



İnsansız Hava Araçlarında Dayanıklılık

Ümit Cevher^{1*}

^{1*} Türk Havacılık ve Uzay Sanayii, Milli Muharip Uçak Genel Müdür Yardımcılığı, Ankara, Türkiye, (ORCID: 0009-0004-0532-5530), umitcevher11@gmail.com

(İlk Geliş Tarihi 3 Nisan 2023 ve Kabul Tarihi 19 Temmuz 2023)

(DOI: 10.31590/ejosat.1276284)

ATIF/REFERENCE: Cevher, Ü. (2023). İnsansız Hava Araçlarında Dayanıklılık. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (51), 181-189.

Öz

İnsansız Hava Aracı (İHA) fiziksel olarak içinde pilot bulunmayan, oto-pilot yöntemiyle yönetilebilen, silahlı veya silahsız olarak aktif hale getirilen hava araçlarıdır. Uzaktan kumanda veya kendi uçuş planı dâhilinde uçabilen bu uçaklar her ne kadar uzun yıllardır üzerinde çalışılsa da 90'lı yıllardan sonra aktif olarak sivil alanda ve askeri alanda kullanılmaktadır. Dünyadaki savaş anlayışının yavaş yavaş değişmeye başlaması ve hibrid savaşın önem kazanmaya başlaması İHA'ların önemini askeri alanda giderek arttırmaktadır. İHA'lar kullanım alanlarına göre farklı sistemler ve yükler ile donatılırlar. Bu alanlar, keşif ve gözetleme, çatışma, araştırma, lojistik, tarım ve ticaret gibi alanlardır. Bir pilot tarafından kullanılmamasından ötürü can güvenliği riskinin düşük seviyede olması, yüksek irtifa kazanması gibi birçok olumlu özelliği de vardır. Ayrıca insanlı hava araçlarına göre düşük üretim, işletme ve bakım maliyeti sunmaktadır. Bu nedenlerle geliştirilerek kullanım alanının artması, insansız teknolojilerin kullanımına geçilmesi adına önemlidir. İHA tasarımlarında birçok unsur göz önüne alınmaktadır. Bunlardan en önemlileri olarak özerklik ve dayanıklılık olarak gösterilebilir. Bu çalışmada İHA'larda dayanıklılık konusu ele alınmış, dayanıklılık unsurunun bu araçlardaki önemi araştırılmıştır. Tasarımda dayanıklılık maliyet unsuru, güvenlik unsuru ve görev esnekliği sağlanması olarak üç ana konuyu gerçekleştirebilmek için önemlidir. Yapılan literatür araştırmasında İHA tasarımlarında daha uzun süre havada kalma, daha uzağa ulaşma ve daha yüksek irtifaya çıkma ulaşılmaya çalışılan ana amaçlar olarak gözlemlenmiştir. Günümüzde özellikle okyanus ötesi çalışmalar için dayanıklılık unsurunun geliştirilmesi adına çalışmalar yapılmaktadır. Gerek askeri, gerekse sivil kullanımda tasarımda dayanıklılık faktörünün ön plana çıkarılmaya çalışıldığı anlaşılmış, bu sayede maliyet ve ergonomi konularında avantaj sağlanılmaya çalışıldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dayanıklılık, İnsansız Hava Araçları, İnsansız Hava Aracı Sistemleri.

Durability in Unmanned Aerial Vehicles

Abstract

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) is an aircraft that does not have a pilot physically, can be managed by auto-pilot method, and is activated as armed or unarmed. These aircraft, which can fly with remote control or within their own flight plan, have been actively used in the civilian and military fields after the 90s, although they have been studied for many years. The general understanding of war is gradually changing and hybrid warfare is gaining importance, which increases the importance of UAVs in the military field. UAVs are equipped with different systems and loads according to their usage. These are areas such as reconnaissance and surveillance, conflict, research, logistics, agriculture and commerce. It has many positive features such as low risk of life safety due to not being used by a pilot, gaining high altitude. It also offers lower production, operation and maintenance costs compared to manned aircraft. For this reason, it is important to develop and increase the usage area, in order to switch to the use of unmanned technologies. Many elements are taken into account in UAV designs. The most important of these are autonomy and resilience. In this study, the issue of durability in UAVs was discussed and the importance of durability in these vehicles was investigated. Durability in design is important in order to realize three main issues as cost factor, security factor and task flexibility. In the literature research, it has been observed that staying in the air for a longer time, reaching farther and reaching higher altitude are the main objectives that are tried to be achieved in UAV designs. Today, studies are carried out to develop the element of endurance, especially for transoceanic studies. It

* Sorumlu Yazar: umitcevher11@gmail.com

has been understood that the durability factor has been tried to be brought to the forefront in both military and civilian use, and it has been concluded that an advantage has been tried to be gained in terms of cost and ergonomics.

Keywords: Endurance, Unmanned Aerial Vehicles, Unmanned Aerial Vehicle Systems.

1.Giriş

20.yüzyılda hem atmosferde hem de uzayda insana dayalı hava araçlarının sayısı artmış ve sanayileşme, harp teknolojisindeki gücünü iletmiştir. Birinci Dünya Savaşı döneminde kullanılan birkaç savaş uçağı bu konuda önemli bir başlangıç olmuş, ancak İkinci Dünya Savaşı dönemiyle birlikte harp teknolojilerinin savaş sanatını ne denli yönlendirdiği görülmüştür. 21.yüzyılda ise insansız ve otonom uçuş alanında yeni bir dönem başlamıştır. Bu dönemde halk tarafından *drone* olarak adlandırılan İHA geliştirilmiş, bu araçlar modern dünyada insan etkisi olmaksızın, teknolojinin akıllılık özelliğiyle birlikte araçların işlevlerini yerine getirebileceğini göstermiştir. Üstelik bu araçların uluslararası güvenlikte ve muharebelerde kullanılması, onların geleceğin dünyasını yönlendirebilecek güçte olduğunu da düşündürmüştür (Stewart & Martin, 2021: 2).

İnsansız hava araçlarına yönelik uygulamalar; Nesnelerin İnterneti (IoT), 5G ve Big Datadaki (Büyük Veri) gelişmiş kullanımları sayesinde sürekli olarak geliştirilmektedir. İHA'lar son on yılda nesne algılama ve izleme, kamu güvenliği, trafik gözetimi, askeri operasyonlar, gizli veya tehlikeli alanların keşfi, iç veya dış mekân navigasyonu, atmosferik algılama, afet sonrası operasyonlar ve sağlık hizmetleri de dâhil olmak üzere çeşitli uygulamalarda kullanılmıştır (Mohsan et al. 2022: 1). Dünya üzerinde 40'ı aşkın ülke tarafından İHA'lar askeri alanda kullanılmaktadır. (Whelan et al. 2022: 1). Özellikle askeri alandaki kullanımı, insan unsuru içermemesinden ötürü güvenlik açısından oldukça önemlidir. Savaş anlayışının hava, kara veya deniz savunması fark etmeksizin içeriğinde İHA'lara yer verilmekte, bilhassa istihbarat toplanması noktasında bu sistemlere başvurulmaktadır. Ancak şu husus belirtilmelidir ki, bu araçların uluslararası sahada kullanımına yönelik hukuki çerçeve henüz istenen düzeyde gelişmemiştir (Wise, 2010: 1).

Çin İnsansız Hava Aracı Endüstrisi (CUAVI) orta büyüklükteki İHA'lar için pazar potansiyelinin 2025 yılına kadar 80 milyar Çin Yuanına (¥) ulaşacağını tahmin ederken, Federal Havacılık İdaresi (FAA) şu anda 3 milyon İHA'nın uçtuğu ifade etmiştir (Abro et al. 2022: 1). 2025 yılında kadar ise dünya üzerinde yıllık 2500 ticari İHA satışı ve 12 milyar dolar ciroya ulaşılacağı öngörülmektedir (Ahmed et al. 2022: 7968). Geleceğin dünyasında İHA'ların daha fazla yer alacağı, askeri alanda olduğu kadar sivil alanda da kullanımlarının artacağı düşünülmektedir. Uzun ile birlikte siber alanı da içine alan, güvenlikte önemli stratejik değere sahip olan bu araçlar özellikle nesnelerin interneti teknolojisiyle daha akıllı araçlara dönüşecek ve insanlığın hizmetine sunulacaktır.

2.Materyal ve Metot

2.1.İHA Teknolojileri

İHA teknolojileri, bir İHA'yı kontrol etmek için gerekli ekipman, ağ ve personeli içeren bir bileşen geliştirmeye dayalı teknolojiler olarak düşünülebilir (Sapmaz, 2021: 8). İHA'lar ve bu araçlara yönelik sistemlerin geliştirilmesinin temelde iki önemli sebebi vardır. Bunlardan birincisi geçmiş yıllarda savaşlardaki can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi, ikincisi ise yeni dönemin savaş pratiğinde yer alan hibrit savaşın ön plana çıkarılmasıdır. Geleneksel konvansiyonel savaşlarda özellikle iyi eğitilmiş pilotların yaşamını yitirmeleri nitelikli güç bakımından önemli kayıplara sebep oluyordu. Bu nedenle modern dönemde devletler hibrit savaş denilen, sadece silahlarla yapılmayan, aynı zamanda teknoloji üzerinden yapılan savaşları desteklemektedirler (Atasoy, 2022: 30-31).

Modern savaşları insansızlaştırma suretiyle yapmak, temelde teknolojinin çok daha etkili bir silah olduğunu kabul etmekle ilgilidir. Günümüzde teknolojideki gelişmeler akıllı cihazların yaygınlaşmasını, iletişimin pratiğe dönüşmesini ve en önemlisi zaman/mekân sınırlarının aşılmasını sağlamıştır. Dolayısıyla teknolojiye dayalı savaşın kazanan tarafı, can ve mal kaybıyla rakibini bertaraf etmekten çok daha fazla üstünlük kuracaktır (Schmidt & Cohen, 2014: 146).

Bu başlık altında İHA teknolojilerine dayalı genel bilgiler verilecek, bu araçların temel unsur ve özelliklerinden bahsedilecektir.

2.1.1.Muharebe ve İHA Teknolojileri

Modern çağda geleneksel muharebe anlayışına ek olarak devletin stratejik ve yönetsel şekilde verdikleri kararlara dayalı, çoğunlukla stratejik, özellikle yumuşak güç unsuru oluşturabilecek anlayıştaki mücadele yöntemleri almıştır. Bu dönemde gelişen teknolojiyle birlikte savunma sistemleri de akıllı ürünlerle donatılmış, böylece aklın ve bilimin ışığında çok daha güçlü bir savunma mekanizması kurmak hedeflenmiştir. Bu hedefin bir ürünü de *İHA sistemleridir* (Wise, 2010: 1).

İHA; “insan operatör taşımayan, aerodinamik kuvvetler kullanarak aracın kaldırılmasını sağlayan, otonom olarak uçabilen veya uzaktan kumanda edilebilen, harcanabilen veya geri kazanılabilen ve ölümcül veya ölümcül olmayan yük” olarak tanımlanabilir (Sapmaz, 2021: 8). Amerika Birleşik Devletleri Federal Havacılık İdaresi (FAA)'nın yaptığı tanıma göre bu araçlar “üzerinde pilot olmadan havada uçuş için kullanılan veya kullanılması amaçlanan cihazlardır.” (Stewart & Martin, 2021: 3).Bu tanımların haricinde İHA'lara ilişkin diğer tanımlar şu şekilde sıralanabilir:

“...pilotu veya yolcusu olmayan uçan bir hava aracı” (Yıldızel & Çalış, 2019: 926)

“İnsansız Hava araçları, üzerinde herhangi bir pilota ihtiyaç duymadan, otonom veya uzaktan pilot kontrollü olarak çalıştırılabilen araçlardır.” (Singhal et al. 2018: 1)

“Önceden programlanmış veya uzaktan kumandalı, yönlendirilmiş uçuşu sürdürebilen her türden İHA” (CCPD, 2019:1)

“İnsan taşımayan, aerodinamik kuvvetler kullanarak araç kaldırma sağlayan, otonom olarak uçabilen veya uzaktan kumanda edilebilen, motorlu, hava aracı” (DeGarmo, 2004: 2).

İHA'lar sıklıkla uydu ve uçaklarla karıştırılmaktadır. Oysaki bu araçların belli bir amaç adına havada olması ve sistem içerikleri onu kendine özel kılmaktadır. Tablo 1’de uydu, uçak ve İHA karşılaştırılması suretiyle aralarındaki farklar gösterilmiştir.

Tablo 1. Uydu, Uçak ve İnsansız Hava Araçları Karşılaştırılması (Table 1. Comparison of Satellite, Aircraft and Unmanned Aerial Vehicles)

Sistem	Çözünürlük	Kullanılabilirlik Derecesi	Operasyon Modu	Yük Kapasitesi	İşletme Maliyeti
İHA	Cm – Metre	Yüksek	Otonom veya uzaktan kumanda	Limitli	Düşük
Uçak ve benzeri tipte hava araçları	Metre	Yüksek	İnsan-pilot	Limitli	Orta
Uydu	10m-1Km	Düşük	Özerk	Limitli	Çok yüksek

Kaynak: Singhal et al. 2018: 2

İHA'lar; uçak ve benzeri tipteki hava araçlarına ve uydulara kıyasla yüksek işletme maliyeti gerektirmeyen, özerk, yani insana gerek duymayan, oto-pilot kontrolü olan ve en önemlisi stratejik amaçlarla kullanılabilen araçlardır (Singhal et al. 2018: 2).

Yeni teknolojiler genellikle belirsiz bir terminoloji içeriğine sahip oldukları için bu teknolojik üretimlerin kolayca isimlendirilmesi mümkün değildir. Bu noktada İHA'lar da halk arasında sıklıkla *drone* olarak bilinmektedir. Oysaki uzaktan kumandalı oyuncak *dronelar* da vardır. Bu nedenle bu nitelendirmenin doğru olduğu söylenemez. Drone gibi örnek birçok nitelendirme söz konusudur. Bunlar arasında “İnsansız Uçak Sistemi” (Unmanned Aircraft System - UAS), "Uzaktan Kumandalı Araç" (Remote Control Vehicle -RPV) ve "Uzaktan Kumandalı Uçak" (Remote Control Aircraft - ROA) nitelendirmeleri de bulunmaktadır. Literatürde terimin doğru şekilde kullanılması gerek akademik gerekse uluslararası kurumların çalışmalarıyla sağlanmış ve bu araçların adı “İHA” olarak yerleşmiştir. Bununla birlikte belirtilmelidir ki “İHA sistemi” ağırlıklı olarak devlet kurumları ve uluslararası kuruluşlar tarafından kullanılırken, “İHA” akademide popülerdir (Stewart & Martin, 2021: 3).

İnsansız hava araçlarının tarihine bakıldığında öncelikle insansız bir sistemin dünyada ilk kez Temmuz 1849'da Hasburglar tarafından kullanıldığı bilinmektedir. Avusturya'nın Venedik kuşatması sırasında kullandığı zaman ayarlı bombalar bu araçlara örnek teşkil etmektedir. 1903 senesinde sabit kanatlı uçakların ortaya çıkışının ardından Birinci Dünya Savaşı döneminde *Hewitt-Sperry* adındaki ilk otomatik uçak kullanıldı. Hava torpidosu görevi gören bu tipte uçaklar uzun süre kullanımda kaldıktan sonra, 1930'larla birlikte tam teşekküllü uçaklar geliştirildi. 1931'de Birleşik Krallık'ta geliştirilen *Fairey Queen*, 1935 senesinde üretilen *DH.82B Queen Bee* bu tam teşekküllü uçaklar arasında yerini almaktadır. Ayrıca bu dönemde bu uçaklara ilişkin terminoloji oturmadığı için hemen hemen hepsine *drone* denilmekteydi (Stewart & Martin, 2021: 5). İHA'lar 1990'lı yılların sonuna değin, polis ve sağlık servisleri tarafından canlı bilgi verme veya ilk yardım amacıyla kullanıldı. Gelişen teknolojiden sonra ise askeri alanda istihbarat toplamak, aynı zamanda da insanlı hava araçlarındaki can güvenliği riskini bertaraf etmek amacıyla bu araçlar daha da geliştirilmiş ve kullanımı yaygınlaşmıştır (Yıldız & Çalış, 2019: 926). 2000'li yıllar İHA'ların artık sivil kullanım alanının da olduğu, havada kalış sürelerinin uzatılması amacıyla çalışılan ve bu araçların teknolojiye dönük olarak akıllılık özelliğinin artırılmaya çalışıldığı bir dönem haline gelmiştir (Office of the Secretary of Defense, 2003).

İHA'lar sivil ve askeri alanda kullanılmaktadır. *Sivil kullanımda* arama ve kurtarma görevleri, afet müdahalesi, araştırma projeleri, teslimat ve nakliye, tarım, vahşi yaşamı koruma, hava gözlemi gibi alanlarda aktiftir; ancak bu aktiflik istenen düzeyde değildir. Zira Sivil Havacılığa ilişkin uluslararası yasal çerçeve, sivil İHA sistemlerinin işletilmesine ilişkin ayrıntılı kurallar sağlamamaktadır. Bu konuda şu an için kuralları belirleyen tek sözleşmenin Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü'ne ait (ICAO) Chicago Sözleşmesi (1944) olduğu belirtilmelidir. Bu sözleşmede m.8'de bu araçların bir devletin izni dışında ilgili devletin toprakları üzerinde izinsiz kullanılmayacağı belirtilmiştir. Dolayısıyla yerel düzeyde kullanılsa da uluslararası alanda güvenlik tehdidi söz konusu olduğu için sivil kullanımı adına henüz istenen düzeyde aşama kaydedilmemiştir. *Askeri kullanım* alanında ise İHA'ların gözetleme - istihbarat amaçlı ve silah platformları çerçevesinde kullanılması söz konusudur (Wagner, 2015: 5-6).

İHA'ların kullanımında- daha evvel de belirtildiği üzere- tam anlamıyla uluslararası hukuk çerçevesi çizilmemiş, bu nedenle de Chicago Sözleşmesi çerçevesinde hareket edilerek uluslararası güvenliği tehlikeye atmayacak biçimde kullanım yoluna gidilmiştir. İnsansız hava araçlarının kullanımında en çok tartışılan meselelerden biri insan haklarını ihlal edip etmediğidir. Uluslararası insan hakları hukuku, silahlı çatışma bağlamı dışında İHA'lar aracılığıyla ölümcül operasyonların gerçekleştirilmesinin ancak en dar

koşullarda hukuka uygun olacağını savunmaktadır. Bu nedenle İHA'ların kullanımında *orantılılık* ilkesinin göz önüne aldığı görülmektedir (O'Connell, 2010).

Tablo 2. Hava Aracı Araçlarının Güvenlik Denetimine Uygunluğu (Table 2. Compliance of Aircraft Vehicles with Security Inspection)

ETKİLER	AVANTAJLAR	ENGELLER
İHA prosedürü ve planlaması	Güvenlik ilgi noktasının tanımlanması	Hava şartları
Veri toplama ve işleme	Aynı anda birden fazla faaliyet izlenebildiği için denetim sırasında daha az zaman harcanır. Manuel veri toplamada daha az zaman harcanması nedeniyle basitleştirilmiş denetim aşamaları. Teknolojiyi kullanma kolaylığı; Değişkenliği azaltan veri standardizasyonu	Kanun gereksinimleri; Pilot/gözlemci için İHA Eğitimi
Veri analizi ve işleme	Güvenli olmayan koşulların şeffaflığının artırılması. Güvenli olmayan ve güvenli koşullar hakkında ayrıntılı bilgi. Karar vermede göstergelerin ve bilgilerin kullanımı. Güvenlik eğitimi için görsel varlıkların ve teftiş sonuçlarının kullanımı	Çalışanlar için gerçek zamanlı geri bildirim iyileştirme ihtiyacı; Güvenlik personeli için gerçek zamanlı bilgi gereklidir.
Personel ve sistem	İHA Maliyet-fayda fizibilitesi; İşverenlerin güvenlik tutumlarının olası gelişimi	Yeni teknolojilerin benimsenmesine karşı direnç; Şantiyede kötü yapılandırılmış güvenlik yönetim sistemi.

Kaynak: Yıldız & Çalış, 2019: 928

Yıldız ve Çalış'a ait (2019) tabloda 2'de de gösterildiği üzere İHA'ların prosedür, planlama, veri toplama ve işleme, veri analizi ve işleme, personel ve sistem açısından çeşitli avantaj ve dezavantajları söz konusudur. Hukuki çerçevesinin geliştirilmesi gereken bu sistemlerin güvenlik denetimine yönelik uygunluğu artırılmalıdır. Bu kapsamda veri toplama ve işleme süreçlerinde aşama kaydedilmesi bu araçların stratejik kullanımını daha da işlevsel hale getirecektir (Yıldız & Çalış, 2019: 928).

2.1.2. İHA Sistemlerinin Özellikleri ve Temel Unsurları

İçinde bulunduğumuz yüzyılın siyasi ve teknolojik çerçevede en önemli meselelerinden biri uluslararası güvenlidir. Uluslararası güvenliği sağlamak, aynı zamanda bunu yaparken modern dönemde, teknoloji çerçevesinde yumuşak güç unsurlarını kuvvetlendirmek ve teknoloji odaklı muharebe sistemleri oluşturmak adına İHA teknolojilerine yönelik yapılan yatırımlar artmıştır. İHA sistemlerinin birçok özelliği vardır. Sapmaz (2021) bu özellikleri sıralarken araçların; keşif yapma, insanlı sistemlere bilgi akışı sağlama, yüksek riskli alanlarda insansız olma özelliğiyle canlı güvenliğini sağlama gibi özelliklerine dikkat çekmiş ve bu sistemlerin çoğaltılmasıyla birlikte muharebelerin bu sistemlerle sağlanmasının bireysel güvenlik açısından insana da fayda sağlayacağını altını çizmiştir (Sapmaz, 2021: 8).

İHA'da fiziksel olarak pilot bulunmasa da bu, otonom olarak kendi başına uçtuğu anlamına gelmez. Geleneksel bir hava aracına kıyasla bir İHA'dan sorumlu mürettebat sayısı da oldukça fazladır. İHA sistemi "Yer Kontrol Sistemi" (Ground Control System – GSC) ile yerden güvenilir iletişim bağlantıları ile kontrol edilir. Cihazlardan GSC tarafından alınan veriler yerinde işlenir veya bir işleme merkezine iletilir (Everaerts, 2008: 1187).

İHA'lar üretim, satın alma, yakıt ve uçuş maliyetlerinin düşük olması nedeniyle normal hava araçlarına göre büyük avantajlar sağlamaktadır. En önemlisi, bu araçlar mürettebatsız oldukları için görev esnasında yaralanma veya can kaybı riski oluşturmamaktadırlar. Yine aynı nedenle konvansiyonel uçaklardan daha hafiftirler ve aynı miktarda yakıtla havada daha uzun süre kalabilirler (Erdoğan et al. 2022: 36).

İHA'lar; teknoloji, otonomi düzeyi, boyut, ağırlık ve enerji kaynakları gibi teknik özellikleri açısından çeşitli türlere bağlı olarak değerlendirilirler. Bu değerlendirmeye bağlı olarak da *inişe bağlı olarak*, *aerodinamik yapısına bağlı olarak* ve *rakıma bağlı olarak* üç ayrı türe ayrılırlar. Bu sınıflandırma Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. İHA'ların İniş, Aerodinamik ve Rakıma Bağlı Sınıflandırılması (Table 3. Classification of UAVs Based on Landing, Aerodynamics and Altitude)

İnişe Bağlı Olarak İHA		Aerodinamik Yapıya Bağlı Olarak İHA			Rakıma Bağlı Olarak İHA			
Horizontal Take-off and Landing	Vertical Take-off and Landing VTOL	Sabit Kanat	Multi Rotor	Çırpılabilen Kanatlar	Kanallı Fan	Yüksek İrtifa Platformu (HAP)	Orta İrtifa Platformu (MAP)	Alçak İrtifa Platformu (LAP)
			Tricopter					
			Quadcopter					
			Hexacopter					
			Octacopter					

(HTOL)							
--------	--	--	--	--	--	--	--

Kaynak: Sivakumar & Malleswari: 2021: 3

Sivakumar ve Malleswari (2021) tarafından yapılan sınıflandırma temel bir İHA sınıflandırma biçimidir (Sivakumar & Malleswari: 2021: 3). Coşkun (2023) ise daha ayrıntılı bir şekilde sınıflandırma yapmış ve tablo 4'te gösterildiği üzere İHA'ların; büyüklüklerine, yakıt türüne göre, faydalı yük kapasitesine göre, komuta biçimine, uçuş yöntemine, kalkış ve iniş yöntemine, kullanım amacına ve ağırlıklarına göre sınıflandırılabilirliğini belirtmiştir (Coşkun, 2023: 26-27).

Tablo 4. İHA'ların Farklı Özelliklerine Göre Sınıflandırılması (Table 4. Classification of UAVs According to Different Features)

Büyükliğüne Göre Sınıflandırma (Macro, Küçük, Mini, Stratejik, Taktik İHA)	Yakıt Türüne Göre Sınıflandırma (Elektrik motorlu, İçten yanmalı motorlu İHA)
Faydalı Yük Kapasitesine Göre Sınıflandırma (Silahlı ve Silahsız)	Komuta Biçimine Göre Sınıflandırma (Uzaktan kumandalı, Otomatik pilotlu İHA)
Uçuş Yöntemine Göre Sınıflandırma (Döner Kanatlı ve Sabit Kanatlı)	Kalkış ve İniş Yöntemine Göre Sınıflandırma (Uçaktan bırakılan, Rampadan kalkan ve fırlatılan, Pistten kalkan, Paraşütle iniş yapan, Elle fırlatılan, Gövde üzerine iniş yapan İHA)
Kullanım Amacına Göre Sınıflandırma (Keşif ve gözetleme amaçlı, Sahte ve hedef amaçlı, Lojistik ve destek amaçlı, Atak ve saldırı amaçlı İHA)	Ağırlığına Göre Sınıflandırma (İHA0: Azami kalkış ağırlığı 500 Gr (dahil) ile 4 kg arası, İHA1: Azami kalkış ağırlığı 4 Kg (dahil) ile 25 kg arası, İHA2: Azami kalkış ağırlığı 25 Kg (dahil) ile 150 kg arası, İHA3: Azami kalkış ağırlığı 150 kg (dahil) ile daha fazla İHA)

Kaynak: Coşkun, 2023: 26-27

Coşkun (2023) tarafından yapılan sınıflandırmada İHA'ların hem birden çok türde olabileceği hem de türlerine bağlı olarak özelliklerinin de anlaşılabilirliği görülmektedir. Örneğin; büyüklüklerine göre İHA'ların tahmini yük ağırlığını veya faydalı yük kapasitesine bağlı olarak özelliklerini tahmin etmek çok daha kolay olacaktır (Coşkun, 2023: 26-27).

2.1.3. İHA ile İlgili Sistemler ve Yükler

İHA sistemi çeşitli unsurlardan meydana gelen akıllı sistemleri ifade etmektedir. Bu unsurlar; *muharebe sistemleri, faydalı yükler, komuta-kontrol unsuru, destek unsuru ve insan unsuru* şeklindedir. Bu unsurlar birleşerek bu akıllı hava araçları meydana gelir ve her bir unsur, kendi içerisinde hava aracının *akıllılık* özelliğine tesir eder (Rash et al. 2006: 118).

Araştırma ve geliştirme dışında, İHA'ların kullanımı bir amaca bağlıdır. Kullanım amacına göre bu araçlara yük alınmaktadır. Yük; gözetleme, silah teslimi, iletişim, havadan algılama veya kargo ile ilgili olabilir. Hatta bazı araçlarda birden fazla türde de yük olabilir. Yüklerin boyutu ve ağırlığı önemlidir (Wise, 2010: 2).

İHA sistemlerindeki yükler, literatürde genellikle *faydalı yük* olarak anılır. Bunun temel sebebi, görev ihtiyacına bağlı olarak yük eklenmesidir. Faydalı yükler; sensörler, muharebe rölesi, silah sistemleri ve kargo olarak dört grupta değerlendirilebilir. Faydalı yükler Tablo 5'te detaylı şekilde sıralanmıştır.

Tablo 5. İHA Sistemindeki Faydalı Yükler (Table 5. Payloads in the UAV System)

Faydalı Yükler			
Sensörler	Muharebe Rölesi	Silah Sistemleri	Kargo
Görüntü Sensörleri: I) Elektro Optik (E/O) Kamera, II) Kızıl Ötesi (IR-FLIR) Kamera, III) Radarlar.	İHA üzerine takılan ses, görüntü, telemetri vb. gibi veri aktarımını sağlayan faydalı yüklerdir.	İnsansız hava aracı sistemlerinde hedef üzerinde istenilen etkiyi gerçekleştirebilmek için öldürücü ve öldürücü olmayan silah sistemleridir.	Küçük çaplı ikmal maddeleri ve teçhizatın taşınması için kullanılan yüklerdir.

Kaynak: Atasoy, 2022: 54

Silahlı bir İHA'da temel yük silah sistemleri veya silah türüdür. Faydalı yükler çerçevesinde ise sensörler, muharebe rölesi, silah sistemleri ve kargo olarak belirtilen yüklerden söz edilebilir. Bu yükler uçağın teknik özelliklerine bağlı olarak uçaktaki kapasiteyi etkilemektedir (Atasoy, 2022: 54).

2.1.4. İHA Kullanımında İnsan Unsuru

İHA sistem tasarımı, işlevine ve performansına önem verilerek teknik açılarından değerlendirilmekte, bu değerlendirmede insan unsuru –çoğunlukla- ikinci plana atılmaktadır. İHA sistemlerinde insan performansı üzerine yapılan araştırmalar, insan tepkisinin ve etkinliğinin otomasyon miktarına, sistem sadakat seviyelerine ve belirli bir sistemle ilişkili bilgi güncelleme oranlarına bağlı olduğunu göstermektedir. İHA'lar bu açılarından önemli ölçüde farklılık gösterdiğinden, İHA sistemleri ile insan etkileşimleri hakkında kesin bir açıklama yapmak zordur (DeGarmo, 2004: 14).

İHA'ların çeşitli uygulama alanlarında değişik görevleri icra ederken çarpışma ihtimalleri mevcuttur. Bu sebepten dolayı İHA'ları otomasyon ile yönetmek ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Mevcutta uygulamalarda 10 seviye otomasyon bulunmakta olup, İHA kullanım amacı ve uygulama alanına göre bunlardan uygun olanları kullanılabilir. Genel olarak bu otomasyon seviyeleri rota planlama, iletişim, görev planlama gibi çeşitlerden oluşmaktadır (Ahmed et al. 2022: 7978).

Mohsan ve arkadaşları (2022) İHA'ların güvenlik, izleme ve gözetim, afet yönetimi, uzaktan algılama dâhil olmak üzere birçok alanda kullanıldığını; bu kullanım sürecinde insan unsuru kaynaklı zafiyetlerin olabileceğini dile getirmişlerdir. İHA'lar genellikle açık, şifrelenmemiş ve kimliği doğrulanmamış kanalları kullanan ve onları çeşitli siber saldırılara maruz bırakan yerleşik kablosuz iletişim modülleri içerir. Bu modüllerin dışarıdan saldırıya uğraması İHA'ların işlevsiz hale gelmesine sebep olur. Özellikle veri toplama ve kablosuz dağıtım için İHA'ların hacklenmesi önemli bir güvenlik açığı ortaya çıkarır. Özellikle askeri operasyonlarda kullanılan İHA'lar için böyle bir durumun oluşması kötü niyetli saldırıların önünü açar. Bu da insan unsurunun tasarımda mükemmeliyetçilik derecesinde olması gerektiğini akla getirir (Mohsan et al. 2022: 18-19).

Khan ve Mulla (2019) yapay zekâ ve İHA'ların Endüstri 4.0'ın önemli iki konusu olduğunu belirtmişlerdir. Yapay zekanın ilerlemesi ve İHA'larda kullanımının artması ile birlikte, İHA'ların kullanım alanları çeşitlenmekte ve kullanım verimleri artmaktadır. Ancak farklı yapay zekâ algoritmaları bulunmakta ve İHA'ların kullanım alanlarına göre seçilen algoritma çeşitlilik göstermektedir (Khan & Mulla, 2019: 46-53).

2.2.İHA Tasarımı

Çoğu sivil insansız sistem; insansız veya uzaktan kumandalı bir hava aracı, insan unsuru, faydalı yük, kontrol elemanları ve veri bağlantısı -iletişim mimarisinden oluşarak tasarlanmaktadır. Brungardt (2012) sivil ve askeri alanda kullanılacak olan İHA tasarımında *uzaktan kumandalı uçak, komuta ve kontrol elemanları, iletişim veri bağlantısı, yük, başlatma ve kurtarma, insan unsuru* olmak üzere altı unsura bağlı tasarımın söz konusu olduğunu belirtmektedir: (Brungardt, 2012: 18-28)

- *Uzaktan Kumandalı Uçak:* Uzaktan kumandalı bir uçakta kanat sistemi ve dikey kalkış-iniş sistemi yer almalıdır. Sabit kanatlı uzaktan kumandalı bir uçak istihbarat toplama, gözetleme ve keşif gibi birçok görevi üstlenebilir. Sabit kanat; operatörlere istasyonda geçirilen süreyi en üst düzeye çıkarma veya menzili en üst düzeye çıkarma için uzun uçuş süresi avantajı sağlar. Dikey kalkış ve iniş platformu ise bir helikopter, havada asılı kalabilen sabit kanatlı bir uçak veya hatta bir tilt-rotor şeklinde olabilir.
- *Komuta ve Kontrol Elemanları:* Komuta ve kontrol elemanlarının başında *oto-pilot* gelir. İHA'lar için otopilot sistemleri yedekli teknoloji ile programlanmıştır. Çoğu İHA otopilotunun bir güvenlik özelliği olarak, yer kontrol istasyonu ile hava aracı arasındaki iletişimin kesilmesi durumunda bu sistem devreye girer. Hava aracı fırlatıldıktan sonra, oto-pilot, yer kontrol istasyonu ile telsiz bağlantısında kaldığı sürece görev profilini uçuracaktır. Komuta ve kontrol elemanlarından bir diğeri GCS'dir. Havadaki veya uzaydaki insansız araçların insan kontrolü için kolaylıklar sağlayan bu sistem, İHA'larda da bulunmaktadır.
- *İletişim -Veri Bağlantısı:* İHA'larda veri bağlantısını sağlamak adına *Radyo Frekanslı Görüş Hattı (LOS)* ve *Görüş Hattının Ötesinde (BLOS)* sistemleri yer almaktadır. LOS operasyonları, veri bağlantısının doğrudan radyo dalgaları yoluyla çalıştırılmasını ifade eder. BLOS ise uydu iletişimleriyle yoluyla veya bir aktarma aracı, genellikle başka bir uçak kullanılarak veri bağlantısı sağlar.
- *Yük:* Yük, gözetleme, silah teslimi, iletişim, havadan algılama veya kargo ile ilgili olabilir. İHA'nın kullanım amacına bağlı yük değişir.
- *Başlatma ve Kurtarma:* Bu araçların başlatma ve kurtarma sistemleri çeşitli prosedürlere sahiptir. Büyük İHA'lar için 10.000 feet'e varan pist uzunlukları ve yer römorkörleri, akaryakıt kamyonları ve yer güç üniteleri veya destek ekipmanlarına ihtiyaç vardır.
- *İnsan Unsuru:* İHA'larda insan unsuru; araca eklenen bir pilot, bir sensör ve destekleyici yer ekibinden oluşabilir. Dışarıdan kontrol edilebilmesi ve insan aklıyla yönetilmesi bu araçların insana ihtiyacını özetlemektedir.

İHA tasarımında aracın türü, silahlı ve silahsız olup olmama durumu, özelliğine bağlı olarak teknik ve performans değerleri yukarıda sayılan tasarım unsurlarının çeşitlenmesine ve değerlerinin belirlenmesine olanak vermektedir (Brungardt, 2012: 18-28).

2.3.İHA'larda Dayanıklılık

İHA tasarımı önemlidir. Bu araçlar kullanım amacına bağlı olarak çeşitli özelliklerle donatılmakla birlikte tasarımında dikkat çeken en önemli konulardan biri *özerklik derecesi*, diğeri ise *dayanıklılıktır*. Özerklik derecesi, bu araçların tasarımına bağlı olarak uzaktan kumandalı kontrolle ne ölçüde başarılı şekilde kontrol edilebildiği ile ilgilidir. Günümüzde İHA'lar hem uzaktan kumandalı hem de bilgisayarlı otomasyon aracılığıyla birlikte kontrol edilebilmektedir. Gelişen akıllı teknolojiyle birlikte özerklik derecesinin artırılması yani kontrol mekanizmasının etkin ve seri hale getirilmesi ise en önemli hedeflerden biridir. Tasarıma dair ikinci önemli konu olan dayanıklılık ise araçların havadaki dayanıklılığını, havada kalma süresi gibi birçok konuyla ilişkilidir (Rash et al. 2006: 119).

İHA üreticileri için güvenlik oldukça önemlidir. Bir İHA'nın havada veya yerde ölümcül bir kazaya karışması durumunda, İHA'lara yönelik mevcut herhangi bir kamu güveninin ve siyasi desteğin hızla aşınacağını aşıkârdır. Bu nedenle güvenlik, imalatçıların, operatörlerin, hava sahası kullanıcılarının ve en önemlisi ülkelerin meselesi haline gelmiştir. İHA'larda güvenlik unsuru; insan faktörü, sistem faktörü ve hava faktörüyle ilgiliyken, bunların hepsiyle ilişkili olarak dayanıklılık önemli bir konu olarak ön plana çıkmaktadır. Dayanıklılık hem güvenlik hem de İHA'ların güvenilirlik ve başarısı adına geliştirilmektedir (DeGarmo, 2004: 28).

Makalenin bu başlığı altında İHA'larda dayanıklılık konusu ele alınacak; tasarımda dayanıklılığın ne şekilde düzenlendiği, uzun süreli uçuşlarda dayanıklılık ve örnek çalışmalar eşliğinde konu değerlendirilecektir.

2.3.1. Tasarımda Dayanıklılık

Bir hava aracının tasarım süreci oldukça önemlidir. Tasarım sürecinde hava aracının kullanım sahası, bu sahadaki etkinliği, etkililiği ve en önemlisi çalıştığı sahanın da güvenliği adına tasarımındaki unsurlara dikkat edilmeli, görevini sağlıklı ve başarılı şekilde tamamlaması adına tasarım unsurları titizlikle süzgeçten geçirilmelidir. İnsanlı hava araçlarına göre daha küçük, hafif ve dayanıklı olan bu araçlar, tasarımsal esnekliğe sahip olmalı, geliştirilebilir olmalıdır (Office of the Secretary of Defense, 2003: 4).

Tasarımda dayanıklılık; İHA'nın uzun süre havada kalmasını sağlama özelliğidir. İHA'nın en önemli özelliği insansız, yani pilotsuz uzaktan kumanda veya akıllı sistemler aracılığıyla çalıştırılabilmesi ve dolayısıyla g kuvveti, pilot yorgunluğu gibi faktörlerden arındırılması ve uzun süreli dayanıklılık sağlayabilecek düzeyde tasarlanmasıdır. İHA'ların görevlendirilme sürecinde kesintisiz bilgi ve görev akışının sağlanması noktasında tasarımda dayanıklılık unsuru önemsenmektedir (Rash et al. 2006: 119).

Tasarımda dayanıklılık sağlanmasının en önemli sebeplerinin başında *maliyet unsuru*nu önemseme gelmektedir. Özellikle silahlı İHA'lar gelişmiş silah ve sistemleriyle donatılmalarından ötürü bu hava araçlarının maliyeti oldukça fazladır. Bu maliyetin karşılanması amacıyla üretim, satın alma, işletim ve eğitim maliyetlerinin de gözetilmesi suretiyle dayanıklı tasarlanmaları gereklidir (Office of the Secretary of Defense, 2003: 4).

Bir İHA'nın, özellikle silahlı modelinin canlıları öldürme ve yaralama amacıyla savunma alanında kullanılması söz konusudur. Bu türdeki silahlı bir İHA'nın taşımış olduğu silah yükü sebebiyle zehirli ve patlayıcı olma özelliği, onun çevresel faktörlere dayanıklı, taşınması ve depolanması kolay şekilde tasarlanmasını gerektirmektedir (Atasoy, 2022: 12). Burada *güvenlik unsuru* ön plana çıkmaktadır. Hava, kara ve diğer kullanım sahalarında canlı, cansız varlıkların güvenliği adına operasyonel süreçler içerisinde İHA'nın tasarımıyla güven vermesi gereklidir (Rash et al. 2006: 119).

Pilotlu uçaklara göre yüksek irtifada görev üstlenen İHA'ların uzaktan yönetilmelerine bağlı olarak, tasarımda insansız araç unsurunun ön plana alınması ve hız, basınç ve g kuvveti gibi pilotları etkileyebilen ve bu sebeple önemli görevlerde kullanılmayan insanlı hava araçlarının yapamayacağı görevleri üstlenmesi mühimdir. Dolayısıyla tasarımda insana bağlı risk faktörü bertaraf edilmelidir. Hareket alanında canlı faktöründen ötürü yapılamayan birçok görev, İHA'lar için mümkün hale gelmelidir. Özellikle kimyasal, fiziksel ve diğer açıdan zorlu sahalarda etkin şekilde kullanımı sağlanmalıdır. Bu aynı zamanda *görev esnekliği unsuru* açısından da tasarımın düzenlenmesi manasına gelmektedir (Office of the Secretary of Defense, 2003: 4).

İHA'ların dayanıklılığı kullanım elastikiyetine de fayda sağlamaktadır. Bir İHA'nın sürat hızı, konuş yeri değiştirme hızı, kalkış ve iniş tipi gibi birçok husustaki değişim bu elastikiyeti desteklemektedir. Bununla birlikte tasarımın dayanıklı olması kullanım elastikiyetinin de artmasını sağlamaktadır (Rash et al. 2006: 119).

İHA'larda en önemli unsur veri aktarımıdır. İstihbarat ve keşif amacıyla kullanılan İHA'lar veya saldırı amaçlı İHA'larda konum ve hedef belirleme adına veri akışında süreklilik ve doğruluk sağlanmalıdır. Bu nedenle istihbarat sensörleri yüksek hız ve uzun süreli havada kalmaya uygun şekilde tasarlanmalıdır. Kızıl ötesi kameraların görüş alanları, radarlı görüntüleme ve diğer unsurların yükseklik ve uzun süre havada kalış performansları sürekli olarak iyileştirilmelidir. Bir nevi İHA tasarımıyla hava sahasına entegrasyon sağlanmalıdır (Office of the Secretary of Defense, 2003: 4).

2.3.2. Uzun Süreli Uçuşlarda Dayanıklılık

Son yıllarda İHA üreten ülkelerin gayelerinden biri de birkaç gün uçuş yapmaya dayanıklı, özellikle keşif konusunda zamana bağlı dayanıklılığı yüksek olan İHA üretmektir. NASA; Altair, Helios ve İrkhana İHA'larını bu çerçevede geliştirmeyi hedeflemektedir (Katrancı, 2020: 8). Uzun süreli uçuşlar çerçevesinde değerlendirildiğinde İHA serisinden *Airbus Zephyr* ilk olarak örnek gösterilebilir. Hafif ağırlıklı güneş enerjisiyle çalışan bu araç, İngiliz QinetiQ tarafından tasarlanmış yüksek irtifaya dayanıklı bir hava aracıdır. 6, 7 ve 8. Modelleri bulunmaktadır. Her modelin teknik ve performans özelliği daha da iyileştirilmiştir. *Zephyr 7*; 25 kg (55 lb) yük kapasitesine sahip, 30 kn (56 km/sa) seyir irtifasına ulaşabilen ve 14 gün havada kalış dayanıklılığı olan bir İHA'dır. 28-31 Temmuz 2008 tarihleri arasındaki uçuşunda 82 saat 37 dakika havada kalmayı başarmış ve bu açıdan uzun süreli uçuşlara dayanıklılık testinden geçmiştir.

Özellikle okyanus ötesi görevlerde kullanılacak olan İHA'ların uzun süreli uçuşa dayanıklı olması; güç ve performans özelliğinin bu sürede zedelenmemesi ve performansta düşüş yaşanmayacak şekilde tasarımı mühimdir. Bu nedenle kaza ve olayların seyri de göz önüne alınarak, uzun süreli uçuşta komuta gücü artırılacak şekilde tasarlanmalıdır (Rash et al. 2006: 120).

2.3.3. Testler ve Örnek Sonuçlar

İHA'lar pilotlu uçaklara kıyasla daha uzun süre havada kalabilen, bu nedenle pilotların fiziksel dayanıklılıkları göz önüne alınmadan, yalnızca araç üzerinden dayanıklılık konusunda değerlendirme yapılabilecek bir tasarıma sahiptirler. Bu nedenle bu araçların dayanıklılıkları diğer hava araçları ile aynı şekilde düşünülmemelidir. Bu araçlar kullanım sahasına bağlı olarak işlevini gerçekleştirmek adına dayanıklılık unsuruna çok fazla önem vererek tasarlanmaktadır. Tarihsel süreçte yapılan uçuş testleri ve elde edilen sonuçlar da bu araçların tasarımında dayanıklılık faktörünü geliştirilmeye odaklandığını göstermektedir.

1980'lerin sonlarında ABD'de geliştirilen GNAT-750 adlı İHA 1992 senesinde yapılan uçuşta ortalama 40 saat havada kalmayı başarmıştır. 5 metre (16,4 ft) uzunluk, 10,75 metre (35,3 ft) kanat genişliği, 192 km/sa (104 kn) maksimum hıza ulaşabilen ve 48 saat görev süresine göre tasarlanan bu araç, 1990'larda hizmete girmiş ve 2013'te hizmetten çıkmıştır. Aynı zamanda Türk Silahlı Kuvvetleri'nin envanterine giren ilk İHA olma özelliğine sahiptir.

Aerosonde Laima veya sadece *Laima* adı verilen ABD tarafından tasarlanmış, okyanus ve uzak bölgelerde istihbarat toplaması adına geliştirilen bu İHA, 21 Ağustos 1998 senesinde ilk kez Atlantik Okyanusu'nu geçen İHA olma unvanına sahip oldu. O güne değin tasarlanan diğer İHA'lar daha kısa mesafelerde görev alıyordu; ancak bu araç 69 mph (111 km/sa) maksimum hız, 100 mil (150 km) menzil ve diğer performans özellikleriyle uzun süreli şekilde mesafeye dayanıklı olarak tasarlanmış ve bu uçuşuyla İHA'ların uzun mesafe kat edebileceklerini göstermiştir.

2000'li yıllardan sonraki tasarımlarda süre unsuru göz önüne alınarak tasarım dayanıklılığı artmıştır. Bu dönemden itibaren uçakların 30 saat üzerinde dayanıklılık göstererek havada kalmaları sağlanmıştır. 3 Haziran 2005 tarihinde 48 saatin üzerinde havada kalan *AC Propulsion Solar Electric* ve Eylül 2007'de 54 saat havada kalan *QinetiQ Zephyr Solar Electric* buna birer örnektir.

Türkiye menşeli milli savunma şirketlerinden biri olan Baykar 2000'li yıllardan sonra İHA'lar üzerinde çalışmaya başlamış ve bu araçların dayanıklılığına özen göstermiştir. İlk uçuşunu 29 Nisan 2014 tarihinde gerçekleştiren *Baykar Bayraktar TB2* adlı İHA 14 Haziran 2014 tarihinde tam yüklü olarak gerçekleştirilen uçuş testinde 24 saat 34 dakika havada kalmış ve milli çerçevedeki ilk rekora imza atmıştır. *Baykar Bayraktar TB2*; 6,5 metre gövde uzunluğu, 12 metre kanat açıklığı, 150 kg faydalı yük ağırlığı, 700 kg toplam yük ağırlığı, 300 litre yakıt kapasitesi gibi genel özelliklere ve 120 Knot 222 km/sa azami hız, 70 knot 130 km/sa olağan seyir hızı, 27,000 feet gibi performans özelliklerine sahiptir. Silahlı İnsansız Hava Aracı (SİHA) kategorisinde yer alan bu araç, aynı sene hizmete girmiş ve sadece Türkiye'de değil, satışı gerçekleştirilerek Ukrayna, Katar, Polonya gibi ülkelerde de kullanıma dâhil edilmiştir.

İlk uçuş deneyimini 2019 senesinde yapan bir diğer milli İHA olan *TUSAŞ Aksungur*; Türk Havacılık ve Uzay Sanayii (TUSAŞ) tarafından geliştirilmiştir. 1.653 lb (750 kg) yük kapasitesi, 12 metre (39 ft 4 in) uzunluk, 24 metre (78 ft 9 in) kanat açıklığı, 3.300 kg (7.275 lb) maksimum kalkış ağırlığı gibi genel özelliklere sahip olan ve 250 mph (160 kn) seyir sürati, 6.500 km (4.000 mi, 3.500 nmi) menzil ve 60 saat dayanıklılığa dayalı performans özellikleri olan bu İHA; füze, roket ve çeşitli bomba türlerini taşıyabilmektedir. 20 Mart 2019'da gerçekleşen ilk uçuş denemesinin ardından, 2 Eylül 2020 tarihli bir başka denemede 49 saat havada kalarak milli İHA'lar arasında uçuş saati olarak rekora sahiptir.

Baykar tarafından geliştirilen ve Yüksek İrtifa Uzun Dayanıklılık (HALE) sınıfı sahip olan *Baykar Bayraktar Akıncı* adlı İHA, 6 Aralık 2019'da ilk uçuş deneyimini gerçekleştirmiş ve günümüzde aktif olarak hizmete girmiştir. 12,2 metre (40 ft 0 in) uzunluk, 20 metre (65 ft 7 in) kanat açıklığı, 5.500 kg (12.125 lb) maksimum kalkış ağırlığı gibi genel özelliklere; 361 km/sa (224 mph, 195 kn) maksimum sürat, 14.000 m (45.000 ft) azami irtifa ve 24 saat dayanıklılık gibi performans özelliklerine sahiptir. Füze ve bomba taşıyabilen bu uçak, 8 Temmuz 2021 tarihli uçuşunda 25 saat 46 dakikaya ulaşmıştır. En önemlisi bu uçuşuyla birlikte 38.039 ft (11.594 m) irtifaya ulaşmış ve milli İHA'lar arasında irtifa rekorunu kırmıştır.

3.Araştırma Sonuçları ve Tartışma

İHA'lar; daha iyi bir Keşif, Gözetleme ve Hedef Tespiti (RSTA) yapma olanağı sunması, hem fiyat hem de bakım açısından konvansiyonel uçaklardan daha ucuz olmaları (maliyet avantajı), insansız uçuş sebebiyle pilot ölümlerinin önüne geçilmesi, artan güvenlik ve esneklik imkânlarıyla (keşif, komuta kontrol, hedef tatbikatı vb.) amaçlarla kullanılabilmesi sebebiyle geliştirdiği günden bugüne hava araçları içerisinde önemli bir yer edinmiştir. Gelecekte bu araçların sivil kullanımının artırılması, hukuki çerçevede uluslararası güvenliği koruyucu şekilde hukuki kapsamının genişletilmesi, en önemlisi teknik açıdan tamamen otonom uçuşların yapılabileceği, ayrıntılı 3B haritalama ve coğrafi etiketleme özelliklerinin de geliştirilmesiyle birlikte çok daha işlevsel hale gelecekleri düşünülmektedir.

Bu çalışmada İHA'larda dayanıklılık konusu ele alınmış; bu araçların tasarımında, uzun süreli uçuş deneyiminde ve örnek uçuş süreleri ışığında dayanıklılık mevzuu üzerine bir literatür araştırması yapılmıştır. Bu araştırma göstermiştir ki İHA'lar sivil veya askeri kullanım sahası ne olursa olsun maliyet, ergonomi ve kullanım amacına bağlı olarak uzun süreli dayanıklılık gayesi ile tasarlanmaktadır. Ancak 1990'lı yıllardan günümüze gelişen teknoloji uçuş sürelerine bağlı dayanıklılığın zaman içerisinde geliştirildiğini, kısa mesafede yüksek dayanıklılık söz konusu iken, okyanus ötesi çalışmalar için henüz istenen seviyeye gelmediğini göstermektedir. Özellikle SİHA'ların stratejik amaçları göz önüne alındığında dayanıklılık faktörü yalnızca kullanım amacı açısından değil; fiziksel ve çevresel diğer faktörlerin daha az zarar görmesi adına önemlidir. İnsansız hava araçları her ne kadar diğer hava araçlarına kıyasla düşük maliyetle yapılırlar da teknik parça ve silah sistemleri, aynı zamanda diğer donatılar da düşünüldüğünde maliyetin de dayanıklılığı destekleyici olması gerektiği belirtilmelidir. Endüstri 4.0 destekli akıllı komuta sistemlerindeki gelişmeler uzun havada kalış sürelerinin artmasıyla birlikte bu araçların kullanım alanlarının da artacağını göstermektedir. Günümüzde çoğunlukla ABD merkezli yapılan İHA üretimleri artık diğer ülkeler tarafından da desteklenmekte ve bu araçların kullanım alan elastikiyetinin artması adına çalışmalar hızlanmaktadır.

Kaynakça

Abro, G.E.M., Zulkifli, S.A.B.M., Masood, R.J., Asirvadam, V.S., Laouti, A. (2022). Comprehensive Review of UAV Detection, Security, and Communication Advancements to Prevent Threats. *Drones*, 6(284): 1-20

- Ahmed, F. Mohanta, J.C. Keshari, A. & Yadav, S.P. (2022). Recent Advanges in Unmanned Aerial Vehicles: A Review, <https://link.springer.com/article/10.1007/s13369-022-06738-0> (Erişim Tarihi: 18.05.2023)
- Atasoy, F. (2022). İnsansız Hava Araçlarının Savaş ve Muharebe Sahasına Etkisi: 2020 Yılı Karabağ Savaşı Örneği. Ankara: İçişleri Bakanlığı Jandarma ve Sahil Güvenlik Akademisi Yüksek Lisans Tezi.
- Brungardt, J. (2012). “Unmanned Aircraft System Elements”, Introduction To Unmanned Aircraft Systems, Ed. Richard K. Barnhart, Stephen B. Hottman, Douglas M. Marshall, Eric Shappee, ABD: CRC Press.
- Coşkun, H. (2023). İnsansız Hava Araçlarının Gelişimi ve Türkiye'nin Terörle Mücadelesine Etkisi. İstanbul: İstanbul Topkapı Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Culver City Police Department (CCPD-2019). Unmanned Aerial Vehicles (UAV) Operations, <https://www.culvercitypd.org/files/sharedassets/police/uavpolicyupdate013119.pdf> (Erişim Tarihi: 22.03.2023)
- DeGarmo, M.T. (2004). Issues Concerning Integration of Unmanned Aerial Vehicles in Civil Airspace. Virginia: MITRE.
- Erdoğan, A., Görken, M., & Kabadayı, A. (2022). Study On The Use Of Unmanned Aerial Vehicles In Open Mine Sites: A Case Study Of Ordu Province Mine Site. *Advanced UAV*, 2(2): 35-40
- Everaerts, J. (2008). The Use Of Unmanned Aerial Vehicles (UAVS) For Remote Sensing And Mapping. *Beijing*, 37(1): 1187-1192
- Katranç, S. (2020). İnsansız Hava Aracı (İHA) ve Silahlı İnsansız Hava Araçlarının (SİHA), Hibrit Savaşta Kullanımı ve Türk Silahlı Kuvvetlerine Etkisi. Gaziantep: Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Khan, A. I. & Al-Mulla, Y. (2019). Unmanned Aerial Vehicle in the Machine Learning Environment, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050919316576?via%3Dihub> (Erişim Tarihi: 18.05.2023)
- Mohsan, S.A.H., Khan, M.A., Noor, F., Ullah, I., Alsharif, M.H. (2022). Towards The Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): A Comprehensive Review. *Drones*, 6(147): 1-27
- O'Connell, M.E. (2010). The International Law of Drones, <http://www.asil.org/insights/volume/14/issue/37/international-law-drones> (Erişim Tarihi: 22.03.2023)
- Office of the Secretary of Defense (2003). Unmanned Aerial Vehicle Reliability Study. Washington, DC: Department of Defense
- Rash, C., P. LeDuc, & S. Manning. (2006). “Human Errors In U.S. Military Unmanned Aerial Vehicle Accidents”. In *Human Factors of Remotely Operated Vehicles*, ed. N. Cooke, H. Pringle, H. Pedersen, & O. Connor, 117–132. Oxford, UK: Elsevier
- Sapmaz, A. (2021). The Role Of Unmanned Aerial Vehicle, Armed Unmanned Aerial Vehicle And Drones In The Second Karabakh War. 3. International Baku Scientific Research Congress, October 15-16, 2021 / Baku, AZERBAIJAN.
- Schmidt, E. & Cohen, J. (2014). *The New Digital Age: Transforming Nations, Businesses, And Our Lives*. New York: Vintage.
- Singhal, G., Bansod, B. & Mathew, L. (2018). Unmanned Aerial Vehicle classification, Applications and challenges: A Review, https://www.researchgate.net/publication/329422590_Unmanned_Aerial_Vehicle_Classification_Applications_and_Challenges_A_Review (Erişim Tarihi: 22.03.2023)
- Sivakumar, M. & Malleswari, N. (2021). A Literature Survey of Unmanned Aerial Vehicle Usage for Civil Applications. *J. Aerosp. Technol. Management*, 13(1): 1-23
- Stewart, M.P. & Martin, S.T.(2021). “Unmanned Aerial Vehicles: Fundamentals, Components, Mechanics And Regulations”, In. *Unmanned Aerial Vehicles*, Ed. Nicholas Barrera, <https://novapublishers.com/wp-content/uploads/2020/10/Unmanned-Aerial-Vehicles.pdf> (Erişim Tarihi: 22.03.2023)
- Wagner, M. (2015). “Unmanned Aerial Vehicles”, *Max Planck Encyclopedia of Public International Law*, Ed. Rüdiger Wolfrum, Oxford University Press.
- Whelan, J. Almeahadi, A. & El-Khatib, K. (2022). Artificial Intelligence for Intrusion Detection Systems in Unmanned Aerial Vehicles, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045790622000842?via%3Dihub> (Erişim Tarihi: 18.05.2023)
- Wise, J. (2010). “Civilian UAVs: No pilot, no problem”. *Popular Mechanics*, <http://www.popularmechanics.com/science/space/42134641> (Erişim Tarihi: 22.03.2023)
- Yıldız, S. A. & Çalış, G. (2019). Unmanned Aerial Vehicles for Civil Engineering: Current Practises and Regulations. *European Journal of Science and Technology*, (16): 925-932