



## Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/tiha>

e-ISSN 2687-6094



### İnsansız Hava Araçları (İHA) Tehditleri ve Güvenlik Yönetimi

Yusuf Mutlu GENÇ<sup>1</sup>, Erdem ERCİYES<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup> Jandarma Genel Komutanlığı Strateji Başkanlığı, Ankara, Türkiye

#### Anahtar Kelimeler

İnsansız hava araçları  
İnsansız hava aracı tehditleri  
İnsansız hava aracı tedbirleri  
Güvenlik yönetimi  
Savunma yönetimi

#### ÖZ

Dünyanın 11 Eylül 2001'den sonra yaşadığı büyük güvenlik travması sonrasında yaşanabilecek yeni güvenlik tehditlerine karşı proaktif olarak geliştirilecek çalışmalar her geçen gün önem kazanmaktadır. Bu kapsamda bu çalışmada insansız hava araçlarının (İHA) (İHA0 ve İHA1 sınıfındaki) kamu güvenliğine yönelik yarattığı potansiyel tehditler ile bunun karşılığında alınan ve alınabilecek tedbirler incelenmektedir. Bu inceleme nitel bir araştırma yöntemi benimsenerek keşifsel bir araştırma yapılmaktadır. Çalışmada insansız hava araçları ile ilgili mevzuatta ve güvenlik yönetimi alanlarında kapsamlı düzenleme yapılması ihtiyacı ortaya konulmaktadır. Ayrıca güvenliğin ulusal ve uluslararası aktörleriyle bilgi akışı sağlayabilecek İHA'ları tespit, teşhis, izleme ve etkisiz hale getirebilecek hava savunma sistemi kurulması gelecekte yapılacak çalışmalarda öncelikli çalışma olması gerektiği vurgulanmaktadır.

### Threats of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) and Security Management

#### Keywords

Unmanned aerial vehicles  
Threats of unmanned aerial vehicles  
Countermeasures of unmanned aerial vehicles  
Security management defence management

#### ABSTRACT

After the security trauma the world experienced after September 11, 2001, the studies to be developed proactively against the new security threats that may be experienced gain importance day by day. In this context, this study examines the potential threats posed by unmanned aerial vehicles (UAV) (UAV0 and UAV1 class) to public security and the measures taken and can be taken in return. This examination is carried out through an exploratory research by adopting a qualitative research method. The need for a comprehensive regulation in area of the legislation and security management on unmanned aerial vehicles is put forward in the study. In addition, it is emphasized that establishing an air defence system which can detect, diagnose, monitor and counteract UAVs and can provide information flow with national and international actors of security should be the priority work in the future researches.

\*Sorumlu Yazar (\*Corresponding Author)

([erdemerciyesh@yahoo.com](mailto:erdemerciyesh@yahoo.com)), ORCID ID 0000-0002-7842-0967.  
([yusufgenc@gmail.com](mailto:yusufgenc@gmail.com)) ORCID ID 0000-0002-8552-9661

Cite this article (APA);

Genç Y M & Erçiyesh E (2020). İnsansız hava araçları (İHA) tehditleri ve güvenlik yönetimi. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 2(2), 36-42.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde güvenlik ortamının en önemli alanlarından birini insansız hava araçları oluşturmaktadır. Türk Dil Kurumu Güncel Türkçe Sözlüğüne (2020) göre insansız araç: “Belirli bir bölgenin güvenlik açısından gözetilmesi ve denetlenmesi amacıyla gerekli araçlarla donatılmış, uzaktan yönetilerek uçurulan araç” olarak tanımlanmaktadır. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (2020) ise insansız hava aracını (İHA): “İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin (İHAS) bir bileşeni olarak işletilen, aerodinamik kuvvetler aracılığıyla sürekli uçuş yapma yeteneğinde olan, üzerinde pilot bulunmaksızın uzaktan İHA pilotu tarafından kontrol edilerek veya otonom operasyonu İHA pilotu tarafından planlanarak uçurulan ya da havada kalabilen hava aracı” şeklinde tanımlamaktadır. Bu çalışmada, İHA tabirinden içinde pilot bulunmadan uçabilen tüm hava araçları anlaşılmalıdır.

Teknolojinin gelişmesiyle doğru orantılı olarak farklı çeşitlerde İHA’lar üretilmeye başlanmıştır. Bu çeşitlilik pratik gereklilikler bakımından İHA’ları sınıflandırma ihtiyacı doğurmuştur. İHA sınıflandırmasında en yaygın kullanılan yöntem, araçları ağırlıklarına göre sınıflandırmaktır. Nitekim Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (2020) azami kalkış ağırlıkları referans alarak İHA’ları dört ayrı sınıfa ayırmaktadır:

- İHA0: Azami kalkış ağırlığı 500 gr (dâhil) – 4 kg aralığı,
- İHA1: Azami kalkış ağırlığı 4 kg (dâhil) – 25 kg aralığı
- İHA2: Azami kalkış ağırlığı 25 kg (dâhil) – 150 kg aralığı,
- İHA3: Azami kalkış ağırlığı 150 kg (dâhil) ve daha fazla olan İHA’lar.

Dünyadaki İHA sınıflandırmasına bakıldığında ABD, Kanada, AB, İngiltere, Çin, Hindistan, Malezya, Japonya ve Rusya mevzuatlarında da ufak tefek farklılıklarla beraber benzer düzenlemelerin olduğu görülmektedir. Kanada, Malezya, İngiltere gibi ülkeler İHA1 üst sınıfını 20 kilogram kabul etmektedirler (Hassanalien & Abdelkefi, 2017).

İHA’ların gün geçtikçe daha ucuz, daha küçük ve daha gelişmiş/kabiliyetli hale gelmesiyle devletlerin yanında devlet dışı aktörler de İHA’lara ciddi yatırım yapmaya başlamıştır. İHA’lar, askeri ve ticari alanlarda sağladıkları teknolojik imkânlarla karşılık kötü niyetli kişilerin elinde tehdit oluşturmaya da başlamıştır. Güvenlik açısından bakıldığında; İHA’ların özellikle asimetrik çatışmalarda öne çıktığı görülmektedir. Terör örgütleri gibi devlet dışı aktörler, yapılarında bulunan “yeniliklere çok kolay uyum sağlama” yetenekleriyle, mücadelenin gidişatını etkileyebilecek ölçüde yeni teknolojiler kullanmaktadırlar. Suriye ve Irak’taki çatışmalarda, en yoksul kabul edilen aktörler bile muharebe sahasına havadan etki edebilecek ölçüde İHA kullanmaktadır. Örneğin DEAŞ (Devlet-Al-İslamiya Fil Irak Wel Şam- Irak ve Şam Devleti), bomba yüklü araçları hedeflerine daha doğru yönlendirmek için İHA’lardan faydalanmaktadır (Balkan, 2019). Sadece Batı Musul operasyonunun ilk iki gününde DEAŞ tarafından 125 İHA saldırısı gerçekleştirilmiştir (Sisk, 2017).

Suriye’de iki Rus askeri üssüne (Hmeymim ve Tarsus) Ocak 2018’de eşgüdümlü sürü İHA saldırıları

düzenlemiştir. Ruslar saldırıların planlama ve icrasının karmaşıklık gerektirmesi sebebiyle arkasında ABD’nin olduğunu iddia etmiştir (Rempfer, 2018). Saldırı nihayetinde başarısız olmuş olsa da dünya genelinde çatışmalarda İHA kullanılmasının etkili bir örneğini teşkil etmektedir. Ayrıca Almanya’da düzenlenen bir açık hava mitinginde Angela Merkel’in yakınında bir İHA’nın uçurulması, güvenliğin en üst seviyede olduğu Washington’daki Beyaz Saray’a bir İHA’nın düşmesi, Sırbistan ile Arnavutluk arasında milli maç oynanırken sahanın ortasına İHA inmesi (Gambuzzi, 2019), İHA’ların yasak eşyaları cezaevlerine sokmak veya kaçakçılık amaçlı kullanılması, son teknoloji hava savunma sistemleriyle korunan kritik tesisler üzerinde İHA’ların görülmesi ve Eylül 2019 tarihinde Suudi ARAMCO petrol tesislerine yapılan sürü İHA ve füze saldırısı (Kumar, 2019) İHA’ların yarattığı güvenlik tehdidine ilişkin devlet veya devlet dışı diğer aktörlerin endişelerini gün geçtikçe daha çok artırmaktadır.

Bu çalışmada, İHA’ların kamu güvenliğine yönelik yarattığı potansiyel tehditler ile bunun karşılığında alınan ve alınabilecek tedbirler nitel bir araştırma yöntemi benimsenerek keşifsel bir araştırmayla incelenmektedir. Veri türü olarak ikincil kaynaklar kullanılmaktadır. Çalışmada bahsi geçen İHA tabirinden, İHA0 ve İHA1 sınıfındaki, insansız kullanılabilen tüm küçük hava araçları anlaşılmalıdır. İHA2 ve İHA3 sınıfındaki İHA’lar daha çok askeri maksatla kullanıldığı için bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur. Çalışmada karşı İHAS incelenmesi müteakip tespit-teşhis-takip sistemleri detaylı bir şekilde açıklanmaktadır. Sonrasında önleme-etkisiz hale getirme sistemleri incelenmiş ve İHA’larla ilgili beklenen gelişmelerden bahsedilmektedir.

## 2. KARŞI İHA SİSTEMLERİ

Karşı İHA sistemleri, İHA tespit, teşhis ve takip etme sistemleri ile etkisiz hale getirme/ele geçirme ve imha etme sistemlerinin tümünü kapsayan bir terim olarak kullanılmaktadır. İHA karşı sistemlerinin günümüzde önem kazanmaya başlamasının temel nedeni, İHA’ların hem askeri hem de sivil kişi, kurum ve tesislere karşı gittikçe artan bir tehdit haline gelmiş olmasıdır (Tiurin vd., 2019).

Karşı İHA sistemleri incelenirken; İHA’nın yapısal özellikleri boyutlarının yanında, kanat yapısına bağlı olarak hava hızı ve uçuş kontrol sistemi göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çalışmada İHA’lar;

- Yapısal olarak:
  - Döner kanatlı; çoğunlukla multikopter,
  - Sabit kanatlı; maket uçak,
- Uçuş kontrolü yönüyle:
  - Radyo Frekans (RF) kontrollü,
  - Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (Global Navigation Satellite Systems, GNSS) güdümlü otonom,
  - Tam otonom olarak ayırılmaktadır.

İHA’nın büyüklüğü ve kanat yapısı (döner kanat veya sabit kanat olması) tespit ve teşhiste önemli rol oynamaktadır. Özellikle büyük kuşlara (martı, sumru gibi) benzer boyutlara sahip sabit kanatlı İHA’lar,

kuşlarla karıştırılabilmekte, bu da İHA'nın teşhisini zorlaştırmaktadır. Diğer önemli bir konu da İHA'nın hızıdır. İHA'nın hızı arttıkça önleme sistemlerinin etkinliği azalmaktadır. Üçüncü önemli husus ise İHA'nın uçuş kontrol sistemidir. Günümüzde geliştirilen karşı İHA sistemleri genellikle RF karıştırma ve/veya GNSS karıştırma sistemleri ile çalışmakta; herhangi bir sinyal olmadan, görüntü işleme ve Atalet Seyrüsefer Sistemi<sup>1</sup> (Inertial Navigasyon System, INS) kullanarak çalışabilecek tam otonom İHA'lara karşı etkisiz kalmaktadır.

Karşı İHA sistemlerini temel olarak iki bölüme ayırmak mümkündür. Bunlardan birincisi tespit-teşhis-takip sistemleridir ki; bunlar adından da anlaşılacağı gibi sadece İHA'ların tespit-teşhis-takibine yarar. İkincisini ise müdahale önleme sistemi olarak tanımlamak mümkündür. Burada İHA'nın değişik yöntemlerle etkisiz hale getirilmesi söz konusudur.

### 3. TESPİT-TEŞHİS-TAKİP SİSTEMLERİ

#### 3.1. Radar

Küçük hava araçlarını radar kesitlerinden tespit eden, RF yayını yapan sistemlerdir. Askeri radarlar yüksekte uçan daha büyük ve hızlı uçakları tespit etmek maksatlı optimize edildiği için İHA'ların tespitinde etkili olamamaktadır. Küçük İHA'ların büyük kısmı straför köpük, ahşap veya plastik gibi radar sinyallerini yansıtmayan veya çok az yansıtan maddelerden imal edilmekte, içinde çoğunlukla metal olarak sadece motorları ile elektrik devreleri barındırmaktadır. Bu nedenle sivil/hobi maksatlı yapılmış basit bir model uçak çok küçük radar kesit alanına sahip olmaktadır.

Bunun yanında İHA'ların çok alçak irtifalarda uçabilmesi; radarların arazi arızalarına karşı zafiyetini ortaya koymaktadır. Radarlar kuşlar gibi alçaktan uçan diğer nesnelere İHA'ları ayırt edebilmek için değişik algoritmalar kullanmakta bu algoritmaların ve veri tabanlarının oluşturulması uzun zaman almaktadır. Diğer bir husus İHA tespitinde kullanılacak radarların menzil sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır. İHA tespitinde kullanılan radarlar tespit ve teşhis için yapılan optimizasyon gereği ancak birkaç kilometre uzaktan tespit yapılabilmektedirler.

#### 3.2. Radyo Frekans (RF)

Yakınlarda uçan İHA'lar RF nedeniyle radarlar tarafından tespit edilebilmektedir. Belirli frekans aralıklarında yayın yapan ticari İHA'ları tespit etmek, yerini belirlemek ve hatta teşhis etmek konusunda işe yarasa bile, terör eylemleri için özel geliştirilmiş veya otonom uçan İHA'ları tespit konusunda yetersiz kalmaktadır. Bunun yanında özellikle şehirlerde elektro manyetik yayın kaynağının çok olduğu yerlerde hatalı alarm üretebilmektedir. Bu kaynaklara haberleşme antenleri, telsizler, telemetri sistemleri ve enerji nakil hatları örnek olarak gösterilebilir. Hatta bu sistemlerin bazılarının kendi yaydıkları elektro manyetik sinyallerde

diğer sistemlerle karışabilir, bu nedenle söz konusu sistemler özellikle meskûn mahallerde kullanılamayabilir (Kerczewski vd., 2013).

#### 3.3. Elektro-Optik

Elektro-Optik sistemler İHA'ları görüntülerinden tespit edebilmektedirler. Bu sistemlerin en büyük dezavantajı; İHA'ları görüş hattı içinde olması gerekliliği sütre/arazi arızası gerisinden tespit edememektir ve tespit için havada çok büyük bir alanı taramak zorunda olmasıdır (Hobbs, 2008). Esasen buraya kadar bahsedilen diğer teknolojilerde de aynı görüş hattı problemi az veya çok bulunmaktadır. Ancak elektro-optik sistemlerin daha önemli zafiyeti, kilometrelerce uzağı gözetleyebilmek için kameraların dar açı ile bakmalarının gerekmesidir. Bunun neticesinde gökyüzünde çok küçük bir alanı gözetleyebilmesidir. Bu durum kimi zaman "pipetle gökyüzüne bakmak" olarak da tabir edilmektedir.

#### 3.4. Kızıl Ötesi

Kızıl ötesi (infrared- IR), İHA'ları yaydığı ısıdan tespit etmekte ve görüntü işleme teknolojisi kullanarak 10,000-15,000 metre irtifadan görüntü elde etmektedir (Mevlütöğlü, 2009). Bu yöntemin gece görüşünde sağladığı bariz üstünlüğe rağmen elektro optik sistemde olduğu gibi dar alanları gözetlemede zorluk yaşanmaktadır. Yine aynı şekilde İHA görüş alanında değilse IR sensörler tarafından algılanamamaktadır (Byeong vd., 2018).

#### 3.5. Akustik

Akustik, İHA'ların motor ve pervanelerinin sesinin gelişmiş ses algılayıcı sensörler vasıtasıyla dinlenmesi ve önceden kaydedilmiş seslerle karşılaştırılması mantığı ile çalışmaktadır. İHA'ların çok uzaktan tespit edilebileceği hassasiyetiyle sensörler üretilmektedir. Ancak bu durum İHA'ların yaydığı seslerin çevredeki gürültüden ayırt edilebilmesi sorununu da doğurmaktadır. Öte yandan akustik sensör; elektro-optik, IR ve radar gibi teknolojilere göre birçok potansiyel faydaya sahiptir. Örneğin, sensörler çok yönlü olduğundan, tam küresel algılama kapsamı elde edilebilir (Finn & Franklin, 2011). Akustik sensör sistemleri, birkaç mikrofona ve bir veri kayıt /işleme biriminden oluştuğu için hafiftir. Bu da veri elde etme ve işleme gereksinimleri için elektro-optik ve IR'ninkinden çok daha düşük işlemciye ihtiyaç duymasına neden olmaktadır (Salloum vd., 2015).

#### 3.6. Birden Çok Sensör

İHA'ların tespit-teşhis-takibinde kullanılabilecek en uygun yolun, farklı teknolojilerle çalışan birkaç sensörün aynı anda kullanılması olduğu değerlendirilmektedir. Örneğin radar ile İHA'nın tespiti, bulunduğu istikamet, radara mesafesi ve kimi zaman yüksekliği tespit edilirken

<sup>1</sup>INS, ivmeölçer ve açıölçer sensörleri kullanarak, hareket halindeki bir aracın mutlak konumunu belirlemekte kullanılmaktadır (Çetin, 2004).

teşhis için elektro-optik sistemlerin kullanılması takip için ise yine radar ve elektro-optik sistemin çalışması gerekli olabilmektedir. Bu sistemlerin dezavantajı ise maliyet olmaktadır.

Şimdiye kadar anlatılan sistemlerde; tespit, teşhis ve takip için en optimal çözüm olarak radar sistemleri ön plana çıkmaktadır. Özellikle sürü drone sistemlerinin gittikçe gelişmesi, elektro optik ve kızıl ötesi sistemlerle birden fazla hedefin takibini imkânsız hale getirmektedir. Maliyeti nedeni ile henüz tam olarak kullanılmamakla birlikte aktif faz dizinli (AESA) radarların İHA'lar için optimize edilmesi ile İHA tespitinin temel sisteminin radar teknolojileri olacağı değerlendirilmektedir (Jian vd., 2018; Stasiak, 2018).

İHA'ların tespit-teşhis ve takibinde bu kadar zorluk var iken kötü niyetli İHA'lara müdahale etmek ilave zorlukları ortaya çıkarmaktadır. Özellikle yerleşim yerleri üzerindeki İHA'ların vurularak düşürülmesinin masum halka verebileceği zarar ciddi bir endişe kaynağı olarak kalmaya devam etmektedir. Bunun yanında terör maksatlı kullanılacak bir İHA'nın yük olarak kimyasal veya biyolojik madde taşıma ihtimali, güvenlik yönetiminde önemli bir güvenlik açığına neden olmaktadır. Çalışmanın bundan sonraki bölümünde İHA'ları önleme/etkisiz hale getirme yöntemleri üzerinde durulacaktır.

## 4. ÖNLEME-ETKİSİZ HALE GETİRME SİSTEMLERİ

### 4.1. RF Karıştırma

RF karıştırma, İHA savar sistem üreticileri tarafından en çok üretilen ve pazarlanan teknolojidir (Sütçüoğlu & Alay, 2019). Sistem İHA ile operatör arasındaki veri bağının kesilmesi/karıştırılması mantığıyla çalışmaktadır. İHA'lar genelde operatör ile veri bağı kesilince ya yavaşça yere inmekte ya da "Eve dön" komutu kullanarak uçuşa başladıkları bölgeye yönelmektedirler. Ancak sistem otonom İHA'lara karşı etkisiz kalmaktadır.

### 4.2. Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi Karıştırma (GNSS)

GNSS, İHA'ların ve otonom İHA'ların navigasyon maksatlı kullandığı GPS/GLONASS uydularının sinyallerinin kesilmesi prensibi ile çalışmaktadır. GNSS sinyalini kaybeden İHA önceden programlanmasına göre genellikle havada kalır (hover) yavaşça yere iner veya eve döner. GNSS karıştırma ve RF karıştırma sistemleri genellikle beraber kullanılmaktadır. GNSS alıcıları: anten, alıcı saati ve işlemcilerden oluşmaktadır. Alıcılar, uydulardan yayınlanan konumlama sinyallerini almakta ve sinyallerin sağlıklı olup olmadığını değerlendirerek görüş hattındaki uyduları seçmektedirler (Bhatta, 2010).

### 4.3. Yanıltma Sinyali (Spoofing)

Yanıltma sinyali (spoofing) uzaktan kumanda edilen veya GNSS güdümlü otonom İHA'ların aldıkları sinyallerin taklit edilerek, İHA'nın kontrolünün ele geçirilmesi veya yanlış yere yönlendirilmesi mantığı ile çalışmaktadır. Yanıltma sinyaline örnek olarak İHA'nın

elektronik sistemlerine siber saldırısı, protokol manipülasyonu, Radyo Frekansı/GNSS aldatmaları verilebilir. RF/GNSS karıştırma yöntemlerine göre uygulanması çok daha zordur. Tam otonom İHA'larda işe yaramayacağı değerlendirilmektedir (Eldosouky vd., 2019).

### 4.4. Köreltme

Köreltme sisteminin çalışma prensibi İHA'ların kameralarının lazer veya başka yüksek güçlü ışın huzmesiyle görme yetisinin engellenmesine dayanmaktadır. Gözetleme maksatlı kullanılan İHA'lara karşı etkili olacağı değerlendirilmektedir. Ancak sadece kamera üzerinde etkili olması nedeniyle sistem, tek başına etkisiz hale getirmek için yeterli olmamaktadır. Bu sistem araca monte edilebildiği gibi yaya personel tarafından taşınabilmekte veya sabit tesislerin korunmasında kullanılmaktadır.

### 4.5. Lazer

Lazer sistemi İHA'nın önemli parçalarının veya tamamının lazer ile yakılarak düşürülmesi mantığına dayanmaktadır. Şimdiye kadar bahsedilen sistemlere nazaran daha pahalıdır. Atmosferik şartlardan kolay etkilenmektedir. Etkili olabilmesi yüksek lazer çıkış gücüne ve iyi bir odaklama ve takip sistemine ihtiyaç duymaktadır. Yapılan testlerdeki en önemli iki konunun lazerin çıkış gücü ve ışın demetinin hedef üzerinde aynı noktada uzun süre tutulabilmesi olduğu görülmektedir. İHA havada hareket halinde olduğu için, lazer sisteminin mutlaka bir hedef takip sistemine ihtiyacı bulunmaktadır.

Ayrıca sistemin etkinliği İHA'nın imal edildiği malzeme ile doğrudan orantılıdır. İHA kolay tutuşmayan dayanıklı malzemeden imal edildiği zaman yanabilmesi için ışının üzerinde tutulması gereken süre uzamakta bu da sistemin etkinliğinin azalmasına neden olmaktadır. Sistemin bir diğer zorluğu ağır olmasıdır. Bu nedenle sadece sabit sistemlerde veya zırhlı araçlar gibi platformlarda kullanılabilir. En önemli avantaj ise kurulumu tamamlandıktan sonra atış maliyetinin düşük olması ve ışık hızıyla atış yaptığı için herhangi bir balistik hesaba ihtiyaç duymamasıdır. Sistemin bir kez kurduktan sonra sadece İHA'lara karşı değil, diğer cansız hedeflere karşı da etkili olarak kullanılacağı değerlendirilmektedir.

### 4.6. Yüksek Güçlü Mikrodalga (HPM)

Yüksek güçlü mikrodalga (High Power MicroWave, HPM) sistemi enerjisini İHA'lara yönlendirerek, elektronik sistemlerini etkisiz hale getirmekte, böylelikle İHA'nın saf dışı bırakılması prensibiyle çalışmaktadır. HPM enerjisinin İHA'nın elektronik devresindeki yarı iletkenlerin aşırı yüklenmesi sistemin kararlılığını bozmakta, mikrodalga enerjisi yeterince yüksekse elektronik sistem yanabilmektedir.

#### 4.7. Ağ

Ağ sisteminden yere konuşlu sistemler veya İHA üzerinden hedef İHA'ya atılan bir ağ kastedilmektedir. Temel prensip hedef İHA'nın pervanelerine ağ dolanarak düşürülmesidir. Şimdiye kadar çeşitli prototipleri imal edilmiş olsa da halen karşı İHA sistemi olarak denenmektedir.

#### 4.8. Kinetik Enerjili Sistemler (Mühimmat)

Kinetik enerjili sistemler ile klasik veya özel tasarlanmış mühimmat ile İHA'nın düşürülmesidir. Ayrıntılı balistik hesap gerekmektedir. Yapılan denemelerde; envantere mevcut silahlardan atılan mühimmat ile küçük İHA'ları vurma ihtimalinin yüzde 0,7'den az olduğu görülmüştür (la Cour-Harbo, 2015).

#### 4.9. Çarpışan İHA

Çarpışan İHA uygulaması, hedef İHA'ya bir başka İHA'nın çarpıtılması fikrine dayanmaktadır. Ancak henüz geliştirme aşamasındadır. Meskün mahallerde kullanımında beklenmeyen zararlar vermesi olasıdır.

#### 4.10. ÇOKLU MÜDAHALE SİSTEMLERİ

Çoklu müdahale sistemleri yukarıda sayılan sistemlerin iki veya daha fazlasını beraber kullanılmasından oluşmaktadır. Bu karıştırma sistemlerin çoğunda hem RF karıştırma hem de GNSS karıştırma özelliği bulunmaktadır.

### 5. İHA'LARLA İLGİLİ BEKLENEN GELİŞMELER

Günümüzde yapılan İHA saldırıları genellikle sabit veya döner kanatlı, düşük hızlı, radyo kontrollü veya GNSS destekli otonom uçan, kısıtlı miktarda faydalı yük/patlayıcı taşıyabilen ve tekil İHA'lar kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Her ne kadar bir hedefe birden çok İHA ile saldırı yapıldığı durumlar olsa da söz konusu İHA'lar yine de tekil hareket eden hava araçları konumundadır. Ayrıca, şimdilik tüm İHA'lar sinyal alıp verdikleri için sinyal karıştırma veya kontrolünün ele geçirilmesine karşı zayıf kalmaktadır. Bu zafiyetlere rağmen İHA'lara karşı mücadelenin kentine özgü zorlukları bulunmaktadır. Örneğin radar sistemleri meskün mahallerde veya yere çok yakın uçan İHA'ları tespit etmekte yetersiz kalmakta, kamera sistemleri tek başına kullanıldığında havada çok küçük bir alanı tarayabildiği için tespit oranı azalmakta, kuşlarla veya diğer nesnelere İHA'yı ayırabilmek için çok iyi tasarlanmış yapay zekâ algoritmalarına ihtiyaç duyulmakta ve sütte/bina gerisindeki İHA'yı şimdilik neredeyse hiçbir sistem tespit edememektedir. Bu zorlukların yanında İHA teknolojisinde beklenen gelişmeler mücadeleyi daha da zorlaştıracaktır. Bu gelişmeleri; İHA'larda beklenen hız artışları, tamamen otonom navigasyon yapabilecek İHA'lar ve sürü İHA'lar olarak üçe ayırmak mümkündür.

Mevcut sensörlerle İHA'yı ancak birkaç km. öteden tespit etmek mümkündür. Bu durumda 70 km/s (20 m/sn) hızla yaklaşan bir İHA'ya güvenli mesafeden

müdahale edebilmek için 30 sn'den daha az bir süre bulunmaktadır. Gelecekte İHA'ların hızlarının artması durumunda güvenli bölgeden müdahale etmek daha da zorlaşacaktır. Hali hazırda hobi maksatlı maket uçaklarda kullanılan jet motorlarının İHA'larda da saldırı amaçlı kullanılmaya başlanması ile birlikte İHA'nın tespitinden itibaren müdahale için kalan süre çok azalacaktır. Ayrıca jet motorlu İHA'lar muhtemelen daha fazla faydalı yük taşıma kapasitesine sahip olacak, bu durumda İHA'ya saldırı maksatlı daha çok patlayıcı yüklenebilecektir.

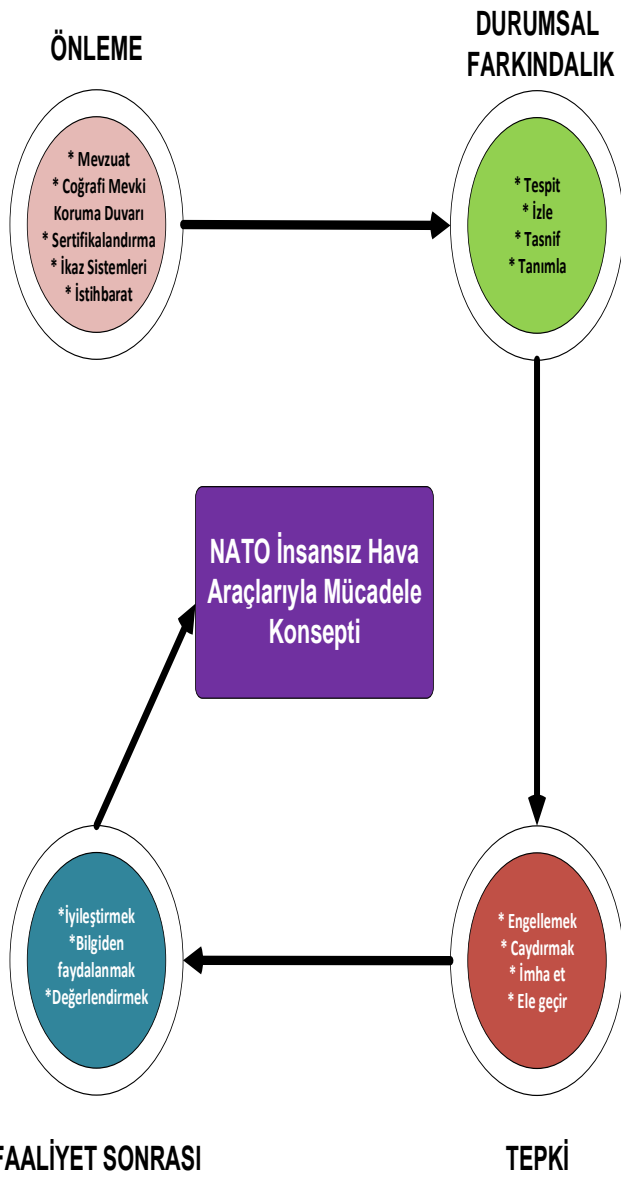
İkinci olası problem sahası; RF veya GNSS güdümlü olmadan, sadece görüntü işlemeyle veya sadece INS ile navigasyon yapabilen İHA'ların yaygınlaşacak olmasıdır. Bu durumda RF/GNSS karıştırma, ele geçirme gibi elektronik harp temelli karşı İHA sistemleri işe yaramayacaktır. Daha önceden de belirtildiği gibi İHA'ların kontrolünün ele geçirilmesi zaten çok zor bir teknolojidir. Dışarıdan hiçbir sinyal almadan uçan bir İHA hem tespit hem de etkisiz hale getirme konusunda çok zorlu bir rakip olarak ortaya çıkacaktır. Tam otonom İHA olarak tabir edebileceğimiz bu İHA'ları etkisiz hale getirmek için fiziki müdahale dışında (lazer, mühimmat, ağ, çarpışan İHA) bir seçenek görülmemektedir.

Üçüncü ve en önemli sorun ise; sürü İHA'ların yaygınlaşacak olmasıdır. Otonom olarak hedefe yönelen, yapay zekâsı sayesinde farklı saldırı taktikleri geliştirebilen, kendiliğinden hedef tespiti yapabilen onlarca İHA'nın bir araya getirilmesiyle oluşturulacak İHA sürülerini durdurmanın yolu şimdilik yok gibi görülmektedir.

Şimdiye kadar İHA'ların askeri/terör maksatlı kullanılması ve buna karşı alınabilecek tedbirler tartışılmıştır. Ancak, bu tedbirlerin çoğunluğu yeni teknolojiler olduğu için, bunların kullanılmasında hukuki boşluklar olduğu değerlendirilmektedir. Örneğin İHA'lara karşı Jammer kullanılmasının düzenlenmesi gerekmektedir. Bilindiği gibi, ticari maksatlı üretilmiş İHA'ların RF kontrolü belirli frekans aralıklarındaki radyo dalgalarıyla gerçekleştirilmektedir. Ancak el yapımı İHA'lar çok farklı frekans aralıklarında kullanılabilir. Bunlara karşı kullanılacak karıştırma sistemlerinin de aynı şekilde çok geniş bir bant aralığını kapatması gerekecektir. Bu durumda bölgedeki sivil haberleşme nasıl sağlanacaktır. Özellikle yerleşim yerlerine yakın Jammer kullanılması durumunda; cep telefonu, radyo ve televizyon sinyallerinin de bastırılması haberleşme özgürlüğünü engelleme olarak değerlendirilecektir. Son dönemde; kamu kurumlarının yanında bazı özel sektör kurum/kuruluşlarının da Jammerlara ilgisinin arttığı gözlemlenmektedir. Mevzuatta bir düzenleme yapılarak Jammer ve lazer sistemlerinin aynen silah gibi değerlendirilerek ruhsata bağlanması gerekmektedir.

İHA'ların şehir içlerinde özellikle kargo taşımacılığı/kurye hizmetlerinde kullanımının artmasıyla birlikte; şehir içlerinde İHA hava trafik yoğunluğu oluşacağı öngörülebilir. Bu durumda şehirlerin hava sahasının da aynen hava alanlarında olduğu gibi gözetilmesi ve kontrol edilmesi gerekir. Küresel bir güvenlik problemi olan İHA'lara karşı önleyici tedbir almak için bütünüyle bir yaklaşımla NATO (2020)'nin geliştirdiği önleme, durumsal

farkındalık, tepki ve faaliyet sonrası aşamalarından oluşan Şekil 1'deki İHA'larla mücadele konsepti güvenlik güçlerinin bu konuyla ilgili uluslararası bakış açısını ortaya koyması açısından önemli bir yer tutmaktadır.



Şekil 1. NATO İHA'larla mücadele konsepti (NATO,2020).

## 6. SONUÇLAR

Önümüzdeki birkaç yılda İHA'larda meydana gelecek gelişmeler bir bütün olarak ele alındığında; İHA kullanımının, günlük yaşamda sağladığı kolaylıklar nedeniyle kullanımın yaygınlaşacağı ve İHA'ların hayatın ayrılmaz bir parçası haline geleceği düşünülebilir. Otomobillerin 19'ncü yüzyılın ikinci yarısından itibaren hayatımıza girmeye başlayıp, bugün karayolu taşımacılığı ve araçlarda ayrıntılı güvenlik düzenlemeleri olduğu gibi, İHA'larda da ayrıntılı güvenlik düzenlemeleri yapılması gerekmektedir.

Özellikle İHA'ların kötü amaçlarla kullanımına karşı tedbirler geliştirilmesi gerekmektedir, fakat bu çalışmalar yapılırken İHA'ların günlük yaşamda sağladığı faydalar göz ardı edilmemelidir. Bu çerçevede, İHA'lar ve kullanıcıları kayıtlanmalı, güvenlik aktörleri arasında

tecrübe değişimi yapılmalı, kullanım standartları belirlenmeli ve test edilmeli, bununla ilintili olarak test metodolojisi ve senaryoları hazırlanmalı, kamu ve özel sektör arasında iş birliği yapılmalı ve gümrük düzenleri getirilmesi hususları üzerinde hassasiyetle durulmalıdır. Ayrıca tüm İHA operatörlerinin kayıtlanmasına ilave olarak İHA'ların uçuş esnasında elektronik olarak kimlikleri ile kayıtlanabilecekleri bir sistemin geliştirilmesi gerekmektedir. İHA'lar için sınırlandırılmış alanlar tanımlanmalı ve bu alanlara İHA'ların girişlerinin engellenmelidir.

Bu kapsamda veri akışı sağlanabilmesi maksadıyla yerel güvenlik güçleriyle birlikte ulusal ve uluslararası hava sahası koordinatör birimleriyle bilgi akışı sağlayabilecek İHA'ları tespit, teşhis, izleme ve etkisiz hale getirebilecek hava savunma sistemi kurulması en öncelikli çalışma olmalıdır.

Bununla birlikte tespit etmeye yönelik çalışmalar yapılırken tanımlama ve sınıflandırma yapılmalıdır. Ayrıca angajman durumları belirlenmeli ve angajmanı sağlayacak sistemler geliştirilmelidir. Öte yandan güvenlik yönetiminin en önemli aktörlerinden birisi olan sivil halk, İHA kullanımı hakkında bilgilendirilmeli, böylelikle yanlış alarmların önüne geçilmeli ve paniği engelleyecek tedbirler alınmalıdır.

## KAYNAKÇA

- Balkan S (2019). DEAŞ'in İHA Stratejisi: Teknoloji ve Yenilikçi Terörizmin Yükselişi. İstanbul: SETA Yayınları.
- Bhatta B (2010). Global Navigation Satellite Systems: Insights into GPS, Glonass, Galileo, Compass, and Others. Hyderabad: B.S. Publications.
- Byeong K, Khan D, Bohak C, Choi W, Lee H & Kim M (2018). V-RBNN based small drone detection in augmented datasets for 3D LADAR system. *Sensors*, 18, 3825, 1-16.
- Çetin Y Ş (2004). Ülkemizin uydu hava seyrüsefer haberleşme sistemlerine olan ihtiyacın teknik ve ekonomik boyutunun analizi, Bilgi Teknolojileri ve Telekomünikasyon Kurulu Uzmanlık Tezi. <https://www.btk.gov.tr/uploads/thesis/ulkemizin-uydu-hava-seyrusefer-haberlesme-sistemlerine-olan-ihtiyacin-teknik-ve-ekonomik-boyutunun-analizi.PDF> Erişim tarihi: 30.07.2020.
- Eldosouky A, Ferdowsi A & Saad W (2020). Drones in Distress: A Game-Theoretic Countermeasure for Protecting UAVs Against GPS Spoofing. *IEEE Internet of Things Journal*, 1, 1-16.
- Finn A & Franklin S (2011). Acoustic sense & avoid for UAV's. In proceedings of the 7th International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP), Adelaide, Australia, 6-9 December.
- Gambuzzi A (2019). Top 5 Drones Incidents. European Army Interoperability Centre.

- <https://finabel.org/top-5-drones-incidents/> Erişim tarihi: 30.08.2020.
- Hassanalıan M & Abdelkefi A (2017). Classifications, applications, and design challenges of drones: A review. *Progress in Aerospace Sciences*, 99-131.
- Hobbs P (2008). *Building Electro-Optical Systems: Making it all Work*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Jian M, Lu Z & Chen V C (2018). Drone detection and tracking based on phase-interferometric Doppler radar. 2018 IEEE Radar Conf, 1146-1149.
- Kerczewski R, Wilson J & Bishop W (2013). Frequency spectrum for integration of unmanned aircraft. 6D5-1. 10.1109/DASC.2013.6712625. Erişim tarihi: 7.08.2020.
- Kumar N (2019). Saudi Arabia Drone Attack: Sign of Changing Character of Hybrid War. <https://www.vifindia.org/article/2019/october/01/saudi-arabia-drone-attack-sign-of-changing-character-of-hybrid-war>, Erişim tarihi: 1.08.2020.
- La Cour-Harbo A (2015). Mass threshold for 'harmless' drones. *International Journal of Micro Air Vehicles*, 9, 1-14.
- Mevlütöğlü A (2009). İnsansız Hava Araçları ve Ağ Merkezli Muharebe Kavramı, TMMOB Makina Mühendisleri Odası V. Ulusal Uçak, Havacılık ve Uzay Mühendisliği Kurultayı, Eskişehir.
- NATO (2020). *NATO Countering Class 1 Unmanned Aerial Systems (C-UAS) Handbook*. Bruksel: NATO Publications.
- Rempfer K (2018). Did US drones swarm a Russian base? Probably not, but that capability isn't far off. <https://www.militarytimes.com/news/2018/10/29/did-us-drones-swarm-a-russian-base-probably-not-but-that-capability-isnt-far-off/> Erişim tarihi: 5.08.2020.
- Salloum H, Sedunov A., Sedunov N, Sutin A & Masters, D (2015). Acoustic system for low flying aircraft detection. In *Proceedings of the 2015 IEEE International Symposium on Technologies for Homeland Security (HST)*, Waltham, MA, USA.
- Sisk R (2017). US 'Jammer' Curbs ISIS Drone Threat in Mosul Battle. *DefenseTech*. <https://www.defensetech.org/2017/03/08/jammer-curbs-isis-drone-threat-mosul>. Erişim tarihi: 3.08.2020.
- Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (2020). İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı (SHT-İHA), [http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/mevzuat/sektorel/talimatlar/2020/IHA\\_talimat\\_revizyon3.pdf](http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/mevzuat/sektorel/talimatlar/2020/IHA_talimat_revizyon3.pdf). Erişim tarihi 12.07.2020.
- Stasiak K, Ciesielski M, Kurowska A & Przybysz W (2018). A study on using different kinds of continuous-wave radars operating in C-Band for drone detection. *22nd Int. Microwave Radar Conf. (MIKON)*, 521-526.
- Sütçüoğlu Ö & Alay M. (2019). *Anti-Drone Savunma Sistemleri*. Ankara: STM Teknoloji Düşünce Merkezi.
- Tiurin V, Mirnenko V, Openko P (2019). General approach to counter unmanned aerial vehicles. *Safety & Defense*, 5, 6-12.
- Türk Dil Kurumu Güncel Türkçe Sözlüğü (2020). İnsansız Hava Aracı, <https://sozluk.gov.tr/> Erişim tarihi 02.07.2020.



© Author(s) 2020.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>