

İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin Ayrılmamış Hava Sahasına Entegrasyonu ile İlgili Mevzuatların Değerlendirilmesi*

Tamer Savaş¹

Murat Karaderili²

Öznur Usanmaz³

ÖZ

Günümüzdeki İnsansız Hava Aracı (İHA) uygulamaları genellikle ayrılmış hava sahasında yapılmaktadır. Ancak önümüzdeki yıllarda bu durumun, mevcut hava trafik sistemini emniyet ve kapasite gibi konularda etkileyeceği öngörülmektedir. İHA sistemlerinin ayrılmamış hava sahasına entegrasyonu, bu sistemlerin gelecekte hava trafiğine kabulü açısından hala çözülmesi gereken önemli bir zorluk olarak değerlendirilmektedir. İHA sistemlerinin hava trafik yönetimine emniyetli ve verimli entegrasyonunda, gerek ulusal ve gerek uluslararası paydaşlarca, eşgüdümlü bir mevzuatın geliştirilmesi ve uygulanmasına yönelik çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Bu çalışmada, önümüzdeki yıllarda önemi daha da artacak olan İHA sistemlerinin ayrılmamış hava sahasına entegrasyonu ile ilgili havacılık otoriteleri ve önde gelen kurum ve kuruluşlarca yapılan çalışmalar ve ilgili mevzuatlar incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İnsansız hava aracı (İHA), hava trafik yönetimi, ayrılmamış hava sahası, entegrasyon, emniyet

Evaluation of Regulations Related to Integration of Unmanned Air Vehicle Systems into Non-segregated Airspace

ABSTRACT

Segregated airspace is generally used for applications of Unmanned Aircraft Systems (UAS) at the present time. However, it is anticipated that current air traffic system will be affected in view of safety and capacity issues by the reason of this. It is estimated that UAS integration into non-segregated airspace is still a major challenge to be resolved in terms of future adoption of these systems in air traffic systems. Many studies are carried out for development and implementation of co-ordinated regulations by both national and international stakeholders in order to safely and efficiently integration of UAS into non-segregated airspace. In this study, related regulations and researches doing by aviation authorities and leading institutions and organizations related to UAS integration into non-segregated airspace is examined.

Keywords: Unmanned aircraft vehicles (UAV), air traffic management, non-segregated airspace, integration, safety

* İletişim Yazarı

Geliş/Received : 30.05.2017

Kabul/Accepted : 22.11.2017

* 5-6 Mayıs 2017 tarihlerinde Makina Mühendisleri Odası tarafından Ankara'da düzenlenen IX. Ulusal Uçak, Havacılık ve Uzay Mühendisliği Kurultayı'nda sunulan bu bildiri, dergimiz için yazarlarınca makale olarak yeniden düzenlenmiştir.

¹ Öğr. Gör., Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir Meslek Yüksekokulu, Uçak Teknolojisi Programı, Eskişehir, tsavas@ogu.edu.tr

² Uçuş Yer İşletme Şefi, Türk Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş., Uçuş Başkanlığı, Ankara, mkaraderili@tai.com.tr

³ Doç. Dr., Anadolu Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Hava Trafik Kontrol Bölümü, Eskişehir - ousanmaz@anadolu.edu.tr



1. GİRİŞ

İnsansız Hava Aracı (İHA) sistemleri; kontrol istasyonu, veri linki ve diğer alt sistemlerden oluşan geleceğin insansız sistemleri olarak tanımlanmaktadır. Bu sistemlerin önümüzdeki 20 yıl içerisinde ayrılmamış hava sahasına entegre olacağı, ayrıca ekonomiye büyük bir katkı ve yüksek oranda doğrudan istihdam sağlayacağı öngörülmektedir.

Tarihteki geçmişi incelendiğinde, askeri alanda kullanımı ile başlayan İHA sistemlerinin sivil alanda kullanımının giderek arttığı gözlemlenmektedir. Teknolojinin hızla gelişmesi, maliyetlerin azalması ve rafta hazır ticari (RAHAT) ürünlerin erişebilirliği, bu artışın başlıca nedenleri sayılabilir. Ayrıca tehlikeli ve riskli operasyonlarda insanlı hava araçlarının yerine İHA'ların kullanımı, emniyet ve maliyet başta olmak üzere birçok yönden avantajları beraberinde getirmektedir.

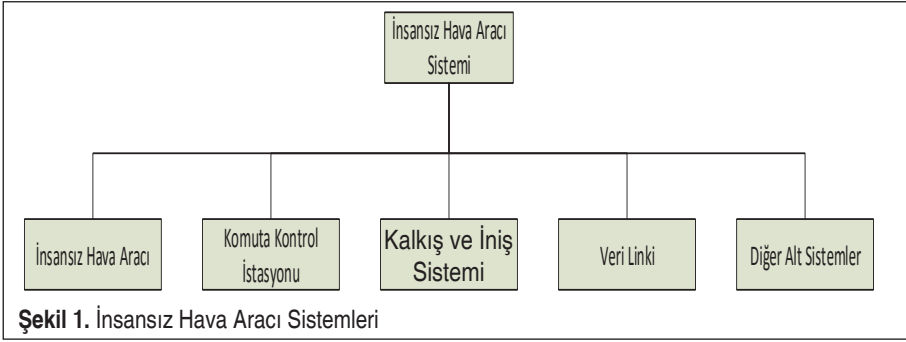
İHA'ların kullanımı her ne kadar avantajları içinde barındırsa da sivil alandaki kullanımının, askeri alandaki kullanımına göre daha yavaş ilerlediği görülmektedir. Bunun en önemli nedeni, sivil alandaki İHA kullanımının ayrılmamış hava sahası kullanımını gerektirmesi ve hali hazırda tam manasıyla tüm ülkelerce kabul görmüş bir uçuşa elverişlilik ve operasyonel mevzuatın olmamasıdır [1].

Günümüzdeki İHA uygulamaları, genellikle ayrılmış hava sahasında yapılmakta, bu da mevcut hava trafik sistemini ileriki yıllarda gerek emniyet gerekse kapasite gibi konularda etkileyeceği öngörülmektedir. İHA sistemlerinin mevcut hava trafik sistemine saydam bir şekilde entegre olabilmesi için sertifikasyon, eğitim, operasyonel konseptler, lisanslama, çevresel etkiler vb. gibi konuların tamamen çözüme kavuşması, yani tüm ülkelerce kabul edilebilir bir mevzuatın olması ve uygulanması ile sağlanması öngörülmektedir [2].

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 yürütülmektedir. Bu çalışmada, önümüzdeki yıllarda önemi daha da artacak olan İHA sistemlerinin ayrılmamış hava sahasına entegrasyonu ile ilgili havacılık otoriteleri ve önde gelen kurum ve kuruluşlarca yapılan çalışmalar ve ilgili mevzuatlar incelenmiştir.

2. İNSANSIZ HAVA ARACI SİSTEMLERİ VE HAVA TRAFİK YÖNETİMİ

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) SHT-İHA talimatında [3] İHA sistemini; İHA ile kontrol istasyonu, komuta ve kontrol veri bağı, kalkış ve iniş sistemi gibi uçuşun sağlanması için gerekli olan, birbirinden ayrı sistem elemanlarının bütünü olarak



tanımlamaktadır (Şekil 1). Diğer bir ifadeyle, son yıllarda önemi ve kullanımı hızla artan 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 sistemi olarak ifade edilmektedir [4, 5, 6, 7].

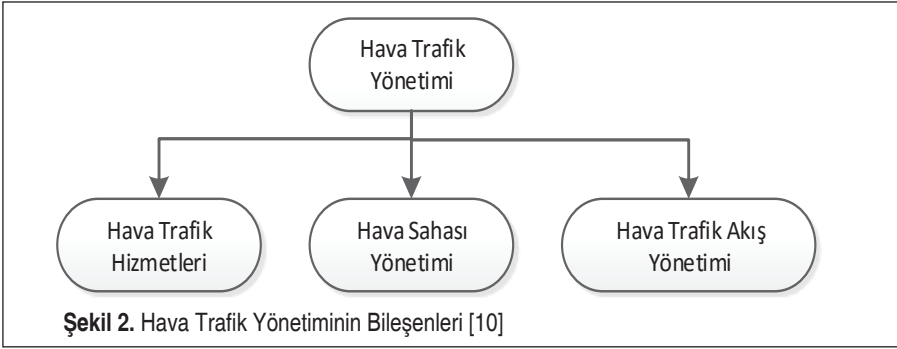
İnsansız Hava Aracı (İHA) Sistemleri; monoton ve insan odaklanmasının etkileneneği riskli ve uzun süreli uçuş operasyonlarında insanlı araçların yerine kullanılabilen, geleceğin sistemleri olarak görülmektedir [8]. Uçuş operasyonlarında insan faktörünün etkisinin azaltılması ve ayrıca maliyet etkin bir çözüm sunması nedeniyle askeri, sivil ve ticari uygulamalarda günümüzde sıkça İHA sistemleri kullanılmaktadır. Ancak adı her ne kadar insansız hava araçları olsa da bu ekosistemde insan aslında en önemli faktörlerden biridir.

Havacılığın ilk yıllarından itibaren İHA'ların varlığından söz edilebilirken, 20. yüzyılın son yıllarında özellikle askeri alandaki İHA'ların operasyonel kullanımı ve popüleritesi önemli ölçüde artmıştır. Askeri alanda yapılan yatırımlar ve deneyimler, İHA sistemleri üzerindeki kabiliyet ve kazanımların geliştirmesine neden olmuştur. Bu gelişme ayrıca İHA sistemlerinin sivil uygulamalardaki kullanımında önemli bir pazarın oluşmasını da tetiklemiştir. Teknolojik gelişmeler, maliyetler, operasyonel kısıtlar, mevzuatlar ve toplumun insansız sistemlere bakış açısı, İHA sistemlerinin pazar gücünü ve yönünü ayrıca etkilemektedir.

Günümüzde genel olarak, 200 bin insanlı hava aracına karşın, hobi amaçlı kullanımdan büyük askeri hava araçlarına kadar 2 milyon İHA bulunduğu bilinmektedir [9]. Sayısı ve sivil alandaki kullanım potansiyeli bu denli sürekli artan İHA sistemlerinin, mevcut hava trafik yönetimi içerisinde etkili, verimli ve maliyet etkin uçuş operasyonlarının yapılması için, bu sistemlerin ayrılmamış hava sahasında operasyon yapma gerekliliğini zorunlu kılmaktadır. İnsanlı hava araçlarına karşın farklı boyut, ağırlık ve konfigürasyona sahip İHA sistemleri, mevcut ve gelecekteki hava sahasına emniyetli ve verimli entegrasyonu, bazı teknik ve operasyonel zorlukları da beraberinde getir-

mektedir. Hava sahasının, İHA sistemleri için tanımlanması ve minimum operasyonel gerekliliklerin tanımlanması bu zorluklara örnek olarak verilebilir.

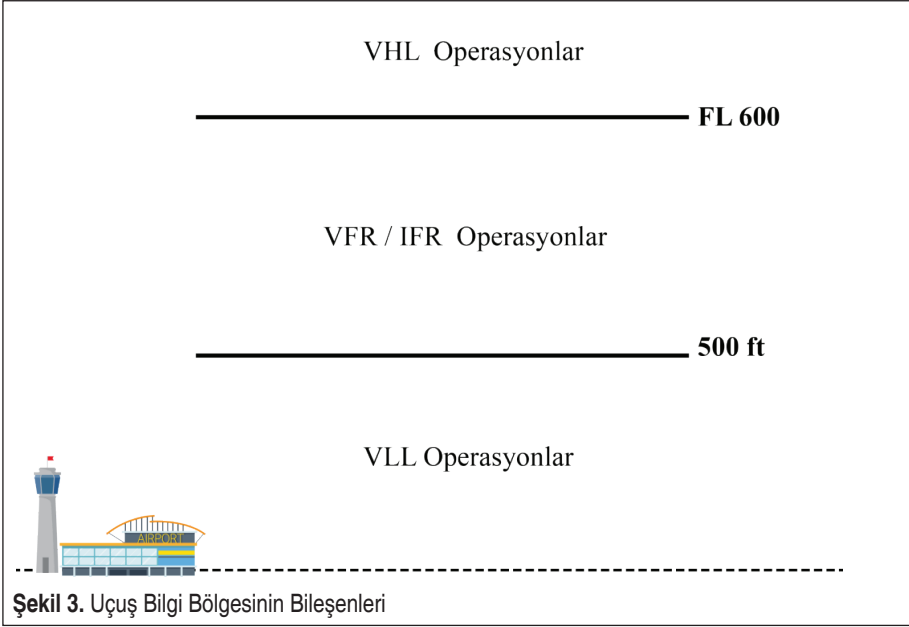
Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu ICAO'nun 4444 numaralı dokümanına [10] göre hava trafik yönetimi (ATM); hava trafik hizmetleri, hava sahası yönetimi ve hava trafik akış yönetimi fonksiyonlarından oluşmaktadır. ATM, bu fonksiyonlarla birlikte uçakların emniyet, ekonomik ve verimli bir biçimde; havaya ve yere dayalı kolaylıklar ile kesintisiz bir biçimde yürütülebilmesi için hava trafiğinin ve hava sahasının dinamik ve bütünlük yönetimidir (Şekil 2). ATM'in en temel amacı emniyet, kapasite ve ayrıca hava sahası operasyonlarının verimliliğinin artırılmasıdır.



Hava sahası yönetimi ise hava sahasının emniyetli ve etkin kullanımı amacıyla hava sahası tasarımı (yol yapısı, sektörisasyon vb.), askeri ve sivil kullanıcı talepleri doğrultusunda hava sahası paylaşımı, koordinasyonu ve kontrolünü sağlamaktadır. Günümüzde kapsadığı alan bakımından kullanılan en büyük hava sahası uçuş bilgi bölgesidir (FIR-Flight Information Region) [11]. FIR, içinde uçuş bilgi ve ikaz hizmetlerinin verildiği sınırları belirli bir hava sahasıdır. FIR içerisinde kontrollü hava sahaları, kontrolsüz hava sahaları ve özel kullanımlı hava sahaları mevcuttur [12].

Kontrollü hava sahaları içerisinde IFR uçuşlara kontrol hizmeti verilir ve standart hava yolları ve yol noktalarından oluşur. Kontrolsüz hava sahaları, içerisinde kontrol hizmetlerinin verilmediği hava sahalarıdır. Özel kullanımlı sahalar ise çoğunlukla askeri havacılık amaçlı tahsis edilmiş hava sahalarıdır [11].

İHA sistemlerinin günümüzde ayrılmış hava sahalarında uçuş operasyonları gerçekleştirdiği bilinmektedir. ICAO ayrılmış hava sahasını “belirli kullanıcıların özel kullanımı için tahsis edilmiş belirli boyutlardaki hava sahası” olarak tanımlamaktadır. Buradaki ayrılmış hava sahası, İHA operasyonları için NOTAM (notice to airmen) ile yayımlanan sahayı ifade etmektedir [3]. Diğer bir ifade ile İHA için ayrılmış hava sahası, ilgili bölgenin veya uçuş seviyesinin sadece İHA uçuşu için tahsis edilmesi, yani bloklanmasıdır. Ayrılmış hava sahası dışında kalan alanlar ayrılmamış hava sahası



olarak ifade edilmektedir. İHA sistemlerinin ayrılmamış hava sahasına entegrasyonunda, mevcut hava trafik yönetimi içerisindeki emniyet, kapasite ve uçuş operasyonlarını etkilemeden ve diğer kullanıcılara karşı bir risk oluşturmadan gerçekleştirilmesi beklenmektedir.

İHA sistemlerinin ayrılmamış hava sahasındaki entegrasyonunun sağlamasındaki ilk adım, ilgili hava sahasının belirlenmesidir. Annex 11 dokümanına göre, Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü ICAO hava sahasını A'dan G'ye 7 sınıfa ayırmıştır. Bu yaklaşımda, her hava sahası için hava trafik hizmeti ve uçuş gereklilikleri değişmektedir [13]. Diğer taraftan Avrupa Hava Seyrüsefer Güvenliği Örgütü Eurocontrol, İHA sistemleri için hava sahalarını üçe ayırmaktadır. Şekil 3'te gösterilen bu yaklaşımda, ATM sisteminin İHA sistemlerine göre adapte olması değil, İHA sistemlerinin mevcut ve gelecekteki ATM sistemine uyumlaştırılması öngörülmektedir. Böylelikle mevcut ATM kullanıcılarına ilave olarak risk ve iş yükü getirilmemesi amaçlanmaktadır [14].

İHA sistemlerinin ilgili hava sahasının gerekliliklerine bağlı kalarak karışık bir ortamda operasyon yapmaları öngörülmektedir. Bunlar [14]:

- VHL (Very High Level) Operasyonlar: FL600 üstü IFR operasyonlarını içermektedir.
- IFR veya VFR Operasyonlar: İnsanlı havacılığa uygulanan benzer kuralları içermektedir.



- VLL (Very Low Level) Operasyonlar: 500 ft altında gerçekleştirilen operasyonları içermektedir.

3. İHA SİSTEMLERİNİN AYRILMAMIŞ HAVA SAHASINA ENTEGRASYONU İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR VE MEVZUATLARIN İNCELENMESİ

İHA sistemlerinin insanlı hava sahasında rutin operasyonlarına izin verilmeden önce bazı teknik ve düzenleyici engellerin çözüme kavuşması gerekmektedir. Bu amaçla birçok ülke, endüstri, araştırma ve akademik girişimler İHA sistemlerine özgü sorunları tanımlamak ve sorunlara karşı önlemler geliştirerek bunların insanlı havacılığa etkilerini en aza indirmek için düzenlemeler ve standartlar oluşturmakta ve ayrıca teknolojiler geliştirmektedir.

Ortak bir yönelim belirlenmesi, sanayi ve devlet masraflarını azaltılması amacıyla yürütülen bu çalışmalar, önümüzdeki yıllarda ilgili mevzuatların şekillendirilmesi için önemli referansları oluşturacaktır. Diğer taraftan ABD'nin NextGen ve Avrupa'nın SESAR programları ile İHA'ların ayrılmamış hava sahasına entegrasyonu konularında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu bölümde konu ile ilgili çalışmalar ve ilgili mevcut mevzuatlar incelenecektir.

3.1 NATO (Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü)

Türkiye'nin de dâhil olduğu, NATO'nun FINAS (Flight in Non-Segregated Air Space- Ayrılmamış Hava Sahalarında Uçuş) programı ile kendilerine üye olan ülkelerin birbirlerinin askeri hava sahasında emniyetli bir şekilde operasyon yapabilmeleri amaçlanmıştır. Bu grup altında geliştirme çalışmaları şunlardır [15]:

- STANAG 4671
- STANAG 4702
- STANAG 4703

STANAG 4671, ayrılmamış hava sahasında operasyon yapabilecek maksimum kalkış ağırlığı 150 kg - 20.000 kg arasındaki sabit kanatlı İHA'lara yönelik uçuşa elverişlilik gereksinimlerini kapsamaktadır. STANAG 4702, ayrılmamış hava sahasında operasyon yapabilecek maksimum kalkış ağırlığı 150 kg ile 3.175 kg arasındaki döner kanat İHA'lara yönelik uçuşa elverişlilik gereksinimlerini kapsamaktadır. STANAG 4703, ayrılmamış hava sahasında operasyon yapabilecek maksimum kalkış ağırlığı 150 kg altındaki sabit kanat İHA'lara yönelik uçuşa elverişlilik gereksinimlerini kapsamaktadır.

3.2 EUROCAE WG-73 ve RTCA SC-228

İHA sistemlerinin ayrılmamış hava sahasına saydam ve emniyetli entegrasyonunda



standartların geliştirilmesi ile ilgili önde gelen iki çalışma grubu vardır. Bunlar:

- EUROCAE WG-73 (Avrupa)
- RTCA SC-203 (ABD)

EUROCAE, 1963 yılından beri havacılık alanında teknik standartların geliştirilmesi için performans özelliklerini içeren referans dokümanlar geliştirmektedir. Bu dokümanlar havacılık alanındaki paydaşlarda yardımcı referans doküman olarak kullanılmaktadır. Ayrıca gelecekteki ihtiyaçlara uygun çalışma grupları oluşturmuştur. Bu gruplar arasında, İHA sistemleri ile ilgili olanı WG-73 çalışma grubudur [16].

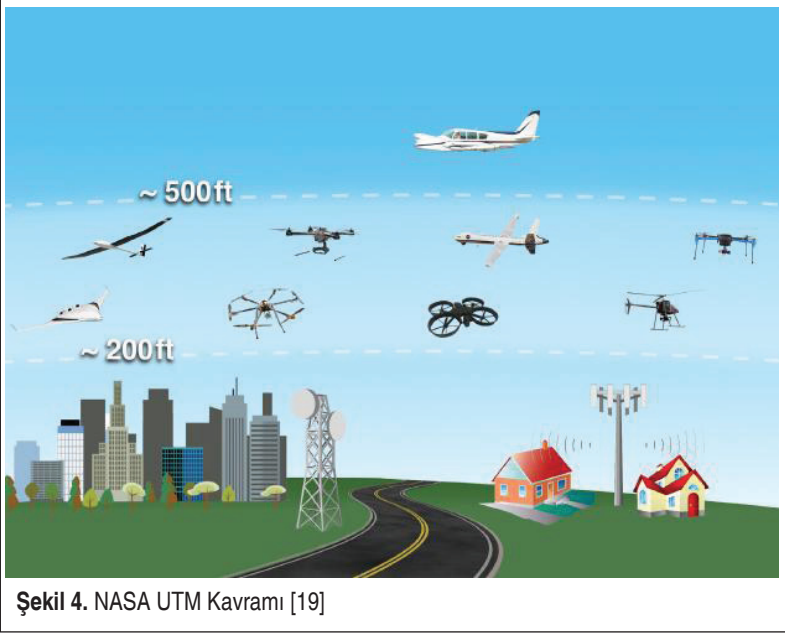
RTCA SC-228 komitesi ise İHA sistemleri için minimum operasyonel performans standartları (MOPS- Minimum Operational Performance Standards) geliştirme çalışmalarını yürütmektedir. Türkiye'nin de temsilcilerinin bulunduğu komitenin çalışmaları iki alanda yoğunlaşmıştır. Bunlar [17]:

- Algı ve Sakın (DAA – Detect and Avoid) Sistemleri
- Kontrol ve Haberleşme (C2- Control and Communication) Veri Linkleri

WG-73 ve SC-203, İHA sistemlerinin ayrılmamış hava sahasına entegrasyonunu olanaklı olması için standart geliştirme çalışmalarında farklı problemlere odaklanarak devam etmektedir. WG-73, kontrolör ve mevcut zorunlu ekipmanlar ile sağlanan ayırma hizmeti avantajından faydalanmak amacıyla birlikte çalışılabilir hava sahalarına odaklanmıştır. SC-203 ise İHA'ların hem kendi kendine ayırma (self separation) hem de çarpınmadan kaçınma (collision avoidance) yeteneklerini yerine getirecek düşük yoğunluklu hava sahalarına odaklanmıştır. Her uygulamanın kendine özgü avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Diğer taraftan WG-73, geliştirdiği standartları Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı EASA'ya ve Avrupa ulusal havacılık otoritelerine önerirken, SC-203 ise geliştirdiği standartları Amerika Ulusal Havacılık İdaresi FAA'ye önermektedir [18].

3.3 NASA (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)

Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) tarafından geliştirilen UTM (İHA Trafik Yönetimi-UAS Traffic Management) kavramı, İHA sistemlerinin düşük irtifalardaki (500 ft altında) emniyetli ve verimli uçuşların sağlanması amacıyla oluşturulmuştur. Günümüzde İHA sistemleri kargo/ürün teslimatı, arama kurtarma, tarımsal izleme, altyapı gözlemlene vb. gibi sivil amaçlı birçok uygulamada kullanıldığı görülmektedir. Düşük irtifalarda İHA sistemlerinin emniyetli uçuş operasyonlarına yönelik bir yapı mevcut olmadığından geliştirilen UTM kavramı ile NASA, İHA sistemlerinin düşük irtifalardaki uçuş operasyonları için hava sahası tasarımı, dinamik coğrafi modelleme, tıkanıklık yönetimi ve manıadan kaçınma gibi konularda önemli araştırmalar yapmaktadır. Şekil 4, NASA UTM kavramının yoğun ve yoğun olmayan nüfuslu



Şekil 4. NASA UTM Kavramı [19]

yerleşim yerlerinin üzerindeki İHA sistemlerinin örnek uçuş operasyonlarını göstermektedir [19].

Bu kavramda her bir İHA'nın bir insan operatörü ile izlenmesi yerine, uçuş operasyonların başlama, devamı ve sonlandırılması aşamalarında stratejik karar gerektiren durumlarda operatörlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumun sağlanması için de hava sahasında sadece kabul görmüş ve doğrulanmış İHA sistemlerinin uçuş operasyonlarına izin verilmesi gerekliliğini doğurmaktadır. Bu konseptte İHA sistemlerinin belirtilen hava sahasında otonom uçuş operasyonları için üç kavram öne çıkmaktadır. Bunlar [19, 20] :

- Otonom Yapılanma (Self-configuration)
- Otonom En İyileme (Self-optimization)
- Otonom Korunma (Self-protection)

3.4 NEXTGEN ve SESAR

Amerika Ulusal Havacılık Dairesi FAA; hava sahasının kapasite ve verimliliğinin artırılması, çevresel etkilerini azaltarak emniyetin sağlanması için konsept ve program geliştirme çalışmalarını NextGen programı kapsamında yürütmektedir. NextGen programının amacı hava trafik operasyonlarının emniyet, güvenlik, kapasite ve verimliliğinin önemli derecede artırılması ve bunu yaparak ülkenin ekonomik refahının geliş-



mesini sağlamaktır. NextGen'e göre, gelecek 20 yıl içerisinde sadece gidilecek yerler ve uçuşların sayısının artması değil aynı zamanda hava araçlarının tipinin ve operasyonlarının da değişmesi beklenmektedir. NextGen programı dâhilinde, gelecek hava yönetimi sisteminin noktadan noktaya uçuşlara (planlanmış, düzensiz olarak planlanmış ve zamanlanmamış) ek olarak noktadan noktaya olmayan yeni tipteki operasyonlara da (İHA sistemleri ve uzay araçları vb.) izin vereceği tahmin edilmektedir [21].

Hava trafiğinin emniyetli akışını sağlamak, ek kapasiteler oluşturmak ve verimliliği artırmak amacıyla Avrupa komisyonunca da SESAR programı koordine edilmektedir. Tek Avrupa Hava Sahası Hava Trafik Yönetimi Araştırmaları SESAR (Single European Sky ATM Research) girişimi, Avrupa hava sahasında ileriki yıllarda planlanan İHA sistemlerinin ayrılmamış hava sahasına entegrasyonu kapsamında AR-GE faaliyetlerini desteklemekte ve yürütmektedir.

SESAR girişimine göre, İHA sistemlerinin ayrılmamış hava sahasına emniyetli entegrasyonunda ilk aşama haberleşme, seyrüsefer ve algıla sakın vb. gibi sistemler için temel gerekliliklerin belirlenmesidir. İkinci aşama ise gelecek ATM sürecinde İHA pilotları, kontrolörler ve diğer hava sahası kullanıcıları arasındaki sorumluluk ve rollerin tanımlanmasıdır. Son olarak, İHA sistemlerinin normal operasyonlarındaki uçuş fazlarının analizi için gerekli yüksek seviyeli arayüzlerin kurulmasını içermektedir. İHA sistemlerinin uçuş operasyonları için kural ve gereklilikler SESAR'ın ATM konsepti içerisinde tanımlanmıştır. Buna göre, kendine özgü kural ve gereklilikleri olan ayrılmamış hava sahası iki kısma ayrılmıştır [22]:

- Kontrollü (Managed) Hava Sahası
- Kontrolsüz (Unmanaged) Hava Sahası

Kontrolsüz hava sahasındaki İHA operasyonlarında, ATM sisteminde ayırma tavsiyesi (separation provision) verilmez, tüm sorumluluk İHA pilotuna bırakılmıştır. Algıla ve sakın sistemleri ayırma işlevini otonom şekilde yerine getiren sistemlerden biridir. Herhangi bir haberleşme linki kaybında emniyet seviyesini artırıcı başka seçeneklerde kontrolsüz hava sahasında düşünülmelidir. Kontrollü hava sahasında ise Hava Seyrüsefer Hizmet Sağlayıcı (ANSP- Air Navigation Service Provider) veya kontrolörler tarafından ayırma tavsiyesinde bulunmaktadır. Burada dikkat edilecek husus, kontrolör-İHA pilotu arasındaki haberleşme linkidir. Ayrıca kontrolör ile İHA pilotu arasındaki haberleşmesinin insanlı hava araçlarında olduğu gibi benzer performanslara sahip olması beklenmektedir [22].

Gelecekte İHA sistemlerinin her hava sahası sınıfında uçması öngörülmektedir. Küçük ve piston motorlu İHA'ların çoğu öncelikli olarak kontrollü hava sahası dışında görecelik uçuş kuralları altında (VFR), daha büyük turbo ve turbo jet motorlu İHA'lar



ise kontrollü hava sahası dâhilinde aletli uçuş kuralları altında (IFR) operasyon yapması beklenmektedir [23].

SESAR, operasyonel sorun ve kısıtlamaların nasıl çözüme ulaşacağı konusunda net bir bakış açısı sunarak, entegrasyon konusundaki genel gereklilikleri üç başlık altında şu şekilde sıralamıştır:

➤ Genel Gereksinimler

- İHA sistemleri mevcut ve gelecekteki düzenleme ve prosedürlere uymak zorundadır.
- İHA operasyonları diğer kullanıcıların emniyet riskini artırmamalıdır.
- İHA sistemleri entegrasyonu diğer kullanıcılara ekstra ekipman gerekliliği getirmemelidir.
- Mümkün olduğunca İHA sistem operasyonları insanlı hava araçlarına eşit olmalıdır.

➤ ATM Entegrasyonu Gereksinimleri

- İHA sistemlerinin ATM entegrasyonu, hava sahasındaki diğer mevcut kullanıcılara önemli bir etkide bulunmamalıdır.
- İHA sistemlerine hava trafik hizmetlerinin sunulmasında kontrolörler şeffaf şekilde uyumlaştırılmalıdır.
- İHA sistemleri hava trafik kontrol kural ve prosedürlerine, insanlı hava araçlarında olduğu gibi uymalıdır.
- İHA sistemleri operasyon gerçekleştirecekleri kontrollü/kontrolsüz hava sahasındaki yetenek gerekliliklerine uymalıdır.
- İHA pilotu haberleşme performansını uzaktan sürekli takip etmelidir.

➤ Diğer Gereksinimler

- İHA sistemlerinin ATM entegrasyonunda, mevcut havacılık emniyet seviyesine taviz verilmemeli ve riski artırmamalıdır.
- İHA sistemleri operasyon yapacakları hava sahasında minimum gerekli ekipmanlara sahip olmalıdır.
- İHA sistemleri ayırma sağlayıcı ve çarpışma önleyici onaylı metotlara sahip olmalıdır.

3.5 ICAO

Küresel sivil havacılığın sürdürülebilir gelişimi için Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı (ICAO- International Civil Aviation Organization), İHA sistemlerinin ayrılmamış hava sahasına entegrasyonu konusunu önemli bir vizyon olarak görmektedir. Bu



amaçla ICAO, İHA sistemlerinin ATM entegrasyonu sırasında mevcut emniyet seviyesi ve çevresel etkilerinin korunmasına dikkat çekmektedir. ICAO, Havacılık Sistemini Bloklayan/Sınırlayan Güncellemeler (ASBU-Aviation System Block Upgrades) blokları çerçevesinde 2012 ile 2030 yılları arasında uçuşa elverişlilik, sertifikasyon, insan performansı, lisanslandırma ve eğitim, algı ve sakın sistemleri, hava trafik yönetimi, çevre, emniyet, frekans spektrumu, kumanda ve kontrol, haberleşme vb. gibi konularda zaman çizelgesi belirleyerek adım adım İHA sistemlerinin entegrasyonu ile ilgili konuları çözüme kavuşturmaya çalışmaktadır. Bu adımlar şu şekilde özetlenebilir [24]:

- B1: İHA sistemlerinin ayrılmamış hava sahalarında uçuş operasyonlarındaki temel prosedürlerinin oluşturulması (2018)
- B2: Algı ve Sakın (DAA) teknolojilerinin ve C2 link kaybının operasyonel prosedür tanımlamaları (2024)
- B3: İHA sistemlerini diğer insanlı hava araçları gibi gerek ayrılmamış hava sahalarında gerekse hava alanlarında operasyon gerçekleştirebilmesi (2030)

İHA sistemleri ile ilgili çalışmaların harmonizasyonu ve küresel birlikte çalışabilirliğini sağlamak amacıyla 2014 yılında ICAO bünyesi altında RPAS Panel komitesi kurulmuştur. Diğer taraftan, SESAR ve NextGen gibi programların finanse ettiği daha önce bahsi geçen çalışmalar neticesinde çıkan doküman ve raporları referans alan ICAO, İHA sistemleri ile ilgili 2011 yılında Cir 328 Unmanned Aircraft Systems (UAS) [24] adında rehber doküman yayınlamıştır. Son olarak 2015 yılında Doc 10019 Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) [6] adında ilk dokümandaki eksiklikleri gideren ve daha kapsayıcı bir doküman yayımlanmıştır. Bu dokümanlarda uçuş operasyonları, uçuş kuralları, veri linki seviyesi ve operasyon alanları gibi İHA sistemlerinin ayrılmamış hava sahalarına entegrasyonundaki temel gereksinimler belirlenmiştir.

3.6 EASA

Avrupa Havacılık Emniyet Ajansı EASA bünyesindeki 16 ülke İHA sistemleri ile ilgili kendine özgü ulusal kurallarını oluştururken, 11 ülke hazırlama aşamasında olup aralarındaki harmonizasyonu sağlamak amacıyla EASA taslak İHA sistemleri dokümanını 2016 yılında yayımlamıştır. Bu dokümana göre İHA sistemleri üç kategoriye ayrılmıştır [25]:

➤ Açık (Open)

- Düşük risk profiline sahiptir.
- Havacılık otoritelerin kısıtlamaları dâhilindedir (görsel görüş hattı, maksimum irtifa, hava alanlarına olan mesafe vb.)



- Özel (Specific)
 - Yüksek risk potansiyeline sahiptir.
 - Emniyet risk değerlendirmesi gereklidir.
 - Ulusal havacılık otoritelerince uygunluk verilmelidir.
 - Akredite edilmiş bir operasyon el kitabı olmalıdır.
- Sertifikalı (Certified)
 - İnsanlı havacılık ile karşılaştırabilir.
 - Algıla sakın sistemleri için ayrıca bağımsız bir uygunluk gerektirmektedir.

3.7 SHGM

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü tarafından (SHGM) yayımlanan en güncel İHA mevzuatı olan İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı (SHT-İHA) dokümanı, 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 [3]. SHGM, İHA'ların ayrılmamış hava sahalarına entegrasyonu ile ilgili dünyadaki çalışmaları takip ederek uyumlaştırma çalışmalarını ayrıca sürdürmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

İHA sistemlerinin sivil alandaki kullanımı her ne kadar avantajları içinde barındırsa da sivil alandaki kullanımı, askeri alandaki kullanımına göre daha yavaş ilerlediği görülmektedir. Bunun en önemli nedeni, sivil alandaki İHA kullanımının ayrılmamış hava sahası kullanımını gerektirmesi ve hali hazırda tam manasıyla tüm ülkelerce kabul görmüş bir uçuşa elverişlilik ve operasyonel mevzuatın olmadığı değerlendirilmektedir.

İHA sistemlerinin insanlı hava sahasında rutin operasyonlarına izin verilmeden önce bazı teknik ve düzenleyici engellerin çözüme kavuşması gerekmektedir. Bu amaçla birçok ülke, endüstri, araştırma ve akademik girişimler İHA sistemlerine özgü sorunları tanımlamak ve sorunlara karşı önlemler geliştirerek bunların insanlı havacılığa etkilerini en aza indirmek için düzenlemeler ve standartlar oluşturmakta ve ayrıca teknolojiler geliştirmektedir.

Çalışma ve mevzuatlar incelendiğinde, her ne kadar İHA sistemlerinin insanlı hava araçlarına benzer yetenek ve kabiliyetlerine sahip olması beklenmesine rağmen, bu sistemlerin hava sahasındaki diğer kullanıcıları etkileyeceği öngörülmektedir. Bu



amaçla her ülkenin kendine özgü çalışmalarını ICAO çatısı altında diğer çalışmalara da uyumlu olacak şekilde sürdürmesi beklenmektedir.

Bu nedenle ülkemizde İHA sistemlerine özgü geliştirilen teknoloji ve sistemlerinin yanında operasyonel boyutlarının da geliştirilmesi gerekliliği önemini korumaktadır. İHA sistemlerinin ayrılmamış hava sahasına entegrasyon çalışmalarının, milli imkân ve kabiliyetler ile üretilen ve geliştirilen İHA sistemlerinin uçuşa elverişlilik ve sertifikasyon süreçlerinde önemli bir rol oynayacağı ayrıca değerlendirilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyonunca kabul edilen 1703F076 nolu proje ile Anadolu Üniversitesi tarafından ve Savunma Sanayii İçin Araştırmacı Yetiştirme Programı (SAYP) projesi ile Savunma Sanayii Müsteşarlığı (SSM) ve Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş. (TUSAŞ) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

1. **DeGarmo M., Nelson, G. M.** 2004. "Prospective Unmanned Aerial Vehicle Operations in the Future National Airspace System," AIAA 4th Aviation Technology, Integration and Operations (ATIO) Forum, 20-22 September 2004, Chicago.
2. **Marshall, D. M.** 2012. UAS Standards, Regulations and Developmental Strategies: A Global Effort, Infotech@Aerospace.
3. SHGM. 2016. İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı (SHT İHA Revizyon 1), Ankara.
4. **Gupta, S. G., Ghonge, M. M., Jawandhiya, P. M.** 2013. Review of Unmanned Aircraft System (UAS), International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET), vol. 2 (4), p. 1646-1658.
5. **Austin, R.** 2010. Unmanned Aircraft Systems, Wiley, ISBN: 9780470058190
6. ICAO Doc 10019 (2015) Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS), Montreal.
7. **FAA.** 2013. Integration of Civil Unmanned Aircraft Systems (UAS) in the National Airspace System (NAS) Roadmap, Washington.
8. SSM. 2011. Türkiye İnsansız Hava Aracı Sistemleri Yol Haritası (2011-2030), Ankara.
9. Eurocontrol. 2017. <http://www.eurocontrol.int/news/rpas-dashboard>, son erişim tarihi: 16.03 2017.
10. ICAO Doc 4444. 2007. Air Traffic Management, Montreal.
11. **Uslu, S., Cavcar, A., Özgür, M., Canarlanlar, A. O.** 2016. Hava Trafik Kontrol Hizmetleri, Eskişehir, Anadolu Üniversitesi.
12. Eurocontrol. 2003. Eurocontrol Manual for Airspace Planning, Brüksel.



13. ICAO Annex 11. 2001. Air Traffic Services, Montreal.
14. Eurocontrol. 2017. RPAS ATM CONOPS, Montreal.
15. **Acar, Ö. B.** 2013. İnsansız Hava Araçları ve Sertifikasyon Çalışmaları, Stagnag 4671 & Stagnag 4702, Ankara.
16. EUROCAE. 2013. WG-73 Unmanned Aircraft Systems (UAS), Fransa.
17. RTCA. 2017. <http://www.rtca.org/content.asp?contentid=178>, son erişim tarihi: 04.04.2017.
18. **Euteneuer, E. A., Papageorgiou, G.** 2011. UAS Insertion into Commercial Airspace: Europe and US Standards Perspective, IEEE/AIAA 30th Digital Avionics Systems Conference (DASC), 16-20 December 2011, ABD.
19. NASA. 2015. UTM: Air Traffic Management for Low-Altitude Drones, Washington.
20. NASA. 2017. <https://utm.arc.nasa.gov/>, son erişim tarihi: 02.03.2017.
21. NextGen. 2011. Concept of Operations for the Next Generation Air Transportation, Washington.
22. **Cordon, R. R., Nieto, F. J. S., Rejado C. C.** 2014. RPAS Integration in Non-Segregated Airspace: the SESAR Approach, Fourth SESAR Innovation Days, 25-27 November 2014.
23. **DeGarmo, M., Maroney, D.** 2008. Nextgen And Sesar: Opportunities for Uas Integration, The 26th Congress of International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS), 14-19 September 2008, Alaska.
24. **Radu, C.** 2015. ICAO Vision, Remotely Piloted Aircraft Systems Symposium, Montreal.
25. ICAO Cir 328. 2011. Unmanned Aircraft Systems (UAS), Montreal.
26. EASA. 2016. Prototype Commission Regulation on Unmanned Aircraft Operations.