



**İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI İÇİN ÖN
TANIMLI YOL ÖNERİSİ**

Hava Trafik Kontrol Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Murat KARADERİLİ

Eskişehir-2018

**İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI İÇİN ÖN
TANIMLI YOL ÖNERİSİ**

Murat KARADERİLİ

YÜKSEK LİSANS YETERLİK TEZİ

**Hava Trafik Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Öznur USANMAZ**

**Eskişehir Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Aralık, 2018**

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Murat KARADERİLİ'nin “İnsansız Hava Araçları için Ön Tanımlı Yol Önerisi” başlıklı tezi 25.12.2018 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.

<u>Jüri Üyeleri</u>	<u>Unvanı Adı Soyadı</u>	<u>İmza</u>
Üye (Tez Danışmanı)	: Doç. Dr. Öznur USANMAZ	
Üye	: Doç. Dr. Melih C. KUŞHAN	
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Özlem ŞAHİN	

Prof.Dr. Ersin YÜCEL
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI İÇİN ÖN TANIMLI YOL ÖNERİSİ

Murat KARADERİLİ

Hava Trafik Kontrol Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aralık 2018

Danışman: Doç. Dr. Öznur USANMAZ

Gelişen teknoloji ile havacılık sistemine yeni bir paydaş olarak dahil olan İnsansız Hava Araçları (İHA) hava sahasına diğer paydaşlara ilave yük getirmeksizin entegre olabilmelidir. Günümüzde, emniyet gözetilerek, büyük ölçüde ayrılmış hava sahasında sürdürülen İHA operasyonları hava sahalarının etkin ve verimli kullanımını etkilemektedir. Bunun yanı sıra askeri ve sivil İHA sayısındaki hızlı artış, İHA operasyonlarının ayrılmamış hava sahasında sürdürülmesine yönelik talepleri de arttırmaktadır. Bu durumda, İHA sistemlerinin mevcut hava trafik ortamına emniyetli ve verimli bir şekilde entegre olabilmesi için İHA sistemlerine özgü uçuş yollarının tanımlanmasına ihtiyaç bulunmaktadır.

Bu çalışmada İHA sistemlerinin ayrılmamış hava sahasına entegrasyonu için aletli uçuş prosedürlerinin oluşturulmasına ve ön tanımlı yolların tanımlanmasına yönelik öneriler geliştirilmiştir. Geliştirilen önerilerde İHA performans parametreleri, paydaş görüşleri, IFR/VFR kurallar, ekipman gereklilikleri, ulusal ve uluslararası mevzuatlar ve uçuş prosedür tasarım süreçleri dikkate alınmıştır. İHA için Y-T bar prosedürü ve ön tanımlı yol önerisi geliştirilmiş ve bu öneriler gerçek zamanlı simülasyon ortamında doğrulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: İnsansız Hava Araçları, Aletli Uçuş Prosedürleri, Ön Tanımlı Yol

ABSTRACT

A PROPOSED PRESCRIBED TRACK FOR UNMANNED AIRCRAFTS VEHICLES

Murat KARADERİLİ

Department of Air Traffic Control Programme

Eskisehir Technical University, Graduate School of Sciences, December 2018

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Öznur USANMAZ

Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), which are included as a new stakeholder in the aviation system with the developing technology, should be able to integrate into the airfield without adding additional burdens to other stakeholders. Nowadays, UAV operations, which are mostly performed in separated airfield by taking safety into consideration, affect the productive and efficient use of airfield. In addition to this, the rapid increase in the number of military and civilian UAV increases the demands for the continuation of UAV operations in unallocated airfield. In this case, in order to integrate UAV systems into the existing air traffic environment safely and efficiently, it is necessary to define flight routes specific to UAV systems.

In this study, recommendations have been developed to create instrumented flight procedures and to identification of prescribed track for the integration of UAV systems into unallocated airfield. In the proposed recommendations, UAV performance parameters, stakeholder opinions, IFR / VFR regulations, equipment requirements, national and international regulations and flight procedure design processes were taken into consideration. Y-T bar procedure and prescribed track suggestion have been developed for UAV and these recommendations were verified in real-time simulation environment.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicles, Remote Pilot Aircraft Systems, Instrument Flight Procedures, Prescribed Track.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenin fazlasını sunan her sorun yaşadığımda yanına çekinmeden gidebildiğim, güler yüzünü ve samimiyetini esirgemeyen ve mesleki hayatımda bana verdiği değerli bilgilerden faydalanacağımı düşündüğüm kıymetli Doç. Dr. Öznur USANMAZ'a teşekkürü bir borç biliyor ve şükranlarımı sunuyorum. Yüksek lisansımın tamamlanması için gereken idari desteği veren değerli yöneticim Hüseyin FAZLA ve TUSAŞ yetkililerine, çalışmamda konu, kaynak ve yöntem açısından bana sürekli yardımda bulunarak yol gösteren kıymetli Öğr. Grv. Tamer SAVAŞ ve Çağlar KARAEMİR'e ve tezin uygulama aşamasında, sorulacak sorularımda hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen TUSAŞ pilotlarına da sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tezimin başından sonuna kadar desteklerini esirgemeyen, tezimi okuyup gerekli düzeltmeleri yapmamda yardımcı olan, akademik kariyerime devam etmeme tüm desteğini veren sevgili eşim Mehtap ÜNCÜ KARADERİLİ'ye ve oyun oynama saatlerinden beni muaf tutup tezimi yazmama izin veren 3 yaşındaki oğlum Doğu Alp KARADERİLİ'ye teşekkür ederim.

Aralık 2018

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 ilke 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 programıyla 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.

Murat KARADERİLİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
SEMBOLLER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Konu Kapsam	2
1.2. İnsansız Hava Aracı (İHA) Sistemleri	7
1.2.1. Uçak bileşeni	11
1.2.2. Kontrol bileşeni	12
1.2.3. İletişim bileşeni	13
1.3. İHA Sınıflandırması	16
1.4. Literatür İncelemesi	17
2. MATERYAL VE YÖNTEM	28
2.1. Materyal	28
2.1.1. İHA-3 hava aracı ve alt sistemleri	28
2.1.2. İHA performans verileri ve kısıtlar	30
2.1.3. Çalışma bölgesi	30
2.1.4. İHA simülatörü	32

2.2. Yöntem	34
2.2.1. İHA pilot görüşleri.....	35
2.2.2. Kontrolör görüşleri.....	38
2.2.3. İHA aletli uçuş prosedürü tasarım süreci.....	40
2.2.4. Simülasyon çalışmaları.....	51
3. BULGULAR VE SONUÇ.....	56
KAYNAKÇA	59

ÖZGEÇMİŞ



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Hava Trafik Yönetim Bileşenleri	4
Şekil 1.2. İHA Bileşenleri.....	8
Şekil 1.3. Örnek Sistem Çalışma Mimarisi	9
Şekil 1.4. YKİ Pilot/Operatör Konsolu Görüntüsü.....	12
Şekil 1.5. ATM/UTM Entegrasyonu	14
Şekil 1.6. İHA Bileşenleri.....	15
Şekil 1.7. İHA Sınıflandırmaları.....	16
Şekil 1.8. Askeri İHA Sınıflandırmaları	17
Şekil 1.9. EDWP tanımlamaları	26
Şekil 2.1. İHA ve Alt Sistemleri.....	29
Şekil 2.2. İHA Simülatör	33
Şekil 2.3. Aletli Uçuş Prosedür Süreci	41
Şekil 2.4. Aletli Uçuş Prosedürleri Doğrulama Süreci Akış Diyagramı	42
Şekil 2.5. T-BAR Genel Görünüm	43
Şekil 2.6. Y-BAR Genel Görünümü.....	44
Şekil 2.7. Görerek Manevra Alanı.....	47
Şekil 2.8. RNAV (GNSS) Rwy03 Y-T Bar Prosedür Önerisi.....	49
Şekil 2.9. RNAV (GNSS) Rwy21 Ön Tanımlı Yol Önerisi	50
Şekil 2.10. İHA Simülatör RNAV (GNSS) Rwy11 T-Bar Prosedür Uygulaması	51
Şekil 2.11. İHA Simülatör RNAV (GNSS) Rwy03 T-Bar Prosedür IF Noktası Görünümü	51
Şekil 2.12. İHA Simülatör RNAV (GNSS) Rwy11 T-Bar Prosedür FAF Noktası Görünümü	52
Şekil 2.13. İHA Simülatör RNAV (GNSS) Rwy11 T-Bar Prosedür MAPT Noktası Görünümü	52
Şekil 2.14. İHA Simülatör RNAV (GNSS) Rwy11 T-Bar Prosedür Pist Sonu Noktası Görünümü	53
Şekil 2.15. İHA Simülatör RNAV (GNSS) Rwy21 Ön Tanımlı Yol Dönüş Noktası Görünümü	53
Şekil 2.16. İHA Simülatör RNAV (GNSS) Rwy29 Ön Tanımlı Yol Son Yaklaşma ve Autoland Görünümü	54
Şekil 2.17. İHA Simülatör RNAV (GNSS) Rwy29 Ön Tanımlı Yol İniş Görünümü	54
Şekil 2.18. İHA Simülatör RNAV (GNSS) Rwy29 Ön Tanımlı Yol Mesafe Bilgileri	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Tipik Bileşen Alt Başlıkları	8
Çizelge 1.2. C3 Sistem Modeli	13
Çizelge 1.3. Avrupa 3 Aşamalı İHA Entegrasyonu	19
Çizelge 1.4. İHA Standartları.....	24
Çizelge 1.5. İHA Ulusal Mevzuat.....	25
Çizelge 2.1. Hava Aracı Performans Verileri	30
Çizelge 2.2. Turlu Yaklaşma	45
Çizelge 2.3. Farklı Uçuş Safhalarına göre Hız (IAS) Değerleri	46



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ACC	: Area Control Center (Saha Kontrol Merkezi)
AFM	: Aircraft Flight Manuel
AIP	: Aeronautical Information Publication (Havacılık Bilgi Yayını)
ASBU	: Aviation System Block Upgrades (Havacılık Sistem Blok Yükseltmeleri)
ASTM	: American Society for Testing and Materials (Amerikan Test ve Malzeme Kurumu)
ATC	: Air Traffic Control (Hava Trafik Kontrolü)
ATCO	: Air Traffic Control Officer (Hava Trafik Kontrolörler Birliği)
ATFM	: Air Traffic Flow Management (Hava Trafik Akış Yönetimi)
ATM	: Air Traffic Management (Hava Trafik Yönetimi)
ATS	: Air Traffic Service (Hava Trafik Servisi)
BLOS	: Beyond Line of Sight (Görüş Alanı Dışında)
C2	: Komuta ve Kontrol
CTR	: Control Zone (Kontrol Alanı)
DGPS	: Differantial Global Position System (Diferansiyel Global Konum Sistemi)
EASA	: European Aviation Safety Agency (Avrupa Havacılık Emniyet Teşkilatı)
EUROCAE	: European Organization for Civil Aviation Equipment (Avrupa Sivil Havacılık Ekipmanları Örgütü)
EUROCONTROL	: The European Organisation for the Safety of Air Navigation (Avrupa Hava Seyrüsefer Emniyeti Teşkilatı)
FAA	: Federal Aviation Administration (Federal Havacılık İdaresi)
FIR	: Flight Information Region (Havacılık Bilgi Bölgesi)
FUA	: Flexiable Use of Airspace (Esnek Hava Sahası)
GNSS	: Global Navigation Satellite System (Global Seyrüsefer Uydu Sistemi)
GÖRSİS	: Görev Sistemleri
GPS	: Global Possition System (Global Pozisyon Sistemi)
GPY	: Görev Planlama Yazılımı
HAKB	: Hava Aracı Kontrol Bilgisayarı

IAS	: Indicated Airspeed (İşari Hava Hızı)
ICAO	: International Civil Aviation Organization (Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü)
IFP	: Instrument Flight Procedure (Aletli Uçuş Prosedürü)
IFR	: Instrument Flight Rule (Aletli Uçuş Kuralı)
İHA	: İnsansız Hava Araçları
İHA0	: Azami kalkış ağırlığı 500 gr (dâhil) – 4kg aralığında olan İHA’lar
İHA1	: Azami kalkış ağırlığı 4 kg (dâhil) – 25 kg aralığında olan İHA’lar
İHA2	: Azami kalkış ağırlığı 25 kg (dâhil) – 150 kg aralığında olan İHA’lar
İHA3	: Azami kalkış ağırlığı 150 kg (dâhil) ve daha fazla olan İHA’lar
İMA	: İnsan Makine Arayüz
ISA	: International Standard Atmosphere (Uluslararası Standart Atmosfer)
JARUS	: Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems (İnsansız Sistemlerde Kural Koyma Ortak Birlikteliğı)
LOS	: Line Of Sight (Görüş Alanı)
LTAE	: Mürted Havaalanı
MASPS	: Minimum Aviation System Performance Standart
MFD	: Multi Function Display (Çok İşlevli Ekran)
NATO	: North Atlantic Treaty Organization (Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü)
NEXTGEN	: Next Generation Air Transportation System (Yeni Nesil Hava Taşımacılığı Sistemi)
NOTAM	: Notice to AIRMAN (Uçucu Ekibe İkaz)
OKİS	: Otomatik Kalkış İniş Sistemi
OYT	: OKİS Yer Terminali
PİKA	: Pilot Kamera Ekranı
RAHAT	: Rafta Hazır Ticari Ürünler
RF	: Radio Frequency (Radyo Frekans)
RNAV	: Area Navigation (Saha Seyrüsefer)
RTCA	: Radio Technical Commision for Aeronautics (Havacılık için Radyo Teknik Komisyonu)
SATCOM	: Satellite Comminations (Uydu İletişim)
SESAR	: Single European Sky ATM Research (Tek Avrupa ATM Araştırması)
SHGM	: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü

STANAG	: Standardization Agreement (Standardisasyon Anlaşması)
TAS	: True Air Speed (Gerçek Hava Hızı)
TCAS	: Traffic Collision Avoidance System (Trafik Uyarı Sistemi)
TMA	: Terminal Management (Terminal Yönetimi)
TS	: Track System (Radar Takip Sistemi)
UKB	: Uçuş Kontrol Bilgisayarı
VFR	: Visual Flight Rule (Görerek Uçuş Kuralları)
VHL	: Veri High Level (Çok Yüksek İrtifa)
VLL	: Very Low Level (Çok Düşük İrtifa)
VPT	: Visual Prescribed Track (Görerek Ön Tanımlı Yol)
YDT	: Yer Destek Teçhizatları
YKİ	: Yer Kontrol İstasyonu
YVT	: Yer Veri Terminali

SEMBOLLER DİZİNİ

ft	: Feet
g	: Yer Çekim İvmesi
h	: Hour (Saat)
kg	: Kilogram
kt	: Knot
m	: Meter (Metre)
nm	: Nautical Miles (Deniz Mili)
$\bar{R}$	: Eşik Noktası Yarıçapı
α	: Yatış Açısı

1. GİRİŞ

İnsansız Hava Araçları (İHA) üzerinde önemli araştırma ve yatırımların yapıldığı askeri ve sivil alanda geleceğin sistemleri olarak değerlendirilen, üzerinde pilot bulunmaksızın uzaktan İHA pilotu tarafından kontrol edilerek veya otonom operasyonu İHA pilotu tarafından planlanarak uçurulan hava araçlarıdır. Tarihteki geçmişine bakıldığında, 1916 yılında ilk üretimi ile başlayıp, özellikle 1980’li yıllardan itibaren teknolojiadaki hızlı gelişmeler nedeniyle uzun süreli ve riskli uygulamalarda askeri alanda insanlı sistemlerin yerine kullanıldığı görülmektedir. İHA sistemlerinin teknolojik ilerleme ile birlikte askeri alandaki kullanımları yanında, özellikle son yıllarda sivil uygulamalarda da kullanımı karşımıza çıkmakta olup önümüzdeki dönemde sayısal olarak da hızlı bir şekilde artacağı tahmin edilmektedir.

İHA sistemleri; uçak, kontrol ve iletişim bileşenleri, yer kontrol istasyonu, veri linki ve diğer alt sistemlerden oluşmaktadır [1, 2, 3]. Bu sistemlerin önümüzdeki 20 yıl içerisinde ayrılmamış hava sahasına entegre olacağı, ayrıca ekonomiye büyük bir katkı ve yüksek oranda doğrudan istihdam sağlayacağı öngörülmektedir.

Teknolojinin hızla gelişmesi, maliyetlerin azalması, kolay erişebilirliği, İHA sistemlerinin sivil uygulamalardaki artışının ana nedenleri arasında sayılabilir. Ayrıca uzun süreli, tehlikeli ve riskli operasyonlarda insanlı hava araçlarının yerine İHA sistemlerinin kullanımı, emniyet ve maliyet başta olmak üzere birçok yönden avantajları beraberinde getirmektedir. İHA’ların kullanımı her ne kadar avantajları içinde barındırsa da sivil alandaki kullanımı, askeri alandaki kullanımına göre daha yavaş ilerlediği görülmektedir. Bunun en önemli nedeni uçuşa elverişlilik ve mevzuat eksikliği sayılabilir [4].

Bu çalışmada, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü’nün (SHGM) SHT-İHA talimatında tanımladığı İHA-3 kategorisindeki İHA sistemi için aletli yaklaşma prosedürlerinin ön tanımlı rotalar ile belirlenmesi amaçlanmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde konu, kapsam ve İHA sistem bileşenleri tanıtılarak literatür incelenmiştir. İkinci bölümde İHA-3 hava aracı ve alt sistemleri, çalışma bölgesi, İHA simülatörü tanıtılmış ve çalışma yöntemi açıklanmıştır. Üçüncü bölümde elde edilen bulgular ve sonuçlara yer verilmiştir.

1.1. Konu Kapsam

Günümüzde İHA sistemlerinin hava aracı sayıları, askeri ve sivil alandaki uygulamaları hızlı gelişmektedir. Tüm Dünya’da yoğun bir şekilde kullanılan sistemler milyarlarca dolarlık bir endüstri oluşturmuştur. Askeri İHA üretimi 2.8 milyar dolar seviyesinde olup bu rakamın 2025 yılında 9.4 milyar dolara ulaşacağı öngörülmektedir. Günümüzde farklı ülkeler tarafından farklı İHA sistemleri kullanılmaktadır. Bunlar sinek kuşu büyüklüğündeki Black Hornet mini helikopterinden 15.000 kg’lık RQ-4 Global Hawk'a kadar uzanan geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır [5].

2009 yılında hava sahasında 2500 saatin üzerinde 20.000 İHA uçuşu gerçekleştirilmiştir [6]. Google ve Facebook gibi teknolojinin önde gelen firmaları, dünya genelindeki uzak alanlara 4G ağını ulaştırmak için yüksek irtifalarda operasyon yapabilen binlerce İHA sistemleri geliştirmeyi planlamaktadır. Bu sistemlerin FL 600 seviyesinin üzerinde haftalar veya günlerce havada kalması hedeflenmektedir [7, 8]. En son Airbus tarafından geliştirilen güneş enerjisi ile uçuş yapan Zephyr S 26 gün 70.000 ft irtifada Temmuz 2018’de uçuşunu yaparak bir ilki gerçekleştirmiştir. Zephyr S hava aracı ile Airbus ilgili hava aracının petrol sızıntısı, doğal afet kontrollerinin yanında yeri geldiğinde uydu olarakta kullanılabileceğini belirtmektedir [9]. Özellikle günümüzde farklı büyüklüklerde yaklaşık 2 milyon İHA bulunmaktadır [10]. Ülkemizde üretilip kullanılan İHA-3 hava araçlarının 2018 yılı sonu itibari ile saatlerine baktığımızda 100.000 saatin üzerinde uçuş yaptıkları gözölmektedir. Dolayısıyla bu hızlı artış İHA sistemlerin uçuş operasyonlarını ayrılmamış hava sahalarında yapma talebini artırmakta olup, bununla birlikte havaalanı operasyonlarının insanlı/insansız hava araçları açısından birlikte operasyon gerektiğinden ön tanımlı yollar konusunda da hızlı bir şekilde çalışma yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

İnsansız hava araçları sistemlerinin günümüzde ayrılmış hava sahalarında uçuş operasyonları gerçekleştirdiği bilinmektedir. Buradaki ayrılmış hava sahası, İHA operasyonları için NOTAM (Notice to AIRMEN)’lı saha olarak ilan edilir. Bu ayrılmış hava sahası belirli bir zaman periyodunda sadece İHA uçuşu için tahsis edilen tahditli alandır [1, 4]. Mevcut yönergelere göre operasyonlar ayrılmış sahalarda yapılsada İHA havaalanı operasyonlarında yaklaşma, kalkış ayrılmamış hava sahasında yapılmaktadır. Bu çalışmada ayrılmış hava sahası dışında kalan ve tüm hava araçlarının operasyon

gerçekleştirdiği hava sahaları ayrılmamış hava sahası olarak ifade edilmektedir. İHA sistemlerinin ayrılmamış hava sahasına entegrasyonunda mevcut kapasiteyi, emniyeti ve hava sahası operasyonlarını olumsuz etkilemeden, diğer hava sahası kullanıcıları ve yerdeki nesne/canlılar için bir risk oluşturmada n gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır.

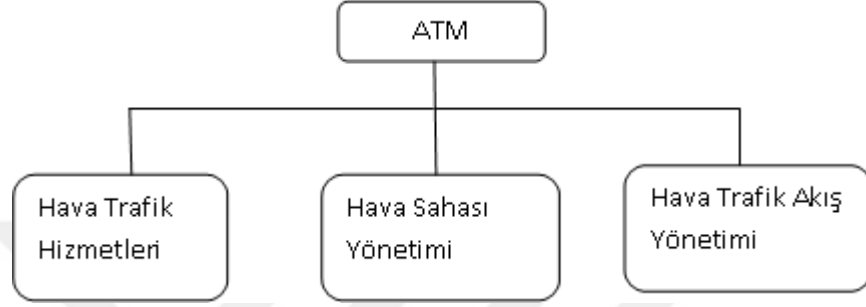
İnsansız havacılığın gelişimi açısından, İHA sistemlerinin ayrılmamış hava sahasına ve hava trafik yönetimi sistemine emniyetli ve verimli entegrasyonu yüksek derecede önemlidir. Bu yüzden İHA sistemlerinin ayrılmamış hava sahasına emniyetli ve verimli bir şekilde entegrasyonunun gerçekleştirilmesi amacıyla ulusal, bölgesel ve uluslararası çalışmalar yürütölmektedir.

Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO: International Civil Aviation Organization), Avrupa Havacılık Emniyet Teşkilatı (EASA: European Aviation Safety Agency), Avrupa Hava Seyrüsefer Emniyeti Teşkilatı (Eurocontrol: Avrupa Hava Seyrüsefer Güvenliği Örgütü) gibi uluslararası kurum ve kuruluşlar İHA'ların ayrılmamış hava sahasına entegrasyonunun gelişimine destek olmak ve belirsizlikleri ortadan kaldırmak için rehber doküman ve kılavuzlar yayımlamaktadırlar. Ayrıca ABD'nin NextGen (Next Generation Air Transportation System), Avrupa'nın SESAR (Single European Sky ATM Research) programları ile İHA'ların ayrılmamış hava sahasına entegrasyonu konularında önemli çalışmalar mevcuttur. Uluslararası ve bölgesel havacılık otoritelerinin de belirttiği gibi, İHA sistemlerinin uçuş operasyonlarının insanlı havacılığa benzer olması beklenmekte ve 2030 yılı itibari ile insanlı havacılığa tam entegrasyonu öngörülmektedir. Türkiye de askeri kullanımı her geçen gün artan İHA'ların, sivil kullanımında da artış olduğu gözlemlenmekte olup bununla ilgili kullanıcıların uyacağı kurallara yönelik talimat yayımlanmıştır [1].

ICAO'nun 4444 numaralı Hava Trafik Yönetimi (Procedures for Air Navigation Services - ATM) dokümanına göre; hava trafik yönetimi hava ve yer sistemlerini kapsayacak şekilde hava trafik hizmetleri, hava sahası yönetimi ve hava trafik akış yönetiminin emniyetli, ekonomik ve etkin olarak yönetimidir [11]. ICAO tarafından yapılan tanımda da belirtildiği şekilde ATM işlevinin yerine getirilmesi için farklı fonksiyon ve birimlerin birlikte entegre şekilde çalışması gerekmektedir [12]. Hava trafik yönetimi Şekil 1.1'de gösterildiği şekilde üç bileşen içermektedir. Bunlar;

1. Hava Trafik Hizmetleri
2. Hava Sahası Yönetimi
3. Hava Trafik Akış Yönetimi'dir.

ATM bu bileşenler ile emniyetli, verimli ve ekonomik olarak hava sahasının ve hava trafiğinin dinamik ve entegre yönetimidir [13].



Şekil 1.1. Hava Trafik Yönetim Bileşenleri [11]

Hava Trafik Hizmetleri (ATS:Air Traffic Service), uçuş bilgi hizmeti, ikaz hizmeti, hava trafik tavsiye hizmeti ve hava trafik kontrol hizmeti şeklinde ifade edilmektedir. ICAO'ya göre ATS'nin amaçlarını şu şekilde sıralamak mümkündür. [14]

- Hava araçları arasında düzenli ve hızlı hava trafik akışı sağlamak.
- Hava araçları arasında çarpışmanın önlenmesi sağlamak.
- Emniyetli ve verimli hava trafik yönetimi için tavsiye ve bilgi hizmeti vermek.
- Acil durum olması durumunda arama kurtarma faaliyetlerine destek olmak.

Hava trafik hizmetleri yukarıda belirtilen amaçlarını aşağıdaki fonksiyonlar ile yerine getirmektedir.

- Hava trafik kontrol hizmeti
 - Meydan kontrol hizmeti
 - Yaklaşma kontrol hizmeti
 - Saha kontrol hizmeti
- Uçuş bilgi hizmeti
- İkaz hizmeti [14]

Hava Sahası Yönetimi, hava sahasının etkin kullanılması amacıyla hava trafik sektör ve yol yapılarının tasarımı, hava sahasının sivil-asker kullanıcı talepleri doğrultusunda paylaşımı, koordinesi ve kontrolünün sağlanmasıdır.

Hava sahası yönetimi gerçek gereksinimlere dayalı olmalı ve hava sahasının kalıcı olarak ayrılmasından kaçınılmalıdır. Bu prensip doğrultusunda hava sahası yönetiminde esnek hava sahası kullanımı (FUA: Flexible Use of Airspace) esasları dikkate alınmalıdır. FUA kavramına göre hava sahası uzun süreli askeri ya da sivil olarak değil, kullanıcı ihtiyaçlarına göre tahsis edilmiş tek bir bütün olarak kabul edilmelidir. Hava sahası yönetimi stratejik, ön taktik ve taktik olmak üzere üçe ayrılır [15].

Bu kavrama göre hava sahasının etkin kullanımı için:

- Askeri operasyonlar, sivil hava sahası kullanıcılarının yararına olacak şekilde zamana duyarlı olarak gerçekleştirilir.
- Askeri çalışma sahaları, uydu desteğiyle aynı büyüklükte farklı bir koordinata kaydırılır.
- Alt bölümleri veya farklı bölümleri olan askeri çalışma sahalarının kullanılmayan bu bölümleri aktif hale getirilir. Böylece çalışma sahası genişletilir [12].

Hava Trafik Akış Yönetimi, her geçen gün artan hava trafiği, hava trafik sisteminin yönetimini daha karmaşık hale getirmiştir. Artan trafiğin yanında meteorolojik nedenler, siyasi durumlar, acil durumlar da istenmeyen gecikmelere neden olmaktadır. Bu tür olumsuz durumlarda ekonomik, emniyet ve verimlilik kaybına sebep olabilmektedir. Bunların önüne geçmek için hava trafik akış yönetimi (ATFM: Air Traffic Flow Management) önemli bir operasyonel bileşendir. ATS kapasitesi trafik yoğunluğu fazla olduğu durumlarda ATFM uygulanmaktadır. ATFM, ATS kapasitesini maksimum kullanmak suretiyle hava trafik akışının emniyetli, düzenli ve hızlı bir şekilde sağlanmasıdır [12].

ICAO tarafından yukarıda belirtilen hava trafik yönetimi bileşenleri aletli uçuş kuralı (IFR:Instrument Flight Rule) ve görerek uçuş kuralı (VFR: Visual Flight Rule) ile uçuşlar gerçekleştiren hava araçlarına uygulanmaktadır.

Hava trafik usulleri açısından VFR hava aracı uluslararası kurallar ve Türkiye havacılık bilgi yayınında (AIP: Aeronautical Information Publication) yer alan hükümler ve ilgili düzenlemeler dahilinde uçuş gerçekleştirir. Türkiye hava sahasında VFR trafiğe hava trafik kontrol hizmeti verilmemekte, uçuş bilgi ve ikaz hizmeti verilmektedir [16].

Aletli uçuş ise, aletli uçuş kurallarına göre uçağın içindeki cihazlar, göstergeler ve seyrüsefer yardımcılarını kullanarak uçağın yeri ve hareketi takip edilerek görsel referanslar kullanılmadan yapılan uçuşlardır. IFR trafikler hava trafik kontrol hizmeti alır [17].

İHA'lar kategorilerine göre VFR veya IFR uçuşlar yapabilmektedir. Hava aracı pilotun görüş alanında olacak şekilde yerden kumanda ile yapılan İHA'lar genellikle VFR uçuş gerçekleştirirken, hava aracı, kontrol ve iletişim bileşenlerinden oluşan İHA'lar önceden belirlenmiş ön tanımlı yollar ve bölgeler üzerinden yerdeki yer kontrol istasyonu aracılığı ile hava aracının konumunu, yerini ve hareketini takip ederek yapılmaktadır. IFR uçuşlarda kontrol hizmeti verilir ve standart yollar takip edilir. İHA'lar otonom sistemler oldukları ve görsel yardımcı takip etme olasılıkları sınırlı olduğu için VFR uçuşlar yapmaları belirli limitler dahilinde gerçekleşir. Avrupa Hava Seyrüsefer Emniyeti Teşkilatı (Eurocontrol- The European Organisation for the Safety of Air Navigation) İHA'ların kullandıkları uçuş seviyesini ve VFR/IFR operasyonlarını dikkate alarak aşağıda belirtildiği şekilde hava sahası ayırımını gerçekleştirmiştir [10]. ICAO çalışma gruplarının raporlarına göre görüş alanında veya dışında yapılan operasyonları havacılık bilgi yayınlarında belirtilen noktalardan geçmediği için VFR gibi değerlendirmekte olup, gelecekte ATM sistemine tam entegrasyon ile uçuşlar başladığında IFR uçuşlar yapacağını belirtmektedir.

- Çok Yüksek İrtifa (VHL: Very High Level) Operasyonlar: FL600 üzeri yapılan IFR İHA Operasyonları
- VFR / IFR Operasyonlar: İnsanlı hava araçları gibi yapılan operasyonlar
- Çok Düşük İrtifa (VLL: Very Low Level) Operasyonlar: 500 ft altındaki operasyonlar [13].

Çalışmada İHA-3 kategorisinde hava araçları dikkate alındığı için operasyon bölgesi FL600 altında olacaktır. Bu kapsamda insanlı hava araçlarına benzer şekilde

yapılan IFR operasyonlar Mürted Havaalanına (LTAE) için geliştirilecektir. IFR kurallar dikkate alınarak uçuş usulleri oluşturulacaktır. Bu uçuş usulleri gerçek zamanlı simülasyon altyapısı ile değerlendirilecektir.

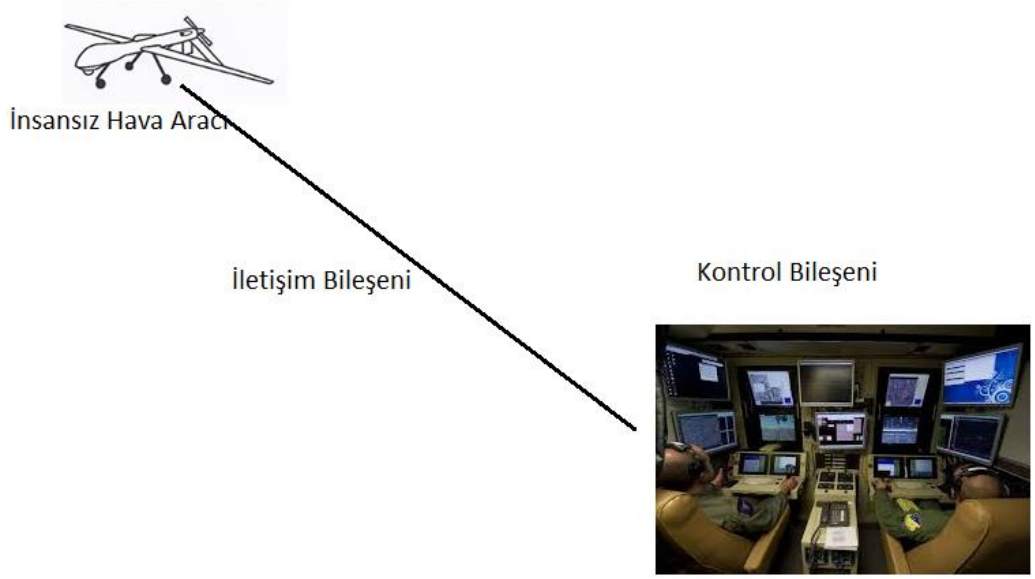
Bu çalışma kapsamında İHA sistemlerinin hava trafik ortamına emniyetli entegrasyonu ve bu sistemlerin uçuş operasyonlarını tahmin edilebilir hale getirecek ön tanımlı yolların oluşturulması hem İHA hava araçları hem de diğer paydaşlar için emniyet artırıcı bir unsurdur. Askeri ve sivil amaçla kullanılan İHA sistemleri için görev bölgesine gidiş, geliş, kalkış/iniş usullerinde aletli iniş/kalkış ve yaklaşma prosedürlerinin belirlenme ihtiyacı bulunmaktadır. Bu çalışma ile de İHA'lar için özellikle aletli yaklaşma prosedür önerisi geliştirilmesi amaçlanmıştır.

1.2. İnsansız Hava Aracı (İHA) Sistemleri

1916 yılında Amerikalı Lowrance tarafından geliştirilen ilk İHA'dan sonra ilerleyen yıllarda savaş ve askeri amaçla İHA gelişimi devam etmiştir. İlk zamanlarda günümüz şartlarına göre daha ağır ve daha kısa menzilli uçuş yapabilen İHA'lar varken, yakın zaman içerisinde gerek sivil gerekse askerî kullanım alanlarındaki en gelişmiş sistemler arasında yerlerini almışlardır [18]. Literatürde İHA'ların ayrılmamış hava sahasına entegrasyonu ile ilgili otoriteler tarafından farklı başlıklar altında gruplar ile çalışmalar yapılmaktadır.

İHA sistemleri emniyetli uçuş operasyonları gerçekleştirmek amacıyla bir İHA ve ilgili alt bileşenlerden oluşan (faydalı yük, uçuş sonlandırma sistemleri, vb.) yerde, deniz üzerinde veya havadan kontrol edilebilen sistemler olarak tanımlanmıştır [19]. Diğer taraftan İHA sistemleri üzerinde insan operatörü yani pilot bulundurmayan, otonom veya uzaktan bir pilot ile kumanda ve kontrol edilebilen bir İHA ve ilgili sistemleri içeren sistemler olarak da tanımlanmaktadır [20, 21, 22, 23, 24, 25]. İHA sistemlerinde 3 ana bileşeni olup, Şekil 1.2'de verilmiştir. Bunlar;

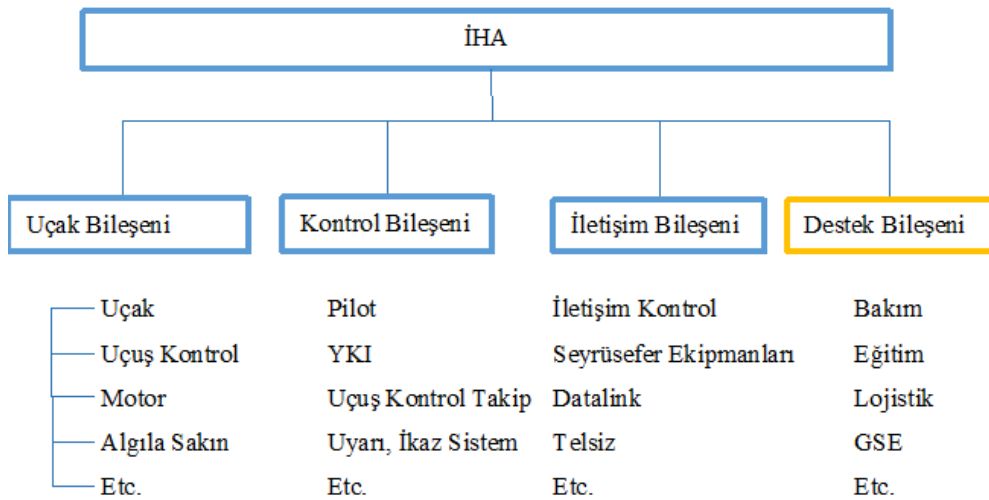
- Uçak bileşeni
- Kontrol bileşeni
- İletişim bileşenidir [26].



Şekil 1.2. İHA Bileşenleri [27]

İHA alt bileşenleri hava aracı, kontrol ve iletişim olarak belirtilmişti, hava aracının uçuş faaliyetlerini devam ettirebilmesi için bu alt bileşenlerinde alt sistemleri bulunmaktadır. Ana bileşenlere ilave olarak insanlı hava araçlarında olduğu gibi uçuşların icrası için gerekli destek kısımları da bulunmaktadır. Çizelge 1.1 de bu 3 bileşenin alt başlıkları gösterilmiştir.

Çizelge 1.1. (Düzenlenmiştir) *Tipik Bileşen Alt Başlıkları* [28](28 No'lu referansa destek bileşenler eklenerek düzenlenmiştir)





Şekil 1.3. Örnek Sistem Çalışma Mimarisi [29]

Şekil 1.3'te görüntü aktarımı için kullanılan hava aracının yukarıda belirtilen uçak, kontrol ve iletişim bileşenlerinin karşılıklı veri aktarımı ve operasyonlarını nasıl gerçekleştirdiği açıklanmaktadır.

İHA hava araçları Dünya'da farklı yerlerde ve amaçlarla sık kullanılmaya başlanmıştır. En çok bilinen İHA sistemleri Anka, Global Observer, Orion İHA Sistemi, Birleşik 40 (Akıllı Göz 2) İHA, Yabon Akıllı Göz İHA, Phantom Göz İHA, HERON Orta Rakım Uzun Dayanıklılık (MALE) , MQ-1 Predator , Hermes 900, RQ-4 Küresel Şahin, Patroller-R / Patroller-M İnsansız Hava Sistemi hava araçları Dünya'da farklı amaçlarla farklı hız ve irtifalarda yoğun bir şekilde uçuşlarına devam etmektedir [30].

İHA'lar sadece askeri amaçlar için değil, sınır kontrolü, kaçakçılık, çevre ve yapılaşmanın kontrolü gibi pek çok sivil alanda da etkin olarak kullanılmaktadır. İHA'lar da halen mevcut olan veya yakın zamanda kazandırılması öngörülen askeri amaçlara dönük yetenekler şu şekilde sıralanabilir:

- Keşif, taktik keşif ve gözetleme

- Bomba veya füzeli hava atakları
- Endirekt (görmeyerek) atışlar için ileri gözetleyicilik
- Özel operasyonlar ve psikolojik hareket
- Sınırların kontrolü ve korunması
- Mayın arama ve imha
- Sağlık ve askeri malzeme bütünleme ikmali
- Kaçakçılık ile mücadele
- Kimyasal, biyolojik ve radyolojik tarama
- Denizcilikte gemi tanıma ve tecrit
- Muharebe arama ve kurtarma
- Hava radyolink ve role görevi
- Noktadan noktaya kargo teslimi
- Havadan dinleme
- Hava durumu veri toplama [31]

Askeri kullanımının yanında düşük maliyeti, ulaşılabilirliği, düşük bakım ve işletme giderleri gibi pozitif nedenlerden dolayı sivil kullanımında her geçen gün artmaktadır [32]. Özellikle Dünya genelinde uluslararası kuruluşların yoğun çalışmaları ve çoğu ülkenin kurallarını yayınladığını düşünürsek mevcut kullanımının her geçen gün dahada artacağı öngörülmektedir. Aşağıda sivil kullanımına örnekler bulunmakta olup, bunların bir kısmı halihazırda kullanılmaktadır fakat çarpışmadan kaçınma, standart ekipman olmaması ve hukuki süreçlerle ilgili sıkıntılar aşıldıktan sonra sivil kullanımının gün geçtikçe dahada artacağı öngörülmektedir.

- Hava radyolink ve role görevi
- Noktadan noktaya kargo teslimi
- Hava durumu veri toplama
- Sistem geliştirme
- Operasyonel görevler
- Eğitim
- Sensör Test ve Geliştirme
- Petrol Arama
- Yangınla Mücadele

- Afet Yardımı
- Arama Kurtarma
- Tren ve Karayollarının Takibi
- Tarım Alanlarının Kontrolü
- Fotoğraf Video Çekimi
- Alçak İrtifa Radar [32]

1.2.1. Uçak bileşeni

Kendi güç sistemi olan, ölümcül olan ve olmayan faydalı yük taşıyan, otomatik olarak veya uzaktan komuta sistemi ile uçurulan pilotsuz hava araçlarına İnsansız Hava Aracı (İHA) denmektedir. Balistik ve yarı balistik füzeler, seyrüsefer füzeleri ve toplarla fırlatılan mühimmatlar İHA olarak kabul edilmemektedir. Teknolojisinde ABD'nin öncülüğü bulunan İHA'lar "Drones", "robot uçak", "pilotsuz uçak", "uzaktan pilotlu uçak" gibi kavramlarla da adlandırılmaktadır. İHA'lara bu araçların uçuşunu ve görevini mümkün kılan Yer Kontrol İstasyonu (YKİ), Yer Veri Terminali (YVT), Otomatik İniş Kalkış Sistemi (OKİS) ve diğer teçhizatları eklenmesi ile oluşan sisteme ise İHA Sistemleri adı verilmektedir [31].

Uçak bileşenin en önemli alt bileşeninden biri olan algıla sakın sistemi, sivil hava sahasında insansız araçların yaygın kullanımı için en büyük sınırlamalardan birini oluşturmaktadır [1]. İnsanlı sivil hava araçları arasında Algıla&Sakın sistemleri pilotlu uçakların birbirleriyle çarpışmaları önleyen temel mekanizmadır. Açıkçası bu sistemlerin mevcut durumda insansız hava araçlarında kullanımı yaygın değildir. Bu yüzden insanlı hava araçlarında bulunan emniyet ekipmanlarının İHA'larda da bulunmalıdır. Şu anda İHA'lar için Algıla&Sakın problemi üzerine büyük miktarda araştırma yürütülmektedir. Aktif çözümler, çarpışma tehditlerini tespit etmek için radar veya trafik uyarı ikaz sistemleri (TCAS: Traffic Collision Avoidance System) kullanımını içerir, ancak bu, yüksek miktarda elektrik gücü gerektirir ve oldukça ağırdır (20 kg veya daha fazla). Pasif çözümler arasında, güç gereksinimini bir dereceye kadar azaltan, ancak yüksek bir hesaplama gereksinimine sahip olan, makine görüşünün kullanımı bulunmaktadır [33].

Uçak bileşeninde bulunan yükler, yüksek ve düşük çözünürlüklü kameralar / video kameralar, gündüz ve gece keşif ekipmanı, yüksek güçlü radar, jiro stabilize, elektro-

optik, sinyaller, meteorolojik, kem-biyo, röle (iletişim, navigasyon sinyalleri), mühimmat yükleri olabilir. İHA hava aracının daha fazla havada kalması için bu yüklerin minimum ağırlıkta olması istenmektedir. Genelde de toplam ağırlığın %10-%20 sini oluşturmaktadır [33].

Uçak bileşeninde hava aracının emniyetle uçuşunu gerçekleştireceği seyrüsefer ekipmanları ve elektronik ekipmanlara sahip gelişmiş sistemler bulunmaktadır.

1.2.2. Kontrol bileşeni

İnsansız uçak sisteminin temel ilkesi, operatörün kokpitte olmamasıdır; Bu nedenle, uçağın kontrolü başka yollarla gerçekleşmelidir. Operatörün uçak üzerinde uygulayabileceği üç kontrol şekli vardır.

- Yer kontrolü veya uzaktan pilot kontrolü
- Yarı otonom; ve
- Tam otonom

YKİ, İHA sistemlerinin uçuş kontrolü ve gerekli uçuş verilerinin aktarıldığı alandır. Hava aracı bu sistem üzerinde idame edilmekte olup, uçaklara uçuş ve görev komutları yüksek irtifa ve uzun mesafelere iletebilmektedir [33]. Şekil 1.4'te pilotlar tarafından yer kontrol istasyonundan bir uçuşun yönetimini gösterir temsili bir komuta kontrol merkezi gösterilmektedir. Bu alanda pilotların insanlı hava araçlarında olduğu gibi tüm arayüzler bulunmaktadır.



Şekil 1.4. YKİ Pilot/Operatör Konsolu Görüntüsü [34]

1.2.3. İletişim bileşeni

İHA iletişim sistemleri, bant genişliği, frekans ve bilgi / veri akışlarının esnekliği, uyarlanabilirliği, güvenliği ve bilişsel kontrol edilebilirliği olarak tanımlanmaktadır. Bir İHA veri bağlantısı tipik olarak RF (Radio Frequency) vericisi/alıcısı, anten sistemleriyle oluşur. Hava aracı ile yerdeki YVT (Yer Veri Terminalleri ve UVT (Uydu Veri Terminalleri) arasındaki veri akışı bu antenler ve sensörler aracılığı ile olmaktadır. İHA için, veri bağlantıları üç önemli fonksiyondan oluşmaktadır:

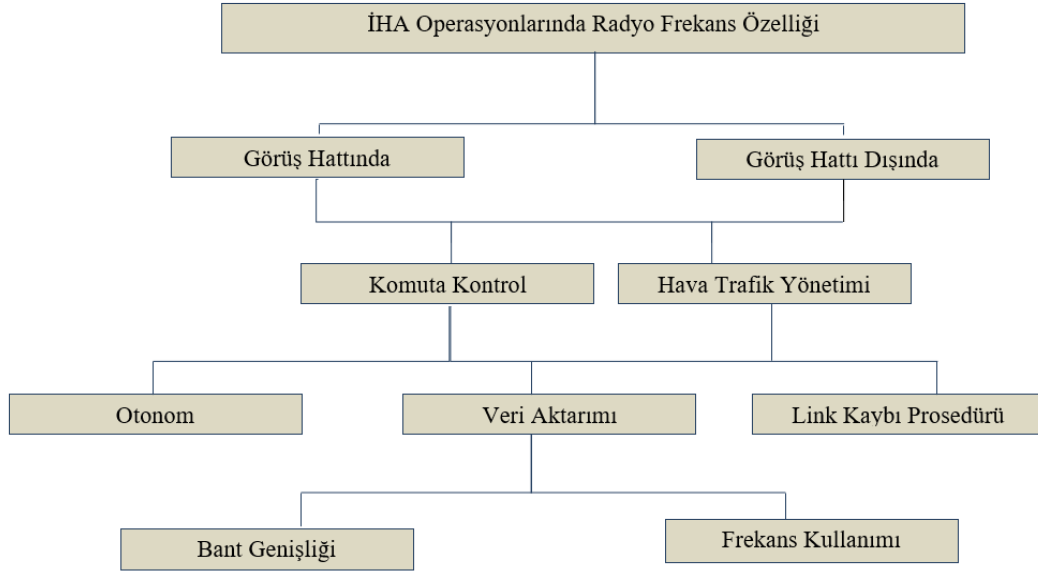
- (1) Yer istasyonundan ve / veya bir uydudan İHA'ya iletişim,
- (2) Yerleşik sensörlerden ve telemetri sisteminden veriyi hava aracı üzerinden yer istasyonuna göndermek,
- (3) Uydu ile yer istasyonu arasında bağlantı ile veri iletişiminin sağlanmasıdır.

Veri bağlantılarını standart hale getirme çabaları, İHA veri iletişiminin dayanıklı ve güvenli olması için tipik çift yönlü, geniş bantlı bir veri bağlantısı kullanılmaktadır. Bu bağlantılarda İHA ile yer istasyonu arasında doğrudan iletişim amacıyla haberleşme uydusu (SATCOM: Satellite Communications) kullanılmaktadır [35].

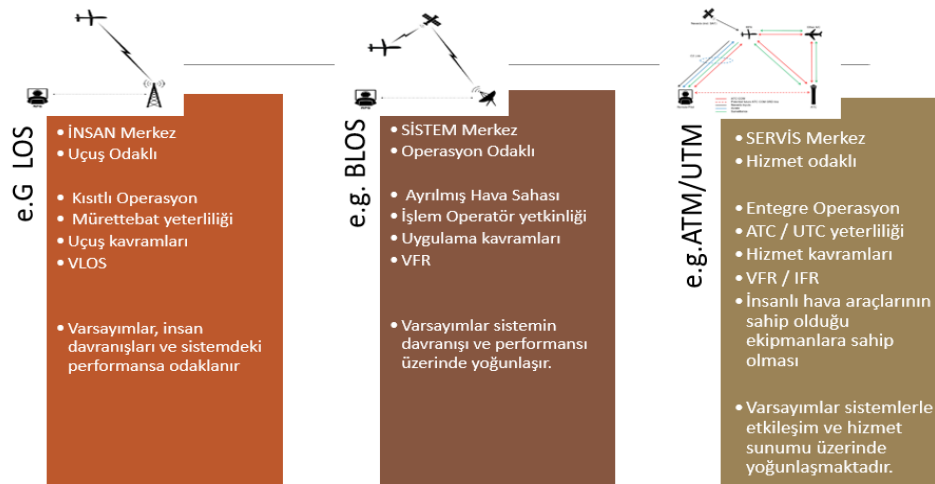
Uçuş bilgisayarı ve uçak kontrol sistemi, İHA'ların gelişimi uçuş bilgisayarı / uçak kontrol sistemi ile başlamıştır. Bu sistemler uçağı uçurmanın yanında iki yönlü bir veri bağlantısı kontrol istasyonu / istasyonları, iletişim bağlantıları, veri terminal (ler), fırlatma ve kurtarma sistemleri, yer destek ekipmanları ve hava trafik kontrol ara yüzü ile iletişim ve yönetiminde kullanılmaktadırlar [33].

İHA operasyonlarında radyo frekans özellikleri Çizelge 1.2'te verilmiştir. İHA sistemleri uçuşlarını LOS-Line of Sight (Görüş Hattında) ve BLOS-Beyond Line of Sight (Görüş Hattı Dışında) şeklinde yapmaktadır. İHA operasyon usulleri için hava aracı ile YKİ arasındaki komuta, kontrol ve iletişim şekilleri 2 kısımdan oluşmaktadır. LOS ile yapılan uçuşlarda hava aracının anteni görmesi gerekirken ilave olarak anteninde bir kontrol alanı bulunmaktadır. Bu değer 200 km uzaklık gibi bir değer olup bunun üzerinde link kayıpları yaşanmaktadır. Fakat BLOS uçuşlarda SATCOM üzerinden iletişim sağlanması nedeni ile böyle bir kısıtlama bulunmaktadır.

Çizelge 1.2. C3 Sistem Modeli [33]



Dünya’da LOS ve BLOS uçuşları mevcutta yapılmakta olup, iletişim bileşeni açısından bunlara ilave olarak İHA hava araçlarının mevcut ATM entegrasyonu için entegrasyonu ve iletişim bileşenlerini geliştirmeleri beklenmektedir. Gelecekte UTM/ATM entegrasyonu ile birlikte insanlı hava araçlarında olan ekipmanlara sahip olacağı, hem IFR hem VFR operasyonlar yapılabileceği, mevcut ATS sistemi için yeterli olacağı, daha entegre operasyonların yapılacağı öngörülmektedir. Mevcut kullanılan iletişim bileşenlerinin genel özelliği ve ATM entegrasyonu sonrasında beklenen özellikler aşağıdaki Şekil 1.5’te verilmiştir.

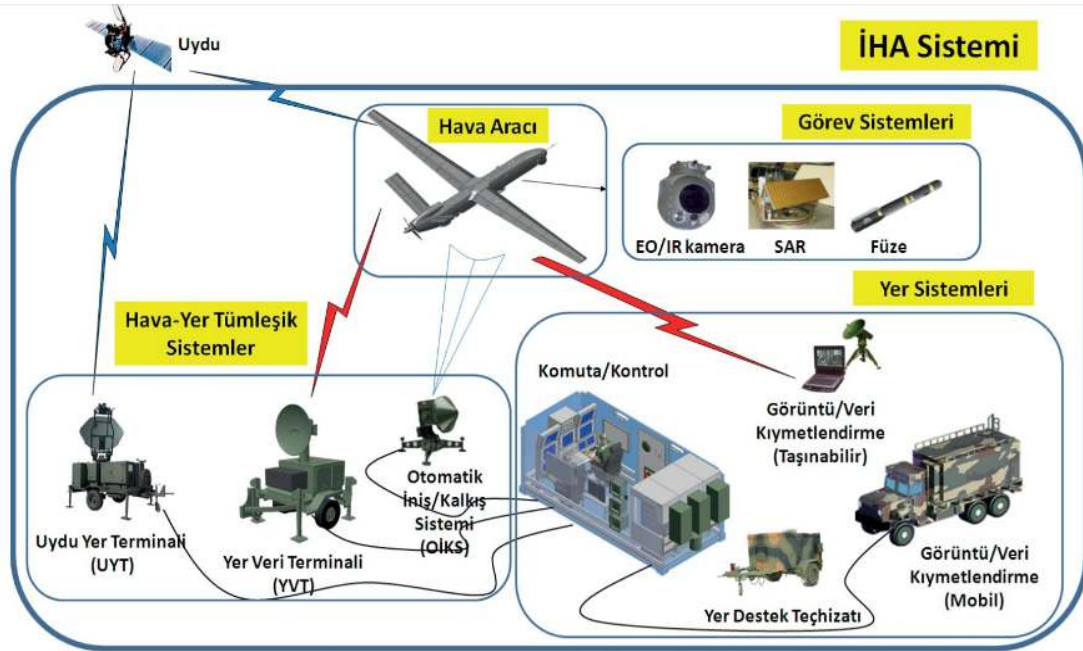


Şekil 1.5. ATM/UTM Entegrasyonu [36]

Uluslararası havacılık otoriteleri ve üretici firmaların birincil hedefi, insan müdahalesini minimum seviyeye indirerek otonom sistemlerinin geliştirilmesini hedeflemektedir. Bu kapsamda otoriteler ve üreticiler tarafından üzerinde çalışılan konular aşağıda listelenmiştir.

- Otonom yer manevrası ve yer çarpışmadan kaçınmanın sağlanması
- Otonom kalkış ve tırmanma;
- Otonom en-route (Yol Safhası)
- Otonom alçalma ve iniş;
- Varılan meydana yer hareketi (Taksi)
- Uçuşun herhangi bir aşamasında acil durum usullerini uygulama [37].

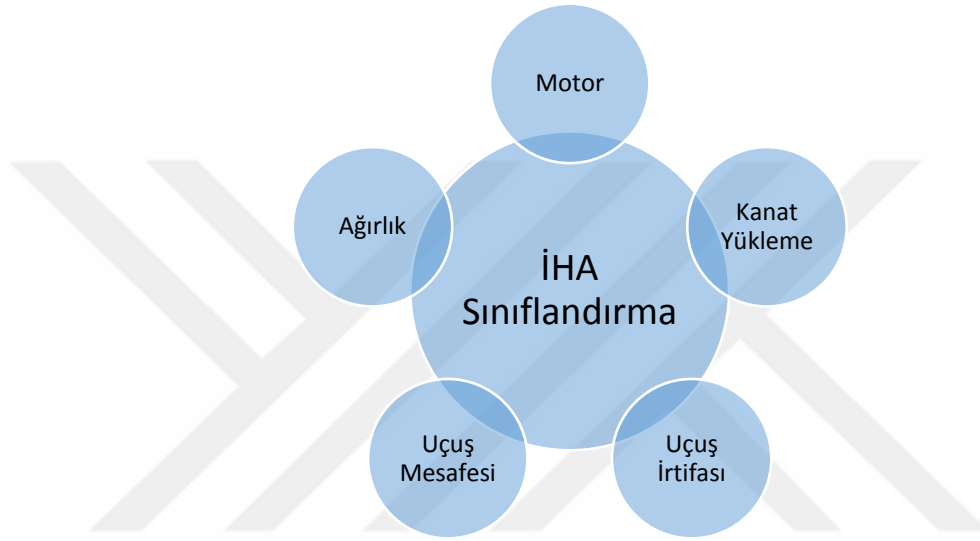
İHA sistemleri yukarıda belirtilen farklı iletişim bileşenleri ile uçuşlarını gerçekleştirmektedir. Özellikle içinde pilot olmaması nedeni ile hava aracı ile YKİ, ATC arasında veri iletişimi bu iletişim bileşenleri ile sağlanmaktadır. Hava aracının kalkış iniş veri akışı OKIS ile olurken, hava aracının tüm verileri YVT/UYT antenleri sayesinde iletilmektedir. Hava aracında bulunan seyrüsefer ekipmanları ile de ATC koordinesi sağlanmaktadır bu ilişkiyi gösterir ilişki bileşenleri Şekil 1.6’te gösterilmiştir.



Şekil 1.6. İHA Bileşenleri [38]

1.3. İHA Sınıflandırması

İHA'lar çok sayıda performans özelliklerine göre sınıflandırılabilir. Ağırlık, dayanıklılık, menzil, hız ve kanat yükleme özellikler gibi ve maliyet, kanat açıklığı ve maksimum irtifa İHA'ları sınıflandırmak mümkündür [39]. Şekil 1.7'da İHA'lar için motor, ağırlık, kanat yükleme, uçuş mesafesi ve uçuş irtifası sınıflandırılması gösterilmektedir.

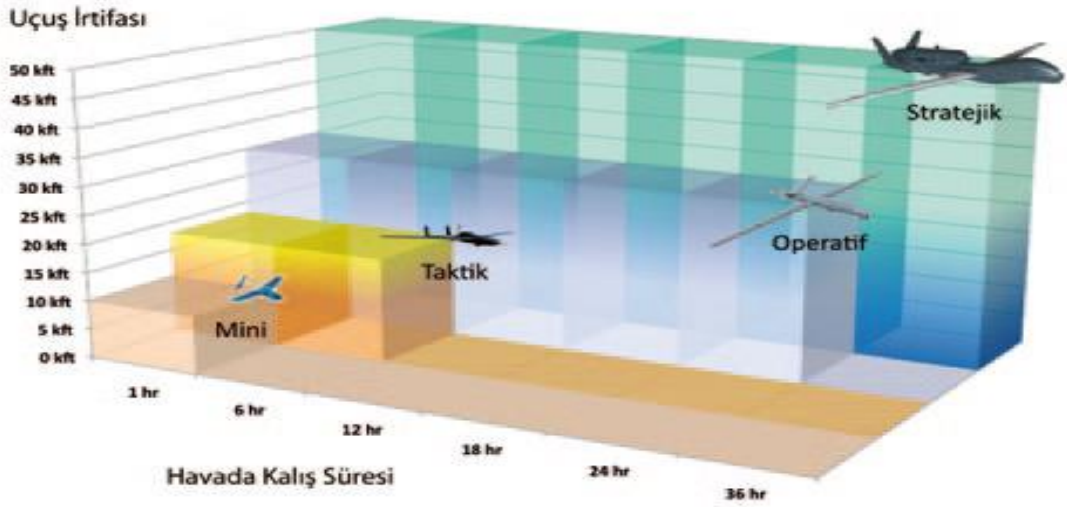


Şekil 1.7. İHA Sınıflandırmaları [39]

Ülkemizde Sivil Havacılık Genel Müdürlüğünce yayınlanan SHT-İHA talimatında belirtilen sınıflandırma ağırlığa göre olup aşağıdaki gibidir;

- İHA0: Azami kalkış ağırlığı 500 gr (dâhil) – 4kg aralığında olan İHA'lar,*
- İHA1: Azami kalkış ağırlığı 4 kg (dâhil) – 25 kg aralığında olan İHA'lar,*
- İHA2: Azami kalkış ağırlığı 25 kg (dâhil) – 150 kg aralığında olan İHA'lar,*
- İHA3: Azami kalkış ağırlığı 150 kg (dâhil) ve daha fazla olan İHA'lar [1].*

Türkiyede askeri amaçla olan sınıflandırmalarda ise havada kalış ve irtifasına göre mini, taktik, operatif ve stratejik olarak sınıflandırılmaktadır [39]. Şekil 1.8'de mini, taktik, operatif ve stratejik İHA'lar için havada kalış süre ve uçuş irtifa bilgileri gösterilmiştir. En fazla havada kalma 50000 ft üzeri ve 36 saat gibi uzun sürede kalan en büyük İHA stratejik İHA olup örnek olarak Global Hawk verilebilir.



Şekil 1.8. Askeri İHA Sınıflandırmaları [40]

İHA sistemleri için en uygun sınıflandırma ağırlık olarak belirtilirken ICAO Ek-2 de belirtilen uçuş mesafesi de dikkate alınmaktadır. Bu kapsamda da hava aracının mesafesini etkileyen en önemli faktör hava aracı ile yer kontrol istasyonu arasında bulunan iletişim ağı etkili olmaktadır. Bunlar Çizelge 1.2’te anlatıldığı şekilde LOS görüş hattı ile BLOS görüş hattı dışından olan iletişime göre farklılık göstermektedir [41].

Bu çalışmada ağırlığa göre İHA-3, havada kalış ve irtifa süresine göre (24 saat / 30.000 ft) ise operatif İHA referans alınmıştır.

1.4. Literatür İncelemesi

Uluslararası ve ulusal mevzuatlar incelendiğinde İHA sistemlerinin uçuş operasyonlarının insanlı hava araçlarına benzer şekilde yapılması ve mevcut hava trafiğine ilave risk oluşturmaması konusunda fikir birliğine varıldığı görülmektedir. Bu kapsamda İHA sistemlerinin ayrılmamış hava sahasında uçuş operasyonlarını yapması için referans oluşturacak uluslararası kılavuz dokümanlar ve önemli çalışmalar bu kısımda incelenmiştir [6].

İHA sistemleri ile ilgili çalışma yapan ve kurallar oluşturan otoriteler aşağıda kısaca açıklanmıştır.

ICAO, küresel sivil havacılığın sürdürülebilir gelişimi için İHA sistemlerinin entegrasyonu konusunu önemli bir vizyon olarak görmektedir. Bu amaçla İHA sistemlerinin entegrasyon sırasında mevcut emniyet seviyesinin ve çevresel etkilerinin korunmasına dikkat çekmektedir. ICAO, havacılık sistemini bloklayan/sınırlayan güncellemeler ASBU (Aviation System Block Upgrades) çerçevesinde İHA sistemlerinin 2012 ile 2030 yılları arasında uçuşa elverişlilik, sertifikasyon, insan performansı, lisanslandırma ve eğitim, algı ve sakın sistemleri, hava trafik yönetimi ve emniyet vb. gibi konularda zaman çizelgesi belirleyerek adım adım entegrasyon ile ilgili konuları çözüme kavuşturmaya çalışmaktadır [42].

ICAO, entegre edilen prosedürleri ve tavsiye edilen uygulamaları (SUPPS, PANS ve SARP) yayınlamaktadır. İHA kurallarının geliştirilmesinde 2011 yılında yayınladığı 328AN/190 yönetmeliği ile ulusal sivil havacılık otoritelerinin tavsiyede bulunma ilkesini benimsemiş olup, teknik standartların oluşturulmasında mevcut yönetmeliklerdeki gerekliliklerin (algı ve sakın, telsiz, transponder, teçhizatlar vb.) karşılamasını beklemektedir [6].

Avrupa havacılık emniyet teşkilatı (EASA) 2008 yılında yayınladığı drone operasyonlarının kavramı dokümanında çok detay bilgi olmamakla beraber İHA Sistemlerinin ayrılmamış hava sahasına entegrasyonu konusunda aşağıdaki konuların önemli araştırma alanları olduğu vurgulanmaktadır:

- i. Algı ve sakın (DAA)
- ii. Hava sahası ve yer operasyonları
- iii. Kontrol ve haberleşme (C2)
- iv. İnsan faktörleri
- v. Olasılık (contingency)
- vi. Emniyet
- vii. Otonomi [20]

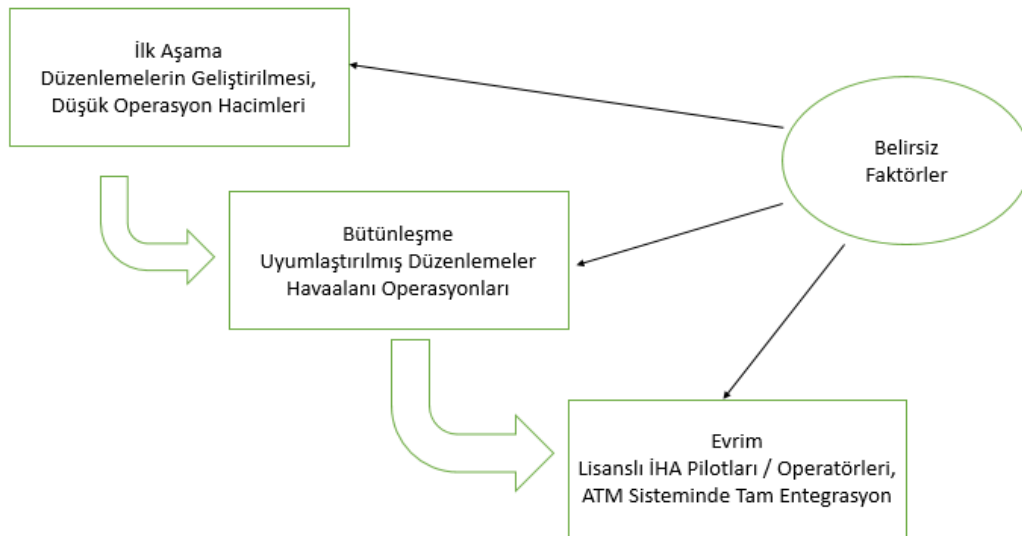
Avrupa İHA yol haritasına baktığımızda 2013 yılında Avrupa Komisyonuna sunulduğunu, 2016 yılında da Avrupa ATM sistemine tam uyum konusunda çalışmaların başladığı görülmektedir. Bu konuda farklı tür hava araçları (planörden büyük insanlı uçaklara) üzerinde insansız hava araçları ile VFR/IFR farklı

konseptlerde uçuşlar geliştirilmektedir. İHA entegrasyonunda en önemli süreçlerden biri bu entegrasyon sürecinde mevcut hava sahası kullanıcılarının emniyetinin etkilenmemesi, mevcut trafik hizmetinde kesinti olmaması, ATC prosedürlerinin değiştirilmemesi, İHA'dan kaynaklı ilave bir ekipman gereksiniminin olmamasına dikkat edilmektedir. Yani İHA hava araçları mevcutta bulunan insanlı hava araçlarına eşdeğer iletişim, seyrüsefer ve gözetim gerekliliklerine sahip olmalıdır. Mevcut sivil amaçla kullanımı yönündeki gelişmelerle birlikte İHA uçuşları için yönetmeliklere sahip ülkelerde aşağıdaki 3 temel şartın yerine getirilmesi gerekmektedir. Bunlar;

1. İHA ICAO'ya göre yetkili bir makam tarafından onaylanmalıdır.
2. İHA işleticisi İHA işletme sertifikasına sahip olmalıdır.
3. İHA uçuran pilotun geçerli sertifikasına sahip olmalıdır.

Aşağıda çizelge 1.3'te belirtildiği şekilde Avrupa İHA entegrasyon sürecinde 3 aşamanın tamamlanması için süreçlerine devam etmektedir. [43] Özellikle ülkelerin yayınladıkları talimatlara baktığımızda sivil operasyonlar için düzenlemelerin geliştirilmesi, düşük operasyonlar için talimatlarını yayınladıklarını görmekteyiz. Hala deneme uçuşları dışında bütünleşme aşaması uyumlaştırılmış düzenlemeler, havaalanları operasyonlarına geçişlerin olmadığını görmekteyiz. Ülkemizde dahil gelecekte bu 3 sürecinde tamamlanacağı ve evrim denen aşamada lisanslı İHA pilotları, ATM sistemine tam entegrasyon olacağı öngörülmektedir.

Çizelge 1.3. Avrupa 3 Aşamalı İHA Entegrasyonu [43]



EUROCAE (European Organization for Civil Aviation Equipment), EASA'ya uzmanlık sağlamak ve RTCA (Radio Technical Commission for Aeronautics) ile ortak teknik standartlar geliştirmek için oluşmuş çalışma grubudur. 2006 yılının Nisan ayında İHA sistemleri konusunda performans gereklilikleri konusunda WG-73 alışma grubu başlatılmıştır [44]. EUROCAE şuanda mevcut şartlarda İHA'ların WG105 alışma grubu ile her türlü hava sahasında, her zaman ve her türlü uçuş faaliyetini emniyetli bir şekilde gerçekleştirmek için standartlar ve kılavuz dokümanlar geliştirmek için 6 konuda standart çalışmalar yapmaktadır [45].

- İHA trafik yönetimi (UAS)
- Komuta, kontrol, iletişim (C3)
- Algıla ve nleme (DAA)
- Tasarım ve uçuşa uygunluk standartları
- Özel operasyon risk değerlendirmesi (SORA)
- Geliştirilmiş İHA otomasyonu (ERA) [45].

Eurocontrol, Avrupa'daki tüm havacılık katılımcılarının çalışmalarını koordine ederek, bir Pan-Avrupa hava trafik yönetim (ATM) sistemi geliştirmektedir. Bu bağlamda örgütün ana faaliyet alanları, Pan-Avrupa ATM açının oluşturulması ve geliştirilmesi, Avrupa çapında sivil havacılık kurallarının hazırlanmasının ve düzenlenmesinin desteklenmesi, hava trafiğinin gelecekteki ihtiyaçlarının analiz edilmesi yoluyla bu ihtiyaçları karşılayacak tedbirler geliştirilmesi, hava trafik hizmetlerindeki personelin eğitiminin sağlanması, hava seyrseferleriyle ilgili çalışmalar ve deneyler yapılması, ye ülkelerin yaptıkları çalışma sonuçlarının analiz edilmesi, orta Avrupa bölgesinin hava trafik kontrol hizmetinin sağlanması ve ye devletler adına hava seyrüsefer ücretlerinin toplanmasıdır. Artan İHA uçuşları ile birlikte Eurocontrol de İHA'ların güvenli entegrasyonunu sağlamak, "büyük resmi" korumak, tüm hava sahası kullanıcılarının haklarını korumak için aşağıda belirtilen ilgili gruplarla çalışmalar yürütmektedir [46].

- ICAO RPASP (İHA paneli),
- UAS-AG (İHA sistemleri danışmanlık grubu),
- EASA (Avrupa havacılık emniyet ajansı),
- JARUS (İHA'lar için yasalaştırma birlikteliği)

- EUROCAE (Sivil havacılık ekipmanları için Avrupa birlikteliği)
- EUSCG (Avrupa İHA standart koordinasyon grubu)
- Resmi Olmayan Drone Uzman Grubu (Avrupa komisyonu tarafından yürütülmektedir.)
- SJU (SESAR ortak girişimi).
- EC (Avrupa Komisyonu)

Tek Avrupa hava sahası hava trafik yönetimi araştırmaları SESAR (Single European Sky ATM Research) girişimi, Avrupa hava sahasında ileriki yıllarda planlanan İHA sistemlerinin sivil hava sahasına entegrasyonu kapsamında Ar-Ge faaliyetleri yürütmektedir. SESAR, İHA sistemlerinin ayrılmamış hava sahasına entegrasyonunun Avrupa Birliğinin ATM master planı ve ICAO'nun havacılık sistemini bloklayan/sınırlayan güncellemeler ASBU (Aviation System Block Upgrades) konseptine eş zamanlı yürütülmesini istemektedir [47].

SESAR girişimine göre 2020-2025 yılları arasında önerilen operasyonel prosedürler aracılığıyla İHA sistemlerinin Avrupa hava sahasında askeri ve sivil uygulamaların entegrasyon çalışmaları yürütülmesi planlanmaktadır. SESAR girişimine göre, İHA sistemlerinin ayrılmamış hava sahasına emniyetli entegrasyonunda ilk aşama prosedürlerin, haberleşme, seyrüsefer ve algı/sakın sistemleri için temel gerekliliklerin belirlenmesidir. İkinci aşama ise, SESAR konsepti içerisinde gelecek ATM sürecinde İHA pilotları, hava trafik kontrolörleri (ATCO: Air Traffic Control Officer) ve diğer hava sahası kullanıcıları arasındaki sorumluluk ve rollerin tanımlanmasıdır. Son olarak, İHA sistemlerinin normal operasyonlarında beklenen uçuş fazlarının analizi için gerekli yüksek seviyeli ara yüzleri kurulumunu içermektedir [41].

JARUS (Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems) dünyanın her yerinden havacılık ile ilgili uzmanlıklar toplayan bir gruptur. EASA, Eurocontrol gibi otoritelerin dışında sanayiciler, havacılık dernekleri ile havacılık konusunda çalışma grupları oluşturmaktadırlar. Bu kapsamda JARUS bünyesinde İHA'lar için çalışma grupları aşağıdaki başlıklardan oluşmaktadır.

- WG 1 - Uçuş Ekibi Lisansı
- WG 2 - Operasyonlar
- WG 3 - Uçuşa Elverişlilik
- WG 4 - Algı ve Önlemek
- WG 5 - Komuta ve Kontrol
- WG 6 - Güvenlik ve Risk Yönetimi
- WG 7 - Operasyon Kavramı [48]

JARUS tüm ülkelerin İHA uçuşlarına ait gereksinimlerini, yönetmeliklerini ve kısıtlamalarını da tüm Dünya ile paylaşarak uçuş yapacak kişiler için tüm bilgileri sağlamaktadır [49]

Amerika Birleşik Devletleri Federal havacılık idaresi (FAA: Federal Aviation Administration), ABD Ulaştırma Bakanlığı'na bağlı havacılık ile ilgili düzenlemeleri yapan devlet kurumudur. 1958 yılında kurulmuştur. ABD hava sahasında sivil havacılığın emniyetinden direk sorumlu birimdir. Başlıca görevleri;

- Sivil havacılık emniyetinin sağlanması
- Yeni geliştirilen sistem ve süreçlerin sivil havacılığın dahil edilmesi
- Hem sivil hem askeri uçaklar için bir hava trafik kontrol sistemi ve navigasyon sistemi geliştirmek ve işletmek
- Ulusal hava sahası sistemi ve sivil havacılığın araştırılması ve geliştirilmesi
- Uçak gürültüsünü ve sivil havacılığın diğer çevresel etkilerini kontrol etmek için programlar geliştirmek ve yürütmek
- ABD ticari alan taşımacılığını düzenleme ve uygulamak [50].

FAA, İHA sistemlerinin ulusal hava sahasına tam olarak entegrasyonu vizyonu kapsamında, İHA'ların insanlı uçaklarla yan yana, aynı hava sahasını kullanarak ve aynı hava trafik yönetim sistemlerinin ve prosedürleri ile uyumlu bir şekilde uçuşlar için çalışmalar yapmaktadır [51].

Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü (NATO: North Atlantic Treaty Organization), üye ülkelerin askeri hava araçlarının hava sahalarında emniyetli uçuşu öngörülmektedir. İHA hava araçları içinde çalışmalar bulunmakta olup, STANAG (Standardization

Agreement)'lar ile kuralları belirlemektedirler. İHA'lar konusunda STANAG 4671, 4702, ve 4703 olmak üzere 3 dokümanı bulunmakta olup, STANAG 4671 sabit kanat 150-20000 kg arasındaki İHA'ları kapsamaktadır [52].

RTCA (Radio Technical Commission for Aeronautics), Ekim 2004'ten bu yana FAA anlaşması gereği İHA sistemlerinin teknik konularında destek aldığı ve bu kapsamda endüstri temsilcileri ve ülke yetkileri ile farklı ülkelerde toplantılar yapmaktadırlar. İlk çalışmalarının sonucu olarak 2007 yılında İHA sistemleri için rehber doküman yayınlamışlardır. İlave olarak komisyon genel anlamda hava aracı minimum performans standartlarını belirlemede çalışmaktadırlar. Çalışmaları aşağıdaki ana maddelerden oluşmaktadır.

- İHA sistemleri
- İHA komuta kontrol ve iletişim gereklilikleri
- İHA algı ve sakın sistemleri [21].

Nextgen, FAA ilgili program ile hava trafik yönetiminin emniyet, güvenlik, kapasite ve verimliliği artırılması sağlanmaktadır. Nextgen programına göre 20 yıl içinde hava aracı tipleri dışından uçuş usullerinde de farklılıklar olması beklenmektedir. İHA sistemleri uçuşlarından artış beklenmektedir [53].

Bir diğer organizasyon da ASTM (American Society for Testing and Materials) olup, RTCA tarafından belirlenen MASPS (Minimum Aviation System Performance Standarts) kriterlerini desteklemek ve onlara destek vermek için aşağıdaki farklı konularda çalışmalar yapmaktadır.

- İHA uçuşa elverişlilik
- İHA uçuş operasyon
- İHA pilot eğitimleri, yeterlilik ve sertifikaları,
- İHA işletimi [54]

SHGM, Türkiye'de sivil havacılık sektörünü düzenleyen ve denetleyen, sivil havacılığın güvenilirliğini ve sürdürülebilirliğini sağlayan otoritedir. En güncel İHA mevzuatı SHT-İHA Rev.1 dokümanı [1], Türk Hava Sahasında işletilecek veya kullanılacak sivil İHA sistemlerinin ithali, satışı, kayıt ve tescili, uçuşa elverişliliğin

sağlanması, sistemleri kullanacak kişilerin sahip olması gereken nitelikleri, hava trafik hizmetleri ve İHA operasyonlarına ilişkin usul ve esasları belirlemek amacıyla yürürlüğe girmiştir. SHGM, İHA'ların ayrılmamış hava sahalarına entegrasyonu ile ilgili dünyadaki çalışmaları takip ederek uyumlaştırma çalışmalarını sürdürmektedir.

İlgili otoriteler tarafından standartlar listesi Çizelge 1.4'de sunulmuştur.

Çizelge 1.4. İHA Standartları [6]

Sistem	Standart	Otorite
Airworthiness	STANAG	NATO
	F2501	ASTM
	E.Y013-01	EASA
Aviation Software	DO 178B	RCTA
C3/Data Link	DO 260B	RCTA
	DO 282B	RCTA
	DO 264	RCTA
	STANAG 4660	NATO
	STANAG 7085	NATO
General UAS	DO 304/320/264	RCTA
	UAS SARPS	ICAO
Sense Avoid	F2411	ASTM
	DO 289	RCTA
	PFP(N*)D(08)0002	NATO
	DO264	RCTA
UAV Control Systems	STANAG 4586	NATO
UAV Aircrew Training	STANAG 4586	NATO
	ARP 5707	SAE
	F2635 / F2636	ASTM
	8219.1-3.6	DCMA
	CJCSI 3255.01	CJCS J7

Ülkeler kendi hava sahası yönetiminde otoritelerin belirlemiş olduğu mevcut şartlarda yayınlamış oldukları mevzuatlara örnekler Çizelge 1.5’de verilmiştir.

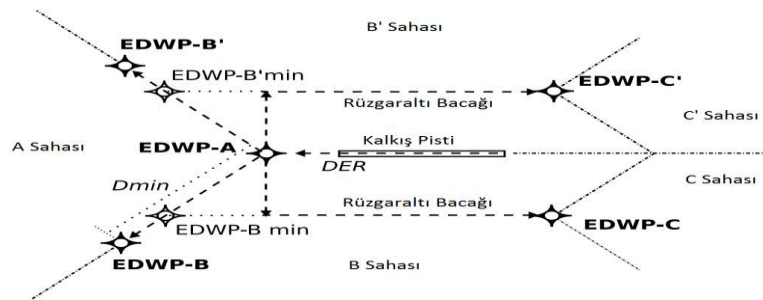
Çizelge 1.5. (Düzenlenmiştir) İHA Ulusal Mevzuat [6] (6 No’lu referans üzerinden güncellenmiştir)

Ülke	Sertifika/Lisans	Kapsam	Yönerge
* Türkiye	İHA Talimatı	Uçuşa Elverişlilik Sınıflandırma Uçuş Operasyon	SHT-İHA
Avusturalya	İşletme Sertifikası	Genel Eğitim ve Lisans Operasyon Uçuşa Elverişlilik Bakım ve İdame Emniyet Yönetimi	AC 101-1 AC 101-4 AC 101-5 AC 101-6 AC 101-7 AC 101-8
Canada	İHA Pilot Lisansı	<35kg unless CPL	CAR
EASA	İHA Kuralları	Operasyon	A-NPA 2015-10
ICAO	İHA	Genel	Cir 328 AN/190
Malezya	İHA Uçuş Talimatı	>20 kg ve >400 kg	AIC 04/2008
UK	CPL(U)	>150 kg	CAP 722
NATO	Uçuşa Elverişlilik	150 kg ve altı Sabit kanat İHA	NATO STANAG 4703
		150 kg ve 3175 kg arasında döner kanat İHA	NATO STANAG 4702
		150 kg ve 20000 kg arası sabit kanat İHA	NATO STANAG 4671
USA	İşletme Sertifikası	Genel	FAA 7610.4
	Özel Uçuş Müsaadesi	Özel	14 CFR 91.319
	Model Uçak Operasyonları	Ticari Olmayan	AC 91-57

Bu çalışma boyunca CONOPS (Concept Operations)'lere ve yukarıda belirtilen otoritelerin dokümanlarına başvurulmuştur. Belirtilen otoritelerin birincil amacı her geçen gün artan İHA'ların hava sahasına emniyetli entegrasyonudur [6].

Çalışma kapsamında İHA'lara özgü uçuş prosedürlerinin oluşturulmasına yönelik çalışmalar incelenmiş ve uçuş prosedürleri geliştirilmesine yönelik sınırlı sayıda yayına ulaşılmıştır. Bunlardan J. Kamienski ve J. Semanek tarafından gerçekleştirilen çalışmada kontrollü hava sahasındaki İHA sitemlerine hava trafik kontrol bakış açısı ile değerlendirmeler yapılmıştır. İlgili çalışmada İHA hava araçlarının her geçen gün arttığı bu artan trafiklerin hava sahasına entegrasyonun da hava trafik kontrolü üzerindeki etkileri incelenmiştir. Günümüzde Global Hawk, Predatör ve Anka hava araçları uydu kontrollü uçuş yapabildikleri için hava sahasını insanlı hava araçları ile müşterek kullanmaktadırlar. Çalışmada İHA hava araçlarının hava trafik yönetimine çok fazla etkileri olduğunu, uçuş profillerinin insanlı hava araçları gibi belirlenen yol noktaları yerine enlem/boylam coğrafi koordinat kullandıkları gözlemlenmiştir. Hava aracının yerdeki kontrolleri nedeni ile gecikmeleri de hava trafiğinin yönetiminde olumsuz etkileri bulunmaktadır. Hava aracı uzaktan komuta link kapsam dışındaki uçuşlarından kaynaklı link kayıpları da ilave zorlukları bulunmaktadır. Çalışmada İHA hava araçları için buna benzer hava trafiğini etkileyen sorunlara bakılmış ve bunları ortadan kaldıracak prosedür, otomasyon ve politika değişiklikleri kapsamında farklı yaklaşımlar gözden geçirilmiştir [55].

Bir diğer araştırmada Prats, X. ve arkadaşları VFR ortamda İHA'lar için kalkış ve yaklaşma prosedür önerileri geliştirmiştir. Çalışmada İHA hava araçları ile insanlı hava araçlarının birlikte uçuşları değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme doğrultusunda önerdikleri manevra Şekil 1.9'de verilmiştir [56].



Şekil 1.9. EDWP tanımlamaları [56]

Bu alışmada İHA'ların arka rüzgar limitlerinin düşük olması nedeni ile kategori – 3 İHA sisteminin mevcut hava trafiğini olumsuz etkilemeden, insanlı hava araçları ile birlikte emniyetli uçuş icra edilmesi için ön tanımlı yollar oluşturarak hava trafiğinin yönetimine katkı sağlanması amaçlanmıştır. Bu kapsamda İHA'ların ön tanımlı yol planlamasında İHA performans kriterlerine, havaalanı ve hava sahası verilerine, prosedür tasarım kriterlerine ihtiyaç bulunmaktadır. Önerilen ön tanımlı yollar ile İHA'ların daha emniyetli ve daha güvenilir IFR uçuşlar yapacağı öngörülmektedir. Ayrıca belirlenen ön tanımlı yollar hava sahasını kullanan diğer paydaşlar tarafından da bilineceğı için uçuş emniyetine olumlu katkı sağlayacaktır.



2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. İHA-3 hava aracı ve alt sistemleri

Bu çalışmada bahsedilen İHA sistemi, 24 saat havada kalabilen, 25000 ft irtifa tavanı olan, 200 km menzile sahip azami kalkış ağırlığı 1700 kg, azami seyir hızı 90 kt olan, gece ve gündüz her türlü hava koşulunda uçuş yapabilen bölüm 1.3'te belirtilen İHA sınıflandırmasına göre ağırlık sınıfında İHA-3, irtifa ve havada kalış süresine görede operatif sınıf bir İHA sistemidir.

Uçaklar maksimum iniş ağırlığında, iniş konfigürasyonunda ICAO 8168 dokümanına göre IAS stall hızları ve manevra kabiliyetleri dikkate alınarak A, B, C, D ve E olmak üzere 5 yaklaşma kategorisine ayrılmaktadır [57]. Bu uçaklardan en düşük hızda olan A kategorisi olup, yukarıda bahsedilen İHA performans değerleri dikkate alındığında bu çalışmada A yaklaşma kategorisi olarak kabul edilmiştir. Uçuş prosedürlerine yönelik yapılan hesaplamalarda kategori A değerine ilişkin veriler referans alınmıştır.

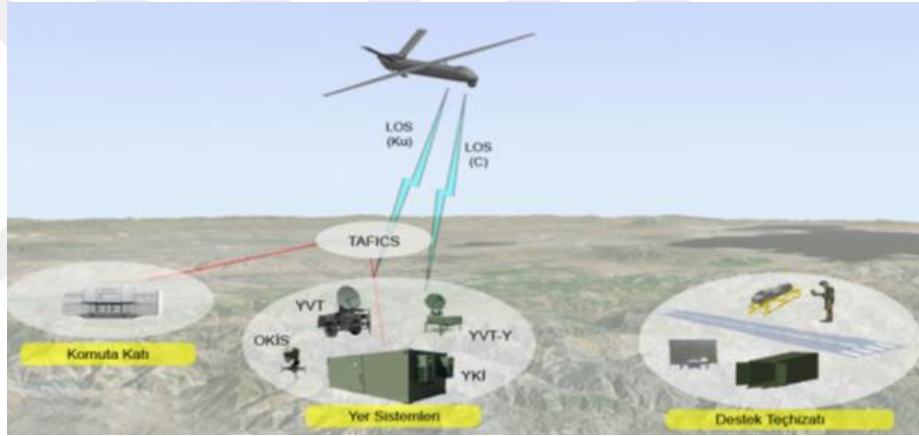
Hava aracının emniyetli otomatik kalkış ve inişini gerçekleştiren OKİS yer terminali (OYT) bulunmaktadır ve yaklaşma noktası bu referans alınarak oluşturulmuştur. OKİS sisteminin tam ortada olması nedeni ile teker koyma noktası pist başından 1500m sonra olmaktadır. İHA hava aracı tam yedekli otomatik iniş/kalkış sistemine sahiptir. Birincil iniş kalkış/ sistemi uygulama olarak DGPS (Differential Global Position System), ikinci iniş/kalkış sistemi ise TS(Track System/Radar Takip Sistemi)'dir. Herhangi bir sistem birincil ya da ikincil sistem olarak seçilebilmektedir.

Seçilen hava aracında da Bölüm 1'de belirtilen destek bileşeni kapsamında hava aracı ve yer sistemlerinin işletim, hazırlık ve bakım aşamalarında kullanılmak üzere jeneratör, uçak taşıma arabası, çeki demiri, taşıma konteyneri, yakıt doldurma aracı, tartım seti, taşınabilir test bilgisayarı, faydalı yük sehpası ve bakım/arıza giderme işlemleri için kullanılan yer destek teçhizatları (YDT) bulunmaktadır.

Hava aracı iletişim bileşeni kapsamında üzerinde bulunan GPS (Global Position System) sistemi sayesinde bulunduğu koordinatı anlık olarak DATALINK (YKİ-uçak arası kontrol ve veri akışı sistemi) sistemleri vasıtası ile YKİ'na aktarmaktadır. Bu sayede coğrafi koordinat sisteminin ilgili görev bilgisayarında harita üzerinde bindirilmiş Hava aracı semboljisi sayesinde anlık olarak takip olanağı sağlanmaktadır. Böylelikle olası bir kaza kırım sonrasında uçak yeri tespit edilmesi ve hava sahasında mevcut notam ve yolları görüp uçuş yapmasını sağlanmaktadır.

Ayrıca hava aracında gece uçuş yapabilmesini sağlayan aydınlatmalar, uçuş için gerekli transponder, telsiz, sayısal haritalar ve INS/GPS ekipmanları bulunmaktadır.

İHA ve alt sistemlerin çalışma prensibi gösterir Şekil 2.1 de detayları ile verilmiştir.



Şekil 2.1. İHA ve Alt Sistemleri [38]

Mevcut şartlarda hava aracının uçuş usulleri ayrılmış hava sahasında yapılmakta olup, hava aracında mevcut kabiliyetler olması beklenmektedir.

Geçici uçuş kısıtlamaları: İHA'ların Türkiye hava sahası dahilinde yaptıkları uçuşlarında diğer hava araçları için kısıtlamalar veya ekipman gereklilikleri İHA'lar içinde geçerlidir.

Positif radar kontrollü hava sahası: İlgili hava sahasında uçuş için gereken Mod C transponderları olmalı, IFR uçuş planı sahip olmalı ve hava trafik kontrolörleri ile çift yönlü telsiz iletişimi olmalıdır.

Görsel yardımcılar: Hava aracı üzerinde bulunan sistemler ile diğer hava araçları taranarak kazadan kaçınılması sağlanmalıdır.

Telefon iletişimi: Link kaybı durumunda YKİ ile hava aracı arasında bağlantı kopmakta ve hava aracı önceden belirlenmiş rota ve usul ile geri dönüş rotasını uygulamaktadır. YKİ ve ATC arasında iletişim telsiz ile olamayacağı için YKİ de telefon bulunmalı ve yapılacak usuller ATC birimine iletilmelidir. [58]

2.1.2. İHA performans verileri ve kısıtlar

Uçuş prosedür tasarımında havaalanı ve çevresi, mania durumu, tahditli sahalar vb. yanı sıra uçak performans verileri belirleyicidir. Bu çalışmada dikkate alınan İHA-3 sistemi aşağıda Çizelge 2.1’de verilen performans özelliklerine sahiptir.

Çizelge 2.1. Hava Aracı Performans Verileri

Maksimum Hız	108 Kias
Minumum Hız	82 Kias
Kalkış Hızı	79 Kias
Tırmanma Hızı	91 Kias
Seyir Hızı	90 Kias
İlk Yaklaşma Hızı	83 Kias
Son Yaklaşma Hızı	83 Kias
İniş Hızı	73 Kias
Max.Yatış Açısı	15 Derece

2.1.3. Çalışma bölgesi

Çalışma bölgesi olarak Mürted havaalanı belirlenmiştir. Bu havaalanı protokol kapsamında İHA hava araçlarının ilk uçuşlarını yaptığı havaalanıdır. Mürted havaalanı LTAE ICAO koduyla 40 03 56 N - 32 33 58 E merkez olmak üzere 14 NM yarıçaplı dairenin pist eksenine 4 NM doğusunda piste paralel bir kiriş ile kesildiğinde batıda kalan yarım daire ve alt sınırı yer seviyesinden başlayarak üst sınırı FL-120 dahil olan kontrol sahasına (CTR: Control Zone) sahiptir [59]. 03-21 oryantasyonuna sahip 45x3350 m boyutlarında tek pisti bulunan havaalanı Ankara TMA (Terminal Manoeuvring Area)

içerisinde yer almaktadır. Bu özelliği ile aynı TMA içinde yakın çevresinde bulunan Esenboğa havaalanı, Etimesgut havaalanı ve Güvercinlik havaalanı ile etkileşimlidir [59].

Mürted havaalanı yaklaşma kontrol hizmeti Esenboğa yaklaşma tarafından verilmekte olup, meydan kontrol hizmeti Mürted hava trafik kulesince belli protokoller ve önceden karşılıklı hazırlanmış ve aşağıdaki detayları verilen standart harekât usulleri kapsamında verilmektedir.

- 1) Kalkış istikametinde en fazla 2 nm açılarak 400 ft irtifaya ulaşır.
- 2) Meydan CTR sınırlarında kalmak koşulu ile 6000 ft irtifa alınır.
- 3) Belirlenen tek noktada FL120 noktasına kadar tırmanılarak çalışma bölgesine gidilir.
- 4) İniş usulünde de gidiş istikametinin ters yön uygulaması yapılarak emniyetli iniş yapılır.

Yukarıda belirtilen usuller kullanıcı ile seyrüsefer sağlayıcı arasındaki anlaşmaya bağlı sürdürülmekte olup yayımlanmış ön tanımlı yol olmadığından diğer tüm paydaşlar tarafından İHA'nın manevrası tam olarak bilinmemektedir. . İlave olarak arka rüzgar limitinden pas geçildiği durumlarda ön tanımlı yol olamaması nedeni ile de kontrolör ve pilot önceden belirlenen ve anlaşılmış bir iniş profili uygulamamaktadır. Ankara TMA'nın ortak kullanım söz konusu olduğundan aşağıda belirtilen insanlı hava araçları için olan kriterlere uyulacak şekilde uçuş öncesi planlamalar yapılmaktadır. Bunlar;

- 1) Türkiye uçuş bilgi bölgesi (FIR: Flight Information Region) dâhilinde, ICAO dokümanlarında ve Türkiye havacılık bilgi yayınında (AIP: Aeronautical information publications) yayımlanmış hava trafik usul ve kaideleri uygulanmaktadır.
- 2) Ankara FIR'ı dahilinde saha kontrol yetki ve sorumluluğu Ankara bölge kontrol merkezi (ACC: Area Control Center), Ankara TMA dahilindeki meydanlara yaklaşma kontrol hizmeti yetki ve sorumluluğu Esenboğa APP'a, Ankara TMA dahilindeki her meydanın meydan kontrol hizmeti yetki ve sorumluluğu o meydanın kontrol kulesine aittir.
- 3) TMA' ya kontrollü yollar dışından gelecek IFR / VFR uçaklar TMA sınırına girmeden 10 dakika önce normal olarak Ankara saha kontrol merkezi (ACC) ile,

mümkün olmaz ise Esenboğa yaklaşma (APP) ile (direkt veya imkan bulamazsa TMA dahilinde ki kuleler aracılığı ile) temas edip müsaade talep edeceklerdir.

- 4) Ankara TMA dahilinde yapılacak uçuşlar ile TMA' ya hariçten girecek veya TMA' dan harice gidecek bütün uçuşlar için (IFR-VFR) Türkiye AIP' sinde belirtildiği üzere bir ICAO uçuş planı doldurulacaktır.
- 5) İHA uçaklara verilecek hava trafik talimatlarında araziye nazaran emniyet yükseklikleri ve İHA limitler dikkate alınmak suretiyle bu trafikleri mümkün olduğu kadar IFR trafiğin yolu üzerinden uzaklaştırmak prensibi esas alınacaktır.
- 6) Ankara TMA içerisinde, CTR'ların dışında yapılacak tüm uçuşlarda Esenboğa lokal basınç değeri bağlanacaktır.
- 7) Genel olarak, İHA uçuşların meskun mahaller üzerinde yapılmasından kaçınılacaktır [59].

Hava aracının çalışma sahasında yaşayacağı acil bir durumda izlenecek yollar İHA'ların emniyetli operasyonu açısından ayrı bir öneme sahiptir. Bu acil durumlar link sistem arızası, telsiz arızası, motor arızası, pist kapanması ve arama kurtarma çalışmaları şeklinde listelenebilir. Bu özel prosedürler her hava aracında olduğu gibi uçak manuelinde (AFM: Aircraft Flight Manuel) yayımlanmaktadır.

2.1.4. İHA simülatörü

Çalışmada kullanılan simülatör alt yapısı temel olarak yer ve hava kısmı olmak üzere 2 bölümden oluşmaktadır. Şekil 2.2 de simülatör alt yapısının hem yer hem hava kısmı gösterilmektedir.

Yer kısmı

Simülatör yer kısmında hava aracının kontrol bileşeni olan YKİ'de bulunan yazılım ve sistemler bulunmaktadır. Bunlar;

HAKB (Hava Aracı Kontrol Bilgisayarı)Yazılımı

- HAKB yazılımı hava aracını yerden kontrol ederek anlık durumunu görsel olarak pilota iletilmesini sağlar.
- Hava aracından gelen telemetri verilerini pilot kamera ekranına yansıtır.

- Yerden yüklenen tüm komutları hava aracının uygulamasını sağlar.

GPY (Görev Planlama Yazılımı) ve GÖRSİS (Görev Sistemleri) Yazılımı

- Görev planını sisteme girilmesini ve ekranda takip edilmesini sağlar.
- Faydalı yük kontrol/takip, haberleşme, ve test takip fonksiyonlarını yerine gettirilmesini sağlar.

Ekranlar ve Girdi Cihazları

- İnsan makine arayüz (İMA) ekranları, hava aracının kontrolünü sağlayan lövyeye, pedal, gaz kolu gibi girdi cihazlarından oluşmaktadır.

Hava kısmı

UKB (Uçuş Kontrol Bilgisayarı) Yazılımı

- Gerçek zamanlı UKB yazılımı, İHA'nın temel uçuş fonksiyonlarını yönetir.
- Uçuş verilerini (motor, iniş takımları, aviyonik üniteler vb.) kontrol eder ve yönetir.
- Otopilot ve uçuş yönetim sisteminin icrasını sağlar.
- Hata yönetim mekanizmalarını işletir.

Gerçek alt-sistemler ve aviyonik üniteler

Ekipman simülasyon yazılımları

Hava aracı modelleme yazılımı ("PLANT") [60]



Şekil 2.2. İHA Simülör [60]

2.2. Yöntem

Çalışma yönteminde aletli uçuş prosedür süreci temel alınmıştır. Normal şartlar kabul edilerek acil durum prosedürleri çalışma dışında bırakılmıştır. Bu kapsamda veri toplama aşamasında çalışma bölgesi ve hava aracına ilişkin verilerin yanı sıra paydaş görüşleri de alınmıştır. Çalışmada en önemli paydaş olarak İHA pilotları ve ilgili hava sahasını yöneten hava trafik kontrolörleri ile değerlendirme yapılmıştır. Paydaş görüşleri dikkate alınarak, aletli yaklaşma kategorisi A olan uçakların parametreleri ile İHA-3 kategorisindeki hava aracı verilerine göre ön tanımlı yol önerisi yapılmıştır. Tasarlanan ön tanımlı yol gerçek zamanlı simülasyon ile değerlendirilmiştir.

Ulusal ve uluslar arası mevzuatta henüz İHA'lara özgü uçuş prosedür tasarımına yönelik kurallar bulunmamaktadır ve bu önemli bir eksikliktir. Ancak bu çalışmada İHA-3'e özgü prosedür önerilerinin geliştiriliyor olması nedeni ile yukarıda açıklandığı şekilde seçilen kategori İHA'nın yaklaşma kategorilerinden CAT A ile uyumlu olduğu dikkate alınarak kategori A uçak sınıflandırmasına ait tasarım kriterleri dikkate alınmıştır.

İHA-3 hava aracının aletli uçuş usulü belirlenmesinde de İHA sisteminin diğer hava sahası kullanıcılarını etkilemeyecek şekilde aşağıdaki yeterliliğe sahip olduğu kabul edilmiştir.

Genel ilkeler

- İHA sistemleri insanlı sistemler için mevcutta var olan kural ve yönetmeliklere uygun olmalıdır.
- İHA sistemleri operasyonları diğer hava sahası kullanıcılarına risk oluşturmamalıdır.
- İHA sistemleri diğer hava sahası kullanıcılarına ek ekipman ihtiyacı doğurmamalıdır.
- İHA operasyonları insanlı hava araçları operasyonları ile eş değer olmalıdır. İlgili operasyonlarda da yer operatörü sorumludur.

ATM entegrasyonu

- İHA sisteminin entegrasyonu ile birlikte hava sahası mevcut kullanıcıları üzerinde önemli bir olumsuz etki yaratmamalıdır.

- İHA sistemlerinin hava trafik servislerinin hükmü ATC kontrolörleri için şeffaf olmalıdır.
- İHA'lar mevcut insanlı hava araçlarının mevcut uygulanan kural ve prosedürlerine uyum sağlamalıdır.
- İHA'ları mevcut uçacakları hava sahasının gerekliliklerini sağlamalıdır.
- Hava trafik kontrolörü ile uçak yer operatörü arasında sürekli olarak iletişim sağlanmalıdır.

Diğer gereklilikler

- İHA'ların mevcut hava sahasına entegrasyonu durumunda mevcutta olan riskleri artırmamalıdır.
- İHA sistemlerinin ilgili hava sahasında uçuşu için gerekli minimum ekipmanlara sahip olmalıdır.
- Mevcutta olmasa da özellikle gelecekte BLOS uçuşlarda algıla&sakın sistemine sahip olmalıdır [41].

Yöntemin kavramsal tasarımında İHA sistemlerinin ayrılmamış hava sahasında yaşanan sürecin net bir şekilde belirtmeye çalışılmış bu kapsamda hava sahası uçuş prosedür tasarımının en önemli paydaşları olan pilot ve kontrolör görüşlerine başvurulmuştur.

2.2.1. İHA pilot görüşleri

Çalışma kapsamında 10 yılın üzerinde İHA pilotluk tecrübesine sahip ortalama 3000 saat ve üzerinde uçuş yapmış (%50'si ATPL lisansına sahip) aktif görevde olan İHA pilotları ile görüşmeler yapılmıştır. İHA pilotlarının konu hakkındaki değerlendirmeleri, mevcut durum ve beklentileri aşağıda listelenmiştir.

1. Alınan hava trafik hizmeti ile ilişkili değerlendirmede pilotlar hava trafik kontrolörlerince hava aracı performans ve yeteneklerinin tam olarak bilinmediği için diğer hava araçları ile ayırma konusunda emniyet minimalarının daha geniş uygulandığını, hava aracının daha fazla motor çalıştırır bekletildiğini veya hava da daha fazla bekleme paternin de geciktirildiğini ifade etmişlerdir. Hava trafik ile ilgili diğer bir değerlendirme

ise ilk gelene ilk hizmet prensibinin dışında önceliğin insanlı hava araçlarına verildiği şeklindedir.

2. İHA uçuşmanın insanlı hava aracına göre farklı zorlukları bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi de hava aracının atmosferde karşılaştığı hava hadiselerini hissedememek (türbülans, irtifa kaybı, rüzgar, vb.), bir diğer durumda insanlı hava araçlarında olduğu gibi dış ortamın geniş bir açıdan görülmemesi de hem atmosferik, hem hava aracı ani değişimleri hissedilememesine sebep olmaktadır. Buda hava trafik yönetimi kapsamında önceden önlem alınmasını zorlaştırmaktadır.
3. İHA yerden kontrol istasyonu olan ve hava aracının uçuşlarının idame edildiği YKİ alt sistemine sahiptir. İnsanlı hava araçları kokpit ergonomisi konusunda çok büyük çalışmalar bulunmakta olup, İHA sistemleri YKİ ortamı konusunda da çalışma gerekliliği bulunmaktadır. 10-12 saatlik uçuşların bir kapalı alanda çok fazla bilgisayar ekranına bakılarak yapılması gürültü, ışık, ses gibi insan performansını olumsuz etkilemektedir. Bu kapsamda görev-uçuş süreleri, dinlenme süreleri, ekipmanların konumları, koltukların içerdeki ışık ve ekipman yerleşimlerinin bu kapsamda değerlendirilerek bir çalışmaya ihtiyacı bulunmaktadır bu da hava sahasının emniyeti açısından çok önemli faktördür.
4. SHT-İHA talimatı gereği uçuş kayıtları oluşturulmuş olmakla birlikte İHA sistemleri olarak belirttiğimiz insanlı hava araçları gibi ekipman ve hava aracına sahip hava araçlarını uçuran 24 saat hava da kalan ve 50000 ft irtifaya kadar çıkabilen bu sistemleri uçuran uçuş ekipleri için lisanslandırma, tazeleme gibi insanlı hava aracı uçuran personel gibi kuralların oluşturulması ve yayınlanması gerekliliği bulunmaktadır.
5. İHA sistemleri simülatör ortamı ile gerçek uçuşların yönetildiği YKİ ortamının aynı olması gerçek uçuşlarda İHA pilotlarında simülatör algısı yaratmaktadır. Bu da emniyet riski olarak görülebilir.
6. İHA sistemlerinin meslek hastalığı olarak göz, bel eğriliği vb. hastalıklar olup rutin sağlık muayenelerinde bunların dikkatli incelenmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

7. İHA sistemleri askeri açıdan farklı tipteki hava araçlarının birlikte yaptığı görevi (F4-F16, taarruz helikopteri, havadan ihbar uçağı, yakıt tanker uçağı, arama kurtarma helikopteri) tek başına yapabilmektedir. Bu da belli bölgede daha az trafiğin bulunmasını sağlayabilmekte hava trafiğini rahatlatabilmektedir.
8. YKİ üzerinden kontrolünde hava trafik kontrolörü tarafından girilen bir baş açısı, irtifada girilen komutun yanlış girilmesi hava aracı içinde olunmaması nedeni ile hatanın fark edilmesi gecikebilmektedir.
9. İHA sistemlerinin meteorolojik limitleri kısıtlı olması ve uzun uçuşlar yapmaları iniş meydan meteorolojisini öngörüp planlama zorlukları yaşatmaktadır. Mevcut şartlarda yedek meydan planlamaları olmaması nedeni ile de inişte sıkıntılar yaşanabilmektedir. İHA sistemlerinin base olduğu meydan Meteoroloji ofislerinin bu hava araçlarının limitlerini çok iyi bilip 24 saatlik detaylı meteorolojiyi daha hassas sunmaları gerekmektedir.
10. İHA arka rüzgâr limitleri oldukça düşüktür (<6kt) Bu nedenle pist değişikliği ihtiyacı olmaktadır. Bu durum uçuş prosedürlerinin oluşturulmasında öncelikle dikkate alınması gereken bir husustur.
11. Kontrolörlerin İHA performansları hakkındaki bilgi eksiklikleri nedeni ile İHA sistemlerinden istekleri performanslı hava araçları gibi olmakta, bu da kontrolörün uygulamak istediği ile gerçekleşen süreçte farklılığa neden olmaktadır.
12. İHA uçucu ekibi insanlı hava aracı uçucu ekiplerinden bir farkı bulunmamakta olup, aynı hava sahasını ve aynı havacılık kurallarına göre hava sahasını kullanarak uçuşlarını yapmaktalar. Fakat havacılık sektöründe uçuş ekibi ismi İHA pilotları için tam konmuş olmayıp operatör veya pilot olarak ifade edenler bulunmaktadır. Uçucu ekip açısından da bu bir rahatsızlık yaratmaktadır.
13. Bazı İHA sistemlerinde YKİ’de telsiz olması uçak üzerinde telsiz olmaması nedeni ile kalkış meydan ile iletişim sağlanmakta diğer yaklaşma ve sektörlerle telefon iletişimi sağlamak gerekmekte bu da hava trafiğine anlık veri alış verişinde farklı bölge ve havaalanlarına telefonla ulaşmakta (santral

üzerinden, meşgul olması vb.) gecikmelere neden olmakta ve telefonda diğer paydaşların duymaması nedeni ile sıkıntılara neden olabilmektedir.

14. İHA sistemlerinin bazılarında MFD (Multi Function Display) ekranlarında mevcut yollar, bekleme noktaları, notamları, havadaki uçakları görememeleri hava aracının seyrüsefer sürecini, meteoroloji radarının olmaması da içinde pilot olmadığından rota boyunca karşılaşacak havadan bir haber uçulmasına bu da uçuş emniyetine olumsuz etkileyebilmektedir.
15. İHA sistemlerinin çoğu paydaş tarafından yerden programlandıktan sonra başka bir müdahale olmadığı düşünülmesi hava aracına karşı önyargı ile yaklaşılmasını sağlamaktadır.
16. İHA sistemleri üzerinde algıla&sakın sistemlerinin olmaması, hava trafik kontrolörüne ve pilota bu uçuşlar için daha fazla hassasiyet gösterilmesini sağlamaktadır.
17. Son zamanlarda teknolojinin hızlı artışı araştırmalarda göstermiştir ki ve teknolojik gelişmeler insanın öğrenme eğrisinin üzerinde seyretmektedir. İHA sistemlerinde kullanılan yüksek teknolojinin insanlar tarafından daha rahat kullanılabilmesi için insan-makina arayüzünün geliştirilmesi gerektiği belirtilmiştir.
18. Halid Özkan tarafından yazılan insansız hava araçlarının/dronelerin Türk sivil havacılık hukukuna göre statüsü, unsurları ve ceza hukuku boyutuyla güncel sorunlarını dile getirmiş olduğu çalışmasında belirttiği gibi bu hava araçlarının hava sahasını kullanımında 3. Şahıslara vereceği zararlarda oluşacak hukuksal sıkıntılarda netleştirilmelidir.
19. Hava araçları için ön tanımlı rotaların belirlenmiş ve yayımlanmış olması pilotların yapacağı uçuş profillerinde emniyet seviyesi için önemli olduğu ifade edilmiştir.

2.2.2. Kontrolör görüşleri

Çalışma bölgesi dikkate alındığında Mürted hava trafik kulesinde görevli hava trafik kontrolörleri, Ankara TMA'da Mürted havaalanına yaklaşma hizmeti veren hava trafik kontrolörleri ve Türkiye Hava Trafik Kontrol Merkezi'nde görevli saha kontrol

hizmeti veren hava trafik kontrolörleri ile değerlendirmeler yapılmıştır. Değerlendirme sonuçları aşağıda listelenmiştir.

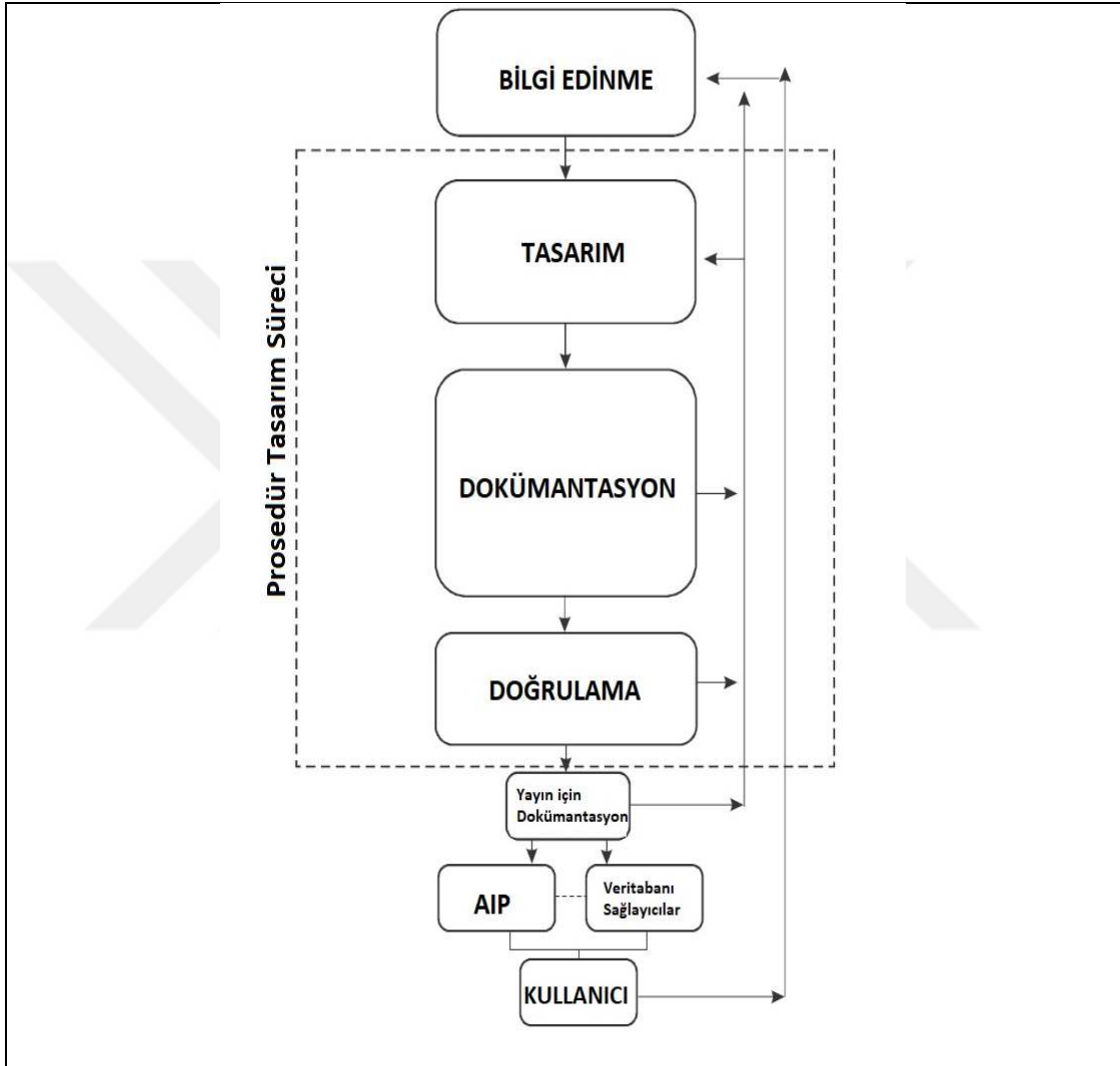
1. İHA sistemleri ülkemize çok hızlı bir giriş yaparak özellikle askeri anlamda yoğun kullanılmaktadır. Farklı kullanıcılar tarafından kullanılması ve standartlarının oluşmaması nedeni ile kontrolör – pilot iletişim yolları da farklı olmaktadır. Kullanıcıların her sektörde hava trafik kontrolörü ile telsiz iletişimi sağlamaları halinde bir sıkıntı yaşanmazken, telsiz ekipmanı olmayan hava araçlarında sektörler arası bilgilendirme tek merkezden veya her sektör telefonla aranarak yapılmaktadır. Bu şartlarda, bilgi akışında eksiklik olması halinde bölgedeki İHA uçuşlarının takibinde sıkıntı yaşanması söz konusudur.
2. Kontrolörler tarafından hava aracının planının olması, çift yönlü telsiz iletişiminin sürekliliğinin sağlanması ve hava aracının takibinin yapılabilmesi öncelikli konulardır.
3. İHA sistemlerine verilen baş, irtifa değişikliği, sektör veya bölge talimatlarına reaksiyon süreleri ve İHA hava araçlarının performansı gereği tırmanma ve kat ediş sürelerinin uzun olması nedeni ile yaşanan gecikmeler mevcut trafik ortamında hava sahasında verimli kullanımını etkilemektedir.
4. Türkiye’de uçan İHA sistemlerinin bazıları bölgedeki YVT (Yer Veri Terminali) antenlerine bağlı uçarken bazıları da uydu tabanlı uçmaktadır. Meydandaki antenlere bağlı olan hava araçları için kısıtlayıcı faktör antenlerin görüş açısında uçulması gerektiğinden kontrolörün her yönlendirdiği yere gidemiyor olması kontrolör açısından kısıtlayıcı bir faktördür.
5. İHA pilotlarının standart hava trafik kontrol frezyolojisine hakimiyeti konusunda zaman zaman iyileştirme ihtiyacı olduğu ifade edilmiştir.
6. İHA sistemleri uçuşlarında yerdeki veri antenlerine, iniş kalkış sistemlerine bağlılıkları bulunduğu için her kalkış öncesi kısa kontrolleri olmaktadır, bazı durumlarda da pist orta hattındaki kalkış/iniş sistemlerini kontrol etmeleri gerekmektedir. Bu antenlerin kontrolü pist meşguliyet sürelerini artırmaktadır.

7. Bazı İHA sistemlerinde transponder cihazı olmaması veya görev maksatlı açılmaması hava aracının radarlı kontrol hizmeti verilen hava sahasında kontrolör tarafından takibi ve diğer trafiklerden emniyetli ayrılmasını imkânsız hale getirmektedir.
8. İHA sistemleri ülkemizde ağırlıklı olarak yerdeki veri antenleri ile uçmaktadır. Bu antenlerle veri kaybı yaşandığında İHA sistemi “link loss” olarak belirtilen acil durum usulünü uygulamakta ve önceden pilotun belirlediği noktaya gelerek o noktada iniş irtifasına kadar alçalmakta ve piste otomatik iniş yapmaktadır. Bu usul pilot tarafından bilinmekle birlikte, hava trafik kontrolörleri ve diğer hava sahası kullanıcıları tarafından bilinmemektedir. Bu durum trafik karmaşasına sebep olabilmektedir.
9. İHA sistemleri için ön tanımlı rotaların belirlenmiş ve yayımlanmış olması kontrolörlerin verecekleri hizmetin emniyet seviyesi için önemli olduğu ifade edilmiştir.
10. Mevcut durumda İHA operatörleri acil durumlarda insanlı hava araçlarında olduğu gibi 7500/7600/7700 gibi standart transponderları bağlamaktadır. Bu da yaşanan sıkıntıları ifade etmek için sınırlı bir uygulamadır. Bunun yerine aşağıda önerildiği gibi bir kodlama sisteminin uygulanabilmesi halinde hava trafik kontrolörü ve İHA pilotu arasında iletişim netleşebilir.
 - 7600: İletişim Kaybı
 - 7700: Acil Durum
 - 7660: Data Link Kaybı, planlandığı gibi göreve devam
 - 7661: Data Link Kaybı, Eve Dönüş
 - 7662: Data Link Kaybı, acil durum için bekleme noktasına geliş

2.2.3. İHA aletli uçuş prosedürü tasarım süreci

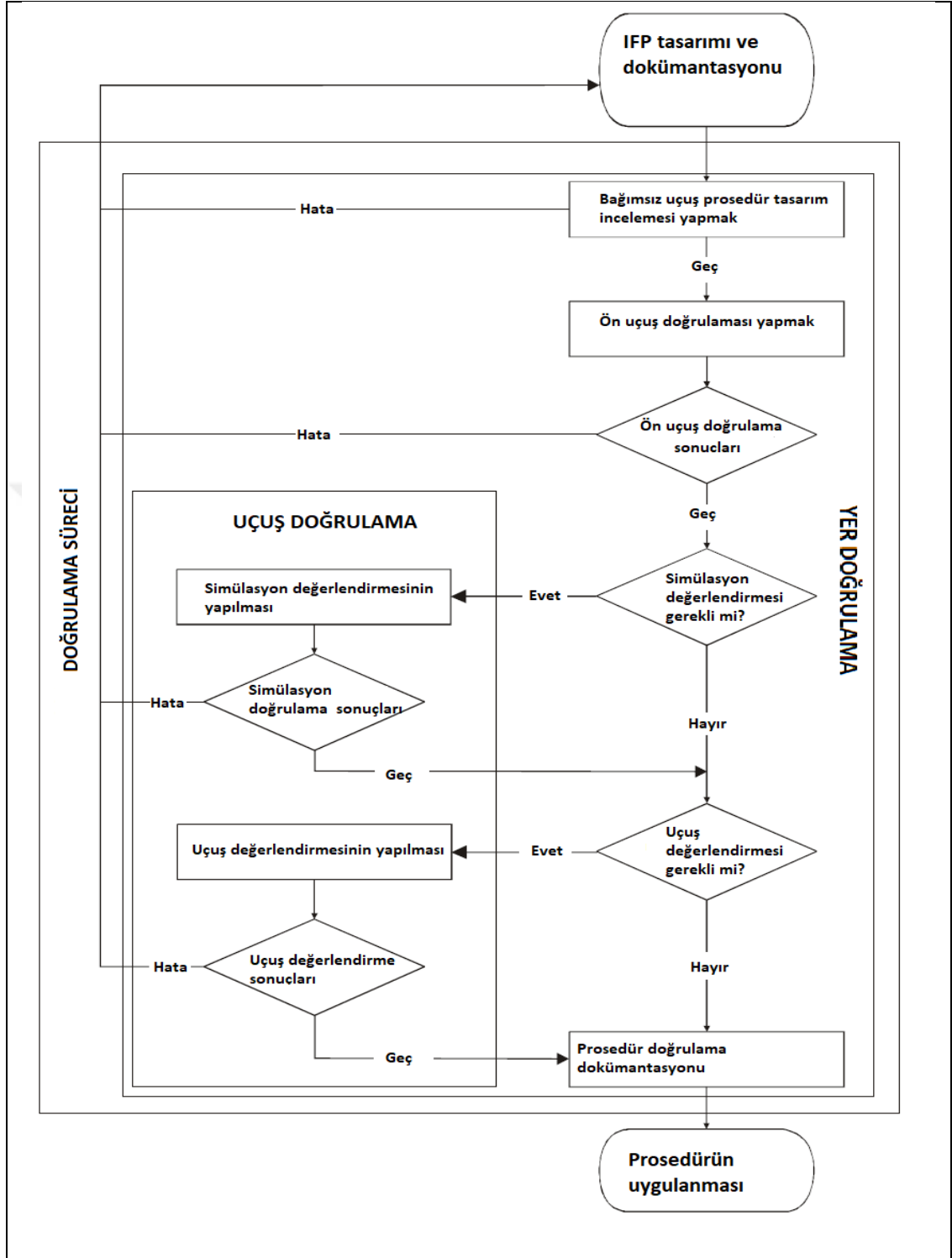
Bir aletli yaklaşma usulü 5 ayrı kısımdan oluşur. Bunlar; geliş, ilk yaklaşma, orta yaklaşma, son yaklaşma ve pas geçme kısımlarıdır. Ayrıca son yaklaşmanın sonunda gerekli görsel referansların sağlanması durumunda bir türlü yaklaşma sahası oluşturulur. Yaklaşma safhaları belirlenmiş bir fixde başlar ve biter [61].

Aletli uçuş prosedür (IFP: Instrument Flight Procedure) süreci verilerin elde edilmesi, tasarım ve prosedürün ilan edilmesini kapsar. Bu süreç pek çok girdinin derlenmesi ve doğrulanması ile başlar; ürünün yer ve/veya uçuş doğrulaması ve yayın için dokümantasyonu ile sonlanır. ICAO Doc 8168 V2 PANS-OPS Dokümanında verilen aletli uçuş prosedür süreci Şekil 2.3.'de görülmektedir.



Şekil 2.3. Aletli Uçuş Prosedür Süreci [57]

Aletli uçuş prosedür tasarımında prosedür tasarım süreci tasarım ve dokümantasyon sonrası doğrulama aşaması ile devam eder. Doğrulama yer doğrulama ve uçuş doğrulama aşamalarını içerir. Her yeni ya da güncellenen prosedür, yer doğrulama aşamasında prosedürü tasarlayandan başka bir kalifiye prosedür tasarımcısı tarafından doğrulanır. Uçuş doğrulama ise gerekli halde simülasyon değerlendirmesi ve uçuş değerlendirmesi aşamalarını içerir. Aletli uçuş prosedürleri doğrulama süreci Şekil 2.4.'de verilmiştir.

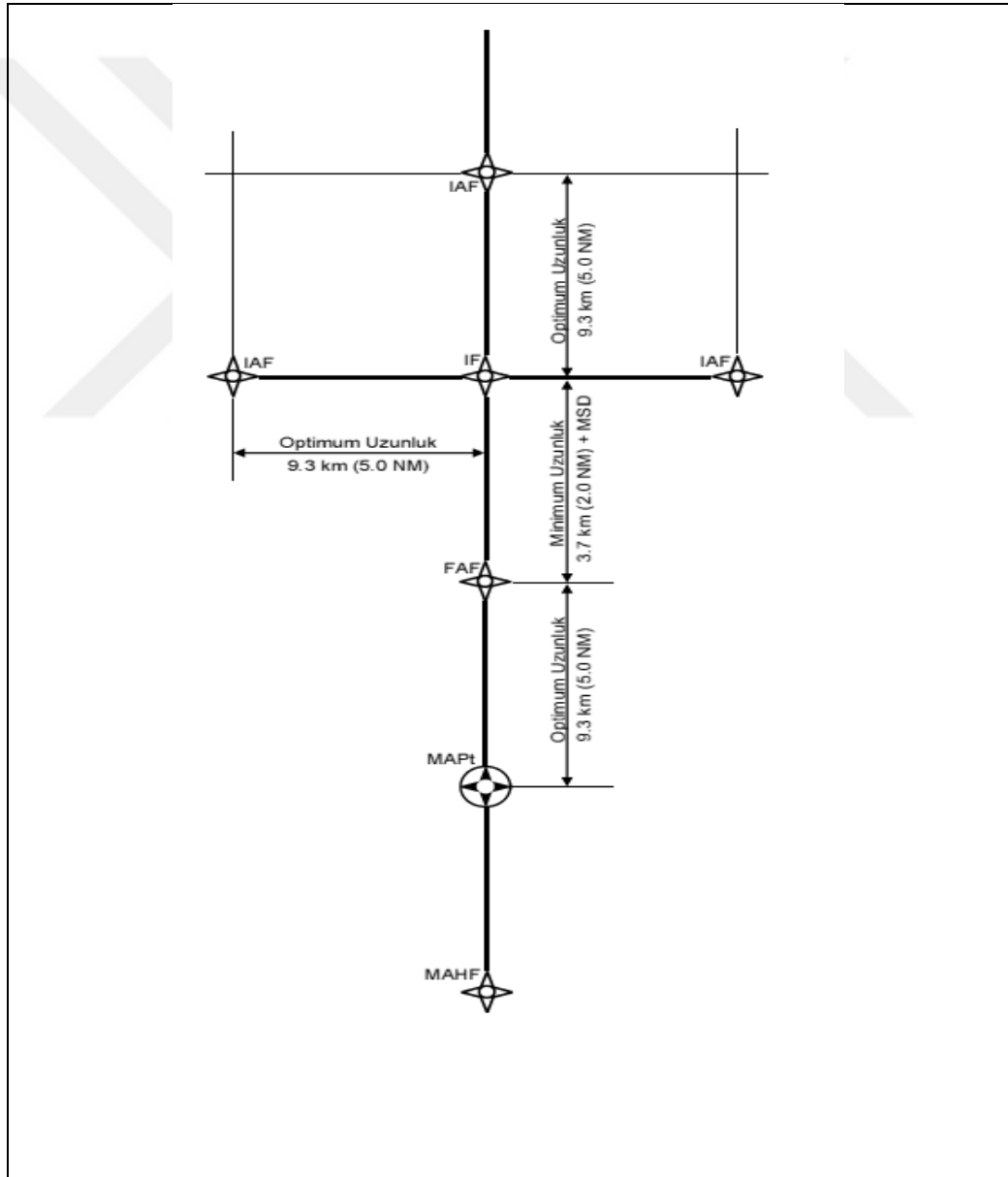


Şekil 2.4. Aletli Uçuş Prosedürleri Doğrulama Süreci Akış Diyagramı [62]

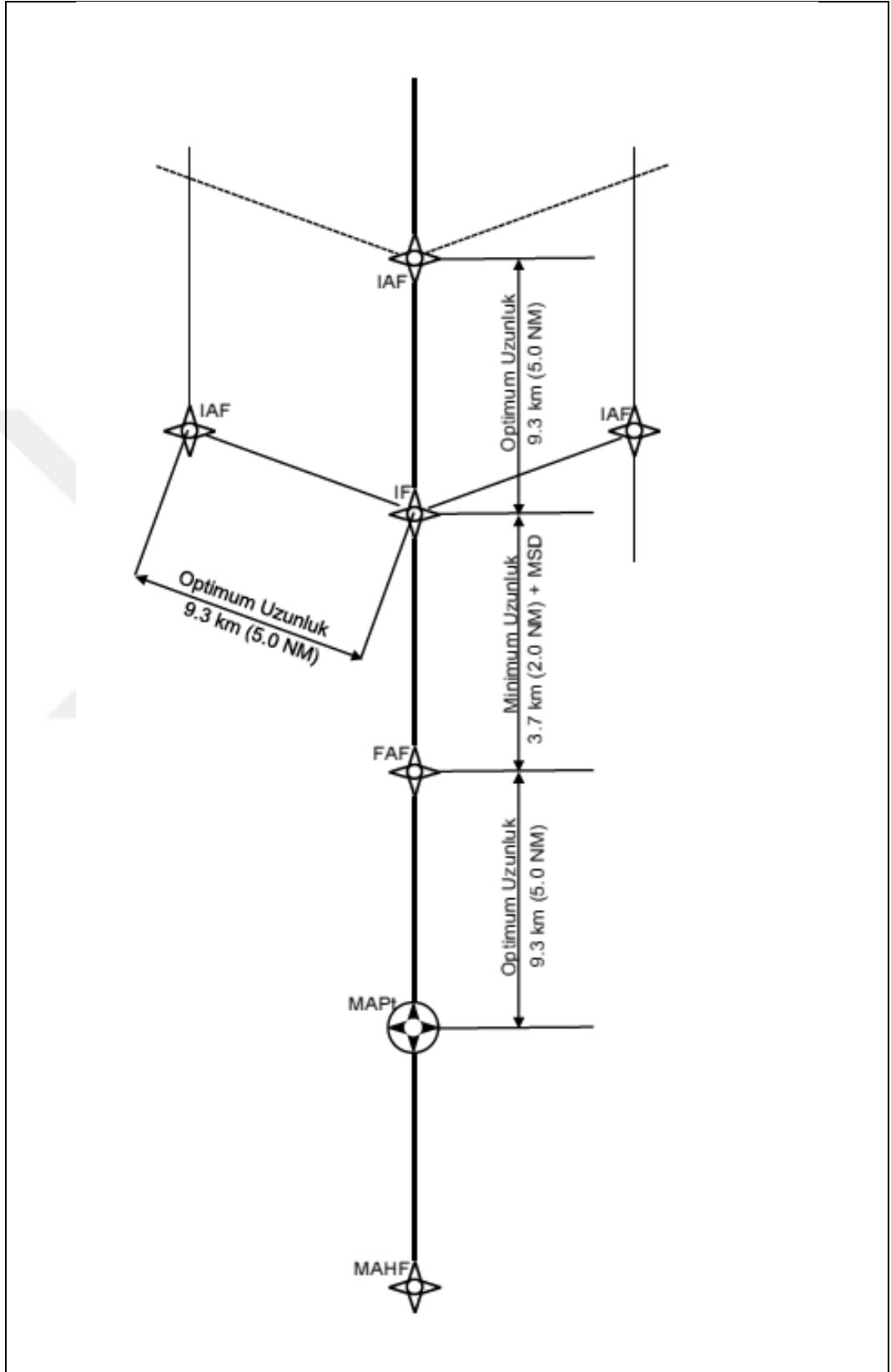
İHA-3 aletli uçuş prosedür önerisinde uydu bazlı seyrüsefer sistem (GNSS-Global Navigation Satellite System) kullanımına bağlı saha seyrüsefer (RNAV: Area Navigation) prosedür önerisi geliştirilmiştir. Tercihli pistin RWY 03 olması sebebi ile prosedür tasarımlarında RWY03 referans alınmıştır.

RNAV T- Y BAR prosedür tasarımı

RNAV İstasyon referanslı seyrüsefer sistemlerinin erişim alanı dahilinde, uçağın kendi kendine seyrüsefer limitleri dahilinde ya da bunların bileşme sayesinde uçağın istediği güzergahta uçmasına imkan tanıyan seyrüsefer yöntemidir [14]. İHA sistemleri “Basic GNSS” temelli uçuş kabiliyetine sahip olması nedeni ile RNAV rotalar boyunca uçuş gerçekleştirebilmektedir. Bu çalışmada RNAV T ya da Y bar prosedür tasarım kriterleri dikkate alınarak İHA yaklaşma iniş prosedür önerileri verilmiştir. Aşağı Şekil 2.5’te T bar genel görünümü Şekil 2.6’da Y-bar genel görünümü yer almaktadır.



Şekil 2.5. T-BAR Genel Görünüm [62]

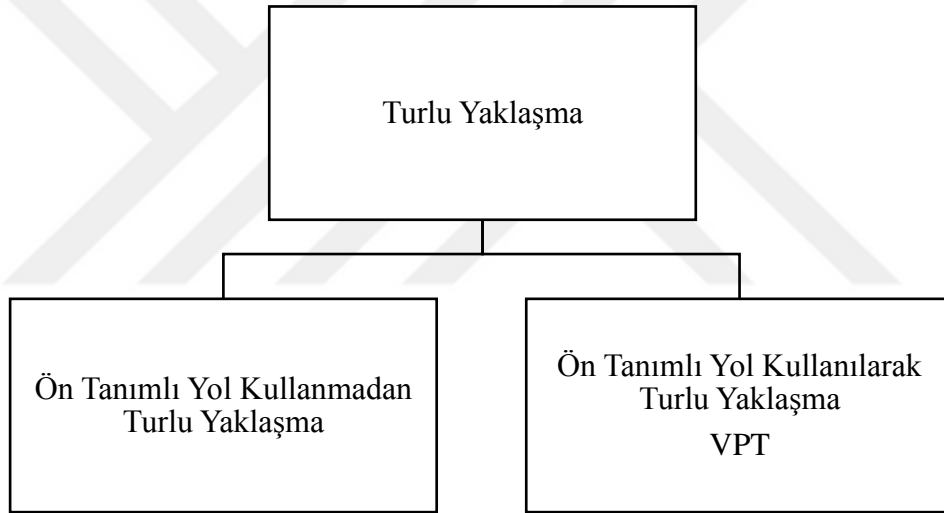


Şekil 2.6. Y-BAR Genel Görünümü [62]

Ön tanımlı yol

Direkt yaklaşma için uygun olmayan şekilde konuşlandırılmış hava aracını bir pist üzerine iniş için gerekli pozisyona getiren ve bir alet yaklaşmasının son yaklaşma safhasının tamamlanmasından sonraki uçuşun görsel safhası turlu yaklaşma (circling approach) olarak ifade edilmektedir. Turlu yaklaşma Çizelge 2.2’de gösterildiği üzere ön tanımlı yol kullanmadan ve ön tanımlı yol kullanarak olmak üzere ikiye ayrılır. Bu çalışmada ön tanımlı yol kullanarak gerçekleştirilen görerek ön tanımlı yol (VPT: Visual Prescribed Track) önerisi geliştirilmiştir. VPT belirlemek için yol noktalarından referans alınmıştır. Ancak VPT’nin kullanımı görsel şartların sağlanmasına bağlıdır. [63]

Çizelge 2.2. Turlu Yaklaşma [63]



Aletli yaklaşma prosedür tasarımında dikkat edilen en önemli unsurlardan biri hava araçlarının hızıdır. Aletli yaklaşma sınıflandırması ICAO 8168 dokümanına göre A’dan E’ye yapılmakta olup, hava aracının iniş ağırlığı ve iniş konfigürasyonundaki IAS değer, referans olarak sınıflandırılmaktadır. ICAO 8168 dokümanındaki sınıflandırma limitleri aşağıda verilmiştir.

Kategori A - 169 km/h (91 kt) ‘den daha az (IAS)

Kategori B - 169 km/h (91 kt) yada 224 km/h (121 kt) ‘den daha az (IAS)

Kategori C - 224 km/h (121 kt) yada 261 km/h (141 kt) ‘den daha az (IAS)

Kategori D - 261 km/h (141 kt) yada 307 km/h (166 kt) ‘den daha az (IAS)

Kategori E - 307 km/h (166 kt) yada 391 km/h (211 kt) ‘den daha az (IAS) [61]

Farklı uçuş safhaları için uçak kategorilerine bağlı hız değerleri (IAS) aşağıda Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3. Farklı uçuş safhalarına göre hız (IAS) değerleri [63]

Hava Aracı Kategorisi	$V_{eşik}$	İlk Yaklaşma Hız Aralığı	Son Yaklaşma Hız Aralığı	Turlu Yaklaşma Max Hız	Pas Geçiş Max Hız (Orta)	Pas Geçiş Max Hız (Son)
A	<91	90/150(110*)	70/100	100	100	110
B	91/120	120/180(140*)	85/130	135	130	150
C	121/140	160/240	115/160	180	160	240
D	141/165	185/250	130/185	205	185	265
E	166/210	185/250	155/230	240	230	275

Bu çalışmada kategori A hava aracına ilişkin parametreler dikkate alınmakla birlikte hesaplamalarda referans alınan hız değerlerinde çalışmaya dahil edilen İHA-3'e ait operasyonel hız değerleri belirleyici olmuştur.

Son yaklaşma aşamasında rüzgârın değişimi ile arka rüzgâr limitlerinin aşılması halinde pist değişikliği ihtiyacı doğmaktadır. İHA pilotları ile yapılan değerlendirmelerde (Bölüm 2.2.1 madde 10) bu ihtiyaca yönelik prosedür oluşturulmasına yönelik beklenti dile getirilmiştir. Çalışmanın bu aşamasında 03 pistine yaklaşan İHA'nın 21 pistine inişi için ön tanımlı yol önerisi yapılmaktadır. Ön tanımlı yol kullanılarak yapılan turlu yaklaşımlarda ön tanımlı yolun turlu yaklaşma alanı içinde kalması gerekmektedir. Bu kapsamda Şekil 2.7'de İHA-3 için görerek manevra alanı aşağıdaki eşitlikler kullanılarak belirlenmiştir.

Hesaplamalarda kullanılan hız TAS (True Air Speed) (Gerçek Hava Sürati) olup, tüm IAS (Indicated Air Speed) değerleri TAS değerlerine dönüştürülmüştür. Bunun için irtifa değerine bağlı olarak belirlenmiş sabit katsayılar IAS değeri ile çarpılıp TAS değeri elde edilir. Aşağıdaki eşitliklerden yararlanarak eşik noktasından yarıçap değeri belirlenir.

$\bar{R}$: Eşik noktasının yarıçapı

Sbt: 0,3 NM – CAT A

IAS: 83 kt

Yatış açısı (α :15°)

Havaalanı rakımı (2765 ft)+1000': 3767 ft ~ 4000 ft => cf: 1,0892

ISA + 15°

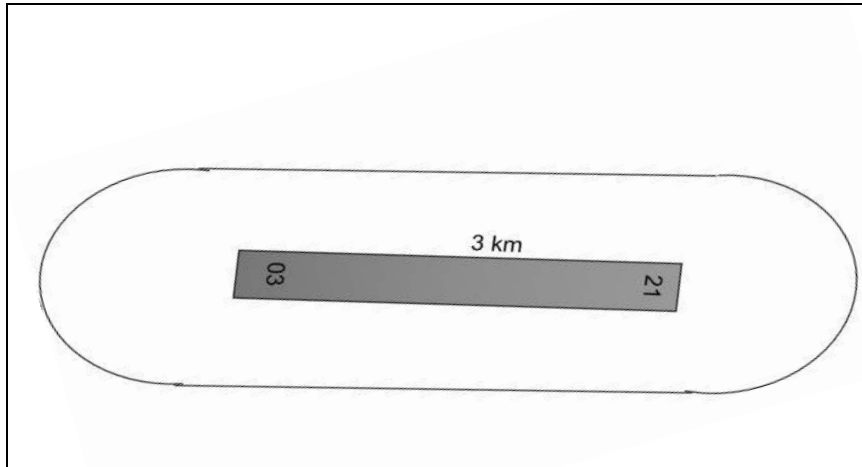
$$TAS = cf \times IAS \Rightarrow 1,0892 \times 83 = 90,4 \text{ kt} = 46,5 \text{ m/s} \quad (2.1)$$

$$Wv = 25 \text{ kt} = 12,86 \text{ m/s} \quad (2.2)$$

$$\bar{R}: 2x \frac{(TAS + Wv)^2}{g \times \tan \alpha} + sbt$$

$$\bar{R}: 2x \frac{(46,5 + 12,86)^2}{9,81 \times \tan 15} + 0,3(1852)$$

$$\bar{R}: 2x1340,5 + 555,6 = 3236,6 \sim 3237 \text{ m} \quad (2.3)$$



Şekil 2.7. Görerek Manevra Alanı

Hesaplanan eşik noktasından yarıçap değerinin İHA'ların inişte kullandıkları OKİS sistemine bağlantı sağlayabilmesi için gerekli asgari mesafenin altında olduğu

belirlenmiştir. Bu kapsamda İHA için eşik noktasından yarıçap değerinin mevcuttaki değerin iki katı olarak belirlenmesi bu çalışma kapsamında önerilmektedir.

Dönüş manevrası insanlı hava araçlarında sabit dönüş oranı ($c:3^\circ/s$) ve yatış açısına (α) göre belirlenmektedir. Bunlardan daha büyük dönüş gerektiren tasarımda tercih edilir. Bu durum aşağıdaki eşitlikte açıklanmaktadır;

$$r = \max [rc ; r\alpha]$$

$$r_{\alpha} = \frac{TAS^2}{g \times \tan \alpha} = r_{\alpha} = \frac{46,5^2}{9,81 \times \tan 15} = 823 \text{ m}$$

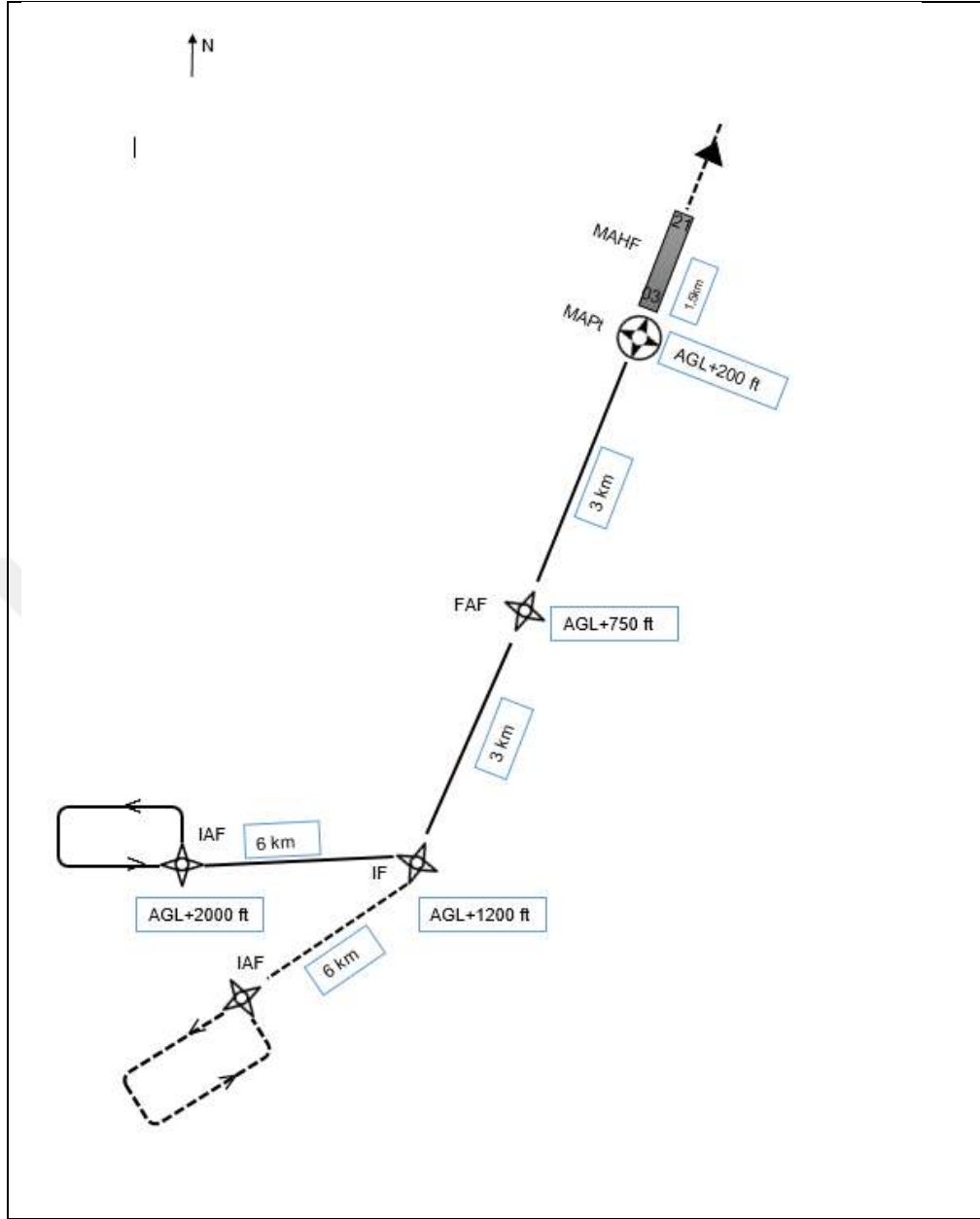
$$r_c = \frac{TAS}{c} = r_c = \frac{46,5}{0,052} = 895 \text{ m}$$

$$r = 895 \text{ m} \quad (2.4)$$

Mürted havaalanı için geliş yapan İHA trafiklerinin Mürted kontrol bölgesine giriş noktası ve havaalanı civarında mevcut tahditli sahalar ve yerleşim dikkate alındığında tek yönlü Y-T bar prosedürün çalışma bölgesine daha uygun olduğu değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra pilot geribildirimleri doğrultusunda arka rüzgar limitleri dikkate alındığında Y-T bar prosedürü üzerine son yaklaşma aşamasında pist değişikliğine de olanak tanıyan ön tanımlı rota tasarlanarak prosedür tasarımının son şekli verilmiştir. Önerilen RNAV (GNSS) yaklaşma plan görünümü Şekil 2.8’da verilmiştir.

Terminal sahası fixleri sayıca sınırlandırılmış olmamakla birlikte , ilk yaklaşma fiksi (IAF) , orta yaklaşma fiksi (IF) ,son yaklaşma fiksi (FAF), bekleme fiksi ve eğer gerekirse pas geçme noktası (MAPt) ya da dönüş noktasını (TP) içermektedir. [61]

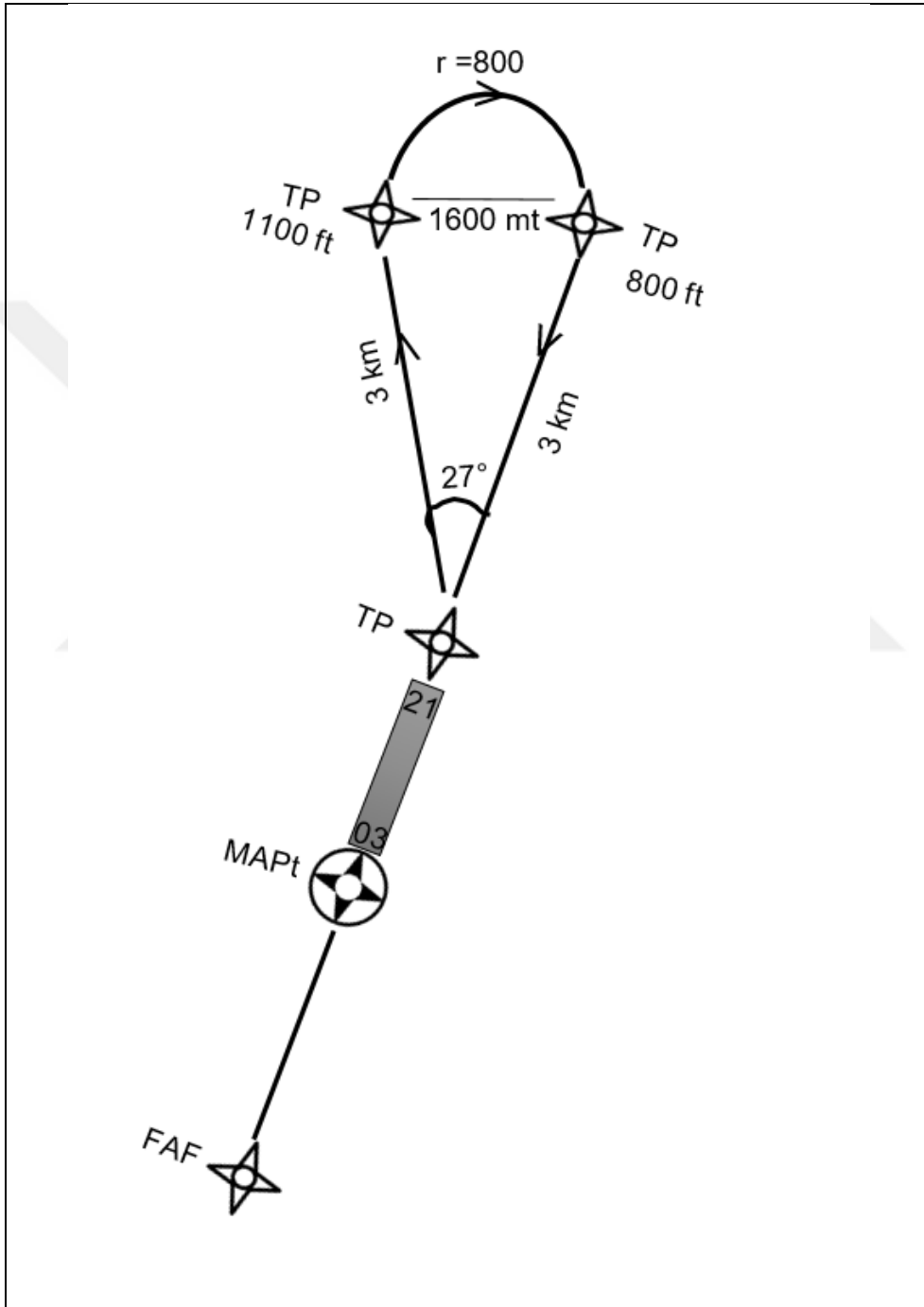
Kategori-3 İHA hava aracının Şekil 2.11’de belirtilen rotayı yapabilmesi için pist sonundan dönüş noktasına ve dönüş açısı İHA-3 hava aracı olarak değerlendirilerek hesaplanmış ve simülâtörde uygulanmıştır.



Şekil 2.8. RNAV (GNSS) Rwy03 Y-T Bar Prosedür Önerisi

Görerek manevra için önceden tanımlanmış bir yol kullanılmakta olup, bu yol hava aracı kategorileri için tasarlanmış türlü yaklaşma alanları/görerek manevra alanları limitleri içinde olmaktadır. Eğer ön tanımlı yol türlü yaklaşma alanı içinde değilse prosedür görerek manevra yerine görerek yaklaşma prosedürü adını almaktadır. Gerekli hallerde ön tanımlı yol belirlenme aşamasında radyo seyrüsefer yardımcılarından (VOR radyeli, DME yayı) yararlanılabilir. Yoldaki irtifa/yön değişimleri ile ilgili olarak referanslardan yararlanılır. Ancak radyo fikslerinin kullanımı, görsel şartların sağlanmasına bağlıdır [63].

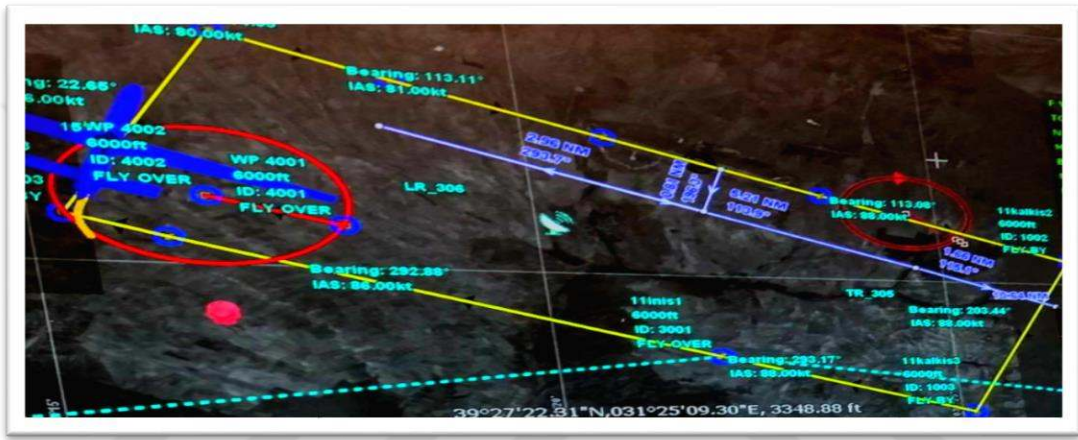
Şekil 2.8’de belirtilen yaklaşmayı gerçekleştiren İHA için arka rüzgâr limitinin aşılması halinde Şekil 2.9’da belirtildiği gibi ön tanımlı yol kullanılarak rüzgârı karşıdan alacak şekilde 21 pistine emniyetli bir inişin gerçekleştirilmesi sağlanır. Ancak ön tanımlı yolun kullanımı görerek şartların devamını gerektirir.



Şekil 2.9. RNAV (GNSS) Rwy21 Ön Tanımlı Yol Önerisi

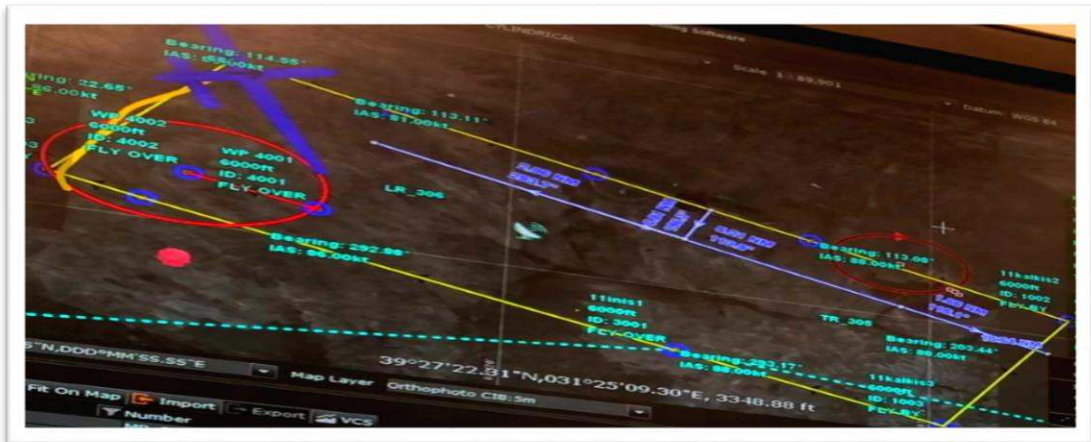
2.2.4. Simülasyon çalışmaları

Bu çalışma kapsamında İHA simülatörlerin de İHA pilotlarınca tasarlanan aletli uçuş usulleri doğrulama süreci gerçekleştirilmiştir. Simülatör çalışmasında Şekil 2.10'te gösterildiği gibi 11-29 oryantasyonlu bir havaalanına inişe gelen İHA hava aracının T-Bar prosedürü ile yaklaşma yapması sağlanmış IAF noktasında AGL+2000 ft irtifada olan hava aracı IF noktasında AGL+1200 ft'te havaalanını karşılamıştır. IAF noktası ile IF noktası arasındaki mesafe 3 nm'dir.



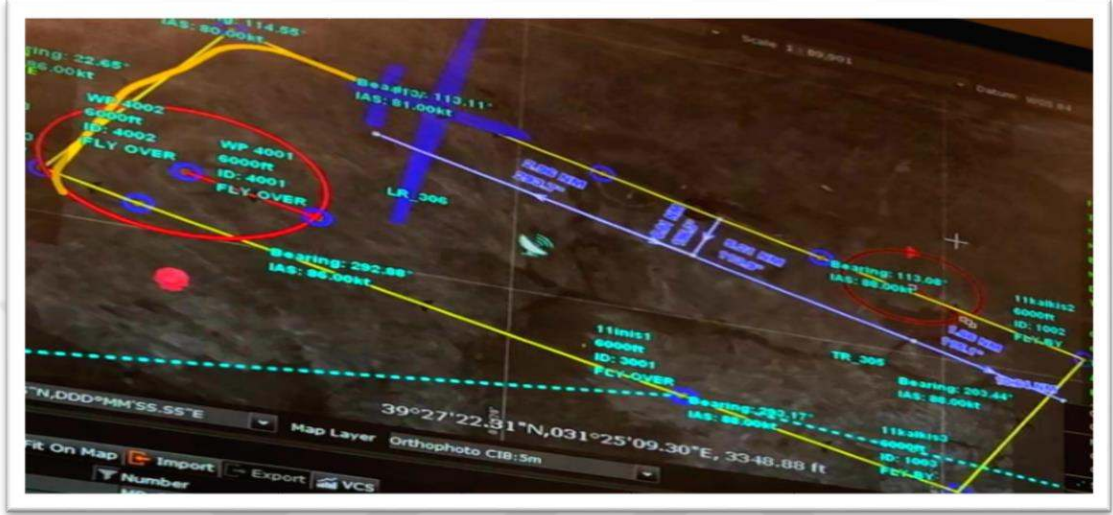
Şekil 2.10. İHA Simülatör RNAV (GNSS) Rwy11 T-Bar Prosedür Uygulaması

IF noktasına gelen hava aracı AGL+1200 ft irtifada pisti karşılamış olup, pist başına 6000 m teker koyma noktasına 7500 m mesafede bulunmaktadır. Hava aracının IF noktasındaki görünümü Şekil 2.11'te gösterilmiştir.



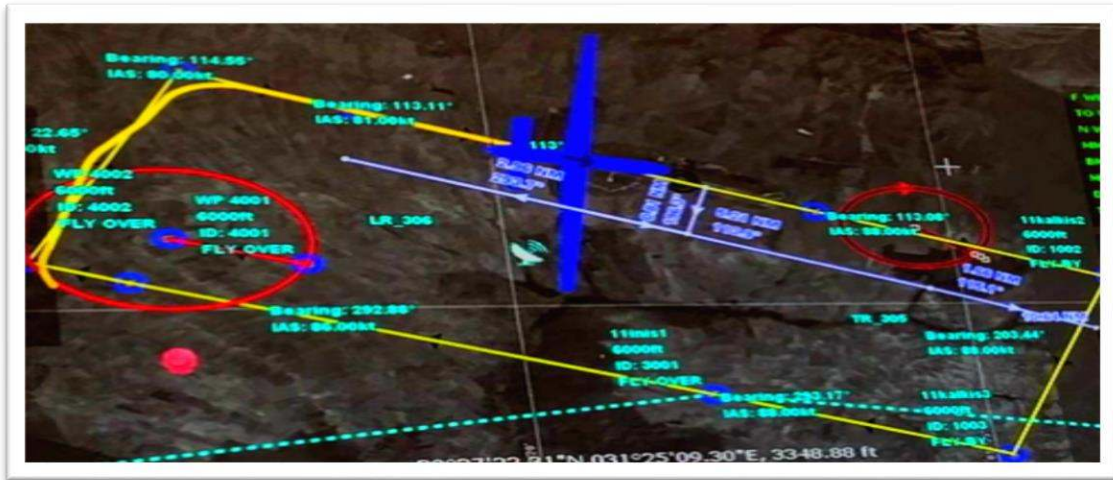
Şekil 2.11. İHA Simülatör RNAV (GNSS) Rwy03 T-Bar Prosedür IF Noktası Görünümü

IF noktasından alçalmaya devam eden İHA hava aracı FAF noktasına geldiğinde 750 ft irtifada pist başına 3000 m, teker koyma noktasına 4500 m mesafede bulunmaktaydı. Şekil 2.12’te görüldüğü gibi hava aracı IAS 82.10 kt hızla yaklaşmaya devam etmektedir.



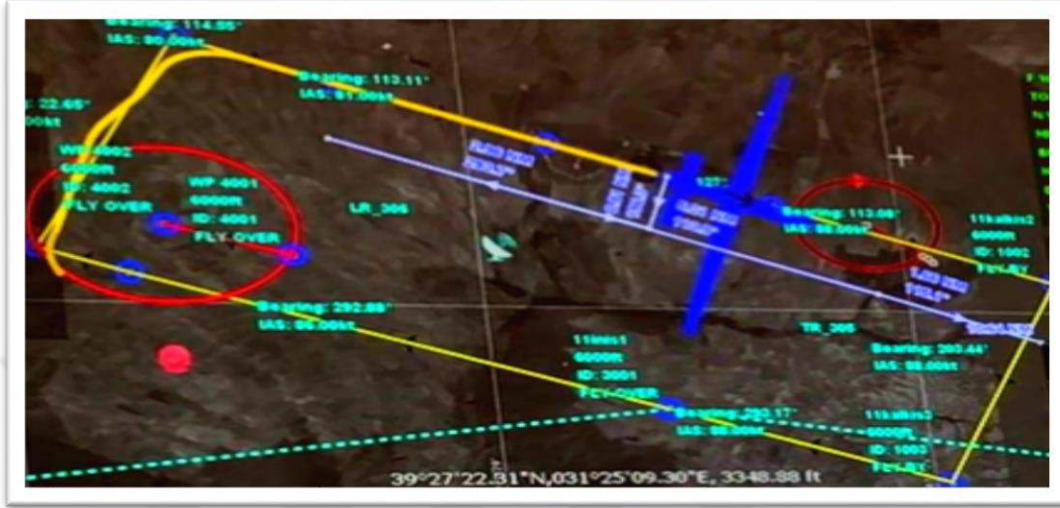
Şekil 2.12. İHA Simülator RNAV (GNSS) Rwy11 T-Bar Prosedür FAF Noktası Görünümü

MAPT noktasına yaklaşımda iken hava aracından alınan rüzgâr bilgisi ve kule son yaklaşımda bildirdiği rüzgâr bilgisinde arka rüzgârın 6 kt’tan fazla olması nedeni ile Rwy29 pistine iniş için ön tanımlı yol uygulanma kararı alınmış ve Şekil 2.13 da gösterildiği gibi MAPT noktasına gelindiğinde 200 ft irtifada hava aracı ön tanımlı yolu uygulamaya başlamış ve istikamette 4500 m uzaklığa doğru tırmanmaya başlamıştır.



Şekil 2.13. İHA Simülator RNAV (GNSS) Rwy11 T-Bar Prosedür MAPT Noktası Görünümü

İstikamette tırmanmaya devam eden hava aracı pist sonunda ön tanımlı yol için belirlenen noktada 25 derece dönüş açısı verilerek Şekil 2.14’de görüldüğü gibi dönüşü sağlanmıştır.



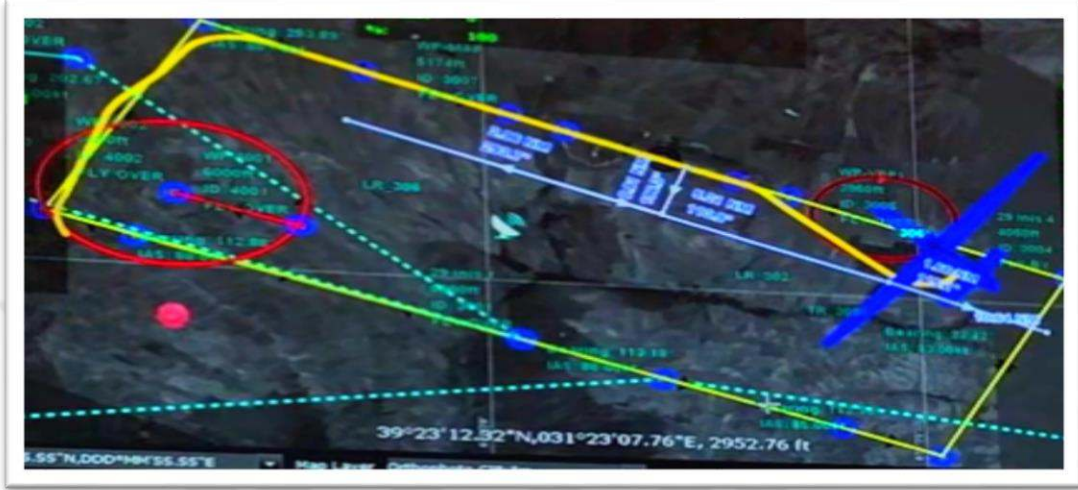
Şekil 2.14. İHA Simülator RNAV (GNSS) Rwy11 T-Bar Prosedür Pist Sonu Noktası Görünümü

Ön tanımlı yolda dönüş için belirtilen noktaya geldiğinde hava aracı otomatik olarak Şekil 2.15’te gösterildiği gibi dönüşü başlamış olup pist teker koyma noktasına mesafesi 4500 m, AGL+1100 ft irtifa ile dönüşü başlamıştır.

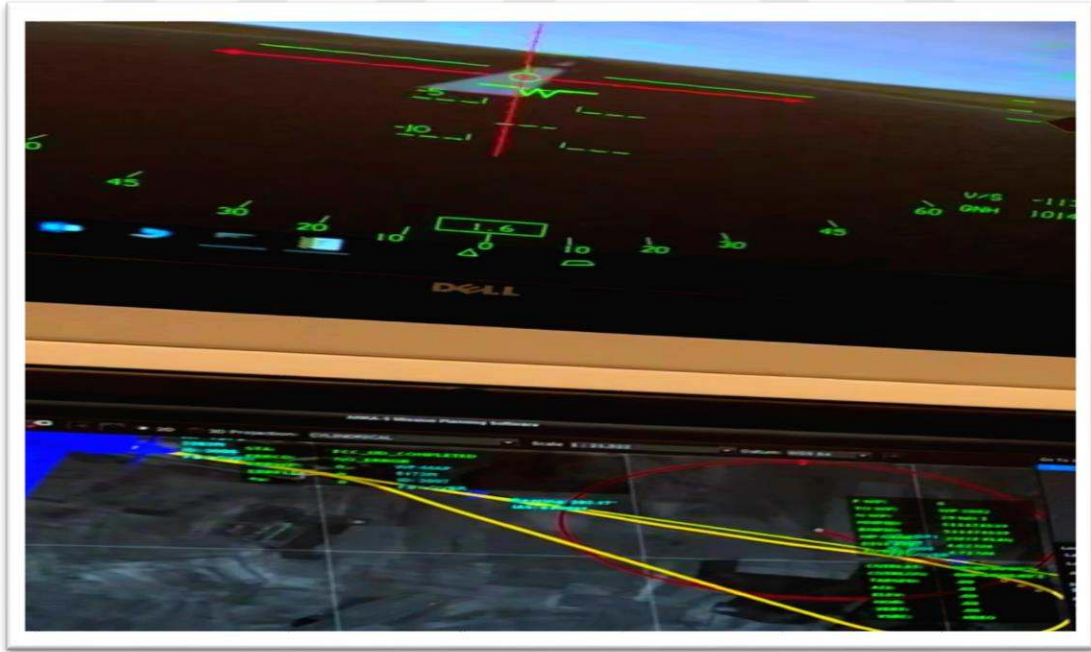


Şekil 2.15. İHA Simülator RNAV (GNSS) Rwy21 Ön Tanımlı Yol Dönüş Noktası Görünümü

Dönüş tamamlandı ve pisti karşıladığı kısımda hava aracı 800 ft irtifada piste 4500 m mesafede otomatik iniş ekranını yakalaması ile Şekil 2.16’da gösterildiği şekilde inişe geçmeye başlamış ve otomatik iniş sistemi ile emniyetli inişini Şekil 2.17’de görüldüğü gibi inişini gerçekleştirmiştir.



Şekil 2.16. İHA Simülatör RNAV (GNSS) Rwy29 Ön Tanımlı Yol Son Yaklaşma ve Autoland Görünümü



Şekil 2.17. İHA Simülatör RNAV (GNSS) Rwy29 Ön Tanımlı Yol İniş Görünümü

İHA sisteminin ön tanımlı yolu Şekil 2.18 üzerinde incelendiğinde hava aracı pist sonundan sonra 3000 m 25 derecelik açısı ile açıldığı pist orta noktası teker koyma

noktasına 4500 m uzaklaştıktan sonra dönüşe başladığı dönüş yarı çapının hesaplamalarda olduğu gibi 800 m olduğu dönüş ile pisti karşıladığı en uzak alan pist başına 4000 m olduğu dönüş ile pisti karşıladığı noktada pist teker koyma noktasına 4500 m irtifa 800 ft uzaklıkta olduğu gözlemlenmiştir. Dönüş noktası ile pisti karşıladığı noktalar arasındaki mesafe 1500 m olduğu görülmüştür.



Şekil 2.18. İHA Simülatör RNAV (GNSS) Rwy29 Ön Tanımlı Yol Mesafe Bilgileri

3. BULGULAR VE SONUÇ

Ülkemizde farklı kolluk kuvvetleri tarafından İHA sistemleri hava sahasında kullanılmaktadır. Bu çalışmada İHA sistemlerinin ayrılmamış hava sahasına entegrasyonu için aletli uçuş prosedürlerinin oluşturulmasına yönelik öneriler geliştirilmiştir. Geliştirilen öneriler İHA performansı, paydaş görüşleri, IFR/VFR kurallar, ekipman gereklilikleri, ulusal ve uluslararası mevzuatlar, uçuş prosedür tasarım süreçleri dikkate alınarak oluşturulmuştur.

İHA'lar günümüzde NOTAM'lı hava sahasında (ayrılmış hava sahasında) operasyon düzenliyor olmakla birlikte havaalanlarından yaptıkları kalkışlar, yaklaşma ve iniş operasyonlarında insanlı trafiklerle entegre çalışmak zorundadır. Bu nedenle bahsi geçen operasyonlar için ön tanımlı rotaların belirlenmesi ve yayımlanması hava sahası paydaşlarının farkındalığını artıracak, pilotlar ve hava trafik kontrolörleri açısından öngörü oluşturacak ve hava trafik yönetiminin emniyetli, etkin ve verimli olmasına katkı sağlayacaktır. Bu çalışmada da özellikle İHA'ların yaklaşma ve iniş operasyonlarına odaklanarak prosedür önerileri geliştirilmiştir. Geliştirilen önerilerde mevcutta insanlı hava araçlarının IFR operasyonlarında uyguladıkları yöntemlerden yola çıkılmıştır. İHA ve çalışma bölgesinin gereklilikleri dikkate alınarak Y-T bar prosedür tasarımı ve devamında ön tanımlı rota önerisi yapılmıştır. Çalışma kapsamında oluşturulan ön tanımlı yollar ile yaklaşma ve iniş usullerinin belirlenmesi hava da yaşanacak gecikmeleri azaltacağı ön görülmektedir.

Geliştirilen öneriler İHA pilotlarınca simülatör ortamında doğrulanmış ve geri bildirimler alınmıştır. Bunlar;

- İHA hava aracının uçuş bölgesinden önceden belirlenmiş bekleme noktasına sabit irtifa ile gelmesi hava aracı üzerinde mânia tespit ekipmanı ve insan olmaması nedeni ile hava trafiği ve mânia kontrol açısından faydalı olacaktır.
- Bekleme noktasında iniş irtifası AGL+2000 seviyelerine geldikten sonra T-Bar uygulaması ile yaklaşma paternine girmesi tüm paydaşlar açısından bilinirliğini sağlayacağı için İHA pilotlarınca olumlu değerlendirilmiştir.

- İHA'lar içinde yaklaşma safhalarını birbirinden ayırımını belirleyecek IAF, IF, FAF, MAPT tahsisinin kontrolör-pilot iletişimini güçlendireceği değerlendirilmiştir.
- İHA hava araçları için arka rüzgâr limitlerinin düşük olması bu şekilde belirlenecek ön tanımlı yol sayesinde kontrolörlere daha net iniş tahmini verilebileceği ve buna bağlı kontrolörlerin daha kolay karar alılabileceği değerlendirilmiştir.
- Simülatör uygulamasında pist başından 3000 m açıldıktan sonra dönülmesi ve pisti karşılamasında her hangi bir sıkıntı yaşanmamıştır fakat bunun altında olmaması gerektiği belirtilmiştir. Trafik müsait olduğunda 6000 m mesafeye kadar uzatmanın inişe hazırlık checklist uygulaması, iniş hattını yakalama için faydalı olacağı tavsiye niteliğinde iletilmiştir.
- Pist sonundan itibaren 25 derece ile açılmıştır, dönüşte arkadan gelen 15 kt rüzgar ile dönüşte bir sıkıntı olmamıştır ama karşıdan rüzgar olması durumunda bu açının biraz daha artırılmasının 27 derece olması daha uygun olacağı değerlendirilmiştir.
- İHA prosedürlerinin de insanlı hava araçları usulleri gibi AIP ve veri tabanı sağlayıcıları tarafından yayımlanması tüm paydaşlar tarafından daha rahat anlaşılması ve uçuş emniyeti açısından önemli olduğu bildirilmiştir.

İHA sistemleri öncelikle hava sahasındaki mevcut riskleri artırmadan ve diğer hava araçlarının uçuş emniyetini olumsuz etkilemeden uçuş operasyonları gerçekleştirmelidir. Devletler İHA sistemleri için uçuş prosedür ve standartlarını oluşturmali, uçuşa elverişlilik, pilot lisanslandırma, işletme, uçucu ekip limitleri, sağlık muayeneleri, minumum ekipman gereklilikleri, hukuki sorumluluk gibi konularda usullerini belirlemelidir.

Öncelikle tüm paydaşlar tarafından farkındalığın artırılarak pilotlar tarafından kontrolör beklentileri, kontrolörler tarafından da İHA performans parametreleri ve pilot beklentilerinin bilinmesi emniyet artırıcı unsurların başında olduğu değerlendirilmiştir.

Hava trafik hizmet sağlayıcı tarafından hava aracının İHA olduğunun ekranda görülmesinin sağlanması ve buna göre prosedür geliştirilmesi hava trafik yönetimini daha verimli olacağı değerlendirilmektedir.

Hava sahası kullanıcılarının sisteme entegre olan İHA'ları tanımaları ve uygulayacakları prosedürleri bilmeleri halinde farkındalık ile birlikte operasyonların emniyeti sağlanacaktır.

İHA uçuşlarının uzun sürmesi ve meteorolojik limitlerin düşük olması nedeni ile meteorolojinin anlık takibi hava sahasında emniyetsiz bir durum oluşmasını engelleyeceği değerlendirilmektedir. Meteorolojide anlık değişimlerde de belirlenmiş ön tanımlı yollar sayesinde hem pilot, hem kontrolör yapılacak usulleri biliyor olacaktır.

Uçuşun başlangıcı uçuş planı çekilmesi ile başlar, inişin sonlanması ile tamamlanır. Bu nedenle İHA sistemleri insanlı hava araçları tarafından uygulanan usullerinin tamamını uygulamaları, hava sahası için minimum ekipmanlara sahip olmaları etkin, emniyetli ve verimli bir hava sahası yönetimi için olmaz olmaz olduğu değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] (SHGM), Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, «İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı (SHT-İHA),» SHGM, Ankara, 2016.
- [2] S. G. Gupta, M. M. Ghonge ve P. M. Jawandhiya, «Review of Unmanned Aircraft System (UAS),» *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*, cilt II, no. 4, pp. 1646-1658, 2013.
- [3] Savunma Sanayi Müsteşarlığı (SSM), «Türkiye İnsansız Hava Aracı Sistemleri Yol Haritası (2011-2030),» SSM, Ankara, 2012.
- [4] T. Savaş ve Ö. Usanmaz, «İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin Ayrılmamış Hava Sahasına Entegrasyonu İle İlgili Mevzuatların Değerlendirmesi,» *IX. Ulusal Uçak, Havacılık ve Uzay Mühendisliği Kurultayı*, Ankara, 2015.
- [5] J. Walker, «Techmergence,» Techmergence, 2017 Sep 01. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.techmergence.com/unmanned-aerial-vehicles-uavs/>. [Erişildi: 16 Nov 2018].
- [6] K. A. Gambold, «Unmanned Aircraft System Access To National Airspace,» Royal Air Force, GAPAN North America, 2011.
- [7] R. Suppe, «USA TODAY,» USA TODAY, 2018. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.usatoday.com/story/tech/talkingtech/2018/06/26/facebook-grounds-aquila-its-solar-powered-internet-drone-project/736681002/>. [Erişildi: 20 12 2018].
- [8] Aviationtoday, «Aviationtoday,» Aviationtoday, [Çevrimiçi]. Available: <http://www.aviationtoday.com/2014/08/29/googlex-reveals-project-wing-uas-delivery-system/>. [Erişildi: 03 03 2018].
- [9] Airbus, «Airbus,» Airbus, [Çevrimiçi]. Available: <https://www.airbus.com/defence/uav/zephyr.html>. [Erişildi: 29 October 2018].
- [10] Eurocontrol, «Eurocontrol,» Eurocontrol, 2017. [Çevrimiçi]. Available: www.eurocontrol.int/news/rpas-dashboard. [Erişildi: 01 Haziran 2018].
- [11] ICAO , «Air Traffic Management Doc 4444,» ICAO, Montreal, 2007.
- [12] E. OZBEK, «Hava Trafik Yönetiminin Tanımı,» *Hava Trafik Yönetiminde Koordinasyon*, Eskişehir, 2015, p. 4.
- [13] T. Savaş, Ö. Usanmaz ve M. Karaderili, «İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin Ayrılmamış Hava Sahasına Entegrasyonu ile ilgili Mevzuatların Değerlendirilmesi,» *Mühendis ve Makina*, cilt 59, no. 691, pp. 1-14, 2018.
- [14] ICAO, «Annex 11 Air Traffic Services,» ICAO, Canada, 2001.

- [15] EUROCONTROL, «European Route Network Improvement Plan Part 3 Airspace Management Handbook : Guidelines For Airspace Management,» EUROCONTROL, 2012.
- [16] DHMI, «Görerek Uçuş Kuralları ENR1.2-1,» DHMI, Ankara, 2018.
- [17] DHMI, «AIP, Aletli Uçuş Kuralları,» DHMI, Ankara, 2018.
- [18] N. Arica, H. Cicibaş ve K. A. Demir, «İnsansız Hava Araçları için Çok Kriterli Güzergâh Planlama Modeli,» *Savunma Bilimleri Dergisi*, cilt I, no. 11, pp. 251-270, 2012.
- [19] FAA, «Integration of Civil Unmanned Aircraft Systems (UAS) in the National Airspace System (NAS) Roadmap,» FAA, 2013.
- [20] EASA, «Concept of Operations for Drones A Risk Based Approach to Regulation of Unmanned Aircraft,» EASA, 2015.
- [21] K. Dalamagkidis, K. P. Valavasis ve L. A. Pieg, «On Unmanned Aircraft System Sissues, Challenges and Operational Restrictions Preventing Integration Into The National Airspace System,» *Progress in Aerospace Sciences*, cilt 44, pp. 503-519, 2008.
- [22] ICAO, «Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS),» ICAO, Montreal, 2015.
- [23] R. Austin, «Unmanned Aircraft Systems,» *UAVS Design, Development and Deployment*, New Delphi, Wiley Yayıncılık, 2010.
- [24] EASA, «‘Prototype’ Commission Regulation on Unmanned Aircraft Operations,» EASA, 2016.
- [25] Defence, Department Of USA, «Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2005-2030,» ABD DOD, 2005.
- [26] RTCA, «Guidance Material and Considerations for UAS,» RTCA, WASHINGTON, 2007.
- [27] RTCA, «Operational Services and Environmental Definition (OSED) for Unmanned Aircraft Systems (UAS),» RTCA, Washington, 2010.
- [28] RTCA, «Operational and Functional Requirements and Safety Objectives (OFRSO) for UAS Standarts,» RTCA, Washington, 2013.
- [29] M. ZAIM, «İnsansız Sistemler Teknolojik Gelişmeler,» AFCAE, Ankara Aselsan.
- [30] P. Duddu, «Airforce Technology,» Airforce Technology, 19 11 2013. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.airforce-technology.com/features/featurethe-top-10-longest-range-unmanned-aerial-vehicles-uavs/>. [Erişildi: 16 11 2018].

- [31] S. Akyürek, M. Yılmaz ve M. Taşkıran, «Muharebe Alanında ve Terörle Mücadelede Devrimsel Dönüşüm», BİLGESAM, ANKARA, 2012.
- [32] H. Shakhathreh, A. Sawalmeh, A. Al-Fuqaha, Z. Dou, E. Almaita, K. I. N. O. Shamsiah, K. Khreishah ve M. Guizani, «Unmanned Aerial Vehicles: A Survey on Civil Applications and Key Research Challenges», New Jersey Institute of Technologies arXiv:1805.00881v1 [cs.RO], MI, USA, 19 Apr 2018.
- [33] M. G. Mangesh ve J. Pradig, «Review of Unmanned Aircraft System (UAS),» *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*, cilt 2, no. 4, pp. 1645-1658, 2013.
- [34] NTSB, «4 April 2012 MQ-9A Reaper Remotely Piloted Aircraft tail number (T/N) 05-000102 Accident Report», NTSB, USA, 2012.
- [35] M. E. Colonel ve L. Griswold, «Pectrum Management Key to the Future of Unmanned Aircraft Systems», *USAF, Air University Press Maxwell Air Force Base*, Alabama, 2008.
- [36] A. Clot, «International Operations – Concepts of Operation ICAO Working Group 1 – Airworthiness (ICAO WG1),» ICAO, Canada.
- [37] UK Civil Aviation Authority, «Unmanned Aircraft System Operations in UK Airspace – Guidance (CAP 722),» Civil Aviation Authority (www.caa.co.uk), UK, 2010.
- [38] STM, «Drone Kelimesi Odağında Türkçe Terminoloji Tartışması», STM, Ankara, Ocak 2018.
- [39] M. Arjomandi, «Classification Of Unmanned Aerial Vehicles», The Univercity of Adeladie, Australia.
- [40] A. B. Haser, «Bu İnsansız Hava Aracı’ndan Daha Önce Yapmamış Mıydık?», *Bilim Teknik*, pp. 32-37, Aralık 2010.
- [41] R. R. Cordon, F. J. S. Nieto ve C. C. Rejado, «RPAS Integration in Non-Segregated Airspace: the SESAR Approach», *Fourth SESAR Innovation Days*, 2014.
- [42] C. Radu, «ICAO Vision & Role», *Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) Symposium*, Montreal, 2015.
- [43] Y. Chynchenko, T. Tatyana Shmelova ve O. Chynchenko, «Remotely Piloted Aircraft Systems Operations Under Uncertainty Conditions», *Proceedings of the National Aviation University ISSN 1813-1166 print / ISSN 2306-1472 online.*, cilt UDC 656.7.052(045), no. N 1(66), p. 18–22, 2016.
- [44] G. Mardine, «UAS Operations,» *Unmanned Aircraft Systems EUROCAE Activities Presented at The Workshop on UAV*, 2008.

- [45] EUROCAE, «EUROCAE,» EUROCAE, 2018. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.eurocae.net/about-us/working-groups/>. [Erişildi: 28 Mayıs 2018].
- [46] EUROCONTROL, «EUROCONTROL – European Organisation for the Safety of Air Navigation,» EUROCONTROL, 2018. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.eurocontrol.int/uas>. [Erişildi: 26 Mayıs 2018].
- [47] D. Koehl, «SESAR Initiatives for RPAS Integration,» *ICAO Remotely Piloted Aircraft Systems Symposium*, Montreal, 2015.
- [48] Secretariat, JARUS, «Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems,» November 2017. [Çevrimiçi]. Available: http://jarus-rpas.org/sites/jarus-rpas.org/files/jarus_who_we_are_what_we_do_v_6_0_version_15112017.pdf. [Erişildi: 28 Mayıs 2018].
- [49] JARUS, «JARUS,» JARUS, [Çevrimiçi]. Available: <http://jarus-rpas.org/regulations>. [Erişildi: 02 NOV 2018].
- [50] FAA, «FAA,» FAA, 08 Nisan 2018. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.faa.gov/about/mission/activities/>. [Erişildi: 08 Nisan 2018].
- [51] FAA, «FAA,» FAA, 13 Ekim 2017. [Çevrimiçi]. Available: https://www.faa.gov/uas/programs_partnerships/. [Erişildi: 27 Mayıs 2018].
- [52] Ö. Acar, «İnsansız Hava Araçları ve Sertifikasyon Çalışmaları,» Ankara, 2013.
- [53] NEXTGEN, «Consept of Operations for theNext Generaion Air Transportation,» Nextgen, Washington, 2011.
- [54] J. Jewell, «Unmanned Aircraft Systems, The Global Perspective 2007/2008 pp 21–22,» *ASTM International Committee F38 On Unmanned Aircraft Systems*, 2007.
- [55] J. Kamienski ve S. J., «ATC Perspectives of UAS Integration in Controlled Airspace,» *Elsevier*, cilt 3, pp. 1046-1051, 2015.
- [56] X. Prats, L. Delgado ve P. Royo, «Departure and Approach Procedures for Unmanned Aircraft Systems in a Visual-Flight-Rule Environment,» *Journal of Aircraft*, cilt 48, no. 4, pp. 1280-1290, JUL-AUG 2011.
- [57] ICAO, «Procedures of Air Navigation Services,» ICAO, Montreal, 2014.
- [58] A. Lacher, A. Zeitlin, D. Maroney, K. Markin, D. Ludwig ve J. Boyd, «Airspace Integration Alternatives for Unmanned Aircraft,» *Presented at AUVSI's Unmanned Systems Asia-Pacific*, Singapore, 2010.
- [59] DHMI, Ankara TMA El Kitabı, Ankara: DHMI, 2008.
- [60] D. Karakaş, M. Karakaş, Ö. Karagöz ve H. Tiftikci, «Türk İnsansız Hava Aracı ANKA'nın Uçuş Simülasyon Ortamı,» *Savunma Bilimleri Dergisi*, cilt 11, no. 1, pp. 91-106, Mayıs 2012,.

- [61] *DHMI, Aletli Yaklaşma Ders Notları*, 2018.
- [62] ICAO, ICAO Doc 8168 Aircraft Operations Volume II Construction of Visual and Instrument Flight Procedures, Kanada: ICAO, 2014.
- [63] *Usanmaz, Ö. Pans-OPS Eğitimi Ders Notlar*, 2018.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Murat KARADERİLİ
Yabancı Dil : İngilizce
Doğum Yeri ve Yılı : Ankara / 1982
E-posta : mkaraderili@gmail.com

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2002-2007, Anadolu Üniversitesi, Sivil Havacılık Yüksek Okulu, Sivil Hava Ulaştırma İşletmeciliği,
- 2007-2008, ACT Havayolları, Uçuş Planlama
- 2008-2009, İnter Havayolları, Teknik Satın Alma
- 2009-2010, Saga Havayolları, Teknik Satın Alma
- 2010-Devam Ediyor, TUSAŞ, Uçuş ve Yer İşlemleri

Yayımlar ve/veya Bilimsel Sanatsal Faaliyetler

- 2018-2019, SAYP Projesi Sanayici Tez Danışmanı, İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin Ayrılmamış Hava Sahasına Entegrasyonunun Pilotaj ve Hava Trafik Yönetimi Açısından Değerlendirilmesi (Devam ediyor), Ankara
- Savaş T., Usanmaz Ö., Karaderili M., 2018, İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin Ayrılmamış Hava Sahasına Entegrasyonu İle İlgili Mevzuatların Değerlendirmesi Makina ve Mühendisler Dergisi, Cilt 59, Sayı 691
- 2018-2019, Lisans Projesi Sanayi Tez Danışmanı, Uçuş Hattı Robotik YAMAHA temizleme çalışması, Ankara