



İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI (İHA) 'NİN KAPSAMLI SINIFLANDIRMASI VE GELECEK PERSPEKTİFİ

Emrah YİĞİT¹, Işıl YAZAR², T. Hikmet KARAKOÇ³

¹ WİKA Instruments Turkey, Ankara, emrah.yigit@wika.com, emrah.yigit06@gmail.com

² Eskişehir Meslek Yüksek Okulu, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, iyazar@ogu.edu.tr

³ Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, hikmetkarakoc@gmail.com

DOI: [10.23890/SUHAD.2018.0102](https://doi.org/10.23890/SUHAD.2018.0102)

ÖZET

İnsansız Hava Araçları (İHA) üzerine yapılan çalışmalar, havacılık sektörünün son 20 yılına damgasını vuran, en ilgi çekici çalışmalar olarak değerlendirilmektedir. Uzun yıllardır bu alanda yapılan çalışmalar, teknolojik gelişime paralel olarak son 20 yılda hızlı bir ivme ile artış göstermiştir. Ne var ki ülkemizde İHA üzerine yapılan çalışmalar dünya ile aynı hızda ilerlememektedir. Bu amaçla, İHA konusunda dünyada yapılan en önemli çalışma başlıkları ve güncel tartışmalar ışığında bu yayın hazırlanmıştır. Bu çalışmada; İHA kavramının tam tanımı yapılmış ve İnsansız Hava Sistemleri (İHS)'nin İHA'lardan farkları belirtilmiştir. Tüm dünyada İHA çalışmalarında yapılan 'sınıflandırma'lar detaylı olarak incelenmiş, sınıflandırma parametreleri ile bu parametrelere göre yapılan sınıflandırmalar incelenmeye çalışılmıştır. Bununla birlikte, en yaygın kullanılan sınıflandırma yöntemi daha etraflıca ele alınmıştır. İHA'ların gelişen teknoloji ile günümüz dünyasında hayatlarımızdaki karşılığına dikkat çekmek amacıyla, geleneksel ve yeni anlamda askeri ve sivil havacılıktaki kullanım alanları anlatılmıştır. Son olarak da, dünya çapındaki İHA çalışmalarının genel tartışma başlıkları baz alınarak, İHA'lar üzerinde genel bir gelecek perspektifi oluşturulmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İHA, insansız hava aracı, İHS, insansız hava sistemi, sınıflandırma, gelecek perspektifi

EXTENDED CLASSIFICATION of UAVs and THEIR FUTURE PERSPECTIVE

ABSTRACT

Studies on Unmanned Aerial Vehicles (UAV) are assessed as the most intriguing studies that have hit the headlines of the aviation industry for the last 20 years. Long-term studies in this area, are shown that being parallel to technological progress a rapid acceleration has taken place in the last 20 years. However, UAV studies in Turkey do not progress at the same pace as in other parts of the world. For this purpose, this publication about UAVs is prepared in the light of recent discussions and on the most important topics of UAV studies in the world. In this study, a complete description of UAV is defined and the concept of UAVs and their differences from Unmanned Aerial Systems (UAS) are pointed out. The 'classifications' made in studies about UAVs all over the world examined in detail and classification parameters and classifications made according to these parameters are tried to be investigated. Moreover, the most widely used classification method is discussed in detail. By means of developing technology, with the aim of drawing attention to the UAVs equivalences in our lives in today's world, the usage areas in military and civil aviation are stated in traditional and new senses. Finally, based on the worldwide general study discussion topics of UAVs, attempts are tried to form a general future perspective on UAVs.

Keywords: UAV, unmanned aerial vehicles, UAS, unmanned aerial systems, classification, future perspective

1. GİRİŞ

İnsansız Hava Araçları (İHA) çalışmaları 100 yıllık kademeli bir gelişimin ardından özellikle 1990 yılından itibaren daha hızlı bir ivme ile gelişim göstermeye başladı. Seri üretime geçme çabaları, tasarımda standartlaşma ihtiyacını karşılama çabaları, yüksek kaza istatistikleri gibi başlıklar göz önüne alındığında 100 yıl öncesinin otomotiv endüstrisinin izlediği gelişim aşamalarını takip ettiği söylenebilir (Hobbs, 2010). Son 20 yıllık zaman dilimi içerisinde İHA tabanlı yapılan çalışmaların sayısı, daha önceki yıllar ile kıyaslandığında, büyük bir artış göstermiştir. Bu artışla birlikte İHA'lar askeri havacılık faaliyetlerinin yanı sıra sivil-ticari uygulamalarda da kullanılmaya başlanmış, böylelikle gündelik yaşama da kolaylıkla adapte edilmiş ve akademik çalışmalar için de güncel bir konu haline gelmiştir (Finn ve Wright, 2012; Vogeltanz, 2015; Huang vd., 2013; Maddalon vd., 2013; U.K. M.o.D. J.D.N. 3/10, 2010; Hobbs, 2010; U.S. Army Roadmap, 2009).

Amerika Birleşik Devletleri'nin pay bazında başını çektiği İHA pazarında A.B.D.'yi, Avrupa Birliği ve daha sonra da askeri uygulamalardaki yoğun kullanımı ile İsrail izlemektedir (Cox vd., 2004). İHA'lar geçmişte ağırlıklı olarak askeri / savunma sanayinin konusu iken bugün gündelik yaşamımıza etki eden tüm alanlarda uygulamaları sıkça görülmektedir. Sağlıktan tarımsal uygulamalara, güvenlikten sosyal medya uygulamalarına, maden aramadan film endüstrisine kadar çok geniş bir yelpazede karşımıza çıkmaktadır.

Önceki yıllarda İHA'lar ile ilgili sadece teknik anlamda akademik çalışmalar yapılırken, günümüzde artık sektör haline gelmesiyle İHA'lar ile ilgili farklı başlıklar altında çalışmalar da literatürde yerini almaya başlamıştır. Ar-ge, maliyet, toplumsal etik, İHA havacılık standartları düzenlemeleri gibi başlıklar literatürde bu alanda görülmeye başlanan farklı başlıklara örnek verilebilir. Bu farklı başlıklar altındaki çalışmaların derlenmesi, sınıflandırılması, terimlerin standartlaştırılması; akademik ve endüstriyel çalışmaların daha sağlıklı ve kolay ilerleyebilmesi için önem taşımaktadır. İHA'nın tanımı, kullanım alanları ve sınıflandırılması, literatürde en önemli 3 konu başlığı olarak karşımızda çıkmaktadır. Bu çalışmada İHA'lar için uluslararası literatürde kullanılan tanımlamalar, farklı sınıflandırma yöntemleri detaylı olarak anlatılmış ve gelecek perspektifleri detaylı olarak irdelenmeye çalışılmıştır.

İHA'lar üzerine yapılan çalışmalar oldukça hızlı bir ivmeyle ilerlese de bu sistemler için literatürde halen standart bir tanımlama bulunmamaktadır. En genel anlamıyla, hava aracı üzerinde bir insan pilotajına ihtiyaç duyulmadan yapılan, kesintisiz uçuşlarda kullanılan hava araçları şeklinde tanımlanmaktadır. Kontrol; uzaktan kumanda yardımıyla ya da otomatik olarak yapılır. Hava aracı

her durumda insansız olmak zorundadır (Korchenko ve Illyash, 2013; Lee ve Choi, 2016; Bento, 2018; Gupta, 2013).

İHA'lar kontrol sistemleri açısından bakıldığında; uzaktan kontrollü, otonom, yarı-otonom veya bunların çeşitli kombinasyonları şeklinde olabilir.

Son dönemde yapılan çalışmalarda, Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı ve A.B.D. Sivil Havacılık Dairesi; İHA'ları daha kompleks sistemlerin bir parçası olduğunu ifade etmek amacıyla, "İnsansız Hava Sistemleri" şeklinde yeni bir terim kullanmaya başlamıştır. Böylelikle İHA'nın daha kompleks bir organizasyon olarak tanımlanan İnsansız Hava Sistemleri'nin (İHS) bir parçası olduğu vurgulanmak istenmiştir.

İHS, İHA'nın yanı sıra, uçuş ve operasyon sistemi için yer kontrol istasyonu, haberleşme ve seyrüsefer (navigasyon) için veri bağlantılarını kapsamaktadır. Bu ana başlıklar bile tek başına sistem tanımlamasının neden yapıldığını anlatmak için yeterlidir (Lee ve Choi, 2016; Gupta vd., 2013).

2. İNSANSIZ HAVA SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Literatürde İHS'nin sınıflandırmasında da standart bir yaklaşım söz konusu değildir. Bunun sonucunda da tüm dünyada geniş kabul gören, farklı sistemleri -büyüklükleri- kullanım alanlarını içeren bir sınıflandırma bulunmamaktadır. Buna rağmen sınıflandırmaya konu olan en temel tanım ve parametrelerde çok büyük farklılıklar yoktur. Operatör (insan) bulundurmamak, uzaktan kumandalı ya da otonom bir şekilde hareket etmek, ölümcül ya da ölümcül olmayan faydalı yük taşıyabilecek olmak sınıflandırmalarda kullanılan en temel 3 kriterdir. Bununla beraber bu tanıma uyan her hava aracı da İHS kategorisinde değerlendirilmemektedir. Örneğin Birleşik Krallık'ta balistik-yarı balistik hava araçları, kruv füzeleri İHS kategorisinde sayılmamaktadır (Gupta vd., 2013; U.K. M.o.D. J.D.N. 2/11, 2011).

Literatürdeki sınıflandırma çalışmalarına bakıldığında, farklı parametrelere dayalı sınıflandırmaların olduğu görülmektedir (Kurtuluş ve Tekinalp, 2010). Her yapılan çalışmada o çalışmanın ihtiyacı / parametresi baz alınarak yapılmış çok sayıda sınıflandırma bulunmaktadır. Bu sınıflandırmalara incelendiğinde referans alınan parametrelerin 16 başlık altında incelendiğini görülebilir (Korchenko ve Illyash, 2013):

- 1) Hava aracının kullanım alanına göre;
- 2) Kullanılan kontrol sisteminin çeşidine göre;
- 3) Uçuş kurallarına göre;
- 4) Havada kullanılan alanın durumuna göre;
- 5) Hava aracının tipine göre;
- 6) Kanat tipine göre;

- 7) Kalkış ve inişteki kaldırma kuvvetinin yönüne göre;
- 8) Kalkış – iniş tipine göre;
- 9) Hava aracının motor tipine göre;
- 10) Yakıt sistemine göre;
- 11) Yakıt tankı tipine göre;
- 12) Yakıt sisteminden istifade sayısına göre;
- 13) Genel kategori (İHA maksimum kalkış ağırlığı, menzil, havada kalma süresi, çıkabileceği maksimum irtifa değerlerine göre);
- 14) Gerçekleştirilebilecek mesafe yarıçapına göre;
- 15) Uçuş irtifasına göre;
- 16) Fonksiyon ve uygulama alanlarına göre. (Korchenko ve Illyash, 2013)

Bu 16 farklı kritere göre yapılmış sınıflandırmalar, tamamen ihtiyaçtan doğmuş olup uygun parametreler söz konusu olduğunda kullanılmaktadır. Her bir parametrenin detaylı incelemesi aşağıdaki gibidir (Korchenko ve Illyash, 2013):

- 1) **Hava aracının kullanım alanına göre:** Sivil ve askeri uygulamaların yanı sıra diğer kullanım alanı olarak anti-terör uygulamaları örnek verilebilir. Bu uygulamalar karakteristiği itibari ile tam olarak sivil ya da askeri uygulama olarak ele alınamamaktadır. Askeri uygulamalar da en geniş anlamında bakıldığında kara, hava ve deniz uygulamaları olarak 3 kısımda incelenebilir.
- 2) **Kullanılan kontrol sisteminin çeşidine göre:** “İHA Kontrol sistemleri” İHA’ları diğer hava araçlarından ayıran önemli bir parametredir. Pilotsuz uçuşun hedeflendiği düşünüldüğünde kontrol sisteminin önemi daha çok anlaşılmaktadır. Bu parametreye göre yapılan sınıflandırmalara baktığımızda, İHA’ların tarihsel / teknolojik gelişimine de uygun biçimde çeşitli kontrol sistemlerini sıralayabiliriz: Bir yer kontrol merkezinden belli bir mesafeye kadar operatör vasıtası ile kontrol edilen uygulamalar “doğrudan kontrol” olarak adlandırılır. Bir diğer sınıflandırma “gözlenen kontrol” dür. Burada İHA bağımsız / otonom olarak hareket edebildiği gibi bir pilotun da kısmen ya da tamamen müdahalesine maruz kalabilir veya bir takım komutlarla gözlemlenebilir hareket sağlanabilir. Üçüncü olarak “uyumsuz - otonom kontrol” başlığı incelenebilir. Pilotsuz ve otonom yani bağımsız hareket daha önceden yapılan ön-programlama ile sağlanır. Uyumsuzluk ile kastedilen ise uçuş esnasında bu ön-programlamanın çok da dışına

çıkılamamasıdır. Programlanan uçuş başladıktan sonra harekette stratejik bir değişiklik yapılamaz ya da uçuş esnasında gerçekleşen dış etkenlere uyum sağlanamaz. Dördüncü başlık olarak incelenen “uyumlu – otonom kontrol” sisteminde ise herhangi bir operatör müdahalesi olmadan, tam entegre İHA kontrol sistemi ile kontrol sağlanır. Böylelikle dış etkenlere ya da yeni uygulamalara uyumluluk mümkün olmuş olur.

- 3) **Uçuş kurallarına göre:** Uçuş kurallarına göre yapılan sınıflandırmalarda, İHA 3 kısımda incelenmektedir: Görerek uçuş kuralları, Aletli / Enstrümantasyona dayalı uçuş kuralları ve Görerek-Aletli uçuş kuralları. Eğer uçuş bir pilot gözlem ve denetiminde yapıyorsa ve gün ışığından faydalanılan zaman diliminde gerçekleştiriliyorsa bu uçuş ‘görerek uçuş’ olarak adlandırılır. Enstrümantasyona dayalı uçuşta ise oto-pilot kontrol sistemi devrededir ve uçuş gece gibi gün ışığından faydalanılamayan zamanlarda gerçekleştirilir. Bazen uçuşun havalanma vs. gibi ilk kısımları görerek uçuşta, asıl uçuş ise enstrümantasyona dayalı uçuşta değerlendirilebilir. Bu tip uçuşlarda 3. grup olarak adlandırılabilir. Uçuş kurallarına göre yapılan sınıflandırmalar; kontrol sisteminin niteliğine, ülkelerin ulusal sivil havacılık standartlarına ve uluslararası standart ve gereksinimlere göre farklılıklar gösterebilir.
- 4) **Havada kullanılan alanın durumuna göre:** Bu sınıflandırma biçimi bölünmüş / ayrılmış ve bölünmemiş / ayrılmamış alan olarak 2 kategoride değerlendirilir. Burada bahsedilen uçuş esnasında kullanılan alanın niteliğidir. Ayrılmış hava alanı tanımına giren alan tipleri; yasaklı ya da kısıtlanış alanlar ile İHA’ların özel kullanımları için belirlenen alanlardır. Ayrılmamış hava alanlarına göre sınıflandırırken ise kastedilen; izinli, lisanslı, belirli bir sistem dahilinde yapılan, hava trafik kontrol sistemine dahil uçuşların olduğu alanlardır.
- 5) **Hava aracının tipine göre:** Doğrudan hava araçlarının tiplerine göre yapılan sınıflandırmadır. Uçak, helikopter, döner kanat, sabit kanat, güdümlü ve hibrit gibi İHA’nın tipine göre sınıflandırma yapılır.
- 6) **Kanat tipine göre:** Sabit ve sabit olmayan / döner kanat tipi olarak 2 bölümde yapılan sınıflandırmadır. Genelde uçak ve helikopter tipindeki İHA’ların tasarımında sabit kanat tercih edilir. Değişken kanat başlığı da kendi içinde 3 alt başlığa ayrılabilir. Bunlar, uçuş esnasında

- değişebilen kanat büyüklüğü, kanat pozisyonu ve kanat formudur.
- 7) **Kalkış ve inişteki kaldırma kuvvetinin yönüne göre:** İHA'ların kalkış ve inişte kullandığı yön durumuna göre de sınıflandırma yapılabilir. Kalkışta dikey ya da yatay olarak sınıflandırılabilir. Ancak iniş sırasında biraz daha fazla seçenekli bir sınıflandırma yapmak mümkündür. Yatay, dikey, paraşüt, direk, durmaksızın ve tüm bunların kombinasyonu şeklinde yapılan iniş bunlara örnek gösterilebilir.
 - 8) **Kalkış – iniş tipine göre:** Kalkış tipine göre sınıflandırma parametreleri; iniş-kalkış pisti olan standart hava alanı, gemi güvertesi, su yüzeyi, elle start vererek, start kurulum sistemi kullanarak – şeklinde sıralanabilir. İniş tipine göre sınıflandırma parametreleri ise; iniş-kalkış pisti olan standart hava alanı, su yüzeyi, güverte, çoklu iniş, standart olmayan iniş şeklinde söylenebilir.
 - 9) **Hava aracının motor tipine göre:** Motor tipine göre sınıflandırma metodu literatürde yapılmış olan sınıflandırma çalışmalarında ilk 3'te yer almaktadır. İHA'larda kullanılan motorlar en genel anlamda gaz türbinli motorlar, elektrik motorları ve pistonlu motorlar olarak ayrılrsa da kendi içinde çok daha geniş bir sınıflandırmaya tabi tutulabilir. Gaz türbinli motorlu insansız hava araçları; turboşaft, turboprop, turbojet, ramjet, scramjet, pulsejet kullanımına ait alt başlıklara; hatta bu alt başlıklardan birkaç tanesi de yine gaz türbinli motorun tipine göre bir alt başlığa daha ayrılabilir. Yine elektrik motorları da aynı şekilde motorda kullanılan akım çeşidine göre ya da motorun tipine göre alt başlıklara ayrılabilir.
 - 10) **Yakıt sistemine göre:** Bu sınıflandırmada kullanılan yakıt sistemi belirleyicidir. Fabrikada üretim sırasında yakıt doldurulan, pilotsuz, tek kullanımlık İHA'lar yakıt sistemi için ilk başlıktır. Bir diğer başlık ise yer istasyonundan, gemi güvertesinden veya başka bir yerden yakıt ikmal yapmaya uygun yakıt sistemi kullanan İHA'lardır.
 - 11) **Yakıt tankı tipine göre:** Temel yakıt tankı olan İHA'lar ile temel yakıt tankının yanında ekstra yakıt tankı olan İHA'lara göre yapılan sınıflandırmadır.
 - 12) **Yakıt sisteminden istifade sayısına göre:** İHA'nın yapacağı göreve göre yakıt sistemini kaç defa kullanacağını sayısı değişebilir. Bu değişkenliğe göre yapılan sınıflandırmadır.
 - 13) **Literatürde genel olarak en yaygın yapılan sınıflandırma biçimi; İHA'nın maksimum kalkış kütlesi, gerçekleştirebileceği mesafe, havada kalma süresi, çıkabileceği maksimum irtifa üzerinden yapılan sınıflandırma biçimleridir.** Bu parametrelerin biri ya da farklı kombinasyonlar halinde birkaçı üzerinden yapılan sınıflandırmalar, toplamda İHA'lar üzerine yapılan sınıflandırmaların büyük kısmını oluşturur. Bu parametrelerin sınıflandırmada yaygın bir biçimde tercih edilmesinin sebebi; İHA uygulamaları baz alındığında, gözlemlenebilir, ölçülebilir ve fonksiyonel / operasyonel özellikler olmasındandır. Bu parametrelere göre yapılan sınıflandırmalar en genel ve geniş anlamda incelendiğinde öncelikle Mikro / Mini İHA'lar, Taktiksel İHA'lar, Stratejik İHA'lar ve Özel Görev İHA'lar olarak ana gruplandırmaların yapıldığı görülmektedir. Daha sonra bu ana grupların çeşitli parametrelere göre (maksimum kalkış kütlesi, gerçekleştirebileceği mesafe, havada kalma süresi, çıkabileceği maksimum irtifa) alt gruplara ayrıldığı söylenebilir.
 - 14) **Gerçekleştirilebilecek mesafenin yarı çapına göre:** Bu sınıflandırma biçimi daha çok yüzeysel bir sınıflandırma biçimidir. Yapılacak olan mesafenin yarıçap değerine göre; çok yakın, kısa, orta ve uzun yarıçaplar olarak alt başlıklara ayrılabilir.
 - 15) **Uçuş irtifasına göre:** Sadece uçuş irtifası dikkate alınarak yapılan sınıflandırmadır. Düşük, orta ve yüksek irtifa olarak 3 başlıkta incelenir. Daha sonra bu başlıklar kendi içinde derecelendirilebilir.
 - 16) **Fonksiyon ve uygulama alanlarına göre:** Burada İHA'nın sadece fonksiyonu ya da kullanıldığı alan dikkate alınarak sınıflandırma yapılır. Bu yöntemle yapılan sınıflandırmalarda askeri veya sivil, uçak ya da helikopter tipi ya da herhangi bir ayırım gözetilmeksizin sadece fonksiyon ya da uygulama alanı dikkate alınır. (Korchenko ve Illyash, 2013)

Tablo 1: Kapsamlı İHA Sınıflandırması (Bento, 2008)

	Kategori (Sınıf)	Maksimum Kalkış Ağırlığı (kg)	Maksimum Uçuş İrtifası (m)	Havada Kalma (Seyir) Süresi (saat)	Veri Bağlantı Mesafesi (km)	Örnek	
						Görevler	Sistemler
Mikro / Mini İHAlar	Mikro	0.10	250	1	<10	Keşif, Görüntüleme, Bina Gözetimi	Black Widow, Microstar, Microbat, FanCopter, QuattroCopter, Mosquito, Hornet, Mite
	Mini	<30	150-300	<2	<10	Film ve Yayın Endüstrisi, Tarımsal Faaliyetler, Çevre Kirliliği Ölçümleri, Bina Gözetimi, Muhabere İrtibatı (İletişim Bağlantısı) ve Elektronik Harp	Mikado, Aladin, Tracker, DragonEye, Raven, Pointer II, Carolo C40 / P50, Skorpio, R-Max and R-50, RoboCopter, YH-300SL
Taktiksel İHAlar	Yakın Mesafe	150	3.000	2-4	10-30	Arama-Kurtarma, Keşif-Gözetleme-Hedef Tespiti, Elektronik Harp, Mayın Tarama	Observer I, Phantom, Copter 4, Mikado, RoboCopter 300, Pointer, Camcopter, Aerial and Agricultural R-Max
	Kısa Mesafe	200	3.000	3-6	30-70	Bomba Hasar Değerlendirmesi, Keşif-Gözetleme-Hedef Tespiti, Elektronik Harp, Mayın Tarama	Scorpi 6/30, Luna, SilverFox, EyeView, Firebird, R-Max Agri/Photo, Hornet, Raven, Phantom, GoldenEye 100, Flyrt, Neptune
	Orta Mesafe	150-500	3.000-5.000	6-10	70-200	Bomba Hasar Değerlendirmesi, Keşif-Gözetleme-Hedef Tespiti, Elektronik Harp, Mayın Tarama	Hunter B, Mücke, Aerostar, Sniper, Falco, Armor X7, Smart UAV, UCAR, Eagle Eye +, Alice, Extender, Shadow 200/400

Tablo 1 (Devam): Kapsamlı İHA Sınıflandırması (Bento, 2008)

	Uzun Mesafe	-	5.000	6-13	200-500	Bomba Hasar Değerlendirmesi, Keşif-Gözetleme-Hedef Tespiti, Muhabere İrtibatı (İletişim Bağlantısı)	Hunter, Vigilante 502
	Seyir Süreli	500-1.500	5.000-8.000	12-24	>500	Bomba Hasar Değerlendirmesi, Keşif-Gözetleme-Hedef Tespiti, Elektronik Harp, Muhabere İrtibatı (İletişim Bağlantısı)	Aerosonde, Vulture II Exp, Shadow 600, Searcher II, Hermes 450S/450T/700
	Orta İrtifa, Uzun Seyir	1.000-1.500	5.000-8.000	24-48	>500	Bomba Hasar Değerlendirmesi, Keşif-Gözetleme-Hedef Tespiti, Elektronik Harp, Silah Teslimi, Muhabere İrtibatı (İletişim Bağlantısı)	Skyforce, Hermes 1500, Heron TP, MQ-1 Predator, Predator-IT, Eagle-1/2, Darkstar, E-Hunter, Dominator
Stratejik İHAlar	Yüksek İrtifa, Uzun Seyir	2.500-12.500	15.000-20.000	24-48	>2.000	Bomba Hasar Değerlendirmesi, Keşif-Gözetleme-Hedef Tespiti, Elektronik Harp, Muhabere İrtibatı (İletişim Bağlantısı), Bust Safhasındaki Görevi, Havaalanı Güvenliği	Global Hawk, Raptor, Condor, Theseus, Helios, Predator B/C, Libellule, EuroHawk, Mercator, SensorCraft, Global Observer, Pathfinder Plus
Özel Görev İHAları	Öldürücü	250	3.000-4.000	3-4	300	Anti-radar, Anti-gemi, Anti-hava aracı, Anti-altyapı	MALI, Harpy, Lark, Marula
	Tuzağa Düşüren	250	50-5.000	<4	0-500	Hava - Denizde Tuzak Faaliyetleri	Flyrt, MALD, Nulka, ITALD, Chukar
	Stratosferik (Çok Büyük)	Sınıflandırma Devam Ediyor	20.000-30.000	>48	>2.000	-	Pegasus
	Egzo - Stratosferik (Çok Daha Büyük)	Sınıflandırma Devam Ediyor	>30.000	Sınıflandırma Devam Ediyor	Sınıflandırma Devam Ediyor	-	MarsFlyer, MAC-1

Literatüre baktığımızda en çok kullanılan sınıflandırma parametresi 13. maddede belirtilen kategoriye göre yapılan sınıflandırmalardır. Pratik kullanım alanlarının tanımlanması, eğitim faaliyetleri, ticari faaliyetler ve genel İHA çalışmaları dikkate alındığında bu sınıflandırma metodunun neden faydalı olduğu ve neden çok sık tercih edildiği anlaşılmaktadır. Bu tip sınıflandırmalarda en çok kullanılan değerlendirme parametreleri ise şöyle özetlenebilir (Gupta vd., 2013);

- Ağırlık (Gros kalkış ağırlığı + Faydalı yük ağırlığı)
- Operasyon (uçuş) irtifası
- Havada kalma süresi
- Veri toplanabilecek uzaklık
- Kullanım alanı (kullanım amacı)
- İHS tarafından gerçekleştirilen görev

Avrupa İnsansız Hava Sistemleri Kurumu (EUROUVS) nun çeşitli kıstasları göz önüne alarak yaptığı çalışmadan esinlenerek yapılan sınıflandırma Tablo 1. deki gibidir (Bento, 2008).

Mikro / Mini İnsansız Hava Araçları:

Bu gruptaki İHA'lar 300 metreye kadar irtifaya çıkabilen, kalkış ağırlığı da 25-30 kg dan daha az, havada kalış süresi yaklaşık 2 saat olan hava araçlarıdır. Genellikle yük taşıma, üzerindeki kamera / ses cihazları ile gözlem yapma, film endüstrisi, hava tahmini ölçümleri, trafik düzenlemeleri vb. uygulamalarla gündelik hayatta kullanımlarına sıkça rastlanmaktadır. Farklı alanlarda kullanıma yönelik yeni, daha küçük, kompakt modellerin üretilmesi ile gündelik hayattaki görünürlüğünün yakın gelecekte daha da artması beklenmektedir (Bento, 2008). Bununla birlikte boyutların küçük olmasından dolayı otonom kontrol de problemler yaşanmaktadır. Uzaktan kontrol için bu boyutlarda enstrümantasyon kullanımı bir problemdir. Son dönemde çeşitli avantajlarından dolayı çırpın kanatlı mikro insansız hava araçları çalışmaları hız kazanmıştır. Çırpın kanatlı mikro insansız hava araçlarının manevra kabiliyetinin yüksekliği, hızlı konumlanabilmesi, boyutunun küçüklüğü ve sessiz olması; sabit kanatlılara göre alternatif olarak görülmesine sebep olmuştur (Kurtuluş, 2017).

Taktiksel İnsansız Hava Araçları:

Taktiksel İHA'lara bakıldığında daha çok askeri uygulamalarda kullanılan; 3000-8000 metre irtifaya çıkabilen, 150-1500 kg kalkış ağırlığına sahip, 2-48 saat arasında havada kalabilme özelliğine sahip araçlar görülmektedir. Avrupa İnsansız Hava Sistemleri Kurumu (EUROUVS) 'ndan esinlenerek yapılmış olan sınıflandırmada 'Taktiksel İHA'ları menziline göre 6 alt başlığa ayırmıştır. Bu tip araçlar daha çok yol güvenliği ve ulaşım faaliyetleri, maden arama, arama – kurtarma çalışmaları, havaalanı güvenliği, bust safhası, haberleşme gibi alanlarda

kullanılırlar. Menzil büyüdükçe kullanılan teknoloji de buna bağlı olarak daha gelişmiş olmaktadır. Ayrıca yer istasyonu ile İHA arasındaki iletişim problemlerinden etkilenmemek için uydu bağlantısı kullanılabilir (Korchenko ve Illyash, 2013; Bento, 2008).

Stratejik İnsansız Hava Araçları:

Yüksek İrtifa - Uzun Havada Kalışlı İHA'lar şeklinde de isimlendirilmektedirler. Hava aracının boyutları büyüdükçe, irtifa ve yük kapasitesi artmaktadır. Stratejik İHA'larda maksimum kalkış ağırlığı 12.500 kg lara kadar çıkabilmektedir, Maksimum uçuş irtifası ise 20.000 metreleri bulabilmektedir, veri link mesafe aralığı ise 2000 km lere kadar ulaşabilmektedir. Bu İHA'larla taşınabilen faydalı yük oldukça fazla olup, daha yüksek irtifalı ve daha geniş menzil gerektiren işlerde kullanılabilir (Korchenko ve Illyash, 2013; Bento, 2008).

3. İHA'LARIN UYGULAMA ALANLARI

Günümüzde İHA'lar için ayrılan bütçeler ya da yapılan yatırımların çoğunluğu askeri faaliyetler kapsamındadır. Bu askeri faaliyetler daha çok denetim, gözetim ve istihbarat faaliyetleri şeklindedir. Bunların dışında yine askeri alanda bir diğer kullanım alanı da kimyasal, biyolojik, nükleer ve radyolojik faaliyetler gibi tehlikeli gruptaki çalışmalardır. Kara, Deniz ve Hava Kuvvetleri'nin hepsi İHA teknolojisinden farklı faaliyetlerde faydalanmaktadır.

- Tarama,
- Anlık / genel hedef belirleme,
- Barış zamanında genel gözetim,
- Savaş zamanında düşman aktivitelerinin gözetimi,
- Anlık hava tahmini,
- Kapalı havalarda rota belirleme,
- Yön bulma,
- Düşman takibi,
- Radyo sinyallerinin iletimi,
- Uçak pistlerinin güvenliği,
- Hasar belirleme çalışmaları,
- Gerektiğinde radar / jammer olarak kullanım ve daha bir çok konuda İHA'ların kullanım alanı bulunmaktadır (Gupta vd., 2013).

İHA'lar bilinenin aksine sadece askeri uygulamalarda kullanılmamaktadır. Özellikle Amerika Birleşik Devletleri hükümetinin askeri alanlar dışında sivil havacılıkta da İHA kullanımına izin vermesiyle birlikte, İHA endüstrisi hızlı bir gelişim göstermiştir (Gupta vd., 2013).

- Ticari amaçlı kullanımlarda,
- Bilimsel çalışmalarda,
- Üniversite-laboratuvar çalışmaları,
- Arama-kurtarma çalışmaları,

- Kamu güvenliği / düzenini ilgilendiren uygulamalarda,
- Meteoroloji çalışmalarında,
- Film endüstrisinde,
- Çevre-doğa çalışmalarında,
- Havacılık fotoğrafçılığında,
- Madencilik / jeoloji faaliyetlerinde,
- Tarım alanlarındaki kullanımlarda vb. alanlarda

İHA kullanımını giderek yaygınlaşmaktadır. Özellikle tehlikeli ve risk barındıran uygulamalar ile uzun-soluklu çok vakit alan (örn. 40-50 saat) ve insan kullanımının verimsiz olduğu alanlarda İHA kullanımını sağladığı kolaylıklar nedeniyle tercih sebebidir. Nükleer faaliyetler gibi kirli sayılabilecek, insan kullanımının riskli olduğu faaliyetlerde de sıklıkla tercih edilebilmektedir. Hayatımızın her alanında kullandığımız internet hizmetleri (başta Google olmak üzere) ve sosyal medya uygulamaları da İHA teknolojisinden faydalanmaktadır (Gupta vd., 2013).

4. İHA'LARIN GELECEK PERSPEKTİFİ, GÜNCEL GELECEK TARTIŞMALARI VE TÜRKİYE'DE İHA ÇALIŞMALARI

İHA'ların gelecekte gerek sivil gerek de askeri havacılık kullanımının çok daha geniş boyutlara ulaşacağı düşünülmektedir. Hava muharebeleri, hedefi doğrudan tarama-tanımaya-yok etme, düşman hava savunma hedeflerinin doğrudan saldırı ile yok edilmesi, ağ düğümü muharebe irtibatı, elektronik saldırı, su-altı ve su-üstü gemilerine yapılan baskınlar, savunma ya da hücumu karşı ataklar ve hava-taşımacılığı bu başlıklardan en önemlileridir (Gupta vd., 2013).

İHA'ların üretim aşamasında, tüm üretim aşamalarının genelinde olduğu gibi maliyet düşürme amacı ön plandadır. Bu noktada, İHA'ların da benzer ar-ge süreçlerinden geçtiği düşünüldüğünde; tüm komponent/sistem tasarımları, hesaplamalar, analizler, modellemeler ve simülasyonlar İHA'lar için de ciddi mali kalemler olarak görünmektedir. Çünkü tasarım-hesaplama-analiz-modelleme-simülasyon aşamaları İHA sistem üretiminin ilk ve en önemli adımlarıdır. Bu aşamalar bize tekrarlanabilir testler yapma, sistem sağlaması yapma gibi imkanlar sunar. Bu şekilde maliyetlerin azaltılması için çeşitli çalışmalar sürdürülmektedir. Bu çalışmaların içinde ücretsiz yazılım çalışmaları önemli yer tutmaktadır. Genelde bağımsız biçimde yürütüldükleri için kaliteleri ve işlevselliği çeşitlilik göstermektedir. Ücretsiz yazılım çalışmaları genellikle mekanik ve aerodinamik kısımlar üzerinde yoğunlaşmıştır. Çünkü bu iki kısım tasarımcının özgün hareket etme kapasitesinin en yüksek olduğu kısımlardır. Bu konuda yapılan başarılı çalışmalar oldukça fazladır. Bu çalışmalar ve oluşturulan yazılımlar ile sadece maliyet azaltılmamakta, kaynakların verimli kullanımı da bir

başka olumlu sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır (Vogeltanz, 2015).

İHA sistemleri ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmasına ve ar-ge faaliyetleri açısından çok gündemde bir konu olmasına rağmen; askeri uygulamalarda yakalanan başarı ve ivme, sivil uygulamalarda istenilen seviyede değildir. Her ne kadar uygulama alanlarının yaygınlığı artış gösterse de bu alanlarda kullanım yaygınlığı istenilen düzeyde değildir. Örneğin tarım-zirai uygulamalarda İHA sistemlerinin kullanımına yönelik yıllardır çok sayıda çalışmalar yapılmıştır. Tarımsal faaliyetler bilindiği üzere çok sayıda ve kaba ekipmanla yapılan işlemlerdir. Yük taşıma kapasitesi, havada kalış süresi gibi en temel iki özellik dikkate alındığında İHA sistemleri tarımsal uygulamalarda kısmen yetersiz kalmaktadır. Sadece ufak ve spesifik uygulamalarda tercih edilmektedir. Önümüzdeki 10 yılın perspektifine bakıldığında tarımsal faaliyetlerde hala geleneksel yöntemlerin, İHA yöntemlerine göre çok daha yaygın biçimde kullanılacağı beklenmektedir (Huang vd., 2013).

İHA'larda itki sistemleri ele alındığında karşımıza geniş bir yelpaze çıkmaktadır. Geleneksel anlamda içten yanmalı motorların (dönel ya da pistonlu) büyük bir paya sahip olduğu görülmektedir. Bunun dışında gaz türbinli motorların itki sistemlerinin de yine sınıflandırmadaki ağırlık değerlerine göre kullanıldığından söz edebiliriz (turbojet, turboprop, turbofan, turboşaft vs). Yani tasarlanan İHA'nın ağırlık değerleri arttıkça tercih edilecek gaz türbinli motor çeşidi de buna göre değişebilir. Bu noktada bir diğer altı çizilmesi gereken konu ise elektrikli itki sistemleridir. Yakıt hücreleri ve bataryalar geçmiş yıllara kıyasla daha yüksek oranda İHA'larda kullanılmakta, elektrik motorlarının yanında elektrikli itki sistemleri grubunda yerini almaktadır (U.K. M.o.D. J.D.N. 2/11, 2011). Karşılaştırma parametreleri olarak 'İtke Verimliliği'nde Bataryalar ve Yakıt Hücreleri; 'İrtifa /Uçuş Hızı'nda Gaz Türbinli İtke Sistemleri; 'Titreşim (Vibrasyon)'da Gaz Türbinli Sistemler ve Yakıt Hücreleri; 'Seyir Süresi'nde ise İçten Yanmalı Pistonlu Motorlar ile Yakıt Hücreleri ön plana çıkmaktadır.

Teknolojinin her alanında olduğu gibi İHA'ların kullanımında da etik sorunlar ve mahremiyet tartışmaları karşımıza çıkmaktadır. Hiç kuşkusuz İHA kullanımının faydaları oldukça fazladır. Buna rağmen bazı akademik çevreler, sivil toplum örgütleri, gazeteciler çok geniş bir yelpazede yaşanması muhtemel potansiyel problem ve tehditlere dikkat çekmektedirler (Finn ve Wright, 2012). İHA'ların sivil uygulamalarda kullanılmaya başlaması ayrıca birçok etik tartışmayı da beraberinde getirmiştir. Bunlardan en önemlisi 'gözetleme / gözetim' başlığıdır. Kameraların özel hayatlara girmeye başladığı dönemlerde yaşanan tartışmaların bir benzeri günümüzde İHA'lar üzerinden yaşanmaktadır. Bu durum, hali hazırda İHA'ların kullanımı ile ilgili hem sivil havacılık

anlamında hem de yasal anlamda düzenlemelerin yeterli olmamasından kaynaklanmaktadır. İHA ların göreceli olarak yaygın kullanılmaya başlandığı ülkelerde, “toplumsal etik” tartışmaları daha fazla yaşanmaktadır.

Türkiye’de 1990’ların başında ithal edilen ilk İHA’larla başlayan İHA kullanım süreci daha sonra 1990’ların ortalarından sonra milli imkanlarla yerli İHA üretimi çalışmalarına evrilmiştir. TAI’nin ilk denemeleri hava savunma sistemleri atış eğitimlerinde kullanılmak üzere ‘Turna’ ve ‘Keklik’ üretildikten sonra pilot eğitimlerinde kullanılmak üzere ‘Baykuş’ ve ‘Pelikan’ üretilmiştir. 2004 yılında Savunma Sanayi Müsteşarlığı’nın İHA alımı ve geliştirilmesi konusunda tek yetkili kuruluş olarak belirlenmesiyle çalışmalar boyut değiştirmiştir. TAI’ye Taktiksel İHA lar - ‘Orta İrtifa Uzun Seyir’ sınıfındaki İHA’ların geliştirilmesi görevi verilmiş ve ortaya 24 saat havada kalma süresi, 9.150 m servis irtifası ile dünyada aynı segment rakipleri ile yarışan ‘Anka’ çıkmıştır. Yine Taktiksel İHA lar sınıfında Baykar firması tarafından üretilen; havada kalma süresi 60-80 dk, maksimum uçuş irtifası 1.220 m olan ‘Bayraktar Mini İHA’ ve havada kalma süresi 24 saat, maksimum uçuş irtifası 7.315 m olan ‘Bayraktar Taktik İHA’ kayda değer diğer çalışmalardır. (Altunok, 2010; tai.com.tr; baykarmakina.com)

5. SONUÇLAR

İnsansız Hava Aracı Sistemleri ile ilgili ülkemizde yapılan akademik çalışmaların bir hedefe odaklanması bağlamında; dünyadaki çalışmaları, İHA’ların teknolojik gelişimini, sektörün güncel durumunu kavramaya yönelik toparlayıcı Türkçe yayınların olması önemlidir.

- İHA kavramının ve İHA’ların sınıflandırılmasının doğru ele alınması, İHA çalışmalarının odaklanacağı hedeflerin belirlenmesinde etkin bir role sahip olacaktır.
- Dünya’da İHA’lar üzerine yapılan çalışmalar; tasarımsal (Ar-Ge), itki sistemleri, toplumsal etik ve uygulama alanları üzerine yoğunlaşmıştır. Ülkemizdeki İHA çalışmalarının bu trendi yakalaması, teknik ve sektörel gelişmeleri çok daha fazla takip etmesi ile mümkündür.
- İHA’ların kullanımı ile ilgili hem sivil havacılık anlamında hem de yasal anlamda düzenleme gereksinimi, toplumsal etik tartışmaları adına üzerinde durulması gereken ciddi bir başka başlıktır.

KAYNAKLAR

- Altunok T., (2010), Türkiye’nin İHA Serüveni, Bilim ve Teknik Dergisi Aralık 2010 Sayısı
- Austin R., (2010), “Unmanned Aircraft Systems, UAVs Design, Development and Deployment”, John Wiley & Sons Ltd. Alvarado O. “2016 SAE Aero Design 2016 Rules Document” s. 36-40
- Bento M. de F., (2008), “Unmanned Aerial Vehicles—An Overview”, InsideGNSS – www.insidegnss.com- Work. Paper Broeren A. P., P. Giguere, J. J. Guglielmo, M. S. Selig 1995, Summary of Low-Speed Airfoil Data, Volume 1, Soartech Publications, s. 183-189
- Cox T.H., Nagy C.J., Skoog M.A., Somers I. A., (2004), “Civil UAV Capability Assessment”,
- Everaerts J., (2008), “The Use Of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) For Remote Sensing And Mapping”, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B1. Beijing
- Finn R.L., Wright D., (2012), “Unmanned Aircraft Systems: Surveillance, ethics and privacy in civil applications”, Computer Law & Security Review 28 (2012) 184-194
- Gupta S.G., Ghonge M.M., Jawandhiya Dr. P. M., (2013), “Review of Unmanned Aircraft System (UAS)”, International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET) Volume 2, Issue 4
- Hobbs A. (Ph.D.), “Unmanned Aircraft Systems”, (2010), San Jose State University Human Systems Integration Division NASA Ames Research Center, Chapter 16
- Huang Y., Thomson S.J., W. Hoffmann W.C., Lan Y., Fritz B.K., (2013), “Development and Prospect of Unmanned Aerial Vehicle Technologies for Agricultural Production Management”, Int J Agric & Biol Eng Open Access at <http://www.ijabe.org> Vol. 6 No.3 1
- Korchenko A.G., Illyash O.S., (2013), “The Generalized Classification of Unmanned Air Vehicles”, (2013) IEEE 2nd International Conference “Actual Problems of Unmanned Air Vehicles Developments” Proceedings pp.28-34
- Kurtuluş D.F., Tekinalp O., (2010), İnsansız Hava Araçlarına Bir Bakış, SSM Günden Dergisi, 2010/2 No:12, 53-58

Kurtuluş D.F., (2017), MHA Tasarımlarına İlham Veren Kanatlı Böceklerin Uçuş Özellikleri, SÜHAD Vol.2, No. 2, pp.66-75

Lee S., Choi Y., (2016), “Reviews of unmanned aerial vehicle (drone) technology trends and its applications in the mining industry”, Geosystem Engineering ISSN: 1226-9328 (Print) 2166-3394

Maddalon J. M., Hayhurst K.J., Koppen D.M., Upchurch J.M., Morris A.T., Verstynen H.A., (2013), “Perspectives on Unmanned Aircraft Classification for Civil Airworthiness Standards”, NASA, NASA/TM-2013-217969, Langley Research Center

“U.K. Ministry of Defence, Joint Doctrine Note 2/11, The U.K. Approach to Unmanned Aircraft Systems”, (2011)

“U.K. Ministry of Defence, Joint Doctrine Note 3/10, Unmanned Aircraft Systems: Terminology, Definitions and Classification”, (2010)

“U.S. Army Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2010-2035, Eyes of The Army”, (2009), U.S. Army UAS Center of Excellence

<https://www.tai.com.tr/urun/anka>

<http://baykarmakina.com/sistemler-2/>

Vogeltanz T., (2015), “A Survey of Free Software for the Design, Analysis, Modelling, and Simulation of an Unmanned Aerial Vehicle”, Arch Computat Methods Eng (2016) 23:449–514