

*Araştırma makalesi*

## Havacılık endüstrisinde kullanılan teknolojilerin dünü, bugünü ve gelecek eğilimleri

Mustafa Şen<sup>1</sup>, Adem Dalcı<sup>2</sup>, Feyzullah Temurtaş<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Intelligent Transportation Systems and Technologies, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Bandırma Onyedi Eylül University, Bandırma, Turkey

<sup>2</sup>Department of Electrical and Electronics Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Bandırma Onyedi Eylül University, Bandırma, Turkey

\*Correspondence: [mustafatopraksen@gmail.com](mailto:mustafatopraksen@gmail.com)

**Özet:** Ülkelerin küresel olarak rekabet gücüne sahip olmaları, insan hayatını kolaylaştıracak olan yeni teknolojileri üretmek ve etkili bir pozisyonda yer alabilmesi ile mümkün olabilmektedir. Havacılık ve uzay sanayi tam olarak bu işin ve geleceğin odak noktasında yer almaktadır. Yeni dünya düzenine ayak uydurabilmek için, havacılık sektörünün ve özellikle savunma sanayinin akıllı teknolojiler ile ne derece ilişkili olduğu hususunu ortaya koymak ve bu konuda dünyada yapılan gelişmeleri araştırmak ve katkı sağlamak son derece önemlidir.

Türkiye bulunduğu konum açısından, havacılığa en çok önem vermesi gereken ülkelerin başında gelmektedir. Temel olarak Türkiye'nin sahip olduğu savunma havacılığının, akıllı teknolojiler ve dolayısıyla yapay zekâ konularıyla ilişkisi araştırılarak literatüre katkı sağlanması amaçlanmıştır. Ayrıca yeni dünya düzeninde Türkiye'nin bulunduğu coğrafi koşullar da değerlendirildiğinde dün, bugün ve gelecekte akıllı teknolojilerin savunma havacılığındaki rolünü çeşitli enstrümanlarla ortaya konulması hedeflenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı teknolojiler, havacılık, havacılıkta savunma

**Abstract:** It is possible for countries to have global competitive power, to produce new technologies that will facilitate human life and to take an effective position. The aviation and space industry is exactly at the focal point of this business and the future. In order to keep pace with the new World order, it is extremely important to reveal to what extent the aviation industry and especially the defense industry are related to smart technologies and to research and contribute to the developments in the World in this regard.

Turkey in terms of its location, it is one of the countries to give most importance to aviation. Basically it is aimed to contribute to the literatur while investigating the relationship among artificial intelligence, intelligence technologies and the defence aviation of Turkey. Evaluating Turkey's geographical conditions in the new World order it is also targeted to demonstrate the role of smart technologies in defence aviation by a variety of instruments.

**Key words:** Intelligent technologies, aviation, defense in aviation

\* Corresponding author. Tel.: +0-000-000-0000 ; fax: +0-000-000-0000.

E-mail address: [mustafatopraksen@gmail.com](mailto:mustafatopraksen@gmail.com)

ORCID: 0000-0003-3008-7656, 0000-0002-9940-0471, 0000-0002-3158-4032 (in hierarchical order)

Received 18 August; accepted 2 November

Peer review under responsibility of Bandırma Onyedi Eylül University.

## 1. Giriş

Havacılığa olan tutku insanların kuşları keşfetmesiyle birlikte başlayan ve çok eski zamanlara dayanan bir durumdur. 1903'te Wright kardeşlerin gerçekleştirdiği ilk uçuştan günümüze kadar uçakların hızları, kullandıkları iletişim araçları, yön bulma ve uçak arıza sistemleri, pilotların kullandığı kıyafetler gibi konularda hızlı bir gelişim sergilenmiştir (Makoto ve Juliette, 2019). Akıllı teknolojilerin yaşanan bu gelişmelerde payı büyüktür. Küresel konumlama sistemi, kablosuz ağlar ve kızılötesi görüş gibi sistemler savunma havacılığında kullanılan en temel akıllı teknolojilerden bazılarıdır. Bu sistemler ile birlikte yapay zekâ konusu da bu alanda büyük bir öneme sahiptir. Yapay zekânın savunma havacılığında kullanımı ise sistemlerin matematiksel olarak modellenerek çeşitli yazılım programları vasıtasıyla hayata geçirilmesi ile mümkün olmaktadır. Blok zinciri teknolojisi, kestirim, bulut teknolojisi ve makine öğrenmesi teknolojilerinin havacılıkta kullanımı ile uçuş gecikme tahmini, talep tahmini, pist kullanımının durumu gibi konularda başarılı bir şekilde kullanılabilir (Chung ve ark., 2020). Büyük veri teknolojisinin havacılık endüstrisinde kullanımı ile uçakların güvenliği ve performanslarının önemli ölçüde iyileştirilebilir (Dou, 2020).

Türkiye bulunduğu konum açısından, havacılığa önem vermesi gereken ülkelerden biridir (Korul ve Küçükönel, 2003). Türk havacılık tarihini incelemek, bugünkü eksiklikleri tespit ederek nedenleri ile ortaya koymak ve havacılık konusunda lider ülkeler arasına girmek konusunda atılması gereken adımları irdelemek son derece önem taşımaktadır. Yeni dünya düzenine ayak uydurabilmek için, havacılığın akıllı teknolojiler ve yapay zekâ ile ne derece ilişkili olduğu hususunu ortaya koymak ve bu konuda dünyada yapılan gelişmeleri araştırmak son derece önem taşımaktadır (Şen, 2020). Bu araştırmalardan elde edilecek bilgi birikimleri havacılık endüstrisinde gerçekleştirilecek gelişmelere paralel olarak malzeme, enerji, makine gibi sektörlerin gelişmesine de katkı sağlayacaktır (Tikhonov ve ark., 2019; Sharma ve Srinivas, 2020).

## 2. Türkiye ve dünyada havacılık sektörünün gelişimi

Dünya havacılık tarihi, ilk yapılan başarılı ya da başarısız motorsuz denemeleri saymazsak, 1903 yılında Wright kardeşlerin motorlu bir uçakla gerçekleştirdiği denemesi ile başlamıştır. İlk uçaklar eğlence amaçlı kullanılmak için tasarlanmış daha sonra askeri ve sivil havacılık için kullanılmaya başlanmıştır. İlk kargo uçuşu 1910, ilk resmi posta uçuşu 1911 yılında gerçekleştirilmiş ve ilk havayolu şirketi 1911 yılında kurulmuştur. Havacılığın evrilmesi sürecindeki en önemli gelişme Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü'nün kurulmasını sağlayan 1944 yılında gerçekleştirilen Şikago Sözleşmesi'dir (Kaya, 2016; Güneş ve Çevik, 2017).

Türkiye'de 1912 yılında İstanbul Sefaköy'de kurulan iki hangarlı bir meydan ile ilk havacılık faaliyeti gerçekleştirilmiştir. Bu adımı, 1925'te bugün Türk Hava Kurumu olarak bilinen Türk Tayyare Cemiyetinin kurulması izlemiştir. 1939 yılında Havayolları Devlet İşletme İdaresi, sivil hava yolları kurulması ve taşıma yapılması için görevlendirilmiştir. 1954 yılında Sivil Havacılık Dairesi Başkanlığı, uluslararası ilişkileri yürütmesi için Ulaştırma Bakanlığı tarafından kurulmuş ve 1987 yılında adını Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü olarak değiştirerek yeniden teşkilatlandırılmıştır. 2005 yılında ise kanuni ve finansal açıdan Ulaştırma Bakanlığından ayrılarak özerk hale gelmiştir (Korul ve Küçükönel, 2003). Türkiye uluslararası platformlarda ise Şikago Sözleşmesine taraf olarak uluslararası sivil havacılık teşkilatının kurucu üyesi olmuştur. Bununla birlikte, Avrupa Sivil Havacılık Konferansı kurucu üyesi, Avrupa havacılık faaliyetlerinin koordine eden EUROCONTROL ve Avrupa Seyrüsefer Emniyeti Teşkilatına da üye olmuştur. Türkiye bu gibi teşkilatlara üye olarak uluslararası havacılık mevzuatlarını takip edebilmekte ve dünyaya uyum sağlayabilmektedir (SHGM, 2020).

Günümüzde ise havacılık faaliyetleri, idari ve teknik yönetmelikler ve havacılık talimatları 2920 sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunu ile yürütülmektedir (Türk Sivil Havacılık Kanunu, 1983). Bu kapsamda idari bir yönetim kadrosu oluşturan Türkiye havacılık kurumları, dünyada hızla gelişen havacılık teknoloji ve gelişimine ayak uydurabilmek için çeşitli uluslararası

teşkilatlar ile koordineli bir şekilde çalışmaktadır.

### 3. Havacılıkta savunma teknolojileri ve Türk savunma sanayi

Teknoloji ve teknoloji yönetimi konusu, Türkiye'nin jeopolitik konumu göz önüne alındığında en fazla üzerine düşülmesi gereken konuların başında gelmektedir. Bu bağlamda, teknoloji gelişimi ve yönetimindeki en büyük payın savunma sanayine verilmesi, milli menfaatlerin korunması açısından önem arz etmektedir (Çetin, 2015).

Savunma kelimesi temel manada tehdit ve saldırılara karşı kendini müdafaa edebilmek, bunun için hazırlıklı olabilmek olarak tanımlanmaktadır. Savunma yapabilmek için tehditlerin ne olduğunun bilinmesi, tehdiye nasıl cevap verileceği ve kişi ya da nesnelerin nasıl korunacağını önceden planlanması gerekmektedir. Aksi halde sağlıklı bir savunma stratejisi kurabilmek mümkün olmamaktadır (Stratejik Vizyon Belgesi, 2014). Hava Savunma kavramı ise, ülkenin egemenliğini sürdürebilmek için her türlü saldırıya karşı koyma ve ülkesini müdafaaada bulunmak için yapılan savunma faaliyetleridir. Hava savunma, devlet tarafından silahlı kuvvetler vasıtasıyla tüm vatandaşlar için yapılmaktadır. Hava savunma sanayi denilince devletin kendi güvenliği ve bekası için gerekli gördüğü savunma silah, araç ve gereçlerinin üretimini bünyesinde bulunduran endüstriyel sektördür. Askeri teknolojik araçlar, ülkenin ihtiyaç duyduğu teknolojik altyapı ve rakamsal yeterlilikle bağımsız olarak üretim yapılması ile gerçek gücünü ve yerini göstermektedir. Savunma sanayi şirketleri sürekli gelişen ve değişen küresel ihtiyaçlara cevap verme amacıyla ARGE faaliyetlerine önem vermek zorundadır (Baran, 2018). Savunma sanayi devlet kontrolü altında yapıldığından ilgili firmalar üretmek istedikleri envanterin her türlü özelliklerinde devlet onayına ihtiyaç duymaktadır.

Türkiye'nin 1952'de NATO'ya üye olmasıyla birlikte milli savunma sanayinde bir gerileme görülmüştür. Kıbrıs Barış Harekâtı ve yaşanan çeşitli siyasi gelişmeler ve silah ambargoları neticesinde ortaya çıkan sonuçlar ışığında Türkiye, silah ithalatında dünyada ilk yirmi ülke arasına girmiştir. 1976 yılında ilk savunma sanayi politikası yayımlanmıştır. 1980'den

itibaren başlayan savunma atılımlarında Türk Silahlı Kuvvetlerinin ihtiyaçları ana belirleyici etken olmuştur. 1985 yılında 3238 sayılı Kanun ile savunma sanayinin geliştirilmesi ve Türk Silahlı Kuvvetlerinin modernizasyonu amacıyla "Savunma Sanayiye Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı" kurulmuştur. 1989 yılında adı "Savunma Sanayi Müsteşarlığı" olarak değişmiştir. Genel görevleri arasında; devlet iştirakini düzenlemek, mali teşvikleri sağlamak, dış sermayenin katkısını sağlamak ve çıkan ürünlerin ihracatını yapmak sayılabilir (Baran, 2018).

Türk savunma sanayisinde 2001, 2008 ve 2009 ekonomik krizleri sonrasında yurtiçi alımlar azalmış, küçük ve orta ölçekli firmaların etkilendiği görülmüştür. Tüm bu olumsuzluklara rağmen, savunma sanayimiz güçlenerek büyümeye devam etmiş ve dışa bağımlılık oranlarının azaltılması sağlanmıştır. Yurt içi Ar-Ge faaliyetleri ile ürün ve tasarım projelerinin geliştirilmesiyle TSK ihtiyaçlarının yurt içinden karşılanma oranı 2003 yılında %25 iken, 2010 yılı sonunda %52,1'e, 2019 yılında ise %70'lere yükselmiştir. Geleceğe yön verecek ülkeler arasında yer almak için savunma sanayi teknolojilerinde bağımsız olmaya ve yoğun Ar-Ge faaliyetlerini sürdürmeye ihtiyacımız bulunmaktadır (Çetin, 2015).

### 4. Akıllı teknolojilerin havacılıktaki uygulamaları

Akıllı teknolojiler genel anlamda iletişim, yer belirleme ve sensör teknolojileri olarak anılmaktadır. Bu sistemler bugün radyo ve televizyonlara, kullandığımız cep telefonlarına ve bilgisayarlarımıza entegre edilen sistemlerdir (Nairat, 2015).

#### 4.1. Küresel konum belirleme sistemleri

Küresel konum belirleme sistemi (Global Positioning System-GPS) ilk olarak ABD Savunma Bakanlığı tarafından tasarlanmıştır. Bu sistem sayesinde elinde GPS cihazı bulunan bir kişi istediği anda istediği bir yerin konumunu hava şartlarından bağımsız olarak uydulardan alarak, görüntüleyip kullanabilmektedir. Bu sistemde devamlı olarak konum, zaman, hız ve rota bilgileri alınabilmektedir (Tufan, 2014; İçen, 2018; Nairat, 2015).

#### 4.2. Kablosuz ağlar (Wireless)

Kablosuz ağlar kısa veya uzun mesafelerde birbiriyle iletişim kurabilmek üzerine tasarlanmıştır. Kısa mesafeli ağlara PAN, Bluetooth, ZigBee, uzun mesafeli ağlara ise Wi-Fi ağını örnek olarak verebiliriz. Günümüzde hem mesafesi hem de ulaşımında kullanılması itibari ile en son karşımıza çıkan şebeke ise WIMAX ağıdır. Özellikle ulaşım araçları bu ağ çok daha hızlı bir iletişim sağlayarak istenen bilgiler elde edebilmektedir (Güngör ve ark., 2009; Nairat, 2015).

#### 4.3. Sesli komut sistemi

Doğrudan ses ile komut ve geri bildirim sistemleri ile pilotların havada iş yükü azaltılabilmektedir. Fly by voice veya voice command system adı verilen sesli komut sistemleri kullanılarak uçuş esnasında oldukça faydalı bir iş birliği sağlanabilir. Sesli komut sistemi ile pilot elini kumanda ve gaz kolundan çekmeden silah ve istasyon seçimi, uçuş kontrol modu seçimi, irtifa seçimi, seyrüsefer noktası seçimi, radyo kanal değişikliği, yakıt, silah ve yük durumu sorgulama gibi yirmiden fazla komut verilebilmektedir (Voice Command System, 2020).

#### 4.4. Kızılötesi iletişim (Infrared-IR)

Kızılötesi iletişim teknolojisi bugün karayollarında araçların yol bilgilerinin paylaşmalarında, hava tahminlerinde, gece görüşünde, yer tespitinde ve ayrıca takip amaçlı da kullanılmaktadır. Kızılötesi teknolojisi, kısa mesafeli iletişim aracı, elektronik kimlik tespiti ve gişelerdeki elektronik ödeme uygulamalarında da kullanılabilir (Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve Eki Eylem Planı, 2014). Havacılık sektöründe ise kızılötesi arama ve takip sistemi, pilotun çalışma kabiliyetini azaltılmış görünürlük koşulları altında artırma konusundaki ilgiyi artırmıştır (Agard, 1982).

#### 4.5. Algılama sensor teknolojisi

Algılama sensörleri sistem bileşenleri incelendiğinde; bir algılayıcı, alıcı ve verici, işlemci ve güç kaynağı karşımıza çıkmaktadır. Bu sistemler genel olarak hava durumu sensörleri ve çevre algılama sensörleri olarak çeşitlendirilebilir.

Hava durumu sensörleri ile atmosfer basıncındaki değişiklik kullanılarak havanın sıcaklığı, nemi, çığ noktası, rüzgârın yönü ve

şiddeti ölçülebilmektedir. Otomatik Terminal Bilgi Servisi (Automatic Terminal Information Service-ATIS) hava durumu bilgileri, aktif pistler, mevcut yaklaşımlar, Notam ve pilotların ihtiyaç duyduğu diğer bilgiler gibi temel bilgileri sürekli yayınlanmaktadır. Pilotlar, kontrolörlerin iş yükünü azaltmak ve uçuşlarını hazırlamak için yerel hava trafik kontrol cihazıyla iletişim kurmadan önce ATIS yayın bilgilerini dinler ve bilgi sahibi olurlar (Airman's Information Manual, 1994). Hava ile ilgili diğer bir sistemde buz önleyici (Anti-Ice) sistemidir. Caution panelinde bulunan Inlet Icing uyarı ışığı, giriş buz algılayıcısı tarafından bir buz birikimi algılandığında veya bir algılama sistemi arızası meydana geldiğinde pilotu bilgilendirmektedir (T.O. GR1F16CJ1, Flight Manual Haf Series Aircraft F16c/d blocks 50 and 52+, 2003).

Çevre algılayıcı sistemlerinin amacı genel olarak fiziki çevre güvenliğidir. Bu sistemler ile daha önceden belirlenen bir alana izinli ya da izinsiz giren/girmeye çalışan birini veya nesneyi tespit edip monitörler vasıtası ile izlenebilmesini sağlamaktadır. Çevre algılama sistemlerinden Öngörülen Yere Çarpma Önleme Sistemi (Predictive Ground Collision Avoidance System-PGCAS), ile iki boyutlu arazi engeli profili geliştirerek uçağın rotası üzerinde bulunan arazi ve engeller için doğru ve zamanında tavsiyelerin oluşturulmasını sağlar (Billingsley ve ark., 2001). Diğer bir algılama sisteme ise sabit ve döner kanatlı hava platformlarını, kızıl ötesi füzelere karşı korumak için kullanılan füze ikaz sistemidir (Missile Warning System-MWS). Füze ikaz sistemleri, askeri bir platforma fırlatılmış olan güdümlü füzeleri tespit ederek platform operatörünü uyaran platform koruma sistemleridir. Yaygın olarak, askeri hava platformlarının korunmasında kullanılırlar ve radar ikaz alıcıları gibi yalnızca radar güdümlü değil, platforma yönelik her türlü füzeyi tespit edebilirler. Elektro-Optik füze ikaz alıcıları, kızıl ötesi ya da mor ötesi bantlardaki algılayıcıları kullanarak füzenin egzoz alevi dışında kalan, füzeye benzer izsel karakteristiklere sahip nesnelere de algılayabilme yeteneğine sahiptirler (Salman, 2009). Benzer bir diğer yardımcı sistem olan radar ikaz alıcısı (Radar Warning Receiver-RWR) sisteminde uçağın dış kısımlarının etrafına yerleştirilmiş çok sayıda anten vardır. Bu çok geniş bantlı antenler, radarların radyo

emisyonlarını dinler ve pilotun sinyale bir yön ve mesafesini göstermek için bir kokpit ekranı kullanır. Bazı güçlü RWR'ler hangi dalga biçiminin bir radar yaydığını ve radarın kaynağını tespit yeteneğine sahiptirler (Brown, 2014).

Bu sistemlerle üstesinden gelinemeyen önemli bir operasyonel sorun, çatışmaya katılan uçaklar arasında yüksek bütünlüklü bir iletişim bağlantısı gerektiren çelişkili olmayan, tamamlayıcı kaçınma manevralarına ihtiyaç duyulmasıdır. Bu ihtiyaca, trafik çarpışma önleme sistemi (Traffic Collision Avoidance System-TCAS), kara tabanlı hava trafik kontrol sisteminden bağımsız olarak çalışan ve çok çeşitli uçak tipleri için çarpışmadan kaçınma koruması sağlayan, havadaki cihaz ailesi çözüm olarak kullanılmaktadır. Tüm TCAS sistemleri bir dereceye kadar çarpışma tehdidi uyarısı ve trafik gösterimi sağlar (Introduction to TCAS II, Version 7.1, 2011).

##### 5. Türkiye'de ve dünyada meydana gelen kazalar ve değerlendirmesi

Havacılık sektörünün gittikçe daha büyük ve karmaşık bir hal alması, uçuş ve yer emniyeti güvenliğinin sağlanmasını zorlaştırmaktadır. Hava aracı sisteminin mekanik, insan ve teknoloji bileşenlerinin aksaklık göstermesi veya arıza yapması sonucunda meydana gelen olaylar havacılık kazaları olarak adlandırılmaktadır. Havacılık kazalarının temelinde pilotaj hatası, sistem hatası, hava koşulları gibi birçok neden bulunmaktadır (Şen, 2020).

Türkiye'de 1955-2003 yılları arasında 562 sivil havacılık kazası meydana gelmiş ve bu kazaların 237'sinde en az bir ölüm veya yaralanma oluşmuştur. 2004-2011 yılları arasında ise 206 uçak kazası meydana gelmiştir. Uçak kazaları, uçak, ortam, yöntem ve insan faktörleriyle açıklanabilir. Sisteminin çeşitli bileşenlerinde meydana gelen önemli arızalara bağlı olarak diğer bileşenlerinde bozulması, kötü meteorolojik koşullar kazaya neden olabilmektedir. Uçak-Havacılık-Uzay mühendisliği meslek dalı ana komisyonunca gerçekleştirilen araştırmaya göre uçak kazaları nedenleri incelendiğinde %56 uçuş ekibi, %17 uçak tipi, %13 hava koşulları, %4 bakım ve onarım, %4 havaalanı/ hava trafik kontrolleri ve %6 diğer faktörlerden kaynaklı olduğu belirtilmektedir (İstatistiklerle Hava Taşımacılığı Kazaları, 2012). Yeni nesil uçaklar sahip oldukları GPS sistemi ile hedefi çok hassas tayin edebilmekte, JDAM/JSOW/GBU gibi akıllı mühimmatlar ile en kötü hava şartlarında bile bilgisayarlar hesaplamalarıyla nokta atışı görevler yapabilmektedirler. Daha önce savaş uçakları hava muharebesinde sadece topla diğer uçağı vurmaya çalışırken yeni nesil savaş uçakları akıllı teknolojilerden Kızılötesi (IR) veya radarlar yardımıyla çok uzaktan düşman uçağına angaje olabilmektedirler. Bu sayede başarı yüzdeleri büyük oranda artmıştır. Tablo 1'de hava araçlarının yaşadığı kazalar, kaza sebepleri ve günümüzde bu kazaların önlenmesi için gerekli akıllı teknolojilerin değerlendirilmesi verilmiştir (Timeline of Aircraft Accidents, 2020).

**Tablo 1: Akıllı Teknolojiler Açısından Uçak Kazaları Değerlendirilmesi**

Yıl	Uçak	Kaza sebebi	Akıllı teknolojiler ile çözümlenmeleri
1912	Bleriot	Pilotların sabah pus sebebiyle birbirlerini görememeleri	Uçaklarda bulunan radarlar, data linkler, TCAS gibi çarpışmayı önleyici sistemler ile iki uçak birbirini çıplak gözle göremediğinde dahi hava resmine farkındalık sağlayabilmektedirler.
1913	Maurice Farman MF.7	Yerden gelen ateş ile vuruldu	RWR sistemleri yerden atılabilecek top, füze gibi sistemleri tespit edebilmekte ve hangi sektörden atış yapıldığını pilota gösterebilmektedir.
1914	Burgees D-1	200 feetten suya çarptı	PGCAS sistemi uçağın yere çarpma ihtimalini değerlendirerek pilota sesli ve görsel uyarı vermektedir.

**Tablo 1 (Devamı): Akıllı Teknolojiler Açısından Uçak Kazaları Değerlendirilmesi**

1920	Handley Pages/O-400	Uçak puslu bir havada alçaktan uçtuğu için bir ağaca ve evin duvarına çarpmıştır.	ATIS sistemleri ile anlık hava durumu alınabilmekte, GPS ve INS sistemleri sayesinde de alternatif uçuş yolları oluşturulabilmektedir.
1947	Douglas DC-6	Yakıt transfer ünitesinin tasarım hatası sebebiyle uçak, yakıtsız kalması sebebiyle düşmüştür.	Uçak tasarım aşamalarında Matlab, Phyton gibi yazılım ve simülasyon programları kullanılarak tasarım hatalarının önüne geçilmektedir. Ayrıca uçakta bulunan ikaz sensörleri yakıtın belli bir seviye altına düşmesi ile pilotu bilgilendirmektedir.
1959	Avro Super Trader IV	Uçak şiddetli rüzgâr sebebiyle rotasından sapmış ve Süphan Dağına çarpmıştır.	AWOS ve ATIS gibi sistemler ile meteoroloji bilgisi alınabilmekte, GPS ile otomatik rüzgâr düzeltmesi yapılabilmekte, uçağın kaç derece rotadan saptığı gözlenebilmektedir.
1983	Boeing 747	Alaska'dan kalkan uçak Seul rotasındayken rotadan çıkarak Sovyet hava sahasına yanlışlıkla girmiş ve Rus savaş uçakları tarafından düşürülmüştür.	Gelişen GPS ve INS sistemleri ile istenilen rota uçulabilmekte ayrıca herhangi bir şekilde telsiz teması kurulamadan rotadan çıkılması durumunda IFF sistemleri ile uçak ile ilgili arıza, kaybolma, kaçırılma gibi komutlar diğer hava ünitelerine gönderilebilmektedir.
1996	Boeing747-İlyushin 76	Uçaklar havada çarpıştılar.	TCAS sistemleri ile rota üzerinde bir hava aracı varsa pilotlar uyarılmakta, radarlar tarafından uçaklar anlık olarak yer ünitelerinden takip edilebilmektedir.
2003	BAE AVRO 146 RJ -100	Uçuş Ekibi tarafından, 2800 ft irtifada minimum alçalma irtifasına (MDA) gelinmesine ve yaklaşma ışıkları veya pistin görülememesine rağmen inişte ısrarcı davranılmış ve uçak araziye çarparak düşmüştür.	ILS, MLS gibi aletli iniş sistemleri ile pilotlara inişte alçalma hattı görülebilmekte, eğer pist görüşü yoksa uçağa bağlanabilen yedek meydan yakıtı ile pilot ikaz edilerek zamanında uygun bir meydana divert edilebilmektedir. Ayrıca uçak bilgisayarı tarafından en az yakıt harcayacak gaz kolu rejimi ve irtifa/sürat bilgisi pilota bildirilebilmektedir.
2006	Tu-154	10000 feet yükseklikte oraj ve türbülans sonucu uçak hakimiyeti kaybedilerek uçak düştü. Automated Weather Observing System-AWOS adı verilen hava gözlem sistemleri ile pilotlar uçuş öncesinde ve uçuş esnasında uçtukları rota üzerindeki hava olaylarını öğrenebilmekte, ayrıca sahip oldukları radarlar ile uçuş yolunda herhangi bir bulut/oraj oluşumu olup olmadığını inceleyebilmektedirler.	10000 feet yükseklikte oraj ve türbülans sonucu uçak hakimiyeti kaybedilerek uçak düştü. Automated Weather Observing System-AWOS adı verilen hava gözlem sistemleri ile pilotlar uçuş öncesinde ve uçuş esnasında uçtukları rota üzerindeki hava olaylarını öğrenebilmekte, ayrıca sahip oldukları radarlar ile uçuş yolunda herhangi bir bulut/oraj oluşumu olup olmadığını inceleyebilmektedirler.

**Tablo 1 (Devamı): Akıllı Teknolojiler Açısından Uçak Kazaları Değerlendirilmesi**

2015	Cessna C150	Shaw Askeri Hava Üssü'nden kalkan F-16 ile Cessna C 150 tipi özel uçak Charleston kentinin kuzeyinde çarpıştı.	TCAS sistemleri ile rota üzerinde bir hava aracı varsa pilotlar uyarılmakta, radarlar tarafından uçaklar anlık olarak yer ünitelerinden takip edilebilmektedir.
2016	Viking Air-built DHC-6	Nepal Myagdi sınırında oraja girmiş ve dağa çarpmıştır. 23kişi hayatını kaybetmiştir.	Radarlar vasıtasıyla rota üzerinde oraj taraması yapılarak gerektiğinde rota değiştirilerek emniyetle uçuş yapılabilmektedir.
2017	Boeing 747-400F	Yoğun sis ve görüşün 30 m olarak rapor edildiği Kırgızistan'ın Bişkek meydanına inmeye çalışan kargo uçağı yerleşim bölgesine çarptı. 4 mürettebat ve 35 kişi hayatını kaybetti.	AWOS/ATIS sistemleri vasıtasıyla gerekli meteorolojik bilgiler daha dikkatli dinlenip, ILS sistemi hassas şekilde kullanılarak emniyetli bir iniş yapılabilmektedir.
2018	Beechcraft C90 King Air	Mumbai Jagrui Nagar bölgesine pilotun durumsal farkındalığını kaybetmesi sebebiyle düştü.	Durumsal farkındalık için Head-Up üzerinde durum çizgileri aşağı veya yukarı yönlü olarak görülmekte, otopilot sistemleri herhangi bir oryantasyon kaybında kullanılarak düz uçuşu sağlayabilmektedir.
2019	Havilland Canada DHC-3	İlgili uçak Alaska George Inlet bölgesinde DHC-2 tipinde bir uçakla çarpışmıştır.	TCAS sistemleri ile rota üzerinde bir hava aracı varsa pilotlar uyarılmakta, radarlar tarafından uçaklar anlık olarak yer ünitelerinden takip edilebilmektedir.
2020	Boeing 737-800	İran-Kiev arası uçuş yapan Ukrayna'ya ait uçak İran tarafından vuruldu. 176 kişi hayatını kaybetti.	RWR sistemleri ile kilit atılan yerden havaya sistemler görülebilmekte, DASS sisteminin bir parçası olan chaff ve flare gibi yardımcıları atılan füzelerden kurtulma şansı oluşmaktadır.

Tablodaki örnekler de gösteriyor ki, akıllı teknolojilerin eksikliği hem uçakların hem de pilot ve yolcuların kaybıyla sonuçlanmıştır. Bu noktada, akıllı teknolojiler sayesinde uçak, hava koşulları ve hava trafik gibi konularda kaza oranları düşmekte ancak insan faktörü ciddiye alınmalıdır (Boeing, 2020).

## 6. Tartışma ve bulgular

Gelişen teknoloji ile zamana bağlı olarak kazalarda insan faktörünün etkisi halen geçerliliğini korumakta ve sistemlerin akıllı hale getirilmesi ile sistemsel hatalar azalırken insan kaynaklı hataların arttığı görülmektedir (Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents Worldwide Operations, 2020). Tablo 1'de incelenen sivil ve askeri uçak kazaları akıllı teknolojilerin katkısı göz önüne alınarak değerlendirildiğinde akıllı teknolojiler

ile birçok kazanın önüne geçilebileceği ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu kazalar incelenmiş ve mekanik ve insan kaynaklı sebepler göz ardı edildiğinde, akıllı teknolojilerden TCAS/PGCAS ile uçakların havada birbirini görmeden çarpışma ihtimali veya rotada bir dağa çarpma ortadan kalkabileceği, ATIS/AWOS/Radar gibi sistemlerle uçuş rotası veya gidilecek meydanın hava şartlarının önceden fark edilebileceği, Anti-Icing sistemiyle buzlanmaların önlenilebileceği, ILS gibi aletli alçalma sistemleri ile de yaklaşma esnasında ağaca veya piste çarpma ihtimalinin de azalacağı değerlendirilmiştir.

1920 ile 1970 yılları arasındaki sivil uçak kazaları incelenmiş ve can veya uçak kaybı yaşanan toplam 410 kazanın yaşandığı raporlanmıştır. Bu kazalar akıllı teknolojiler açısından irdelendiğinde; havada bir dağa veya

başka bir uçağa çarpmaya bağlı kazalar toplam kazaların %9,5'ini, meteorolojik şartlara bağlı kazalar %8,5'ini, yaklaşma ve iniş esnasında oluşan kazalar ise %12'sini oluşturduğu görülmüştür. Bahsedilen akıllı teknolojilerin eksikliği sebebiyle kazaların olma ihtimali göz önüne alındığında, akıllı teknoloji eksikliği sebebiyle oluşan kazaların toplam kazaların %30'unu oluşturduğu görülmüştür. İnsan faktörü göz ardı edilerek bahsedilen akıllı teknolojiler ile bu kazaların olmama ihtimali varsayıldığında o yıllarda kaza oranlarında %30'luk bir azalma olması ve hepsinden önemlisi yüzlerce can kaybının önüne geçilebileceği değerlendirilmektedir (Timeline of Aircraft Accidents,2020).

## 7. Öneriler

Pilotların yoğun uçuş ortamlarında farkındalık ve karar verme kabiliyeti, uçuculuk konusunda daha gelişmiş içgüdülere sahip olsalar da azalabilmektedir. Bu durum insan ve uçak kaybına sebep olan kazaların oluşmasına neden olabilmektedir. Bu sebeple, hatanın en aza indirilmesi amacıyla uçaklara çeşitli sensör ve sistemler entegre edilmiştir. Bu sistemler arasında, düşman uçağını ve yerden havaya atılan füze sistemlerini gösterebilen RWR, atılan füzeyi ikaz eden MWS, yere veya karşıdaki bir engele çarpmayı engelleyen PGCAS ve TCAS, ses ile komut sağlayan Voice Command System sayılabilmektedir. Bu teknolojiler vasıtasıyla daha güvenli ve daha efektif bir uçuş imkânı sağlanmış olmaktadır.

Günümüzde sahip olunan teknolojik bilgi seviyesine göre silahların niceliği değil niteliği önem arz etmektedir. Karmaşık ve ileri teknolojiler ile yapay zekâ kullanımına başlayan gelişmiş ülkeler son dönemde daha kritik bir pozisyon almışlardır. Bu teknolojileri kullanan ülkeler, savunma ihtiyacının karşılanmasında verimli ve düşük maliyetli çözümler yardımıyla tek hava platformu ile birçok görevi tek başına yapabilecek teknolojik donanımına sahip olabilmektedirler. Ortaya çıkan yeni teknolojiler ve bu teknolojilerin yapay zekâ ile entegrasyonu başarılı uygulamaların oluşmasını sağlayacaktır. Bu gelişmeler ve değişimler hayatımızın her alanını baştan sona etkileyecek ve kolaylaştıracaktır. Bugün savunma sanayinde, yapay zekâ alanında ilerlemek çağı yakalayabilmek ve küresel ekonomide söz sahibi olabilmek son derece önem taşımaktadır. Artık kablosuz ağlar

yardımla F-16 uçakları uzaktan kontrol edilebilmekte, insansız hava araçlarına yapay zekâ modellemesi ile hedef tespiti, teşhisi ve imhası yapılabilmekte, havada karşılaştığı problemlere kendi başına çözümler üretebilmektedir.

Japonya, Çin, Avustralya ve ABD askeri havacılıkta yönünü stealth teknolojisine sahip, yapay zekâ kullanan İnsansız Hava Araçlarına (İHA) çevirmiştir. Bu araçlar A-400 M gibi taşıyıcı platformlardan istenilen noktadan atılabilecek ve uzaktan kontrol edilebilecektir. Hem yerden hem de sistem komutanı olarak görev yapacak insanlı bir uçaktan İHA'lar yönlendirilebilecektir. Yapay zekâyâ sahip olan bu İHA'ların eğitimleri 2019 yılının mart ayında başlatılmış olup bu makinaların öğrenmeleri asla durmayacaktır. 2023 yılında aktif göreve başlaması planlanan XB-58'ler, öğrendikleri ve görüntüledikleri tüm bilgileri anlık olarak data linkler vasıtasıyla kara, deniz ve havadaki tüm platformlara iletebileceklerdir. Bu kapsamda ABD F-15-E (X)'leri ile F-35'lerini sisteme entegre etme çalışmalarına başlamıştır. Şu an yarı-otonom olarak görev yapabilme kabiliyeti olan XB-58'lerin yakın zamanda tam otonom hale gelebilmesi için çalışmalar yürütülmektedir.

Yapay zekâ teknolojisi ve İHA konsepti ile savaş stratejileri tamamen değişecektir. Türkiye için ise bu ölçüde milli İHA ve SİHA konseptinin akıllı hale getirilip data linkler vasıtasıyla müşterek bilgi akışı içerisinde hareket edebilmeleri önem taşımaktadır. Bu kapsamda savunma sanayi Türkiye'nin bulunduğu jeopolitik konum sebebiyle çok daha önemli bir hal almaktadır. Çünkü caydırıcılık temelde sahip olunan ekonomik güç ve savunma sanayinin gücü ile doğru orantılıdır. Aynı zamanda bu iki kavram da birbiri ile orantılı gözükmemektedir. Uluslararası arenadaki güçlü devletlere bakıldığında güçlü savunma sanayisi olan devletlerin aynı zamanda da güçlü birer ekonomiye sahip oldukları ortadadır. Bu çerçevede Türkiye'nin savunma havacılığı yol haritasında; savunma stratejilerini bir üst seviyeye çıkarabilecek yapı ve teknolojileri yerli ve milli imkanlarla üretmek, bu teknolojileri üretebilecek insan gücü ve tesislere destek vermek ve bu konuda yeni yetişen nesli bilinçli bir şekilde milli üretime ve onun uzantılarına teşvik etmek yer almaktadır. İşte dünyadaki gelişmiş ülkelerin sahip olduğu bu veya buna benzer yapay zekâ teknolojilerini



sahip olmak için belirli bir vizyon ile çalışmak Türkiye'nin geleceği açısından çok önemlidir. Bu sebeple savunma sanayi ve yapay zekânın eksenini oluşturan başta matematik, matematiksel modelleme, fizik, uzay, bilgisayar ve yapay zekâ algoritmaları yazabilecekleri programlama alanında olmak üzere her alanda yetişmiş insan gücüne ihtiyaç bulunmaktadır.

### Kaynaklar

**Agard.** (1982). Advanced Avionics and the Military Aircraft Man-Machine Interface. Advisory Group for Aerospace Research and Development: *AGARD conference proceedings*, NATO No. 329

**Airman's Information Manual.** (1994). *US FAA*. Erişim: 28 Nisan 2020, [https://www.faa.gov/air\\_traffic/publications/media/AIM\\_Basic\\_dtd\\_10-12-17.pdf](https://www.faa.gov/air_traffic/publications/media/AIM_Basic_dtd_10-12-17.pdf)

**Baran, T.** (2018). Türkiye'de Savunma Sanayi Sektörünün İncelenmesi ve Savunma Sanayi Sektörü Harcamalarının Ekonomi Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi. *Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Sayı 4, Cilt 2, sy. 58-81

**Billingsley, G., Kucher, J. K., Jacobson, S. W.** (2001). Head-Up Display Symbolology for Ground Collision Avoidance. *The International Journal of Aviation Psychology*, Vol. 11, Iss. 1, pp. 33-51

**Brown, S.** (2014). Phobos: The design and implementation of embedded software for a low cost radar warning receiver. PhD Thesis. University of Glasgow

**Chung, S. H., Ma, H. L., Hansen, M., Choi, T. M.** (2020). Data science and analytics in aviation, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 134, 1-7.

**Çetin, S.** (2015). Türk Savunma Sanayi Gelişimi İçin Hızlandırılmış Teknoloji İstihbarat Yöntemi:Trız, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Dou, X. (2020). Big data and smart aviation information management system, *Cogent Business & Management*, 7 (1), 1-14.

**ECP 1885R1.** (1998). *Scribd*. Erişim: 10 Mayıs 2020, <https://www.scribd.com/doc/2326267/F-16-MLU-Manual-Part-1#download>

**Güneş, A., Çevik İ.** (2017). Kabin Memuru Yönetim Sistemi Mobil Uygulaması, *International Journal of Innovative Engineering Applications*, Cilt 1, No 2, sy 1-4.

**Güngör, M., Tekin, M. A., Yılmaz, R.** (2009). WİMAX: Diğer Geniş bant Telsiz Erişim (GTE) Teknolojileri ile Karşılaştırılması, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu Sektörel Araştırma ve Stratejiler Dairesi Başkanlığı, Ankara.

**Introduction to TCAS II, Version 7.1.** (2011). *US FAA*. (2011). Erişim: 28 Nisan 2020, [https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory\\_Circular/TCAS%20II%20V7.1%20Intro%20booklet.pdf](https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/TCAS%20II%20V7.1%20Intro%20booklet.pdf)

**İçen, E.** (2018). Küresel ve Bölgesel Konumlama Sistemleri, Teknolojileri ve Uygulamaları, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Uzmanlığı Tezi, Ankara.

**İstatistiklerle Hava Taşımacılığı Kazaları.** (t.y.). *TMMOB Makine Mühendisleri Odası Uçak – Havacılık – Uzay Mühendisliği Meslek Dalı Ana Komisyonu*, Cilt: 48 Sayı: 566. Erişim: 12 Nisan 2020, [https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/8997733ec258a9f\\_ek.pdf](https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/8997733ec258a9f_ek.pdf)

**Kaya, İ. S.** (2016). Chicago Sözleşmelerinin Uluslararası Hukuk Açısından Değerlendirilmesi. *İnönü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi* Cilt:7 Sayı:2, sy. 187-200.

**Korul, V., Küçükönel, H.** (2003). Türk Sivil Havacılık Sisteminin Yapısal Analizi, *Ege Akademik Bakış Dergisi*, Cilt 3, Sayı 1, sy 24-38.

**Makoto, H. A., Juliette, B.** (2019). A Conceptual Framework for Breakthrough Technologies, in *Proceedings of the 22nd International Conference on Engineering Design (ICED19)*, Delft, The Netherlands,

**M1 The Pilot's Guide to new capabilities& cockpit enhancements F333657-90-C-2233**

**Nairat, R.** (2015). Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Filistin-Ramallah'ta Uygulanabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Polis Akademisi Güvenlik Bilimler Enstitüsü, Ankara.

**Salman, M.** (2009). Füze İkaz Alıcılarında Hedef Tespiti İçin Bilgisayarla Görme Yaklaşımları, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

**SGHM.** (2020). *SGHM*. Erişim: 15 Mayıs 2020, <http://web.shgm.gov.tr/tr/kurumsal/1--tarihce>.

**Sharma, K., Srinivas, G.** (2020). Flying smart: Smart materials used in aviation industry, *Materials Today: Proceedings* 27, 244–250

**Stratejik Vizyon Belgesi.** (2014). *TASAM Millî Savunma ve Güvenlik Enstitüsü*. Erişim: 10 Mayıs 2020, [https://tasam.org/Files/Icerik/File/Milli\\_Savunma\\_ve\\_G%C3%BCvenlikEns tit%C3%BCs%C3%BC.pdf\\_873c50e3-6e66-4515-91d6-3c7207597777.pdf](https://tasam.org/Files/Icerik/File/Milli_Savunma_ve_G%C3%BCvenlikEns tit%C3%BCs%C3%BC.pdf_873c50e3-6e66-4515-91d6-3c7207597777.pdf)

**Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents Worldwide Operations.** (t.y.). *Boeing*. Erişim: 10 Mayıs 2020, [https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/company/about\\_bca/pdf/statsum.pdf](https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/company/about_bca/pdf/statsum.pdf)

**Şen, M.** (2020). Havacılıkta Kullanılan Akıllı Teknolojilerin Performans Değerlendirmesi ve Gelecek Önerileri, Yüksek Lisans Tezi, Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi, Balıkesir.

**Tikhonov, A. I., Sazonov, A. A., Novikov, S. V.** (2019). Digital Aviation Industry in Russia, *Russian Engineering Research*, 39(4), 349–353.

**Timeline of Aircraft Accidents.** (t.y.). *Wikipedia*. Erişim: 10 Mayıs 2020, [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_accidents\\_and\\_incidents\\_involving\\_commercial\\_aircraft](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_accidents_and_incidents_involving_commercial_aircraft)

**T.O. GR1F16CJ1, Flight Manual Haf Series Aircraft F16 C/D Blocks 50 and 52+ Lockheed Martin Corporation.** (2003). *Publicintelligence*. Erişim: 22 Nisan 2020, <https://info.publicintelligence.net/haf-f16.pdf>

**Tufan, H.** (2014). Akıllı Ulaşım Sistemleri Uygulamaları ve Türkiye İçin Bir Akıllı Teknolojiler Mimarisi Önerisi, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Ulaştırma ve Haberleşme Uzmanlığı Tezi, Ankara.

**Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve Eki Eylem Planı.** (2014). *T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı*. Erişim: 05 Mayıs 2020, <http://www.sp.gov.tr>

[/upload/xSPTemelBelge/files/rJ6g4+Ulusal\\_AkilliUlasim\\_Sistemleri\\_Strateji\\_Belgesi\\_2014-2023\\_ve\\_Eki\\_Eylem\\_Plani\\_2014-2016\\_.pdf](/upload/xSPTemelBelge/files/rJ6g4+Ulusal_AkilliUlasim_Sistemleri_Strateji_Belgesi_2014-2023_ve_Eki_Eylem_Plani_2014-2016_.pdf)

**Voice Command System.** (t.y.). Youtube. Erişim: 17 Mayıs 2020, <https://www.youtube.com/watch?v=Jsi6ukXg9as>

**2920 Sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunu.** (1983). *T.C. Resmî Gazete*, 18196, 14 Ekim 1983

**3238 Sayılı Savunma Sanayi ile İlgili Bazı Düzenlemeler Hakkında Kanun.** (1985). *T.C. Resmî Gazete*, 18927, 07 Kasım 1985