

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI: GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE GELİŞİMİ VE BARINDIRDIĞI RİSKLER¹

Kübra Nur UZUNTAŞ²

Makale İlk Gönderim Tarihi / Recieved (First): 02.09.2024

Makale Kabul Tarihi / Accepted: 28.11.2024

Citation / Atf: Uzuntas, K. N. (2024). İnsansız hava araçları: Geçmişten günümüze gelişimi ve barındırdığı riskler. Scientific Journal of Innovation and Social Sciences Research, 4(2), 64-81

Özet

Gelişen teknolojinin havacılık sektörü üzerindeki en önemli etkilerinden biri İnsansız Hava Araçlarıdır (İHA). İlk olarak askeri amaçlarla kullanılan İHA'lar, zamanla sivil alanlarda da yaygınlaşmıştır. Teknolojik gelişmeler sayesinde İHA'lar tarımdan lojistiğe, fotoğrafçılıktan acil yardım faaliyetlerine kadar çeşitli görevlerde etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Bu kadar geniş ve yoğun kullanımı, bazı güvenlik ve emniyet sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Konunun daha iyi anlaşılabilmesi, olası önlemlerin alınabilmesi ve çözüm üretilebilmesi için İHA'ların dünden bugüne hangi safhalardan geçtiği ve bu gelişme dikkate alınarak geleceğe yönelik bir projeksiyon sunulması gerekmektedir. Bu çalışma, İHA'ların tarihsel gelişimi, kazaları ve güvenlik olayları, Türkiye'nin İHA teknolojisi geliştirme süreci ve gelecekteki kullanım projeksiyonları gibi konularda literatürdeki önemli boşlukları doldurmayı hedeflemektedir. Bu bağlamda, son 20 yılda yapılmış olan araştırmalar ve bildirilen olaylar incelenmiş, İHA'ların gelecekteki kullanım alanları ve neden olabileceği riskler ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İnsansız hava aracı, Güvenlik, Emniyet, Risk

UNMANNED AERIAL VEHICLES: DEVELOPMENT FROM THE PAST TO THE PRESENT AND THE RISKS THEY CONTAIN

Abstract

One of the most significant impacts of advancing technology on the aviation sector is Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). Initially used for military purposes, UAVs have gradually become widespread in civilian applications as well. Technological advancements have enabled UAVs to be effectively used in a variety of tasks, from agriculture and logistics to photography and emergency response. This extensive and intensive use has also brought about certain security and safety concerns. To better understand the issue, implement potential measures, and develop solutions, it is necessary to examine the stages UAVs have gone through from past to present and provide a projection for the future based on this development. This study aims to fill significant gaps in the literature concerning the historical development of UAVs, accidents and incidents, Türkiye's UAV development process, and future usage projections. In this context, research conducted over the past 20 years and reported incidents have been reviewed to outline the future application areas of UAVs and the risks they may pose.

Keywords: Unmanned aerial vehicle, Security, Safety, Risk

¹ Bu makale, İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Havacılık Yönetimi Ana Bilim Dalı bünyesinde hazırlanan yüksek lisans tezinden üretilmiştir

² Araştırma görevlisi, İstanbul Bilgi Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Havacılık Yönetimi Bölümü, kubranur.uzuntas@bilgi.edu.tr, ORCID: 0009-0003-0726-5116

1. Giriş

İnsanlar ilk günlerden itibaren her zaman uçmayı hayal etmişlerdir. Bu istek, bazıları başarıyla bazıları da felaketle sonuçlanan girişimlerde açıkça görülmektedir (Aslan, 2023). İnsanların ilk uçuş girişimi sıcak hava balonlarıyla başlamış, sonrasında ise zeplinler ve günümüzdeki uçaklarla devam etmiştir. İnsan olmadan uçabilen bir hava aracı, tarih boyunca hayal edilmiştir. Böyle bir aracın varlığının birçok tehdit ve riski azaltacağı düşünülmüştür. Aracın kırılma uğraması veya kaybolması durumunda insan faktörü zarar görmeyecektir. Bu riskleri azaltmanın yanı sıra İHA'lar zaman, iş gücü ve mali kaynaklar açısından da önemli avantajlar sunmaktadır. Bu derleme çalışmasının amacı, İHA'ların tarihsel gelişimini inceleyerek, geçmişten günümüze nasıl evrildiklerini ortaya koymak ve bu bağlamda karşılaşılan güvenlik sorunlarını analiz etmektir. Çalışma, İHA kullanımının yaygınlaşmasının hangi güvenlik ve emniyet sorunlarını ortaya çıkardığı ve tarihsel gelişim sürecinde hangi teknolojik yeniliklerin İHA kullanımını şekillendirdiği sorularına odaklanarak, bu konularda literatürdeki eksiklikleri gidermeyi ve İHA'ların gelecekteki kullanımına dair kapsamlı bir analiz sunmayı amaçlamaktadır.

Günümüzde, İHA'lar savunma sanayii ve ülkelerin geleceği için hayati önem taşımaktadır. Bu nedenle, İHA'ların tarihsel gelişiminin askeri tarihin bir parçası olduğunu söylemek mümkündür. İHA'lar, günümüze kadar olan gelişimi süresince drone, *RPV* (Remote Piloted Vehicle - Uzaktan Kumandalı Araç), *UMA* (Unmanned Mobile Aircraft - İnsansız Mobil Hava Aracı), *UAV* (Unmanned Aerial Vehicle - İnsansız Hava Aracı), *UAS* (Unmanned Aerial System - İnsansız Hava Sistemi) veya *RPAS* (Remotely Piloted Aircraft System - Uzaktan Kumandalı Hava Sistemleri) gibi farklı isimler almışlardır (Cuerno-Rejado vd., 2016). İHA'lar; denetim, arama ve kurtarma, trafik kontrolü, teslimat, inşaat, sağlık hizmetleri, gözetim ve tarım gibi çeşitli alanlarda önemli bir potansiyele sahiptir. İHA'ların zor ulaşılabilen veya tehlikeli alanlara erişim için kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Bu görevler daha önce önemli miktarda insan gücü gerektirirken günümüzde çeşitli sektörlerde İHA'ların kullanılmasıyla, çok daha hızlı ve güvenli sonuçlar elde edilmektedir. Ancak, İHA'ların etkili bir şekilde kullanılabilmesi için emniyet, güvenlik, gizlilik ve yönetim gibi birçok sorunun çözülmesi gerekmektedir (Miličević ve Bojković, 2021).

2. İHA'ların Tarihi

İHA'lar, insanların çoğunun düşündüğünden daha uzun süredir varlığını sürdürmektedir. Teknolojik gelişimi ve kullanım alanlarına bakıldığında İHA'ların gelişimini *deneysel dönem*, *gelişme dönemi* ve *olgunlaşma dönemi* olmak üzere üç dönemde incelemek mümkündür:

2.1. Deneysel Dönem (1849 – 1945)

İHA'ların tarihi 1849 yılına, Avusturya ile Venedik arasındaki savaşa dayanmaktadır. Savaş sırasında Avusturya, bomba taşıyan insansız balonlar kullanmıştır. Bu balonların ağırlıkları 11 kg ile 14 kg arasında değişmektedir. Bu savaşta yaklaşık 200 patlayıcı yüklü balon kullanılmış, ancak balonların

meteorolojik koşullar nedeniyle savurması nedeni ile yalnızca biri hedefi vurma konusunda başarılı olmuştur. Askerî açıdan bakıldığında balonların teknolojik olarak İHA tanımını karşılamadığı görülmektedir (Miličević ve Bojković, 2021). Her ne kadar bu bomba yüklü balonlar İHA tanımını karşılamasa da bu olay, tarihte İHA'lar ile yapılan ilk saldırı olarak kabul edilmektedir (Kahveci ve Can, 2017). Diğer hava araçları gibi, İHA'lar da ilk olarak askeri amaçlarla tasarlanmıştır (Turner vd., 2011). İlk örneği de Amerikan İç Savaşı sırasında yaşamış olan mucit Charles Perley'in, savaşta havadan bombalama için kullanılmak üzere tasarladığı İHA olmuş ve bunun patentini de 1862'de almıştır. Bu İHA modeli, zaman ayarlı bir patlayıcı taşıyan sıcak hava balonundan oluşmaktadır (Karamanlı ve Çelik, 2019).

Tarihler 1905'i gösterdiğinde Louis Breguet, kardeşi Jacques ve Profesör Charles Richet, iki sene süren çalışmalar sonunda dört rotorlu, pervaneli, hava aracı modeli Cayrokopteri ortaya çıkarmıştır. 1916 yılına gelindiğinde gerçek anlamda ilk İHA uygulaması olarak kabul edilen "Curtiss", Elmer Sperry'nin ABD Deniz Kuvvetleri'ne ait uçağı jiroskopik kontrol ile uçuşması ile başlamıştır (Kök, 2012). Yine aynı yılda, İngiliz mühendis Archibald Low, hava araçları için bir radyo sistemi geliştirmiştir ve bu sistem, I. Dünya Savaşı sırasında kullanılmıştır. Bu icat neticesinde Low, radyo sistemlerinin babası olarak adlandırılmıştır. Bunun yanında Low, 1917'de bir grup araştırmacı ile birlikte tarihteki ilk kablosuz roketi icat etmiştir (Boyle, 2020).

Birinci Dünya Savaşı sürecinde kaybedilen uçakların ve pilotların yerine yenilerini getirmek zor bir durum oluşturmaktaydı. Bu sorunu çözmek için bazı görevlerde İHA'ların kullanılması düşünülmüştür (Mátyás ve Máté, 2019). Dünyanın farklı bölgelerinde yapılan havacılık çalışmaları, başlangıçta planörlerin, ardından insanlı uçakların ve nihayetinde motorlu İHA'ların geliştirilmesine yol açmıştır. Ancak, her ne kadar İHA'larla ilgili gelişim ve ilerleme kat edilse de İHA'ları uçurabilecek kapasiteye sahip yeterince güçlü motorların üretilmesi büyük bir önem arz etmiştir. Uzun süren çalışmaların sonucunda, Amerikalı mühendisler bu teknolojik engeli başarılı bir şekilde aşarak, tek motorlu bir uçakla ilk insanlı uçuşu gerçekleştirme başarısını elde etmişlerdir (Austin, 2011). Yine 1917'de Amerikan Ordusu, günümüz seyir füzelerinin öncüsü olan ve Charles Kettering tarafından tasarlanan hava torpidosu "Kettering Bug" inşa edilmiştir. Kettering Bug, önceden ayarlanarak hedef noktaya vardığında hedefinin üzerine dalışa geçmeyi başarmış ve böylece tarihin ilk otonom uçuşunu gerçekleştirmiştir (Çetinkaya ve Koç, 2023).

1930'lu yıllara gelindiğinde Nazi Almanya'sının silahlanması, çevre ülkelerde endişe yaratmaya başlamıştır. Bu nedenle İngilizler savunma silahları üzerinde çalışmalara başlamış, pilotların hedefleme üzerinde çalışmaları için Queen Bee adını verdikleri radyo kontrollü, hedef İHA'yı geliştirmişlerdir (Türk Hava Kurumu, t.y.).

1939 yılında Walter Righter tarafından tasarlanan Radioplane OQ-2 İHA'sı Amerika Birleşik Devletleri'nde seri üretilen ilk İHA olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun yanında Alman ordusunun

1944 yılında İkinci Dünya Savaşı döneminde geliştirmiş olduğu “Doodlebug” olarak da bilinen V-1 İHA’sını geliştirmişlerdir. Bu uçak, İngilizlere karşı kullanmak amacı ile intikam stratejisi ile üretilmiş dünyanın ilk İHA’sıdır. Doodlebug, basit bir tasarıma sahip olmasının yanı sıra ölümcül bir silah olma niteliğini taşımaktadır. “Uçan bomba” olarak da isimlendirilen V-1, iki tonluk patlayıcı madde ile beraber 3,5 ton ağırlığında olup 6.75m uzunluğunda küçük bir pervanesiz uçak görünümüne sahiptir (Çetinkaya ve Koç, 2023).

2.2. Gelişme Dönemi (1947 – 1991)

İkinci Dünya Savaşı sonrası, İHA'larla ilgili çalışmalar hız kazanarak devam etmiştir. 1950'lerde jet motorların geliştirilmesi ile birlikte ülkelerin savunma sistemlerini geliştirmeleri gerekmiştir (Mátyás ve Máté, 2019). Bu geliştirme çalışmaları özellikle keşif ve gözetleme alanında yoğunlaşmıştır. Gözetleme yapılacak olan alanın yapısal özellikleri, görevin süresi ve dışardan kaynaklanabilecek tehditler İHA'ların sürekli olarak geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. Görüldüğü üzere bu dönemde İHA çalışmaları, savunma sanayii alanında yoğunlaşmıştır.

1950'lerin sonlarına doğru ABD'nin SR-71 Blackbird casus uçağı, henüz geliştirme aşamasındaydı. O dönemde casus uydular henüz kullanıma hazır değildi ve güvenli bir şekilde bilgi toplamak için İHA'lara ihtiyaç duyulmaktaydı. SR-71 Blackbird, Lockheed Martin Corporation tarafından geliştirilen ve üretilen uzun menzilli, yüksek irtifalı stratejik keşif uçağıdır (Pinhal, 2022).

ABD, Soğuk Savaş döneminin beraberinde getirdiği koşullar ile birlikte casus İHA üretmek için çalışmalara başlamıştır. Bunun sonucunda 1951 yılının başında keşif ve gözlem özellikleri ile donatılmış Firebee olarak da adlandırılan İHA, Q-2 üretilmiştir. Sonrasında, 1958 yılında Q-2C Firebee üretilmiş, fakat işlevinin sınırlı olması ve ABD'nin daha donanımlı olan mürettebatlı uçağı SR-71'e sahip olması sebebi ile Firebee asıl amacı için neredeyse hiç kullanılmamıştır (Pinhal, 2022).

Ryan Aeronautical, 1950'lerin sonlarında Firebee'yi keşif İHA'sı olarak uyarlamak için çalışmalara başlamış ancak çalışmalar yürütülürken iki sorun ile karşılaşmıştır. Bu sorunlardan ilki, tam kapsam sağlayabilmesi için bir uçağın 2000 milin üzerinde bir menzile sahip olması gerekmesidir. Q-2C'nin bu tür bir menzile ulaşabilmesi için birkaç konuda gelişime ihtiyaç vardı. Bu ihtiyaçların ilki daha yeni bir motorun sağlanması ve yakıt kapasitesinin artması için daha büyük bir kanadın üretilmesiydi. Diğer ihtiyaç ise İHA'nın radar imzası ile ilgilidir. Eğer Q-2C, Sovyetler Birliği'nin üzerinden uçacaksa radar tarafından neredeyse görünmez olması gerekmektedir. Geliştiriciler, motorun hava girişini kapakla kapatıp burun kısmında yalıtkan boya kullandılar ve yanlarına radarı absorbe edecek malzemeden oluşan bir kaplama ekleyerek radarda görünürlüğünü azalttılar. Ancak Hava Kuvvetleri'nde birçok kişi mürettebatlı SR-71 keşif uçağının askeri hizmetin ihtiyaçlarına daha uygun olduğuna inanmaktaydı. Francis Gary Powers'ın 1960'ta Sovyetler Birliği üzerindeki U-2 uçağının düşürülmesi gibi bir olay, mürettebatlı keşif uçuşlarının potansiyel risklerini göstermiş ve bu olaydan sonra SR-71'e olan destek

devam etmiştir. Hava Kuvvetleri, keşif amaçlı bir İHA'nın geliştirilmesi için 1 milyon dolarlık bir teklifte bulursa da Savunma Bakanı, bu talebe karşılık vermemiştir (Blom, 2010).

Q2C Firebee'nin kullanım amacı yalnızca gözlem ve keşif ile sınırlı kalmamıştır. Japonya, Vietnam ve Tayland'da 34000 görevde yer almış, füzelerin bulunduğu yerleri tespit etmek veya düşman radarlarını yanıltmak gibi önemli görevlerde de kullanılmıştır (Kök, 2012).

1960'lı yıllarda bilgi toplamak amacı ile Ryan 147BS İHA modeli üretilmiştir. Bu İHA modeli, daha önce üretilen Ryan Fireface hedef İHA'sından geliştirilen jet motorlu İHA'dır (Mátyás ve Máté, 2019). Yine bu yıllarda hedef tipi İHA çalışmalarına devam edilmiştir. Hedef tipi İHA'lar ilk olarak savaş pilotlarının eğitim sürecinde kullanılmış, daha sonra düşman radarlarını yanıltmak ve hedef şaşırtmak için kullanılmıştır (Kök, 2012).

İsrail, 1970'lerde önde gelen İHA üreticisi konumuna gelmiştir. O dönem içerisinde üretilen en başarılı İHA'ların başında ilk modern askeri İHA olarak kabul edilen Mastiff ve "İHA'ların Babası" olarak nitelendirilen Scout gelmektedir (Mátyás ve Máté, 2019). Scout, ebat olarak küçük üretilmesi sayesinde hem radara yakalanmamış hem de vurulamamıştır. Kamera ile donatılan bu İHA, aynı zamanda gerçek zamanlı görüntü aktarabilen ilk İHA olarak tarihe geçmiştir. Scout ile birlikte, küçük İHA'ların avantajı gözler önüne serilmiş, bunun üzerine İsrail Pioneer İHA'sını geliştirmiş ve ABD'ye kısa sürede 20 adet satmayı başarmıştır. Scout, günümüzde hala İsrail tarafından kullanılmaktadır (Uyar, 2010). İsrail Devleti'nin Arap Ülkeleri ile problemler yaşaması, keşif ve gözlem yapma gerekliliğini doğurmuştur. Bu nedenle ilk gerçek zamanlı olarak gözetleme ve keşif yapabilen, bunun sonucunda bilgi edinebilen, bu bilgiyi istasyona aktarabilen ve yerdeki istasyondan aldığı sinyaller ile gözetleme görevine devam eden İHA'yı, "Tadiran Mastiff" i üretmiştir (Kök, 2012).

1980'lerde savaşlardaki kullanım potansiyelinin ortaya çıkması ile birlikte İHA'lara olan ilgi artmaya başlamış ve bununla birlikte İHA'ların kullanımı her geçen yıl artış göstermiştir. Örneğin, 2005'te İHA üreten ülke 48 iken, 2015'te bu sayı 60'a çıkmıştır. 2005 yılında 544 olan üretilen farklı tip İHA sayısı ise 10 yıl içerisinde büyük bir artış göstererek 2015'te 2115'e çıkmıştır (Karaağaç, 2014).

1980'li yıllarda ABD, kısa operasyonlar için ucuz İHA'lar üretmeyi amaçlayan İHA Programı'na başlamıştır. Ardından 1986'da ABD ve İsrail'in ortak çalışması sonucunda RQ2 Pioneer İHA'sı ortaya çıkmıştır. Bu İHA, orta boyutlu bir keşif uçağıdır. Bu dönemde, İHA geliştiricileri alternatif enerji kaynaklarına odaklanmış ve güneş enerjisini ana enerji kaynağı olarak kullanmışlardır. Çalışmalar sonucunda AERO-Vironment HAL SOL adlı güneş enerjili İHA üretilmiştir. Bu güneş enerjili İHA, 1980'lerde CIA tarafından desteklenen ilk güneş enerjili uçak olmuştur. 1990'larda mini ve mikro İHA modelleri tanıtılmıştır (Miličević ve Bojković, 2021). 1995 yılına gelindiğinde General Atomics ve Pentagon ortaklığında uzun süreli gözetleme ve keşif görevlerini yerine yetirebilen ve aynı zamanda saldırı görevlerinde de kullanılabilen ilk modern İHA, MQ-1 Predator geliştirmişlerdir (Türk Hava Kurumu, t.y.).

2.3 Olgunlaşma Dönemi

İHA teknolojisi geliştikçe bu teknolojinin askeri amaçlar dışında potansiyel kullanımı ortaya çıkmıştır. Havada asılı kalma özellikleri, hızlı konuşlandırılabilmesi ve düşük maliyetleri sayesinde İHA'lar ilgi odağı haline gelmiştir (Hayat vd., 2016). Günümüzde “İHA” denildiği zaman insanların aklına artık sadece askeri İHA'lar gelmemektedir. Ancak İHA'ların toplum tarafından benimsenmesi, 2010'lara kadar uzanan bir süreci içermektedir. İHA'lar, kolay erişilebilir hale gelmeleri ile yalnızca ticari şirketler için değil, fotoğraf çekimi gibi eğlence amaçlı kullanmak isteyen bireyler için de çekici bir hale gelmiştir. İnsanların günümüzde kolayca internet üzerinden satın alarak İHA edinebilmesi, bu teknolojiyi ortalama bireyler için de erişilebilir hale getirmektedir (Pinhal, 2022).

Raven, Wasp ve Puma gibi küçük boyutlu, sabit kanatlı gözetleme İHA'ları 2000'den sonra geliştirilmiştir. Raven günümüzde birçok ülke tarafından kullanılmaktadır. İHA tarihindeki bir diğer önemli yıl ise 2006'dır, bu yıl Federal Havacılık İdaresi (FAA) “ilk ticari İHA” lisansını vermiştir. Ancak, o yıllarda lisansa yapılan başvuru çok az sayıdadır. 2010'ların başında İHA'ların teslimat araçları olarak kullanılması için çalışmalara başlanmıştır. 2015 yılında yaklaşık 1000 ticari İHA izni verilmiş ve İHA pilot lisansına olan talep katlanarak artmaya devam etmiştir. Bu nedenle 2010 yılı, İHA'lar için "altın çağı" olarak adlandırılmaktadır. Bir yıl sonra ise bu sayı üç katına çıkmıştır (Miličević ve Bojković, 2021).

2016 yılında FAA, ağırlığı 25 kg altında olan küçük İHA'ların sivil kullanımına ilişkin kurallar yayımlamıştır. Kasım 2017'de ise görüş alanı dışında uçuşlar, gece uçuşları ve popülasyonun yoğun olduğu bölgeler üzerinde uçuşlar gibi konuları araştırma amacıyla ulusal "*Drone Entegrasyon Pilot Programı*" başlatılmıştır.

Günümüzde küçük ve uygun fiyatlı İHA'lar, özellikle kara ve deniz kuvvetleri için çok önemli hale gelmiştir. Elektrikle çalışan bu İHA'lar sessiz ve taşınabilir özelliklere sahiptir. Dizüstü bilgisayar veya tablet aracılığıyla uzaktan kontrol edilebilmektedirler. Kameralarla donatılan bu İHA'lar, görüntüleri gerçek zamanlı olarak operatöre iletmektedirler. Ancak, buldukları irtifada duman veya toz olması durumu bu İHA'ların verimliliğini düşürmektedir. Black Hornet Nano İHA'sı bu tip İHA'lara örnek olarak verilebilmektedir. Black Hornet; Norveç, İngiltere ve ABD tarafından kullanılan askeri bir mikro İHA'dır. Bir operatörün, Black Hornet İHA'sını kullanabilmesi için yalnızca 20 dakikalık bir eğitim alması yeterli olacaktır. Bu durum, bu tür İHA'ların kullanımının ne kadar kolay olduğunu gözler önüne sermektedir (Mátyás ve Máté, 2019). Tablo 1'de İHA'ların tarihsel gelişimi ele alınmıştır.

Tablo 1. İHA'ların Tarihsel Gelişimi

Tarih	Gelişme	Açıklama
1849	İlk Askeri Amaçlı İHA Kullanımı	Avusturya, Venedik kuşatmasında bomba taşıyan balonları kullanmıştır.

1858	İHA İle İlk Çekim	Gasper Felix Tournachon, Fransa'da sıcak hava balonu ile ilk hava fotoğrafını çekmiştir ancak bu fotoğraf tarihte kaybolmuştur (Consortiq, t.y.).
1896	İlk Kameralı İHA	Dinamiti icat etmesi ile bilinen Alfred Nobel, üzerine kamera yerleştirilen bir roket fırlatmıştır. Bu, kameraların insansız bir sisteme yerleştirildiği ilk sefer olarak kayıtlara geçmiştir (Consortiq, t.y.).
1905	Gyrocopter	Louis Breguet, kardeşi Jacques ve Charles Richet ile cayrokopter üzerinde çalışmalara başlamıştır. Cayrokopter, esnek kanatları ile helikopterin öncüsü olarak kabul edilmiştir.
1907	Quadcopter İHA Konfigürasyonu	Louis Breguet, kardeşi Jacques ve Richet, dört pervanesi olan bir hava aracı üzerinde çalışmalar yapmıştır.
1916	Aerial Target	İngiltere, ilk radyo kontrollü insansız hava hedefi olan "Aerial Target"ı geliştirmiştir.
1917	İlk Radyo Rehber Sistemi	Archibald Low, 1917 yılında ilk kablosuz roket olarak bilinen radyo rehberlik sistemini geliştirmiştir.
1917	Kettering Bug	1917'de Amerikan Ordusu tarafından geliştirilen Kettering Bug, ilk otomatik pilota sahip İHA'dır.
1930	OQ-2	ABD'nin ilk seri üretim İHA'sı OQ-2, ABD Ordusu tarafından kullanılmıştır.
1935	Queen Bee	İngilizler, radyo kontrollü İHA Queen Bee'yi geliştirmiştir.
1944	V-1 Doodlebug	Alman Ordusu tarafından V-1 "Doodlebug" uçan bombası geliştirilmiştir.
1950	SR-71 Blackbird	SR-71 Blackbird casus uçağı geliştirilmiştir. Lockheed Martin Corporation tarafından geliştirilen bu İHA, uzun menzil ve yüksek irtifada uçabilme yeteneğine sahiptir.
1959	Ryan Firebee	ABD'nin Vietnam Savaşı sırasında Ryan Aeronautical Company tarafından Ryan Firebee İHA'sı geliştirilmiştir.
1973	Mastiff ve Scout	İsrail'in geliştirdiği Mastiff ve Scout, İsrail'in İHA konusunda atmış olduğu büyük bir adımdır.
1980	HAL SOL	CIA tarafından desteklenen ve güneş enerjisiyle çalışan HAL SOL üretilmiştir.
1982	Savaş Alanında İHA'lar	Jezzine Muharebesi, İHA'ların çatışmanın sonucuna önemli ölçüde etki ettiği ilk muharebe olarak kayda geçmiştir. İsrail, İHA'larını Suriye Hava Kuvvetleri'ni atlatmak ve minimal kayıplarla savaşı kazanmak için kullanmıştır. Bu olay ile birlikte İHA'ların savaşlardaki kullanım potansiyeli ortaya çıkmıştır.
1985	ABD'de İHA Üretimi	Vietnam Savaşı'nın sona ermesiyle birlikte ABD, İHA çalışmalarını geliştirmeye hazır hale gelmiştir. İsrail'in 1980'lerdeki İHA çalışmalarındaki başarısı, İHA'ların savaş alanlarında önemli bir rol oynayacağını açıkça ortaya koymuştur.
1986	RQ-2 Pioneer	ABD ve İsrail'in ortak projesi olan RQ-2 Pioneer, keşif görevleri için kullanılmıştır.
1990	İHA Modelleri	Aero Vironment tarafından 1990 Mini ve Macro Predator versiyonları geliştirilmiştir. Bu İHA'lar, farklı operasyonel ihtiyaçları karşılamak üzere tasarlanan farklı boyutlarda olan İHA çeşitleridir.
1991	Körfez Savaşında İHA'lar	Körfez Savaşı sırasında kullanılan İHA'lar, sürekli gözetleme ve keşif görevlerinde etkin bir şekilde kullanılarak savaşın her aşamasında operasyonel olarak aktif olduklarını göstermektedir.
1994	Predator İlk Uçuşu	ABD General Atomics tarafından geliştirilen MQ-1 Predator, ilk uçuşunu gerçekleştirmiştir.
2000	Sabit Kanatlı İHA'lar	Raven, Wasp ve Puma gibi küçük sabit kanatlı İHA'lar geliştirilmiştir. Bu İHA'lar gözetleme amacı ile kullanılmaktadır.

2006	Ticari İHA	FAA, ilk ticari İHA iznini vermiştir ve bu yıl, İHA'lar için önemli bir yıl olarak tarihe geçmiştir. İlk yıllarda izin başvurusu yapanların sayısı oldukça az olduğundan uygulamalarının başlaması zaman almıştır.
2006	İHA'lar Sivil Hava Sahasında	ABD'de yaşanan Katrina kasırgasının yol açtığı yıkımdan sonra FAA, İHA'ların arama ve kurtarma operasyonları için sivil hava sahasında uçuşuna izin vermiştir.
2010	Telefon İle İHA Kontrolü	Fransız İHA üreticisi Parrot, AR Drone'unu tanıtmıştır. Bu İHA, küçük dört pervaneli bir İHA'dır ve pilotun güvenli bir şekilde kullanabilmesi için tek ihtiyacı olan şey akıllı telefondaki bir uygulamadır.
2013	DJI'nin İHA Dünyasına Girişi	DJI, 2006 yılında kurulmasına rağmen büyük ün salan Phantom serisini 2013 yılında piyasaya sürmüştür. Bu İHA, modern kamera ile donatılmış İHA serüvenini başlatmıştır. DJI, sadece birkaç yıl içinde İHA pazarında neredeyse %80'lik bir paya sahip olacak şekilde güçlü bir konuma ulaşmıştır. Bugün birçok İHA, DJI veya onların bağlı kuruluşları tarafından üretilmektedir.
2013	İHA'lar ile Teslimat	FedEx, UPS, Amazon, Google, Uber ve birçok diğer teslimat şirketi İHA'ları bir teslimat aracı olarak görmeye başlamıştır. Dünya çapında çeşitli İHA konseptleri test edilmeye ve düzenleyici kurumlarla çalışmalara başlanmıştır.
2014	İHA Kullanım Alanlarının Yaygınlaşması	2014 yılından bu yana İHA'ların potansiyelleri ve kullanım alanları genişlemeye devam etmektedir. Sektörler, İHA'ların işlerini daha güvenli ve daha az maliyetli hale getirebildiğini keşfettikçe büyümenin hızı da artmaktadır. 2030 yılına kadar, tüm İHA pazarının değerinin 92 milyar doları bulması öngörülmektedir (Consortiq, t.y.).
2016	Küçük İHA Düzenlemeleri	FAA tarafından belirlenen 2016 yılı İHA işletme kuralları, 25 kg altındaki küçük İHA'ların kullanımını düzenlemiştir.
2017	İHA Entegrasyon Programı	FAA tarafından başlatılan Ulusal İHA Entegrasyon Pilot Programı, İHA'ların genişletilmiş kullanımını keşfetmeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda, görüş alanı dışında uçuşlar, gece operasyonları ve insanların üzerinde uçuş gibi konuların düzenlenmesi hedeflenmiştir.
2018	Skydio R1	Skydio, tam otonom uçuş yeteneklerine sahip R1 modelini tanıtmıştır. 4k çözünürlükte çekim yapabilen R1, yapay zekâ teknolojisi ile uçuş rotasını kendisi kontrol edebilmektedir. (Turkiye.ai, 2019.)
2020	Pandemi Döneminde İHA'lar	COVID-19 pandemisi sırasında İHA'lar, kamu sağlığı ve güvenliği için çeşitli alanlarda kullanılmıştır. Ulaşılması güç bölgelere İHA'lar ile aşı ve ilaç tedarik edilmiştir.
2022	Amazon Prime Air	Prime Air, Amazon tarafından işletilen bir İHA teslimat hizmetidir. Paketleri müşterilere otonom bir şekilde uçurmak için teslimatta İHA kullanılmaktadır. Amazon, California'daki müşterileri için kargo hizmetini İHA'lar ile yapacağını duyurmuştur (Muradoğlu, 2022).

Kaynak: Miličević ve Bojković (2021).

2.4. İHA'ların Türkiye'deki Gelişimi

Türkiye'de İHA'lara olan ilgi 1980'lerin sonunda başlamıştır. Bu dönemde üretim kapasitesinin olmaması sebebi ile yurtdışından İHA tedariki yapılmıştır. Tedarik edilen ilk İHA, 1989 yılında kullanılmaya başlanılan Meggitt firmasının üretmiş olduğu Banshee İHA sistemidir (Türk Hava Kurumu, t.y.).

Türkiye'nin geliştirmiş olduğu ilk yerli İHA projesi İHA-X1 Şahit, 1990 yılının Mart ayında başlatılmıştır. Uçuşları başarı ile sonuçlansa da bütçe sorunları nedeni ile seri üretimi gerçekleştirilememiştir. İHA üretim çalışmaları yürütülürken aynı zamanda İHA alımına da devam

edilmiştir. 1993 yılında ABD'den 10 milyon dolara 7 adet İHA alınmış ve Güneydoğu'ya yerleştirilmiştir (Çetinkaya ve Koç, 2023). Yine 1993 yılında Almanya'nın hibe ettiği 5 adet İHA, lojistik sorunları ve kazalar gibi bazı sebeplerden dolayı envanterden çıkarılmıştır (Düz, 2020). 1994 yılında ABD'den ithal edilen İHA'lar, 1994-1998 yılları arasında aktif olarak kullanılmıştır. Türkiye'de geliştirilen ilk yerli üretim hedef İHA, 2001'de TUSAŞ tarafından üretilen Turna İHA'sıdır. 2004 yılında yine TUSAŞ tarafından ANKA Geliştirme Projesi başlatılmış ve ilk uçuşu Aralık 2010'da gerçekleştirilmiştir (Balıkcı, 2024).

Türkiye'de İHA çalışmaları 2004 yılı itibari ile yoğunlaşmaya başlamış, 2010 yılında olgunlaşma aşamasına gelmiş ve TSK envanterine girmeye başlamıştır (Çetinkaya ve Koç, 2023). Türkiye'nin İHA'lar ile ilgili en önemli adımlarından biri General Atomics'in tasarladığı GNAT-750 ve I-GNAT İHA'larını tedarik etmesi olmuştur. Gözetleme ve destek görevleri için Kara Kuvvetleri tarafından 2005 yılına kadar kullanılmıştır. 2007 ve 2010 yılları arasındaki İHA ihtiyacının karşılanması adına İsrail'den Heron, Searcher ve Dominator İHA'ları kiralanarak Kara Kuvvetleri Komutanlığı'nın kullanımına sunulmuştur. Daha sonrasında yine İsrail'den 3 Aerostar İHA'sı kiralanmıştır. Heron, Hava Kuvvetleri'nde kullanılan ilk İHA olmuştur. Heron'lar ile ilgili anlaşma 2005'te imzalanmış olsa da İsrail'in yedek parça teminini reddetmesi ciddi sorunları beraberinde getirmiştir. 2008-2009 yıllarında Türkiye'nin Gazze Savaşı konusundaki eylemlerine tepki olarak İsrail hükümetinin anlaşmayı askıya alması, söz konusu İHA'ların sevkiyatını daha da geciktirmiştir. 2010'daki "Mavi Marmara" olayı ile Türkiye ve İsrail arasındaki gerilim, İHA'ların sevkiyat sürecini olumsuz olarak etkilemiştir. İsrail ile İHA konusundaki gerginlik durumu devam ederken 2007'de Bayraktar Mini İHA, Baykar tarafından üretilmiştir ve bu İHA, 2012'de Katar'a ihraç edilerek ihraç edilen ilk yerli İHA olarak tarihe geçmiştir (Düz, 2020).

Türkiye'nin Heron'lar ile yaşamış olduğu sorun bu kadarla kalmamış 2011'de satın alınan 10 adet Heron'un ikisinin kullanılamaz hale geldiği, uçünün motor arızası sebebiyle yedek motorlar ile görev yaptığı belirtilmiştir (Çetinkaya ve Koç, 2023). Heron'ların operatörlerinin tamamen İsrail'e ait olması ve elde edilen görüntülerin İsrail'e aktarılması Türkiye'ye rahatsızlık veren bir durum olmuştur (Aksan, 2020).

Türkiye, aynı zamanda ABD'nin Predator ve MQ-9 Reaper İHA'ları ile de ilgilenmiştir. Bu İHA'lar ile ilgili görüşmeler yapılsa da herhangi bir sonuç alınmamıştır ve bu sebeple Türkiye, İHA'larını İsrail'den almak durumunda kalmıştır. Türkiye'nin ABD Büyükelçiliği, bu İHA'ların alımı için 2008 ile 2014 arasında yoğun bir mesai harcasa da ABD, sürekli farklı gerekçelerle oyalayarak İHA'ların satışına onay vermemiştir (Aydın, 2017). Bu gibi sorunlar, Türkiye'yi kendi İHA'larını üretmeye itmiş ve günümüzde dünyanın önde gelen İHA üreticileri arasında yer almasını sağlayan etken olmuştur. 2016'da Savunma Sanayii Bakanı İsmail Demir, Türkiye'nin artık ABD'den İHA almayacağını belirtmiştir (Sputnik, 2016)

2010'lar, Türkiye'nin İHA konusunda yerli üretim kapasitesini önemli ölçüde artırdığı bir dönem olmuştur. Bu dönemin öne çıkan projelerinden biri, Bayraktar TB2 İHA'sıdır. Bayraktar TB2 İHA'ları, 2015 yılında mühimmat ile donatılmış ve Fırat Kalkanı, Zeytin Dalı, Barış Pınarı ve Bahar Kalkanı harekâtlarında etkili bir şekilde kullanılmışlardır (Ateş, 2021). Türkiye'deki İHA çalışmalarının genel gelişimi ve üretim tarihleri, Tablo 2'de özetlenmiştir. Bu tablo, Türkiye'nin İHA üretim sürecinde önemli adımlarını ve farklı projeleri göstermektedir (Baykar, t.y.; TUSAŞ, t.y.).

Tablo 2. Türkiye'de İHA Çalışmaları

İHA	Üretim Yılı
X-1 Şahit	1990
Turna	1995
Keklik	2001
Pelikan-Martı	2003
Bayraktar Mini	2007
Anka	2010
Tusaş Şimşek	2012
Karayel	2014
Bayraktar TB2	2016
Akıncı	2019
Kalkan DİHA	2019
Aksungur	2021
Kızılelma	2022
Bayraktar TB3	2023

Kaynak: Baykar (t.y.); TUSAŞ (t.y.)

Türkiye'de İHA'ların hukuki statüsü Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü tarafından 2016'da yayınlanmış olan SHT-İHA Talimatı ile düzenlenmiştir. Daha sonra 12 Temmuz 2020 tarihinde yapılan düzenleme ile revize edilmiş ve son halini almıştır. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü bu talimatı hazırlarken 2920 sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunu'ndan yararlanmışır. Talimatın ilk maddesinde “*Bu Talimat, Türk Hava Sahasında işletilecek veya kullanılacak sivil İnsansız Hava Aracı (İHA) sistemlerinin ithali, satışı, kayıt ve tescili, uçuşa elverişliliğin sağlanması, sistemleri kullanan kişilerin sahip olması gereken nitelikleri, hava trafik hizmetleri ve İHA operasyonlarına ilişkin usul ve esasları belirlemek amacıyla hazırlanmıştır*” şeklinde belirtilerek talimatın hangi konuları düzenlemeyi amaçladığının altı çizilmiştir. Talimatın ikinci maddesinde ise “*...Türk Hava Sahası'nda uçacak İHA'ları, ilgili sistemleri, bunları*

ithal edecek, satışını yapacak, işletecek ya da kullanacak gerçek ve tüzel kişileri, bu kapsamda görev alacak personeli, İHA ekibini ve hava sahası kullanımı ile verilecek hava trafik hizmetlerini...” şeklinde belirtilerek nelerin kapsam içerisinde olduğu sıralanmıştır (Kahveci ve Can, 2017).

Türkiye’de ağırlığı 500 gram ve üzeri İHA kullanmak için Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) Kayıt Sistemine 2020 yılının ilk 6 ayında 200.000’den fazla başvuru yapılmıştır (SHGM, 2023). İHA’lara erişimin ucuz ve kolay olduğu göz önüne alındığında kolayca kayıt olunabilen İHA sertifikasyon programları, kaynaklanabilecek potansiyel tehlikeler açısından endişe yaratmaktadır.

Geçmişten günümüze yaşanan olaylara bakıldığında görülmektedir ki İHA’yı kullanmakta olan pilotların niyetleri farklılık göstermektedir. European Union Aviation Safety Agency (EASA), tehlike yaratabilecek olaylarda İHA pilotunun amacını göz önüne alarak değerlendirmiş ve pilotların niyetlerini 3 temel başlık altında toplamıştır. Bu başlıklar şu şekildedir (EASA, 2021):

a) İhmalkârlık

Bu grupta gerçekleşen kazalar, kullanıcıların *bilgisizliğinden* ya da *dikkatsizliğinden* kaynaklanmaktadır. Kullanıcılar, düzenlemeleri yeteri kadar bilmemekte ve uygulayamamaktadır. Bu gruptaki kullanıcılar, sivil havacılık kurallarını bilinçli bir şekilde ihlal etmeyi amaçlamamaktadırlar. Ancak yeteri kadar İHA kullanımı bilgisine sahip olmadıkları için kuralları ihlal etmektedirler. Dikkatsiz kullanıcılar grubu ise düzenlemelerden ve kısıtlamalardan haberdar olsa da yeteri kadar dikkat ve özene sahip olmamaları sebebi ile sivil havacılık kurallarını ihlâl etmektedirler. Bu kullanıcıların havacılık emniyetini kasıtlı bir şekilde bozma amaçları yoktur.

Bu sınıflandırmaya örnek olarak havaalanları çevresinde uçurulan İHA’lar veya İHA’nın uçurulması sebebi ile kişilerin gizliliğinin ihlal edilebileceği durumlar verilebilmektedir. Örneğin 2014 yılında Virginia Üniversitesi’nde gerçekleşen olayda İHA kullanıcısı gerekli izinleri almadan ihmalkârlık yaparak kamera ile donatılmış İHA’sını kampüs üzerinde uçurmak suretiyle kamera çekimi yapmıştır. İnsanlardan habersiz bir şekilde üzerlerinde İHA uçurmak bir ihmalkârlık örneğidir. Kullanıcılar, bu gibi durumların yaratabileceği tehlikeleri önceden algılayamamaktadır (EASA, 2021).

b) Ağır İhmal

Bu sınıflandırmada meydana gelen kazalara *sorumsuz kullanıcılar* ve *protestocular* sebep olmaktadır. Sorumsuz kullanıcılar, İHA kullanımı için gereken bilgilere sahip olsalar da kuralları kasıtlı olarak çiğnemektedir. Protestocular ise kurallardan haberdar olmalarına rağmen tek veya grup halinde havacılık emniyetine zarar vermek için hareket eden kişilerdir. Sergilemiş oldukları bu eylemler, havacılık emniyeti yönetimi açısından istenmeyen sonuçları doğurmaktadır. Ancak bu grubun insanlara zarar vermek gibi bir amacı bulunmamaktadır (EASA, 2021).

2014 yılında Japonya’daki bir İHA kullanıcısının radyoaktif toprak yerleştirdiği İHA’yı protesto amacı ile kullanması bu gruba örnektir. Protestocu, İHA’yı Başbakan’ın ofisinin çatısına gizlice indirmiş, fark

edilmesi ile gözaltına alınmıştır. Yapılan soruşturmada eylemindeki amacın Japonya'nın nükleer enerji politikasını protesto etmek olduğunu söylemiştir.

c) Terör Amaçlı Kullanım

İHA'ları terör amaçlı kullanan kullanıcılar, mevcut düzenlemelerden haberdar olsalar da sivil havacılık emniyetine zarar vermek amacı gütmektedir. Bu kullanıcı grubu, insanlara ve yapılara kasıt olarak zarar verdiği için suçlu/terörist olarak adlandırılmaktadır (EASA, 2021).

İHA kullanıcılarının niyetini uygulamada tanımlamak kolay olmadığından risk değerlendirilmesi yapılırken bunun göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bununla birlikte havacılık emniyetini tehdit eden herhangi bir durum söz konusu olduğunda gerekli cevap hızlı ve etkili bir şekilde verilebilir.

2018 yılında Venezuela Devlet Başkanı Maduro'ya bomba ile donatılmış İHA ile suikast girişiminde bulunulması bu sınıflandırmaya örnek olarak gösterilebilmektedir. Buna benzer bir olay ise 2021'de Irak Başbakanı'nın konutuna silahlı İHA'lar ile suikast girişiminde bulunulmasıdır. Tablo 3'te tarihte meydana gelen İHA güvenlik ve emniyet olayları verilmiştir:

Tablo 3. Tarihte Yaşanan İHA Olayları

Tarih	Olay	Açıklama
2000	FAA'in Arama Kurtarma Ekibine Uyarısı	"Texas EquuSearch" isimli arama kurtarma ekibi, kayıp insanları bulabilmek için kamera ile donatılmış İHA'lar kullanmaktadır. Bu nedenle FAA, arama kurtarma ekibine uyarıda bulunmuştur. Yapılan uyarının sebebi olarak ise kullanılan kameralı İHA'ların birçok vatandaşın mülklerinin üzerinde izinsiz uçuş yapması ve bu uçuşun video kaydına alınmasıdır. Kameralı İHA kullanımının kişilerin özel hayatının gizliliğini ihlal edeceği endişesinde olan FAA, arama kurtarma ekibine bu çalışma tarzından vazgeçilmesi gerektiğini bildirmiştir. Daha sonra Texas EquuSearch ekibi FAA'nın bu uyarısını mahkemeye taşımış ve karardan dönülmesini talep etmiştir. Savunmalarında kamera ile donatılmış İHA'lar ile arama kurtarma çalışması yapmanın insanların hayatını kurtarmak amaçlı bir hizmet olduğundan bu faaliyetin herhangi bir hak ihlalinin üzerinde olacağını bildirmişlerdir ve mahkeme sonucunda davayı kazanmışlardır. (Reagan, 2015).
2014	İHA'nın Protesto Amacı ile Kullanılması	Japonya'da bir İHA kullanıcısı, radyoaktif toprak yerleştiği İHA'yı Başbakan'ın ofisinin çatısına gizlice indirmiş, yetkililerin fark etmesinin ardından da gözaltına alınmıştır. Soruşturmasında amacının Japonya'nın nükleer enerji politikasını protesto etmek olduğunu söylemiştir (Kahveci ve Can, 2017).
2014	İHA ile İzinsiz Çekim Yapılması	Virginia Üniversitesi'nde İHA çekimleri yapan bir kişi, üniversite kampüsünün reklam çekimini yapmak için üniversite ile anlaşma yapmıştır. Anlaşmaya göre İHA pilotu, İHA'yı okulun etrafından uçurup görüntüler alacak ve bu görüntüleri reklamda kullanacaktır. Ancak çekime başladıktan sonra okul öğrencilerinden gelen tepkiler sebebi ile konu mahkemeye taşınmıştır. Olay sonucunda FAA, İHA pilotunu çekim sırasında okul çevresindeki insanları tehlikeye attığı gerekçesiyle para cezası ile cezalandırmıştır. Bu olay sonucunda İHA uçuşu gerçekleştirebilmek için alınması gereken izinler hakkında bir çalışma başlatılmıştır. Ayrıca bu olay ile izinsiz uçuş gerçekleştiren kişiler hakkında ceza yaptırımını uygulandığı görülmektedir (Jansen, 2014).
2015	İHA'ların Gizliliği İhlal Etmesi	Kamera ekipmanı ile donatılmış bir İHA, uçuş esnasında başka biri tarafından silah kullanılarak düşürülmüştür. Bu saldırı sonucunda İHA kullanılamaz hale gelmiştir ve İHA pilotu olayı mahkemeye taşıyarak karşı taraftan zararlarının karşılanması talebinde bulunmuştur. Karşı taraf ise savunmasında kamera ile donatılan İHA'nın bilgisi dâhilinde olmadan, kendi özel mülkünün üzerinde uçuş gerçekleştirdiğini ve özel hayatının ihlaline yol açtığını söyleyerek İHA'yı etkisiz hale getirme hakkının olduğunu maddi tazminat miktarını ödemek istemediği belirtmiştir. Görülen dava sonucunda mahkeme, İHA

		pilotunun eylemini haksız bulmuştur. Mahkeme, başkasına ait özel bir mülkün hava sahasında gerekli izinler alınmadan yapılan görüntülü uçuşun özel hayatın gizliliği kuralının ihlaline yol açacağından bu eylemi bir haksız fiil olarak değerlendirmiş ve İHA pilotunun talebini reddetmiştir (Vincent, 2015).
2015	Beyaz Saray Olayı	Bir İHA, Beyaz Saray'ın bahçesine düşmüştür ve güvenlik alarmına neden olmuştur. Olay sonrasında Beyaz Saray çevresindeki binalar bir süreliğine kapatılmıştır. İHA'nın eğlence amaçlı uçurulduğu düşünülmektedir (Miller, 2015).
2015	İHA ile Kaçakçılık	ABD-Meksika sınırında uyuşturucu kartelleri İHA'ları kullanarak uyuşturucu taşımaya çalışmışlardır. Meksika'dan havalanan İHA, Kaliforniya'nın güneyine düşmüştür (Valencia ve Martinez, 2015)
2017	Havaalanında İHA Tehlikesi	Çin, Hangzhou Xiaoshan Uluslararası Havaalanı'nda Bir İHA kullanıcısı, iniş yapan uçaklara çok yakından çekim yapmasının ardından gözaltına alınmıştır. Olayın ardından kullanılan İHA'nın üretici şirketi DJI, bu davranışı şiddetle kınadığını belirten bir açıklama yazısı yayınlamıştır (McKirdy ve Wang, 2017).
2018	Havaalanında İHA Tehlikesi	Yeni Zelanda, Auckland Havaalanı'nda bir İHA'nın alçalmakta olan Boeing 777-200'ün 5 metre yakınına kadar geldiğini fark eden pilotlar, İHA'nın uçak motorlarının içine çekilmesinden endişlendiler (Perry, 2018).
2019	Suudi Arabistan Aramco Saldırısı	Suudi Arabistan'ın Aramco petrol tesislerine İHA'larla saldırı düzenlenmiştir (Hubbard vd., 2019).
2018	Venezuela Cumhurbaşkanı'n a İHA Saldırısı	Ulusal bir açık hava kutlaması sırasında Venezuela Devlet Başkanı Maduro'ya iki adet bomba taşımaktan olan İHA ile suikast girişiminde bulunulmuştur. Bu olayda İHA'nın bir ülkenin liderini öldürmeye yönelik kullanımı ilk kez yaşanmıştır. 7 asker yaralanmış, Maduro ve eşi yara almadan kurtulmuştur (Watson, 2018).
2021	Irak Başbakanı'na İHA Saldırısı	Irak Başbakanı Mustafa el-Kazimi'nin konutuna silahlı İHA'lar ile suikast girişiminde bulunulmuş, olayda herhangi bir zarar gören olmamıştır (Alkhshali, 2021).
2022	Ukrayna Savaşı'nda İHA Kullanımı	Rusya-Ukrayna savaşı sırasında her iki tarafın da İHA'ları yoğun şekilde kullanması, siviller ve altyapı üzerinde tehdit olarak görülmüştür.

3. İHA'ların Gelecek Perspektifi

İHA'lar zaman, işgücü ve maliyet faydası sağlayarak çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. İHA'ların havadan teslimat, hava ikmali gibi konularda daha etkin bir şekilde kullanılması için çalışmalar devam etmektedir. Bu gelişmelerin yanı sıra Hava Trafik Yönetimi ve İHA operatörü arasında bir bilgi yönetim sisteminin oluşturulması önem arz etmektedir. İHA'ların performanslarının iyileştirilmesi için bazı konularda geliştirme çalışmalarının yapılması beklenmektedir. Bu konulardan ilki İHA'ların boyut ve ağırlıklarının optimize edilmesidir. Bu değişiklik, uçuş süresini, enerji harcamasını ve yük taşıma kapasitesini daha verimli hale getirecektir. Diğer konu ise İHA'ların gücünün artırılması ile daha hızlı uçuş yapabilmesi hedeflenmektedir. Geliştirilmesi beklenen bir diğer alan ise herhangi bir arıza durumunda İHA'nın tamirinin kolaylaştırılması, servis noktalarının artırılmasıdır. Son olarak, malzeme yapısının geliştirilmesi, korozyon oluşma durumuna karşı daha dayanıklı hale getirilmesi amaçlanmaktadır (Korkmaz vd., 2016).

Bu gelişmeler ve teknolojik ilerlemeler ile birlikte İHA'ların gelecekte gerek sivil gerek askeri alanda kullanımının artacağı düşünülmektedir (Yiğit vd., 2018). İHA'ların askeri uygulamalarında elde ettiği

başarı, sivil alanda henüz istenilen seviyeye getirilememiştir. Bu duruma örnek olarak tarım alanı verilebilmektedir. İHA'ların tarım alanında kullanımına yönelik günümüzde birçok çalışma yapılmıştır. Tarım uygulamaları çok çeşitli olmakla beraber büyük ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır. İHA'lardan tarım alanında istenilen performansın alınamamasının sebebi ise yük taşıma kapasitelerinin ve havada kalış sürelerinin yetersiz kalmasıdır. Bu nedenle İHA'lar daha küçük ve spesifik operasyonlarda tercih edilmektedir. Gelecek yıllara bakıldığında beklenen gelişmeler yapılanaya kadar bir süre daha tarım alanında hala geleneksel yöntemlerin İHA'lardan daha fazla kullanılmaya devam etmesi beklenmektedir (Huang vd., 2013).

Tarım dışında, İHA'ların sivil alandaki kullanımını hızlı bir şekilde yaygınlaştırmaktadır. Özellikle güvenlik ve gözetim alanında büyük şehirlerde ve kritik tesislerde kullanılan İHA'lar, suç önleme, izleme ve devriye faaliyetlerinde etkin rol oynamaktadır. Sınır güvenliği, kalabalık alanların denetlenmesi ve yangın izleme gibi görevlerde kullanılan İHA'lar, güvenlik güçleri tarafından sıklıkla tercih edilmektedir (Lafçı vd., 2022). Ayrıca, tarımsal verimliliği artırmak amacıyla kullanılan İHA'lar, geniş tarım arazilerinin haritalanması, toprak analizi ve bitki sağlığının izlenmesi gibi görevlerde de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Ceylan vd., 2020).

İHA'ların bir diğer kullanım alanı ise lojistik ve taşımacılık sektörüdür. Amazon ve Google gibi teknoloji devleri, İHA'ları paket teslimatlarında kullanarak maliyetleri düşürmeyi ve teslimat sürelerini hızlandırmayı hedeflemektedir. Bu uygulama, özellikle e-ticaret sektöründe devrim niteliğinde bir adım olarak görülmektedir. Gelecekte İHA'ların daha geniş çapta kullanılması ve küçük, hafif paketlerin hızlı bir şekilde müşterilere ulaşması beklenmektedir (Rana vd., 2016).

Bunlara ek olarak, doğal afetlerde ve acil durumlarda İHA'ların kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Deprem, sel ve yangın gibi afetlerde, İHA'lar hızlı ve etkili bir şekilde bölgeyi tarayarak arama-kurtarma ekiplerine bilgi sağlamaktadır. Özellikle kriz bölgelerinde malzeme temini ve zarar tespitinde İHA'lar önemli bir rol oynamaktadır (Yiğit vd., 2018). Bu gibi acil durumlarda İHA'ların hızı, esnekliği ve güvenilirliği, geleneksel yöntemlerden çok daha üstün olmalarını sağlamaktadır.

Yukarıda sıralananlara ek olarak İHA'lar, bilimsel araştırma, hava fotoğrafçılığı, vahşi yaşamın gözlemlenmesi, meteoroloji ve madencilik alanlarında da kullanılmaktadır. Günümüzde İHA'ların kullanım alanları oldukça genişlemiş olsa da önümüzdeki yıllarda teknolojik gelişmelerin bu araçların daha uzun süre havada kalmasını, daha ağır yükler taşımasını ve daha karmaşık görevleri yerine getirmesini sağlayacağı düşünülmektedir. İHA'lar, sivil, ticari ve insani yardım faaliyetlerinde giderek daha önemli bir araç haline gelmektedir. Bu gelişmelerle birlikte, İHA'ların emniyetli ve düzenli bir şekilde işletilmesi için yeni düzenlemelerin ve teknoloji altyapısının da geliştirilmesi kaçınılmaz olacaktır.

4. Tartışma ve Sonuç

Çalışma, İHA'ların tarihsel gelişimini, bu süreçte yaşanan kazaları, emniyet ve güvenlik olaylarını kapsamlı bir şekilde ele alarak literatüre katkı sağlamayı amaçlamaktadır. İHA'ların tarihi, 1849'da Avusturya'nın bombalı balonlar kullanması ile başlamış ve günümüze kadar Deneysel Dönem, Gelişme Dönemi ve Olgunlaşma Dönemi olmak üzere üç ana dönemde gelişim göstermiştir. Yaşanan teknolojik ilerlemeler ve askeri alandaki ihtiyaçlar İHA'ların geliştirilmesinde önemli rol oynamıştır. 20. yüzyılın ortalarından itibaren özellikle askeri alanda İHA'ların kullanımı hız kazanmış, 21. yüzyılda ise sivil alandaki kullanımı artış göstermiştir.

İHA'ların kullanımının yaygınlaşması ve bu araçlara erişimin ucuz ve kolay olması, bazı güvenlik ve emniyet endişelerini de beraberinde getirmektedir. İHA pilotlarının kullanım niyetlerinin farklılık göstermesi, potansiyel risklerin varlığına işaret etmektedir. EASA tarafından yapılan sınıflandırma, İHA pilotlarının niyetlerini ihmalkârlık, ağır ihmal ve terör amaçlı kullanım olmak üzere üç ana başlık altında toplamaktadır. Bu sınıflandırma, İHA'ların kullanımıyla ilgili olası tehlikeleri ve bu tehlikelere karşı alınabilecek önlemleri daha iyi anlamamızı sağlamaktadır.

Geçmişte yaşanan İHA olayları, İHA'ların yanlış ve kötü niyetli kullanımlarının doğurabileceği sonuçları gözler önüne sermektedir. Özellikle havaalanları, devlet binaları ve kişisel mülkler üzerinde izinsiz gerçekleştirilen uçuşlar nedeni ile meydana gelen krizler, İHA'ların güvenli bir şekilde kullanılmasının ne kadar önemli olduğunu vurgulamaktadır. İHA'ların gelecekte daha yaygın ve çeşitli alanlarda kullanılacağı göz önüne alındığında, bu tür olayların önlenmesi için gerekli hukuki ve teknik düzenlemelerin yapılması elzemdir. Gelecekte İHA'ların daha etkin ve güvenli bir şekilde kullanılabilmesi için bazı teknolojik ve yapısal geliştirmelere ihtiyaç duyulmaktadır. İHA'ların boyut ve ağırlık optimizasyonu, uçuş süresi, enerji verimliliği ve yük taşıma kapasitesinin artırılması gibi alanlarda yapılacak iyileştirmeler, bu araçların performansını önemli ölçüde artıracaktır (Cohn vd., 2017).

Sonuç olarak, İHA'ların sivil ve askeri alanlarda daha güvenli ve etkin bir şekilde kullanılabilmesi için mevcut düzenlemelerin geliştirilmesi ve yeni teknolojik ilerlemelerin takip edilmesi gerekmektedir. İHA'ların tarım, lojistik, arama kurtarma ve kriz yönetimi gibi alanlarda daha geniş bir şekilde kullanılması, bu araçların potansiyelini en üst düzeye çıkaracaktır. Bu doğrultuda, hem kamu hem de özel sektörün işbirliği yaparak İHA teknolojisinin gelişimine katkıda bulunması büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

Aksan, S. (2020, 3 Mart). Türkiye'nin gökyüzündeki başarı imzası: Yerli İHA ve SİHA'lar. 18.09.2024 tarihinde <https://www.trthaber.com/haber/gundem/turkiyenin-gokyuzundeki-basari-imzasi-yerli-ihave-sihalar-464449.html> adresinden erişilmiştir.

- Alkhshali, H. (2021, 6 Kasım). Iraq's Prime Minister survives drone attack on his home. 18.09.2024 tarihinde <https://Edition.Cnn.Com/2021/11/06/Middleeast/Iraq-Prime-Minister-Drone-Attack-Intl-Hnk/Index.Html> adresinden erişilmiştir.
- Aslan, M. (2023). Havacılığın tarihçesi. İçinde H. Güngör (Ed.), *Sivil havacılık yönetiminin temelleri* (ss. 1-28). Akademi Titiz Yayınları.
- Ateş, E. (2021). Türkiye'nin insansız hava aracı (İHA) ihracat rekabet gücünün analizi. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 3(1), 07-16.
- Austin, R. (2011). *Unmanned aircraft systems: UAVS design, development and deployment*. John Wiley & Sons.
- Aydın, H. (2017, 24 Aralık). Kötü dostluk SİHA doğurdu. 18.09.2024 tarihinde <https://www.milliyet.com.tr/gundem/kotu-dostluk-siha-dogurdu-2560335> adresinden erişilmiştir.
- Balıkçı, C. (2024, 8 Mayıs). İnsansız hava araçlarının gelişim süreci ve Türkiye'de İHA geliştirme faaliyetleri. 18.09.2024 tarihinde <https://strasam.org/Savunma/Havacilik-ve-Uzay-Sanayii/Insansiz-Hava-Araclarinin-Gelisim-Sureci-ve-Turkiyede-Iha-Gelistirme-Faaliyetleri-3220> adresinden erişilmiştir.
- Baykar. (t.y.). İnsansız hava aracı sistemleri. 18.09.2024 tarihinde <https://baykartech.com/tr/insansiz-hava-araci-sistemleri/> adresinden erişilmiştir.
- Blom, J. D. (2010). *Unmanned aerial systems: A historical perspective* (Vol. 45.). Combat Studies Institute Press.
- Boyle, M. J. (2020). *The drone age: How drone technology will change war and peace*. Oxford University Press.
- Çetinkaya, S. G. ve Koç, M. (2023). Türkiye'nin insansız hava araçları serüveni. *Anadolu Strateji Dergisi*, 5(1), 1-27.
- Ceylan, A., Yiğit, O. ve Demir, S. (2020). Tarımda insansız hava araçlarının kullanım alanları ve gelecek perspektifi. *Tarım Teknolojileri Araştırma Dergisi*, 5(1), 25-35.
- Cohn, P., Green, A., Langstaff, M., and Roller, M. (2017, December 5). Commercial drones are here: The future of unmanned aerial systems. 18.09.2024 tarihinde <https://www.mckinsey.com/industries/travel-logistics-and-infrastructure/our-insights/commercial-drones-are-here-the-future-of-unmanned-aerial-systems/> adresinden erişilmiştir.
- Consortiq. (t.y.). A not so short history of unmanned aerial vehicles (UAVS). 18.09.2024 tarihinde <https://consortiq.com/uas-resources/short-history-unmanned-aerial-vehicles-uavs> adresinden erişilmiştir.
- Cuerno-Rejado, C., Garcia-Hernandez, L., Sanchez-Carmona, A., Carrio, A., Sanchez Lopez, J. L., and Campoy, P. (2016). Historical evolution of the unmanned aerial vehicles to the present. *Dyna*, 91(3), 282–288.
- Düz, S. (2020). Türkiye'nin gökyüzündeki yeni gücü İHA'lar. *Seta Analiz*, 336, 1-26.
- European Union Aviation Safety Agency (EASA). (2021). Drone incident management at aerodromes. 18.09.2024 tarihinde https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/drone_incident_management_at_aerodromes_part1_website_suitable.pdf adresinden erişilmiştir.
- Hayat, K., De Lecea, A. G. M., Moriones, C. D., and Ha, S. K. (2016). Flutter performance of bend–twist coupled large-scale wind turbine blades. *Journal of Sound and Vibration*, 370, 149-162.
- Huang, Y., Thomson, S. J., Hoffmann, W. C., Lan, Y., and Fritz, B. K. (2013). Development and prospect of unmanned aerial vehicle technologies for agricultural production management. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 6(3), 1-10.

- Hubbard, B., Karasz, P., and Reed, S. (2019, September 14). Two major Saudi oil installations hit by drone strike, and U.S. blames Iran. 18.09.2024 tarihinde <https://www.nytimes.com/2019/09/14/world/middleeast/saudi-arabia-refineries-drone-attack.html> adresinden erişilmiştir.
- Jansen, B. (2014, June 2). Federal appeal may define FAA authority over drones. 18.09.2024 tarihinde <https://www.usatoday.com/story/money/business/2014/07/02/ntsb-drones-faa-appeal-pirker/11793203/> adresinden erişilmiştir.
- Kahveci, M. ve Can, N. (2017). İnsansız hava araçları: Tarihçesi, tanımı, dünyada ve Türkiye'deki yasal durumu. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(4), 511-535.
- Karaağaç, C. (2014, 18-19 Haziran). Geleceğin harekât ortamında IHA sistemleri: Askeri uygulamalar ve teknoloji gereksinimleri. *III. Ulusal Havacılıkta İleri Teknolojiler Konferansı*, İstanbul.
- Karamanlı, İ. A. ve Çelik, M. B. (2019, 4-6 Ekim). Model insansız hava aracı üretimi. *International Aluminium-Themed Engineering and Natural Sciences Conference (IATENS'19)*, Konya.
- Korkmaz, Y., İyibilgin, O. ve Fındık, F. (2016). Geçmişten günümüze insansız hava araçlarının gelişimi. *SAÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 2, 103-109.
- Kök, T. (2012). *İnsansız hava araçlarının güvenli kullanımı için spektrum ihtiyaçlarının belirlenmesi ile ilgili öneriler*. (Teknik Uzmanlık Tezi). Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Ankara.
- Lafçı, B., Taş, E. G., ve Cantürk, N. (2022). İnsansız hava araçlarının ve insansız hava aracı sistemlerinin adli bilimler açısından önemi. *Güvenlik Bilimleri Dergisi*, 11(2), 305-332. doi:10.28956/gbd.1212382
- Mátyás, P., and Máté, N. (2019). Brief history of UAV development. *Repüléstudományi Közlemények*, 31(1), 155-166.
- Mckirdy, E., and Wang, S. (2017, January 17). Drone's operator detained for flying near Chinese airplane. 18.09.2024 tarihinde <https://edition.cnn.com/2017/01/17/Asia/China-Drone-Passenger-Plane-Near-Miss/Index.Html> adresinden erişilmiştir.
- Miličević, Z. M., and Bojković, Z. B. (2021). From the early days of unmanned aerial vehicles (UAVS) to their integration into wireless networks. *Vojnotehnički Glasnik/Military Technical Courier*, 69(4), 941-962.
- Miller, E. (2015, January 26). White house drone crash: How the secret service is dealing with the breach. 18.09.2024 tarihinde <https://Time.Com/3682307/White-House-Drone-Crash/> adresinden erişilmiştir.
- Muradoğlu, C. (2022, 14 Haziran). Amazon drone kargo hizmeti Prime Air'i California'daki müşterileri için başlatacağını duyurdu. 18.09.2024 tarihinde <https://webrazzi.com/2022/06/14/Amazon-Drone-Kargo-Hizmeti-Prime-Air-I-California-Daki-Musterileri-Icin-Baslatacagini-Duyurdu/> adresinden erişilmiştir.
- Perry, N. (2018, March 27). Drone nearly hits plane landing in New Zealand from Japan. 18.09.2024 tarihinde <https://apnews.com/general-news-a24296e3de904a9681d2cc9793062d63> adresinden erişilmiştir.
- Pinhal, J. P. V. (2022). *Controlled descent of an overloaded quadcopter using vision*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Universidade Do Porto.
- Rana, K., Praharaj, S., and Nanda, T. (2016). Unmanned aerial vehicles (UAVS): An emerging technology for logistics. *International Journal of Business and Management Invention*, 5(5), 86-92.
- Reagan, J. (2015, January 5). Drones in court: A year in review. *Dronelife*. 18.09.2024 tarihinde <http://Dronelife.Com/2015/01/05/Drones-Court-Year-Review/> adresinden erişilmiştir.
- Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM). (2023). 18.09.2024 tarihinde <https://web.shgm.gov.tr/> adresinden erişilmiştir.

- Sputnik (2016, 27 Mayıs). Türkiye, ABD'den silahlı İHA almayacak. 18.09.2024 tarihinde <https://anlatilaninotesi.com.tr/20160526/turkiye-abd-silahl-iha-1023001546.html> adresinden erişilmiştir.
- Turner, D., Lucieer, A., and Watson, C. (2011, 10-15 April). Development of an Unmanned aerial vehicle (UAV) for hyper resolution vineyard mapping based on visible, multispectral, and thermal imagery. 34th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Sidney, Avusturalya.
- TUSAŞ. (t.y.). İnsansız hava araçları. 18.09.2024 tarihinde <https://www.tusas.com/urunler/iha> adresinden erişilmiştir.
- Türk Hava Kurumu. (t.y.). İnsansız hava araçları (İHA). 18.09.2024 tarihinde <https://thk.org.tr/Iha> adresinden erişilmiştir.
- Turkiye.Ai. (2019, 15 Şubat). Skydio R1. 18.09.2024 tarihinde <https://Turkiye.Ai/Skydio-R1/> adresinden erişilmiştir.
- Uyar, T. (2010, 18 Temmuz). Anka başarısı ve insansız hava araçları. 18.09.2024 tarihinde <https://www.tevfikuyar.com/2010/07/Anka-Basarisi-Ve-Insansiz-Hava-Araclari/> adresinden erişilmiştir.
- Valencia N., and Martinez, M. (2015, January 23). Drone carrying drugs crashes south of U.S. Border. *CNN World*. 18.09.2024 tarihinde <https://edition.cnn.com/2015/01/22/World/Drug-Drone-Crashes-Us-Mexico-Border/> adresinden erişilmiştir.
- Vincent, J. (2015, January 23). Judge rules Kentucky Man had the right to shoot down his neighbor's drone. 18.09.2024 tarihinde <https://www.theverge.com/2015/10/28/9625468/drone-slayer-kentucky-cleared-charges> adresinden erişilmiştir.
- Watson, K. (2018, August 5). Venezuela President Maduro survives 'drone assassination attempt. 18.09.2024 tarihinde <https://www.bbc.com/news/world-latin-america-45073385> adresinden erişilmiştir.
- Yiğit, E., Yazar, İ. ve Karakoç, T. H. (2018). İnsansız hava araçları (İHA)'nın kapsamlı sınıflandırılması ve gelecek perspektifi. *Sürdürülebilir Havacılık Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 10-19.