



İnsansız Hava Araçlarına Karşı Yeni Bir Silah Sistemi Geliştirilmesi

*Makale Bilgisi / Article Info

Alındı/Received: 05.04.2023

Kabul/Accepted: 03.02.2024

Yayımlandı/Published: 27.02.2024

Development Of a New Weapon System Against Unmanned Aerial Vehicle

Sinan KIVRAK^{1*}, Gülüstan Tuğçe ALVALI², Burak YENİPİNAR³, Emre TURAN⁴

¹ OSTİM Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

² OSTİM Teknik Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Ankara, Türkiye

³ OSTİM Teknik Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Ankara, Türkiye

⁴ OSTİM Teknik Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

Öz

Günümüzde batarya, motor, motor sürücü teknolojilerinin, uzaktan kontrol ve otonom kontrol yöntemlerinin gelişmesi, insansız hava aracı (İHA) teknolojisinin gelişmesine katkı sağlamıştır. İHA'ların kolay temin edilebilmeleri, faydalı yük taşıyabilmeleri, radarlara karşı düşük görünürlüğe sahip olması, kalkış ve iniş için bir piste ihtiyaç duymamaları gibi özelliklerinden dolayı kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Bireysel olarak kullanılabilmesi gibi savunma ve saldırı gibi askeri amaçlarla da İHA'ların kullanımının artması sebebiyle bu sistemlere karşı savunma sistemi geliştirilmesi zorunlu bir ihtiyaç haline gelmiştir. Lazer, RF karıştırıcı, köreltme sistemleri İHA engelleme sistemlerinde yaygın olarak kullanılmakla birlikte bu sistemlerin yüksek maliyetleri, meskûn mahalde kullanılamamaları ve bu sistemlere karşı GPS uygulamaları ile bozucu sinyal kullanılması en önemli eksiklikleridir. Yapılan çalışmada mevcut İHA savunma silah sistemlerine alternatif yeni bir silah sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen sistemde dört adet tüfek eş zamanlı olarak ateşlenerek, 1440 adet 4 mm'lik şarapnelden meydana gelen ve 400 metreye kadar etkili olan bir mermi bulutu oluşturmaktadır. Uygun maliyetinin yanı sıra geliştirilen sistemin yorgun mermisi diğer mühimmat atan silah sistemlerine göre daha az zararlı olması meskûn mahalde çok rahat kullanılmasını sağlamaktadır. Sistem, gerilme, güvenlik katsayısı ve deformasyon analizleri yapılarak geliştirilmiş, üretilmiş ve saha testleri başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Savunma Sistemleri; İHA; Silah Kontrolü; Kontrol Sistemleri.

Abstract

Today, the development of battery, motor, motor control technologies, remote control and autonomous control methods have contributed to the development of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) technology. The use of UAVs is increasing day by day due to their features such as being easily available, carrying a useful load, have low visibility to radars and not needing a runway for take-off and landing. Due to the increase in the use of UAVs for military purposes such as defense and attack, it has become a necessity to develop a defense system against these systems. Although laser, RF jamming and blanking systems are widely used in UAV blocking systems, the most important shortcomings of these systems are their high cost, inability to be used in residential areas, and the use of GPS applications and jamming signals against these systems. In the study, a new weapon system was developed as an alternative to the existing UAV defense weapon systems. In the developed system, four rifles are fired simultaneously, forming a bullet cloud consisting of 1440 pieces of 4 mm shrapnel and effective up to 400 meters. In addition to its affordable cost, the tired projectile of the developed system is less harmful than other ammunition-throwing weapon systems, which makes it very comfortable to use in residential areas. The system was developed, manufactured and field tests were successfully completed by performing stress, safety coefficient and deformation analyzes.

Keywords: Defense Systems; UAV; Gun Control; Control Systems

1. Giriş

İnsansız Hava Araçlarının (İHA) küçük olması, radara yakalanmaması, piste ihtiyaç duymaması, faydalı yük taşıyor olabilmesi, ucuz ve kolay temin edilebiliyor olması gibi sebeplerden dolayı günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. İHA'lar ayrıca tespit, teşhis, izleme ve etkisiz hale getirme gibi askeri amaçlarla kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Bireysel olarak tedarik edilebilen ticari İHA'lar bile faydalı yük taşıma kapasitesi

kullanılarak saldırı İHA'ları haline getirilebilmektedir. Sayıları giderek artan İHA'lar ile ilgili güvenlik tehditlerine karşı koruma sistemlerinin tasarlanması ve uygulanması gerekliliği kritik bir konu haline gelmiştir. Bu bağlamda İHA teknolojisinin gelişmesine paralel olarak İHA engelleyici silah sistemleri de gelişmektedir. Literatürde yer alan İHA savunma sistemleri ile ilgili çalışmalar incelendiğinde birbirinden farklı yöntem kullanan birçok çalışma olduğu görülmektedir. RF Karıştırma, Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi Karıştırma (GNSS), Yanıltma

Sinyali (Spoofing), Köreltme, Lazer, Yüksek güçlü mikrodalga (HPM), ağ yöntemi, çarpışan İHA ve mühimmat ile dron düşürme yöntemleri yaygın olarak kullanılan yöntemler olarak karşımıza çıkmaktadır (Genç ve Erciyes 2020, Sütçüoğlu ve Alay 2019, Bhatta 2010, Eldosouky et al. 2019, la Cour-Harbo 2017, Chiper et al. 2022).

Kullanılan İHA savunma sistemlerinde farklı İHA tespit yöntemleri kullanılabilir. Yaygın olarak kullanılan bu yöntemler karşılaştırmalı olarak Çizelge 1’de verilmiştir. İHA’ların tespit edilmesinde kullanılan her tekniğin birbirine göre avantaj ve dezavantajı bulunmaktadır. İHA’ların tespitinde doğruluğu en yüksek yöntem Sensör füzyonudur. Ancak bu yöntemin yüksek maliyetli olması ve sensör bilgisinin işlenmesinin karmaşık bir süreç gerektirmesi bu yöntemin kullanımını kısıtlamaktadır. Ayrıca, İHA algılama yöntemlerinin yüksek maliyetli olması, meskûn mahalde kullanılabilir olmaması ve mühimmat ile dron düşürme sistemlerinin yorgun mermisinin öldürücü etkisinin olması sebebiyle bu sistemlere alternatif bir silah sistemi geliştirilme ihtiyacı doğmuştur. Bununla birlikte günümüzde özellikle savunma sanayinde kullanılan silah sistemlerinin yerli imkânlar ile tasarımı ve üretimi de stratejik öneme sahip önemli bir konudur.

Bu çalışmada, sabit kanatlı ve döner kanatlı İHA’lara karşı kullanılmak üzere bir savunma sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem dört silahtan meydana gelmekte olup eşzamanlı ateşleme yaparak bir mermi bulutu oluşturmaktadır. Elektrik ve mekanik tasarımı tamamlanan sistem prototip olarak üretilmiş ve saha testlerini başarılı bir şekilde tamamlamıştır.

Geliştirilen sistemde yorgun mermisi öldürücü etki yaratmayan dört adet Eşrefoğlu Bulbup tüfek kullanılmıştır. Kullanılan tüfek, 20 mermi kapasiteli şarjör ile kullanılmış olup 18’li şevrotin mermi ile kullanılabilir. Geliştirilen sistemde 10 saniye gibi kısa bir süre içerisinde 4 mm çapında 1440 şarapnelin meydana gelen bir mermi bulutu oluşturulabilmektedir. Oluşturulan bu mermi bulutu ile sabit ve çok kanatlı İHA’ların elektrik ve mekanik ekipmanlarının zarar görme olasılığı oldukça yükseltilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Tasarım süresince öncelikle geliştirilen mühimmat tabanlı anti-dron sisteminin konsept tasarımı gerçekleştirilmiştir. Öncelikle dört adet Eşrefoğlu Bulbup tüfeğin kullanıldığı sistem tasarlanmıştır. Tasarlanan sistemin geri tepme kuvvetleri, farklı kuvvetlerde gerilme

değeri ve deformasyon miktarı Sonlu Eleman Analiz yöntemi ile analiz edilmiştir. Analiz çalışmasının sonucunda dört silahlı sistem üretilmiş ve saha testlerine tabi tutulmuştur. Saha testlerinin başarılı olması ile birlikte çalışmada kullanılan yöntemin doğrulanması yapılmıştır. Daha sonraki çalışmalar için Eşrefoğlu Bulbup tüfeğin kullanıldığı yedi silahlı anti-dron sisteminin tasarımı ve analizleri sunulmuştur.

Çizelge 1. İHA tespit yöntemlerinin karşılaştırılması (Jeong et al. 2018, Journ et al. 2021, Guvenc et al. 2018, Oh et al. 2019, Park et al. 2021, Wellig et al. 2018, Aledhari et al. 2021, Benyamin and Goldman 2014).

Yöntem	Avantaj	Dezavantaj
RF Algılama	Düşük maliyetlidir. Uzaktan kumanda taklit edilerek İHA’nın kontrolü ele geçirilebilmektedir .	Aynı frekans bandında farklı sinyaller de olduğu için doğruluğu düşüktür. İHA’nın otonom uçuş gerçekleştirmesi durumunda gelen RF sinyalinin olmaması nedeniyle bu yöntem başarısız olmaktadır.
Radar	Düşük maliyetli Frequency-Modulated Continuous-Wave Radar (FMCW Radar) ları sis, bulut, tozdan etkilenmezler. Tespit için İHA ile aktif veri alışverişine ihtiyaç duymamaktadır. Uzun mesafeden İHA’ları tespit edebilmektedir .	İHA’ların radar kesitinin (RCS) küçük olması sebebiyle tespit edilmesini zorlaştırmaktadır. Farklı İHA türleri göz önünde bulundurulurken, hassas drone algılama/sınıflandırma ve makine öğrenimi teknikleri için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.
Akustik	İHA’lar duyulabilir olduğu sürece basit mikrofonlar ile ucuz sistemler kurulabilmektedir.	Farklı İHA’lar için akustik imza veritabanına ihtiyaç duyulmaktadır. Şehir gibi yüksek gürültülü ortamlarda kötü çalışabilir.
Sensör Füzyonu	Yüksek algılama doğruluğu ve uzun mesafeli çalışma için birden fazla farklı algılama tekniğinin avantajlarını birleştirmektedir.	Yüksek maliyetlidir. Bilgiyi işlemek karmaşık bir süreç gerektirir. Etkin sensör füzyon algoritmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

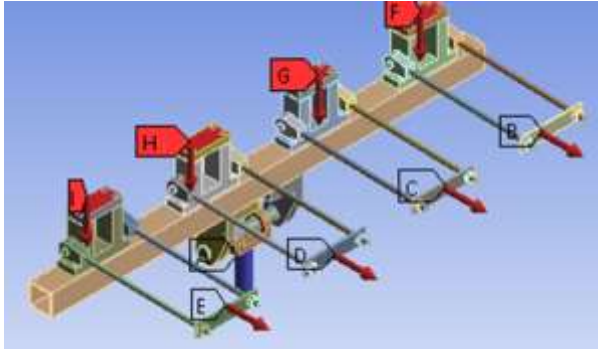
2.1 Mekanik tasarım

Öncelikle dört silahlı Eşrefoğlu Bulbup tüfeğin kullanıldığı dört silahlı anti-dron sisteminin konsept tasarımı Şekil 1’de görülmektedir. Üretim aşamasına geçmeden önce tasarımın, gerilme ve titreşim analizleri yapılarak geliştirilmiş ve test edilmiştir. Gerilme analizleri tasarımın güvenlik kriterlerinin belirlenmesi için, modal analizi ise titreşimsel bir sonuca ulaşmak için dinamik tepkiyi görmek ve bu cevabı matematiksel bir modelde ifade etmek için yapılmıştır. 4’lü sistem tasarımı ANSYS sonlu elemanlar paket programına aktarılmış ve ilk olarak gerilme analizleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Dört silahlı anti-İHA silah sistemi

Sistem kullanımı sırasında silahlar geri tepme kuvvetine maruz kalmaktadır. Sisteme farklı silah türleri bağlanabileceği için dört farklı geri tepme kuvveti uygulanmış ve kuvvetler sonucunda oluşan deformasyon miktarı belirlenmiştir. Geri tepme kuvvetlerinin etki edeceği yüzey ve sistemin bağlantı yerleri Şekil 2’de verilmiştir.



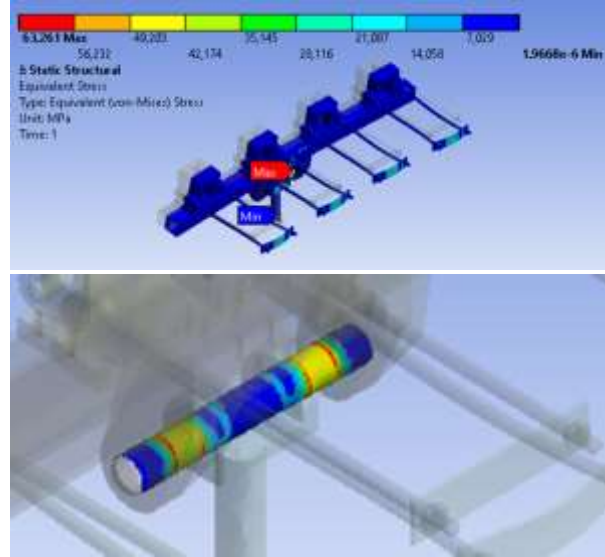
Şekil 2. Dört silahlı anti-İHA sistemine uygulanan kuvvetler

Tasarım A noktasından sabitlenmiş ve silahın ateşlenmesi sonucunda bağlantı yerlerine (B, C, D, E noktalarında) geri tepme kuvvetlerinin eşdeğerinde kuvvetler ve silah montajın yapıldığı bağlantı yerlerine (F, G, H, I noktalarına) sıkıştırma kuvvetleri uygulanmıştır. Sisteme 50 N’luk, 100 N’luk, 150 N’luk ve 200 N’luk kuvvetler uygulanmış ve oluşan gerilme kuvveti, güvenlik katsayısı ve deformasyon miktarları hesaplanmıştır (Çizelge 2).

Şekil 3’te 4’lü sistem tasarımına 200 N’luk yük uygulandığında oluşan gerilmeler gösterilmiştir. 200 N yük altında 63,261 MPa gerilme oluşmuş ve güvenlik katsayısı 3,9519 olarak bulunmuştur. Doğal frekansını belirlemek için modal analiz yapılmıştır. Bu analizi yapmaktaki temel amaç, titreşimsel bir sonuca ulaşmak için dinamik tepkiyi görmek ve bu cevabı matematiksel bir modelde ifade etmektir. İlk 15 titreşim modu için titreşim analizi yapılmıştır. 15 mod için elde edilen deformasyon ve doğal frekans çizelgelerinde verilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 2. Uygulanan kuvvetlere göre gerilme değerleri, deformasyon miktarları ve güvenlik katsayıları

Uygulanan Kuvvetler (N)	Gerilme Değeri (MPa)	Gerilme Değeri (MPa)	Güvenlik Katsayısı
50	18,358	0,11992	13,618
100	31,958	0,20957	7,8228
150	47,609	0,31231	5,2511
200	63,261	0,41507	3,9519



Şekil 3. Dört silahlı sisteme 200 N yük altında oluşan kuvvet.

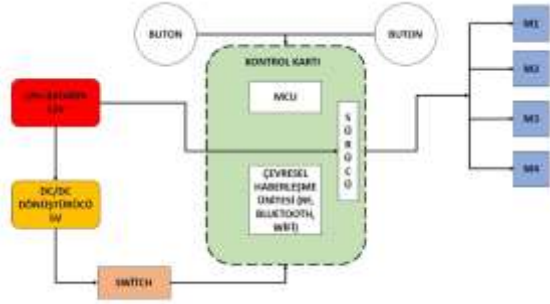
Çizelge 3. İlk 15 Mod için yer değiştirme miktarları

Mod	Doğal Frekans (Hz)	Yer Değiştirme (mm)
1	47,375	38,969
2	49,338	49,771
3	50,815	54,335
4	51,016	60,678
5	60,374	26,194
6	69,709	32,333
7	73,672	52,634
8	73,906	47,832
9	74,128	28,872
10	75,059	36,438
11	88,33	22,983
12	157,04	55,723
13	159,76	66,022
14	160,03	56,055
15	160,28	70,329

2.2 Elektronik Tasarım

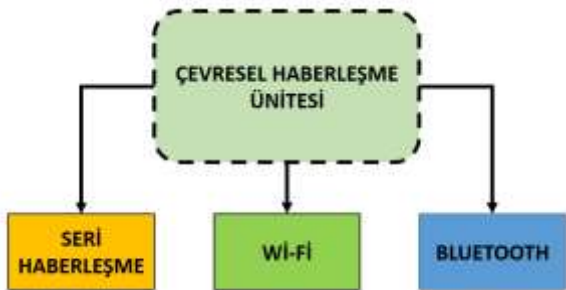
Sistemin kontrol edilebilmesi ve eş zamanlı olarak silahların ateşlenebilmesi için bir kontrol kartı

tasarlanmıştır. Kontrol kartı, sistemin sekiz silaha kadar kontrolünü hem manuel hem de uzaktan kontrol şeklinde sağlayabilmektedir.



Şekil 4. Elektronik kontrol sisteminin kontrol diyagramı

Şekil 4’de kontrol kartına ait diyagram gösterilmiştir. Kontrol kartının enerjisi, LiPo pillerin gerilimi 12V değerinden DC/DC Dönüştürücü sayesinde 5V’a indirgenerek sağlanmıştır. Sistemin çalışabilmesi için bir anahtar kullanılmıştır. Anahtar (Switch) kontrol kartını çalıştırarak sistem kontrolünü kullanıcı için hazır hale getirmektedir. Kullanıcı butonlar yardımıyla silahların entegre olduğu motorları çalıştırmaktadır. Motorlara ait sürücü LiPo pillere ait 12V gerilim ile çalışmaktadır. Kontrol kartı üzerinde bulunan mikro işlemci sayesinde tetik mekanizmalarının kontrolü sağlanmaktadır. Mikro işlemci sistemin yarı otonom kontrol edilmesinin yanında haberleşme modülleri ile sistemin uzaktan kontrol edilmesine de olanak sağlamaktadır. Kontrol kartının çıkışında 4 adet servo motor bulunmaktadır. Her servo motor tek bir silahın tetik mekanizmasında bulunup silahın kontrolünü sağlayarak toplamda 4 silahın senkron ateşlenmesi sağlamıştır. Kontrol kartı uzaktan kontrol için haberleşme uygulamaları ile desteklenmiştir. Şekil 5’ de bu uygulamalar verilmiştir.



Şekil 5. Elektronik kontrol sisteminin haberleşme uygulamaları

Şekil 5’de kontrol kartı çok fonksiyonlu haberleşme uygulamaları verilmiştir. Seri haberleşme uygulaması ile servo haberleşme girişinden verilen data verisi ile seri port haberleşme yapılabilmektedir. Bunun yanında

bluetooth ile RF (radyo-frekans) sinyal çalıştırma uygulaması yapılabilir. Bluetooth ile nRF (Kablosuz alıcı/verici haberleşme modülü) ile harici rc rf cihazı, cihaz üzerindeki bir sinyali alıp işlenebilmektedir.

3. Bulgular

Tasarımı ve bilgisayar ortamında sonlu elemanlar analizleri gerçekleştirilen dört tüfekli anti-İHA silah sisteminin prototip üretimi gerçekleştirilmiştir (Şekil 5).



(a)



(b)



(c)

Şekil 5. Dört silahlı prototip, (a) tetik mekanizması, (b) Tetik mekanizmasının silaha montajlanması, (c) Sistemin genel görüntüsü

Şekil 5’de servo motor, elektronik kontrol ünitesi ve mekanik aksanlar gösterilmiştir. Servo motor, 1,8° derece hassasiyette kontrol sağlayabilmekte ve 5Nm tutma torkuna sahiptir. Elektronik kontrol ünitesi yarı otonom olarak sistemin kontrolünü sağlamaktadır. Mekanik aksanlar ise St-37 çelik alaşımlı malzeme kullanılarak üretilmiştir. Sistem testleri açık alanda gerçekleştirilmiştir. Yapılan testlerde 4 silahın eş zamanlı olarak ateşlendiği gözlemlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Saha testleri

4. Tartışma ve Sonuç

Yapılan bu çalışmada insansız hava araçlarına karşı çok namlulu otomatik atış sistemi tasarlanmış ve üretimi gerçekleştirilmiştir. Sistem testlerinde 10 şarjöre sahip 4 silah, toplamda 40 adet mermiyi ateşlemiştir. Bu çalışmada İHA'ları engellemek için geleneksel olarak kullanılan silah sistemlerine alternatif bir silah sistemi geliştirilmiştir. Mekanik tasarım sürecinde sistemin gerilme, güvenlik katsayısı ve meydana gelen deformasyon miktarı sonlu eleman analiz yöntemlerinden faydalanılarak tespit edilmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre 200N'luk kuvvet uygulanan sistemde 63,261 MPa gerilme oluşmuştur. Tasarımı doğrulanan sistem prototip olarak üretilerek saha testlerine tabi tutulmuştur. Sistemde dört adet Eşrefoğlu Bulbup tüfek kullanılmış olup çok kısa bir süre içerisinde 1440 adet 4mm'lik şarapnelden meydana gelen bir mermi bulutu oluşturulmaktadır. Testler esnasında dört tüfeğin eş zamanlı olarak çalıştırılabildiği ve istenilen mermi bulutunu oluşturduğu tespit edilmiştir. Görüntü işleme yöntemleri ve yapay zeka algoritmaları ile sistem geliştirilmeye açıktır. Çalışma bu alanda literatürde yapılacak çalışmaların temelini oluşturacaktır.

Etik Standartlar Bildirgesi

Yazarlar tüm etik standartlara uyduklarını beyan ederler.

Yazarlık Katkı Beyanı

Yazar 1: Araştırma, Fikir Sahibi, Deney tasarımı, Proje Yöneticisi, Görselleştirme, Yazma – orijinal taslak
Yazar 2: Kaynaklar, Araştırma, Deney, Yazma – orijinal taslak
Görselleştirme, Yazma – orijinal taslak- Analiz ve yorumlama
Yazar 3: Kaynaklar, Araştırma, Deneyleme, Biçimsel analiz, Doğrulama, Metodoloji, Görselleştirme, Yazma – orijinal taslak,
Yazar 4: Kaynaklar, Araştırma, Deneyleme, Biçimsel analiz, Doğrulama, Metodoloji, Görselleştirme, Yazma – orijinal taslak,

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarların bu makalenin içeriğiyle ilgili olarak beyan edecekleri hiçbir çıkar çatışması yoktur.

Verilerin Kullanılabilirliği

Bu çalışma sırasında oluşturulan veya analiz edilen tüm veriler, yayınlanan bu makaleye dahil edilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma OSTİM Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından koordinatörlüğün BAP202206 numaralı “UZAKTAN KONTROLLÜ ATIŞ SİSTEMİ TASARIMI VE ÜRETİMİ” başlıklı projesi ile desteklenmiştir. Bu bağlamda OSTİM Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederiz.”

5. Kaynaklar

- Aledhari, M., Razzak, R., Parizi, R. M., & Srivastava, G. (2021, April). Sensor fusion for drone detection. In *2021 IEEE 93rd Vehicular Technology Conference (VTC2021-Spring)* (pp. 1-7). IEEE.
- Benyamin, M., & Goldman, G. H. (2014). Acoustic detection and tracking of a Class I UAS with a small tetrahedral microphone array. Army Research Lab Adelphi MD.
- Bhatta, B. (2010). Global navigation satellite systems: insights into GPS, GLONASS, Galileo, Compass, and others. BS Publications.
- Chiper, F. L., Martian, A., Muscalu, D. I., Vladeanu, C., & Marghescu, I. (2022, June). Aerial Drone Defense System based on Software Defined Radio Platforms. In *2022 14th International Conference on Communications (COMM)* (pp. 1-4). IEEE.
- Eldosouky, A., Ferdowsi, A., & Saad, W. (2019). Drones in distress: A game-theoretic countermeasure for protecting uavs against gps spoofing. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(4), 2840-2854.
- GENÇ, Y. M., & ERCİYES, E. (2020). İnsansız Hava Araçları (İHA) Tehditleri ve Güvenlik Yönetimi. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(2), 36-42.
- Guvenc, I., Koohifar, F., Singh, S., Sichitiu, M. L., & Matolak, D. (2018). Detection, tracking, and interdiction for amateur drones. *IEEE Communications Magazine*, 56(4), 75-81.
- la Cour-Harbo, A. (2017). Mass threshold for 'harmless' drones. *International Journal of Micro Air Vehicles*, 9(2), 77-92.
- Jeong, W. H., Choi, H. R., & Kim, K. S. (2018). Empirical path-loss modeling and a RF detection scheme for various drones. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2018.

- Jurn, Y. N., Mahmood, S. A., & Aldhaibani, J. A. (2021, August). Anti-Drone System Based Different Technologies: Architecture, Threats and Challenges. In *2021 11th IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering (ICCSCE)* (pp. **114-119**). IEEE.
- Oh, H. M., Lee, H., & Kim, M. Y. (2019, October). Comparing Convolutional Neural Network (CNN) models for machine learning-based drone and bird classification of anti-drone system. In *2019 19th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS)* (pp. **87-90**). IEEE.
- Park, S., Kim, H. T., Lee, S., Joo, H., & Kim, H. (2021). Survey on anti-drone systems: Components, designs, and challenges. *IEEE Access*, 9, 42635-42659.
- Sütçüoğlu Ö & Alay M. (2019). Anti-Drone Savunma Sistemleri. Ankara: STM Teknoloji Düşünce Merkezi.
- Wellig, P., Speirs, P., Schuepbach, C., Oechslin, R., Renker, M., Boeniger, U., & Pratisto, H. (2018, June). Radar systems and challenges for C-UAV. In *2018 19th International Radar Symposium (IRS)* (pp. **1-8**). IEEE.