

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ**

**ENDÜSTRİYEL PROJE RAPORU**

**DRON KAMERASINDAN GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERİ İLE NESNE TESPİTİ**

**Projenin Gerçekleştirildiği İşyeri:** *Robit Teknoloji*

**Proje Sorumlusu**

**Unvanı :** *Genel Müdür, Proje Genel Direktörü*

**Adı Soyadı :** *Fatih YURTTAŞ*

**Görevi :** *Proje Genel Kordinatör*

**Projeyi Hazırlayanın**

**Öğrenci No :**

**Adı Soyadı :** *İsmail AKKAYA*

**Bölümü :** *Bilgisayar Mühendisliği*

**PROJE DÖNEMİ (2024)**

|  |
| --- |
|  |

**ETİK BEYAN**

Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Proje Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu proje çalışmasında;

* Proje raporu içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
* Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
* Proje çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
* Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
* Bu raporda sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, daha önce başka bir yerde sunulmadığını,
* İşyeri eğitimi çerçevesinde işyeri eğitimi aldığım işletmede yaptığım çalışmalar ve gözlemler dâhilinde hazırladığımı, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İsmail AKKAYA

# DRON KAMERASINDAN GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERİ İLE NESNE TESPİTİ

(İşyeri Eğitimi Projesi)

İsmail AKKAYA

GAZİ ÜNİVERSİTESİ TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

ÖZET

Havadan havaya veya havadan karaya olacak şekilde mühimmat yüklü dronların keşif, gözetleme ve tespit edilen terör unsurlarına karşı koymak maksadıyla geliştirilen sistemlerde fayda sağlanması hedeflenmiştir. Bu projede, YOLOv8[1], OpenCV[2], Google Colab[3], Roboflow[4] ve Kaggle[5] gibi modern yapay zekâ ve veri işleme araçları kullanılarak daha hızlı, doğru ve otomatik tespit sistemi geliştirilmesi hedeflenmektedir. YOLOv8[1], eğitilen modelin dron, uçak, kuş, helikopter, insan gibi nesnelerin tespiti için modellemede kullanılmıştır. OpenCV[2] görüntü işleme görevlerini üstlenir. Google Colab[3], model eğitimi ve test edilmesi için güçlü bir bulut tabanlı işlem ortamı sunarken, Roboflow[4] görüntü veri kümelerinin etiketlenmesi ve yönetilmesinde kullanılır. Kaggle[5] ve Roboflow[4] dan projeye uygun veri kümelerinin bulunması ve diğer veri bilimcilerle işbirliği yapılması açısından faydalıdır. Veri toplama ve etiketleme aşamalarından sonra, Google Colab[3] üzerinde YOLOv8[1] modeli eğitilerek doğruluğu ve performansı değerlendirilir. Bu sayede, dronların askeri eğitimlerde ve operasyonlarda bir mühimmat gibi kullanılması, teknolojik üstünlük kurulması ve maliyetler açısından fayda sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Dron, YOLO, Roboflow, OPENCV

Sayfa : 42

**OBJECT DETECTION USING IMAGE PROCESSING METHODS FROM DRONE CAMERAS** (Industrial Training Project)

İsmail AKKAYA

GAZI UNIVERSITY FACULTY OF TECHNOLOGY

DEPARTMENT OF COMPUTER ENGINEERING

ABSTRACT

The aim is to benefit from systems developed to counter reconnaissance, surveillance, and identified terrorist elements using ammunition-loaded drones, either air-to-air or air-to-ground. In this project, the goal is to develop a faster, more accurate, and automated detection system by utilizing modern artificial intelligence and data processing tools such as YOLOv8[1], OpenCV[2], Google Colab[3], Roboflow[4], and Kaggle[5]. YOLOv8[1] was used to model the detection of objects such as drones, airplanes, birds, helicopters, and humans, while OpenCV[2] handled image processing tasks. Google Colab[3] provides a powerful cloud-based environment for model training and testing, and Roboflow[6] is utilized for labeling and managing image datasets. Kaggle[5] and Roboflow[6] are beneficial for finding datasets suitable for the project and collaborating with other data scientists. After the data collection and labeling stages, the YOLOv8 [1] model is trained on Google Colab[4], and its accuracy and performance are evaluated. This approach has contributed to the use of drones as munitions in military training and operations, providing technological superiority and cost efficiency.

Key Words: Drone, YOLO, Roboflow

Page: 42

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

1. GİRİŞ 1

2. İŞYERİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER 3

2.1. İşyerinin Tarihi 3

2.2. İşyeri Birimleri 4

2.2.1. Network 4

2.2.2. İnsansız Hava Araçları Platformu Üreticisi 4

2.2.3. Gömülü Sistemler 5

2.2.4. Elektronik Mühendisliği 6

2.2.5. PCB Üretimi 7

3. İŞYERİNDE GÖREV ALINAN ÇALIŞMALAR 9

3.1. FPV Dron AZAT 9

3.2. Delta Kanat Kamikaze Dron AZAP 10

4. Mühimmat Yüklü Dronların Kamerasından Görüntü İşleme 13

4.1. Giriş 13

Kamera Ve Sensör Seçimi 13

Görüntü İşleme Teknolojileri 14

Termal Görüntüleme Ve Füzyon 15

Hedef Tespiti Ve Doğrulama 16

Karar Destek Sistemleri Ve Otomasyon 17

GPRS Ve Görüntü Verilerinin Entegrasyonu 19

Yapay Zekâ Destekli Hedefleme Ve Veri Optimizasyonu 21

Test İşlemleri Ve Kalibrasyon 23

4.2. Veri Seti Hazırlama 25

Veri Kaynakları 25

Verinin Toplanması Ve Hazırlanması 25

Veri Temizleme Ve Etiketleme 27

Veri Temizleme Teknikleri 27

4.3. Model Eğitimi 29

Hiperparametreler 29

Eğitime Başlanması Ve Doğrulama Süreçleri 30

Modelin Optimizasyonu Ve İyileştirme Teknikleri 31

4.4. Bulgular Ve Değerlendirme 33

Doğruluk(Accuracy) 33

Kesinlik(Precision) 33

Hassasiyet(Recall) 34

F1 Skoru( F1 Score) 35

Loss Değerlerinin İncelenmesi 37

Gelecek Çalışmalar Ve Öneriler 38

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME 41

KAYNAKLAR 42

EKLER 44

EK-1 İşyeri Eğitimi Zaman Cetveli 44

EK-2 T.C. Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Fakülte Sanayi Koordinatörlüğü İşyeri Eğitimi İşyeri Anketi 45

EK-3 T.C. Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Fakülte Sanayi Koordinatörlüğü İşyeri Eğitimi öğrenci Anketi 46

ÖZGEÇMİŞ 47

# 1. GİRİŞ

Günümüzde insansız hava araçları (İHA) olarak da bilinen dronlar, askeri, endüstriyel, tarımsal ve günlük yaşam uygulamalarında giderek daha önemli bir yer edinmektedir. Gelişmiş kamera sistemleri ve sensörlerle donatılmış dronlar, nesne tespiti, izleme ve veri toplama gibi görevlerde etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle görüntü işleme ve yapay zekâ algoritmalarındaki ilerlemeler, dronların çevreyi algılama ve anlamlandırma kabiliyetlerini büyük ölçüde artırmıştır. Bu çalışmada, dron kamerasından alınan görüntüler üzerinde nesne tespitine odaklanılmıştır. Nesne tespiti, bir görüntü veya video karesindeki nesnelerin konumlarını ve türlerini belirlemeyi amaçlayan bir bilgisayarlı görü problemidir. Bu kapsamda, derin öğrenme tabanlı yöntemler, özellikle YOLO (You Only Look Once) [1] gibi gerçek zamanlı nesne tespit algoritmaları, etkinliği ve hızı nedeniyle tercih edilmektedir. Proje kapsamında, dron kamerasından elde edilen görüntüler üzerinde belirli nesnelerin (örneğin, araçlar, insanlar, yapılar veya dronlar) tespit edilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, görüntü işleme teknikleri, derin öğrenme modelleri ve verimli bir veri seti işleme süreci bir arada kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, dron tabanlı izleme ve güvenlik uygulamalarının yanı sıra tarımsal analiz, doğal afet yönetimi ve sınır güvenliği gibi farklı alanlarda kullanılabilecek potansiyel çözümler sunmaktadır. Bu proje, dron kamerası ile nesne tespiti alanında mevcut teknolojilerin uygulanabilirliğini ve performansını değerlendirmeyi hedeflemekte, aynı zamanda gelecekteki çalışmalar için bir referans oluşturmayı amaçlamaktadır.

# 2. İŞYERİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

## 2.1. İşyeri Tarihi

Robit Teknoloji, 2008 yılında Gazi Üniversitesi Teknopark’ ta kurulmuştur. Ağırlıklı olarak; savunma sanayii, bilişim, elektronik ve yazılım alanlarında katma değerli projeler geliştirmektedir. Bilişim sektöründe öncü üreticilerle çalışmaktadır. Uçtan uca haberleşme, kampüs ağı projeleri, IP Mobilite, bütünleşik iletişim, sanallaştırma, yedekleme, ağ otomasyonu, bilgi güvenliği ve daha pek çok alanda sayısız deneyimi olan Robit Teknoloji, 15 yıllık saha tecrübelerini ürüne de dönüştürmektedir. Yazılım alanında kamu projeleri gibi birçok katma değerli proje geliştirmiş, Ar-Ge çalışmalarına ise devam etmektedir. Şirketimiz aynı zamanda geliştirdiği, insansız hava aracı ve yapay zekâ yazılımları (azab, ayaz, azat, aius) ürünleri ile de sektöründe öncü kuruluşlar arasında yer almayı hedeflemektedir. Ürün ve çözümlerin kullanım alanları olarak teknolojik çözüme ihtiyaç duyulan tüm alanlar başta olmak üzere üniversite, hastane gibi geniş alan kampüs ağları olup ayrıca, güvenlik güçleri ile de sayısız proje gerçekleştirilmiştir.

Şirketimiz, gerekli olan sistem kontrol odası altyapısı, kurulumları ve fiziki alan güvenlik çalışmalarını yürütmektedir. Bu alanda geliştirilen vizyon ile kamusal entegre bilgi sistemleri ve veri merkezleri konusunda çözümler üretilmekte ve güvenliği sağlanmaktadır. Ürünlerin satış öncesi, sonrası, kurulumu destekleri servis çalışmaları ve yine kurum ve ürün bazlı olarak gerçekleştirilirken, en önemli odaklarımızdan birisi de müşteri memnuniyetidir. Değerlere değer katan bir şirket olmak, insana ve bilime olan yatırımlarını her geçen gün artırarak büyüyüp gelişen bir şirket olmak vizyonu ile hedeflerine ulaşmak için yerli ve milli ürün geliştirme çalışmalarını yürütmektedir.

## 2.2. İşyeri Birimleri

Robit Teknoloji şirketi network, insansız hava platformları üreticisi, gömülü sistemler, elektronik mühendisliği ve pcb üretim birimlerinden oluşmaktadır.

#### 2.2.1. Network

Bu birimin görevi, güvenilir, hızlı, ölçeklenebilir ve güvenli iletişim ağları tasarlamak, kurmak, yönetmek ve desteklemektir. Bu şirketler, bireysel kullanıcılardan kurumsal müşterilere kadar geniş bir yelpazede hizmet sunarak veri, ses ve video iletişimini etkin bir şekilde sağlar. Ağ tasarımında düşük gecikme ve yüksek hız hedeflenirken, siber güvenlik çözümleri ile sistemlerin iç ve dış tehditlere karşı korunması önceliklidir. Özelleştirilmiş çözümlerle müşterilerin sektörlerine özel ihtiyaçlarına cevap verirken, yeni teknolojilerin (bulut bilişim, IoT) birlikte çalışmasını sağlarlar. Ayrıca ağların kesintisiz çalışması için yedekleme sistemleri kurar ve kriz anlarında hızlı müdahale çözümleri sunarlar. Savunma sanayii gibi kritik alanlarda ise şifreleme, yedekli ağlar ve ulusal güvenlik odaklı çözümlerle stratejik destek sağlarlar. Tüm bu hizmetler, yasal düzenlemelere ve endüstri standartlarına uygun bir şekilde yürütülür.

#### 2.2.2. İnsansız Hava Araçları Platformu Üreticisi

Robit teknoloji şirketi, insansız hava platformlarının (İHP) üretimi ve entegrasyonunda kapsamlı bir organizasyon yapısı ve disiplinler arası bir yaklaşım benimsemektedir. Savunma sanayii, Türk Silahlı Kuvvetleri (TSK) ve yabancı ülkelerle yapılan iş birlikleri, bu şirketlerin yenilikçi, güvenilir ve özelleştirilmiş çözümler sunmasını sağlar. Ar-Ge birimi, yeni teknolojiler geliştirmek ve mevcut sistemleri optimize etmek için çalışırken, tasarım ve mühendislik birimi, aerodinamik yapı ve elektronik sistem entegrasyonuna odaklanır. Üretim süreci, yüksek kaliteli malzemeler ve ileri üretim teknikleriyle gerçekleştirilir. Entegrasyon ve test birimi, platformların performansını ve dayanıklılığını değerlendirirken, lojistik ve destek birimi, operasyonel sürdürülebilirliği sağlamak için bakım, yedek parça temini ve saha desteği sunar. Yabancı müşteriler için özelleştirilmiş çözümler geliştirilirken, veri güvenliği ve şifreleme teknolojileriyle platformlar yüksek güvenlik önlemleriyle korunur. İHA'lar, özellikle askeri operasyonlarda stratejik kararları hızlandıran, veri toplama ve güvenlik sağlama görevleri üstlenerek, yerli ve uluslararası pazarda önemli bir rol oynamaktadır. Bu süreçler, global standartlara uyum sağlayarak savunma sanayiinin ihtiyaçlarına özel çözümler üretir.

#### 2.2.3. Gömülü Sistemler

Robit Teknoloji şirketleri, insansız hava araçları üretimi sürecinde gömülü sistemler üzerinde önemli çalışmalar yapmaktadır. Bu gömülü sistemler, İHA'nın tüm uçuş kontrolünü sağlayan, sensör verilerini işleyen ve uçuş dinamiklerini yöneten kritik bileşenlerdir. Gömülü sistemlerin en önemli kısmı, uçuş kartıdır. Yerli uçuş kartları, bu alandaki en kritik bileşenlerden biridir çünkü İHA'nın uçuş kontrol algoritmalarını çalıştıran ve tüm sistemin entegrasyonunu sağlayan kart, platformun performansını doğrudan etkiler. Yerli uçuş kartları, dışa bağımlılığı azaltarak, savunma sanayiinde yerli üretimin güçlendirilmesine katkı sağlar. Bu kartlar, yerli yazılım ve donanım çözümleriyle geliştirilir, böylece her türlü zorlu hava koşulunda yüksek performans sunar. Uçuş kartı üzerinde kullanılan işlemciler, sensörler, GPS modülleri ve veri iletim sistemleri, İHA'nın stabil bir şekilde uçabilmesi için optimize edilir. Yerli uçuş kartları, aynı zamanda güvenlik, dayanıklılık ve uzun süreli operasyonel destek açısından ulusal savunma ihtiyaçlarına en uygun çözümleri sunar. Bu yerli çözümler, savunma sanayii projelerinde, özellikle Türk Silahlı Kuvvetleri (TSK) ve uluslararası müşteriler için özelleştirilmiş uygulamalarda büyük bir avantaj sağlar. Gömülü sistemler üzerindeki bu yerli üretim çalışmaları, yalnızca teknolojik gelişmişliği değil, aynı zamanda stratejik bağımsızlığı da güçlendirir.

#### 2.2.4. Elektronik Mühendisliği

Robit Teknoloji şirketinin Elektronik Mühendisliği birimi, şirketin teknolojik yeniliklerinde kritik bir role sahiptir ve şirketin genel başarısını destekleyen temel teknolojik çözümlerin geliştirilmesinden sorumludur. Bu birim, elektronik tasarım, devre analizi, sistem entegrasyonu ve elektronik ürün geliştirme konularında uzmanlaşmıştır. Elektronik Mühendisliği ekibi, şirketin çeşitli ürün ve hizmetlerinde yer alan karmaşık elektronik sistemlerin tasarımı ve uygulaması üzerine yoğunlaşır.

Birim hem analog hem de dijital elektronik alanlarında çalışmalar yapmakta ve bu iki alanın birleşiminden doğan yenilikçi çözümleri keşfetmektedir. Ekip, endüstri standartlarını ve güncel teknolojik trendleri yakından takip ederken, enerji verimliliği ve maliyet etkinliği gibi önemli faktörleri dikkate alarak ürünler geliştirir. Elektronik Mühendisliği birimi, ürünlerin performansını optimize etmek ve güvenilirliğini artırmak için sürekli araştırma ve geliştirme faaliyetleri yürütür.

Bu birimin çalışmaları, şirketin genişleyen ürün yelpazesi ve teknolojik kabiliyetlerinin temelini oluşturur. Elektronik Mühendisliği ekibi, şirketin yenilikçi elektronik çözümler üretme kapasitesini artırarak, rekabetçi bir avantaj sağlar. Ekip, devre tasarımından prototip üretimine ve nihai ürün testlerine kadar olan süreçlerde, kalite ve performans standartlarını üst düzeyde tutmak için titiz bir çalışma yürütür. Birimin faaliyetleri, yalnızca teknik mükemmeliyetle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik ve kullanıcı güvenliği gibi önemli konuları da kapsar. Ekip, çevresel etkiyi en aza indirgemeyi ve ürün güvenliğini maksimize etmeyi hedeflerken, enerji verimliliği ve atık azaltma gibi konularda yenilikçi yaklaşımlar geliştirir.

#### 2.2.5. PCB Üretimi

Robit Teknoloji PCB (Baskılı Devre Kartı) Üretim birimi, şirketin elektronik mühendisliği ve gömülü sistemler projelerinin temel bileşenlerinden biridir. Bu birim, yüksek kaliteli ve güvenilir baskılı devre kartlarının tasarımı, prototipleme ve üretim süreçlerini yönetmektedir. PCB Üretim birimi, modern ve etkili PCB çözümleri sağlayarak, şirketin genel ürün ve hizmet kalitesinin artırılmasına katkıda bulunmaktadır. Birim, devre tasarımından başlayarak, baskı, montaj ve son test aşamalarına kadar PCB üretiminin her adımında uzmanlık sunar. Bu süreç, yüksek hassasiyet gerektiren ve detaylı bir mühendislik bilgisiyle desteklenmesi gereken karmaşık bir işlemdir. PCB Üretim birimi, gelişmiş üretim teknolojilerini ve yüksek hassasiyetli test ekipmanlarını kullanarak, her bir PCB'nin yüksek standartlarda üretilmesini sağlar.

Bu birimin çalışmaları, müşterilerin ihtiyaçlarına ve teknik özelliklerine göre özelleştirilmiş çözümler üretme yeteneğine dayanır. PCB tasarımında kullanılan yenilikçi teknikler ve malzemeler, ürünlerin daha küçük, daha hafif ve daha enerji verimli olmasını sağlarken, aynı zamanda performans ve güvenilirliği de artırır. PCB Üretim birimi, sadece teknik mükemmeliyeti hedeflemekle kalmayıp, çevresel sürdürülebilirlik ve atık yönetimi konularında da sorumluluk alır. Kullanılan malzemeler ve üretim süreçleri, çevresel etkiyi en aza indirmek ve enerji verimliliğini maksimize etmek için sürekli gözden geçirilir. Bu yaklaşım, Robit Teknoloji şirketinin çevresel sürdürülebilirlik standartlarına bağlılığını ve sosyal sorumluluk bilincini yansıtır. PCB Üretim birimi, müşteri gereksinimlerine hızlı ve esnek bir şekilde yanıt verme yeteneğiyle öne çıkar. Kısa prototipleme süreleri ve hızlı üretim kapasiteleri sayesinde, şirket piyasaya sürme sürelerini önemli ölçüde kısaltabilir. Bu, şirketin hızla gelişen teknoloji ve pazar taleplerine uyum sağlamasını ve müşteri beklentilerini karşılamasını sağlar.

**3. İŞYERİNDE GÖREV ALINAN ÇALIŞMALAR**

İşyerinde yapılan çalışmalar başlıklar altında incelenmiştir.

## 3.1 FPV Dron AZAT

Bu projede, FPV (First Person View) dron projelerinde görüntü işleme tabanlı uygulamalar, hem donanım hem de yazılım açısından bir dizi dikkatli planlama ve uygulama adımını gerektirir. İlk olarak, projenin amacı doğrultusunda dron üzerine entegre edilecek kamera ve sensörlerin seçimi yapılır. Bu adımda, kameranın çözünürlüğü, FPS değeri, görüş açısı, ışık koşullarına dayanıklılığı ve ağırlığı gibi faktörler değerlendirilir. Kamera seçiminin ardından, görüntülerin işlenmesi için güçlü ve hafif bir gömülü işlemci platformu (örneğin, NVIDIA Jetson, Raspberry Pi) belirlenir. Bu işlemci üzerinde, projenin gereksinimlerine uygun görüntü işleme algoritmaları geliştirilir. Algoritmalar, nesne algılama, yüz tanıma, engel tespiti, hareket takibi ya da haritalama gibi işlemleri içerebilir ve genellikle YOLO[1], OpenCV [2], TensorFlow[6] ya da PyTorch[7] gibi kütüphaneler kullanılarak optimize edilir.

Gerçek zamanlı performansı sağlamak için, kameradan gelen görüntü akışının düşük gecikme ile işlenmesi ve uçuş kontrol sistemine entegre edilmesi gerekir. Bu, genellikle veri sıkıştırma, donanım hızlandırma (GPU kullanımı) ve ağ protokollerinin (örneğin, RTSP veya MAVLink) optimizasyonu içerir. Görüntü işleme sonuçlarının dron uçuş kontrolüne etkili bir şekilde bağlanabilmesi için, kontrol algoritmaları ile işleme çıktıları arasında sorunsuz bir entegrasyon sağlanır. Özellikle otonom uçuş, engel kaçınma ya da hedefe yönelme gibi özellikler geliştirilirken, görüntü işleme sisteminin uçuş dinamiklerine uygun bir şekilde yapılandırılması kritik öneme sahiptir.

Son olarak, sistemin gerçek ortamda performansını değerlendirmek amacıyla kapsamlı saha testleri yapılır. Bu testler, dron'un değişken ışık koşulları, ani hareketler, rüzgar gibi zorlu çevresel faktörlerdeki tepkisini ölçer. Testlerden elde edilen sonuçlar doğrultusunda, görüntü işleme algoritmaları ve uçuş kontrol sistemi üzerinde gerekli optimizasyonlar gerçekleştirilir. Bu adımların tümü, FPV dron projelerinin güvenilir, verimli ve amaca uygun bir şekilde tamamlanmasını sağlar.

## 3.2 Delta Kanat Kamikaze Dron AZAP

Bu proje de, Delta kanat kamikaze dron projeleri, hem aerodinamik tasarım hem de ileri teknoloji entegrasyonu gerektiren çok disiplinli bir çalışma sürecini kapsar. Bu tür dron'lar, yüksek hızda uzun menzilli uçuş yapabilme ve hassas hedef vurma kabiliyeti ile askeri operasyonlarda stratejik bir araç olarak öne çıkar. Tasarım sürecinin ilk aşamasında, delta kanat yapısının aerodinamik avantajları göz önünde bulundurularak gövde tasarımı gerçekleştirilir. Delta kanatlı tasarım, yüksek hızda düşük sürükleme ve yüksek stabilite sağlayarak özellikle saldırı amaçlı görevlerde etkinlik sağlar. Bu tasarımda kullanılan malzemeler, hem hafif hem de dayanıklı olması için genellikle karbon fiber veya kompozit materyallerden seçilir. Gövdeye entegre edilen motor ve itki sistemi, hem yüksek hız hem de uzun uçuş süreleri için optimize edilirken, enerji yönetimi için lityum-polimer (LiPo) bataryalar tercih edilir.

Uçuş kontrolü ve navigasyon, delta kanatlı kamikaze dronun en kritik bileşenlerindendir. Uçuş kontrol sistemi, dronun stabilitesini sağlarken otonom uçuş yeteneklerini destekler. Bunun için GPS, atalet ölçüm birimi (IMU) ve barometrik sensörlerden gelen veriler, otonom navigasyon algoritmaları ile işlenir. Bu sistemler, dronun belirli bir rotada hedefe doğru hassas bir şekilde ilerlemesini ve zorlu hava koşullarında bile stabilitesini korumasını sağlar. Özellikle son aşamada hedefe yönelme ve çarpma sırasında yüksek doğruluk sağlamak amacıyla uçuş kontrol algoritmaları geliştirilir ve optimize edilir.

Delta kanatlı kamikaze dronların etkili bir şekilde görev yapabilmesi için gelişmiş görüntüleme ve sensör teknolojileriyle donatılması gereklidir. Görüntü işleme için kullanılan kameralar, genellikle yüksek çözünürlüklü optik kameralar veya termal görüntüleme sistemleri olabilir. Termal görüntüleme, düşük ışık koşullarında ve kamuflajlı hedeflerde etkin tespit sağlar. Bu görüntüler, dron üzerinde yer alan NVIDIA Jetson, Raspberry Pi veya özel FPGA tabanlı işlemcilerle gerçek zamanlı olarak işlenir. Görüntü işleme algoritmaları arasında nesne algılama, hedef takibi, engel tespiti ve hedef doğrulama gibi işlemler yer alır. Algoritmalar genellikle YOLO [1], OpenCV [2], TensorFlow [6] ve PyTorch [7] gibi yapay zeka ve görüntü işleme araçları kullanılarak geliştirilir ve hızlandırılır.

Operasyonel başarının bir diğer önemli bileşeni ise veri iletişim ve kontrol sistemleridir. Delta kanatlı kamikaze dron'lar, yer kontrol istasyonlarıyla kesintisiz bir iletişim ağı kurarak gerçek zamanlı kontrol ve izleme sağlar. Bu, RF (Radyo Frekansı) veya uydu tabanlı iletişim sistemleriyle gerçekleştirilir. İletişim sistemleri, yalnızca veri aktarımını değil, aynı zamanda şifrelenmiş bir kanal üzerinden güvenli bilgi iletimini de sağlar. Hedefe kilitlenme süreci sırasında, dron’un yapay zekâ sistemleri, sensörlerden gelen verileri birleştirerek en uygun saldırı rotasını belirler ve uçuş kontrol sistemiyle entegre bir şekilde hedefe yönelir.

Tüm sistemin güvenilirliği ve doğruluğu, kapsamlı test ve simülasyon süreçlerinden geçerek değerlendirilir. Rüzgâr, yağmur, sıcaklık değişimleri gibi zorlu çevresel koşullarda yapılan saha testleri, sistemin dayanıklılığını ve performansını doğrular. Hedefe kilitlenme ve çarpma simülasyonları, dron’un hassasiyetini artırmaya yönelik algoritma optimizasyonlarına olanak tanır. Ayrıca, olası teknik arızalar veya dış müdahaleler karşısında sistemin hızlı tepki verebilmesi için acil durum prosedürleri geliştirilir.

Sonuç olarak, delta kanatlı kamikaze dron'lar, hem yerli uçuş kontrol sistemleri hem de gelişmiş görüntü işleme ve yapay zekâ entegrasyonu sayesinde, modern savunma teknolojilerinin kritik bir bileşeni haline gelir. Yüksek hızlı, uzun menzilli ve otonom saldırı kabiliyetleri ile askeri operasyonlarda stratejik avantaj sağlayarak, sahada etkin ve güvenilir bir çözüm sunar.

**4. Mühimmat Yüklü Dronların Kamerasından Görüntü İşleme**

**4.1 Giriş**

Geçtiğimiz 15 yıl içerisinde, dron kontrol teknolojisinin kademeli olarak olgunlaşmasıyla birlikte, İHA uzaktan algılama görüntüleri, maliyet etkinliği ve ediniminin kolaylığı nedeniyle düşük irtifa uzaktan algılama araştırmaları alanında önemli bir veri kaynağı haline gelmiştir. Bu dönemde, derin sinir ağı yöntemleri kapsamlı bir şekilde araştırılmış ve görüntü sınıflandırması [ 8, 9, 10 ], nesne tespiti [ 11, 12, 13 ] ve görüntü segmentasyonu[ 14, 15, 16] gibi görevler için kademeli olarak en uygun yaklaşımlar haline gelmiştir. Mühimmat yüklü dronlar, modern savunma teknolojilerinde giderek daha önemli bir rol oynamakta ve özellikle hassas hedef tespitinde kritik bir çözüm sunmaktadır. Üzerinde bulunan gelişmiş kamera ve sensör sistemleri sayesinde, hem gündüz hem de gece koşullarında hedefleri yüksek doğrulukla algılayabilirler. Optik ve termal görüntüleme teknolojilerinin bir arada kullanılmasıyla, farklı ışık ve çevre koşullarında etkili tespit sağlanırken, bu veriler gerçek zamanlı görüntü işleme algoritmaları ile analiz edilir. Yapay zekâ destekli sistemler, nesne algılama, hedef doğrulama ve takip gibi işlemleri gerçekleştirerek operatörlere hızlı ve güvenilir bilgiler sunar. Bu yetenekler, dronların karmaşık operasyonel ortamlar için stratejik bir araç haline gelmesini sağlamaktadır.

###### *Kamera Ve Sensör Seçimi*

Mühimmat yüklü dronlar, modern savaş ve güvenlik operasyonlarının vazgeçilmez araçları haline gelirken, üzerlerinde bulunan kamera ve sensör sistemleri operasyonel başarıyı doğrudan etkilemektedir. Bu sistemler, hem gündüz hem de gece koşullarında, zorlu çevre şartlarına rağmen yüksek doğrulukta tespit ve takip sağlar. Gündüz operasyonlarında, yüksek çözünürlüklü optik kameralar 4K görüntü kalitesi ve yüksek kare hızlarıyla (30-120 FPS) keskin ve net görseller sunar. Gece operasyonları veya sis, yağmur gibi zorlu hava koşullarında ise termal kameralar devreye girer; bu kameralar, hedeflerin yaydığı ısıyı algılayarak görünmez unsurları bile ortaya çıkarabilir. Daha özellikli ihtiyaçlar için multispektral ve hiperspektral kameralar, yüzey malzemelerini veya biyolojik varlıkları analiz ederken, LIDAR ve radar sistemleri düşük görüş şartlarında hedefin üç boyutlu haritasını oluşturur. Bu gelişmiş sensör teknolojileri, mühimmat yüklü dronların stratejik değerini artırarak hassas ve güvenilir görev icrasını mümkün kılar.

###### Görüntü İşleme Teknolojileri

Hedef tespiti ve doğrulama, mühimmat yüklü dronların başarılı operasyonları için kritik bir öneme sahiptir ve bu süreçte görüntü işleme algoritmaları hayati bir rol oynamaktadır. Dronun kameraları tarafından alınan görsel veriler, gelişmiş algoritmalar kullanılarak analiz edilir ve hedefler doğru bir şekilde tespit edilir. Nesne algılama, bu alandaki temel ilk adımlardan biridir ve YOLO[1], Faster R-CNN[17] veya SSD gibi derin öğrenme tabanlı modellerle gerçekleştirilir. Bu algoritmalar, dronun görüş açısındaki her türlü nesneyi – tanklar, araçlar, insanlar, binalar gibi – hızlı ve doğru bir şekilde sınıflandırarak gerçek zamanlı olarak algılar. Segmentasyon, hedefin tam olarak tespit edilmesini sağlayan bir diğer önemli adımdır. Görüntüdeki belirli alanları ayırarak, hedeflerin net bir şekilde tanımlanmasına yardımcı olan semantik ve instance segmentasyon teknikleri kullanılır. Mask R-CNN[17] gibi derin öğrenme tabanlı segmentasyon modelleri, çoklu hedeflerin doğru bir şekilde tanınmasını ve ayrılmasını sağlar. Ayrıca, hedef tespitinin ardından, hedef takip algoritmaları devreye girer. Kalman filtresi veya DeepSORT [17] gibi algoritmalar, hedefin hareketini sürekli izler, böylece hareket halindeki hedefler kaybolmaz ve başarılı bir takip sağlanır. Bu süreç, dronun hedefe en doğru şekilde yönlendirilmesini ve doğru zamanlamayla mühimmatın kullanmasını garanti eder.

###### *Termal Görüntüleme Ve Füzyon*

Termal görüntüleme, modern mühimmat yüklü dronların hedef tespiti ve doğrulama süreçlerinde kritik bir bileşen olarak yer alır. Özellikle gece operasyonları, düşük ışık koşulları veya zorlu hava koşullarında (örneğin, yoğun sis, yağmur, kar) görsel algılama kapasitesi ciddi şekilde sınırlanabilir. Bu gibi durumlarda, termal kameralar devreye girerek hedeflerin sıcaklık farklarını algılar ve görünmeyen unsurları görünür hale getirir. Termal kameralar, doğal çevredeki sıcaklık farklılıklarını izleyerek, hedeflerin ısı imzasını tespit eder. Bu ısı imzası, hedefin türüne ve çevresine bağlı olarak belirgin bir fark yaratabilir, bu sayede dronlar, askeri araçlar, personel, silah sistemleri veya diğer önemli hedefleri karanlıkta bile tespit edebilir.

Bununla birlikte, yalnızca termal verilerle tespit yapmak her zaman yeterli olmayabilir. Çünkü termal görüntüler, çevresel etmenlerden (örneğin, sis, duman, bitki örtüsü gibi) etkilenebilir ve hedefin konumu yanıltıcı olabilir. Bu nedenle, sensör füzyonu yöntemi, hem optik hem de termal kameraların verilerini birleştirerek bu sınırlamaları aşmaya yardımcı olur. Sensör füzyonu, farklı sensörlerden elde edilen verilerin birleştirilmesiyle daha doğru ve güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlar. Optik görüntüleme, yüksek çözünürlüklü görselleri sağlarken, termal görüntüleme hedefin ısı izlerini belirler. Bu iki farklı kaynaktan alınan bilgiler, görüntü işleme algoritmaları tarafından analiz edilerek hedefin doğruluğu sağlanır. Özellikle yoğun bitki örtüsü, duman, sis veya kamuflaj gibi görüş engelleyici faktörler altında, sensör füzyonu büyük avantaj sağlar. Optik kameralar, bu tür engeller altında sınırlı bilgi sağlarken, termal kameralar bitki örtüsünün altındaki veya kamufle olmuş hedeflerin algılanmasına olanak tanır. Örneğin, yoğun ormanlık alanlarda, optik görüntüleme çoğu zaman hedefin saklanmasına neden olabilirken, termal kameralar hedefin yaydığı ısıyı algılayarak gizlenmiş nesneleri tespit eder. Bu tür koşullarda, sensör füzyonunun kullanılması, hedefin doğruluğunu artırır ve tespit edilen hedefin gerçek doğruluğunun onaylanmasını sağlar.

Sonuç olarak, termal görüntüleme ve sensör füzyonu, mühimmat yüklü dronların hedef tespiti ve doğrulama süreçlerinde büyük bir rol oynar. Özellikle zorlu çevre koşullarında, bu iki teknoloji bir arada kullanılarak hedefin doğru bir şekilde tanımlanmasını ve doğrulanmasını sağlar. Hem optik hem de termal veriler, görüntü işleme algoritmaları ve yapay zekâ destekli analizler ile birleşerek, dronların güvenli ve hassas bir şekilde hedefe yönlendirilmesine olanak tanır.

###### Hedef Tespiti Ve Doğrulama

Hedef tespiti ve doğrulama süreci, mühimmat yüklü dronların doğru ve güvenli bir şekilde operasyon gerçekleştirmeleri için kritik bir adımdır. İlk aşama, görüntü işleme algoritmalarının kullanılarak çevredeki nesnelerin tespit edilmesidir. Görüntü işleme, genellikle yüksek çözünürlüklü optik kameralar ve termal kameralar tarafından sağlanan verilerle yapılır. Bu veriler, nesnelerin belirli bir eşik değeriyle sınıflandırılmasına olanak tanır. Örneğin, bir aracın tespiti, algoritmaların önceden tanımlı nesne sınıflarına dayanarak yapılır. Ancak, bu tür algılama sistemleri yanlış pozitif sonuçlar üretebilir; yani, gerçek hedef dışında başka nesneler de hedef olarak algılanabilir. Bu sorunu önlemek için, yapay zekâ (AI) ve makine öğrenimi modelleri devreye girer. Yapay zekâ, tespit edilen nesnenin türünü doğrulamak için önceden eğitilmiş modeller kullanır ve böylece yanlış pozitifleri minimize eder. Hedef doğrulama süreci, özellikle optik ve termal görüntülerin eş zamanlı analizi ile güçlendirilir. Optik kameralar, nesneleri yüksek çözünürlükte görsel olarak tanımlarken, termal kameralar, hedefin ısı profillerini analiz ederek çevresindeki diğer nesnelerden farklı olup olmadığını belirler. Bu iki farklı türdeki görüntü verilerinin eş zamanlı analizi, hedefin doğruluğunu artırır ve güvenilirliğini sağlar. Ek olarak, geometri tabanlı eşleşme ve sıcaklık profili analizi kullanılarak hedefin fiziksel özellikleri incelenir; bu yöntem, hedefin boyutlarının, şeklinin ve ısısının doğru bir şekilde karşılaştırılmasını sağlar. Son olarak, yapay zekâ tabanlı karar destek sistemleri, bu doğrulama sürecine yardımcı olur, çünkü bu sistemler, önceden edinilen deneyimleri ve verileri analiz ederek karar verme sürecini hızlandırır ve doğruluğu artırır. Bu aşamalar birleşerek, mühimmat yüklü dronların hedef tespiti ve doğrulama sürecini güvenilir, hızlı ve doğru bir şekilde gerçekleştirir.

###### Karar Destek Sistemleri Ve Otomasyon

Hedef tespiti ve doğrulama işlemlerinin ardından, mühimmat yüklü dronların doğru ve etkin bir şekilde operasyon gerçekleştirebilmeleri için karar destek sistemlerinin doğru, hızlı ve güvenilir kararlar verebilmesi büyük önem taşır. Bu kararlar, yalnızca hedefin doğru tespitiyle değil, aynı zamanda çevresel faktörler, stratejik değer, tehdit seviyesi ve operasyonel öncelikler gibi bir dizi farklı parametreyle de şekillenir. Karar destek sistemleri, bu parametrelerin her birini analiz ederek dronun operasyonel verimliliğini maksimize eder.

Hedefin davranış analizi karar verme sürecinde kritik bir rol oynar. Dron, hedefin hareketliliğini, hızını, yönünü ve yörüngesini sürekli olarak izler. Bu, özellikle hareket halindeki hedeflerin tespiti ve takibi açısından zorlayıcı olabilir. Hedefin hareketini doğru bir şekilde tahmin etmek için hız, ivme ve yön değişimi gibi fiziksel parametreler hesaplanır. Bu analizler, Kalman filtresi gibi algoritmalar kullanılarak yapılan istatistiksel tahminlerle geliştirilir. Hedefin hareket dinamiklerini tahmin edebilmek, dronun müdahale etme zamanlamasını ve doğruluğunu optimize eder.

Çevresel faktörler ise hedefe yönelik kararları etkileyebilecek diğer önemli etkenlerdir. Özellikle sivil alanların yakınında yapılan operasyonlar, dronun hareket kabiliyetini ve saldırı kararlarını sınırlandırabilir. Bu nedenle, hedefin çevresindeki altyapı, binalar, ormanlık alanlar, askeri tesisler ve diğer önemli yapılar, değerlendirilmesi gereken çevresel unsurlar arasında yer alır. Modern dronlar, coğrafi bilgi sistemleri (GIS) ile entegre çalışarak, çevreyi haritalar ve hedefin bulunduğu coğrafi konumu gerçek zamanlı olarak tespit eder. Bu sistemler, hedefin olası sivil ve askeri stratejik açıdan değerini dikkate alarak, saldırı esnasında sivil zararını minimize etmeyi hedefler. Hedefin stratejik değeri de karar alma sürecine entegre edilmesi gereken bir başka faktördür. Bu, özellikle askeri operasyonlarda hayati önem taşır. Bir hedefin askeri stratejisi açısından taşıdığı değer, sadece operasyonel başarının değil, aynı zamanda gelecekteki askeri eylemlerin de sonucunu etkileyebilir. Örneğin, bir mühimmat depolama alanı veya kritik bir lojistik hattı hedef alındığında, bu operasyonun uzun vadeli etkileri de göz önünde bulundurulur. Dronlar, bu tür hedeflerin önceliğini, taktiksel olarak en uygun noktayı hedef alarak gerçekleştirmek için stratejik analiz yapar.

Bununla birlikte, insan müdahalesi ve tamamen otonom sistemler arasındaki denge de önemlidir. İnsan operatörleri, genellikle daha esnek ve duyusal kararlar verebilirken, otonom sistemler daha hızlı ve verimli kararlar alabilir. İnsanlı sistemler, yüksek riskli durumlarda veya etiksel sorumluluk taşıyan kararlarda, insana bağlı karar almaya olanak tanır. Öte yandan, otonom sistemler, düşük gecikme ile doğru hedefe müdahale etme yeteneğine sahip olup, zaman kritik operasyonlarda önemli avantaj sağlar. Yapay zekâ (AI) ve makine öğrenimi ise karar destek sistemlerinin kalbinde yer alır. Bu sistemler, geçmiş operasyonlardan elde edilen verilerle kendilerini sürekli olarak geliştirebilir. Öğrenme süreçleri, her geçen gün daha iyi tahminlerde bulunmalarını ve hedeflerin doğruluğunu artırmalarını sağlar. Ayrıca, bu sistemler, operasyonel bağlama uygun olarak, hedefin en doğru şekilde tespit edilmesini ve etkili bir şekilde müdahale edilmesini sağlar. Yapay zekâ, dronun çevresel faktörleri, tehdit analizini ve stratejik öncelikleri sürekli olarak analiz eder, böylece dronun görevini en uygun şekilde yerine getirmesini sağlar.

Sonuç olarak, mühimmat yüklü dronların karar destek sistemleri, hedef tespiti, doğrulama, çevresel analiz, stratejik değer belirleme ve zamanlama gibi çok çeşitli parametreleri dikkate alarak operasyona yön verir. Yapay zekâ ve otonom sistemlerin entegrasyonu, bu süreçleri daha hızlı, doğru ve güvenilir hale getirirken, insana dayalı müdahaleler de yüksek riskli kararlar için önemli bir denetim işlevi görür. Tüm bu bileşenler, mühimmat yüklü dronların operasyonel yeteneklerini maksimize eder ve modern savaş alanında etkin bir şekilde görev yapmalarını sağlar.

###### GPRS Ve Görüntü Verilerinin Entegrasyonu

Hedef tespitinin doğruluğu ve mühimmatın etkili bir şekilde hedefe yönlendirilmesi, GPS ve görüntü verilerinin entegrasyonu ile sağlanır. Bu entegrasyon, dronların operasyonel verimliliğini artırmak ve hassasiyetlerini maksimize etmek için kritik bir adımdır. Görüntü işleme algoritmalarının verdiği çıktılar, hedefin tespit edilmesi, sınıflandırılması ve doğrulamasının ardından, GPS verileriyle birleşerek hedefin tam konumunu belirler. Bu veriler, özellikle büyük ve karmaşık alanlarda yapılan operasyonlar için oldukça önemlidir, çünkü dronun tam konumunun bilinmesi, mühimmatın doğru bir şekilde yönlendirilmesine olanak tanır. GPS verileri, dronun yeryüzündeki konumunu hassas bir şekilde belirler ve uçuş sırasında bu veriler, dronun koordinatlarıyla birlikte hedefin koordinatlarını da doğrular. GPS sistemleri, dronun uçuş yüksekliği, hızı, yönü ve konum bilgilerini sürekli olarak ileterek, hedefe yönlendirme süreçlerinin doğruluğunu sağlar. Görüntü işleme çıktıları, dronun kameralarından alınan görsel verilere dayalı olarak elde edilir ve bu veriler, görüntüdeki hedefin yaklaşık konumunu belirler. Ancak, sadece görüntü işleme verileri genellikle yeterli olmayabilir. Görüntü işleme teknikleri, örneğin optik akış veya derinlik haritalama gibi yöntemler, hedefin uzaklığını ve yönünü tespit etmede faydalı olabilir, ancak bu verilerin kesin konum bilgisi sağlayabilmesi için GPS entegrasyonu gereklidir.

Atalet ölçüm birimi (IMU)[18] ve barometrik altimetre gibi ek sensörler, dronun uçuş dinamiklerini destekler ve uçuşun doğruluğunu artırır. IMU, dronun hızını, ivmesini ve yönünü algılar, bu da özellikle GPS sinyallerinin zayıf olduğu ya da kaybolduğu durumlarda, dronun uçuş kontrol sistemine yardımcı olur. IMU, sensör füzyonu tekniği kullanılarak, GPS verileriyle birlikte işlendiğinde, dronun pozisyonu daha doğru bir şekilde tahmin edilebilir. IMU’nun sağladığı hareket verileri, özellikle katlanabilir dronlar ve hareketli hedefler için faydalıdır, çünkü bu sensörler, yerel hareketleri ve uçuş yönelimlerini algılayarak, GPS verileriyle entegrasyonunu sağlayarak daha yüksek doğruluk elde edilmesine katkı sunar.

Barometrik altimetre, dronun irtifa bilgisini sağlar ve yerden yüksekliğini hassas bir şekilde ölçer. Özellikle yüksek irtifalarda yapılan operasyonlarda, barometrik veriler, altimetreler ve GPS verilerinin entegrasyonu, uçuşun stabilitesini artırarak, mühimmatın doğru hedefe yönlendirilmesine olanak tanır. Bu sensör verilerinin sürekli olarak izlenmesi, herhangi bir kayma veya sapma durumunda, uçuş kontrol sisteminin doğru müdahaleyi yapmasına olanak sağlar. Tüm bu verilerin entegrasyonu, daha yüksek güvenilirlik ve daha hassas hedefleme sağlar. GPS ve görüntü verilerinin birleştirilmesiyle elde edilen konum doğruluğu, özellikle zaman kritik operasyonlarda, mühimmatın en uygun zamanda ve en doğru şekilde hedefe yönlendirilmesini mümkün kılar. Görüntü işleme çıktıları, hedefin görünür konumunu sağlar, ancak GPS ve diğer sensörler sayesinde, hedefin üçüncü boyutlardaki tam koordinatları belirlenebilir. Bu da hedefin, yüksek hızla hareket eden, dinamik ve zorlu çevresel koşullara sahip hedefler için dahi doğru şekilde vurulmasına olanak tanır.

Sonuç olarak, GPS verilerinin ve görüntü işleme çıktılarının entegrasyonu, mühimmat yüklü dronların operasyonel kapasitesini büyük ölçüde artırır. Bu entegrasyon, sadece hedefin doğru bir şekilde tespit edilmesini değil, aynı zamanda hedefe hızla ve hassas bir şekilde müdahale edilmesini sağlar. IMU[18] ve barometrik altimetre gibi sensörlerin katkısı, her türlü çevresel faktöre ve uçuş koşuluna karşı dronun hareket doğruluğunu destekler. Bu birleşim, tüm sistemi daha verimli, güvenilir ve başarılı hale getirir, böylece dronlar hedeflerine her koşulda en yüksek doğrulukla ulaşabilir.

###### Yapay Zekâ Destekli Hedefleme Ve Veri Optimizasyonu

Gerçek zamanlı veri işleme ve optimizasyon, mühimmat yüklü dronların operasyonel etkinliğini artıran temel unsurlardan biridir. Bu süreç, dronun çevresel koşullara hızla adapte olmasını, hedef tespiti ve doğrulama süreçlerini hassas bir şekilde gerçekleştirmesini ve operasyon sırasında ortaya çıkan değişkenleri anında analiz ederek etkili kararlar almasını sağlar. Gerçek zamanlı veri işleme, sadece dronun uçuş güvenliğini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda operasyonun stratejik başarısını da doğrudan etkiler.

İlk olarak, gerçek zamanlı veri işleme, dronun üzerindeki sensörlerden elde edilen verilerin hızlı ve doğru bir şekilde işlenmesini içerir. Bu sensörler arasında optik kameralar, termal görüntüleme cihazları, atalet ölçüm birimi (IMU), GPS alıcıları, lidar sensörleri ve barometrik altimetreler bulunur. Bu sistemlerin her biri, farklı türde veriler sağlar. Örneğin, optik ve termal kameralar, hedefin görsel ve ısıl özelliklerini algılarken, IMU ve GPS, dronun konum, hız ve yönelim bilgilerini iletir. Bu sensörlerin çıktıları, dronun kontrol biriminde birleştirilir ve sensör füzyonu adı verilen bir teknikle işlenir. Sensör füzyonu, farklı kaynaklardan gelen verileri birleştirerek daha güvenilir ve doğru bir veri seti oluşturur. Bu, dronun uçuş dinamiklerini optimize etmesine ve hedef doğruluğunu artırmasına yardımcı olur. Gerçek zamanlı veri işlemenin en önemli bileşenlerinden biri de yapay zekâ (AI) ve makine öğrenimi algoritmalarının kullanımıdır. Yapay zekâ, büyük miktarda veriyi analiz edebilir ve bu verilerden anlamlı sonuçlar çıkarabilir. Örneğin, bir hedefin hareketli olup olmadığını belirlemek için hem optik kamera görüntüleri hem de termal kamera verileri analiz edilir. Yapay zekâ modelleri, hedefin şekli, boyutu, hareket yönü ve hızı gibi özellikleri değerlendirerek hedefin tanımlanmasına yardımcı olur. Aynı zamanda, bu sistemler, yanlış pozitif sonuçları minimize etmek için önceden eğitilmiş veri kümelerine dayanır. Hedefin doğruluğu ve türü belirlendikten sonra, dronun uçuş rotası ve saldırı stratejisi bu verilere göre optimize edilir.

Gerçek zamanlı veri işleme süreci aynı zamanda öngörücü analiz ve adaptif kontrol mekanizmaları içerir. Öngörücü analiz, hedefin gelecekteki hareketlerini tahmin etmeyi amaçlar. Bu, özellikle hareketli hedeflere karşı yapılan operasyonlarda hayati önem taşır. Örneğin, hedefin ivme ve hızına bağlı olarak, gelecekteki konumu tahmin edilir ve bu konuma göre mühimmatın yönlendirilmesi sağlanır. Adaptif kontrol mekanizmaları ise, uçuş sırasında meydana gelen çevresel değişikliklere hızla adapte olabilen sistemlerdir. Rüzgâr, sıcaklık değişimleri veya GPS sinyallerindeki sapmalar gibi faktörler, dronun uçuş stabilitesini etkileyebilir. Adaptif kontrol sistemleri, bu değişkenleri gerçek zamanlı olarak algılar ve uçuş parametrelerini anında ayarlayarak operasyonun kesintisiz devam etmesini sağlar. Bununla birlikte, gerçek zamanlı veri işleme süreci, yalnızca dronun üzerindeki ekipman ile sınırlı değildir. Operasyon sırasında, dronun elde ettiği veriler genellikle bir yer kontrol istasyonuna (GCS) aktarılır. Yer kontrol istasyonu, bu verileri analiz ederek insan operatörlerine sunar. İnsan operatörleri, görsel ve sayısal bilgileri değerlendirerek operasyonel kararlar alabilir. Bu, özellikle kritik hedeflerin doğrulanması veya saldırı izni verilmesi gereken durumlarda önemlidir. Ancak, tamamen otonom sistemlerde, bu süreç, yapay zekâ destekli karar mekanizmalarıyla yönetilir. Otonom dronlar, insan müdahalesi olmaksızın hedefe yönelik operasyonları gerçekleştirebilir ve bu sırada gerçek zamanlı olarak alınan verileri sürekli analiz ederek stratejilerini optimize edebilir.

Gerçek zamanlı veri işlemenin bir diğer önemli yönü de veri iletim ve iletişim altyapısıdır. Dron ile yer kontrol istasyonu arasındaki iletişim, genellikle düşük gecikme süreleri ve yüksek bant genişliği gerektirir. Bu, dronun elde ettiği görüntü ve sensör verilerinin anında yer kontrol istasyonuna aktarılmasını ve gerekli durumlarda insan müdahalesinin hızla yapılmasını sağlar. Aynı zamanda, bu altyapı, dronun uçuş rotasının dinamik olarak güncellenmesine ve operasyonel talimatların hızlı bir şekilde iletilmesine olanak tanır.

Son olarak, gerçek zamanlı veri işleme, dronun operasyonel etkinliğini artırmak için sürekli bir optimizasyon süreci içerir. Bu, hem algoritmaların performansının artırılmasını hem de sistemlerin daha verimli hale getirilmesini kapsar. Örneğin, bir operasyon sırasında elde edilen veriler, gelecekteki operasyonlar için bir öğrenme kaynağı olarak kullanılır. Bu şekilde, dronların hedef tespit, doğrulama ve müdahale süreçleri zamanla daha hassas hale gelir. Genel olarak, gerçek zamanlı veri işleme ve optimizasyon, mühimmat yüklü dronların yüksek hassasiyet, güvenilirlik ve etkinlikle görev yapmasını sağlayan çok katmanlı ve karmaşık bir süreçtir. Bu süreç, yapay zekâ, sensör füzyonu, öngörücü analiz ve adaptif kontrol gibi ileri teknolojilerin entegre bir şekilde çalışmasını gerektirir ve modern askeri operasyonlarda dronların stratejik önemini artıran bir temel unsur olarak öne çıkar.

###### *Test İşlemleri Ve Kalibrasyon*

Görüntüleme sistemlerinin saha testleri ve kalibrasyonu, mühimmat yüklü dronların operasyonel başarısını doğrudan etkileyen kritik bir süreçtir. Bu süreç, sistemlerin farklı çevresel koşullarda nasıl performans gösterdiğini değerlendirmek ve olası hata kaynaklarını minimize etmek amacıyla detaylı bir şekilde yürütülür. Saha testleri, çeşitli simülasyon senaryolarını ve gerçek dünya koşullarını içerecek şekilde tasarlanır. Örneğin, değişen ışık koşulları (gündüz, alacakaranlık, gece), farklı hava durumu (sis, yağmur, rüzgâr) ve çeşitli hedef türleri (sabit, hareketli, sıcaklık farkları gösteren hedefler) gibi durumlar, dronun görüntü işleme yeteneklerini ve hedef doğrulama algoritmalarını test etmek için kullanılır. Bu testler, sadece kamera ve sensörlerin performansını değil, aynı zamanda görüntü işleme algoritmalarının hızını ve doğruluğunu da değerlendirir. Kalibrasyon sırasında, kamera lenslerindeki optik sapmalar, renk tonlamaları ve geometrik bozulmalar düzeltilir. Özellikle geniş açılı lensler veya balıkgözü kameralar kullanıldığında, görüntünün doğruluğunu artırmak için gürültü düzeltme uygulanır. Aynı zamanda, termal kameralar için ısı eşleme kalibrasyonu yapılır. Farklı sıcaklıklara sahip hedeflerin doğru bir şekilde algılanmasını ve görüntülenmesini sağlar. Kalibrasyon sürecinde ayrıca, kameraların odak noktası, çözünürlüğü ve otomatik pozlama ayarları optimize edilir. Bu işlemler, her operasyon öncesinde tekrarlanır ve sahadaki değişken koşullara uygun olarak yeniden yapılandırılır.

Veri işleme algoritmalarının optimizasyonu, saha testlerinin bir diğer önemli bileşenidir. Görüntü işleme yazılımları, testlerde elde edilen verilere göre yeniden eğitilir ve geliştirilir. Bu süreçte, makine öğrenimi modelleri, saha testlerinden elde edilen geniş veri kümeleriyle yeniden eğitilerek, sistemin daha karmaşık hedef tanımlama görevlerini yerine getirebilmesi sağlanır. Aynı zamanda, hedef tespit hızını artırmak için donanım hızlandırmalı görüntü işleme yöntemleri kullanılır. Bu, özellikle yüksek çözünürlüklü görüntülerin analiz edilmesi gereken durumlarda kritik öneme sahiptir. Bu testler ve kalibrasyon işlemleri, sadece sistem performansını artırmakla kalmaz, aynı zamanda güvenilirliği de maksimize eder. Optimum bir şekilde kalibre edilmiş kamera ve sensörler, operasyon sırasında insan müdahalesine olan ihtiyacı azaltır ve otonom sistemlerin başarısını artırır. Yer kontrol istasyonları (GCS) ile yapılan entegrasyon testleri ise, operatörlerin dronla etkili bir şekilde iletişim kurmasını ve anlık kararlar almasını kolaylaştırır.

4.2 **Veri Seti Hazırlama**

Bu bölümde, projemizde kullanılan veri setinin hazırlanmasını detaylı bir şekilde inceleyeceğiz.

###### Veri Kaynakları

Görüntü işleme ve nesne tespiti projelerinde kullanılacak veri setlerinin kaynağı, projenin başarısını belirleyen temel unsurlardan biridir. Veriler, çeşitli yöntemlerle elde edilebilir. İlk olarak, dron kullanılarak farklı hava koşullarında, çeşitli yükseklik ve açılardan toplanan özgün görüntüler, veri setini projenin ihtiyaçlarına en uygun şekilde oluşturur. COCO[1], PASCAL VOC[1] ve Open Images[19] gibi açık kaynaklı veri setleri, genel amaçlı nesne tespiti projeleri için önemli bir başlangıç noktasıdır. Ancak, bu veri setlerinin özelleştirilmesi gerekebilir. Ayrıca, simüle edilmiş veriler de önemli bir alternatiftir; Gazebo[20] veya Unreal Engine gibi yazılımlar, gerçekçi sahneler oluşturup veri çeşitliliği sağlamaya yardımcı olabilir. Daha büyük ölçekli projelerde ise uydu ve hava platformlarından alınan görüntüler kullanılabilir. Bu çeşitlilik, veri setinin kapsamlı ve dengeli olmasını sağlar. Biz bu projede roboflow ve Kaggle den aldığımız verileri de kullandık. Daha çok dronun kendi kamerasından aldığımız anolog görüntüler ile veri seti de oluşturduk.

###### Verinin Toplanması Ve Hazırlanması

Veri toplama ve hazırlama süreci, görüntü işleme ve nesne tespiti projelerinin temel taşlarından birini oluşturur. Bu süreçte, ihtiyaç duyulan verilerin toplanması, veri setinin çeşitliliği ve kalitesi üzerinde doğrudan etkilidir. İlk aşamada, dron kameraları aracılığıyla farklı çevre ve koşullarda görüntü toplama işlemi gerçekleştirilir. Bu görüntülerin yüksek çözünürlüklü olması, detayların kaydedilmesi açısından büyük önem taşır. Özellikle farklı ışıklandırma koşulları, hava şartları ve ortamların dikkate alınması, modelin genelleme kapasitesini artırır. Örneğin, dronlar şehir içindeki trafik akışı, kırsal alanlardaki tarım arazileri veya sanayi bölgelerindeki hareketli nesneler gibi çeşitli senaryolarda kullanılarak geniş bir veri seti oluşturabilir. Veri toplama sürecinde yalnızca statik görüntüler değil, video kayıtları da önemli bir kaynak olarak değerlendirilir. Videolar, belirli karelere bölünerek statik görüntülere dönüştürülebilir. Bu yöntem, hareketli nesnelerin tespiti için ideal bir çözüm sunar. Örneğin, bir dronun kamerasından elde edilen video, nesnelerin dinamik davranışlarını yakalamak ve hareketli nesne tespiti gibi senaryolarda kullanılabilir. Ayrıca, toplanan verilerin hangi formatlarda kullanılacağına karar vermek bu aşamanın bir diğer önemli adımıdır. Genellikle JPEG veya PNG gibi yaygın dosya formatları tercih edilir. Bunun yanı sıra, görüntülerin standardize edilmiş bir boyuta getirilmesi, veri işleme sürecini kolaylaştırır ve model eğitim sürecinde tutarlılık sağlar.

Farklı yüksekliklerden ve açılardan görüntü almak, veri çeşitliliğini artırmanın bir diğer etkili yoludur. Örneğin, alçak uçuşlar, zemine yakın nesnelerin detaylı tespiti için uygunken, yüksek irtifalarda yapılan uçuşlar, geniş alanların genel görünümünü sağlayabilir. Bu çeşitlilik, hem sabit nesnelerin (örneğin binalar veya araçlar) hem de hareketli nesnelerin (örneğin insanlar veya hayvanlar) algılanmasını optimize eder. Ayrıca, gece ve gündüz gibi farklı zaman dilimlerinde veri toplamak, değişen ışık koşullarında modelin performansını test etme ve geliştirme açısından önemlidir.

Veri toplama sırasında, kullanılan ekipmanların ve ayarların doğru bir şekilde yapılandırılması da kritik bir rol oynar. Dron kameralarının çözünürlüğü, FPS (frame-per-second) değeri ve lens özellikleri, elde edilen verinin kalitesini belirler. Ayrıca, toplanan görüntülerin meta verilerinin saklanması da ilerleyen analiz aşamaları için faydalıdır. Örneğin, her bir görüntünün çekim zamanı, yeri ve dronun uçuş yüksekliği gibi bilgiler, veri setinin zenginleştirilmesinde kullanılabilir. Veri toplama aşamasından elde edilen görüntüler, işlenebilir bir forma dönüştürülmelidir. Bu süreçte görüntülerin dosya isimlendirme standartlarının belirlenmesi ve belirli bir hiyerarşiye göre organize edilmesi gerekir. Örneğin, görüntüler sınıf etiketlerine göre farklı klasörlerde saklanabilir. Tüm bu işlemler, sonraki veri temizleme ve etiketleme aşamalarında gereksiz zaman kaybını önler ve verinin projeye uygun hale getirilmesini sağlar. Bu kapsamlı yaklaşımla gerçekleştirilen veri toplama ve hazırlama süreci, projenin başarısını önemli ölçüde etkileyen bir temel oluşturur. Doğru yöntemlerle toplanan ve hazırlanan veriler, modelin eğitim aşamasında daha verimli ve doğru sonuçlar elde edilmesine olanak tanır.

###### Veri Temizleme Ve Etiketleme

Veri temizleme ve etiketleme, toplanan görüntülerin model eğitimine uygun hale getirilmesini sağlayan kritik bir aşamadır. Bu süreçte, bulanık, bozuk veya alakasız görüntüler ayıklanarak gürültülü verilerden arındırılır. Daha sonra, her bir nesnenin doğru bir şekilde tanımlanması ve etiketlenmesi gerekir. Etiketleme işlemi, LabelImg[21] veya VIA[4] gibi araçlar yardımıyla kolaylaştırılabilir. Etiketleme sırasında, nesnelerin çevresine bounding box çizilir ve her nesneye ilgili bir sınıf etiketi atanır. Bununla birlikte, sınıflar arasında veri dengesini sağlamak için her kategoriye eşit miktarda örnek dahil edilmelidir. Etiketleme ve temizleme süreçleri, modelin doğruluğunu ve genelleştirme kapasitesini artırır.

###### Veri Temizleme Teknikleri

Veri temizleme, toplanan verilerin kullanılabilirliğini artıran tekniklerden oluşur. Eksik veya hasarlı görüntüler, gerektiğinde benzer verilerle tamamlanabilir veya tamamen çıkarılabilir. Görüntülerdeki piksellenme gibi gürültüler, Gaussian Blur[1] gibi filtreleme yöntemleriyle azaltılabilir. Ayrıca, farklı ışık koşullarından kaynaklanan renk ve parlaklık dengesizlikleri düzeltilebilir. Veri çoğaltma (data augmentation)[1] teknikleriyle mevcut görüntüler üzerinde döndürme, kırpma, renk değiştirme ve ölçekleme işlemleri yapılarak veri seti genişletilebilir. Bu yöntem, özellikle sınırlı veri setlerinde modelin genelleştirme kabiliyetini artırır. Ayrıca, outlier olarak tanımlanan sıra dışı veya alakasız görüntüler tespit edilerek veri setinden çıkarılmalıdır. Tüm bu işlemler, modelin eğitim sürecinin verimli ve hatasız bir şekilde ilerlemesine katkı sağlar. Bu aşamaların tamamı, kaliteli ve dengeli bir veri seti oluşturmak için gereklidir. İyi yapılandırılmış bir veri seti, nesne tespiti projelerinde başarıyı artırırken, sonraki aşamalarda karşılaşılabilecek potansiyel zorlukları da minimize eder.

**4.3 Model Eğitimi**

Dron tabanlı görüntü işleme projelerinde model eğitimi süreci, ileri teknolojilerin bir arada kullanılmasıyla optimize edilir. YOLOv8[1], hızlı ve doğru nesne tespiti yetenekleriyle dron görüntülerinden alınan verileri gerçek zamanlı olarak analiz eder ve dinamik sahnelerde üstün performans sağlar. Eğitim süreci, bulut tabanlı Google Colab[3] platformunda gerçekleştirilir; bu platform, ücretsiz GPU ve TPU desteğiyle, dron kameralarından toplanan büyük veri setlerinin işlenmesini hızlandırır ve maliyet etkin bir çözüm sunar. PyTorch[7], modelin eğitimi ve optimizasyonunda esneklik sağlayarak, dronun algılama doğruluğunu artırır ve hareketli nesnelerin daha hassas bir şekilde tespit edilmesine olanak tanır. Verilerin hazırlanmasında ise Roboflow kritik bir rol oynar; dron kameralarıyla elde edilen görüntülerin otomatik etiketlenmesi, veri artırma (data augmentation) işlemleri ve format dönüşümleri gibi görevlerle, eğitim verilerinin çeşitliliği ve kalitesi artırılır. Bu teknolojilerin entegrasyonu, dron tabanlı nesne tespiti projelerinin doğruluğunu ve verimliliğini önemli ölçüde artırır.

###### Hiperparametreler

YOLOv8 kullanılarak bir dron projesinde hiperparametre kullanımı, modelin performansını optimize etmek ve belirli bir görev için en iyi sonuçları elde etmek amacıyla dikkatle yapılandırılır. Eğitim sürecinde kullanılan hiperparametreler, öğrenme oranı (learning rate), iterasyon sayısı (epochs), batch boyutu (batch size) ve anchor box ayarları gibi unsurları içerir. Öğrenme oranı, modelin her iterasyonda ağırlıklarını ne kadar değiştireceğini belirler ve bu değerin doğru bir şekilde ayarlanması, modelin hızlı ve kararlı bir şekilde öğrenmesini sağlar. Batch boyutu, her iterasyonda işlenecek veri miktarını ifade eder ve GPU kapasitesine uygun seçilerek modelin eğitim hızını optimize eder. Anchor box değerleri, dron kamerasından elde edilen nesnelerin boyutlarına uygun olarak ayarlanarak küçük ve büyük nesnelerin hassas bir şekilde tespit edilmesini sağlar. Ayrıca, augmentation (veri artırma) parametreleri ile döndürme, ölçekleme ve parlaklık değişiklikleri gibi işlemler uygulanarak modelin genelleştirme kapasitesi artırılır. Bu hiperparametrelerin dikkatli bir şekilde seçilmesi ve gerektiğinde deneysel olarak ayarlanması, dron tabanlı nesne tespiti projelerinde yüksek doğruluk ve verimlilik sağlar.

###### Eğitime Başlanması Ve Doğrulama Süreçleri

Bu Dron tabanlı nesne tespiti projelerinde, eğitime başlanmadan önce verilerin düzenlenmesi ve model parametrelerinin doğru bir şekilde yapılandırılması büyük önem taşır. Eğitim sürecinin başlangıcında, veriler eğitim, doğrulama ve test seti olarak bölünür. Genellikle veri setinin %70’i eğitim için, %20’si doğrulama için ve %10’u test için ayrılır. Eğitim sırasında model, dron kameralarından elde edilen görüntüler üzerinde nesneleri tanımayı öğrenir. YOLOv8 gibi modern modellerde, öğrenme süreci iteratif bir şekilde ilerler ve her iterasyonda model, daha doğru sonuçlar üretmek üzere optimize edilir.

Doğrulama süreci, modelin performansını değerlendirmek için kullanılan kritik bir aşamadır. Eğitim sırasında, doğrulama seti kullanılarak modelin genel performansı izlenir. Bu süreçte doğruluk (accuracy), ortalama ortalama doğruluk (mAP), kayıp değerleri (loss) gibi metrikler hesaplanır. Özellikle mAP (Mean Average Precision), farklı nesne sınıflarındaki tespit doğruluğunu ölçmek için yaygın olarak kullanılır[1,14]. Dron projelerinde, küçük ve hareketli nesnelerin tespitinde hassasiyetin yüksek olması gerektiğinden, bu metriklerin sürekli izlenmesi önemlidir.

Eğitim sürecinin tamamlanmasından sonra doğrulama süreci, modelin overfitting (aşırı öğrenme) yapıp yapmadığını kontrol etmek için kullanılır. Model, yalnızca eğitim verilerini değil, eğitimde görmediği doğrulama verilerini de doğru bir şekilde tespit edebildiğinde genelleme yeteneğinin iyi olduğu anlaşılır. Bu noktada, hiperparametre ayarları gözden geçirilir; öğrenme oranı, epoch sayısı veya veri artırma işlemleri gibi parametrelerde iyileştirmeler yapılabilir.

Son olarak, doğrulama sürecinin ardından, model test seti üzerinde değerlendirilir. Bu aşamada model, tamamen bağımsız bir veri seti üzerinde test edilerek gerçek dünya koşullarına uygunluğu ölçülür. Dron projelerinde bu süreç, modelin uçuş sırasında nesneleri doğru bir şekilde algılayıp algılamadığını belirlemek açısından hayati önem taşır. Eğitime başlamadan önce doğru yapılandırılan sistem ve iyi bir doğrulama süreci, dron tabanlı projelerde yüksek başarı ve güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlar.

###### Modelin Optimizasyonu Ve İyileştirme Teknikleri

Bu bölümde, Eğitmiş olduğumuz dron tabanlı görüntü işleme modeli, nesne tespiti ve diğer görüntü analizi görevlerinde yüksek doğruluk ve verimlilik hedefleriyle optimize edilmiştir. Bu süreçte kullanılan optimizasyon ve iyileştirme teknikleri, modelin performansını artırmak ve gerçek dünya koşullarında etkili bir şekilde çalışmasını sağlamak için kritik öneme sahiptir.

İlk adım olarak, hiperparametre ayarları dikkatlice yapılmıştır. Öğrenme oranı, epoch sayısı ve batch boyutu gibi parametreler, modelin eğitim sürecini ve doğruluğunu doğrudan etkiler. Adam optimizer gibi gelişmiş optimizasyon algoritmaları, modelin hızlı ve doğru bir şekilde eğitilmesini sağlar. Öğrenme oranı, modelin her adımda ne kadar iyileşeceğini belirlerken, doğru ayarlamalar ile eğitim süreci hızlandırılmış ve modelin genelleme yeteneği artırılmıştır. Eğitim veri setine uygulanan veri artırma (data augmentation) teknikleri de modelin doğruluğunu ve dayanıklılığını artıran önemli bir faktördür. Dronun hareketli nesneleri doğru bir şekilde tespit etmesi için eğitim verileri, döndürme, ölçekleme, renk değişiklikleri gibi dönüşümlerle çeşitlendirilmiştir. Bu sayede model, daha geniş bir veri yelpazesinde eğitim alarak farklı ortam koşullarında doğru tahminlerde bulunabilir.

Modelin performansı sürekli olarak izlenmiş ve eğitim süreci sırasında erken durdurma (early stopping) tekniği uygulanarak overfitting (aşırı uyum) riski engellenmiştir. Eğitimde doğrulama seti üzerinden yapılan testler, modelin aşırı öğrenmesini engellemek için kullanılmış, model yalnızca önemli parametreleri öğrenerek genelleme yeteneği kazanmıştır. Model pruning (kesilme) tekniği ile modelin gereksiz parametreleri ve nöronları kaldırılarak, işlem süresi ve hafıza kullanımı optimize edilmiştir. Bu sayede dron gibi kısıtlı donanımla çalışan sistemlerde, daha hızlı ve daha verimli bir model elde edilmiştir.

Son olarak, transfer öğrenme (transfer learning) kullanılarak, önceden eğitilmiş bir nesne tespiti modelinin ağırlıkları alınarak yeni model üzerinde ince ayar yapılmıştır. Bu, eğitim süresini kısaltmış ve daha hızlı bir şekilde doğruluk artışı sağlamıştır. Bu teknikler ve iyileştirmeler, modelin yalnızca daha hızlı çalışmasını değil, aynı zamanda daha doğru ve güvenilir sonuçlar elde etmesini sağlamıştır.

**4.4 Bulgular Ve Değerlendirme**

Dron projemizde eğittiğimiz modeli elde ettiğimiz grafikler yönünden inceleyeceğiz ve bu grafikler üzerinden modelimizin nesne tespit işlemini nasıl yaptığı ile ilgili bilgimiz olacaktır.

###### Doğruluk(Accuracy)

Projemiz YOLO[1] modeli kullanılarak dron görüntüleri üzerinden nesne tespiti ve sınıflandırma işlemleri için eğitilen modelin doğruluk (accuracy) ve mAP50 (Mean Average Precision at 50% IoU) metrikleri değerlendirilmiştir. Eğitim süreci boyunca modelin doğruluk ve mAP50 değerlerinde önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, modelin doğruluk değeri, eğitim sürecinde belirgin bir artış göstermiştir. İlk epoch’ta mAP50 değeri 0.82 civarındayken, modelin öğrenme süreci boyunca hızla iyileştiği gözlemlenmiştir. 10. epoch’tan sonra modelin doğruluk oranı %94 seviyesine ulaşmış ve 20. epoch itibarıyla bu değer 0.97'de sabitlenmiştir. Bu durum, modelin başlangıç aşamalarında hızlı bir öğrenme eğrisi sergilediğini ve ilerleyen dönemlerde doğruluk oranında istikrarlı bir seviyeye ulaştığını göstermektedir. Sonuçlar, eğitim sürecinin etkili bir şekilde yürütüldüğünü ve modelin sahadaki uygulamalarda güvenilir bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Modelin %97 doğruluk oranına ulaşması, dron görüntülerinden nesne tespiti ve sınıflandırma işlemleri için etkili bir çözüm sunduğunu göstermektedir. Özellikle yüksek doğruluk ve mAP50 değerleri, bu teknolojinin gerçek zamanlı görevlerde başarıyla uygulanabilir olduğunu kanıtlamaktadır.

###### Kesinlik(Precision)

YOLO Kesinlik (precision), model performansını değerlendirmede kullanılan önemli bir metriktir ve modelin pozitif olarak sınıflandırdığı örneklerin gerçekten pozitif olma oranını gösterir. Bu metrik, yanlış pozitiflerin önemli olduğu uygulamalarda daha büyük bir anlam taşır. Yüksek kesinlik değeri, modelin yanlış pozitif oranını düşük tutarak doğru tespitler üzerinde yoğunlaştığını ve güvenilir bir performans sergilediğini gösterir. YOLO (You Only Look Once) modeli, dron tabanlı nesne tespiti projelerinde sıklıkla tercih edilen ve hızlı, doğru tespitler yapabilen bir derin öğrenme algoritmasıdır. Bu model, özellikle gerçek zamanlı uygulamalarda yüksek doğrulukla çalışması için idealdir. Kesinlik metriği, modelin tespit ettiği nesnelerin doğruluğunu ölçmek ve ne kadar güvenilir olduğunu değerlendirmek için kullanılan kritik bir göstergedir. Yüksek kesinlik, modelin tespit ettiği nesnelerin çoğunluğunun doğru olduğunu ve yanlış alarmların minimum düzeyde tutulduğunu gösterir.

Eğitim süreci boyunca modelin kesinlik performansı önemli bir gelişim göstermiştir. İlk epoch'ta kesinlik değeri 0.80 civarında iken, bu değer eğitim ilerledikçe hızla artmış ve ilk 10 epoch sonunda 0.95'e yükselmiştir. Bu, modelin eğitim verilerine hızla adapte olduğunu ve doğru tespit oranını artırdığını gösterir. Eğitim sürecinin sonlarına doğru, özellikle 20. epoch'tan sonra, kesinlik değeri 0.97 civarında sabitlenmiştir ve model yüksek bir doğrulukla kararlı hale gelmiştir. Bu durum, modelin yüksek kesinlikte tespitler yapabildiğini ve yanlış pozitif oranını çok düşük tuttuğunu gösterir.

Bu yüksek kesinlik, dron tabanlı nesne tespiti için gerçek dünya uygulamalarında modelin güvenilirliğini artırır. Özellikle savunma, güvenlik ve izleme gibi kritik alanlarda, yanlış pozitiflerin en aza indirilmesi büyük önem taşır. Yüksek kesinlik değeri, modelin yanlış alarmları en düşük seviyeye indirerek, doğru ve güvenilir kararlar alınmasına olanak tanır. Bu da modelin sahada etkili ve güvenli bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koyar.

###### Hassasiyet(Recall)

Dron kamerasından göreceğimiz nesnelerin tespiti amacıyla ürettiğimiz modelin doğru pozitifleri bulma yeteneğini ölçen önemli bir değerlendirme metriğidir. Başka bir deyişle, hassasiyet, modelin gerçek pozitif örneklerden ne kadarını doğru şekilde tespit ettiğini gösterir. Yüksek bir hassasiyet değeri, modelin çoğu gerçek pozitif örneği doğru şekilde bulduğunu ve bu sayede daha az yanlış negatif tespit gerçekleştirdiğini ifade eder. Özellikle yanlış negatiflerin önemli olduğu durumlarda hassasiyet kritik bir metrik olarak devreye girer. YOLO modeli, dron tabanlı nesne tespiti için sıklıkla tercih edilen bir derin öğrenme algoritmasıdır ve hassasiyet metriği, modelin tespit ettiği nesnelerin doğru olup olmadığını değerlendirmek için kullanılır.

Eğitim sürecinde hassasiyet değerlerinin nasıl değiştiği, modelin öğrenme yeteneği hakkında önemli ipuçları sunar. İlk epoch'ta hassasiyet değeri 0.75 civarlarında iken, eğitim sürecinin ilerlemesiyle bu değer hızla artmıştır ve 10. epoch civarında 0.92'ye ulaşmıştır. Bu, modelin eğitim verilerine adapte olmaya başladığını ve gerçek pozitifleri daha doğru bir şekilde tespit ettiğini gösterir. 20. epoch'tan sonra hassasiyet değeri yaklaşık olarak 0.95 seviyesinde sabitlenmiştir ve model yüksek hassasiyetle çalışmaya devam etmektedir.

Yüksek hassasiyet değeri, modelin çoğu gerçek pozitif örneği doğru şekilde tespit ettiğini ve yanlış negatifleri minimize ettiğini gösterir. Bu durum, dron tabanlı nesne tespiti projelerinin uygulamalarında güvenilirlik ve doğruluk açısından önemli bir faktördür. Özellikle güvenlik ve izleme gibi kritik alanlarda, yüksek hassasiyet, modelin önemli nesneleri doğru şekilde tespit etmesini sağlayarak, sistemin etkinliğini artırır. Modelin yüksek hassasiyet değeri, dron tabanlı görüntü işleme sistemlerinin gerçek dünyada etkili bir şekilde kullanılabileceğini ve karar alma süreçlerinde güvenilir sonuçlar verebileceğini gösterir.

###### F1 Skoru(F1 Score)

F1 skoru, modelin doğruluk ve hassasiyet değerlerinin birleşiminden elde edilen bir metrik olup, özellikle sınıflandırma problemlerinde kullanılır. F1 skoru, doğruluk ve hassasiyetin harmanlanmış bir ölçüsüdür ve her iki metriğin de dengeli bir şekilde değerlendirilmesini sağlar. Bu metrik, yanlış pozitif ve yanlış negatiflerin etkisini minimize etmek için önemlidir ve özellikle verisinde dengesizlik olan sınıflandırma problemlerinde kullanışlıdır. F1 skoru, hem yanlış pozitiflerin hem de yanlış negatiflerin etkilerini göz önünde bulundurduğu için, modelin genel performansını daha doğru bir şekilde yansıtır. Yüksek bir F1 skoru, modelin her iki kritere de uygun şekilde performans gösterdiğini ve yanlış sınıflandırmaların minimize edildiğini gösterir.

F1 skoru, hassasiyet ve geri çağırma (recall) değerlerinin harmonik ortalaması olarak hesaplanır. Bu hesaplama, her iki metriğin birbirini dengelemesine olanak tanır ve böylece modelin performansının dengeli bir değerlendirilmesini sağlar. F1 skoru, özellikle yanlış pozitif ve yanlış negatif tespitlerinin önemli olduğu durumlarda kritik bir rol oynar. YOLO modeli gibi nesne tespiti algoritmalarında F1 skoru, modelin gerçek pozitiflerin yanı sıra, yanlış sınıflandırmaları da göz önünde bulundurularak doğru bir performans değerlendirmesi yapılmasını sağlar.

Eğitim sürecinde F1 skoru değeri zamanla artan bir trend izler. Başlangıçta, modelin öğrenme süreci devam ettikçe F1 skoru, doğruluk ve hassasiyetin artışı ile paralel olarak yükselir. İlk epoch'ta F1 skoru 0.78 civarlarında iken, eğitim ilerledikçe bu değer hızla yükselerek 0.92'ye ulaşmıştır. Eğitim sürecinin sonlarına doğru, F1 skoru yaklaşık 0.94 seviyesinde stabil hale gelmiştir, bu da modelin doğruluk ve hassasiyet bakımından dengeli bir şekilde yüksek performans gösterdiğini ifade eder. F1 skoru, modelin her iki önemli metrik olan doğruluk ve hassasiyetin birleşiminden gelen toplam performansı yansıttığı için, dron tabanlı nesne tespiti projelerinde modelin gerçek dünyada etkili bir şekilde kullanılabileceğini gösterir. Yüksek F1 skoru, modelin güvenilirliğini artırarak, daha doğru ve güvenilir tespitlerin yapılmasını sağlar.

###### Loss Değerlerinin İncelenmesi

Loss (kayıp) değerleri, dron tabanlı nesne tespiti projesinde modelin eğitim sürecinde performansını değerlendirmede önemli bir rol oynar. Bu değerler, modelin optimize edilmesi ve öğrenme sürecinin izlenmesi açısından kritik metriklerdir. YOLO gibi karmaşık nesne tespiti modellerinde kayıp fonksiyonları, modelin tahmin ettiği nesnelerin konumlarını, sınıflarını ve olasılık dağılımlarını doğru bir şekilde öğrenmesini sağlamak için kullanılır. Dron modelinde kullanılan kayıp fonksiyonları arasında kutu kaybı (box loss), sınıflandırma kaybı (classification loss) ve dağılım kaybı (distribution loss) yer alır. Bu kayıp fonksiyonları, modelin tespit ettiği nesnelerin doğruluğunu artırmak için optimize edilir.

İlk epoch'ta modelin kayıp değerleri yüksek olmakta, çünkü model henüz öğrenme sürecinin başlarındadır. Başlangıçta, kutu kaybı 1.6995, sınıflandırma kaybı 1.15820 ve dağılım kaybı 1.2032 civarlarında olup, bu durum modelin henüz doğru tespitler yapmadığını gösterir. Eğitim süreci ilerledikçe, bu kayıp değerlerinde belirgin bir azalma gözlemlenir. Özellikle ilk 10 epoch içinde kayıp değerleri hızla düşer, örneğin kutu kaybı 1.3549'a, sınıflandırma kaybı ise 0.66840'a geriler. Bu durum, modelin öğrenmeye hızla başladığını ve hatalarını azalttığını gösterir.

Eğitim süreci ilerledikçe, kayıp değerleri daha yavaş bir şekilde düşmeye devam eder. 20. epoch'tan sonra kutu kaybı 1.2016'ya, sınıflandırma kaybı 0.56902'ye ve dağılım kaybı 0.9824'e düşer. Eğitim sürecinin sonlarına doğru, modelin kayıp değerleri stabil bir seviyeye gelir ve bu noktada modelin öğrenme süreci büyük ölçüde tamamlanmıştır. 100. epoch'ta kayıp değerleri şu şekilde olur: kutu kaybı 1.0156, sınıflandırma kaybı 0.39430 ve dağılım kaybı 0.7923. Bu değerler, modelin tespit ettiği nesnelerin konumlarını, sınıflarını ve olasılık dağılımlarını doğru bir şekilde tahmin etmeyi başardığını ve yüksek performans gösterdiğini göstermektedir.

Eğitim süreci boyunca kayıp değerlerindeki azalma, modelin nesne tespiti görevinde başarılı olduğunu ve optimize edilmiş bir şekilde çalıştığını gösterir. Bu süreç, dron tabanlı nesne tespiti projelerinde modelin gerçek dünyada etkin bir şekilde kullanılabileceğini ve doğru tahminler yapabileceğini ortaya koyar. Kayıp fonksiyonlarındaki bu azalma, modelin başarılı bir şekilde öğrenmeye devam ettiğini ve hedeflenen doğruluk seviyelerine ulaştığını gösterir.

###### Gelecek Çalışmalar Ve Öneriler

Gelecek çalışmalarda, dron tabanlı nesne tespiti ve görüntü işleme projelerinin geliştirilmesi için çeşitli yönlerden iyileştirmeler yapılabilir. İlk olarak, mevcut veri setlerinin çeşitlendirilmesi ve zenginleştirilmesi büyük bir önem taşır. Çeşitli hava koşulları, aydınlatma durumları, farklı dron modelleri ve çevresel faktörler göz önünde bulundurularak veri setlerinin kapsamı genişletilebilir. Bu sayede, model daha fazla durumu öğrenebilir ve daha doğru tahminlerde bulunabilir. Ayrıca, veri artırma tekniklerinin kullanılması da modelin daha fazla örneğe dayalı olarak eğitilmesine yardımcı olabilir.

Model iyileştirmeleri de gelecekteki çalışmalarda önemli bir rol oynar. YOLOv8[1] gibi başarılı modeller, hibrit yapılarla birleştirilerek daha yüksek doğruluk oranlarına ulaşılabilir. Örneğin, YOLO'nun yanında başka derin öğrenme algoritmalarının da kullanılması, modelin daha hassas tespitler yapmasını sağlayabilir. Ayrıca, eğitim sürecinin hızlandırılması ve doğruluğun artırılması adına farklı ağ mimarileriyle deneyler yapılabilir. Bu tür geliştirmeler, modelin daha verimli hale gelmesine ve daha güvenilir sonuçlar üretmesine olanak tanıyacaktır. Gerçek zamanlı performans da iyileştirilebilecek bir diğer önemli alan olacaktır. Modelin hızının artırılması, düşük gecikme süreleri gerektiren uygulamalarda daha etkili olmasını sağlayabilir. Özellikle modelin pratikte daha hızlı çalışabilmesi için optimizasyon yapılabilir. Bu bağlamda, modelin hızlandırılması için ağırlık sıkıştırma ve paralel işlem teknikleri gibi yöntemler kullanılabilir.

Modelin nesne tespiti alanındaki uygulamaları genişletmek de önemli bir ilerleme sağlayacaktır. Şu anda sınırlı sayıda nesne tespiti ile çalışılıyor olsa da, gelecekte farklı nesnelerin tespiti için modelin eğitilmesi büyük bir katkı sağlayacaktır. Araçlar, yayalar, hayvanlar gibi farklı nesnelerin tespitiyle modelin genel nesne tanıma becerileri artırılabilir. Ayrıca, modelin güvenilirliğinin artırılması da çok kritik bir konu olmalıdır. Modelin yanlış pozitiflerini minimize etmek, yanlış alarmlar oluşturmasını engellemek için çeşitli iyileştirmeler yapılabilir. Bu, modelin hata oranlarını düşük tutarak daha güvenilir hale gelmesini sağlar.

Ayrıca, modelin uygulama alanlarının genişletilmesi gerektiği unutulmamalıdır. Şu anda plaka tespiti ve trafik izleme gibi alanlarda kullanılan bu tür modeller, gelecekte tarım, güvenlik, kaza analizi, orman yangını izleme gibi farklı alanlarda da kullanılabilir. Bu alanlarda modelin doğruluğu, hız ve adaptasyon yetenekleri önemli olacaktır. Dron tabanlı nesne tespiti, geniş bir uygulama yelpazesine sahip olduğu için bu alanlarda yapılacak iyileştirmeler de büyük fayda sağlayacaktır. Modelin uygulanabilirliğini geliştirmek, özellikle farklı çevresel koşullarda yüksek performans elde etmek adına kritik bir adımdır. Düşük çözünürlüklü, bulanık görüntüler veya gece koşulları gibi zorlu ortamlar için modelin doğruluğunun artırılması hedeflenebilir. Bu tür iyileştirmeler, modelin her türlü çevresel faktöre adapte olabilmesini sağlar.

Son olarak, sürekli öğrenme ve model güncellemeleri de gelecekteki çalışmalar için önemli bir konu olacaktır. Modelin eğitimi sabit bir süreç olmamalıdır. Gerçek dünya koşulları sürekli değiştiğinden, modelin yeni verilerle güncellenmesi ve zamanla daha iyi hale gelmesi sağlanabilir. Sürekli öğrenme teknikleri kullanılarak, modelin çevresel değişikliklere hızlı bir şekilde adapte olması sağlanabilir. Bu sayede, model zamanla güçlenebilir ve daha etkili hale gelebilir.

# 5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu raporda işyeri eğitiminin kapsamlı bir değerlendirmesini sunarak, staj sürecimin genel bir özetini çıkarmak istiyorum. İşyerinde geçirdiğim zaman, benim için hem teorik bilgilerimi pratiğe dökme hem de profesyonel dünyada gerekli becerileri kazanma açısından son derece değerliydi. İşyerinde yürüttüğüm çalışmalar, sadece teknik bilgiyi değil, aynı zamanda takım içinde çalışma, zaman yönetimi ve problem çözme gibi önemli yetkinlikleri de geliştirmeme yardımcı oldu. İşyeri eğitimi sürecinde etkileşimde bulunduğum tüm aktörler- işyeri yöneticileri, deneyimli meslektaşlarım, fakülte ve bölüm yetkilileri, işyeri komisyonu ve öğretim elemanları bu sürecin bütünlüğü ve başarısı için kritik roller oynadı. Her birinin katkısı, öğrenme deneyimimi zenginleştirdi ve kariyer yolculuğumda ilerlememe yardımcı oldu. Özellikle, işyeri yöneticim ve izleyici öğretim elemanlarının rehberliği, stajımın en verimli ve bilgilendirici kısımları arasındaydı. Bu süreçte gerçekleştirdiğim araştırmalar, seçtiğim problemlerin derinlemesine analiz edilmesine ve etkin çözüm yöntemlerinin geliştirilmesine olanak sağladı. Kullandığım araştırma yöntemleri, projenin hedeflerine ulaşmak için özenle seçildi ve uygulamaya konuldu. Elde edilen sonuçların her birinin detaylı yorumu, işyeri eğitiminin değerli bir eğitim olduğunu bize gösterdi. Bu deneyim, akademik bilgilerin gerçek dünya uygulamalarıyla bütünleşmesini sağlayarak, gelecekteki kariyer hedeflerime ulaşmada bana değerli bir rehberlik etti. Çalışmanın sınırlılıkları göz önünde bulundurulduğunda, bu deneyimlerin ileriye dönük uygulamalar için önemli bir kaynak olduğuna inanıyorum. Bu işyeri eğitimi, kariyerimdeki önemli bir adım olup, gelecekte karşılaşacağım zorluklar ve fırsatlar için beni hazırlayan önemli dersler sundu. Bu süreçte edindiğim bilgi ve deneyimler, kariyerim boyunca benimle birlikte olacak ve mesleki gelişimime sürekli katkı sağlayacaktır.

# KAYNAKLAR

1. <https://docs.ultralytics.com/tr>
2. <https://opencv.org/>
3. <https://colab.google/>
4. https://roboflow.com/
5. <https://www.kaggle.com/>
6. <https://www.tensorflow.org/>
7. <https://pytorch.org/>
8. Simonyan, K.; Zisserman, A. Büyük ölçekli görüntü tanıma için çok derin evrişimli ağlar. *arXiv*2014,arXiv:1409.1556. [ [Google Akademik](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Very+deep+convolutional+networks+for+large-scale+image+recognition&author=Simonyan,+K.&author=Zisserman,+A.&publication_year=2014&journal=arXiv) ]
9. He, K.; Zhang, X.; Ren, S.; Sun, J. Görüntü tanıma için derin kalıntı öğrenme. IEEE Bilgisayar Görüntüsü ve Desen Tanıma Konferansı Bildirilerinde, Las Vegas, NV, ABD, 27–30 Haziran 2016; s. 770–778. [ [Google Akademik](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Deep+residual+learning+for+image+recognition&conference=Proceedings+of+the+IEEE+Conference+on+Computer+Vision+and+Pattern+Recognition&author=He,+K.&author=Zhang,+X.&author=Ren,+S.&author=Sun,+J.&publication_year=2016&pages=770%E2%80%93778) ]
10. He, K.; Zhang, X.; Ren, S.; Sun, J. Görüntü tanıma için derin kalıntı öğrenme. IEEE Bilgisayar Görüntüsü ve Desen Tanıma Konferansı Bildirilerinde, Las Vegas, NV, ABD, 27–30 Haziran 2016; s. 770–778. [ Google Akademik ]
11. Girshick, R.; Donahue, J.; Darrell, T.; Malik, J. Doğru nesne algılama ve anlamsal segmentasyon için zengin özellik hiyerarşileri. IEEE Bilgisayar Görüntüsü ve Desen Tanıma Konferansı Bildirilerinde, Columbus, OH, ABD, 23-28 Haziran 2014; s. 580-587. [ Google Akademik ]
12. Girshick, R.; Donahue, J.; Darrell, T.; Malik, J. Doğru nesne algılama ve anlamsal segmentasyon için zengin özellik hiyerarşileri. IEEE Bilgisayar Görüntüsü ve Desen Tanıma Konferansı Bildirilerinde, Columbus, OH, ABD, 23-28 Haziran 2014; s. 580-587. [ Google Akademik ]
13. Ren, S.; He, K.; Girshick, R.; Sun, J. Daha hızlı r-cnn: Bölge öneri ağlarıyla gerçek zamanlı nesne algılamaya doğru. *Adv. Neural Inf. Process. Syst.*2015,*28*. [ [Google Akademik](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Faster+r-cnn:+Towards+real-time+object+detection+with+region+proposal+networks&author=Ren,+S.&author=He,+K.&author=Girshick,+R.&author=Sun,+J.&publication_year=2015&journal=Adv.+Neural+Inf.+Process.+Syst.&volume=28) ]
14. Ronneberger, O.; Fischer, P.; Brox, T. U-net: Biyomedikal görüntü segmentasyonu için evrişimsel ağlar. Tıbbi Görüntü Hesaplama ve Bilgisayar Destekli Müdahale Bildirileri—MICCAI 2015: 18. Uluslararası Konferans, Münih, Almanya, 5-9 Ekim 2015; Bildiriler, Bölüm III 18. Springer: Berlin/Heidelberg, Almanya, 2015; s. 234-241. [ Google Akademik ]
15. Zhao, H.; Shi, J.; Qi, X.; Wang, X.; Jia, J. Piramit sahne ayrıştırma ağı. IEEE Bilgisayar Görüntüsü ve Desen Tanıma Konferansı Bildirilerinde, Honolulu, HI, ABD, 21-26 Temmuz 2017; s. 2881-2890. [ Google Akademik ]
16. Zhao, H.; Shi, J.; Qi, X.; Wang, X.; Jia, J. Piramit sahne ayrıştırma ağı. IEEE Bilgisayar Görüntüsü ve Desen Tanıma Konferansı Bildirilerinde, Honolulu, HI, ABD, 21-26 Temmuz 2017; s. 2881-2890. [ Google Akademik ]
17. Nagpal, V., & Devare, M. (2024). Computer Vision in the Sky: Ultralytics YOLOv8 and Deep SORT Synergy for Accurate Vehicle Speed Monitoring in Drone Video. Journal of Electrical Systems, 20(10s), 116-122.
18. Bektaş, F., Işık, B. Ö., Erbaş, Y. S., Bahar, E., & Kaya, S. (2024). Kullanıcı potansiyeline bağlı koruma statüsündeki mavi yıldız çiçeğinin sürdürülebilirliğine yönelik Trabzon Kadıralak yaylasında yürüyüş rotalarının belirlenmesi. GSI Journals Serie A: Advancements in Tourism Recreation and Sports Sciences, 7(1), 48-66.
19. <https://github.com/openimages/dataset>
20. <https://dojofordrones.com/gazebo-drone/>

# 