması henüz yapılmamıştır. [23]

“Hava Trafik Akış Yönetimi, ATC kapasitesinin mümkün olan en üst düzeyde kullanılmasını ve trafik hacminin ilgili ATS otoritesi tarafından yayınlanan kapasitelerle uyumlu olmasını sağlayarak, hava trafiğinin emniyetli, düzenli ve hızlı akışının sağlanmasına katkıda bulunmak amacıyla oluşturulmuş bir hizmettir.” [24]

ATC sisteminin çalışması sırasında uçaklara hizmet verme yeteneği, hava trafik sistemi kapasitesi olarak sağlanmaktadır, [25].

“Trafik talebinin zaman zaman tanımlanan ATC kapasitesini aştığı hava sahası için bir hava trafik akış yönetimi hizmeti uygulanacaktır,” [24]. Belirli uçuşlar ATFM tedbirlerinden muaf tutulabilir veya diğer uçuşlara göre öncelik sahibi olabilmektedir. Örneğin; VIP, Ambulans ve yardım uçuşları, Devlet hava araçları, tarifeli sefer yapmayan standart koltuk sayısı 12 veya daha küçük hava araçları, teknik açıdan uçuş yapması mümkün olmayan uçaklara yedek parça getirmek amacıyla gelen uçaklar bu düzenlemeye tabii tutulmayacaktır.

ATFM düzenlemeleri ATM’in bir bileşeni olması sebebiyle doğası gereği ilk bakışta, çakışmasız rotalar amaçlamaktadır. Bu düzenlemeler, Avrupa’da Hava Trafik Akış ve Kapasite Yönetimi (ATFCM) olarak Merkezi Akış Yönetim Birimi (CFMU) tarafından gerçekleştirilmektedir. ABD’de Federal Havacılık Otoritesi’ne (FAA) bağlı Hava Trafik Kontrol Sistemi Komuta Merkezi tarafından yürütülmektedir [26].

ATFCM, CFMU tarafından dört aşamada şu şekilde gerçekleştirilmektedir:

1. Stratejik Akış Yönetimi: Eurocontrol’ün seyrüsefer hizmet sağlayıcıları, havaalanları, hava sahası kullanıcıları ve askeri seyrüsefer hizmet sağlayıcılarıyla iş birliği içinde çalıştığı ve sonucunda Ağ Operasyon Planı oluşturulan süreçtir. Ağ Operasyon Planı, uzun süreli tıkanıklık tahminlerini içerir ve bu tıkanıklıklara

karşın ATFCM ve ASM çözümlerini de içermektedir. Uçuş gününden 7 gün veya daha öncesinden başlamaktadır, [27]

2. Ön-Taktik Akış Yönetimi: Mevcut kapasite kaynaklarının yönetilmesi için, en iyi yöntemin ve uygun olan çeşitli ATFCM çözümlerinin analiziyle uygulanma kararı verilmektedir, planlama ve koordinasyon faaliyetleri gerçekleştirilmektedir. Uçuştan 6 gün öncesinden başlayıp uçuş gününe kadar sürmektedir. Bu aşamanın çıktıları ATFCM Bilgilendirme Mesajı /Ağ Haberleri ve ATFCM Günlük Planıdır.

3. Taktik Akış Yönetimi: Gerçek trafik değerlerine, kapasiteye ve gözleme (monitoring) göre günlük planların güncellendiği aşamada, slot tahsisi ve rota değişikliği yapılmaktadır. Trafiğin yönetimi bu şekilde sağlanmaktadır. Uçuş günü gerçekleştirilen aşamadır. Slot tahsisi, trafiklerin tahmini takoz çekme zamanı (EOBT) yani kalkışları ile ilgili harekete başladıkları ve aynı zamanda uçuş planlarının geçerlilik süreleri için kullanılan zamandan farklı olarak, hesaplanmış kalkış zamanından (CTOT) 5 dakika öncesi ve 10 dakika sonrasını kapsayan bir zaman periyodudur ve kalkışlarını bu periyot içerisinde gerçekleştirmeleri gerekmektedir.

4. Operasyon Sonrası Analiz: Operasyon günü ile ilgili analizler yapılmaktadır. Önceki aşamalarla ilgili olarak geri dönüş alınmaktadır. Uçuştan sonra gerçekleştirilmektedir.

CFMU tüm bu işlemlerde merkezi karar otoritesidir.

Bilgiler CFMU, tüm ilgili seyrüsefer hizmet sağlayıcıları (akış yönetim pozisyonu aracılığıyla) ve uçak işletmecileri gibi ortaklarla paylaşılmaktadır. Bu iş birliği sonucu iyileştirmeler yapılmaktadır.

Talep-kapasite dengesini sağlamak için ATFM düzenlemeleri kısaca yeniden rotalandırma ve bu mümkün olmadığında slot tahsisi metotlarını kullanmaktadır. Uçuş planlarının motor çalıştırma zamanından en geç 3 saat önceden uçak işletmecileri tarafından doldurulup gönderilmesi elzemdir. Eğer trafik gecikmeyi azaltacak yeni rotayı kabul etmiyorsa slot tahsisine tabii tutulmaktadır. Trafiklere slot tahsisi ise en geç 2 saat önceden yapılmaktadır.

ABD’de ise Taktik seviyede 22 bölgeye ayrılmış olan tüm hava sahasındaki trafiğin düzenlenmesi, kontrolünün sağlanmasını her bölgedeki Hava Rotası Trafik Kontrol Merkezleri (ARTCC) aracılığıyla gerçekleştirmektedir. Bu bölgeler dikey ve yatayda

daha ufak hava sahası bölümlerine (sektörlere) ayrılmıştır. Stratejik seviyede trafiğin koordinasyonu ise FAA'nın komuta merkezi olan, ATCSCC tarafından gerçekleştirilmektedir. Burada kullanılan ATFM çözümleri özetle yerde bekleme (geciktirme ve durdurma), havada geciktirme-ölçüm (metering, zaman ve mesafe esaslı) ve rota değişikliğidir. Zaman esaslı olan ilk yöntem genellikle aşırı kapasite düşüşleri yaşanan varış havaalanı için havada bekleme kuyrukları oluştuğunda, bekleme paternlerini kontrol etmek ve son yaklaşımda uçakları sıralayabilmek için kullanılmaktadır. Mesafe esasına dayalı olan diğer yöntem ise, genellikle havaalanı terminal sahasına girmek üzere tek noktada birleşen trafik akışlarını yönetebilmek için Yol Boşluk Bırakımı Programları (ESP-En route Spacing Program) ile birlikte kullanılmaktadır [26]

Kısaca, ATFM çözümleri yeniden rotalandırma ya da havada geciktirme ile yerde bekleme ve geciktirmeye dayanmaktadır. Kullanılan metotlara göre ise tekrar kendi içinde ayrılmaktadır. Bu çözümler, hava sahasının uzun zamandır baskın paydaşı olan İnsanlı Trafikler için işe yararken, İHA gibi dinamik bir hava aracı için ATFM uygulamalarının adapte edilmesi gerekmektedir.

Öyleyse hava sahasının en büyük paydaş kısmını oluşturan insanlı trafiklerin ihtiyaçlarını gözeterek hava sahası, akış yönetimi ve ATS kaynaklarını kullanarak emniyet, verim ve ekonomiklik parametreleri arasında bir uzlaşma sağlayan ATM, bu üç parametre arasındaki uzlaşmayı artık hava sahasının yeni ve zaman geçtikçe sayıları artan İHA'ların ihtiyaçlarını da gözeterek gerçekleştirmelidir. İnsanlı trafik için Serbest Yol Hava Sahası gibi uygulamalarla hava sahası yönetimi dinamikleştirilirken İHA'lar da kabiliyet olarak insanlı trafiklerle aynı veya yakın ayırma kurallarını takip edebilecek şekilde konfigürasyon edilebilmelidir ve bu teknik gereksinimleri karşılayacak kabiliyetler teknolojiyle birlikte gelişmektedir. Ancak özellikle çeşitliliği ve dinamikliğiyle standardizasyonu daha zor olan VLL hava sahasının yeni aktörleri İHA'lar için Türkiye'deki mevzuat ayrılmış sahalarla sınırlıdır. Henüz sistematik bir tasarıma ya da uygulamaya gidilmemiştir. ATFM uygulamalarının düşük seviye İHA'lar için işleyemediği şu anki merkeziyetçi yaklaşım, hava sahasının güvenliği ve emniyet regülasyonları için muhafaza edilmesi gerekirken, ATM sistemine İHA'ların operasyonel doğasını koruyabileceği daha dinamik bir bakış açısı getirilmelidir. Ayrıca hava sahası ve ASM'nin, ATM hizmetlerinin verimli çalışmasını destekleyecek kadar dinamik olması gerekliliği ATFM ve ASM bileşenlerine bütüncül bir yaklaşım gerçekleştirmemizi de

gerekli kılmaktadır. Bu doğrultuda yerden 400 ft ya da 120 m'den daha yukarıda operasyon göstermeyen İHA'lar için geliştirilmiş iki büyük konseptte bu bütüncül yaklaşımla bakılması gerekmektedir.



4. ÇOK DÜŞÜK SEVİYELİ OPERASYONLAR İÇİN KONSEPTLER VE TÜRKİYE'DEKİ MEVCUT UYGULAMA

U-space, çok sayıda İHA için hava sahasına emniyetli, verimli ve güvenli erişimi desteklemek üzere Eurocontrol tarafından tasarlanmış bir dizi yeni hizmet ve özel prosedürdür [28]

Avrupa'nın Araştırma ve Geliştirme Programı Horizon 2020'de yer alan SESAR projesi CORUS; Avrupa Birliği'nde hava trafiğinde daha fazla yapısal ve sistematik iyileştirme ve gelişimi sağlamak için başlatılan SESAR kapsamında çalışılan, VLL hava sahasında İHA Sistemlerinin emniyetli ve güvenli operasyonlarının gerçekleşmesi için yayınlanan bir dizi prosedür ve hizmetle birlikte İHA'lar için bir ekosistem oluşturmaktadır.

İHA'nın kendisinde ya da yer tabanlı ortamın bir parçası olarak, yüksek düzeyde otomasyona dayanan bu hizmet ve prosedürlerin uygulanması, CORUS U-Space Operasyon Konsepti'nde aşamalı bir şekilde verilmiştir.

U-Space, aynı zamanda insanlı havacılık, ATM ve Hava Seyrüsefer Hizmet Sağlayıcıları (ANSP) ile yetkilileri için de bir ara yüz sağladığından ayrılmış ve sadece İHA'ların kullanımı için tanımlanmış bir hava sahası olarak görülmemelidir. U-space, İHA'ların her türlü hava sahasında ve operasyon ortamında (çok düşük seviyeli hava sahasında) sorunsuz operasyonlarını gerçekleştirmek için ihtiyaçlarını incelemektedir. Dolayısıyla "U-Space Operasyon Konsepti", kısaca CORUS, Avrupa'da VLL hava sahasının organizasyonu ihtiyacını, İHA'ların bu hava sahasının diğer kullanıcılarıyla birlikte emniyetli operasyonlarını sağlamak için hangi kuralların yürürlükte olması gerektiğini ve İHA kullanıcılarının erişimi için U-Space'in hangi hizmetlere sahip olması gerektiğini açıklamaktadır.

ABD'de geçerli olan İnsansız Hava Aracı Sistemi Trafik Yönetimi (UTM) konsepti, FAA, NASA ve diğer federal ortak ajanslar ile endüstri arasındaki iş birliği ile şekillenmiştir. FAA'nın hava trafik hizmetlerinin sağlanmadığı düşük irtifalardaki (AGL-400 ft) Görsel Görüş Hattı Ötesinde (BVLOS) İHA operasyonlarını mümkün kılmak için operasyon kavramları, veri alışverişi gereklilikleri ve destekleyici bir çerçeve oluşturmak amacıyla bir araya gelinmiştir. "UTM, FAA'nın ATM sisteminden ayrı bir "trafik yönetimi" ekosistemi olup, kontrolsüz operasyonlar için tasarlanmıştır, ancak aynı zamanda FAA'nın sistemini tamamlayıcı bir nitelik taşımaktadır, [29].

UTM'in amacı da U-Space'e benzer olarak, İHA'ların emniyetli, güvenli ve verimli alçak irtifa operasyonlarını mümkün hale getirmek için birtakım hizmetler sağlamaktır. Bu hizmetler, manialardan kaçınma, hava sahası organizasyonu, dinamik geo-fenceler, şiddetli meteorolojik şartlardan kaçınma, rota planlama ve yeniden rotalandırma, ayırmaların yönetimi ve sıralama, tıkanıklık yönetimi, beklenmedik ve acil durumların yönetimi şeklinde sıralanabilmektedir. Yani kısaca, İHA operasyonlarının yönetimi için hizmetleri, rolleri tanımlamaktadır; bilgi ve bilgi paylaşım mimarisini açıklar, aviyonik sistemlerin geliştirilmesi ile hizmet altyapısını ve ilgili performans gerekliliklerini belirlemektedir.

Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) tarafından UTM sistemleri için ilk tasarı 2016 yılında bir bilgi yönetim sistemi olarak oluşturulmuştur [30].

UTM konseptinin yapısı kısaca şu şekilde özetlenebilir;

- “1. Mümkün olduğunda esnek ve gerektiğinde planlı bir sistem olması
2. Coğrafi ihtiyaçlara göre risk temelli bir yaklaşım ve kullanıcıların kullanımının hava sahası performans gerekliliklerini belirlediği bir sistem olması,” [31].

Her iki çatı kavramın da genel amacı, ABD'de ve Avrupa'da İHA'lar için açık bir pazarın geliştirilmesini sağlamaktır. Bu doğrultuda “mevcut ulusal hava sahasına ve hava trafik yönetimi sistemine İHA'ları entegre etmek için ortak bir yasal ve düzenleyici çerçeve sağlamaktır [32].

Türkiye'de böyle sistematik bir çatı kavram henüz oluşturulmamış olup, SHGM tarafından Türk Hava Sahasında işletilecek veya kullanılacak sivil İHA sistemleri için bir SHT-İHA hazırlanmıştır. Bu talimat ile İHA'ların ithali, satışı, kayıt ve tescili, uçuşa elverişliliğin sağlanması, sistemleri kullanacak kişilerin sahip olması gereken gereklilikler belirlenmiştir. Bu talimatta ayrıca, ATS ve İHA operasyonlarına ilişkin usul ve esaslara da değinilmiştir. Bu düzenlemenin dışında kalan araçlar; Devlet insansız hava araçları, yalnızca kapalı alanlarda kullanılan İHA ve sistemleri, yere veya herhangi bir platforma bağlı olan insansız balon ve benzeri sistemler ve MTOW 500 gramdan (gr) daha az olan İHA'lardır.

4.1. Temel Tanımlar

İHA operasyonları U-Space ekosisteminde operasyon gösterdiği seviyeye göre ayrılmaktadır. FAA-UTM ekosisteminde ise İHA'ların operasyonları için seviye ya da irtifa olarak ayrı bir sınıflandırmaya gidilmemektedir. Çok Düşük Seviyeli (VLL) olarak bilinen operasyonlar yerden 400 ft yukarısına kadar operasyon gösteren, IFR ve VFR

trafiklerin olmadığı yani standart olmayan operasyonlardır. Kendi içinde pilotun görsel görüş hattı içerisinde olması ya da pilotun görüş hattı içerisinde 500 metre (m) yatay mesafe içinde olmasına göre ayrılmaktadır.

1. Pilot ile uçak arasında 500 m yatay bir mesafede ve AGL 400 ft'den daha düşük bir uçuş yüksekliğinde, pilotun uzaktan kumandalı hava aracıyla doğrudan yani yardımsız görsel teması sürdürdüğü operasyonlar görüş hattı (VLOS) operasyonlarıdır. VLOS operasyonlar için uzak pilot, hava aracı ile en fazla 500 m mesafede olabilmektedir;
2. 500 m menzilin dışında, pilotun bir veya daha fazla gözlemci tarafından desteklendiği, ama pilotun uzaktan kumanda edilen hava aracıyla halen doğrudan yardımsız görsel temas sahip olduğu operasyonlara “Genişletilmiş Görüş Hattı operasyonları” (EVLOS) denilmektedir;
3. 400 ft'in altında, görüş hattının ötesinde yani görsel referans için yardımcı bir ekipman kullanılarak gerçekleştirilen operasyonlar, VLOS'un ötesinde olarak (BVLOS) bilinmektedir.

400 ft üzeri ve minimum uçuş irtifalarının üzerinde İHA operasyonları, radyo görüş hattının içerisinde olup olmasına göre kendi içinde ikiye ayrılmaktadır:

A. Ayrılmamış hava sahasında insanlı trafiğin de operasyon gösterdiği, IFR veya VFR göre operasyon gösteren operasyonlar radyo görüş hattında (RLOS) olduğu İHA operasyonlardır. Uyumlu olmadığı yakın trafik ile ilgili olarak “Algıla ve Sakın” (Detect and Avoid-DAA) kabiliyeti bu trafikler için bir gerekliliktir. Bu gerekliliği sağlayamayan trafikler kısıtlamalara tabii tutulur);

B. İHA'nın YKİ ile doğrudan radyo temasında olamaması sebebiyle daha geniş menzilli haberleşme hizmetlerinin (uydu aracılığıyla dahil) gerekli olduğu IFR veya VFR'da operasyon gösteren trafikler; radyo görüş hattı operasyonlarının ötesinde (BRLOS) IFR (veya VFR) olarak tanımlanmaktadır.

IFR, aletli meteorolojik şartlar altında uçuşun idaresini sağlayan kurallar bütünüdür. VFR, görerek uçuş kurallarına göre gerçekleştirilen uçuştur [5]. VFR uçuş yapılabilmesi için:

- a) 1500 ft (450 Metre)'in altında bulut tavanı olmayacak,
- b) Yer rüyeti (görüş) 5 km' den az olmayacaktır.

Helikopterler için yer görüş değeri kontrollü sahalarda 3 km, kontrollü sahaların dışında 2 km'den az olmamalıdır [33]. FL 200'ün üzerinde, gece (günbatımı ile

günderümü arası) yapılacak VFR uçuşlar için SHGM'den izin alınmalıdır. Ayrıca transonic ve süpersonik hızlarda da VFR uçuş yapılmayacaktır. VFR minimalarıyla ilgili detaylı bilgi Tablo 4.1'de verilmiştir [33]

Tablo 4. 1. *VFR minimalar* [33]

VFR MİNİMA TABLOSU			
	KONTROLLÜ SAHA İÇİNDE	KONTROLLÜ SAHA DIŞINDA	
		Deniz seviyesi üzerinde 3000 ft(900m) irtifanın üstünde ya da manianın 1000 ft(300m) üzerinde (hangisi daha yüksek ise)	Deniz seviyesi üzerinde 3000 ft(900m) irtifanın altında ya da manianın 1000 ft(300m) üzerinde (hangisi daha yüksek ise)
Bulutlardan uzaklık a) Yatay b) Dikey	1500 m 300 m (1000 ft)		Bulutlardan uzaklaşarak, yeri/suyu görerek
Uçuş rüyeti(görüşü)	8 km; 3050 m (10 000ft) irtifada ya da üstünde 5 km; 3050 m (10 000 ft) altında		5 km
*İntikal irtifası deniz seviyesinden 3050 m (10 000 ft) değerinin altında olduğunda, 10 000 ft ifadesinin yerine FL 100 ifadesi kullanılmalıdır.			

5. İHA TRAFİK YÖNETİMİ: KARŞILAŞTIRMALI ANALİZ

5.1. Paydaşlar

FAA-UTM ve CORUS'ta bahsedilen bazı paydaşlar Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5. 1. Paydaş Roller [34]

UTM Paydaşları	UTM'deki Rolü	Tanım	CORUS Paydaşları	CORUS'taki Rolü	Tanım
FAA	Düzenleyici otorite	Ulusal Hava Sahası'nda (NAS); UTM operasyonları için düzenleyici ve operasyonel çerçeve sağlar. FAA, bilgi/veri alışverişi için UTM ile FIMS aracılığı ile etkileşime girer.	Ulusal Hava Sahası (NAA)	Operasyonel çevre	İHA operasyonunu değerlendirir ve onaylar/reddeder.
Operatör	İHA operasyonunun yönetiminden sorumlu kişi ya da kuruluş	Mevzuat sorumluluklarını yerine getirir. Uçuşu/operasyonu planlar. Operasyonel amacı paylaşır. Operasyonu emniyetli bir şekilde yürütür.	İHA Sistemi Operatörü	İHA sahibi	İHA uçuşunu planlar. İzin ister. Pilotların ve diğer personelin iş vereni olarak tanımlanır.
Uzaktan Pilot (RPIC)	İHA sistemi uçuşunu gerçekleştiren kişi	Uçuşun emniyetli bir şekilde yürütülmesinden sorumludur. İHA sisteminin uçuş performansını ve konumunu izler.	İHA Sistemi Pilotu	İHA uçuşunu gerçekleştiren kişi.	
Diğer paydaşlar	Kamuoyu Kamu güvenliği kuruluşları (örn. İç Güvenlik-Homeland Security Bakanlığı)		Polis, emniyet ve güvenlik otoritesi	İzleme ve yaptırım	Operasyonları izler ve değerlendirir; kanun yaptırımı sağlar.
			Hava Seyrüsefer Hizmet Sağlayıcısı (ANSP)		Kontrollü hava sahasına yakın ve kontrollü hava sahasındaki operasyonları değerlendirir ve izler; ATC izni sağlar/reddeder
			Havalimanları	Operasyonel çevre	Havalimanlarına yakın operasyonları değerlendirir ve izler; havalimanı izni sağlar/reddeder
			VFR Pilotu	Havasahası kullanıcısı	İHA'lar tarafından da kullanılan VLL hava sahasında çalışır.

FAA UTM konsepti; FAA, Operatör, Uzaktan Pilot (Remote Pilot in Command-RPIC) ve kamuoyu gibi paydaşlardan söz etmektedir. CORUS, U-Space için benzer katılımcıları belirtmektedir ve U-space girişimiyle ilgilenen veya bir ilgisi olan bir birey, ekip veya kuruluşu U-Space paydaşı olarak tanımlamaktadır. Burada ilgi, konseptin gelişimi, işleyişi veya bir ya da daha fazla paydaşın çıkarları olabilmektedir. Dolayısıyla, FAA UTM ConOps'ta belirtilmeyen birtakım paydaşlara da yer vermiştir.

SHGM'nin İHA Sistemleri Talimatında tanımlamaları yapılan paydaşlar ise çoğunlukla İHA operasyonunun gerçekleştiren paydaşlardır ve paydaş olarak değerlendirilen tanımlar Tablo 5.2'de görülmektedir [6]

Tablo 5. 2. SHGM İHA Sistemleri Talimatı Paydaşları [6]

Paydaş	Talimatta verilen tanımı
Faydalı Yük Operatörü	İHA'nın gerçekleştireceği göreve uygun olarak üzerinde taşıdığı görev sistemlerini kullanan ve izleyen İHA pilotu dışındaki kişidir.
Genel Müdürlük	Sivil Havacılık Genel Müdürlüğüdür.
İHA İşleticisi	İHA veya İHA sistemlerinin sahibi gerçek/tüzel kişidir.
İHA Pilotu	İşletici tarafından uçuşun idaresinden sorumlu olarak atanmış kişidir. Uçuş süresince İHA'nın uçuş kontrollerini çalıştırır veya otonom operasyonunu planlar ve takip eder.
İHA Ekibi	İHA pilotunu veya görev sorumlusunu, kumanda başındaki İHA pilotunu, faydalı yük operatörünü, teknisyenlerini ve varsa haberleşme görevlisi ve bir İHA'nın uçurulması için gerekli olan kontrol istasyonunda yürütülen faaliyette görevli diğer kişileri tanımlar.
İHA Gözlemcisi	İşletici tarafından seçilen, İHA'yı görsel olarak izleyen ve uçuşun yürütülmesinde pilota yardımcı olan kişidir.

Talimatta yapılan tanımların dışında İHA'larla ilgili SHGM'nin <https://iha.shgm.gov.tr/> resmî sitesinde; ilgili Genel Müdürlüğün çeşitli birimlerini ilgilendiren konular bulunduğundan, farklı Daire Başkanlıklarının İHA kapsamında görev ve sorumlulukları da internet sitesinde özetlenmiştir. Yapılacak işleme göre ilgili birimle irtibata geçilmesi gerekmektedir. İlgili “Başkanlıklar” rolleri ile Tablo 5.3'te verilmiştir.

FAA-UTM'i 2 Mart 2020'de yayınlanan versiyon 2.0'a göre 10 tane paydaş tanımlarken, CORUS 20 Temmuz 2023'te yayınlanan 4. Versiyon'da toplamda 20 tane ve SHT-İHA ile internet sitesinde tanımlanan paydaşlarla birlikte ise ülkemizde 10 adet paydaştan bahsedilmiştir.

Tablo 5. 3. Resmi Sitede Tanımlanan Paydaşlar ve Roller [35]

Diğer Paydaşlar	Rol	Resmi Sitede Verilen Tanımlar
SHGM	Kural koyucu otorite	İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı (SHT – İHA) hükümleri çerçevesinde, Türk Sivil Hava Sahasında işletilecek veya kullanılacak sivil İHA sistemleri için usul ve esasları düzenler. Bu düzenlemeler İHA Sistemleri'nin ithali, satışı, kayıt ve tescili, uçuşa elverişliliği usul ve esasları ile hava trafik hizmetleri ve İHA operasyonlarına ilişkin usul ve esasları da içermektedir.
Uçuşa Elverişlilik Daire Başkanlığı (UED)	Uçuşa elverişlilik ve sertifikasyon	Özel uçuş izni ve uçuş koşulları onayı, uçuşa elverişlilik işlemleri, İHA tip sertifikasyonu ve üretim/tasarım onaylarını düzenler.
Uçuş Operasyon Daire Başkanlığı (UOD)	Operasyonel işlemler (Eğitim, lisanslandırma, kayıt işlemleri)	İHA ithali, tescil ve kayıt, pilot lisans ve yetkilendirmeler uçuş eğitim organizasyonu, operasyon elkitabı incelemeleri İHA kayıt işlemleri (İHA 0 ve İHA 1)
Hava Seyrüsefer Daire Başkanlığı (HSD)	Uçuş izinleri	İHA Uçuş izinleri (yer, zaman, NOTAM, yasaklar, vb) yabancı İHA uçuş izinleri

5.2. Hizmetler ve Destekleyici Yapı

FAA UTM ayırık bir şekilde uyguladığı ve kontrollü/kontROLSÜZ hava sahasındaki İHA sistemlerinin güvenli ve emniyetli operasyonlarını kolaylaştırmak için sağladığı entegre altyapı ve destekleyici hizmetleri; işletmeci tarafından kullanılması zorunlu olan hizmetler, kullanılabilecek hizmetler ve operatöre yardımcı hizmetler olarak ayırmaktadır.

CORUS'da, benzer olarak tanımladığı ve üç kategoriye ayırdığı hizmetleri ayırık şekilde uygulamaktadır.

CORUS'da ayrıca İHA operasyonunun yürütüleceği hava sahası hacmine bağlı olarak (7.5'te detaylı açıklanacaktır); tanımlama ve izleme (kayıt,e-tanımlama,tracking), hava sahası yönetimi ve coğrafi çit (geo fence), operasyon yönetimi, çakışma yönetimi, beklenmedik ve acil durum yönetimi, monitör(trafik bilgisi), çevre(meteorolojik bilgi), ATC ile arayüz (prosedürel ve iş birlikçi) gibi tanımlanan hizmetlerden bazıları; zorunlu, bazıları tavsiye edilen, bazıları da isteğe bağlı kılınmıştır.

Her iki konsept de birbiriyle karşılaştırılabilir hizmetler kullanmaktadır. Örnek olarak, FAA UTM konsepti, FAA sistemleri (ör. ATC) ve UTM katılımcıları arasında hava sahası kısıtlamaları gibi verileri paylaşmak için bir Uçuş Bilgi Yönetim Sistemi

(FIMS) kullanırken CORUS, İHA hizmetleri ve ATC arasındaki FIMS benzeri işbirlikçi arabirimi tanımlamaktadır.

İHA Sistemleri Hizmet Sağlayıcı (USS); FAA UTM’inde USS UTM aktörleri arasında bir haberleşme köprüsü olup, operatöre operasyon göreceği hava sahası hacmi içerisinde planlanan operasyonlar hakkında bilgi sağlar ve operasyon bilgilerini emniyet ve güvenlik amaçları ile arşivleyebilmektedir. Böylece FAA’nın doğrudan müdahalesi olmadan alçak irtifa operasyonlarının ortak yönetimini hizmetler anlamında desteklemektedir. Operatörler ve USS’ler, arazi ve engel verileri, özel hava durumu verileri, gözetim ve kısıtlama bilgileri dahil olmak üzere temel veya gelişmiş hizmetler için Ek Veri Hizmet Sağlayıcılarına (SDSP’ler) erişebilmektedir. USS ağı içerisinde birbiri ile etkileşimde olan; FAA ile UTM arasında bir arayüz olan FIMS, hava sahası yetkilendirmeleri ve kısıtlamalar hakkında bilgi veren NAS ve arazi-mania bilgileri ile meteorolojik bilgiler gibi bilgileri sağlayan SDSP gibi farklı hizmet sağlayıcıları tanımlanmıştır. SDSP, alçak irtifa hava sahasında emniyetli operasyonlar sağlamak için temel veya geliştirilmiş bilgileri yayan model ve/veya veri tabanlı hizmetler olarak tanımlanmıştır.

CORUS’ta listelenen U-Space hizmetlerinden bir veya daha fazlasını sağlayan U-Space Hizmet Sağlayıcısını (USSP) tanımlamıştır. Bununla birlikte bilgi kaynağının güvenilirliğini kontrol eden Ortak Bilgi Hizmet Sağlayıcısı (CIS) ve örneğin hava durumu bilgisi sağlayan Ek Bilgi Hizmet Sağlayıcısı (SDSS); haberleşme, seyrüsefer ve izleme hizmetleri sağlayan CNS Hizmet Sağlayıcısı gibi farklı hizmet sağlayıcıları da belirtilmiştir. Ayrıca “Havacılık Bilgi Yönetimi” hizmetinin İHA eşdeğeri “İHA Havacılık Bilgi Yönetimi” hizmeti tanımlanmıştır. Bu hizmet geçici ve kalıcı değişiklikleri bir araya getirmekle ilgilidir. Bu hizmet bir devletin havacılık bilgi yönetimi hizmetinin bir parçası olabilir veya maliyet ya da uygulama kolaylığı gibi birçok nedenden dolayı ayrı da tutulabilmektedir. Yani U-Space hizmetleri kısaca; İHA havacılık bilgileri, meteoroloji bilgileri ve coğrafi farkındalık (geoawareness) hizmetlerinden oluşmaktadır. “Coğrafi farkındalık sistemi, İHA dikey veya yatay olarak hava sahasının uçmasına izin verilmeyen herhangi bir bölümüne doğru ilerlediğinde pilotu uyarmalıdır.” [36] Aslında, birçok İHA örneğin havalimanlarından kaçınmak için coğrafi farkındalık ile birlikte coğrafi çite de sahiptir.

“Coğrafi eskrim ya da coğrafi çit olarak bilinen geofence, coğrafi bir bölgenin çevresinde tanımlanmış sanal bir sınırdır,” [37].

Bunların dışında, VLL İHA trafiği, çok düşük seviyede operasyon göstermesi ve sebebiyle insanlı trafiklerin irtifa sisteminde kullandığı barometrik irtifanın karşılayamadığı birtakım ihtiyaçlara ve barometrik irtifa sisteminin doğru işlemesine engel olabilecek fiziksel özelliklere sahip olabilmektedir. Bu sebeple, İHA'lar uydu tabanlı seyrüsefer ve yükseklik kullanmaktadır [38] Dolayısıyla da aynı bölgede operasyon gösteren ve barometrik irtifa kullanan insanlı trafikle ortak bir irtifa sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. CORUS'a göre; irtifa karışıklığı riskinin bulunduğu bölgelerde yetkili otorite “Jeodezik İrtifa Zorunlu Bölge” (GAMZ) ilan edebilmektedir. Dolayısıyla bu bölgede, uçak irtifa bilgisi paylaşımında bulunduğu, bu bilgi WGS84 elipsoidine referans verilen jeodezik yükseklik biçiminde değiştirilecektir. Yani irtifa bilgileri barometrik ve Küresel Konum Belirleme Sistemi (GNSS) arasında geçiş yapan sistemler teknik ve operasyonel bir gereklilik olacaktır. GAMZ, hava sahasının diğer özelliklerinden bağımsızdır.

Her iki yaklaşımın da genel olarak temel aldığı hizmetler, İHA ve operatör kaydı, e-tanımlama, coğrafi çizim, rota, takip etme, izleme ve operasyonel niyet alışverişi şeklindedir.

SHGM'nin talimatında İHA operasyonlarını destekleyen altyapının diğer iki konseptteki gibi aşama aşama planlanan bir yapıda olmadığı gözlemlenmiştir. İHA'ların diğer İHA uçuşları ile haberleşeceği ya da bilgi paylaşabileceği bir sistemden bahsedilmediği de görülmüştür. Ancak talimatta bahsedilmese de, TİTRA Teknoloji Anonim Şirketi, yapay zekâ, derin öğrenme, görüntü işleme teknolojileriyle geliştirdiği merkezi olmayan (dağıtılmış) kontrol mimarisi ile veri iletişiminin olmadığı sahalarda dahi sürü halinde görev icra edebilecek taşınabilir insansız platformlar için bir “sürü teknolojisi” geliştirmiştir. Merkezi olmayan (dağıtılmış) kontrol mimarisi ile görevler üyeler arasında dağıtılarak yedeklilik daha esnek ve gürbüz bir yapıya kavuşmuştur [39]. Bu ve buna benzer yapılar, çarpışmadan kaçınma için ileride değerlendirilebilir.

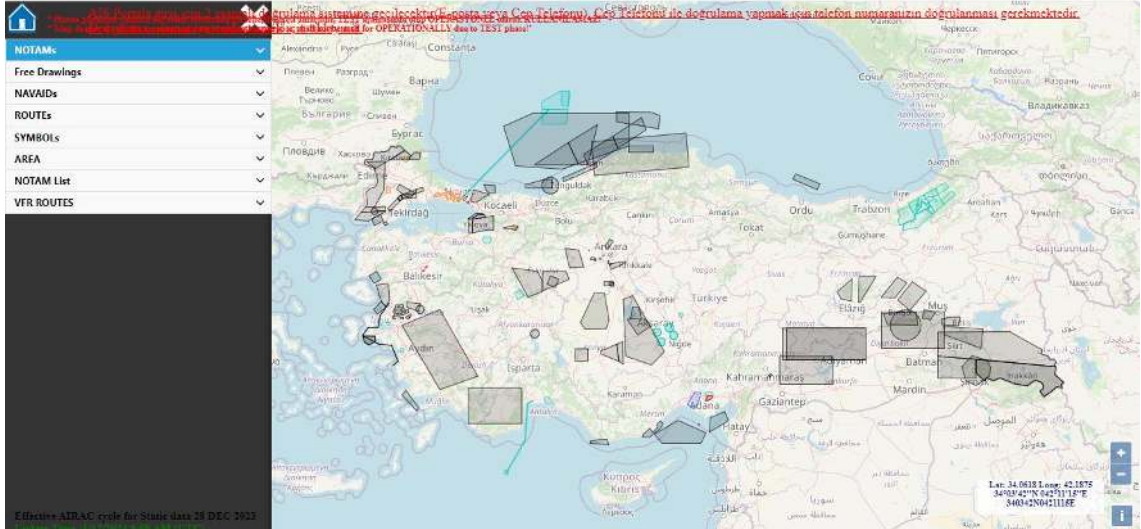
SHGM'nin İHA talimatında İHA0 ve İHA1 sınıfı İHA'ların zorunlu ekipmanları da belirtilmiştir.

İHA0 sınıfındaki İHA'nın teknik olarak ekipman, sistem ve faydalı yük bileşenleriyle donatılması İHA işleticisinin/sahibinin/pilotunun ya da imalatçısının seçimine bağlıdır.

İHA1 sınıfındaki İHA; komuta ve kontrol veri bağıntısının kesilmesi durumunda acil durum iniş veya uçuş sonlandırma kabiliyeti, batarya gücü/yakıt seviyesinin devamlı

izlenebilmesi, çakar lamba, İHA'da veya YKİ'de otomatik uçuş kayıt sistemi ile donatılmış olmalıdır. Ticari amaçla uçurulmak istenen İHA 0 sınıfına dâhil olan İHA, en az İHA1 sınıfına ait teknik özelliklerle ve ekipmanlarla donatılmış olmalıdır.

Ülkemizde İHA'lar için ileride önemli bir araç olabilecek DHMİ AIS Portal (Şekil 5.1), Hava Seyrüsefer Dairesi Başkanlığı ve Bilgi Teknolojileri Dairesi Başkanlığının işbirliği ile uçuş planı sunma ve kabul işlemlerini kolaylaştırabilmek için hava sahası kullanıcılarının web sitesi ya da mobil uygulama aracılığı ile uçuş planı ve ilgili ATS mesajlarını havalimanı Havacılık Bilgi Yönetimi (AIM) ofislerine iletebileceği bir uçuş planı modülüdür, [40] AIS Portal web uygulamasına <https://ais.dhmi.gov.tr/> adresinden erişilebilmektedir. [41]



Şekil 5. 1. AIS Portal

Bu modül aynı zamanda, harita uygulaması ile havacılık bilgilerinin harita üzerinde gösterilmesi amacıyla geliştirilmesini içeren ve test aşamasında olan bir projedir. Bu araç sayesinde harita üzerinde yasaklı, tahditli, tehlikeli sahalara; Terminal Sahaları, Kontrol Bölgeleri, havacılara bildiri (NOTAM) yayınlanan bölgeler, seyrüsefer yardımcıları ve ATS yolları, İHA test alanları gibi birçok saha ve bölge görünür kılınacaktır, [42]. Kullanıcılar güncel havacılık bilgilerine AIS Portal harita uygulamasının test aşaması bitene kadar Türkiye Havacılık Bilgi Yayını'ndan (AIP) ve AIS/AIM birimlerinden temin edilecek Uçuş Öncesi Bilgi Bültenlerinden (PIB) ulaşmalıdır.

İHA'ların uçuş izinleri İHA'larla ilgili SHGM'nin resmi sitesi <https://iha.shgm.gov.tr/> üzerinden SHGM'ye ulaşmaktadır. Eğer izin için başvurulmuş İHA uçuşu bir havalimanı civarında yapılacaksa, daha sonra İdari Birimler aracılığı ile ilgili Hava Trafik Hizmet Ünitesi'ne iletilmektedir.

Buna benzer olarak Baykar Teknoloji, İHA operasyonları için Merkezi İHA Yönetim Gözetleme Sistemi (MYGS) adında bir harita aracı geliştirmiştir. Bu araç, İHA'lar hakkındaki temel bilgileri görüntülemek için hazırlanmış web tabanlı bir harita aracıdır. Bu sistem sayesinde ATC, görev planlaması, anten planlaması ve frekans planlaması kolaylıkla yapılabilmektedir. MYGS kullanıcılarına tüm uçuşları genel bir bakış içerisinde gözlemleme imkanı sunmaktadır, [43]. İHA'lara ait konum, duruş, kalan yakıt, faydalı yük bilgisi, acil durum alarmları ve bağlantı bilgileri (Yer Kontrol İstasyonu - YKİ, Yer Veri Terminali - YVT) bu sistem üzerinden takip edilebilmektedir. Bu bilgilere ek olarak İHA'ların birbirinden ayrık olması için MYGS kullanıcılara irtifa tabloları, yakınlık alarmları, uçuş kodları ve İHA izleri ile desteklemektedir. Yer antenlerinin durumları ve bu antenlerin etkileşim sınırları da harita üzerinde gösterilebilmektedir.

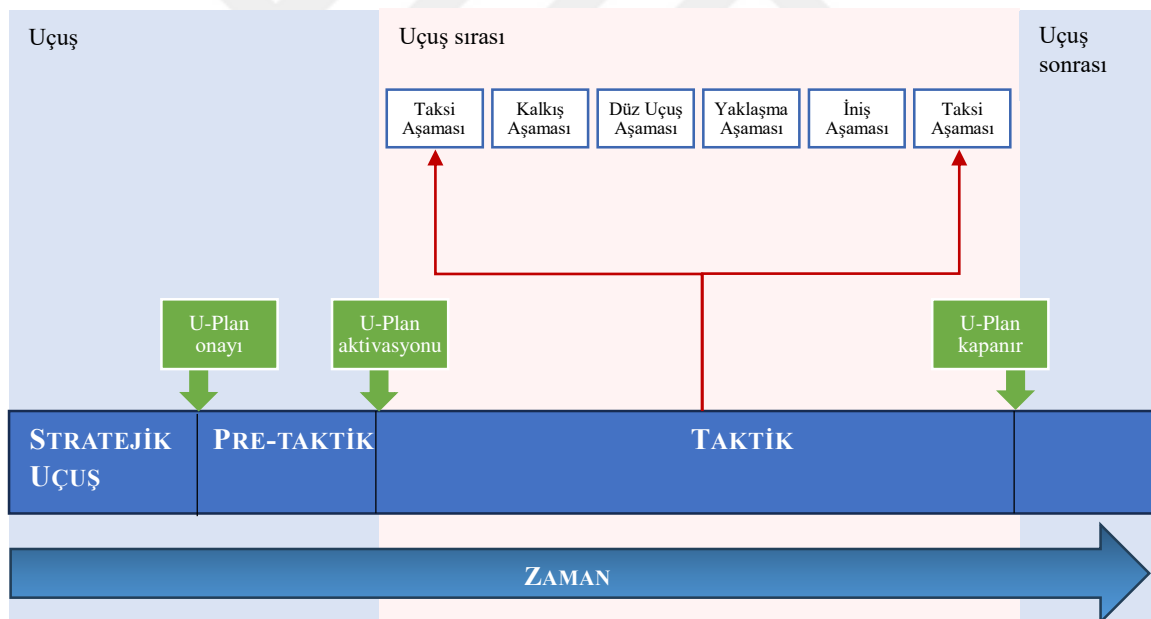
5.3. Operasyon Kategorileri

İHA operasyonlarının operasyonel kurallara, İHA düzenlemelere ve yasal kısıtlamalara uyması beklenmektedir. EASA tarafından yapılan kategorilendirmede; İHA operatörü tarafından operasyonlar “Açık, Özel, Sertifikalı” olarak sınıflandırılmaktadır. CORUS'ta İHA operasyonları için bu sınıflandırmayı kabul etmiştir. Özel ve sertifikalı olarak sınıflandırılan İHA operasyonları, açık kategoriye göre daha yüksek risk düzeyine sahiptir ve yetkilendirme gerektirmektedir. Bu kategoride operasyon gösteren İHA sistemlerinin operasyonel gereklilikleri karşılayabilmesi için ilgili sistem kabiliyetlerine de sahip olması gerekmektedir. FAA UTM'de ise İHA operasyon kategorisi tanımlanmamıştır. Ancak CORUS'ta olduğu gibi İHA operasyonu için performans ve hava sahası yetkilendirmesi gereklidir. İHA operatörünün belirli bir operasyonu gerçekleştirmeden önce FAA'dan performans yetkisi alması ve kontrollü hava sahasında çalışacak İHA operatörlerinin de FAA tarafından verilen hava sahası yetkilendirmesine başvurması gerekmektedir.

VLOS, EVLOS ve BVLOS operasyonlarının her iki konseptte de değinildiği görülmüştür. Bu operasyonlar yukarıda belirtilen operasyon düzenlemelerine tabidir.

Ülkemizde de SHGM İHA Talimatı’nda VLOS tanımlanırken BVLOS ise “BLOS” olarak tanımlanmıştır. Ayrıca operasyonlar arasında; talimatta, risk analizine dayanan bir operasyonel ayırım olmasa da risk analizleri ile ilgili gereklilikler serbest uçuş bölgesi, izne tabi bölge ve özel izne tabii bölgeler üzerinden açıklanmıştır. Risk analizleri ile ilgili sorumluluklar daha çok İHA işleticisinin sorumluluğu olarak tanımlanmıştır, uçuş izinlerinde de bu analizlerin yer alması beklenmektedir. İşleticiye yönelik daha ayrıntılı bilgi ise operasyonel el kitabında verilmiştir.

CORUS 3. versiyonda, CORUS projesi boyunca ve paydaşlarla etkileşimlerde kullanılan “operasyon planı” terimi ifade de karışıklığa yol açtığı için U-plan terimi 4. versiyonda U-space tarafından yönetilen bir uçuş planını ifade etmek için tanımlanmıştır.



İHA Sistemi, ICAO Doc 4444'te anlatıldığı gibi bir uçuş planı kapsamında uçabilmektedir [44]. U-Plan döngüsünün zaman çizelgesi Şekil 5.2'de verilmiştir.

37

küçük bir İHA ile teslimat gibi operasyon türüne bağlıdır ve Tablo 5.4'te belirtilen faaliyetleri içermektedir.

Tablo 5. 4. U-Plan Döngüsü [45]

Aşamalar	Faaliyetler
Stratejik-Uzun Dönem	Kapasite planlama: hizmetlerin öngörülmesi, hava sahası tasarımı, ekibin eğitilmesi vb.
Stratejik-Kısa Dönem	Uçuş için plan geliştirilmesi, İHA seçimi Risk değerlendirmesi (Özel Operasyonel Risk Değerlendirmesi-SORA vb.) Gerekliyse hava sahasına giriş ya da kat ediş için izin
Taktik Öncesi	Talep ve kapasite dengeleme çalışmaları Uçuş öncesi çakışma çözümü
Taktik Aşama	U-Plan aktivasyonu Beklenmedik durumların çözümü ve uçuşun sonlanması
Uçuş Sonrası	Dijital logbook'a uçuşla ilgili gerekli bilgilerin girilmesi, raporlama, bakım ve performans değerlendirmeleri

U-Planlarının aktivasyondan önce farklı zamanlarda dosyalanabileceği düşünülmektedir ve hatta bazı İHA operatörleri, U-Planlarını aktivasyondan çok kısa bir süre önce sunmak isteyebilmektedir.

Ayrıca U-Planlarının ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde İHA operatörü tarafından değiştirilebilmektedir. Bu nedenle, talebi ve kapasiteyi dengelemek için planları etkileyecek herhangi bir süreç, talebin yalnızca etkinleştirmeye (aktivasyona) çok yakınken "tam" resmine sahip olacaktır [46]. Dengeleme süreci ne olursa olsun, bunun yarattığı etkinin (aktivasyonun ya da değişmesi halinde kalkışın de gecikmesi gibi etkiler) İHA operatörü tarafından beklenen bir durum olmalıdır, ancak işletmeleri, aktivasyondan çok kısa bir süre önce U-planları üzerindeki etkileri karşılayamayan operatörler de mevcut olabilmektedir.

Talebin ne olduğunu ve talebin kapasiteyi aşması durumunda herhangi bir U-planının etkilenip etkilenmeyeceğini belirlemek için kararlaştırılan bir zaman kullanılarak bir uzlaşmaya varılmaktadır. Kararlaştırılan bu süre, "harekete geçmek için makul süre" (RTTA) olarak tabir edebileceğimiz aktivasyondan önce kararlaştırılan

süredir ve prensip olarak aynı kalmak şartı ile; bu süre 1 ya da 5 dakika, hatta daha az da olabilmektedir. Böylece farklı hava sahalarında farklı RTTA kullanılabilmektedir.

CORUS'ta İHA uçuş planları için farklı bir tabir tanımlanır ve uçuş aşamaları detaylıca açıklanırken, FAA UTM'inde ve ülkemiz düzenlemelerinde böyle bir tanımlamanın yapılmadığı görülmüştür. Uçuş planlarından uçuş planı olarak bahsedilmektedir, uçuş aşamaları CORUS'taki gibi açıklanmamıştır ve de RTTA benzeri bir kavrama FAA UTM Operasyon Konsepti Versiyon 2'de ya da SHGM İHA Talimatı'nda rastlanmamıştır.

5.5. Hava Sahası Sınıflandırması

FAA UTM ConOps ve CORUS, VLL hava sahasında kontrolsüz İHA operasyonlarına odaklanmaktadır.

FAA'in UTM konseptine göre, 400 ft Yüksekliğe (AGL) kadar ve kontrolsüz hava sahasında yürütülen UTM operasyonları, çalışırken ATC ünitelerinden izin alma zorunluluğundan muaf olup, kontrollü hava sahasına her girişinde, İHA Operatörü , ATC ünitesine niyetini bildirmelidir. İHA operatörü, gerçekleştirecek UTM operasyonunun lokal yasal gerekliliklere (örn. İHA ve İHA operatörünün e-kaydı gibi mevzuatta belirtilen çeşitli gereklilikler) uygun olmasını sağlamalıdır. Uçuşa elverişlilik ve haberleşme kabiliyetleri ile ilgili olarak emniyet gerekliliklerini de karşılaması gereklidir.

CORUS'da, VLL benzer olarak kalkış noktasının 120m (yaklaşık 400 ft) üzerine kadarki hava sahası olarak belirtilmiştir ve ICAO'nun yapmış olduğu hava sahası sınıflandırmasından farklı olarak yeni bir hava sahası hacmi tanımı (X, Y, Z) yapmıştır. VLL içindeki bu hava sahası hacimleri sağladıkları farklı U-Space hizmetlerine göre üçe ayrılmaktadır:

X'te uçuş öncesi coğrafi farkındalık hizmeti sunulur, U-plana ihtiyaç yoktur, çakışma çözümü yoktur, uçuş sonrası kaza ve olay raporlama hizmeti vardır.

Y: uçuş öncesi coğrafi farkındalık hizmeti sunulur, U-plan gereklidir, uçuş öncesi (stratejik) çakışma çözümü vardır, kaza ve olay raporlama hizmeti sunulmaktadır ve böyle bir durumda dijital logbook'a erişim sağlanmaktadır.

Z: uçuş öncesi coğrafi farkındalık hizmeti sunulmaktadır, U-plan gereklidir, kaza ve olay raporlama hizmeti bulunmaktadır ve böyle bir durumda dijital logbook'a erişim sağlanmaktadır. Kendi içinde üç alt hava sahası hacmine daha ayrılmaktadır:

Za: ATC'nin yönettiği tüm İHA trafiğidir. Bu tür hava sahaları bir havaalanında mevcut olabilmektedir. ATC'nin İHA yönetiminde U-Space hizmetlerinden yararlanması beklenmektedir.

Zu: Taktik aşama bir çakışma çözümü hizmeti sağlanmaktadır. Stratejik aşama çakışma tahmini mevcuttur. Onaylanan U planları, stratejik çakışma tahmini nedeniyle çakışmamaktadır. Burada IFR ve VFR ya da sVFR operasyon gösteremeyen trafikler için U-Space Uçuş Kuralları (UFR) geliştirilmiştir.

Zz: U-space'in taktik çakışma tavsiyesi hizmeti sağlanmaktadır. Stratejik aşama çakışma tahmini mevcuttur. Onaylanan U planları, stratejik çakışma tahmini nedeniyle çakışmamaktadır.

“CORUS'un 3. Versiyonu'nda Zz'den bahsedilmemiştir ve Zu belirsiz bir şekilde tanımlanmıştır. 4. Baskısında, Zu'nun daha kesin bir tanımı vardır ve Zz yeni yapılan bir tanımlamadır. Ayrıca bu hava sahası hacimlerindeki trafiklerin, uçuş öncesi, uçuş sırasında ve uçuş sonrasında alacağı hizmetler de ayrıntılı olarak bu versiyonda tanımlanmıştır,” [45]

Bu hava sahası hacimleri, İHA uçuşlarının yürütülmesine izin vermek için farklı operasyon türleri (örn.VLOS, BVLOS) için gerekli prosedürleri de (örn. risk değerlendirmesi) belirtilmektedir.

Örnek olarak, Y ve Z hava sahası hacimlerinde çakışma çözümü entegre edildiği için BVLOS operasyonlarına Ulusal Havacılık Yetkilendirmesinden (NAA) ek bir değerlendirme yapılmaksızın izin verilirken, X hava sahasında yalnızca operasyonun kalkıştan önce drone operatörü ve yetkilendirme kuruluşu tarafından uygun bir şekilde değerlendirilmesine ve risk azaltılması durumunda X hava sahasında yürütülmesine izin verilmektedir [34].

Türkiye'de bir hava sahası sınıflandırması henüz yapılmamıştır. [47] Bununla birlikte İHA0 ve İHA1'ler için operasyon gösterebilecekleri bölgeye ve bu bölgelerde izne tabii olup olmamalarına göre “Serbest bölge, izne tabii bölge, özel izne tabii bölge” olarak bir ayırım yapıldığı görülmektedir [47]

Serbest bölgelerde, ticari faaliyetler dışında sportif ve amatör amaçla gerçekleştirilecek uçuşlarda, talimattaki kurullara uyulması şartıyla, uçuş izni kayıt sistemi tarafından Genel Müdürlükten otomatik verilir ancak bu sınıflar için mahallin en büyük mülki idare amiri (vali) tarafından yasaklanan yer ve zamanlarda uçuş yapmak yasaktır. İHA ile uçuşların gerçekleştirilebilmesi amacıyla tesis edilen serbest (yeşil)

bölgeler İHA kayıt sistemi uçuş bölgeleri haritasında ilan edilmektedir. Genel Müdürlükçe söz konusu sahaların güncelliği her yıl kontrol edilmektedir [47]

Özel izne tabi (kırmızı) bölgelerde yapılacak her türlü uçuşlarda ise 10 iş günü öncesinden, izne tabii bölgelerde yapılacak uçuşlar içinse 5 gün öncesinden gerekçesi ile birlikte Genel Müdürlük resmi internet sayfasında yer alan İHA uçuş izni talep formu ile başvuru yapılmaktadır. Bu bölgelerde ve aşağıda yer alan sahalarda risk analizi yapılmadan ve Genel Müdürlükten izin alınmadan herhangi bir sınıftaki İHA ile;

1. 400 ft üzerinde yapılacak uçuşlar,
2. İrtifadan bağımsız;
havalimanlarında, en yakında bulunan pistin kenarından 5 deniz mili (NM) (9 km) mesafeden daha yakın sahada, seyrüsefer yardımcı cihazları, heliport, heliped, hava parkı, Genel Müdürlük resmi internet sitesinde yayınlanmış olan denize/iniş kalkış alanları, vb. merkez olmak üzere 5 nm (9 km) yarıçaplı sahada,
3. Türkiye AIP'si ENR 5.1 bölümünde yer alan “Yasak, Tahditli ve Tehlikeli Sahalarda,
4. NOTAM ile ilan edilen sahalarda
5. Askeri binalar ve tesisler, cezaevi, akaryakıt depoları ve istasyonları, silah/fişek fabrika ve depoları gibi kritik yapı, tesis ve varlıkların çevresinde uçuş yapılması; yasaktır [47]

Ayrıca burada bahsedilen risk analizi, aşağıda belirtilen;

1. Gövde, güç ünitesi, performans bilgileri
2. Faydalı yük beyanı ve yedek sistemler (GPS, otopilot, vb.)
3. Teçhizat (Hava aracı, yer sistemleri, veri linki, geofence, batarya, yakıt durumu vb.)
4. Veri link, frekans, vb İHA teknik bilgileri ile;

uçurulacak bölge (kalabalık, çok kalabalık, kalabalık olmayan bölge), kullanım amacı, pilot eğitim ve tecrübesi, gece-gündüz ve meteorolojik şartlar, bakım durumu, sigorta, insan ve yapıların durumu, diğer hava araçları ile çarpışma riski, tespit edilen risklerin giderilmesine/azaltılmasına yönelik yapılacakları içermektedir. Arama, kurtarma ve beklenmeyen durumlarda (afet ya da acil durumlar) uçuş izinleri Genel Müdürlük ile gerekli koordinasyonun sağlanmasıyla verilebilmektedir.

İzne tabi, kırmızı bölgelerde Genel Müdürlükçe oluşturulan web tabanlı sistem üzerinden 400 feet altında yapılacak uçuşlar için yapılan başvurular ilgili mülki idare

amirlikleri tarafından incelenmektedir ve uygun görülmesi halinde söz konusu talebe ilişkin NOTAM yayınlanmaktadır. İlgili sivil/askeri kurumlar ve Genel Müdürlük tarafından gerekli görülürse bu izin iptal de edilebilmektedir.

500 gr altı İHA'lar için hava aracı ve pilot kayıt zorunluluğu olmamakla birlikte, yapılacak ticari uçuşların uçuş emniyeti ile can ve mal güvenliğine etkisine ilişkin değerlendirmelerin yapılabilmesi ardından, İHA uçuşunun gerçekleştirileceği sahanın ilgili kurumlarla koordinasyonunun yapılabilmesi için 10 iş günü öncesinden Genel Müdürlüğe İHA Uçuş İzni Talep Formu ile başvuru yapılmaktadır. 500 gr altı İHA'larla sportif ve amatör amaçlı gerçekleştirilecek uçuşlar için serbest bölgeler (yeşil) kullanılmalıdır, [6]

Serbest, izne tabii, özel izne tabii bölgelerin hiçbirinde ayırma hizmeti sağlanmamaktadır. Talimat ile belirtildiği üzere, uçuşlar esnasında, diğer hava araçları ile ayırmayı sağlamak ve çarpışmayı önlemek İHA pilotlarının/işleticilerinin/sahiplerinin sorumluluğundadır.

Ayrılmış hava sahası, İHA operasyonu için NOTAM ile yayımlanan sahayı ifade eder, [6]. Bu hava sahasında operasyon yapan İHA kendisi için tahsis edilip NOTAM'lanan sahanın dışında uçuş yapamamaktadır. Dolayısıyla bölgeye giriş ve çıkışlar İHA pilotlarının sorumluluğundadır. Diğer hava araçları ve mânialarla ayrılması sorumluluğu da yine İHA pilotuna aittir. İşletmelere 3 aylık bloklar halinde, 400 ft altında SHGM İHA talimatında belirtilen uçuş bölgelerine dikkat edilerek, İHA Kayıt sistemi uçuş izni yazılımı aracılığıyla müsaade verilebilmektedir. Ya da özel izne tabi (kırmızı) bölge veya 400 feet üzerinde olması halinde; 2 aylık bloklar haline uçuş izninin ilgili kurum/kuruluşlar ile koordinasyon sonucunda verilebilmektedir.

Ülkemizdeki ayrılmış hava sahası ve sistem tarafından ayırma hizmeti sunulmaması itibarıyla FAA-UTM'i ile benzerlik göstermektedir.

5.6. Uçuş Kuralları

IFR ve VFR ya da sVFR operasyon gösteremeyen trafikler için U-Space Uçuş Kuralları (UFR) geliştirilmiştir. UFR kavramının geliştirilmesindeki amaç, uzaktan kumanda edilen uçaklarda pilotun pencereden dışarı bakmasına gerek kalmadan takip edebileceği bir uçuş olmasıdır. Bunun yerine pilotun uçağın göreceli konumları hakkında başka yollarla bilgilendirilmesi gerekmektedir. Bazı operasyonlarda Kentsel Hava Hareketliliği (UAM)'nde VLOS operasyonlarda, VFR altında uçuşu mümkün olsa da daha gelişmiş UAM içerisinde, DAA prosedürlerini gerçekleştiremeyebilmektedir.

Benzer şekilde kentsel çevrede, bazı durumlarda operasyonlar IFR ile uyumlu olabilmekte ancak; bunların ayırma minimumları, kontrol bölgeleri gibi daha sıkışık hava sahasında etkili operasyonlar için uygun olmayabilmektedir. UFR kapsamında uçan uçakların bu nedenle belirli bir hava sahası hacmi için bir dizi U-Space hizmeti tarafından desteklenmesi gerekmektedir.

UFR, U-Space hizmetlerini kullanan hava sahası kullanıcılarına yönelik U-Space hacimlerindeki operasyonlar içindir. Ayırma sağlanmasına yönelik çakışma giderme hizmet(ler)ini temel almaktadır. Bunlar stratejik çakışmasızlık veya hem stratejik hem de taktik çakışmasızlığı olabilmektedir. Çarpışma önleme sistemleri ilave bir emniyet sağlar. UFR altında çalışan uçakların ATS birimlerinden sesli iletişim kurması beklenmemektedir.

U-Space Zorunlu Bölgesi (UMZ), burada faaliyet gösteren uçakların, konumlarını tanımlanmış bir prosedür aracılığıyla U-Space'e bildirmeleri gerekliliğini tanımlamaktadır. Devletler, uçakların U-Space'da elektronik olarak tanınabilir hale getirilmesi için gerekli sürecin tanımlanmasından sorumludur.

ABD'de ise benzer olarak Dijital Uçuş Kuralları (DFR) NASA tarafından ortaya atılmıştır. Dijital Uçuş, uçuş operasyonlarının dijital bilgilere referansla yürütüldüğü, operatörün işbirlikçi uygulamalar ve bağlantılı dijital teknolojiler ve otomatik bilgi alışverişi ile sağlanan kendi kendine ayrılma yoluyla uçuş yolu emniyetini sağladığı bir operasyon çeşididir [48]. Dijital Uçuş Kuralları, görsel prosedürler (örn. VFR) kullanmak veya hava trafik kontrolü ayırma hizmetlerini (örn. IFR) almak yerine VMC ve IMC'de alternatif bir ayırma aracı olarak sürekli Dijital Uçuşa izin veren bir dizi düzenlemedir. DFR uçan bir trafik ATS birimlerinden ayırma hizmeti almamaktadır, UFR'e benzer olarak; VFR, IFR altında operasyon gösteremeyen trafikler için geliştirilmiştir.

SHT-İHA'da ise VFR ya da IFR altında operasyon gösteremeyen İHA'lar için bu şekilde ayrıca tanımlanmış uçuş kuralları yoktur.

5.7. Hava Sahası ve Hava Trafik Yönetimi

Hava sahası ve hava trafik yönetimi iki konseptin de önemsedığı başlıklardır. İHA operasyonlarında emniyet, güvenlik, risk ve acil durum yönetimini içermektedir. ASM'deki emniyet yönlerine odaklanılmıştır. Stratejik, taktiksel çakışma tahmin ve çözümleri ile uçuş sırasında çarpışmadan kaçınma gibi çakışma çözümü yöntemlerinin kullanılması, hava sahası içerisindeki trafik sayısını arttırmaktadır.

FAA UTM'inde USS'nin sağladığı altyapı aynı zamanda hava sahasının emniyetli ve verimli kullanımını sağlayan, stratejik ve taktiksel çakışma çözümlemeyi destekleyen bir UTM ekosistem varlığıdır. FAA UTM, etkileşimli planlama ve uçarken amaç bilgisi paylaşımı yoluyla stratejik çakışmayı operasyonlar için bir gereklilik olarak kılarken, CORUS'ta Y hava sahasında ve ayrıca özel veya sertifikalı kategorisindeki İHA operasyonlarında stratejik çakışma çözümü zorunludur. Bu, İHA operasyon planlarının ilgili U-Space varlıkları ve hava sahası kullanıcılarıyla paylaşılmasını içermektedir. Zu ve Zz'de stratejik çakışma tahmini, Zu'da ayrıca taktik aşama çakışma çözümü sunulurken, Zz'de taktik aşama çakışma tavsiyesi verilmektedir.

Hava sahası kullanıcıları arasındaki ayırma, ilgili konseptin hizmet kabiliyetlerine, izleme ve uyumluluk izlemesine, uçak ve İHA performansları ile ilgili paydaşlar (ör. İHA operatörü, ATC, uçak) arasındaki sık bilgi paylaşımına dayanmaktadır. Ayırma gereklilikleri, farklı operasyonlar (örn. Her iki konseptte de ayırma için belirli bir değer, herhangi bir birim cinsinden belirtilmemiştir. Ancak ayırma sorumluluğu önce VLOS'a, sonra BVLOS'a ve son olarak da insanlı hava aracı operasyonlarına verilmiştir). Beklenmedik durumlarda; İHA işleticisi, ilgili UTM veya U-Space kullanıcılarını, NAA kuruluşlarını (örn. FAA) ve diğer hava sahası kullanıcılarını (örn. ATC üniteleri, insanlı havacılık vb.) hemen bilgilendirmekten sorumludur. Araç üstü İHA sistemi ekipmanının hasar görmesi (örn. haberleşme kaybı) durumunda, İHA izleme kabiliyetlerinin bozulması halinde ya da uçuş amacı bir süredir bilinmiyorsa beklenmedik durumlar için önceden belirlenmiş bir acil durum düzenlemesine uyacaktır. Bu gibi durumlar için her iki konsept de etkilenen hava sahası paydaşlarıyla haberleşmeyi korumak için konsept hizmetlerine; acil durum prosedürlerine dayanmaktadır. Ayrıca İHA'nın tedbir amaçlı kurtarıcı ekipmana sahip olması (paraşüt vb.) acil durum önlem ve prosedürlerinin bir parçasıdır.

SHGM İHA Talimatına göre ise; ülkemizde uçuşlar esnasında, diğer hava araçları ile ayırmayı sağlamak ve çarpışmayı önlemek İHA pilotunun sorumluluğundadır. Ayrıca talimat gereğince, ayrılmış hava sahalarında operasyon yapan İHA kendisi için tahsis edilen ve NOTAM'lanan sahaların dışında uçuş yapamamaktadır ve bu sahalara giriş ve çıkışlar ile İHA'nın diğer hava araçları ve mâniyalarla ayrılması sorumluluğu yine İHA pilotuna ait olduğu belirtilmiştir. Operasyonlarda ve ayırma sorumluluğunda VLOS-BLOS arasında bir sıralama belirtilmediği gibi, ayırma için belirli bir değer burada

da tanımlanmamıştır. Acil durum senaryoları ve operasyon şartları kullanılacak tüm İHA0 ve İHA1 kategori İHA'lar için yayınlanan “Uçuş Operasyon El Kitabı’nda” bahsedilmiştir. Ayrıca SHGM’nin talimatında acil durum ve kontrol linki kaybı için usuller belirtilmiş ancak İHA sınıflandırmasına göre kategorize edilmemiştir.

5.8. UTM’de Merkezi-Dağıtılmış Yaklaşımlar ve Çakışma Tespiti Çözümü (CDR)

Hava araçları arasındaki olası çakışmaların tespiti ve çözümü, herhangi bir trafik yönetimi işlevinin merkezinde yer almaktadır. [49] Dolayısıyla CDR için kullanılan bir yaklaşım, sistemin genel yapılanmasını da etkileyecektir.

Merkezi ve dağıtılmış ifadeleri, UTM içerisinde farklı anlamlarda kullanılmıştır. Bu anlamlar arasında en önemlisi çakışma tespiti ve yönetimi özelinde yapılan ayrımdır.

“Hava Trafik Yönetimi işlevinin merkezinde de olması itibarıyla, UTM sistemlerinin temel amacı da, İHA’nın diğer İHA ile, insanlı hava sahası kullanıcıları ile binalar ile çarpışmasının önlenmesi olmalıdır. Bir operasyon sırasında trafik çakışması tespit edilmesi durumunda, alınacak aksiyona bir an önce karar verilmelidir. Karar verme süreci, merkezi veya dağıtılmış bir şekilde yürütülebilir,” [50].

Sistem genelinde bakıldığında, çakışma tespiti ve yönetimi özelinde karar verme sürecinin tek bir merkezden yapılması durumunda sistem merkezi yaklaşımı olarak tanımlanırken, tüm işlemlerin merkezi bir servis tarafından ele alınması; kaynakların tahsisinin merkezi bir servis üzerinden yapılması; tüm uçuş planları ve operasyonel bilgilerin tek bir merkezde toplanarak tek bir bilgi mimarisi oluşturulması da merkezi yaklaşımın tanımları arasındadır. Literatürde merkezi olmayan ya da dağıtılmış olarak geçen yaklaşımlar dağıtılmış olarak ifade edilmektedir.

Geleneksel ATM’de, ANSP; hava sahası ve pistler gibi kaynakların merkezi kontrolüne sahiptir. Bu kontrol, tipik olarak hiyerarşik bir yapıda olup, taktik ve stratejik planlama süreçlerine dayanmaktadır.

Taktik planlamada, kaynaklar genellikle kısa süreli ve uçakların ayırımına odaklanarak ATC hizmeti ile tahsis edilmektedir. Bu süreç, genellikle “İlk Gelene İlk Hizmet (FIFO)” esasına dayanmaktadır. Stratejik planlamada (uçuş öncesi CDR) ise kaynaklar, daha uzun vadeli bir perspektifle ATFM tarafından tahsis edilmektedir. Stratejik planlama, zaman çerçevesindeki belirsizlik nedeniyle bazen etkili bir şekilde yönetilemese de “Uçuş Öncesi CDR yapılmadığı takdirde, Uçuş Sırasında CDR’ın gerçekleşmesi çakışmanın miktarını azaltmak için gereklidir. Uçuş Öncesi CDR uygulanmamışsa, uçuş içi CDR için çakışma gideriminin karmaşıklığı artacak ve emniyeti tehlikeye atacaktır” (Schalk, 2017 t.y.-b).

ATM'e benzer şekilde, UTM de bir İHA'nın uçuşunun farklı aşamalarında uygulanan ve ICAO yönergelerine dayanan uçuş öncesi çakışma tespiti, uçuş sırasında çakışma tespiti ve çarpışmadan kaçınma katmanlarını kullanacaktır.

“Stratejik aşama planlamanın uygulanması emniyeti arttırsa da UTM bağlamında yapılan yol planlama çalışmaları, düşük çakışma yoğunlukları ile sınırlandırılmıştır. Gerçek dünya ortamında yüksek yoğunluklu İHA operasyonlarına sahip bir hava sahasına ne kadar iyi çalışacağı açık değildir,” [50].

UTM'de ise geleneksel ATM'den farklı olarak, çoğu işlem taktik zaman çerçevesi yerine gerçekleşmektedir. Bu, ayırma yönetiminin talep yönetimi ihtiyacını azaltabileceği anlamına gelmektedir. Yani, UTM'de işlemler daha hızlı ve daha esnek bir şekilde gerçekleşebilmektedir, bu da potansiyel olarak daha etkin bir kaynak yönetimi sağlayabilmektedir.

UTM problemi, tüm İHA'lar için çarpışmasız yolların küresel bir şekilde elde edilmesini ifade eden küresel yol planlaması ve yerel bir şekilde çarpışmaları önleyen DAA” olarak ifade edilmektedir [51]. Buradaki tanım da aynı anda hem merkezi hem de merkezi olmayan bir yaklaşımın ifade edildiğini düşündürmektedir. UTM bağlamında yol planlamasının stratejik aşamada belirlenemediği ve dağıtılmış bir yaklaşımla taktik aşamada planlandığı daha hızlı ve esnek senaryoda, çarpışmasız yollar küresel bir şekilde elde edilmeyecektir. Bu durumda insanlı havacılıktaki sabit ATS hizmet yolları gibi bir yol tasarımı da yapılamayabilmektedir.

UTM mimarisinde stratejik çakışma giderme, bir UTM operasyonunun, kalkış operasyonundan önce diğer herhangi bir UTM operasyonu ile 4-D kesişiminden arındırılmış olması gerekliliği ile tanımlanmaktadır. Öyleyse stratejik aşamada bir yol planlaması yapılması gerektiği açıktır.

İnsanlı havacılık tarafından VLL hava sahası kullanımı hakkında bilgi, ATM tarafından UTM'ye sağlanmalıdır. Hava sahası kullanım bilgileri, VLL hava sahasına giren veya çıkan insanlı uçaklar veya geçici hava sahası kısıtlamaları hakkında bilgi içerebilmektedir. Bu, bir İHA'nın ATM tarafından yönetilen hava sahası sektörlerinin (havalimanı civarı) içinde olması durumunda geçerlidir. Operatörler İHA'ları hakkında UTM'ye bilgi sağlar ve operasyonel istekleri iletmektedir. Toplanan bilgilere dayanarak, UTM operatörleri operasyonun güncel durumundaki kısıtlamalarla ilgili bilgilendirmekte ve yönlendirmektedir.

Merkezi UTM sistemlerinde, UTM merkezi, çakışma çözümü için çarpışmasız yörüngelere karar veren merkezi bir varlık olarak hareket etmektedir. Kaçınılmaz olarak, tüm İHA'nın operasyonel bilgisi, karar verme süreci için UTM merkezinde mevcut olmalıdır. Bu nedenle, her İHA sürekli olarak operasyon bilgilerini UTM merkezine iletir. Bir trafik çakışmasının algılanması ve çözülmesi durumunda, çarpışmasız yörüngeler, İHA'ya yeni yörüngeleri takip etmesi için komut veren operatöre geri iletilmektedir. Çok sayıda İHA'nın koordine edilmesi gerekiyorsa, merkezi bir karar verme, özellikle havadan yere olan haberleşme bağlantılarında yüksek bir yüke neden olmaktadır. Ayrıca, UTM merkezinin büyük miktarda veriyi işlemek için yeterli işlem gücüne sahip olması gerekmektedir. Dağıtılmış karar verme, işlem gücü ihtiyacını yerdeki UTM merkezinden havadaki İHA'ya taşımaktadır. Veriler merkezi bir varlığa gönderilmez, bunun yerine yakındaki İHA ile arasında değiş tokuş edilmesi gerekmektedir. İHA'lar arasında doğrudan bir haberleşme bağlantısı mevcutsa, İHA'dan yere haberleşme bağlantısı üzerindeki yük önemli ölçüde azalmaktadır. Bir trafik çakışması durumunda, etkilenen İHA bireysel olarak karar verir ya da çarpışmasız yörüngelere dayalı olarak etkileşimli bir şekilde karar vermektedir. Dağıtılmış yaklaşımda ayrıca, İHA ve otopilot işleme arasındaki doğrudan haberleşme sayesinde karar gecikmesi azaltılmakta ve zaman verimliliği artmaktadır.

Ülkemizde de uçuş izinlerinin ilgili ATS otoritelerine iletilmesi ilk olarak SHGM'de toplanması ile olmaktadır. Eğer uçuş için forma eklenen sertifikasyonlar geçerli ise, SHGM bu formları DHMİ'ye bağlı Hava Sahasının Esnek Kullanımı Ofisi aracılığı ile ilgili ATS ünitelerine iletilmektedir. Bu anlamda uçuş izinleri ile ilgili merkeziyetçi bir yaklaşım görülürken, tüm ayırma sorumluluğunun İHA pilotunda olması ve diğer trafiklerden ayrılmış bir sahada operasyon göstermeleri gibi noktalarda dağıtılmış bir bakış açısına sahip olduğu söylenebilmektedir. Herhangi bir çakışma tespiti ve çözüm hizmeti henüz sunulmadığından bu konuda bir ayırım yapılması mümkün değildir. Kaynakların tahsisi noktasında da merkezi bir bakış açısının yer aldığı söylenebilmektedir.

U-Space modeli ise kısmen dağıtılmış bir mimari sunmaktadır.

İHA trafik durumu, rüzgâr, hava sahasına giren yeni uçaklar ve görev hedeflerindeki değişiklikler ve bunlarla sınırlı olmamak üzere herhangi bir faktör nedeniyle değişebileceğinden DAA UTM için gerekli olduğu açıktır. DAA sistemleri,

yaklaşımın merkezi ya da dağıtılmış olup olmamasına göre stratejik ve taktik aşama planlamalar ve çakışma çözümleri ile desteklenmelidir.

CDR için yalnızca DAA araçları kullanıldıkça CDR açısından sistemin dağıtılmış, stratejik ve taktik aşama planlamaların uygulanması halinde sistemi merkezi olarak yorumlanabilir. Bu noktada yönetim sisteminin yapılanması için gerekli soru, İHA'lar arasında emniyetli ayırmanın sağlanması için ne kadar merkezi ya da ne kadar dağıtılmış bir sisteme ihtiyaç duyacağıdır.

Hava sahası yönetim sisteminin temel işlevi olarak, çakışma çözme mimarisi, diğer sistemlerin erken aşamada geliştirilmesi için önemlidir. Bu sebeple merkezi ve dağıtılmış olarak bahsedilen iki kavram, CDR dışında, diğer sistemleri de etkileyebilmektedir.

Sonuçta, NASA tarafından UTM sistemleri için ilk fikir, 2016 yılında bir bilgi yönetim sistemi olarak oluşturulmuştur [52] .

Ayrıca haberleşme bağlantılarına odaklanılırken merkezi ve dağıtılmış kavramların üzerinden gidilebilmekte ve hatta bu iki kavram çerçevesinde ATM-UTM arasındaki bilgi akışı da açıklanabilmektedir.

“Şu anda insansız hava aracı sistemleri için haberleşme bağlantıları için de ortak bir standart mevcut değildir,” [50]

5.9. Kentsel Hava Hareketliliği (UAM) ve Gelişmiş Hava Hareketliliği (AAM)

CORUS Versiyon 4.0'da; Versiyon 3.0'dan farklı olarak “Kentsel Hava Hareketliliğine” dikkat çekilmiştir. Bu kavram, kentsel bölgelerde yolcu ve kargo taşımacılığına odaklanmaktadır. Dolayısıyla Kentsel Hava Hareketliliğine; otobüs, araba, bisiklet, tren, tramvay gibi kentsel çevrede kullanılan akla gelebilecek her türlü taşımacılık türüne alternatif olarak ve kentsel bölgelerde ulaşımdaki tıkanıklıklara bir çözüm olarak da yaklaşılmaktadır. Burada gerçekleşen operasyonlar uçuş ekibiyle veya uçuş ekibi olmadan gerçekleşebilmektedir. Uçuş ekibi ile yapılan şehir içi hava hareketliliği uçuşlarının, mevcut hava trafik kontrolünün radyo aracılığıyla hizmet sağlamasını içermesi beklenmektedir, [46]. Versiyon 4'te U-Space deki gelişmelerle birlikte bahsedilmiştir, dolayısıyla bu versiyonda bahsedilen uçuş aşamaları, U-Plan ve RTTA gibi birçok kavramın UAM içerisinde de kullanıldığı görülmektedir.

VTOL uçakları mevcut helikopter pistlerini veya havaalanlarını kullanabilse de, bu tür alanlar operasyon ölçeği olarak istenen UAM varış noktalarına bağlanmak için yeterli değildir. Bu nedenle, UAM operasyonlarını desteklemek için, yaygın olarak “vertiportlar” olarak bilinen özel kalkış ve iniş alanları, bir şehrin fiziksel altyapısına giriş

için önemli noktalar olacaktır. Bu özel kalkış ve iniş alanlarının; geleneksel helikopter pistlerinden temel farklılıkları ise elektrikli VTOL (e-VTOL) operasyonları için gerekli olan daha yüksek yolcu hacmi, bulunduğu çevre itibariyle de diğer uçuş engeli kısıtlamaları ve daha düşük gürültü kirliliği ile batarya şarj altyapısı ihtiyacıdır [53].

Hava taksi operasyonları, şehir merkezlerine gidiş-geliş trafiğinin bir kısmının yolculuk süresini azaltacak ve kara taşımacılığındaki yoğunluğun %25'e kadar azaltılmasına katkıda bulunacaktır. [46] UAM, drone'ların geleceği için yeni bir konsept olarak ortaya çıkmaktadır. ABD'de konsept daha sonra Gelişmiş Hava Hareketliliği (AAM) yeni terimi kapsamında eVTOL olarak bilinen dikey kalkış ve iniş kabiliyetlerine sahip insanlı elektrikli araçları da kapsayacak şekilde genişletilecektir ve taşımacılıkta kentsel ve kırsal bölgeleri birlikte kapsayacaktır. [54] Kentsel alanlar, uçakların takibini zorlaştıran binalar ve uçakların insanlara veya binalara zarar verme kaygısı sebebiyle kırsal alanlardan farklı olarak özel önlemlere ihtiyaç duymaktadır. Kentsel Hava Hareketliliği veya UAM, AAM'nin bu yönüne verilen isimdir. Dolayısıyla AAM'ın vizyonu kısaca; “daha önce ulaşılması zor olan yolculara ve kargolara hizmet verebilecek emniyetli, erişilebilir, otomatik ve uygun fiyatlı bir hava taşımacılığı sistemidir.” [55]

Vertiportlar, büyük uçakların havalimanlarına benzer şekilde İHA'ların uçuş terminalleri” olarak tanımlanmaktadır [55]. Mevcut binaların üstüne veya İHA operasyonları için tasarlanmış bağımsız binalara yerleştirilebilmektedir. Yolcuların kalkış veya varış noktalarına yakın bir yerden ayrılabilmelerini veya buralara ulaşabilmelerini sağlamak için şehrin her yerine birçok vertiport yerleştirilmelidir.

5.10. Uygulama

CORUS'ta açıklanan U-Space hizmetleri, U1'den U4'e her bir seviyede otomasyonun ve entegrasyonun arttığı mevcut hava sahasına ve mevcut hava trafik yönetim altyapısına uygulamayı içermektedir. FAA-UTM'inde aşamalı ancak sarmal bir yaklaşımla uygulanması öngörülmektedir.

U1'den U4'e CORUS U-Space hizmetleri:

- U1: e-kayıt, e-kimlik ve coğrafi çit gibi temel hizmetleri içerir.
- U2: uçuş planlama, uçuş onay takibi ve prosedürel ara yüz gibi U-Space başlangıç seviye hizmetlerini içerir.
- U3: hava sahası kapasite yönetimi, çakışma tespiti ve otonom DAA kabiliyetleri gibi U-space ileri seviye hizmetlerini içerir.

“DAA'nın amacı, dinamik etkiler nedeniyle ortaya çıkan çarpışmalardan kaçınmaktır ve genellikle lokal olarak uygulanır,” [51]. Bir DAA sisteminin performansı, emniyet tekrar sağlanırken çakışmaların ne kadar hızlı çözüldüğü ve her bir İHA'nın görevi için tekrar yörüngesinin en uygun ne kadar geldiği ile ilgilidir.

- U4: yüksek düzeyde otomasyon ve tüm U-space paydaşları arasında haberleşme, insanlı havacılığa entegre ara yüzler ile eksiksiz hizmetleri içerir. Konseptin uygulanmasının artık son aşamasıdır.

FAA'in konsepti sarmal bir yapıda uygulaması; daha az karmaşık operasyonlardan daha karmaşık operasyonlara doğru teknolojik gereksinimlerin mevcut çözümlerle sağlandığı UTM hizmetlerinin uygulanması şeklindedir. Yani UTM'nin sistemsel gelişimi; bilgi paylaşımı, operasyon prosedürleri ile araç ve ekipman performansı için geliştirilen kabiliyet standartlarına dayanarak döngüsel olarak artacaktır. İHA operasyonları, risk kavramı; yerdeki insan ve mania sayısı miktarı, operasyon yakınında bulunan İHA sayısı ve operasyon yoğunluğuna dayanmaktadır. Bu sarmal gelişim dört UTM Teknik Kabiliyet Seviyesi (TCL) ile açıklanmaktadır. TCL'ler, kırsal alanlardaki seyrek İHA operasyonlarından kentsel ortamlardaki yoğun İHA operasyonlarına doğru kavramsal ilerlemeye odaklanmaktadır. [56] UTM gelişimi, düşük riskli, düşük karmaşıklıkta UAS operasyonlarını temsil eden TCL 1 ile başlar ve daha yüksek riskli, daha karmaşık UAS operasyonlarını tanımlayan TCL 4'e kadar genişlemektedir. Bu TCL'ler şu şekilde özetlenebilmektedir:

- TCL 1: Kırsal alanlarda genel havacılık trafiklerinin asgari olduğu, yerleşim alanlarının dışındaki alanların üzerinde, beklenmedik durumların İHA pilotu tarafından yönetildiği, tarım, yangınla mücadele, izleme operasyonları,
- TCL 2: Seyrek yerleşim alanlarının üzerinde düşük yoğunluklu BVLOS operasyonları ve usuller ile uçuş,
- TCL 3: İnsanlı trafikle etkileşimin olduğu, orta derecenin üstünde yerleşim alanlarının üzerinde BVLOS operasyonları, araçtan araca izleme,
- TCL 4: Kentsel çevrelerde, yoğun yerleşim alanları üzerinde teslimat ve kişisel kullanımlar, BVLOS operasyonları, araçtan araca otonom bilgi paylaşımı, bağlantı, geniş bir çapta beklenmedik durumların azaltılmasıdır [30].

Ülkemizde İHA'lar için oluşturulmaya çalışılan ekosistem yukarıdaki iki konseptte görüldüğünün aksine aşamalı bir yapı ile planlanmamış ya da açıklanmamıştır. Ayrıca var olan ekosistem, İHA operasyonlarını ayrılmış tutmaya yöneliktir.

6. TÜRKİYE’DE İHA EKOSİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK BİR DEĞERLENDİRME

Bu bölümde, İHA Sistemleri’nin VLL operasyonlarının hava trafiğine entegrasyonu ve standardizasyonu için ortaya atılan iki büyük konsept; ülkemizde yayınlanan usuller ile karşılaştırılıp incelenerek bir değerlendirme yapılmıştır.

Öncelikle paydaş tanımlamaları çeşitlendirilmese bile tek bir dokümanda ya da platformda toplanarak daha kolay erişim sağlanabilmektedir. ANSP, polis ve kolluk kuvvetleri ya da İHA pazarında olan herhangi bir üretici ya da işletici; paydaş olarak tanımlanmalıdır ve ihtiyaçların belirlenmesinde paydaşlar arası iş birliği kurulmalıdır.

Ortak bir bilgi hizmeti ya da ağı tanımlanarak bilgi paylaşımını sağlayan birimler ve birbirleri ile ilişkileri açıklanabilmektedir. AIS Portal uygulaması resmileştirilebilir, hatta doküman erişimleri de ileride bu platform üzerinden sağlanabilmektedir. Böylece hava sahası kısıtlamaları, NOTAM’lı sahalar, meteorolojik bilgiler ve seyrüsefer yardımcıları hakkında bilgi görsel olarak alınabilir.

Operasyon niyetlerinin paylaşımı için İHA’ların birbirleriyle haberleşmesinin standartlaştırılması üzerine çalışılabilir.

İHA’lar için ve İHA’lar ile insanlı trafikler arasında ortak bir irtifa sistemi uygulaması ya da irtifa sistemleri arasında geçiş için hizmet ve gerekli kabiliyetin belirlenmesi için çalışılabilir.

Risk değerlendirmesine göre operasyon kategorisi belirlenebilmektedir. Bu durum yalnızca emniyetli operasyonlar için değil aynı zamanda hava sahası çalışmalarının ilerlemesine de fayda sağlayacaktır.

Uçuş aşamalarına göre hizmet ve hizmet faaliyetleri tanımları yapılabilmektedir. Bu husus insanlı trafikte olduğu gibi İHA’ların ihtiyacının anlaşılması için önemlidir. Böyle bir tanımlama, hava sahası ve ATM çalışmalarına yardımcı olacaktır.

Uçuş planları için aktivasyon zamanı gibi (RTTA) bir zamanın belirlenmesi talep ve kapasite dengesi için tam bir resmi görmeye yardımcı olacaktır. Ancak bu, öncelikle bir hava sahası tasarımı ya da sınıflandırılması ihtiyacının giderilmesi gerekliliğinden daha sonra düşünülecek ileri seviye bir çalışma olabilecektir.

Hava sahası sınıflandırması ve çakışma çözümü hizmetleri tanımı ve sunulan diğer hizmetlerin tanımlanması, bunları karşılayacak bir hava sahası tasarımı için faydalı olacaktır. IFR ya da VFR altında operasyon gösteremeyecek İHA’lar için uçuş kuralları geliştirilmesi için çalışılabilir.

CDR'ın ne kadar merkezi ya da dağıtılmış olması gerekliliğinin tespiti, tüm sistemlerin de yapılanmasını etkileyeceğinden buna yönelik çalışılabilir.

İHA'ların kentsel bölgelerdeki kargo teslimatı ve yolcu taşımacılığına ayrıca odaklanması ülkemizde de diğer ulaşım çeşitlerinde yaşanan tıkanıklıkları azaltabilmektedir. Karmaşık operasyonlar olması itibariyle bu “çevreye” ayrıca odaklanması, çalışmaları hızlandıracaktır. İHA'ların tüm operasyonları ve özellikle ayrılmamış sahalara entegrasyonu için hizmet ve gereksinimlerin geliştirilmesi amacıyla aşamalı bir plan ve uygulama tanımlanabilir.

Bu durumda, ileri seviye çalışmalar için aşağıdaki başlıklar altındaki soruların çözümüne yönelik çalışmalar yürütülebilir.

Hava sahası tasarımında;

- İHA'lar için ortak bir irtifa sistemi nasıl oluşturulabilir?
- İHA'lar için mania üzerine bir emniyet payının belirtilmesi küçük İHA'ların dinamikliğini nasıl etkiler ve belirlenmeli midir?
- İHA'lar için yol tasarımı yapılmalı mıdır? ICAO'nun İHA'lar için belirtmiş olduğu önceden tanımlanmış, noktadan noktaya ya da dinamik rotalar tüm İHA'lar için yol tasarımında kullanılabilir mi?
- Hava sahası sınırları ya da sektörizasyon için çakışma-kapasite-iş yükü ölçülebilirliği ileride nasıl sağlanabilir?
- İHA operasyonlarının denetlenme konusunda yöntemsel bir yaklaşım getirilebilir mi?

Hizmetler ve destekleyici yapı için;

- İlgili İHA'ların haberleşebileceği, yakınlardaki İHA'ların operasyonel bilgisine erişebileceği ortak bir haberleşme ağı oluşturulabilir mi?

Hava sahası ve ATM'de;

- Emniyetli yatay ve dikey ayırma minimumları belirlenebilir mi? Bu ayırmalar İHA'ların dinamikliğini de muhafaza ederek nasıl tanımlanabilir?
- VFR/IFR operasyon gösteremeyen İHA'ların operasyonel ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde uçuş kuralları nasıl geliştirilebilir?
- Çakışma tespiti ve çözümleme süreçlerinin henüz düzenlenmediği dikkate alındığında, taktik aşama için ATFM çözümlerinin VLL İHA'lara göre hantal kalmayacak şekilde nasıl düzenlenebilir?

- Kentsel çevredeki taşımacılık operasyonları için vertiportlar nasıl konumlandırılabilir? Konumlandırılırken nelere dikkat edilmelidir?

Merkezi ve dağıtılmış yaklaşımlar çerçevesinde CDR için,

- İHA'ların çakışma yönetiminde ne kadar dinamik dolayısıyla dağıtılmış bir yaklaşıma ihtiyaç duymaktadır? Merkezilik ve dinamiklik ölçütü nedir?
- Merkezi ve dağıtılmış; iki bakış açısının hangi noktada, insanlı trafik ve İHA trafiğinin emniyeti öncelikleyerek en verimli ve en ekonomik noktada uzlaşabilir?

En önemli problem ise, tüm bu problemlerin hava sahasının en yeni kullanıcıları olan İHA'ların ihtiyaçları ile geleneksel Hava Trafik Sistemi'nin ihtiyaçlarını ve ortak çıkarlarını gözeterek karşılayacak geleneksel ATM'e tamamlayıcı nitelikte ortak sistematik bir yaklaşımın henüz eksik olmasıdır. Böyle olası bir yaklaşım, çalışmaların daha sistematik ilerlemesine fayda sağlayabilir.

7. SONUÇ

Çeşitli kullanım alanlarıyla artan İHA operasyonları, hava sahası kullanımındaki dinamikliği nedeniyle, emniyetli trafik akışı için usul ve ayırmaların standardize edilmesi en zor olan operasyonlardır. Hava sahasını insanlı hava araçları ile paylaşp paylaşmama duru karmaşıklık düzeyinde belirleyici olup paydaşların hava sahası içerisindeki ihtiyaçları ile birlikte prosedürel çerçeve uçuşun gerçekleşeceği yükseklikler de göz önünde bulundurulduğunda değişmektedir. Bu çalışmada özellikle VLL operasyonların gerçekleştiği çevreye odaklanılmıştır.

İHA'ların ATM sisteminin içerisinde kendilerine yer bulmaları ile ilgili FAA'in UTM operasyon konsepti (Versiyon 2) ile Eurocontrol'ün U-Space CORUS operasyon konsepti (Versiyon 4.0) bu çalışmada incelenmiştir. Yapılan incelemeler doğrultusunda mevcut düzenlemeler, paydaşlar, hizmetler ve destekleyici yapı, operasyon kategorileri, uçuş aşamaları, hava sahası sınıflandırması, UTM'de merkezi-dağıtılmış yaklaşımlar CDR, vb. hususlar karşılaştırılarak Türkiye'deki düzenlemeler için bir değerlendirme yapılmıştır. Konuya ilişkin FAA-UTM, U-Space kavramları ile SHGM SHT-İHA mevzuatına ilişkin benzerlik ve farklılıklar özet halinde Tablo 7.1'de sunulmuştur.

Tablo 7.1'e görüleceği üzere CORUS, FAA-UTM'ine kıyasla daha çok sayıda paydaş tanımlamıştır. Ülkemizde de ANSP, polis ve kolluk kuvvetleri ya da İHA pazarında olan herhangi bir üretici ya da işletici; paydaş olarak tanımlanabilir ve tüm paydaşlar tek bir talimat ya da platformda belirtilebilir. Ayrıca paydaşlar arasında yapılabilecek herhangi bir iş birliği ihtiyaçların belirlenmesinde faydalı olacağı gibi var olan ekosistemin geliştirilmesini sağlayacaktır. Yine Tablo 7.1'de de belirtildiği üzere her iki konsept de birbiriyle (coğrafi çit, e-kimlik gibi) karşılaştırılabilir hizmetler kullanır ve benzer sistem gereksinimleri (drone uçuşa elverişlilik ilkeleri, operasyonel gereksinimler) tanımlar. Bunların dışında CORUS'ta ortak irtifa sistemi için çalışma yapıldığı görülmüştür. İrtifa karışıklığı riskinin bulunduğu bölgelerde yetkili otorite GAMZ ilan edebilir. Yani irtifa bilgileri barometrik ve GNSS arasında geçiş yapan sistemler teknik ve operasyonel bir gereklilik olacaktır. SHGM'nin talimatında İHA operasyonlarını destekleyen altyapının diğer iki konseptteki gibi kademeli planlanan bir yapıda olmadığı ve İHA'ların diğer İHA uçuşları ile haberleşeceği ya da bilgi paylaşabileceği bir sistemden bahsedilmediği gözlemlenmiştir. Ancak SHGM'nin İHA talimatında İHA0 ve İHA1 sınıfı İHA'lar için zorunlu ekipmanlar belirtilmiştir.

Tablo 7. 1. FAA-UTM, U-Space, SHGM SHT-İHA Karşılaştırma Tablosu

	FAA-UTM	Eurocontrol U-Space	SHGM İHA-SHT
Paydaşlar			
Paydaş tanımları	✓	✓	✓ Paydaşların tek bir platformda tanımlanması eksikliği
Rol ve sorumluluklar	Daha çok ve daha detaylı paydaş tanımlanma ihtiyacı	Detaylı rol ve sorumluluk tanımları, en çok sayıda paydaş	Daha çok ve daha detaylı paydaş tanımlanma ihtiyacı
Hizmetler/Destekleyici Yapı			
Ortak Bir Bilgi Paylaşım Sistemi	✓ Benzer hizmet ve hizmet gereksinimleri	✓ Benzer hizmet ve hizmet gereksinimleri ve ortak irtifa sistemi	- Test aşamasında bir uçuş plan modülü: AIS Portal
Ortak Haberleşme Sistemi	-	-	-
Operasyon Kategorileri			
Risk Analizine Göre	-	✓ EASA kategorileri	- Risk analizi doğrultusunda gereklilikler bölgeler üzerinden açıklanmıştır
Görüş Hattına Göre	✓	✓	✓
Uçuş Planları			
Uçuş Aşamalarının Tanımlanması	-	✓	-
Uçuş planları için ayrı bir kavram ya da aktivasyon zamanı tanımlanması	-	✓ U-Plan ve RTTA	-
Hava Sahası			
Dikeyde Tanımlı Saha (AGL)	400 ft	120 m	400 ft
Sunulan Ayırma Hizmetleri	- ICAO A-G sınıflandırması	✓ ICAO A-G sınıflandırması ve U-Space Hava Sahası Hacimleri	- İzne tabii olma durumuna göre bölgeler: serbest, izne ve özel izne tabi
Uçuş Kuralları			
IFR-VFR operasyon gösteremeyen trafikler için yeni kurallar	✓ DFR	✓ UFR	-
Hava Trafik Yönetimi			
Ayırma hizmeti	-	✓	-
Ayırma minimumu	-	-	-
Ayırma sorumluluğu	İHA Pilotunda; sırasıyla VLOS, BVLOS	İHA Pilotunda; sırasıyla VLOS, BVLOS	İHA Pilotunda; sırasıyla VLOS, BVLOS
Kargo/Yolcu Taşımacılığı			
Kentsel çevre için ayrı bir adlandırma/çalışma	✓	✓	-
Vertiport yapılanması	✓	✓	-
Uygulama			
Kademeli Uygulama	✓	✓	-

Ayrıca ülkemizde uçuş planı sunma ve kabul işlemlerini kolaylaştırabilmek için hava sahası kullanıcılarının web sitesi ya da mobil uygulama aracılığı ile uçuş planı ve ilgili ATS mesajlarını havalimanı AIM ofislerine iletebileceği bir uçuş planı modülü geliştirilmektedir. Bu uygulama ile aynı zamanda havacılık bilgilerinin harita üzerinde gösterilebilecektir.

FAA-UTM’inde ve ülkemizde risk kavramına göre bir operasyon kategorisi yapılmazken CORUS EASA’nın yaptığı açık, özel ve sertifikalı sınıflandırmayı kabul etmiştir. VLOS, EVLOS ve BVLOS operasyonlarının her iki konseptte değerlendirildiği görülmüştür. Ülkemizde de SHGM İHA Talimatı’nda VLOS tanımlanırken BVLOS ise “BLOS” olarak tanımlanmıştır. Ayrıca operasyonlar arasında risk analizine dayanan bir operasyonel ayırım olmasa da risk analizleri ile ilgili gereklilikler serbest, izne ve özel izne tabi bölgeler üzerinden açıklanmıştır.

CORUS ayrıca uçuş planları için U-plan kavramı U-space tarafından yönetilen bir uçuş planını ifade eder şeklinde tanımlanmıştır. Ayrıca İHA’nın uçuş aşamalarına da yer vererek ATM faaliyetleri uçuş aşamasına göre ayrı ayrı belirtilmiştir.

Konsept kapsamlarına ve ülkemizdeki uygulamaya göre VLL İHA operasyonları yerden 400 ft (CORUS’ta 120 m-yaklaşık 400 ft) altında olacak şekilde benzer tanımlanmıştır. CORUS’ta X,Y,Z olarak verilen ek hava sahası hacimleri tanımları yapılmıştır. FAA-UTM’inde ve ülkemizde böyle bir ayırım olmasa da, ülkemizde serbest, izne tabi, özel izne tabi şeklinde benzerlik bulunabilecek bir ayırım yapıldığı görülmektedir. Ayrıca İHA’nın operasyon gösterebileceği sahalar izne tabii tutulup tutulmama durumuna göre ayrılmıştır ve İHA’ların operasyon gösterdiği sahalar ayrılmış hava sahası olarak tanımlanmıştır. CORUS hava sahası hacimlerine göre ayırma hizmetlerini tanımlamaktadır.

Tablo 7.1.’de; her iki konsept için de IFR-VFR operasyon gösteremeyen İHA trafikleri için yeni uçuş kuralları ortaya atıldığı görülmüştür. FAA UTM’inde bu kurallar DFR olarak geçerken, U-Space’de UFR olarak geçmektedir. Tanımlar birbirine benzerdir. Ülkemizdeki uygulamalarda da henüz böyle bir tanımlamaya gidilmemiştir.

İki konseptte de beklenmedik durumlar için planlar oluşturulması gereklilik olarak belirtilmiştir. Bu hususta konseptlerin aşamalı bir uygulama planlandığı görülürken ülkemizde açıklanmış böyle bir uygulama yoktur.

Tablo 7.1’de de belirtildiği üzere her iki konsept de kentsel çevredeki operasyonları ayrıca odağa alırken, ülkemizde “kentsel çevre” ile ilgili bir kavram ya da çalışmanın yapılmadığı görülmektedir. FAA-UTM’inde de, U-Space’de de kentsel çevredeki hava taşımacılığı için UAM kavramının kullanıldığı ve vertiport yapılanmasının ortaya atıldığı görülmüştür.

Literatürde, sistem genelinde bakıldığında, çakışma tespiti ve yönetimi özelinde karar verme sürecinin tek bir merkezden yapılması durumunda sistem merkezi yaklaşımı olarak tanımlanırken, tüm işlemlerin merkezi bir servis tarafından ele alınması; kaynakların tahsisinin merkezi bir servis üzerinden yapılması; tüm uçuş planları ve operasyonel bilgilerin tek bir merkezde toplanarak tek bir bilgi mimarisi oluşturulması da merkezi yaklaşımın tanımları arasındadır.

Bu kıyasın sonucunda, ülkemizdeki düzenlemeler için yapılan değerlendirmede; paydaş tanımlamaları için; tek bir dokümanda ya da platformda toplanarak daha kolay erişim sağlanabileceği; ANSP, polis ve kolluk kuvvetleri ya da İHA pazarında olan herhangi bir üretici ya da işleticinin de paydaş olarak tanımlanabileceği ve ihtiyaç tespiti için etkileşimlerinin arttırılabileceği değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme ışığında ayrıca destekleyici altyapılar incelendiğinde; ülkemizde ortak bir bilgi hizmeti ya da ağı tanımlanarak bilgi paylaşımını sağlayan birimler ve birbirleri ile ilişkilerinin açıklanması ve AIS Portal uygulamasının resmileştirilmesinin İHA ekosisteminin gelişimine faydası olacaktır. Hatta ileride, doküman erişimlerinin de bu platform üzerinden sağlanması; bilgi hizmetlerinin tek bir platformda toplanması ekosistem içerisindeki her paydaş ve özellikle kullanıcılar için faydalı olacaktır. Operasyon niyetlerinin paylaşımı için de İHA’ların birbirleriyle haberleşmesinin standartlaştırılması da gerekli bulunmuştur. İHA’lar için ortak bir irtifa sistemi uygulaması ya da irtifa sistemleri arasında geçiş için hizmet ve gerekli kabiliyetin belirlenmesi İHA’ların tüm ayrımları için önem arz etmektedir.

Yapılan değerlendirmede ayrıca risk değerlendirmesine göre operasyon kategorisinin belirlenmesi ile hava sahasına erişimin düzenlenebileceği sonucuna da varılmıştır. Uçuş aşamalarına göre hizmet ve hizmet faaliyetleri tanımları; bu hava sahalarının tasarımı ve genel olarak hava trafik yönetim sistemi için de faydalı olacaktır. Uçuş planları için aktivasyon zamanı gibi (RTTA) bir zamanın belirlenmesi talep ve kapasite dengesi için tam bir resmi görmeye yardımcı olacaktır. Ancak, öncelikle bir hava sahası tasarımı ya da sınıflandırılması ihtiyacının giderilmesi gerekliliğinden bu konu ileri seviye bir çalışma olarak değerlendirilebilir. Ayrıca hava sahası sınıflandırması ve

Çakışma zm hizmetlerinin tanımı ve sunulan diğ er hizmetlerin tanımlanması, bunları karşılayacak bir hava sahası tasarımı için de faydalı olabilir. İHA'ların ayrılmamış hava sahalarına entegrasyonu ile oluşturulacak yeni ekosistem için hizmet ve gereksinimlerin belirlenmesi ve hava trafik yönetim sisteminin geliştirilmesi amacıyla tüm bu çalışmaların öncelikle İHA operasyonlarının temel ihtiyaçlarından başlayarak, karmaşık operasyonların gerçekleştirilmesi için planlanması ve operasyonların aşamalı uygulanması şeklinde sistematik bir çalışma yapılması gerekmektedir.



KAYNAKÇA

- [1] Ateş H, Düzgün M. *İnsansız Hava Araçları, Temel Bilgiler ve Kullanım Alanları*. 1st ed. Nobel Akademik Yayıncılık, 2020.
- [2] Macit A. *14. Uluslararası Güncel Araştırmalarla Sosyal Bilimler Kongresi Tam Metinleri*. 1st ed. Recent Academic Studies, 2021
<https://www.recentsocialstudies.org/tr/>.
- [3] Özcan O, Emir DB, Akay SS. *İnsansız Hava Araçları ve Yer Bilimleri*. Gece Akademi, 2019.
- [4] NASA Office of Infrastructure. NASA UAS Classification Matrix Category I II III. 2009.
- [5] Devlet Hava Meydanları İşletmesi SGDB. *Havacılık Terimleri Sözlüğü*. 2nd ed. Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü Yayınları, 2022.
- [6] İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı (SHT-İHA). 2020.
- [7] Dalamagkidis K, Valavanis KP, Piegł LesA (eds.). *On Integrating Unmanned Aircraft Systems into the National Airspace System*. Springer Netherlands: Dordrecht, 2009 doi:10.1007/978-1-4020-8672-4.
- [8] Operating a drone | EASA. <https://www.easa.europa.eu/en/domains/drones-air-mobility/operating-drone> (accessed 8 Feb 2024).
- [9] Open Category - Low Risk - Civil Drones | EASA. <https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-drones-rpas/open-category-civil-drones> (accessed 8 Feb 2024).
- [10] LCdr Dave Ehredt B. The Global Perspective. In: *Unmanned Aircraft Systems Yearbook*. North Atlantic Treaty Organization, 2010: 61–214.
- [11] Department of Defense. Unmanned Aircraft System Airspace Integration Plan. 2011.
- [12] Caner Birer G, Mühendisi B. Bilim ve Teknik Mayıs 2022. .
- [13] Özbek ÖGE. İHA 101-İnsansız Hava Aracı Teknolojisine Giriş ve İlgili Talimatlar. .
- [14] Remotely Piloted Aircraft System Concept of Operations for International IFR Operations. 2016.
- [15] International Civil Aviation Organization. Frequently Asked Questions. <https://www.icao.int/safety/UA/UASToolkit/Pages/FAQ.aspx#Q1> (accessed 8 Feb 2024).

- [16] Institute of Electrical and Electronics Engineers. *ICNS 2017 : CNS/ATM challenges for UAS integration : April 18-20, 2017, Westin Washington Dulles Airport, Herndon, Virginia. .*
- [17] Çelik K, Eren H, Trafik H, Bölümü K, Yüksekokulu SH, Üniversitesi F. Hava Trafik Yönetimi Araştırma Alanlarının Sınıflandırılması. 2020.
- [18] Neiva R, Pfiffner JP, Rozell MJ. *Economic Efficiency of Air Navigation Service Providers: An Assessment in Europe.* 2014.
- [19] Cavcar A. *Temel Hava Trafik Yönetimi.* Anadolu Üniversitesi, Sivil Havacılık Yüksekokulu Yayınları, 1998.
- [20] ICAO NACC Regional Office ATM Planning Airspace Organization and Management (AOM). .
- [21] Rokhsaz K. Flight Loads Analysis of Business Jets. New Jersey, 2017 <https://www.researchgate.net/publication/315113895>.
- [22] American Institute of Aeronautics and Astronautics, IEEE International Conference on Service-Oriented Computing and Applications, IEEE/AIAA Digital Avionics Systems Conference 30 2011.10.16-20 Seattle Wash, DASC 30 2011.10.16-20 Seattle Wash. *IEEE/AIAA 30th Digital Avionics Systems Conference (DASC), 2011 16-20 Oct. 2011, Renaissance Seattle Hotel, Seattle, WA. .*
- [23] GEN-1.7-1 AIP TÜRKİYE DHMI-ANKARA. .
- [24] Icao. Air Traffic Management Procedures for Air Navigation Services International Civil Aviation Organization Doc 4444 ATM/501. .
- [25] Flynn G, Benkouar A, Christien R. Pessimistic Sector Capacity Estimation. 2003.
- [26] Özgür M. *Taktik Hava Trafik Akış ve Kapasite Yönetimi İçin Bir Optimizasyon Modeli.* 2013.
- [27] Sfyroeras M, Vega V. *ATFCM Operations Manual.* 27th ed. The European Organisation for the Safety of Air Navigation Network Management Directorate, 2023.
- [28] Lappas V, Zoumponos G, Kostopoulos V, Shin HY, Tsourdos A, Tantarini M, et al. EuroDRONE, A European UTM Testbed for U-Space. In: *2020 International Conference on Unmanned Aircraft Systems, ICUAS 2020.* Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2020: 1766–1774.
- [29] Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM) | Federal Aviation Administration. https://www.faa.gov/uas/advanced_operations/traffic_management (accessed 8 Feb 2024).

- [30] The Next Generation Air Transportation System (Nextgen) Office. *Unmanned Aircraft Systems Traffic Management Concept of Operations*. 2nd ed. Federal Aviation Administration, 2020.
- [31] Prevot T, Rios J, Kopardekar P, Robinson III JE, Johnson M, Jung J. UAS Traffic Management (UTM) Concept of Operations to Safely Enable Low Altitude Flight Operations. American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA), 2016 doi:10.2514/6.2016-3292.
- [32] Lieb J, Volkert A. Unmanned Aircraft Systems Traffic Management: A comparison on the FAA UTM and the European CORUS ConOps based on U-space. In: *AIAA/IEEE Digital Avionics Systems Conference - Proceedings*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2020 doi:10.1109/DASC50938.2020.9256745.
- [33] Erden E. *Meydan Kontrol Teori Ders Notları*. DHMİ Genel Müdürlüğü Seyrüsefer Dairesi Başkanlığı Hava Trafik Müdürlüğü.
- [34] Sert SN. İnsansız Hava Aracı Sistemleri Hava Trafik Yönetimi: FAA-UTM ile U-Space-CORUS Operasyon Konseptlerine İlişkin Bir Değerlendirme. *XII Ulusal Uçak, Havacılık ve Uzay Mühendisliği Kurultayı 2023*;:109–119.
- [35] SHGM - İHA Kayıt Sistemi. <https://iha.shgm.gov.tr/public/index?ReturnUrl=%2f> (accessed 8 Feb 2024).
- [36] Huttunen M. Civil unmanned aircraft systems and security: The European approach. *Journal of Transportation Security* 2019;**12**(3–4):83–101.
- [37] YILMAZ A, ULVİ H. Kentsel Hava Sahasında İnsansız Hava Aracı Sistemleri Trafik Yönetimi için Verilmesi Gereken Hizmetler ve Kullanılabilecek Bazı Teknolojiler. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi* 2022;**4**(1):8–18.
- [38] ICARUS - Integrated Common Altitude Reference System for U-space. <https://www.u-spaceicarus.eu/> (accessed 8 Feb 2024).
- [39] TİTRA - TİTRA Sürü Yazılımı. <https://www.titra.com.tr/tr/insansiz-sistemler/titra-suru-yazilimi> (accessed 8 Feb 2024).
- [40] Ersoy E, Öztürk S. *AIS Portal-FPL Modülü Pilot Dispeç Kullanıcı El Kitabı*. 1.0c. DHMİ Genel Müdürlüğü Hava Seyrüsefer Dairesi Başkanlığı AIM Şube Müdürlüğü, 2021 <https://ais.dhmi.gov.tr>.
- [41] Projeler. <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Ssd/HavacilikBilgiY%C3%B6netimiSbMd/Projeler.aspx> (accessed 8 Feb 2024).
- [42] Ersoy E, Öztürk S. *AIS Portal-NOTAM Modülü Kullanım Kılavuzu*. 1.0c. DHMİ Genel Müdürlüğü Hava Seyrüsefer Dairesi Başkanlığı AIM Şube Müdürlüğü, 2021 <https://ais.dhmi.gov.tr>.
- [43] BAYKAR Teknoloji | Merkezi Komuta Kontrol. <https://baykartech.com/tr/merkezi-komuta-kontrol/> (accessed 8 Feb 2024).

- [44] Air Traffic Management Procedures for Air Navigation Services (Doc 4444 ATM/501). 2001.
- [45] Sesar. U-SPACE CONCEPT OF OPERATIONS (CONOPS). .
- [46] SESAR Joint Undertaking. *U-Space Concept of Operations (ConOps)*. 4th ed. The European Organisation for the Safety of Air Navigation (EUROCONTROL), 2023.
- [47] Türk Hava Sahasında Hava Trafik Hizmetlerinin Uygulanmasına İlişkin Usul ve Esaslar Talimatı (SHT-HTH). .
- [48] Wing D, Lacher A, Ryan W, Maris J, Vajda P. Digital Flight: A New Cooperative Operating Mode to Complement VFR and IFR. <http://www.sti.nasa.gov>.
- [49] Evans A, Egorov M, Munn S. Fairness in Decentralized Strategic Deconfliction in UTM. In: *AIAA Scitech 2020 Forum*. American Institute of Aeronautics and Astronautics Inc, AIAA, 2020 doi:10.2514/6.2020-2203.
- [50] Institute of Electrical and Electronics Engineers. *ICNS 2017 : CNS/ATM challenges for UAS integration : April 18-20, 2017, Westin Washington Dulles Airport, Herndon, Virginia*. .
- [51] Sarim M, Radmanesh M, Dechering M, Kumar M, Pragada R, Cohen K. Distributed Detect-and-Avoid for Multiple Unmanned Aerial Vehicles in National Air Space. *Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, Transactions of the ASME* 2019;**141**(7). doi:10.1115/1.4043190.
- [52] The Next Generation Air Transportation System (NextGen). *Unmanned Aircraft System Traffic Management Concept of Operations*. 1st ed. Federal Aviation Administration, 2018.
- [53] How to Bring Urban Air Mobility to Life | EUROCONTROL. <https://www.eurocontrol.int/article/how-bring-urban-air-mobility-life> (accessed 8 Feb 2024).
- [54] Levitt I. ATM-X UAM Subproject. 2020.
- [55] STEM LEARNING: Advanced Air Mobility: What is AAM? National Aeronautics and Space Administration. www.nasa.gov.
- [56] Kopardekar P, Rios J, Prevot T, Johnson M, Jung J, Iii JER. Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM) Concept of Operations. .

ÖZGEÇMİŞ

ORCID NO: 0009-0000-8566-0697

Ad Soyad : Saide Nihan Sert

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2020, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Hava Trafik Kontrol
- 2023-Halen, Pilot Adayı, SunExpress.
- 2021-2023, Hava Trafik Kontrolörü, Esenboğa Havalimanı Başmüdürlüğü, Zonguldak Havalimanı Seyrüsefer Şefliği

Yayınları ve/veya Bilimsel/Sanatsal Faaliyetleri:

- Sert, S.N. (2023). İnsansız Hava Aracı Sistemleri Hava Trafik Yönetimi: FAA-UTM ile U-Space-CORUS Operasyon Konseptlerine İlişkin Bir Değerlendirme. XII. Ulusal Uçak, Havacılık ve Uzay Mühendisliği Kurultayı, Makine Mühendisleri Odası, 109-119.

Ödülleri:

- 2023, Teşekkür Plaketi, XII. Ulusal Uçak, Havacılık ve Uzay Mühendisliği Kurultayı, TMMOB Makina Mühendisleri Odası.

Mesleki Birlik/Dernek/Kuruluş Üyelikleri:

- 2021-Halen Türkiye Hava Trafik Kontrolörleri Derneği, İstanbul.