



Samsun AB Bilgi Merkezi



GELİŞEN ÇAĞ HACKATHONU UZAY-HAVACILIKTA YENİ DÖNEM

MAVERICK TAKIMI



Kamikaze İHA Sinyal Tespit ve İkaz Sistemi

Hazırlayanlar

Ahmet Yasir Savcı
Emircan Danışmaz
Muhammed Hüseyin İsmail

Samsun
2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	3
1. GİRİŞ.....	3
2. PROBLEM TANIMI ve MEVCUT ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ.....	5
2.1. Problem Tanımı:.....	5
2.2. Mevcut Çözüm Yöntemleri:.....	6
3. ÇÖZÜM YÖNTEMİ.....	10
3.1. Projede İzlenen Adımlar ve Süreçler.....	10
3.2. Kullanılan Teknikler ve Araçlar.....	12
4. TEKNİK DETAYLAR.....	13
4.1. Kullanılan Teknoloji ve Platformlar.....	13
4.2. Yazılım ve Donanım Bileşenleri.....	14
4.3. Algoritmalar ve Veri İşleme Yöntemleri.....	18
5. PROJE GELİŞTİRME SÜRECİ.....	20
5.1. Takımın İş Bölümü ve Rol Dağılımı.....	20
5.2. Karşılaşılan Zorluklar ve Aşılma Yöntemleri.....	21
6. DEĞERLENDİRME ve TARTIŞMA.....	21
6.1. Projenin Güçlü Ve Zayıf Yönleri.....	21
6.2. Projenin Hedefleri ve Kapsamı.....	22
6.3. Gelecekte Yapılabilecek Geliştirmeler ve İyileştirmeler.....	22
7. SONUÇLAR.....	22
8. KAYNAKÇA.....	24

ÖZET

Bu proje, kamikaze dronların oluşturduğu güvenlik tehditlerine karşı etkili bir çözümün geliştirilmesini amaçlamaktadır. Günümüzde kamikaze dronlar, düşük maliyetleri ve hızlı hedefe ulaşma yetenekleri nedeniyle artan bir tehdit haline gelmiştir. Bu dronlar, geleneksel hava savunma sistemleri tarafından genellikle tespit edilemez ve etkisiz hale getirilemezler. Proje, kamikaze dron tehditlerini tespit etmek ve bunlara karşı zamanında önlemler almak için bir çözüm sunmayı amaçlamaktadır.

Proje, birbirine entegre edilmiş donanım ve yazılım bileşenlerinden oluşan bir sistem kullanarak kamikaze dronların sinyallerini tespit etmeyi hedeflemektedir. Elektronik kartlar ve sensörler kullanılarak dronlardan gelen sinyaller analiz edilir ve gömülü yazılım tarafından değerlendirilir. Bu analiz sonucunda dronun yaklaşma hızı ve mesafesi belirlenir ve kullanıcıya anlık olarak bildirilir. Ayrıca, mobil arayüz kullanılarak kullanıcıya tehditlerle ilgili bilgiler sunulur ve gerekli önlemlerin alınması sağlanır.

Bu proje, kamikaze dronlarının neden olduğu güvenlik tehditlerine karşı etkili bir çözüm sunarak güvenlik güçlerine ve diğer ilgili taraflara güvenli bir koruma sağlamayı amaçlamaktadır.

1. GİRİŞ

Havacılık ve uzay sistemleri, insanlığın keşif ve ilerlemenin sınırlarını genişletmek için kullandığı önemli bir alandır. Bu sistemler, atmosferin ötesine geçen uçuşlardan, dünya yörüngeindeki uyduların işleyişine, gezegenler arası yolculuklardan, uzay istasyonlarına kadar geniş bir yelpazeyi içerir. Havacılık ve uzay sistemlerinin bu çok yönlü yapısı, insanlığın bilgi, iletişim, savunma, keşif ve daha birçok alanda güçlü bir etkisi olduğunu göstermektedir[5].

Bu gelişmelerin ışığında, günümüzdeki askeri operasyonların yöntemleri teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte önemli bir dönüşüm geçirmektedir. Bu dönüşümün merkezinde ise insansız hava araçları ve özellikle kamikaze dronlar yer almaktadır. Kamikaze dronlar, esnek

görevlere hızlı adaptasyon sağlar ve düşman hedeflerine daha hızlı yönlendirilebilir. Üretim ve kullanım maliyetleri genellikle düşük olduğundan daha fazla dronun kullanılmasını mümkün kılar. Bu dronlar, operasyon sırasında insan kaybı riskini azaltarak personel güvenliğini artırır ve hedeflere daha hassas bir şekilde yönlendirilerek sivil kayıpları minimize edebilirler. Kamikaze dronlar, operatörlere gerçek zamanlı görüntü aktarımı sağlayarak düşman hareketlerini izleme, kritik noktaları gözleme ve kullanıcısına stratejik kararlar alma imkanı sunarlar. Kamikaze dronların saldırısı görevlerinde kullanımı, küçük boyutları ve yüksek hareket kabiliyetleri sayesinde mümkündür[7]. Taşınabilir patlayıcı cihazlar taşıyarak hedefe yönelik hassas saldırular gerçekleştirebilirler. Bu dronların, savaş alanındaki rolü özellikle Ukrayna'daki askeri çatışmalarda somutlaşmıştır. Hem savunma hem de saldırısı amaçlı kullanılan kamikaze dronlar, sahadaki güvenlik güçlerine karşı kullanıldığı durumlarda askeri teçhizat ve personellere karşı çok büyük tehlike oluşturmaktadır. Küçük boyutları ve sessiz çalışma özellikleri nedeniyle tespit edilmesi çok zor araçlardır. Bu özellikler, onları gizli operasyonlar ve sürpriz saldırular için ideal hale getirir. Dünyada birçok terör örgütü dolaylı yollarla yüksek teknolojik ürünleri kolaylıkla elde edebilmektedir. Bu durumdan kaynaklı olarak sahadaki birliklerin operasyonel güvenliği ciddi şekilde tehdit altına girmektedir. Kamikaze dronlar, taşınabilir patlayıcılar taşıyarak doğrudan saldırular gerçekleştirebilirler ve bu saldırular önemli kayıplara yol açabilir. Bu dronların yüksek manevra kabiliyeti, dağlık araziler ve ağaçlık alanlarda hedefe ulaşmalarını ve etkili bir saldırısı gerçekleştirmelerini sağlar. Orta doğu başta olmak üzere terör ve savaşların olduğu bölgelerde sahada bulunan askeri personellerinin en çok zorlandığı konuların başında bu problem yer almaktadır[6]. Bu problem hakkında literatürde birçok araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalara bakıldığında;

(Gürsu, 2023) Bu çalışmada, Rusya'nın hava saldırısı taktikleri ile Ukrayna Konuşlu Hava Savunma Sistem'lerinin karşı taktikleri incelenmiştir. Bu çerçevede yerden havaya füze sistemlerinin bütünlük bir komuta kontrol yapısı altında gelişen muharebe şartlarına uygun olarak esnek kullanımı ve bu sistemlerin lojistik desteği içindeki devamlılığın harekata etkileri ele alınmıştır. Çalışmanın sonucunda, Ukrayna savaşından alınan dersler ışığında Konuşlu Hava Savunma Sistemleri'nin alçak irtifadan uçan kamikaze iha sistemlerine karşı savaşa hazırlık seviyelerini yükseltecek önlemlerin ortaya konulması ve yeni taktiklerin geliştirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır[1].

(Kunertova, 2023). Bu çalışmada, Rusya'nın Ukrayna'yı işgal etmesiyle ortaya çıkan çatışmada her iki tarafın da yoğun bir şekilde kullandığı kamikaze dronların savaş

stratejilerine etkisini incelemektedir. Çalışma sonucunda, modern hava savunma sistemlerinin ve karadan havaya atılan hava savunma füzelerinin, son teknolojik kamikaze İHA'lara karşı büyük bir zayıflık gösterdiği belirtilmiştir[2].

(Rassler, 2016). Bu çalışmada, Ağustos 2016'nın ortalarında Şii militan grubu Hizbulah'ın, Suriye'deki isyancı mevzileri üzerinde uçarken, ticari olarak satılan bir insansız hava aracını modifiye ederek iki küçük bomba attığına dair raporlar incelenmektedir. Bu olay, terörist grupların uzun zamandır insansız hava araçlarına ilgi gösterdiği ve kullanımını denediği ancak bu grup için bir ilk olarak değerlendirilmekte ve gelecek aylar, yıllar ve onyıllar boyunca benzer olayların yaşanabileceği endişesini yaratmaktadır[3].

2. PROBLEM TANIMI ve MEVCUT ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

2.1. Problem Tanımı:

Günümüzde, hem savunma hem de saldırı amacıyla kullanılan kamikaze dronlar, sahadaki güvenlik güçleri için ciddi ve artan bir tehdit oluşturmaktadır. Bu insansız hava araçları, özellikle küçük boyutları ve sessiz çalışmaları nedeniyle tespit edilmeleri oldukça zor araçlardır. Bu özellikler, kamikaze dronları gizli operasyonlar ve ani saldırılarda ideal hale getirmektedir. Özellikle terör örgütleri ve yasa dışı gruplar, Şekil 1.'de gösterildiği gibi çeşitli yollarla bu yüksek teknolojik ürünlerin kolaylıkla temin edilebilmektedir. Bu durum, sahadaki birliklerin operasyonel güvenliğini ciddi şekilde riske atmaktadır.



Şekil 1. Montajlanmış kamikaze İHA sistemi

Kamikaze dronlar, genellikle üzerinde bulunan patlayıcıları kullanarak doğrudan saldırırlar gerçekleştirebilir ve bu tür saldırılarda, askeri ve sivil hedeflerde büyük kayıplara neden olabilir. Bu dronların yüksek manevra kabiliyeti, özellikle dağlık araziler ve ormanlık alanlar gibi

zorlu ve karmaşık ortamlarda hedefe ulaşmalarını ve etkili saldırular gerçekleştirmelerini mümkün kılmaktadır. Bu nedenle, kamikaze dronlardan kaynaklanan tehdit, görev sahasında askeri personelin karşılaştığı en zorlu sorunlardan biridir. Kamikaze dronların Filistin'de ve Ukrayna'da da kullanıldığı bilinmektedir. Bu bölgelerdeki çatışmalarda, bu tür dronlar hem askeri hem de sivil hedeflere karşı kullanılarak büyük zararlara yol açmaktadır. Özellikle Orta Doğu gibi terör ve savaşların yoğun olduğu bölgelerde, sahadaki askeri personelin bu tür tehditlerle mücadele etmesi oldukça zor olmaktadır. Kamikaze dronlar, ani ve beklenmedik saldırılar gerçekleştirebilme yetenekleri dolayısıyla, sahadaki birlikler için ciddi bir güvenlik açığı oluşturmaktadır. Bu tehdidi ortadan kaldırmak için kamikaze dronların tespit edilmesi ve etkisiz hale getirilmesi konusunda etkili çözümler geliştirilmesi büyük bir gerekliliktir. Mevcut teknolojiler, genellikle bu tür dronları erken tespit etme ve zamanında müdahale etme konusunda yetersiz kalmaktadır. Günden güne artan bu soruna birçok farklı çözüm yöntemi geliştirilmeye çalışılmış, ancak bu yöntemlerin hiçbirinde istenilen sonuçlar elde edilememiştir. Yapılan çalışmalarda yüksek teknoloji hava savunma sistemlerinden, araçların dış kısımlarına file veya kafes tarzı engelleyicilere kadar birçok yöntem denenmiştir. Bu yöntemler altı başlıkta sınıflandırılmıştır.

2.2. Mevcut Çözüm Yöntemleri:

a) Görüntü Tanıma Sistemleri:

Görüntü tanıma ve tanıma sistemleri, günümüzün güvenlik sektöründe kritik bir rol oynamaktadır. Kameralar ve görüntü işleme yazılımları, potansiyel tehditleri tespit etmek ve gerekli tepkileri başlatmak için geniş çapta kullanılmaktadır. Ancak, bu sistemlerin etkinliği bazı özel koşullar altında zayıflayabilir ve terör örgütlerinin yeni taktikler geliştirilmesine neden olabilir. Görüntü tanıma sisteminde görev alan sistem elemanları Şekil 2.'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Görüntü tanıma sisteminde görev alan sistem elemanları

Özellikle, terör örgütlerinin geleneksel olmayan yöntemlerle, örneğin yanıcı ve duman çıkarıcı maddelerle saldırular düzenlemesi, mevcut görüntü tanıma sistemlerinin sınırlarını açığa çıkarabilir. Bu tür maddelerin kullanımı, tipik algılama yöntemlerini atlatarak sistemleri etkisiz hale getirebilir. Örneğin, petrol veya yanıcı kimyasallarla donatılmış bir drone, geleneksel algılama tekniklerini yanıltarak önleyici tedbirlerin başarısız olmasına yol açabilir.

b) Radar Sistemleri:

Radar sistemleri, genellikle dronların hareketini ve konumunu algılayarak hava sahasında izinsiz dronları tespit etmek için kullanılır. Ancak, FPV (First Person View) ve kamikaze dronlar gibi düşük profilli ve düşük radar kesit alanına sahip dronlar, geleneksel radar



Sekil 3. Sapphire elektronik radar sistemi

sistemlerinin algılama yeteneklerinden kaçınabilir veya bunlara karşı daha az etkili olabilir. Bu tür dronlar, Şekil 3.'de gösterilen radar sistemlerinin tespit etme yeteneklerinden kaçınmak veya gizlenmek için tasarlanmış olabilir ve bu nedenle radar sistemleri tarafından kolayca tespit edilmeyebilir. Bu durumda, radar sistemleri etkisiz kalabilir ve dronların hava sahasına girmeden tespit edilmesi ve engellenmesi daha zor olabilir.

c) Fiziksel Engelleme Sistemleri:

Fiziksel engelleme sistemleri, genellikle dronların fiziksel olarak yakalanmasını veya etkisiz hale getirilmesini sağlar. Ancak, FPV (First Person View) ve kamikaze dronlar gibi düşük

profilli ve manevra kabiliyeti yüksek dronlar, geleneksel fiziksel engelleme sistemlerine karşı daha az etkili olabilir. Bu tür dronlar, ağlar, tuzaklar veya yükselen fiziksel engeller gibi fiziksel engelleme sistemlerini kolayca aşabilir veya bunlardan kaçabilir.



Şekil 4. a) File yöntemi b) Çelik kafes yöntemi

Bu durumda, Şekil 4.'de verilen fiziksel engelleme sistemleri etkisiz kalabilir ve dronların hava sahasına girmeden tespit edilmesi ve engellenmesi daha zor olmaktadır.

d) Jammer (Karıştırıcı) Sistemleri:

Jammer (Karıştırıcı) Sistemleri, genellikle dronların kumanda sinyallerini veya GPS sinyallerini engellemek için kullanılır. Ancak, FPV (First Person View) ve kamikaze dronlar gibi düşük profilli ve önceden belirlenmiş rota takip eden dronlar, Şekil 5.'de gösterilen geleneksel jammer sistemlerine karşı daha az duyarlı olabilirler.



Şekil 5. Jammer sistemi

Bu tür dronlar, kendi içlerinde bağımsız bir şekilde programlanmış olduklarından, harici kontrol sinyallerine daha az bağımlıdırlar ve bu nedenle jammer sistemlerinin etkisinden kaçınabilirler. Bu durumda, jammer sistemleri dronları etkisiz hale getirmekte veya kontrol altına almakta daha az etkili olabilir.

e) Lazer Tabanlı Sistemler:

Lazer tabanlı savunma sistemleri, genellikle dronları tespit etmek ve etkisiz hale getirmek için yüksek enerjili lazer ışınları kullanır. Ancak, FPV (First Person View) ve kamikaze dronlar gibi düşük profilli ve hızlı manevra yapabilen dronlar, geleneksel lazer tabanlı sistemlere karşı daha az duyarlı olabilirler.



Şekil 6. Lazer ışını ile drone savar

Bu tür dronlar, hızlı ve düşük profilli olduklarından, lazer ışınlarının etkilerinden kaçabilir veya bunlardan zarar görmeyebilirler. Bu durumda, Şekil 6.'da gösterilen lazer tabanlı sistemler, FPV ve kamikaze dronlara karşı etkili olmayabilir ve dronları etkisiz hale getirmekte veya kontrol altına almakta zorluk yaşayabilir.

3. ÇÖZÜM YÖNTEMİ

3.1. Projede İzlenen Adımlar ve Süreçler

a) Sorun Tespiti ve Analiz:

Sorun tespiti aşamasında, gündelik hayatın akışında gündem olan olaylara odaklanılmıştır. Günlük yaşamda karşılaşılan problemler detaylı olarak incelenmiştir. Bu problemler arasında Türkiye'nin Irak'ta yapacağı operasyon, Ukrayna-Rusya savaşı ve Filistin-İsrail savaşı ele

alınmıştır. Türkiye'nin yapacağı operasyonda kamikaze İHA ve FPV dronlara karşı kapsamlı bir önlem planı bulunduğu görülmüştür. Ukrayna-Rusya savaşında ise dronların kullanıldığı videolar birçok platformda gündem oluşturmuştur. Filistin'deki çatışmalarda kamikaze dronların Filistinli insanların direnişinde önemli bir rol oynadığı gözlemlenmiştir.

Bu doğrultuda, kamikaze dron sistemlerinin gelişimi ve yenilikçi teknolojileri üzerine kapsamlı bir araştırma yapılmıştır. Yapılan araştırmada, kamikaze dronların oluşturduğu tehdit düzeyini belirlemek amacıyla mevcut durum analizi yapılmıştır. Bu analizde, dronların sahada nasıl kullanıldığı, hangi koşullarda daha tehlikeli hale geldiği ve hangi tür saldırırlarda kullanıldığı detaylı olarak incelenmiştir. Ayrıca, sahadaki güvenlik güçlerinin yaşadığı zorluklar, operasyonel güvenlik açıkları ve mevcut savunma mekanizmalarının büyük zafiyetleri değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalara bakıldığında, kamikaze İHA'ların tespiti ve radarla kontrol edilebilirliği kısmında büyük bir eksiklik olduğu görülmüştür.

b) Teknoloji Araştırması ve Geliştirme:

Kamikaze drone sistemlerinden kaçınma ve karşı tedbir oluşturma imkanı ve zamanı sağlamak için tehdit tespiti yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda, drone sistemlerinin kendi yer istasyonlarıyla olan ilişkisi ele alınmıştır. Kamikaze dronlar, yer istasyonundan bir operatör tarafından anlık eş zamanlı kamera görüntüsü ile yönetilmektedir. Operatör, görüntü sağlayarak drone'u hedefe yöneltir ve imha için gerekli yönlendirmeleri yapar. Bu süreçte, operatör drone'u kumanda ederken sürekli olarak görüntü sinyallerini almak zorundadır. Bu durum, dronun tespiti ve müdahale edilmesi açısından önemli bir zafiyet noktası oluşturur.

c) Kablosuz İletişim ve Video Aktarımı

Kamikaze dronlarda kullanılan görüntü aktarımı için kablosuz iletişim modülleri oldukça hayatı bir rol oynar. Video aktarımı, belirli frekanslarda ve bant genişliklerinde bulunan kanallar üzerinden gerçekleştirilir. Drone uçuş faaliyeti sırasında bu sinyaller yer istasyonuna iletilmek zorundadır. Sinyallerin başarılı bir şekilde yer istasyonuna ulaşması, operatörün drone üzerindeki kontrolünü sürdürmesi için gereklidir. Bu sinyallerin tespiti, dronların yerini belirlemek ve potansiyel bir saldırıyla karşı önceden tedbir almak için kritik öneme sahiptir. Sinyal frekanslarının ve bant genişliklerinin belirlenmesi, etkili bir müdahale için gerekli ilk adımı oluşturur.

d) Elektronik Kart ve Sinyal Analizi

Projede, kamikaze dronların sinyallerini tespit etmek ve analiz etmek amacıyla özel bir elektronik kart tasarlanmıştır. Bu kart, devre baskı kartı üzerindeki anten aracılığıyla sinyalleri alır ve gömülü yazılım ile analiz eder. Sinyallerin gücü, frekansı ve diğer ilgili parametreler analiz edilerek dronun tahmini uzaklışı ve yakınlaşma durumu belirlenir. Bu analiz, sahadaki güvenlik güçlerine dronların konumu hakkında kritik bilgiler sağlar ve gerekli savunma tedbirlerinin alınmasına olanak tanır.

e) Sinyal Tespiti ve Müdahale Sistemleri

Sinyal tespiti ve analizinin yanı sıra, projede drone sinyallerine karşı etkin müdahale sistemleri de geliştirilmiştir. Bu sistemler, dronun kontrol sinyallerini keserek veya karıştırarak dronun operatörle bağlantısını kesmeyi amaçlar. Sinyal karıştırma teknikleri kullanılarak, dronun yer istasyonuyla olan iletişimini engellenir ve dronun hedefe ulaşması engellenir. Bu yöntem, dronun etkisiz hale getirilmesinde oldukça etkilidir ve sahadaki güvenlik güçlerinin operasyonel güvenliğini artırır.

f) Gelişmiş Radar Sistemleri ve Elektronik Harp Teknikleri

Kamikaze dronların tespiti ve etkisiz hale getirilmesi için gelişmiş radar sistemleri ve elektronik harp teknikleri de araştırılmıştır. Radar sistemleri, dronların hava sahasında tespit edilmesini sağlar ve potansiyel tehditlerin erken fark edilmesine yardımcı olur. Elektronik harp teknikleri ise, dronların sinyallerini bozarak veya engelleyerek dronların operatör tarafından kontrol edilmesini zorlaştırır. Bu teknikler, dronların sahada etkisiz hale getirilmesi için etkili bir yöntem sunar.

g) Eğitim ve Tatbikatlar

Kamikaze dronlara karşı etkin savunma stratejileri geliştirilmesi, sadece teknolojik çözümlerle sınırlı kalmamalıdır. Sahadaki güvenlik güçlerinin bu tehditlere karşı hazırlıklı olması için düzenli eğitim ve tatbikatlar yapılması gerekmektedir. Eğitimler, personelin kamikaze dronların tespiti ve etkisiz hale getirilmesi konusunda bilgi sahibi olmasını sağlar. Tatbikatlar ise, gerçekçi senaryolar üzerinden personelin hızlı ve doğru tepkiler vermesini sağlar. Bu sayede, sahadaki güvenlik güçlerinin operasyonel kapasitesi artırılır ve kamikaze dronlara karşı daha etkili bir savunma sağlanır.

h) Sinyal Gücü ve Frekans Analizi

Projede tasarlanan elektronik kart, dronların sinyallerini tespit ederek sinyal gücünü ve frekans analizini gerçekleştirmektedir. Bu analizler, dronun tahmini uzaklığını ve yaklaşma durumunu belirlemekte kullanılır. Sinyal gücü, dronun yer istasyonuna olan mesafesi hakkında bilgi verirken, frekans analizi, dronun hangi kanalları kullandığını ortaya koyar. Bu bilgiler, sahadaki güvenlik güçlerine dronun konumu ve hareketleri hakkında önemli ipuçları sağlar.

m) Gömülü Yazılım ve Sinyal İşleme

Projede tasarlanan elektronik kart, gömülü yazılım ile donatılmıştır. Bu yazılım, alınan sinyalleri analiz ederek sinyal gücünü, frekansı ve diğer parametreleri değerlendirir. Sinyal işleme algoritmaları, dronun tahmini uzaklığını ve yaklaşma durumunu belirler. Gömülü yazılım, sinyallerin doğru bir şekilde analiz edilmesini sağlar ve sahadaki güvenlik güçlerine gerekli bilgileri sunar. Bu yazılımın etkinliği, dronların tespit edilmesi ve etkisiz hale getirilmesi sürecinde kritik bir rol oynar.

3.2. Kullanılan Teknikler ve Araçlar

a) Yenilikçi Teknolojilerin Geliştirilmesi

Kamikaze dronlara karşı etkin savunma stratejileri geliştirmek için yenilikçi teknolojilerin araştırılması ve geliştirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, yeni nesil radar sistemleri, ileri düzey elektronik harp teknikleri ve gelişmiş sinyal işleme yöntemleri üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Yenilikçi teknolojiler, dronların erken tespiti ve etkisiz hale getirilmesi için daha etkili çözümler sunar. Bu teknolojilerin sahada uygulanması, güvenlik güçlerinin operasyonel kapasitesini artırır ve kamikaze dronlara karşı daha etkili bir savunma sağlar.

b) Savunma Stratejilerinin Entegrasyonu

Kamikaze dronlara karşı geliştirilen savunma stratejileri, mevcut savunma sistemleri ile entegre edilerek daha kapsamlı bir güvenlik ağı oluşturulmuştur. Bu entegrasyon, farklı savunma mekanizmalarının birlikte çalışmasını sağlar ve tehditlere karşı daha koordineli bir savunma sunar. Savunma stratejilerinin entegrasyonu, sahadaki güvenlik güçlerinin daha etkin bir şekilde korunmasını ve operasyonel güvenliğin artırılmasını hedefler.

c) Geleceğe Yönelik Araştırmalar ve İnovasyon

Kamikaze dronlara karşı geliştirilen savunma stratejileri, sürekli olarak güncellenmeli ve yenilikçi teknolojilerle desteklenmelidir. Geleceğe yönelik araştırmalar, dron teknolojilerindeki gelişmeleri takip ederek savunma mekanizmalarını sürekli iyileştirmeyi amaçlamaktadır. İnovasyon, savunma stratejilerinin daha etkin ve verimli hale getirilmesi için kritik bir rol oynar. Bu doğrultuda, kamikaze dronlara karşı geliştirilen savunma stratejileri, sürekli olarak test edilerek ve geliştirerek sahadaki güvenlik güçlerinin operasyonel kapasitesini artırmayı hedeflemektedir.

Bu kapsamlı çözüm yöntemleri ve teknoloji araştırmaları, kamikaze dronların oluşturduğu tehditlere karşı daha etkili ve yenilikçi savunma stratejileri geliştirilmesine olanak tanır. Bu stratejiler, sahadaki güvenlik güçlerinin operasyonel güvenliğini artırarak, kamikaze dronlara karşı daha hazırlıklı ve dirençli bir savunma sağlar.

4. TEKNİK DETAYLAR

4.1. Kullanılan Teknoloji ve Platformlar

Bu projede, kamikaze dronlara karşı etkili bir savunma mekanizması geliştirmek için çeşitli teknoloji ve platformlar kullanılmıştır. Proje, elektronik kart tasarımindan gömülü yazılım geliştirilmesine ve mobil arayüz oluşturulmasına kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır.

Projede kullanılan elektronik kartın tasarımını, açık kaynaklı bir elektronik tasarım otomasyon yazılımı olan KiCad ile gerçekleştirmiştir. KiCad, karmaşık devre şemalarını ve baskı devre kartlarını tasarlamak için güçlü bir araçtır. Elektronik kart, drone sinyallerini tespit edip analiz edecek şekilde yapılandırılmıştır. Bu kart üzerindeki anten, dronlardan gelen sinyalleri alır ve bu sinyaller gömülü yazılım tarafından işlenir. Kartın tasarımını, sinyallerin doğru ve hızlı bir şekilde tespit edilmesini sağlamak için optimize edilmiştir.

Elektronik kart üzerinde çalışan gömülü yazılım, sinyallerin analiz edilmesinde kritik bir rol oynar. Yazılım, alınan sinyallerin gücünü, frekansını ve diğer parametrelerini değerlendirerek dronun tahmini uzaklığını ve hareket yönünü belirler. Bu bilgiler, sahadaki güvenlik güçlerine gerçek zamanlı olarak ilettilir. Gömülü yazılım, performans ve güvenilirlik açısından optimize edilmiş olup, hızlı ve doğru analizler yapabilme kapasitesine sahiptir.

Cihaz, tespit edilen sinyaller ve analiz edilen veriler hakkında bilgi sağlamak için bir mobil arayüze sahiptir. Bu arayüz, cihaz ile iletişim kurmak ve kullanıcıya gerekli bilgileri sunmak

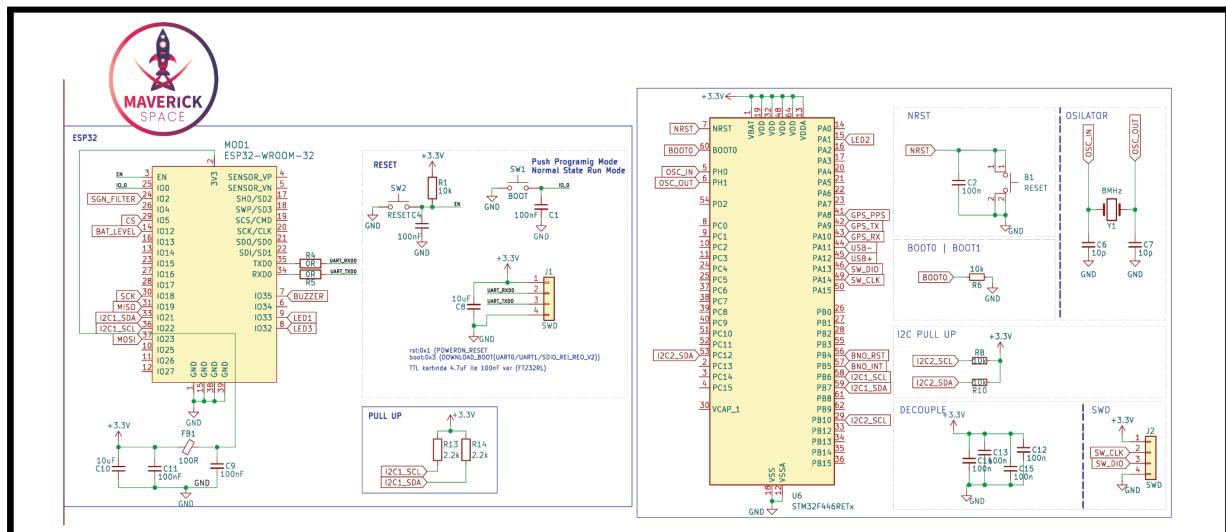
icin Bluetooth teknolojisini kullanır. Bluetooth bağlantısı, düşük enerji tüketimi ve yüksek güvenilirlik sunarak cihazın mobil arayüz ile kesintisiz iletişimde kalmasını sağlar.

Mobil arayüz, modern ve çok platformlu bir kullanıcı arayüzü geliştirme kiti olan Flutter ile yapılmıştır. Flutter, Google tarafından geliştirilen ve hem iOS hem de Android cihazlarda çalışabilen uygulamalar oluşturmak için kullanılan bir araçtır. Flutter ile oluşturulan arayüz, kullanıcı dostu bir deneyim sunar ve cihazdan gelen verilerin yanında görüntülenmesini sağlar. Kullanıcılar, mobil arayüz üzerinden dronun sinyal gücünü, frekansını ve diğer önemli bilgileri takip edebilir.

4.2. Yazılım ve Donanım Bileşenleri

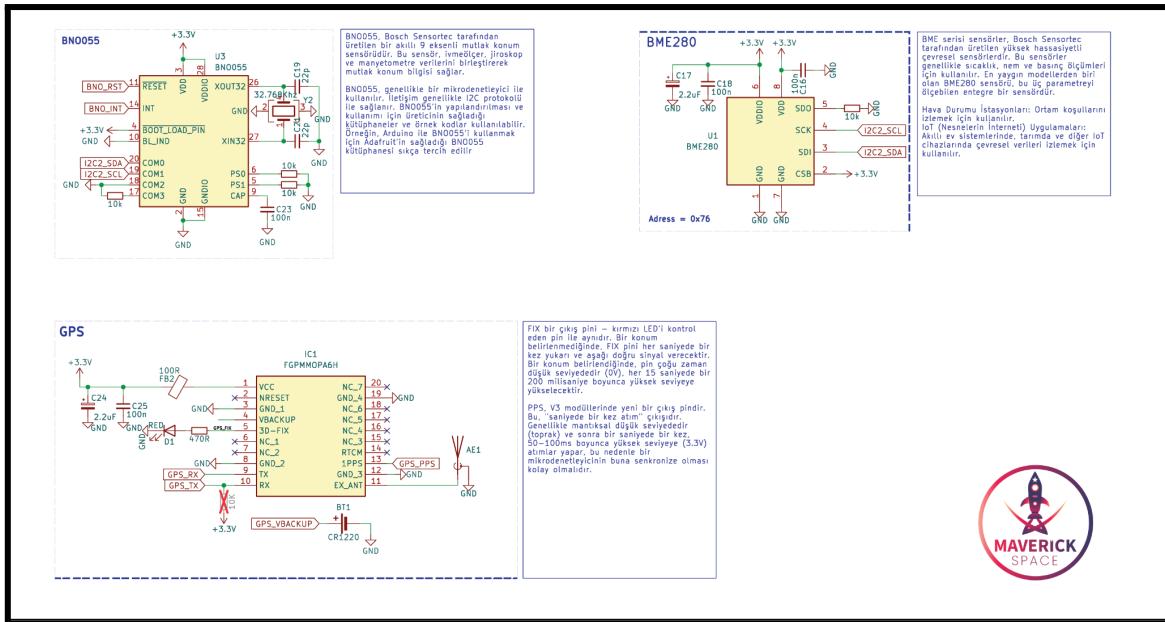
Bu projede kullanılan donanım ve yazılım bileşenleri, kamikaze dronlara karşı etkili bir savunma mekanizması geliştirmek için bir araya getirilmiştir.

Projede kullanılan donanım, ESP32 ve STM32 mikrodenetleyicilerinin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. ESP32, kablosuz iletişim yetenekleriyle öne çıkan güçlü bir mikrodenetleyicidir. STM32 ise yüksek performans ve geniş giriş/çıkış pin sayısıyla öne çıkmaktadır.

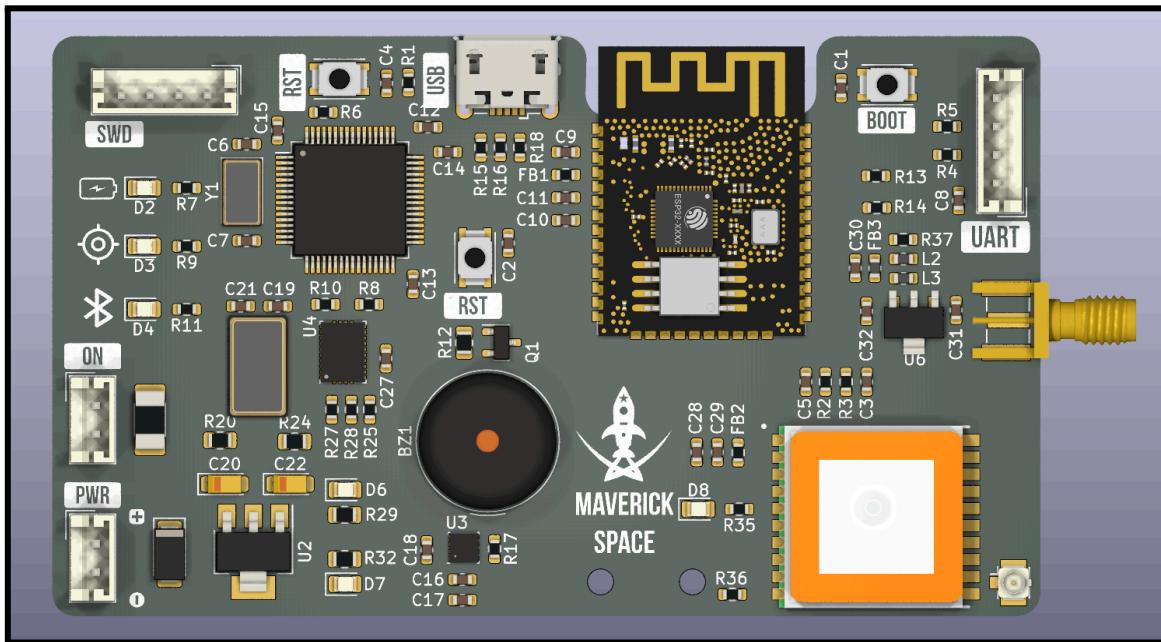


Şekil 7. ESP32 WROOM ve STM32F446RE şematik görüntüsü

Şekil 9.'da gösterilen elektronik devre kartı, bir GPS modülü ve ivmeölçer, jiroskop, manyetometre ve basınç sensörleri gibi çeşitli sensörlerle donatılmıştır. Bu sensörler, dronların hareketlerini ve çevresel koşulları izlemek için kullanılır. Ayrıca, kart üzerinde tümleşik bir anten bulunmaktadır.



Şekil 8. Sensör ve GPS modüllerinin bağlantı şeması



Şekil 9. Elektronik devre kartı (PCB)

Gömülü yazılım, C dilinde geliştirilmiştir. Sensörlerle iletişim için I2C haberleşme protokolü kullanılmıştır. GPS modülünden alınan koordinat verileri, UART haberleşme protokolü aracılığıyla alınmaktadır. BME280 sensöründen alınan basınç verisi metre cinsinden irtifa verisine çevrilecektir. GPS ve basınç sensörü ile yapılan ölçümelerde kullanılan fonksiyonlar Şekil 10.'da verilmiştir. ESP32 mikrodenetleyici, tümleşik antenden gelen sinyalleri analiz etmek için kullanılmaktadır. Bu sinyaller, dronların tespit edilmesi ve hareketlerinin izlenmesi için önemli veriler içermektedir.

```

183 //Basinc_irtifa_func
184 float basinc_irtifa_cevir()
185 {
186     BME280_Measure();
187     return 44330 * (1.0 - pow((Pressure/100) / Pressure, 0.1903));
188 }
189
190 void HAL_UART_RxCpltCallback(UART_HandleTypeDef *huart)
191 {
192     if(huart == &huart1) {
193         lwgps_process(&gps, rx_buffer, 128);
194         enlem = gps.latitude;
195         boylam = gps.longitude;
196
197         gps_conn = gps_buffer_kontrol(rx_buffer, sizeof(rx_buffer));
198
199     }
200 }
```

Şekil 10. Sensör verilerini işleyen kod bloğu

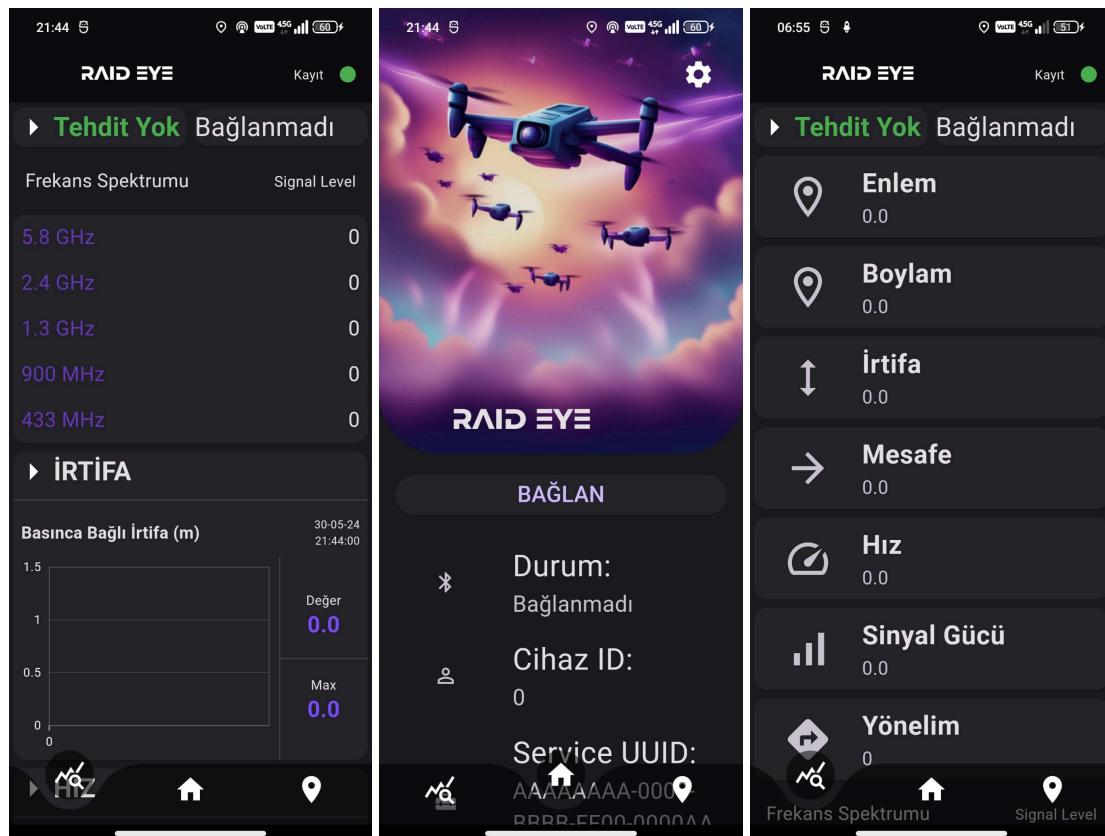
SDR(Software Defined Radio) cihazı USB portuna bağlanmaktadır. SDR cihazından gelen veri paketleri içerisinde bulunana frekans değerleri ayıklanarak ESP32 modülüne I2C haberleşme protokolü ile gönderilmektedir. ESP32 tarafından alınan frekans değerleri Şekil 11.'de gösterilen ilgili fonksiyonda işlenerek Hz ve GHz değerlerine dönüştürülmektedir.

```

107 void processI2CData() {
108     frequency = ((long)buffer[3] << 40) | ((long)buffer[4] << 32) |
109     | ((long)buffer[5] << 24) | ((long)buffer[6] << 16) |
110     | ((long)buffer[7] << 8) | buffer[8];
111
112     Serial.printf("Frekans ayarı komutu alındı: %ld Hz\n", frequency);
113
114     freq_ghz = frequency / 1000000.0;
115
116     if (buffer[10] == 1) {
117         audibleAlertSystem();
118     }
119
120     dopplerShift = frequency - sourceFrequency;
121     speed = calculateSpeed(dopplerShift, sourceFrequency, soundSpeed);
122 }
```

Şekil 11. Doppler frekansı ile hız hesaplayan kod bloğu

Şekil 12.'de gösterilen Mobil arayüz, Flutter ve Dart programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir. Bluetooth kütüphanesi, cihazın mobil arayüzle iletişim kurmasını sağlar. Mobil arayüz, kullanıcının cihazı kontrol etmesini ve dronların durumu hakkında bilgi almasını sağlar.



Şekil 12. Mobil arayüz görünümü

Bu donanım ve yazılım bileşenleri, kamikaze dronlara karşı etkili bir savunma mekanizması oluşturmak için birlikte çalışır. Yüksek hassasiyet ve güvenilirlik sağlamak için titizlikle birbirlerine entegre edilmişlerdir.



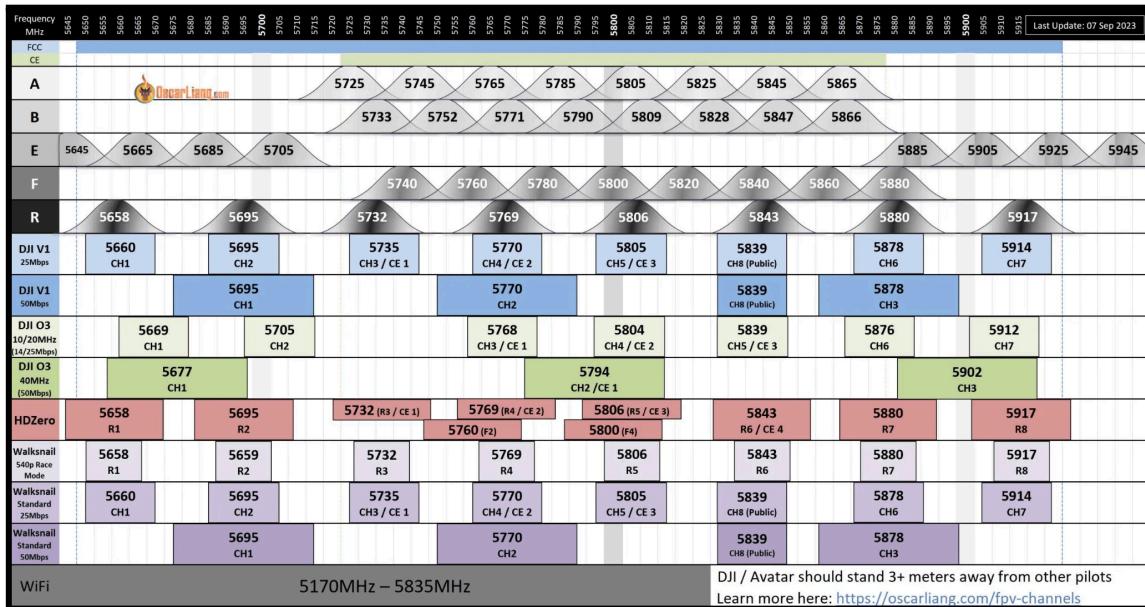
Şekil 13. Montajlanmış sistem görüntüsü

Bu entegre sistemin montaj aşaması için Şekil 13.'de gösterilen mekanik sistemin SolidWorks üzerinden tasarımları yapılmıştır. Bu entegrasyon, sahadaki güvenlik güçlerine doğru ve zamanında bilgi sağlayarak, dron tehditlerine karşı etkili bir savunma sağlar.

4.3. Algoritmalar ve Veri İşleme Yöntemleri

Bu projede kullanılan algoritmalar ve veri işleme yöntemleri, kamikaze dronlara karşı etkili bir savunma mekanizması oluşturmak için geliştirilmiştir. Alıcı antene gelen sinyal gücü seviyesi tespit edilerek, sinyalin gücü ve frekans bilgileri dahil edilerek algoritma çalışmaktadır. Temel olarak, yakalanan sinyallerin gücündeki artışı veya azalışı algılayarak dronun yaklaşma yapıp yapmadığını belirler. Sinyal gücündeki artış, dronun hedefe yaklaştığını ifade eder. Bu sayede cihaz, dronun yaklaşık olarak hangi mesafede olduğunu ve bir tehdit olup olmadığını algılayabilir. Gelişmiş algoritması sayesinde, tehlike durumlarını hızla algılayarak kullanıcıya anında geri bildirim sağlar. Kullanıcı, bu geri bildirim sayesinde karşı tedbirlerini hızla alabilir ve tehdidi ortadan kaldırabilir.

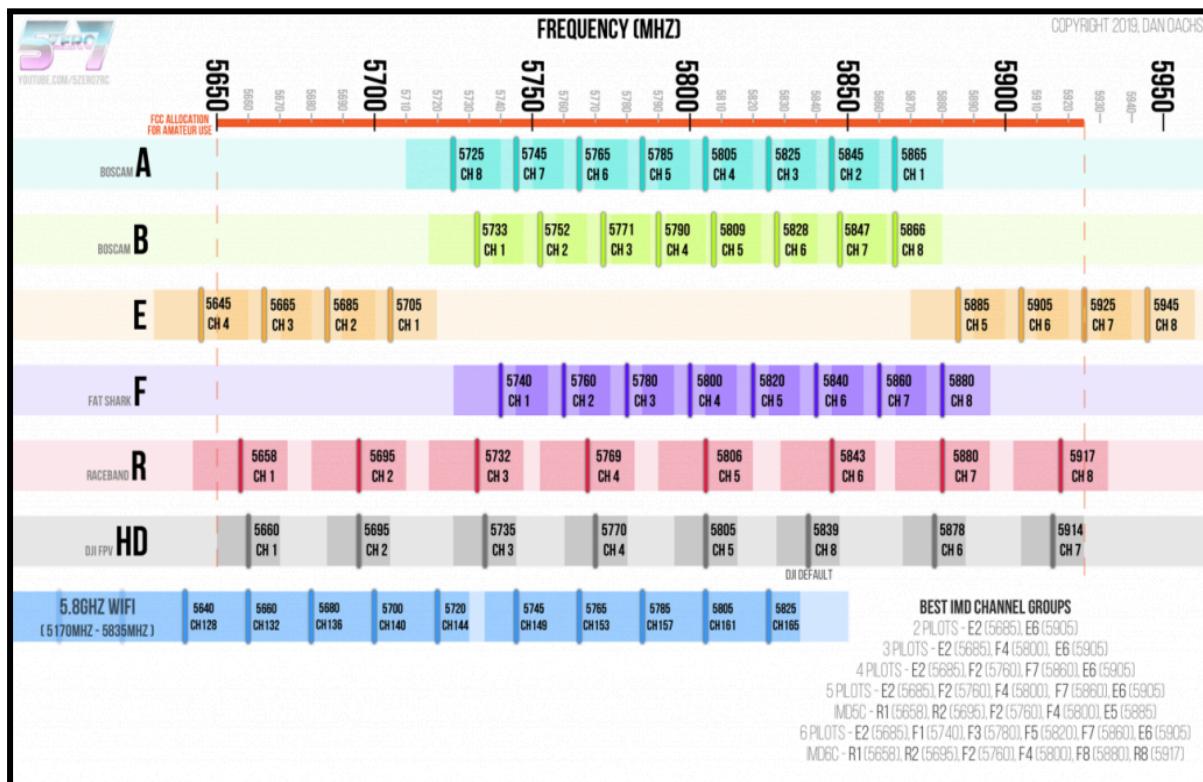
Algoritma, video aktarımı yapılan frekans kanallarında genel bir tarama yapar. Filtrelemeler kullanılarak gürültüler ortadan kaldırılır ve yayın yapılan frekans kanalları belirlenir. Frekans kayması (doppler) ile birlikte yaklaşan cismin hızının tanınmasını sağlar. Frekans kayması, yaklaşan cismin hızının 2 katı ile doğru orantılı ve dalga boyuyla ters orantılıdır. Bu bağından dronun hızı hesaplanabilir. Tüm bu hesaplamlarla birlikte, algoritma belirli kademelerde ve menzilde bir güvenli çember bölgesi sunar. Yaklaşan tehditler, bu çemberin etrafında yaklaşık konum olarak belirlenir.



Şekil 14. Bazı drone sistemlerinin video frekans bantları

Bu algoritmalar ve veri işleme yöntemleri, dron tehditlerini tespit etme ve kullanıcıya hızlı bir şekilde bilgi verme konusunda etkilidir. Sinyal gücü ve frekans analizi, Şekil 14. ve 15.'de verilen tablo doğrultusunda dronların yaklaşma hareketlerini tespit etmek için önemli bir araç

sağlar. Frekans tarama algoritması ise gelişmiş bir şekilde gürültüyü filtreler ve yaklaşan dronun hızını belirleyerek tehdidi değerlendirdir. Bu sayede, sahadaki güvenlik güçleri, dron tehditlerine karşı daha hazırlıklı olabilir ve etkili bir şekilde müdahale edebilir.



Şekil 15. 5.8 GHz frekans bantları

5. PROJE GELİŞTİRME SÜRECİ

Bu projenin geliştirme süreci, bir takımın iş bölümü ve rol dağılımı ile başladı. Takım üyeleri arasında görevlerin ve sorumlulukların dağıtılması, proje başarısında kritik bir öneme sahipti. Geliştirme aşamaları ve zaman çizelgesi, projenin zamanında ve düzgün bir şekilde ilerlemesini sağlamak için belirlendi. Karşılaşılan zorluklar, takımın işbirliği içinde çalışarak ve yaratıcı çözümler üreterek aşıldı.

5.1. Takımın İş Bölümü ve Rol Dağılımı

Proje ekibi, farklı uzmanlık alanlarına sahip üyelerden oluşuyordu. Elektronik mühendisleri, yazılım geliştiricileri ve makine mühendisi gibi farklı yeteneklere sahip kişiler, takımın çeşitli ihtiyaçlarını karşılamak için bir araya geldi. İş bölümü ve rol dağılımı şu şekildeydi:

Tablo 1. Takım görev planı

Takım Üyesi Fotoğrafı	Takım Üyesi Adı	Takım Üyesi Görevi
	Muhammed Hüseyin İsmail	Elektronik devre kartı tasarımları, donanım entegrasyonu ve gömülü yazılımın geliştirilmesi üzerinde çalışıldı.
	Ahmet Yasir Savcı	Mobil arayüz ve gömülü yazılım geliştirilmesi.
	Emircan Danışmaz	Proje yönetimi, parçaların cad tasarımları ve raporlama üzerinde çalıştı.

Proje, belirlenen iş görevlerine göre ilerledi. İlk olarak, donanım ve yazılım gereksinimleri belirlendi ve ardından elektronik devre kartı tasarıma başlandı. Donanımın prototipi oluşturulduktan sonra, gömülü yazılım geliştirme süreci başladı. Mobil arayüz tasarımı ve entegrasyonu, yazılım geliştirme sürecinin önemli bir parçasıydı. Her aşama, planlanan şekilde tamamlandı ve ilerleme düzenli olarak izlendi.

5.2. Karşılaşılan Zorluklar ve Aşılma Yöntemleri

Geliştirme sürecinde bazı zorluklarla karşılaşıldı, ancak takım, bu zorlukları aşmak için etkili stratejiler kullandı. Özellikle, donanım ve yazılım entegrasyonu sırasında uyumsuzluklar ve

veri uyumluluk sorunları ortaya çıktı. Bu sorunları çözmek için, takım üyeleri arasında düzenli iletişim sağlandı ve uyumluluk testleri yapıldı. Ayrıca, zaman zaman yaşanan teknik zorluklarla başa çıkmak için mentorlerden destek alındı.

6. DEĞERLENDİRME ve TARTIŞMA

6.1. Projenin Güçlü Ve Zayıf Yönleri

Proje, düşman unsurların ucuz insansız araçlarla gerçekleştirebileceği saldırılara karşı etkili bir çözüm sunarak, ucuz bir ikaz ve ön uyarı sistemi sayesinde personelin saldırılardan kaçınma ve karşı tedbir alma kabiliyetini artırmaktadır. Basit kullanımıyla personelin hızla gelen dronları fark etmesini ve tehlikelerden kaçınmasını sağlar. Özellikle ön uyarı sistemi, personelin aktif tedbirler almamasına olanak tanıyarak gelen tehditlere hızlı bir şekilde tepki verebilme yeteneği kazandırır. Ayrıca, çevre kontrolü ve genel farkındalık sağlayarak personele alan hakimiyeti ve hareket kabiliyeti kazandırır.

Ancak, projenin zorlukları arasında geniş bir frekans spektrumunda tüm olası FPV kanallarının taranması gerekliliği bulunmaktadır. Bu durum, daha uzun süreli tarama işlemleri gerektirebilir. Ayrıca, sağlam bir filtreleme ve hassasiyet gerekliliği, çevredeki gürültüler ve sinyalin düzensiz güçte olması gibi faktörler yanıltıcı bilgiler oluşturabilir ve doğru tehdit algısını zorlaştıracaktır. Frekans atlamalı iletim modelleri ve Wi-Fi gibi çeşitli çevrede aktif kullanılan sinyal frekans bandlarının girişimi de bu zorlukları artırmaktadır.

6.2. Projenin Hedefleri ve Kapsamı

Projenin temel hedefi, düşük maliyetli ve etkili bir şekilde insansız hava araçlarının yaydığı sinyalleri tespit ederek ve işleyerek tehdit algılaması yapabilen bir cihaz geliştirmektir. Bu cihaz, meskun mahal, açık alan kara operasyonları ve deniz üstü personel taşıyıcı araçların hedef alınması gibi durumlarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Kullanıcılar, cihaz üzerindeki sesli ikaz sistemleri ve mobil arayüz aracılığıyla gerekli kontrolleri sağlayarak anlamlı verileri takip edebilirler. Tehlikeli bölgeler harita üzerinde belirlenir ve kullanıcılar bu bölgeleri derecelendirilmiş bir şekilde görebilirler. Cihaz, kullanıcıya gerçek zamanlı veriler sunarak hızlı karar almayı kolaylaştırır. Aynı zamanda, geçmiş tehdit verilerini depolayarak analiz yapma ve gelecekteki saldırılara karşı daha iyi hazırlık yapma imkanı

sağlar. Böylece, güvenlik personelinin operasyonel etkinliği ve güvenliği önemli ölçüde artırılır.

6.3. Gelecekte Yapılabilecek Geliştirmeler ve İyileştirmeler

Gelecekte, dronun yerinin daha iyi tespit edilmesini sağlayacak ve hatta dronun yaklaşma yönünü belirleyebilecek bir sistem üzerinde çalışılabilir. Bu amaçla, cihaza ek antenler eklenerek 3 boyutlu uzayda dronun konumu daha hassas bir şekilde belirlenebilir. Ayrıca, gerekli iyileştirmeler yapılarak hata oranı minimize edilebilir ve sistemin doğruluğu artırılabilir. Bu şekilde, kullanıcılar daha güvenilir ve kesin sonuçlar elde edebilirler. Ayrıca, frekans spektrumundaki tarama işlemlerinin hızlandırılması ve sinyal filtrelemesinin iyileştirilmesi gibi teknik geliştirmelerle sistem performansı artırılabilir. Bu tür iyileştirmeler, projenin etkinliğini ve güvenilirliğini daha da artırarak, gelecekteki tehditlere karşı daha sağlam bir savunma mekanizması oluşturabilir.

7. SONUÇLAR

Bu proje, insansız hava araçlarının kamikaze saldırılarına karşı etkili bir savunma mekanizması geliştirmeyi amaçlamaktadır. Projenin değerlendirilmesi, hedeflerin büyük ölçüde başarılılığını ve projenin potansiyel etkilerinin oldukça önemli olduğunu göstermektedir.

Proje, insansız hava araçlarının yaydığı sinyalleri tespit ederek ve işleyerek tehdit algılaması yapabilen bir cihazın geliştirilmesini başarmıştır. Bu sayede, kamikaze dronların erken tespit edilmesi ve personele zamanında uyarılar yapılması mümkün hale gelmiştir. Projenin potansiyel etkileri oldukça genişir.

Öncelikle, askeri operasyonlarda ve meskun mahalledeki güvenlik görevlerinde personelin güvenliğini artırabilir. Kamikaze dronların beklenmedik saldırılarına karşı alınacak önlemler sayesinde personelin hayatı ve mal güvenliği daha iyi korunabilir. Ayrıca, bu tür cihazların sivil alanlarda da kullanılabilirliği düşünülebilir. Örneğin, havaalanları, limanlar ve diğer hassas bölgelerde kamikaze dron saldırılarına karşı bu tür bir savunma mekanizması büyük önem taşır.

Projemiz, insansız hava araçlarının yaygınlaşmasıyla birlikte ortaya çıkan yeni tehditlere karşı etkili bir çözüm sunmaktadır. Bu, gelecekteki benzer projeler için bir referans noktası

olabilir ve insansız hava araçlarına karşı savunma alanında önemli bir adım olarak değerlendirilebilir.

8. KAYNAKÇA

- [1] GÜRSU, M. (2023). Ukrayna-Rusya Savaşından Alınan Hava Savunma Dersleri. Savunma Bilimleri Dergisi, 2(43), 357-383.
- [2] Kunertova, D. (2023). The war in Ukraine shows the game-changing effect of drones depends on the game. Bulletin of the atomic scientists, 79(2), 95-102.
- [3] Rassler, D. (2016). Remotely piloted innovation: Terrorism, drones and supportive technology.
- [4] PEHLİVANOĞLU, Y. V. HAVACILIK VE UZAY BİLİMLERİNE GİRİŞ.
- [5] Creedon, J. (2013). Design Principles and Operation Characteristics. In Gas Discharge Closing Switches (pp. 379-407). Boston, MA: Springer US.
- [6] Arjomandi, M., Agostino, S., Mammone, M., Nelson, M., & Zhou, T. (2006). Classification of unmanned aerial vehicles. Report for Mechanical Engineering class, University of Adelaide, Adelaide, Australia, 1-48.
- [7] HrIStoV, G. V., ZAHArIEV, P. Z., & BELoEV, I. H. (2016). A review of the characteristics of modern unmanned aerial vehicles. *Acta technologica agriculturae*, 19(2), 33-38.