

GİRİŞ

“İnsansız Hava Aracı (İHA)” ve “dron” literatürde genellikle birbiri yerine kullanılan eşanlamli kavramlar olarak karşımıza çıkmakta; bununla birlikte, “dron” ifadesinin küçük İHA'ları tanımlamak için kullanıldığı metinler olduğu da görülmektedir.³⁰⁻³¹

Bu çalışmada “dron” ifadesi, alçak irtifada, düşük hızlarda uçan “mikro/mini İHA”ları tanımlamak maksadıyla kullanılmış ve bahse konu hava araçlarını etkisiz hâle getirmek maksadıyla kullanılan anti dron sistemleri incelenmiştir. Orta ve yüksek irtifalarda yüksek hızlarda uçan büyük hacimli İHA'lara karşı kullanılan konvansiyonel hava savunma sistemleri bu çalışmanın kapsamına alınmamıştır.

Günümüzün düşük maliyetli dronları, giderek daha iyi performans, daha uzun uçuş süresi, daha uzun menzil ve genişletilmiş faydalı yük taşıma kabiliyetleri sunmaktadır. Bu gelişmeler, dronların askerî istihbarat, keşif, gözetleme ve saldırı maksatlı kullanımının yanı sıra başta terör örgütleri olmak üzere devlet dışı aktörler, kaçakçılar, kargo şirketleri ve hobi olarak dron uçuran kişiler tarafından havadan gözetleme, terörist saldırılar, kaçakçılık, casusluk gibi kötü niyetli faaliyetler, ticari operasyonlar, fotoğraf ve video çekimi maksadıyla kullanılabilir.

Askerî maksatlı dronlar en hızlı gelişen tehditlerden biri hâline gelmiş; diğer maksatlarla kullanılan dronlar ciddi güvenlik endişeleri yaratmaya başlamış; sürü ve otonom dron saldırıları vakaları görülmeye başlanmıştır. Ayrıca, havaalanlarının yakınında uçarak sivil uçuşları ve yolcuların güvenliğini tehlikeye atan dronlara karşı önlem almak önem kazanmıştır.

Yakın dönemde dünyanın farklı bölgelerinde yaşanan savaş ve çatışmalar, birçok hava savunma sisteminin dron tehdidine karşı etkisiz kalabileceğini göstermiştir. DAEŞ'in Irak ve Suriye'de ticari dronları silahlandırıp kullanmasıyla, ticari dronlar çatışma alanlarında yaygın olarak kullanılmaya başlamış ve Irak ve Suriye'deki ABD üslerine çok sayıda insansız hava aracı/dron saldırısı düzenlenmiştir.

Rusya-Ukrayna savaşında, çeşitli türlerde İHA ve dronlar yoğun olarak kullanılmakta, Ukrayna tarafından dronlar ile Rus zırhlı araçları ve mevzilerine kamikaze saldırıları düzenlenmekte; Suudi Arabistan öncülüğündeki askerî koalisyona karşı savaşan Yemen'deki Husiler, Abu Dabi ve Suudi Arabistan'daki havaalanları ve petrol tesislerine dronlar ile saldırılar yapılmaktadır. Hamas'ın Ekim ayında İsrail'in güneyine düzenlediği ve sonrasında büyük bir krize yol açan saldırılarda ticari tip dronlar da kullandığı görülmüştür.³²

Son yıllarda dronlar sınırlarda ve hapisanelerde uyuşturucu kaçakçılığında da kullanılmış, stadyumlar üzerinde uçurulan dronlar nedeniyle çok sayıda spor etkinliğinde aksama yaşanmış (ABD NFL maçlarında yaşanan örneklerde olduğu gibi) ve VIP olarak adlandırılan kişilere (Venezüella Devlet Başkanı Nicolás Maduro'ya 04 Ağustos 2018 tarihinde bomba yüklü dron ile yapılan saldırı örneği) suikast maksadıyla dahi kullanılmıştır. Haziran 2023 ayında bir kamikaze dron ile Rusya'nın Novoshakhtinsk petrol rafinerisini vurularak büyük bir yangın çıkarılmıştır. Dron tehdidi konusunda istihbarat ve analiz çalışmaları yapan DroneSec şirketi, 2022'de 2.554 büyük yasadışı dron kullanım olayı tespit ettiğini ve yasadışı dron kullanım vakalarında bir önceki yıla göre %60 artış olduğunu açıklamıştır.³³

³⁰ Literatürde İHA'ların sınıflandırmasında standart bir yaklaşım olmayıp İHA'lar çeşitli şekillerde sınıflandırılmaktadır. Öncelikle Mikro / Mini İHA'lar, Taktiksel İHA'lar, Stratejik İHA'lar ve Özel Görev İHA'lar olarak ana gruplandırılmaları yapıldığı görülmektedir. Daha sonra bu ana grupların çeşitli parametrelere göre (maksimum kalkış kütlesi, katetebileceği mesafe, havada kalma süresi, çıkabileceği maksimum irtifa) alt gruplara ayrıldığı söylenebilir. (<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/701073>)

³¹ Uçuş menzili/havada kalma süresine göre “düşük maliyetli yakın menzilli İHA (fiyatı 10.000 doların altında kalan, 5 km menzile sahip, 20-25 dk. havada kalabilen İHA'lar), yakın menzilli İHA (50 km, 1-6 saat), kısa menzilli İHA (150 km, 8-12 saat), orta menzilli İHA (650 km) ve uzun menzilli İHA (36 saate kadar havada kalabilen ve 30.000 feet yükseklikte görev yapabilen) şeklinde bir sınıflandırma da yapılmaktadır.

³² <https://time.com/6265108/drone-trd-singapore-unmanned-aerial-vehicle/>

³³ <https://dronesec.com/pages/intel>

Temel olarak üç tip dron tehdidinden bahsedilebilir. İlk tehdit tipi ticari dronlardan gelmektedir. Bunlar, patlayıcı yüklenerek kolayca silaha dönüşürülebilir ve çoğunlukla Çin yapımı olan hava araçlarıdır.

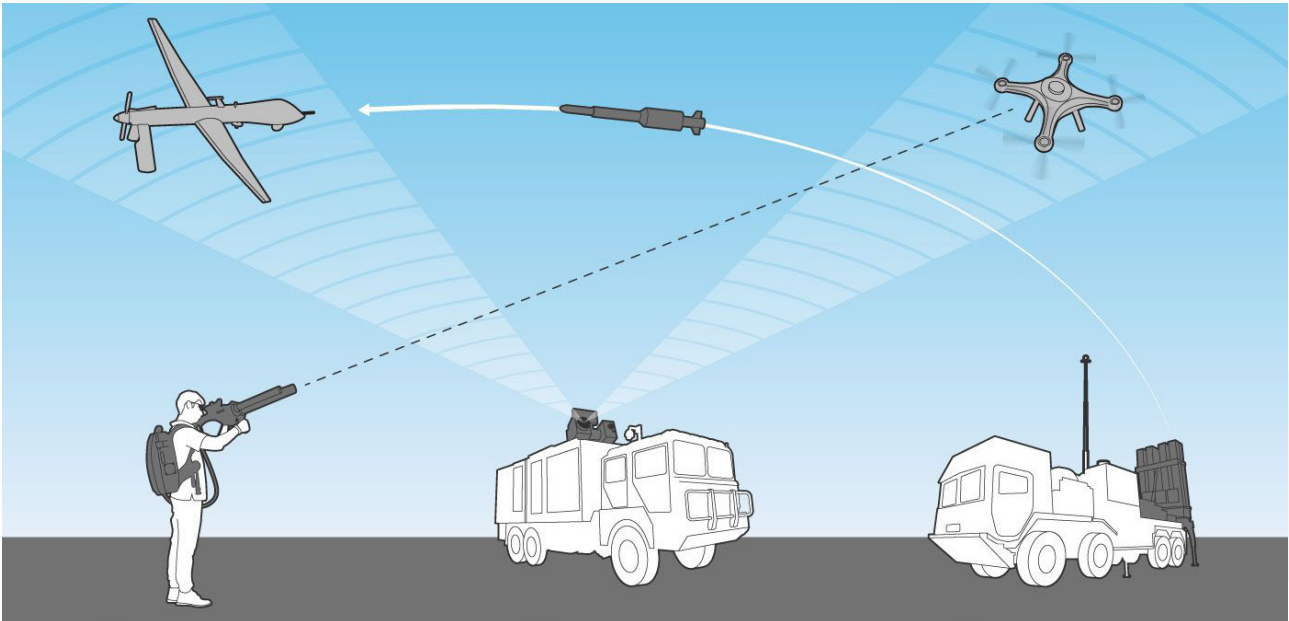
İkinci tip dron türü, çeşitli kaynaklardan tedarik edilen malzemelerle imal edilen el yapımı dronlardır. İçten yanmalı motorlara sahip bu el yapımı dronlar, piyasadaki ticari dronlardan daha büyük olabilmekte ve daha uzağa uçabilmektedir. Rusya, Suriye'deki Rus hava ve deniz üslerine saldırmak için DAEŞ tarafından imal edilen el yapımı sürü dronlara karşı ciddi sorunlar yaşamıştır. Genellikle balsa ağacı, kumaş ve koli bandı kullanılarak imal edilen bu dronlar kullanılarak modern hava savunma sistemlerine sahip Rus üslerine saldırılar düzenlenebilmiştir.

Üçüncü tip dron ise askerî nitelikteki insansız araçlardır. Askerî keşif, gözetleme ve saldırı amaçlı kullanılan bu dronlar, ticari modellerine kıyasla çok daha uzun menzile ve gelişmiş sensörlere sahiptir. Bu tip dronlar bomba da taşıyabilmektedir.

Son yıllarda dronların özellikle terör örgütleri tarafından kullanımının yaygınlaşmasının da etkisiyle anti dron sistemleri en fazla yatırım yapılan alanlardan biri hâline gelmiştir. Örneğin; ABD Savunma Bakanlığı 2023 yılında anti dron sistemleri araştırma ve geliştirilmesine 668 milyon dolar ve tedarikine 78 milyon dolar kaynak ayırmıştır.³⁴

Boyutları, yapım malzemeleri ve uçuş irtifaları nedeniyle pek çok dron geleneksel hava savunma sistemleri tarafından tespit edilememektedir. Dönemin ABD Merkez Kuvvetler Komutanı Org. McKenzie, Şubat 2021'de yaptığı bir açıklamada; dron tehdidine önlem alma durumunun aciliyetine dikkat çekerek, dronların yarattığı artan tehdit ve bunlara karşı koyacak güvenilir ve ağır destekli anti dron yetenekleri olmamasının, Irak'ta el yapımı patlayıcıların ortaya çıkmasından bu yana yaşanan en endişe verici taktiksel gelişme olduğunu ifade etmiştir.³⁵

Dron tehdidine karşı önlem almaya önem veren NATO, anti dron teknolojilerinin test edildiği İnsansız Uçak Sistemleriyle Mücadele Teknik Birlikte Çalışabilirlik Tatbikatları (C-UAS TIE) icra etmektedir. C-UAS TIE tatbikatlarında sensörler, efektörler ve sinyal bozucular da dâhil olmak üzere 70 kadar sistem ve teknoloji sahada test edilmektedir. 12-22 Eylül 2023 tarihleri arasında icra edilen C-UAS TIE23 tatbikatında Müttefik ülkelerden, Avrupa Birliği'nden ve özel sektörden 300'ün üzerinde katılımcı Hollanda'da bir araya gelerek dronların kötü niyetli kullanımından kaynaklanan potansiyel tehditlere karşı koyma yeteneklerini test etmiştir.³⁶



³⁴ Congressional Research Service, Department of Defense Counter-Unmanned Aircraft Systems, 17 Nisan 2023.

³⁵ "Keynote Address: Gen. Kenneth F. McKenzie Jr.," Middle East Institute, February 8, 2021, <https://www.mei.edu/multimedia/video/keynote-address-gen-kenneth-f-mckenzie-jr>

³⁶ <https://www.ncia.nato.int/about-us/newsroom/nato-tests-counter-drone-technology-during-interoperability-exercise--2.html>

Anti Dron Sistemleri; askerî birlik, üs/kışla/karakol güvenliği, harekât/operasyon bölgesi güvenliği, kritik tesis güvenliği, sınır güvenliği, hudut hattına yakın meskûn mahallerin korunması, kalabalık organizasyonların korunması, konvoy güvenliği ve VIP korumasında kullanılmaktadır. Hem askerî hem de sivil maksatlı kullanılan Anti Dron Sistemlerinin temel fonksiyonları; dronların tespit, sınıflandırma, teşhis, takip ve etkisiz hâle getirilmesidir.

Anti Dron Sistemleri endüstrisi, son yıllarda katlanarak büyümüş; 33 ülkede, 155 üretici tarafından 230'dan fazla Anti Dron Sistemi üretilmiştir.³⁷

Anti Dron Sistemlerinin sensörler ve karşı tedbir araçları (efektör olarak da adlandırılmaktadır) olmak üzere iki temel bileşeni mevcuttur. Sensörler dronun fiziksel, görsel, termal, akustik veya elektromanyetik imzasını tespit etmek maksadıyla kullanılmaktadır. Tespit, sınıflandırma (tespit edilen dronu kuş sürüsü gibi dron benzeri nesnelere ayırt etmek), teşhis (dronun modelini ve komuta merkezini belirlemek), konum belirleme (üç boyutlu uzaydaki konumunu ve/veya sayısal harita üzerinde yerini tespit etmek), takip (dronu uçuş rotası boyunca izlemek) ve ikaz (ilgi sahasına dron girdiğinde komuta merkezini sesli ve görsel olarak uyarmak) fonksiyonlarını yerine getiren sensörlerin bir bölümü aktif (radarlar) diğer bir bölümü ise pasif (dinleme kestirme sistemleri, akustik sensörler, optik sensörler) olarak çalışmaktadır.

Sensörler

Radyo Frekans (RF) Dinleme ve Kestirme Sistemleri

Bahse konu sensörlerden ilki, dronun elektromanyetik imza/izini tespit etmek maksadıyla kullanılan Radyo Frekans (RF) dinleme ve kestirme sistemleridir. Bu sistemler, elektromanyetik spektrumu tarayarak dron

komuta ve veri sinyallerini tespit ve analiz etmektedir. Elektronik Harbin (EH) Elektronik Destek (ED) alt bölümünde yer alan RF dinleme ve kestirme sistemleri, bölgede dron olduğunu tespit edebilmekte, dron veri ve komuta sinyallerinin karakteristik özellikleri biliniyor ve veri kütüphanesine yüklenmiş ise teşhis de yapabilmektedir.

RF sensörlerin avantajları; uzun yıllardır kullanılan ve olgunlaşmış bir teknolojiye sahip olmaları, nispeten düşük maliyetli olmaları, aynı anda birden fazla dronu ve kullanıcıyı tespit edebilmeleri, pasif olmaları nedeniyle düşman tarafından tespit edilememeleri ve bazı modellerinin üçlü kestirme yaparak dronun ve kullanıcısının konumunu da tespit edebilmesidir. Bu RF dinleme ve kestirme cihazları, karakteristik özellikleri veri kütüphanesine yüklenen dronları teşhis de edebilmektedirler. Dezavantajları ise; otonom olarak uçuş yapan dronları tespit edememeleri, tespit menzillerinin kısa olması, kalabalık RF ortamında etkinliklerinin azalması ve teşhis yapılabilmesi için her bir dronun karakteristik özelliklerinin veri kütüphanesinde güncel olarak bulundurulması gereği ve bunun zorluğudur.

Optik Sensörler

Anti Dron Sistemlerinde kullanılan diğer bir sensör tipi, dronu görsel olarak tespit etmek maksadıyla kullanılan optik sensörlerdir. Anti Dron Sistemlerinde optik sensörler olarak elektro-optik (gündüz kamerası) ve/veya kızılötesi (termal-IR) sensör/kameralar kullanılmaktadır. Son dönemde yapay zekâ ile güçlendirilen optik sensörler sayesinde dron tespit, takip ve sınıflandırması etkin olarak yapılabilmektedir.

Optik sensörlerin avantajları dron ve görev yükünün gözle incelenmesini ve video kaydı yapılmasını (bu sayede yasa dışı dron kullanımına ilişkin adli delil elde edilebilmektedir) sağlamalarıdır.

³⁷ <https://globalsavunma.com/dronlara-nasil-karsi-konulabilir-anti-dron-sistemleri-ise-yarar-mi>

Dezavantajları ise; çoğu sistemde kamera görüntülerinin görevlendirilen personel tarafından 7/24 izlenmesine ihtiyaç duyulması, diğer bir deyişle kendi başlarına tespit yapamamaları, yüksek yanlış alarm oranı, karanlık, yağışlı, sisli ve puslu ortamlarda performanslarının azalmasıdır.

Akustik Sensörler

Dron tespiti maksadıyla kullanılan başka bir sensör tipi akustik sensörler diğer adıyla mikrofonlardır. Akustik sensörler, dron motor ve/veya pal/pervane sesini ve sesin geldiği istikameti algılamaktadır. Birden fazla mikrofon kullanılması durumunda dronun konumu da kabaca kestirilebilmektedir. Akustik sensörlerin avantajları; otonom dronları, yere yakın uçan dronları ve görüş hattında olmayan dronları tespit edebilmesi, hızlıca taşınıp konuşlandırılabilmesi ve pasif sensör olmaları nedeniyle tespit edilememeleridir. Dezavantajları ise gürültülü ortamlarda etkinliklerinin azalması ve 300-500 m gibi kısa tespit menziline sahip olmalarıdır.

Radarlar

Diğer bir dron tespit sensörü dronun fiziksel imzasını tespit maksadıyla kullanılan radarlardır. Radarlar, dronun istikamet ve mesafesini belirlemek suretiyle konum tespiti de yapabilmektedir. Radarların avantajları; elektromanyetik yayın yapmayan dronları da tespit edebilmesi, uzun tespit menzili, gelişmiş takip, hassas konum tespiti, aynı anda çok sayıda drona angaje olabilmesi, otonom dronları da tespit edebilmesi, görsel ve atmosferik koşullardan (gece, gündüz, sis, pus, yağış vb.) fazla etkilenmeden tespit yapabilmesi, paraşüt ve yamaç paraşütü gibi saldırı maksadıyla kullanılacak diğer hava nesnelere de belirleyebilmesidir. Dezavantajları ise; tespit menziline dronun boyutlarına bağlı olması, bir kısmının kuşları dronlardan ayırt edememesi, tespit için aktif radar sinyali yayımladığından radarın konumunun düşman tarafından belirlenebilmesi ve bunun sonucunda karıştırma, köreltme veya imhaya maruz kalabilmesidir. Yukarıda bahsedilen sensörler ile tespit edilen dronları etkisiz hâle getirmek maksadıyla, anti dron

sistemlerinin ikinci bileşeni olan karşı tedbir araçları kullanılmaktadır. Karşı tedbir araçları fonksiyonları göre; dronu fiziksel olarak imha eden sistemler, dronu görev yapamaz hâle getiren sistemler ve dronun kontrolünü ele geçiren sistemler olarak üç sınıfa ayrılabilir.

Karşı Tedbir Araçları

Radyo Frekans (RF) Karıştırıcı/Körelticiler

Dronlara karşı yaygın olarak kullanılan karşı tedbir araçlarından ilki Radyo Frekans (RF) karıştırıcı/körelticilerdir. Bir Elektronik Taarruz (ET) yöntemi olan RF karıştırma/köreltmede;

- Operatörden gönderilen dron komuta sinyalleri (dron ile operatör/pilot arasındaki iletişimi bozmak için),
- Video ve diğer verileri drondan komuta merkezine ileten veri linki,
- Dronun konum bilgisi aldığı Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi (GNSS: GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDOU) seyrüsefer sistemleri) sinyallerine müdahale edilmektedir.

Sabit, mobil veya elde taşınabilir tipte cihazlarla yapılabilen RF karıştırma sonucunda dron; mevcut konumuna kontrollü bir iniş gerçekleştirebilir, kullanıcı tarafından önceden belirlenmiş/drona kaydedilmiş konuma gidebilir (bu konumun, patlayıcı yüklü dronun hedefi olabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır), kontrolsüz olarak yere düşebilir veya kontrolsüz olarak bölgeden uzaklaşabilir.

RF karıştırmanın avantajları; nispeten düşük maliyeti, kinetik olmaması ve dronu etkisiz hâle getirebilmesidir. Dezavantajları ise; menziline kısa olması, bölgedeki diğer frekansları da etkilemesi veya istemsizce karıştırabilmesi, dronda tahmin edilemeyecek bir davranışa sebep olabilmesi ve yukarıda belirtildiği gibi karıştırma durumunda önceden belirlenmiş bir konuma gitmek üzere programlanmış olan bir kamikaze dronun hedefine giderek görevi tamamlamasına neden olabileceğidir.

GNSS Aldatma

Diğer bir dron karşı tedbir aracı GNSS aldatmadır. Drona yanlış konum bilgisi gönderilen bu teknik ile dronu konumu hakkında aldatarak uçuşunu bozmak veya konumunu kontrol ederek istenilen yere gitmesini sağlamak amaçlanmaktadır.

GNSS aldatmanın avantajları; maliyetinin nispeten düşük olması ve dronu kinetik olmayan bir yöntemle etkisiz hâle getirebilmesidir. Dezavantajları ise; menzilin kısa olması ve GNSS kullanan yakınlardaki diğer araçların konum bilgisini de bozma riskidir.

Yüksek Güç Mikrodalga Üreten Cihazlar

Dronu yüksek güçlü mikrodalgalar ile etkisiz hale getirmek/imha etmek de başka bir dron karşı tedbirdir. Yüksek güç mikrodalga üreten cihazlar, hem dron komuta sinyallerini hem de dron elektronik aksamını bozabilecek güçlü bir elektromanyetik pals (sinyal) üretmektedirler. Bu elektromanyetik palsler, dronun elektronik devrelerinde arızaya neden olan voltaj ve akımlar yaratarak arızalanmasını sağlayabilmektedir.

Yüksek güçlü mikrodalga üreten cihazların avantajları; dronu etkili bir şekilde durdurabilmesi ve kinetik bir yöntem olmamasıdır. Dezavantajları ise; yüksek maliyeti, bölgedeki diğer cihazları ve haberleşmeyi de etkileme riski (bu risk yönlendirilmiş anten kullanılarak azaltılmaya çalışılmaktadır) ve dronun kontrolsüz olarak aniden yere çakılmasına neden olabilemesidir. Bu durumda, bomba taşıyan veya kamikaze bir dronun dost birlik veya sivil yerleşime düşerek hasar veya zayıata sebep olabileceği gözden kaçırılmamalıdır.

Ağlar ve Ağ Tüfekleri

Dronlar, ağlar ve ağ tüfekleri ile de etkisiz hâle getirilebilmektedir. Burada üç farklı yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler yerden drona ağ fırlatmak (ağlar, 20-300 m'de etkili olabilmektedir), drondan drona ağ fırlatmak (yakalanan dronun yere kontrollü inmesi için paraşütlü ağ kullanılan modelleri de mevcuttur) ve drondan ağ sarkıtarak hedef dronu ağ ile yakalamak.

Ağ ve ağ tüfeği kullanmanın avantajları; dronu fiziksel olarak ele geçirme imkânı vermesi, yerden ağ fırlatan topların yarı otomatik olarak kullanılabilmesi ve bunların isabet oranlarının yüksek olması, ağ fırlatan dronların düşman dron henüz dost bölgeye girmeden uzak mesafelerde kullanılabilmesi ve dronun ağ ile yakalanarak kontrollü bir şekilde yere indirilmesi hâlinde ikincil zarar (collateral damage) riskinin düşük olmasıdır. Dezavantajları ise; ağa takılan dronun yere düşmesi hâlinde enkazın çevreye zarar verebilmesi, drondan ağ fırlatmanın isabet oranının düşük olması, yerden ağ fırlatmanın mesafesinin kısa olması ve hızlı uçan dronlara isabet ettirmenin güçlüğüdür.

Yüksek Enerjili Lazer

Başka bir dron karşı tedbiri yüksek enerjili lazer kullanmaktır. Lazer, gövde yapısını ve/veya elektronik aygıtlarını ve optik sensörlerini bozarak dronu etkisiz hâle getirebilmektedir.

Lazer kullanmanın avantajları; uzun menzili, imha edilen dron sayısına oranla nispeten düşük maliyeti, hızlı olması ve fiziki bir mühimmata ihtiyaç duyulmadan kullanılmasıdır. Dezavantajları ise; lazer teçhizatının hacminin büyük oluşu, tekniğinin henüz tam olarak olgunlaşmamış/deneysel olması, havada/çevrede bulunan diğer araçları da etkileme riski bulunmasıdır.

Siber Yöntemlerle Dronun Kontrolünün Ele Geçirilmesi

Karşı dron tedbirleri arasında yer alan ve yeni gelişmekte olan başka bir teknik ise siber yöntemlerle dronun kontrolünün ele geçirilmesidir. Bu yöntemde yapay zekâ da kullanılarak, bölgeye giriş yapan dronun seri numarasını ve dronu uzaktan kontrol eden operatör/pilotun konumunu belirlemek için drondan yayımlanan RF sinyalleri tespit edilmektedir. Tespit edilen RF sinyalleri, sisteme önceden yüklenmiş ticari dronların özelliklerinin bulunduğu veri tabanında aranmakta, bu özellikler veri tabanına daha önceden yüklenmiş bir dronun özellikleri ile eşleşiyor ise dronun marka/modeli belirlenmekte; müteakiben, hedef drona özgü kontrol sinyalleri gönderilerek dron hacklenmekte, kontrolü ele geçirilmekte ve güvenli bir bölgeye yönlendirilmektedir.

Siber yöntemlerle dronun kontrolünün ele geçirilmesinin avantajları, ikincil zarar riskinin düşük olması ve hem uzaktan komuta edilen hem de otonom dronlara karşı kullanılabilmesidir. Dezavantajları ise; yeni ve yeteri kadar test edilmemiş bir teknik olması, dronun hacklenebilmesi için özelliklerinin veri tabanına yüklenmiş olması gerekliliği, el yapımı ve askerî dronların özellikleri bilinemediğinden veri tabanına yüklenememesi sonucunda bunlara karşı kullanılamamasıdır.

Kinetik İmha

Son olarak incelenen Karşı Dron Sistemi ise kinetik imhadır (hard-kill). Kinetik imha için Anti Dron Sistemine entegre edilen makinalı tüfek, uçaksavar, 40 mm bomba atar ve küçük çaplı toplar kullanılmaktadır. Bunların yanında, havadaki dronu yakalamak için eğitilmiş kartalların kullanılması da kinetik yöntemler arasında yer almaktadır.

Kinetik imhanın avantajları; düşük maliyetli olması ve dronun korunan bölgede görevini yapmadan kesin olarak yok edilmesine imkân sağlamasıdır. Dezavantajları ise; enkazın ikincil zarara sebep olabilmesi, ateş eden silahın konumunun düşman tarafından tespit edilebilmesi ve adli kanıt değeri taşıyabilecek bir dronun imha edilerek kanıtın yok edilmesine sebep olabilmesidir.

DEĞERLENDİRME

Yukarıda incelenen anti dron sensör ve karşı tedbir araçlarının avantaj ve dezavantajları göz önüne alındığında; ideal Anti Dron Sisteminin, bahse konu sensör ve araçların birbirinin dezavantajını kapatacak şekilde, kullanım yeri ve amacına uygun olarak bütünleşik yapıda tasarlanması gerektiği söylenebilir.

İlave olarak; günümüzdeki dron tehditlerine karşı kullanılacak sistemlerin aşağıda belirtilen özelliklere sahip olmasının dron tehdidine etkinlikle karşı konulmasına fayda sağlayacağı değerlendirilmektedir:

- Anti dron sistemi kinetik ve kinetik olmayan araçları bir arada buldurmalı,
- Kullanım ihtiyacına uygun olarak konfigüre edilebilecek şekilde modüler yapıda olmalı,

- Hâlihazırda kullanılan ve gelecekte kullanılacak sensör ve karşı tedbir sistemlerine entegre edilebilecek şekilde açık mimari yapıda olmalı,

- İkincil zararı en aza indirmeli (örneğin, optik sensörler ile dronun görev yükü tespit edilmek suretiyle patlayıcı taşıyan dronun düşürülmesi yerine GNSS aldatması yapılarak bölgeden uzaklaştırılması, dron ağı ile yakalanarak kontrollü inişi veya siber yöntemlerle hacklenerek kontrolünün ele geçirilmesi sağlanabilir),

- Yapay Zekâ tabanlı sensör füzyonu ve sinyal işleme özelliğine sahip olmalı,

- Dron imha/etkisiz hâle getirme zinciri boyunca entegre ve katmanlı bir çözüm sağlamalı,

- Hava savunma komuta kontrol sistemlerine entegre/sistemin bir bileşeni olmalı ve ihtiyaç duyulduğunda bağımsız olarak da kullanılabilir,

- Veri tabanı, tespit ve karıştırma etkinliğini sağlamak için yeni dron modellerine göre güncellenebilmeli, bu güncelleme (örneğin USB arayüzü üzerinden PC'ye bağlanarak) kolaylıkla yapılabilir,

- Taşınabilir (portable) ve yeniden kurulabilir (deployable) olmalı; hareket hâlindeyken de çalışabilir,

- Sistemin komuta kontrol yazılımı, sayısal harita verisinden de istifade ederek, en iyi kapsama için, konuşlanılan bölgede sensörlerin (radar, dinleme kestirme cihazları, kameralar, akustik vb.) konumlandırılacağı noktaların seçimi için önerilerde bulunarak karar desteği sağlamalı,

- Katmanlı bir taktik harita üzerinde bölgesel bir hava resmi oluşturmaya imkân sağlamalı; hedefi harita üzerinde konumlandırabilmeli,

- Otomatik hedef-karşı tedbir ataması yapabilmeli,

- 20 cm²'den büyük yüzey alanına sahip dronları, en az 3,5 km mesafeden tespit edebilmeli,

- Optik sensörlerden alınan görüntülerin analizi için Yapay Zekâ destekli görüntü işleme yazılımları kullanılmalı,

- Frekans spektrumunun ilgili tüm bantlarında RF karıştırması yapabilmeli,

- Karıştırma sistemleri dronun frekans bandını otomatik olarak algılamalı, sonrasında kısa sürede ve kendiliğinden algıladığı frekans bandına geçerek karıştırmaya başlayabilmeli,

- Dronun frekans atlama işlevi varsa, karıştırma sistemi dron frekans bandını da takip edebilmeli,

- RF karıştırıcılar ortak bir ağ tesis edecek şekilde irtibatlandırılabilir; kontrol sistemi, tüm cihazlardan gelen geri bildirimleri akıllı bir şekilde entegre ederek en iyi karıştırma yöntemini önermeli,

- Belirli bir bölge veya konvoyun güvenliği için dağıtık yapıda birden fazla Anti Dron Sistemi kullanılması hâlinde, bu sistemler birbirleri ile koordine çalışacak şekilde komuta kontrol merkezinde entegre edilebilir,

- Kinetik tabanlı imha, hedefe otomatik olarak nişan alıp ateş edebilen silahlarla sağlanmalıdır.

Suudi Arabistan ile Yemen'deki Husiler arasında yaşanan çatışmalarda 120° nispeten dar bir görüş alanına sahip Suudi Patriot radarlarının, çatışmanın başladığı 2015 yılından itibaren füze ve İHA saldırılarının çoğunun güneyden geldiği göz önüne alınarak güneye yönlendirilmesi ve bu nedenle Patriot radarlarının kuzeydoğudan gelen saldırıyı algılayıp ve yanıt verememesinden hareketle, Anti Dron Sisteminin 360° kapsamaya sahip olmasının hayati önemde olabileceği görülmektedir.

Anti dron sistemi, yukarıda bahsi geçen tüm sensör ve cihazlardan gelen veriyi toplayacak, işleyecek ve kullanıcıya gösterecek millî bir yazılıma sahip komuta kontrol merkezi/sistemi tarafından yönetilmelidir. Bu komuta kontrol merkez/sistemi, örneğin kritik tesis güvenliği sağlama amaçlı kullanıldığında tek başına (stand-alone) kullanılabilirliği gibi; birlik/tesiste

mevcut harekât merkezindeki komuta kontrol sistemleri ile entegre edilerek de oluşturulabilmelidir. Komuta merkezindeki kullanıcı arayüzü, tehdit durumunun kapsamlı bir resmini sunmalı, sensörlerden kablosuz iletişim ortamından (yakın mesafelerde kablolu da olabilir) gelen veriler komuta merkezinde entegre edilmeli; RF verilerinin yanı sıra görsel verilere dayalı tespit ve sınıflandırma algoritmaları bu sistemde yerleşik olmalı ve entegre bir görüntüleme sistemi tehdit durumunun görüntülenmesini sağlamalıdır. Görüntüleme sistemi konsolunda izleme alanı, tehdit bölgesi, tehdit tanımlama bölgesi vb. tanımlama olanakları bulunmalıdır.

SONUÇ

Günümüz çatışma ve savaşlarında kullanılan İHA'ların etkisiz hâle getirilmesi amacıyla konvansiyonel hava savunma ve EH sistemleri kullanılmakta ve bunlar başarılı da olmaktadır. Bununla birlikte; günümüz dron tehdidi, balistik füzeleri ve konvansiyonel uçakları vurmak için tasarlanmış hava savunma platformları ile kısmen etkisiz hâle getirilebilmektedir. Bu sistemler büyük İHA'lara karşı yeterli bir savunma sağlayabilirken, dronların birçoğuna karşı kullanılamayacak kadar maliyetlidir.

Günümüz muharebe sahasındaki dron tehditlerinin tamamını tespit ve etkisiz hâle getirebilecek fonksiyonların tamamına sahip bir Anti Dron Sistemi henüz üretilmemiştir. Her bir sensör ve karşı tedbir aracının dezavantajının başka bir sensör ve araç kullanılarak giderilmesine ve bu maksatla sensör ve karşı tedbir araçlarının birlikte kullanılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Kullanılacak sensör ve karşı tedbir araçlarının seçimini, kullanım amacı ve tahsis edilen bütçe belirleyecektir. Bu kapsamda; ortak bir komuta ve kontrol sistemi tabanlı "sistemler sistemi" anlayışı, dronlara karşı koymanın en iyi yolu olarak görülmektedir. Hâlihazırda geliştirilmiş olan anti dron sistemlerinin tespit ve imha mesafelerinin geliştirilmeye muhtaç olduğu,

bu kapsamda, daha uzak mesafelerden tespit ve imha yapabilecek anti dron sistemleri geliştirilmesinin hem üretici firmalar hem de kullanıcı ülkeler için bir fırsat penceresi açacağı değerlendirilmektedir.

Anti Dron Sistemleri, bileşenleri olan sensör ve silahların maliyetli olması nedeniyle pahalı sistemlerdir. Bu sistemlerin maliyeti her ne kadar askerî maksatlı kullanımda tolere edilebilse de kalabalık bir etkinliğin emniyeti veya kritik bir sivil tesisin güvenliğinin sağlanması örneklerinde olduğu gibi sivil maksatlı kullanımda tedarik kaynağı bulunmasında zorlanılabilmektedir. Bu nedenler, "maliyet etkin" Anti Dron Sistemi geliştirecek firmaların sektörde öne çıkacağı kıymetlendirilmektedir.

İlave olarak, kullanım esnekliği ve tehdidin uzak mesafelerden itibaren önlenmesini sağlayacağı için drona entegre Anti Dron Sistemi geliştirilmesinin üretici firmalara ve kullanıcı ordulara avantaj sağlayacağı öngörülmektedir. İlave olarak, tehdit teşkil eden dronlara havada çarparak etkisiz hâle getirebilecek "kamikaze" dronlar kullanılabileceği de değerlendirilmektedir. Üzerine entegre edilen optik, RF veya akustik sensörler ile tehdit dronları tespit ederek

kendiliğinden taarruz edebilen bahse konu kamikaze dronlar, emniyeti alınan bölge üzerinde havada "dolaşabilecek (loitering)" veya dron tespitini müteakip havalandırılmak suretiyle kullanılabilir.

Kısa Dalga Kızıl Ötesi (Short Wave Infra Red-SWIR) sensör/kamera kullanılması hâlinde karanlık, sis, pus, toz ve dumanlı ortamlarda daha iyi performans elde edilebileceği ve bu sayede optik sensörlerin ortamdaki kaynaklanan dezavantajın ortadan kaldırılabileceği değerlendirilmektedir. Ayrıca, optik sensör verilerinin Yapay Zekâ destekli görüntü işleme yazılımları ile analiz edilebileceği, bu sayede sistemin hava araçlarını teşhis ederek otomatik ikaz vermesinin sağlanabileceği ve sistemde 7/24 operatör görevlendirilmesine ihtiyaç kalmayacağı öngörülmektedir.

Radardların, havadaki nesnelere ayırt etmede yaşadığı zorlukları gidermek amacıyla mikro-doppler radarların kullanılabileceği; bu tip radarların hareket eden cisimler içindeki hız değişimini (örneğin dronun rotoru) algılamak suretiyle, dronları örneğin kuşlar gibi uçan diğer düşük hızlı nesnelere ayırt edebileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

1. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/701073>
2. <https://dronesec.com/pages/intel>
3. <https://time.com/6265108/drone-trd-singapore-unmanned-aerial-vehicle>
4. Congressional Research Service, Department of Defense Counter-Unmanned Aircraft Systems, 17 Nisan 2023.
5. <https://www.mei.edu/multimedia/video/keynote-address-gen-kenneth-f-mckenziejr>
6. <https://www.ncia.nato.int/about-us/newsroom/nato-tests-counter-drone-technology-during- interoperability-exercise--2.html>
7. <https://globalsavunma.com/dronlara-nasil-karsi-konulabilir-anti-dron-sistemleri-ise-yarar-mi>