



T.C.
KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İLERİ TEKNOLOJİLER ANABİLİM DALI

HAREKETLİ İNSAN YÜZÜ TESPİT VE TAKİBİ
YAPABİLEN İHA UYGULAMASI

Engin GÜZEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KIRŞEHİR / 2022



T.C.
KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İLERİ TEKNOLOJİLER ANABİLİM DALI

HAREKETLİ İNSAN YÜZÜ TESPİT VE TAKİBİ

YAPABİLEN İHA UYGULAMASI

Engin GÜZEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Mustafa YAĞCI

KIRŞEHİR / 2022

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Engin GÜZEL

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

Yüksek Lisansa başlamamda ve yüksek lisans ders sürecinde kendisini tanıdığım günden bu yana gösterdiği sakin ve sabırlı hali ile her zaman bana örnek olmasının yanı sıra bir bilim adamının nasıl çalışması gerektiğini kendisinden öğrendiğim değerli danışmanım Doç. Dr. Mustafa Yağcı'ya büyük bir içtenlikle teşekkür ederim.

Tezimi, ailem başta olmak üzere özellikle araştırmaktan vazgeçmeyen bütün insanlara ithaf ederim.

Haziran, 2022

Engin GÜZEL

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ.....	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Taraması	3
1.2. Amaç.....	5
2. NESNE TESPİTİ VE TAKİBİNDE KULLNILAN TEKNOLOJİLER	6
2.1. Görüntü İşleme	6
2.1.1. Görüntü İşleme Aşamaları	7
2.2. Nesne Tespit ve Sınıflandırılması.....	8
2.3. Nesne Takip Yöntemleri.....	9
2.3.1. Nokta Tabanlı Nesne Takibi	10
2.3.1.1. Deterministik.....	10
2.3.1.2. İstatistiksel	11
2.3.1.2.1. Kalman Filtresi	11
2.3.1.2.2. Parçacık Filtresi	11
2.3.2. Çekirdek Tabanlı Nesne Takibi	12
2.3.2.1. Şablon Eşleme.....	12
2.3.2.2. Ortalama Kayma Yöntemi	12
2.3.2.3. Destek Vektör Makinesi.....	13
2.3.3. Siluet Tabanlı Nesne Takibi.....	13
2.3.3.1. Kontur Tabanlı Yöntem	13
2.3.3.2. Şekil Tabanlı Yöntem	13
3. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI.....	14
3.1. Kanat Tiplerine Göre İHA Çeşitleri	16
3.1.1. Sabit Kanatlı İnsansız Hava Araçları	16
3.1.2. Döner Kanatlı İnsansız Hava Araçları	16

3.2. Dört Rotorlu İnsansız Hava Aracının Hareket Prensipleri	18
3.2.1. Yunuslama Hareketi	19
3.2.2. Yuvarlama Açısı	20
3.2.3. Yönelme Açısı	20
3.3. İHA Uçuşlarını Etkileyen Özellikler	21
3.3.1. İnsansız Hava Araçlarının Ağırlıkları	21
3.3.2. İnsansız Hava Araçlarına Menzil ve İrtifa Etkisi	22
3.3.3. İnsansız Hava Araçlarına Kanat Ağırlığı ve Şekillerinin Etkisi	22
3.3.4. İnsansız Hava Araçlarında Motor Tipi Etkisi	24
4. MATERYAL	25
4.1. OPENCV Kütüphanesi	25
4.2. DJI Ryze Tello Edu.....	26
4.2.1. DJI Tello EDU Özellikleri	26
4.3. HAAR-CASCADE Algoritması	27
5. YÖNTEM	30
5.1. İHA Kamerasından Görüntü Aktarılması	32
5.2. İHA Kamerasından Alınan Görüntüde İnsan Yüzü Tespiti	32
5.3. Tespit Edilen İnsan Yüzünün Gerçek Zamanlı Takip İşlemi	33
6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	38
7. ÖNERİLER	40
KAYNAKLAR	41
ÖZGEÇMİŞ	47

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 3.1. Sabit Kanatlı İHA (Bayraktar)	16
Şekil 3.2. Farklı rotor sayılarına sahip İHA modelleri	17
Şekil 3.3. Döner kanatlı İHA (KARGU)	18
Şekil 3.4. Yükselme hareketindeki rotor hareket yönleri	19
Şekil 3.5. Dönme açıları	19
Şekil 3.6. a) öne doğru b) arkaya doğru	20
Şekil 3.7. a) öne doğru b) arkaya doğru	20
Şekil 3.8. a) saat yönü b) saat yönü tersinde	21
Şekil 3.9. Bayraktar Akıncı	22
Şekil 3.10. Global Hawk	22
Şekil 3.11. Kıvrık kanat örnekleri	23
Şekil 4.1. DJI Tello EDU iç ve dış ortam gövdeleri	26
Şekil 4.2. Haar-Cascade kenar özellikler	28
Şekil 4.3. Kenar özellikleri ile insan yüzü işlenmesi	29
Şekil 4.4. Yüz tespit işlem sonuç örneği	29
Şekil 5.1. Akış Şeması	31
Şekil 5.2. Haar özellikleri ile burun seçimi	32
Şekil 5.3. İHA kamerasında insan yüzü tespiti	33
Şekil 5.4. Kapalı ortamda insan yüzü tespiti	34
Şekil 5.5. Dış ortamda insan yüzü tespit işlemi	35
Şekil 5.6. Dış ortamda insan yüzü tespit işlemi - 2	36
Şekil 5.7. Dış ortamda insan yüzü tespit işlemi - 3	36

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 2.1. Görüntü işleme seviyeleri ve kullanım alanları	8
Tablo 2.2. Nesne tespit teknikleri	10
Tablo 3.1. İnsansız hava araçları askeri kullanım alanları.....	14
Tablo 3.2. İnsansız hava araçları sivil kullanım alanları	15
Tablo 3.3. SHGM İHA sınıflandırması	15
Tablo 3.4. İHA Ağırlık örneklendirilmesi	21
Tablo 3.5. Motor tiplerine göre İHA sınıflandırılması	24
Tablo 4.1. Opencv temel bileşenleri	25
Tablo 5.1. İHA'nın ideal uçuş değerleri	37
Tablo 5.2. Tespit ve takip mekân etki değerleri.....	37

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAREKETLİ İNSAN YÜZÜ TESPİT VE TAKİBİ YAPABİLEN İHA UYGULAMASI

Engin GÜZEL

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İleri Teknolojiler Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Mustafa YAĞCI

İnsansız hava araçları, son yıllarda sivil, askeri, sanayi gibi birçok alanda kullanımı bulunan ve her geçen gün hem kullanım alanları artan hem de teknolojik anlamda hızlı gelişen otonom ve/veya insanlar tarafından uzaktan kontrol edilebilen küçük uçaklardır. İnsansız hava araçlarının birçok modeli bulunmaktadır. Dört motorlu modellerin, uçuş manevra özellikleri ve üç eksenle hareket edebilmesi gibi avantajları bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında dört motorlu İHA ile insan yüzü tespit ve takibi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada DJI Tello EDU Drone, birkaç farklı yazılım dili ile programlanabilir olması, ucuz maliyetli olması, malzeme kalitesi özelliklerine sahip olmasından dolayı tercih edilmiştir. Uygulama, kolay öğrenilebilir ve kaynak çalışmaların bulunmasından dolayı Python yazılım dili ile OPENCV 4.3.0 versiyonu kullanılarak PyCharm ortamında gerçekleştirilmiştir. Uygulamadaki insan yüzü tespiti ve takibi işlemi OPENCV kütüphanesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için öncelikle İHA’da bulunan sabit kameradan gerçek zamanlı görüntü elde edilmiştir. Elde edilen bu görüntüde insan yüzünün olup olmadığına kullanıcı tarafından herhangi bir seçme işlemi olmaksızın, karar vermesi ve takip etmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen iç mekân ve dış mekân uçuşlarında istenilen sonuçların alınması için bağımlı olunan etkenler

değerlendirilmiştir. Bu etkenler sayesinde uygulamanın başarılı şekilde çalışabilmesi için en uygun ortamlar değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucu olarak iç mekân uçuşları bu uygulamada en uygun ortam olarak seçilmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada otonom olarak insan yüzü takibi uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Haziran 2022, 47 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Hareketli Nesne Takibi, İnsansız Hava Aracı, Hareketli İnsan Yüzü takibi, OPENCV

ABSTRACT

M.Sc. THESIS

UAV APPLICATION THAT CAN DETECT AND TRACK HUMAN FACE WITH MOVEMENT

Engin GÜZEL

**Kırsehir Ahi Evran University
Graduate School of Sciences and Engineering
Advanced Technologies Department**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mustafa YAĞCI

Unmanned aerial vehicles are small aircraft that have been used in many fields such as civilian, military and industry, and whose usage areas are rising day after day so can be controlled remotely and / or by people, fast according to technological needs. There are many models of unmanned aerial vehicles. There are three of the four-engine models, such as flight maneuverability and mobility. In this thesis, the application of human face detection and tracking was carried out with four motorized UAVs. DJI Tello EDU Drone is used because it can be programmed with several different software languages, low cost and capacity. The application was implemented in the OPENCV 4.3.0 version PyCharm environment with the Python software language, due to the easy to learn and resource search. The human face detection and tracking process in the application was carried out in the OPENCV library. This process has been carried out. Measurements of dependent factors were evaluated for the solution of desired results in indoor and outdoor flights. These measurements can be carried out successfully. As a result, this application was autonomously implemented in human face tracking.

June 2022, 47 Pages

Keywords: Moving Object Tracking, Unmanned Aerial Vehicle, Moving Human Face tracking, OPENCV

1. GİRİŞ

İnsansız hava aracı; içerisinde kendisini kontrol eden pilot ve taşımak amacıyla yolcu bulundurmeyen, amacına uygun olarak donanım (video kayıt kamerası, fotoğraf kamerası, gps sensörü vb.) bulunduran, uzaktan kontrol ve/veya otomatik uçuş gerçekleştirebilen bir çeşit uçaktır [1]. İnsansız hava araçları (İHA) sivil, bilimsel, askerî vb. birçok alanda kullanılmaktadır [2]. Bu alanlardaki kullanımlar gerek ülkemizde gerekse dünyada hızla artmaktadır. Artan bu kullanımların temel nedeni olarak kullanıldıkları alanda (örn. arama kurtarma [3]) yüksek doğruluk, maliyet ve zaman tasarrufu sağlaması gösterilmektedir [1].

İHA'nın kullanım alanlarının bu denli geniş olması, görüntü işleme teknolojisinin alt konularından olan nesne takibi konusunun ortaya çıkmasına neden olmuştur [4]. Görüntü işleme (image processing) ve nesne takibi (object tracking) konuları bilgisayarlı görme (computer vision) teknolojisinin alt dalları olarak kabul edilmektedir [5]. Nesne takibi başta askerî alanda başta olmak üzere İHA'ların kullanıldıkları bütün alanlarda çalışmalar yapılan önemli bir konudur [6]. Nesne takibi, kameradan elde edilen görüntü dizileri veya videolardaki hareketli nesnelere ait çeşitli (hız, konum, şekil, renk, ışık etkisi vs.) bilgilerinin tam olarak belirlenmesi işlemidir [7].

Nesne tespiti ve takibi görüntü işleme teknolojisinin önemli konularından biri konumundadır. Örneğin radar, yüz tanıma ve güvenlik sistemleri, radyoloji (tomografi vb.) gibi uygulamalar görüntü işleme teknolojisinin yaygın olarak kullanıldığı uygulamalardandır [8]. Ayrıca uydulardan alınan görüntülerde nesne tanımlama ve sınıflandırma uygulamaları coğrafi alanların sınıflandırılması amacıyla kullanılmaktadır. Nesne tespiti ve takibi konusu, endüstriyel alanlarda ürün kontrolü, hata tespiti, hatalı ürünlerin ayrılması gibi birçok konuda da çalışmalar yapılmasına olanak sağlamaktadır [9]. Bu çalışmalar görüntü işleme teknolojinin endüstriyel alanlarda kullanılmasının ne denli önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Nesne tespit, takip, sayım vb. işlemlerin gerçekleştirilmesi için yapılan çalışmalarda kullanılan görüntü işleme teknolojisi, yapay zekâ teknolojilerine de destek vermektedir. Görüntü işleme teknolojisi yapay zekâ teknolojisi ile kullanılması sayesinde endüstriyel alanda özellikle robotik uygulamaların

çeşitliliğine katkı sağlamaktadır [10]. Bu iki teknolojinin bütünleşerek çalışabilmesi günlük yaşam dâhil olmak üzere birçok alanda hayatı kolaylaştırmaktadır.

Günümüzde güvenlik sistemleri söz konusu olduğunda, görüntü işleme teknolojisi çok büyük öneme sahiptir. Güvenlik sistemlerinde en önemli amaç gözetim işleminin yapılmasıdır. Yüksek güvenlik gerektiren alanların (Örn. hava alanı, büyükelçilik vb.) gözlemlenmesi için kullanılmaktadır. Bu sistemler güvenlik gerektiren alanlarda giriş-çıkış yapan insanların takibi, sahipsiz bagaj vb. nesnelerin tespit ve takibi gibi işlemlerde kullanılarak oluşabilecek olumsuzlukların önüne geçilmesine olanak sağlamaktadır [7].

Gözetim amaçlı olarak kişi ve nesne takibi, kritik öneme sahip bölgelerde kısa sürede, hızlı ve güvenli bir şekilde gerçekleştirilebilir [11]. Hareketli insan ve/veya nesne takibi, sabit nesne ve/veya insan takibi konusu ile karşılaştırıldığında daha karmaşık bir problemdir. Açık alanlarda yapılacak takip uygulamalarında olumsuz hava koşulları vb. nedenler nesne ve/veya insan algısının azalması, görüntü işleme teknolojisi konusunda bazı problemleri de beraberinde getirmektedir [4]. İHA'lar trafikte hareketli araç tespiti gibi pek çok uygulama ile literatürde yer almaktadır [11]. Güvenlik uygulamalarında önemli bir bölüm ise parmak izi, iris, yüz tanıma sistemleridir [12]. Bu sistemlerin etkili bir şekilde kullanılmasında insan yüzü tespiti çok büyük öneme sahiptir. İnsan yüzü tespiti, görüntü işleme teknolojisinin sağladığı birçok avantaj ve faydalardan sadece biridir. İngilizcesi "face recognition" olan bu fonksiyon, bilgisayarlı görme (computer vision) teknolojisinin alt dallarından biri olarak adlandırılmaktadır. Bu fonksiyon görüntü işleme kütüphaneleri kullanılarak yüksek doğrulukta sonuç veren sistemlerde kullanılmaktadır [13]. OPENCV, EmguCV bu kütüphanelerden bazıları olup görüntü işleme uygulamasının daha az komut satırı ile yapılabilmesi ve daha hızlı sonuç vermesine olanak sağlamaktadır [14].

İnsan ve/veya nesne tespit ve takibi konularında yapılan çalışmaların yeterli sayıda olmayışı bu çalışmanın özgünlüğünü ortaya koymaktadır ve çalışmanın özellikle ulusal ve uluslararası açık kaynak projelerine katkı sağlaması beklenmektedir. Bununla birlikte ürünün ticarileştirilmesi ve geliştirilebilir bir ürün olarak patent başvurusu yapılmasını mümkün kılmaktır. Ayrıca geliştirilecek ürünün kullanılmasıyla ürünün üniversitelerde bilimsel, savunma, sanayi ve sivil amaçlı kullanıma kazandırılmasına katkı sağlayacaktır.

1.1. Literatür Taraması

Literatürde hareketli nesne ve/veya insan tespit ve takibi yapabilen çeşitli uygulamalar bulunmaktadır. Dört rotorlu AR. Drone buna örnek verilebilir [7]. AR. Drone ile sürekli uyarlamalı ortalama kayma algoritması kullanarak kapalı alanda hareketli nesne takibi uygulaması gerçekleştirmiştir. Gerçekleştirdikleri bu çalışmada takip edilen nesnenin değişen boyutu ve değişkenlik gösteren ortam ışığının etkilerini de değerlendirmişlerdir [15]. Hareket tespit algoritmalarından arka plan fark yöntemi algoritmasını kullanarak hareketli nesne tespit ve takibi uygulamasını gerçekleştirmiştir. Bu uygulama ile belirtilen bir alanda izinsiz giriş tespiti amaçlanmıştır. Haar-Cascade algoritması ile akıllı park sistemi geliştirmiştir. Bu sistem görüntüdeki araçların ve boş olan park yerlerinin tespiti işlemini gerçekleştirmektedir [16].

Hareketli nesne ve/veya insan takibi uygulamaları akla ilk olarak güvenlik sistemlerini getirirse de teknolojik ürün geliştirme alanında büyük öneme sahiptir. Öncü [5] cansız bir mankene yerleştirilen kameralar, ses algılayıcılar ve hareket motorları ile aynı anda hem görüntü hem de ses işleme teknolojilerini kullanarak hareketli nesne takibi çalışmasını ortaya koymuştur. Bu çalışma aynı zamanda insansı robot uygulamalarının temelini oluşturmaktadır.

Eldem ve Palalı [14] işlenen insan yüzünün daha önce oluşturulan veri tabanındaki görüntüler ile karşılaştırılarak hangi oranda kime benzediğini gösteren bir uygulama geliştirmişlerdir.

Soo [17] Haar-Cascade sınıflandırıcısını kullanarak kameradan alınan görüntülerdeki arabaların tespit edilmesini başarı ile uygulamıştır.

Fares ve Ilia [18] OPENCV kütüphanesi içerisinde bulunan Haar-cascade sınıflandırıcısını kullanarak nesne ve/veya insan yüzü tespit, sonrasında tespit edilen nesne ve/veya insan yüzünün takibi uygulamasını gerçekleştirmiştir.

Bayram [19] metal sektöründe sac kesim işlemlerinden sonra ortaya çıkan ürünlerde dairesel boşluklar şeklinde hatalar oluştuğunu ve oluşan dairesel boşlukların görüntü işleme teknolojisi kullanılarak belirtilen hata toleransı içerisinde olup olmadığının kontrol edildiği bir uygulama ortaya koymuştur. Böylece hatalı ürünlerin otomatik ve hızlı bir şekilde tespit edilmesi işlemlerini gerçekleştirmiştir.

Kadiroğulları ve arkadaşları [20] yapay zekâ ve görüntü işleme teknolojilerini bütünleşmiş bir şekilde kullanarak otonom bir trafik sinyalizasyon çalışması ortaya koymuşlardır. Bu çalışma ile trafiğin yoğun olduğu noktalardaki araç ve insan sayılarına göre trafik ışıklarının en uygun performans ile otonom şekilde çalışması gerçekleştirilmiştir.

Solak ve Altınışik [21] ortamda bulunan fındık meyvelerini görüntü işleme teknolojisi kullanarak hem tespit etme hem de küçük, orta ve büyük olarak üç sınıflandırma işlemi gerçekleştirmiştir. Yiğit ve Uysal [22] nesne tabanlı sınıflandırma detay çıkarımı kullanarak insansız hava aracı ve uydudan alınan görüntülerden yol tespiti çalışmasını ortaya koymuştur.

Yıldız ve Kavzoğlu [23] Quickbird ve Landsat uydularından alınan görüntülerin nesne tabanlı sınıflandırma yöntemini kullanarak Trabzon iline ait görüntülerden arazi örtüsünün sınıflandırılması çalışmasını ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada orta seviye işlemler bölümünde uygulanan segmentasyon adımının kalitesinin sınıflandırmanın doğruluğunu önemli düzeyde etkilediği sonucu ortaya çıkmıştır. İki farklı uydudan alınan görüntülerdeki çözünürlük farkının sınıflandırma işlemindeki kaliteyi doğrudan etkilediği ve ne kadar önemli olduğu görülmüştür.

Apache Hadoop, büyük veri kümelerinin işlenmesini sağlayan açık kaynak kodlu bir platformdur. Apache Hadoop, yapılandırılmış, yarı-yapılandırılmış ya da yapılandırılmamış büyük veri kümelerinin işlenmesi ve depolanması işlemleri için maliyeti düşük bir olanak sağlar. Bu olanak veri havuzlarının oluşması için Apache Hadoop'u ideal hâle getirmektedir.

Kachin [24] Apache Hadoop platformu üzerinde Haar-Cascade algoritması kullanarak insan yüzü tespit uygulaması ortaya koymuştur. Tekin [25] ev ortamındaki çocuğun hareketlerinin izlenmesi ve belirlenen durumların oluşması hâlinde ebeveynlerin cep telefonlarına alarm bildirilmesi sistemini ortaya koymuştur. Kalman filtresi kullanarak priz, ısıtıcı vb. seçilen tehlike bölgelerine çocuğun yaklaşması veya belli bir süre hareketsiz kalması gibi hareketlerin belirlenen eşik seviyelerin, tahminlerin dışına çıkması durumunda alarm sisteminin çalışması gerçekleştirilmiştir.

Turhan [26] ortalama kayma yöntemini kalma filtresi ile kullanarak iki farklı görüntüde takip edilen nesnenin ani hareketleri ve nesnenin engele maruz kaldıktan sonra takibinin gerçekleştirilmesini göstermiştir.

Aktaş [27] FPGA devreleri üzerinde gerçekleştirilen ve tamamlanmasından sonra İHA kullanımına uygun olacak bir sistem önermiştir. Bu sistemde “Farkların Mutlak Değerlerinin Toplamı” metodu kullanılarak işlenmek istenen imgenin satır ve sütunlarındaki ilerleme adımlarındaki işlem yükü azaltılmıştır. Nesne tespit işlemi yüksek doğruluk oranı ile gerçekleştirilmiştir.

Şahin ve Oktay [75] ZANKA-II isimli sabit kanatlı insansız hava aracının kanat uçlarını hareket edebilen bir sistem ile uçuşun her anında daha verimli olabilmesi için çalışma ortaya koymuştur. Bu çalışma kanat uçlarındaki menteşeli bir tasarımın servo sistem yardımı ile kontrol edilmesi esasına dayanmaktadır. Kanat uçları kontrol edilerek uçuşun bütün safhalarında yüksek verim elde edilmiştir.

Ajoy ve arkadaşları [28] siluet tabanlı nesne takip yöntemi kullanarak görüntüler içerisinde tespit edilecek nesne sınırlarının çizilerek sonraki frame’lerde nesnelerin aranması ve tespit edilmesi sistemini geliştirmişlerdir.

Kaya ve arkadaşları [11] OPENCV kütüphanesi kullanarak kamera kadrajına giren nesne ve/veya insan yüzü görüntülerinin işaretlenerek takip edilmesi işlemini gerçekleştirmiştir.

1.2. Amaç

Bu araştırmanın temel amacı, bilgisayarlı görme (computer vision) teknolojisi kullanarak hareketli insan yüzü tespit ve takibi için insansız hava araçlarının kullanılabilir, test edilebilir olduğunu gösteren bir uygulama geliştirmektir. İHA üzerinde bulunan kameradan elde edilen gerçek zamanlı görüntünün, görüntü işleme teknolojisi kullanarak nesne tespit ve takibi işlemi değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, dört kanatlı insansız hava aracı ile insan yüzü tespitini ve takibini gerçekleştirebilen bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

Bu tez çalışmasında dört kanatlı insansız hava aracı olan DJI Tello EDU kullanılmıştır. DJI Tello EDU, Python yazılım dili kullanılarak programlanabilir olması, ucuz maliyetli olması, kapalı ve açık alanlarda kolay bir şekilde uçuş gerçekleştirmesi gibi nedenlerden dolayı tercih edilmiştir [29]. DJI Tello EDU ön kamerasından alınan gerçek zamanlı görüntüler OPENCV kütüphanesi ile işlenerek insan yüzü tespiti ve takibi gerçekleştirilmiştir. OPENCV kütüphanesi, görüntü işleme teknolojisinin kolay bir şekilde uygulanabilmesi için birçok algoritma içermektedir [30]. Bu algorithmadan biri olan Haar-Cascade algoritması kolay uygulanabilir, sonuçlarda yüksek doğruluk, yüksek performans özelliklerinden dolayı tercih edilmiştir [31].

2. NESNE TESPİTİ VE TAKİBİNDE KULLNILAN TEKNOLOJİLER

2.1. Görüntü İşleme

Görüntü işleme; dijital ortamda bulunan görseller üzerinde, belirlenen amaçlara yönelik farklı yöntemlerle gerçekleştirilebilen bir teknolojidir [32]. Görüntü işleme, kaydedilen resim, video vb. görseller üzerindeki mevcut resim ve grafiklerin değiştirilmesi, iyileştirilmesi ve yabancılaştırılması için kullanılmaktadır [33]. Son yıllarda hızla gelişen teknoloji sayesinde birçok alanda görüntü işleme teknolojisi kullanılmaktadır. İlk bakışta oldukça karmaşık duran bu teknoloji günümüzde OpenCV, Halcon, OpenFrameworks, CIMG gibi birçok görüntü işleme kütüphanesi kullanılarak başarılı bir şekilde gerçekleştirilmektedir [34].

Görüntü işleme teknolojisinin beş temel amacı bulunmaktadır [32].

1. **Görüntü Oluşturma** - İnsan gözüyle görülmesi zor olan nesnelerin görüntülenmesi
2. **Görüntü İyileştirme ve Restore Edilmesi** - Görüntülerin çözünürlük başta olmak üzere iyileştirme işlemleri
3. **Görüntü Elde Edilmesi** - Yüksek çözünürlüğe sahip ve ilgi çeken görüntü arama işlemleri
4. **Nesne Tanımlama** - Görüntüde bulunan nesnelerin tanımlanması
5. **Görüntü ve Nesne Sınıflandırma** - Görüntüde bulunan nesnelerin sınıflandırılması

Görüntü işleme, hızlı ve başarılı bir şekilde uygulanabilir olmasından dolayı birçok alanda birçok amaca hizmet etmektedir. Bu teknolojiden; yüz tanıma ve güvenlik, trafik, radyoloji (ultrason, tomografi vb.), askerî, endüstri, uydu görüntülerindeki insan yoğunluğu tespiti, Google Earth uygulaması ile konum görüntülenmesi gibi alanlarda hayatı daha da kolaylaştırmak adına aktif bir şekilde yararlanılmaktadır. Görüntü işleme teknolojisi farklı birçok yazılım dili yardımı ile kullanılabilir bir teknolojidir. Günümüzde popüler olarak kullanılan görüntü işleme kütüphaneleri ve platformları şunlardır:

OPENCV: Güncel teknolojiler arasında en yaygın kullanılan görüntü işleme kütüphanesidir. İçerisinde birden çok algoritma bulundurması sebebiyle hızlı proje

gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca en büyük avantajlarından birisi açık kaynak kodlu ve ücretsiz olmasıdır [35].

MATLAB: Mühendislik ve teknoloji alanlarında pek çok uygulama için kullanılmaktadır. Temel görüntü işleme fonksiyonları barındırmaktadır [36].

FIJI: Açık kaynak kodlu olan görüntü işleme kütüphanesi, java platformu için geliştirilmiştir. Bilimsel uygulamalar için kullanılmaktadır. Nöro-bilim, genetik, hücre biyolojisi vb. alanlar için özelleştirilmiştir, algoritmalara sahiptir [37].

HALCON: Temel amacı makine görmesi olan ticari bir yazılımdır. Yapısında bulunan temel fonksiyonlarla görüntü işleme uygulamaları kolayca gerçekleştirilebilir [38].

2.1.1. Görüntü İşleme Aşamaları

Görüntü işleme temel olarak düşük seviye işlemler, orta seviye işlemler, yüksek seviye işlemler olmak üzere üç ana işlemde oluşmaktadır [39]. Düşük seviye işlemler, görüntünün kontrastının düzenlenmesi ve görüntünün keskinleştirilmesi gibi basit düzey işlemleri kapsamaktadır. Orta seviye işlemler, görüntünün bölütlenmesi (nesne veya alanlara bölünmesi) ile bölünen alanların tamamen taranması sonucu görüntünün içerisinde bulunan nesnelerin tanımlanması işlemlerini kapsamaktadır. Yüksek seviye işlemler, orta seviye işlemler sonucunda taranmış olan görüntüde algılama işlemlerini kapsamaktadır [40]. Bu işlemlerin her birinde farklı adımlar uygulanarak görüntü işleme süreci tamamlanmaktadır. Bu adımlar beş işlemde oluşmaktadır [41]:

1. Görüntü elde etme: Sayısal görüntü kamera ile elde edilir.

2. Ön işleme: Kameradan alınan görüntünün iyileştirme, görüntü onarma, görüntü sıkıştırma işlemleridir. Bu işlemler düşük seviye işlemler içerisinde yer alır.

3. Bölümleme: Bu işlem bölütleme, segmentasyon, parçalara ayırma olarak üç başlık şeklinde değerlendirilir. Görüntü içerisindeki nesne ve/veya alanların tespit edilmesi ve birbirinden ayrılması işlemi yapılır. Bu tespit edilen nesne ve/veya alanların tespiti ile işlenmemiş, ham bilgiler elde edilir. Bölümleme aşaması orta seviye işlemler içerisinde yer alır.

4. Çıkarım: Elde edilen ham bilgilerin, farklı özelliklerinin ve farklı ayrıntılarının ön plana çıkarılması işleminin gerçekleştiği adımdır.

5. Yorumlama: Görüntünün işlenmesindeki son adımdır. Bu adımda görüntü içerisindeki farklı nesnelerin/alanların sınıflandırılması ve etiketlenilmesi yapılır. Yüksek seviye işlemler içerisinde yer alır.

Görüntü işleme teknolojisi birçok farklı uygulamada kullanılmasından dolayı kullanım alanları, amaçları, işlem seviyeleri, görüntü renk biçimleri gibi özelliklere bağlı olarak sınıflandırılmaktadır. Tablo 2.1’de bu özelliklere bağlı sınıflandırılma tablosu verilmiştir.

Tablo 2.1. Görüntü işleme seviyeleri ve kullanım alanları [42].

Kullanım Alanları	Kullanım Amacı	İşlem Seviyesi	Görüntü Renk Biçimi
Tasarım ve İmalat Uygulamaları	Üretim süreci ürün tespiti	Düşük seviye Orta seviye Yüksek seviye	Gri ve Siyah-Beyaz Renkli Renkli ve Siyah-Beyaz
	Üç boyutlu yorumlama		
	Nesne tanıma		
	Ürün ayırttırma		
	Ürün hasar tespiti		
Savunma Sanayi Güvenlik Uygulamaları	Robotik otomasyon	Orta seviye Yüksek seviye	Renkli ve Gri Gri ve Siyah-Beyaz
	Hedef izleme		
	Nesne tanıma		
	Yüz tanıma		
	Görüntü iyileştirme		
Tıp Alanında Görüntülerin İncelenmesi	Parmak izi tanıma	Düşük seviye Orta seviye Yüksek seviye	Siyah-Beyaz Renkli ve Gri Gri ve Negatif Gri ve Siyah-Beyaz
	Görüntü iyileştirme(Mikroskoblk)		
	Görüntü iyileştirme(Kardlografi)		
	Görüntü iyileştirme(Sintigrafi)		
	Ultrason ve röntgen görüntüleri		
Mimari Uygulamalar	Ortopedi	Düşük seviye Orta seviye Yüksek seviye	Renkli
	Tarihsel kalıntılar doku giydirmeye		
	Mimari yapıların yeniden modellenmesi		
Harita ve Jeodezi Uygulamaları	Uzaktan algılama	Orta seviye Yüksek seviye	Renkli ve Gri
Gıda Uygulamaları	Gıda sınıflandırma	Orta seviye	Renkli ve Gri
	Besin alan tespiti	Yüksek seviye	

2.2. Nesne Tespit ve Sınıflandırılması

Nesnenin tespit edilmesi ve sınıflandırılması, bilgisayarlı görme (Computer vision) uygulamaları konusunun temel ihtiyacı olmuştur [43]. Uzun yıllar boyunca üzerinde çalışmalar yapılmış ve çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir. Fakat nesne sınıflandırma algoritmalarında en büyük gelişimi Paul Viola ve Michael Jones, 2001 yılında yaptıkları “Basit Özelliklerin Arttırılmış Kaskadını Kullanarak Hızlı Nesne Tanıma” çalışmasında ortaya koymuşlardır [44].

Nesne tespit ve sınıflandırma işlemleri için temel olarak izlenecek adımlar şunlardır [8]:

1. Veri girişi

2. Ön işleme

3. Tespit

4. Tanıma ve sınıflandırma

Veri girişi; işleme tabi tutulacak görüntünün elde edilmesidir. Dijital ortamda bulunması gereken bu veri resim, video, taranmış metinler şeklinde olmalıdır. Kullanılan teknoloji, yazılım dili ve platformlara bağlıdır. Ancak elde edilen veri üzerinde görüntü işleme teknolojisinin uygulanabilmesi için verinin matris şeklindeki görüntüsünün piksellerine ihtiyaç duymaktadır [8]. Bu adımda verinin piksel değerlerine ulaşılır.

Ön işleme; elde edilen veride bulunan herhangi bozukluğun ve piksel eksikliği durumlarının giderilmesidir. İnsan gözüyle tespit, karmaşık sinir ağları kullanmak, eşikleme, regresyon, kümeleme, filtreleme vb. gibi yöntemler kullanılabilir [45]. Kullanılan bu yöntemler bazen tek başına yeterli olmayabilir, böyle durumlarda birden fazla yöntem peşi sıra kullanılabilir.

Tespit; bu adımda öz nitelik kavramı ön plana çıkmaktadır. Öz nitelik (feature extraction) tespit edilmesi amaçlanan nesnenin kendine has olan özellikleridir. Alınan verinin ön işleme sonrasında tespit edilmesi gereken nesnenin detaylarının araştırılması ve belirlenmesi işlemidir. Nesnelerin özelliklerini tanımlayarak algoritmalara öğretmek bu tespit işlemleri yapılmaktadır. Örneğin; insan ve ağaçların bulunduğu bir görüntüde ağacın öz niteliklerine göre belirlenmesi, ağacın yeşil olması vb. gibi öz niteliklerinin algoritmaya tanıtımı yapılmaktadır. Bu işlem için bulunan SIFT (Scale-Invariant), Haar-Cascade Sınıflandırıcısı, HOG (Yönlendirilmiş gradyanların histogramı) gibi birçok algoritma bulunmaktadır [46].

Tanımlama ve Sınıflandırma; tespit edilen veriden çıkarım yapılan adımdır. Yaptığımız çıkarımda nesnenin ne olduğu belirlenmektedir. Sınıflandırma, veriyi belirli olan bir sınıfa dâhil etme işlemidir. Nesne tanımlama ve sınıflandırma işlemleri birçok uygulamada farklı nesnelerin tespiti uygulamalarında kullanılmaktadır. Nesne tanımlama ve sınıflandırma, görüntü işleme teknolojisinin en önemli konularından birisidir [47].

2.3. Nesne Takip Yöntemleri

Nesne takip uygulamaları üç teknik ile gerçekleştirilir [26]. Tablo 2.2’de nesne takip teknikleri verilmiştir.

Tablo 2.2. Nesne tespit teknikleri [8].

Nesne Takip Yöntemi		Kullanımı	İşlem Zamanı	Başarı Oranı
Nokta Tabanlı	Kalman filtresi	Kalman filtre uygulamaları	Düşük-Orta	Orta
	Parçacık filtresi	Öz yinelemeli bayes filtresi	Orta-Yüksek	Orta
	Çoklu hypothesis takip	MHT algoritması	Düşük	Düşük-Orta
	Temel Şablon Uydurma	Video içinde uyum aram algoritmaları	Düşük-Orta	Düşük
Çekirdek Tabanlı	Destek vektör makinesi	Görüntü içindeki piksellerin nesne ve arka plan olarak sınıflandırılması	Orta	Orta
	Uydurma tabanlı sınıflandırma	Şekil içindeki piksel yoğunluklara bakılır	Orta	Orta-Yüksek
Siluet Tabanlı	Kenar kesiştirme	Gradient descent algoritmaları	Orta	Orta-Yüksek
	Şekil uydurma	Hough dönüşümü	Yüksek	Yüksek

2.3.1. Nokta Tabanlı Nesne Takibi

Nesne takip yöntemlerinden biri olan nokta tabanlı nesne takibi, takip edilecek nesnelerin nokta olarak temsil edilmesi esasına dayanır [48]. Nesnelerin temsil edildiği noktalar, görüntüde yaşanacak bütün değişikliklerden en az etkilenecek noktalar olmalıdır. Ardışık görüntülerde seçilen noktaların birbirine paralel olması bu yöntemin uygulanması için temel kuraldır. Bu yöntem diğer nesne takip yöntemlerine göre daha düşük başarı oranı ve daha düşük işlem zamanına sahiptir. Nokta tabanlı yöntem ve istatistiksel olmak üzere iki kategoride incelenir [7].

2.3.1.1. Deterministlik

Deterministlik yöntemi, görüntüde takip edilen nesnenin görüntü değiştiğinde beklenen yer değişimini sağlamasıdır. Seçilen noktanın ilk bulunduğu çerçeve ile sonrasında gelen çerçevedeki noktayla ilişkilendirilir. Bu ilişkilendirme için bazı kısıtlamalar kullanılır [49]. Bu kısıtlamalar:

- 1) Yakınlık: Seçilen noktanın birbirini takip eden görüntülerdeki yer değişimini minimum değerde gerçekleşmesini kabul eder.

- 2) Maksimum hız: Seçilen nesne için maksimum hız değeri belirlenir. Nesne hızına bağlı olarak nokta etrafında belirli bir dairesel alandaki nokta adaylarının benzerlikleri göz ardı edilir.
- 3) Küçük hız değişimi: nesnelerin hızlarında ve yönlerinde büyük değişimler olmamasını destekler.
- 4) Alışılmış hareket: çoklu noktalar ile belirtilen nesneler için kullanılır. Küçük komşuluk alanındaki nesnelerin hızlarının birbirine yakın olduğunu destekler.
- 5) Katılık: Nesne üzerindeki herhangi iki noktanın yerlerinde değişiklik olmayacağını destekler.

2.3.1.2. İstatistiksel

Nesne takibi yapılacak görüntülerin sahip oldukları gürültüleri, konumları, hızları vb. değişkenlik gösteren parametrelerin sebep olduğu problemlerin çözümleri için istatistiksel yöntem kullanılmaktadır [50]. Bu yöntem tespit edilen nesnelerin hareketlerinin nasıl olacağına dair tahminlerin belirlenmesi işlemini yapar [49]. Bu tahmin ve olasılıklar nesnenin hız, pozisyon, ivme vb. özelliklerin modellenmesi için uzay yaklaşımının kullanılmasıyla oluşur [51]. Belirlenen tahminler Kalman filtresi ve parçacık filtresi kullanılarak uygulanır.

2.3.1.2.1. Kalman Filtresi

Nesne takibi uygulamalarında en sık uygulanan yöntemlerden olan Kalman filtresi, görüntüde takip edilen nesnenin verilerine göre sonraki durumunu tahmin etmek ilkesi ile çalışmaktadır. Bu filtrenin uygulandığı sistemde model tahmini gözlemle eşleştirilir. Eşleşme farkı kalman kazancı olarak tanımlanan bir değer ile ölçeklendirilir. Sonrasında modele girdi olarak geri dönüş yapılır. Bu sayede tek bir değere veya sadece model tahminlerinden varılacak sonuçlardan doğruluk oranı daha yüksek tahminler üretmeye çalışır [52].

2.3.1.2.2. Parçacık Filtresi

Kalman filtresindeki durum değişkenlerinin Gaussian dağılımına sahip olması, Gaussian dağılımına sahip olmayan uygulamalar için düşük seviye bir yöntemdir. Bu yüzden parçacık filtresi kullanılabilir [53].

2.3.2. Çekirdek Tabanlı Nesne Takibi

Çekirdek tabanlı nesne takibi, takip edilecek nesnenin geometrik bir şekil ile ifade edilmesi esasına dayanmaktadır. Bu geometrik şekil içerisinde kalan görüntü bölümünün yoğunluk dağılımı elde etmek ve elde edilen verinin bütün görüntü imgeleri boyunca takip edilmesi işlemi gerçekleştirilmektedir [54]. Takip edilen nesne görüntüsünün her pikselinin diğer sahip olduğu pikseller üzerindeki etkisi olasılık yoğunluğu olarak tanımlanmaktadır [55]. Pikseller üzerindeki bu etki çekirdek yoğunluk fonksiyonu ile yumuşatılır. Örnek vermek gerekirse bu yöntemde takip edilecek nesne insan olacak ise insanı bir dikdörtgen kullanarak temsil edebiliriz. Dikdörtgen içerisinde arka plan görünüşleri ya da insan görünümünün dikdörtgenin içerisine sığmaması gibi durumlar, gelecek görünümde yanlış nesne tespitlerine yol açabilir.

Çekirdek tabanlı nesne takibinin üç alt kategorisi bulunmaktadır [4].

- 1) Şablon Eşleme (Template Matching)
- 2) Ortalama Kayma Yöntemi (Mean Shift Method)
- 3) Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine)

2.3.2.1. Şablon Eşleme

Şablon eşleme yöntemi, referans gösterilen bir şablon görüntünün aranılacak görüntüde taranması ve bulunması amacı ile hareket eder. Bu yöntem nesne takibi konusunda oldukça popüler yöntemlerdendir [56]. Doğruluğu çok yüksek olan yöntemdir fakat oldukça yüksek bir işlem yoğunluğu gerektirmektedir. Kullanılacak farklı algoritmalarla bu işlem yoğunluğu azaltılabilir.

2.3.2.2. Ortalama Kayma Yöntemi

Ortalama kayma yönteminde takip edilecek nesne, dikdörtgen veya elips şekilleriyle takip edilir. Bu yöntem takip edilecek nesnenin bulunduğu alanın renk bilgisini kullanarak çalışır. Nesnenin nokta dağılımının kontrolüne ve nokta dağılımının en yüksek olduğu yeri tespit etmeye çalışır [57]. Hızlı ve işlevsel bir yöntemdir. Görüntüde belirlenen alandaki tepe noktaları takip edilecek nesne olarak tanımlanmaktadır. Bu yöntemde nesne piksellerinin kümelenmesi yani nokta yoğunlukları incelenir.

2.3.2.3. Destek Vektör Makinesi

Destek vektör makineleri (DVM) bir sınıflandırma yöntemi olarak tanımlanmaktadır. Teorik yapısının iyi olması ve uygulandığı sistemlerde yüksek performans vb. özelliklere sahip olmasından dolayı son yıllarda tercih edilen yöntemlerden biri olmuştur. Bu yöntem resim ve metin sınıflandırmaları, yüz tespitleri, kalite kontrol işlemleri, veri madenciliği, genetik, biyoloji, finans gibi alanlarda sık bir şekilde kullanılmaktadır [58]. DVM, verileri doğrusal olarak sınıflandırmaya çalışır. Gerçekleşmediği durumlarda doğrusal bir çizgi için yeni bir boyut gerekir. Bu yeni boyut çekirdek hilesi (kernel trick) ile oluşturulur. Boyut oluşturulduğunda veriler arasına doğrusal bir alan yerleştirilir ve alanın etrafında veriler birbirlerinden ayrılarak sınıflandırma işlemi gerçekleşir [59].

2.3.3. Siluet Tabanlı Nesne Takibi

Siluet tabanlı nesne takibi yöntemi, işlenecek görüntü içerisinde geometrik şekiller ile tanımlanamayan nesneleri tespit etmek için kullanılan yöntemdir. Bu yöntemin çalışma prensibi tanımlanamayan insan, el, baş, omuz vb. gibi karmaşık geometrik şekiller için uygun şekilleri belirlemektir [55]. Kontur Tabanlı (Countur Based) ve Şekil Tabanlı (Shape Based) olmak üzere iki şekilde uygulanmaktadır.

2.3.3.1. Kontur Tabanlı Yöntem

Kontur tabanlı nesne takibi, nesne sınırlarının belirlenerek takip edilmesi esası ile çalışır. Sınırları belirlenen nesne ile gelecek olan görüntüdeki nesne sınırlarının kesişmesi işlemi olarak da tanımlanır [60]. Belirlenen nesne sınırları referans alınarak gelecek olan görüntüde yeni sınırları arar.

2.3.3.2. Şekil Tabanlı Yöntem

Şekil tabanlı nesne takip yöntemi, takip edilecek nesnenin sahip olduğu şekli gelecek frame'de arar. Nesnenin tüm alanına ihtiyaç duyulan durumlar için geçerli bir yöntemdir. Nesnenin rengine göre arama yapılması örnek olarak gösterilebilir. Sınır takip yöntemine göre fazla performans gerektiren bir yöntemdir. Aynı zamanda sınır takip yönteminden daha yavaş çalışır çünkü gelecek olan frame'de tüm şekli arar [48].

3. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI

Günümüzde gelişen teknoloji sayesinde insansız hava araçları çok geniş kullanım alanlarına sahiptir. Askerî alan başta olmak üzere ticari, sivil, bilimsel, hobi gibi alanlarda aktif bir şekilde insan hayatında kullanılmaktadır [61]. Doğal afetler, trafik denetimleri, nesne ve/veya insan tespit takipleri vb. olaylarda insan hayatının kolaylaşmasına olanak sağlamaktadır [6]. İnsansız hava araçlarını pek çok sınıflandırma şekilleri vardır. Fakat kullanım amaçlarına yönelik olarak sivil ve askerî olmak üzere iki ana kısımda sınıflandırılmaktadır. Tablo 3.1’de askerî kullanım alanları, Tablo 3.2’de sivil kullanım alanları verilmiştir [62].

Tablo 3.1. İnsansız hava araçları askerî kullanım alanları [63].

Keşif/Gözetleme Desteği	Saldırı	Elektronik Savaş	Hedef Benzetimi	Özel Görevler
Taktik Saha Keşif/Gözetleme	İç Güvenlik	Hedef Uçak	Sinyal İstihbaratı	Haberleşme Desteği
Stratejik Saha Keşif/Gözetleme	Yakın Hava Desteği	Sahte Uçak	Radar Elektronik Harp	Mayın/Patlayıcı Tespit
	Hava Savunma Sistemlerinin İmhası		Muhabere Elektronik Harp	Kimyasal, Biyolojik, Radyoaktif, Nükleer Tespit
	Hava Sahası Savunma		Önleyici Elektronik Harp	Kentsel Harp
				Çoklu İHA Görevi – Kol Uçuşu ya da Geniş Alan Gözetlemesi
				Deniz Karakol/ Denizaltı Savunma Harbi
				Kargo Taşıma
				Arama / Kurtarma Lojistik

Tablo 3.2. İnsansız hava araçları sivil kullanım alanları [63].

Çevresel Kullanım Alanları	Acil Durum Uygulamalar	İzleme Operasyonları
Atmosfer araştırması	Yağ kaçağı gözleme	Deniz devriyesi
Okyanus gözlemleri	Sel izleme	Yüksek voltajlı güç hattı izleme
Kasırğa oluşumu ve araştırması	Kasırğa izlemleri	Balıkçılık izleme
Jeolojik araştırmalar	Afet operasyon yönetimi	Kıyı şeridi izleme
Volkan çalışmaları ve patlama uyarıları	Felaket durum değerlendirmesi	Uluslararası sınır devriyesi
Hava durumu tahmini	Arama Kurtarma	Uyuşturucu trafiği izleme
	Nükleer radyasyon gözleme	Yol trafiği izleme ve kontrolü
	Yangınla mücadele	Kanun uygulamaları
	Deprem gözleme	Orman yangını tespiti
	Volkan gözleme	Çevre durumu izleme
		Arazi haritalama

İnsansız hava araçları sahip oldukları birçok özelliğe göre sınıflandırılabilir. Dünyada insansız hava araçlarının sınıflandırılmasında kullanılan evrensel özellik İHA'nın kütlesi olarak kabul edilmektedir. Gerçekleştireceği görev ve amaçlar doğrultusunda çok küçük boyutlardan birçok farklı boyuta kadar İHA'lar üretilmektedir. Boyutlarla doğru orantılı olarak İHA'ların kütleleri değişkenlik göstermektedir. Ülkemizde insansız hava araçlarının sınıflandırılması Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü tarafından yapılmaktadır. Bu sınıflandırma yapılırken insansız hava araçlarının kütle değerleri kullanılmaktadır. Tablo 3.3'te SHGM'nin İHA sınıflandırma tablosu verilmiştir [64].

Tablo 3.3. SHGM İHA sınıflandırması [64].

SINIF	KÜTLE
İHA0	500 g (dâhil) – 4kg aralığı
İHA1	4 kg (dâhil) – 25 kg aralığı
İHA2	25 kg (dâhil) – 150 kg aralığı
İHA3	150 kg (dâhil) ve daha fazla

İnsansız hava araçlarının gerçekleştirecekleri bütün görevlerde uçuşlarını etkileyen başlıca faktörler bulunmaktadır. Bu faktörler İHA'ların özellikleri, hava şartları vb. olarak değerlendirilebilir. İHA'ların fiziksel yapıları ağırlık, menzil, uçuş yüksekliği, kanat yapıları, motor özelliklerine bağlı olarak değişmektedir.

3.1. Kanat Tiplerine Göre İHA Çeşitleri

Kanat tipleri temel alındığında insansız hava araçları iki kategoride değerlendirilir. Bu kategoriler sabit kanatlı ve döner kanatlı olarak ikiye ayrılır.

3.1.1. Sabit Kanatlı İnsansız Hava Araçları

Sabit kanatlı insansız hava araçları genel yapısı ve kanat görünümüyle günümüzdeki uçaklara benzemektedir. Sahip olduğu sabit kanatlar sayesinde yüksek hız, yüksek irtifa, uzun uçuş sürelerine sahiptir. Uçuş gerçekleştirebilmesi için bir piste ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca bakım ve onarımının daha kolay olması kullanım açısından sağladığı en önemli faydalardandır [66]. Şekil 3.1'de sabit kanatlı İHA örneği verilmiştir.

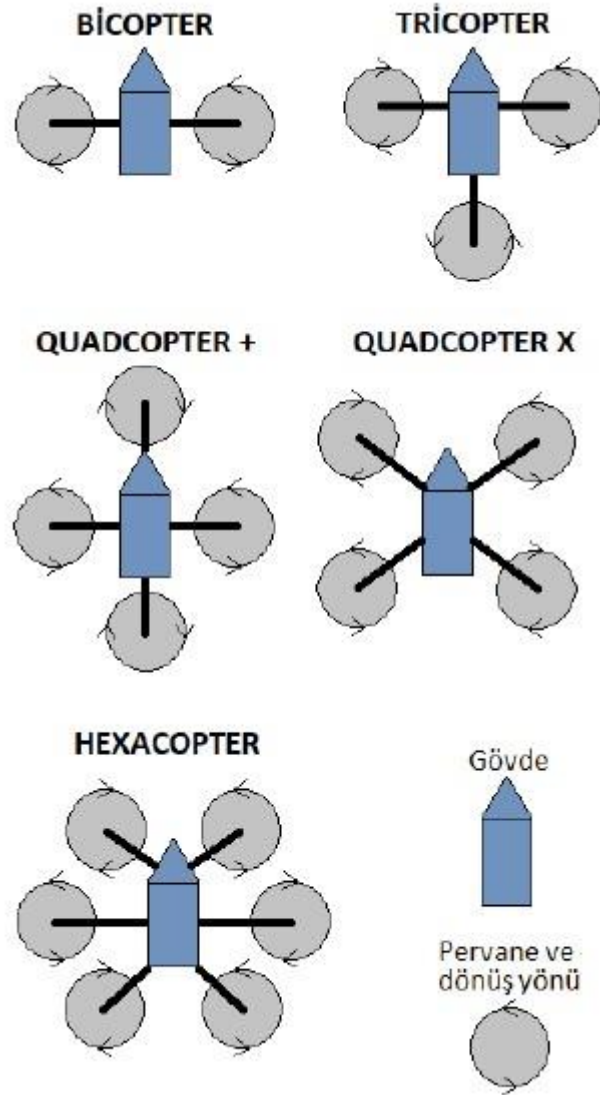


Şekil 3.1. Sabit Kanatlı İHA (Bayraktar)[67].

3.1.2. Döner Kanatlı İnsansız Hava Araçları

Döner kanatlı insansız hava araçları; dikey shafta bağlı olan kanatların yer çekimi kuvvetine karşı daha büyük bir kuvvet uygulayarak uçuş gerçekleştiren hava araçlarıdır. Kanatların shaftlara bağlı olduğu sisteme rotor adı verilir. Döner kanatlı insansız hava araçları değişken rotor sayılarına sahip olabilmektedir. Hafif malzemeler tercih edilerek üretilir. Bu hafiflik

manevra kabiliyetlerinin yüksek olmasını sağlamaktadır. Uçuş hızı olarak yüksek hızlara ulaşamamakla birlikte havada asılı kalabilme, üç boyutlu hareketler yapabilme, piste gerek duymadan uygun birçok alandan iniş-kalkış yapabilme özelliklerine sahiptir. Bu özelliklerinden dolayı genellikle keşif görevlerinde kullanılmaktadır. Gerçekleştireceği görevlere göre pervane sayıları değişkenlik göstermektedir [68]. Şekil 3.2’de pervane sayılarına (rotor) göre döner kanatlı insansız hava araç modelleme örnekleri verilmiştir.



Şekil 3.2. Farklı rotor sayılarına sahip İHA modelleri [68].

Döner kanatlı insansız hava araçları, otonom ve/veya uzaktan kontrol edilerek kullanılabilir. Uçuş sürelerinin kısa olması, yapıldığı hafif malzemelerden dolayı hava koşullarına dayanıksız olması, uçuş menzillerinin kısa olması vb. özellikler döner

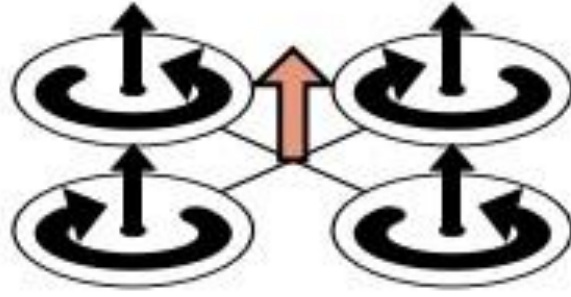
kanatlı insansız hava araçlarının dezavantajları olarak sıralanabilir. Şekil 3.3'te örnek bir döner kanatlı insansız hava araç görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.3. Döner kanatlı İHA (KARGU) [69].

3.2. Dört Rotorlu İnsansız Hava Aracının Hareket Prensipleri

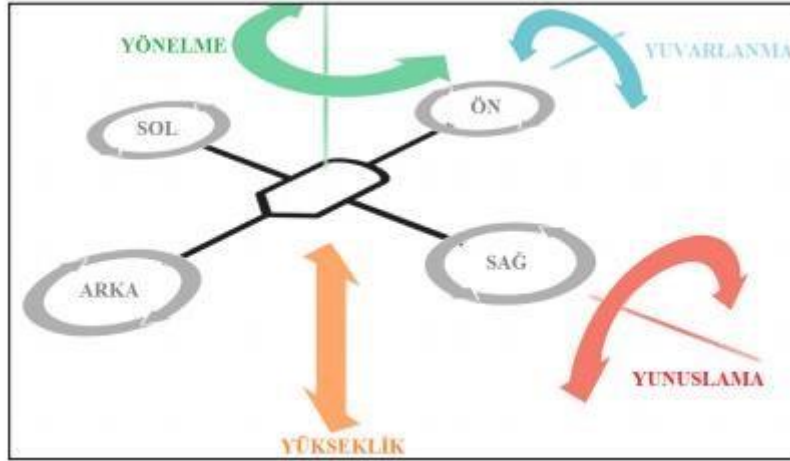
Dört rotorlu insansız hava araçları, eşit ölçülerde pervanelere sahip olan ve pervanelerin bulunduğu rotorların simetrik bir şekilde tasarlanarak oluşturulduğu araçlardır. Aynı zamanda birden fazla rotora sahip olmaları aracın manevra kabiliyetini yükseltmektedir. Dört rotorlu insansız hava araçlarının yerden yükselme hareketini gerçekleştirmesi, sahip olduğu dört rotorun aynı anda birbirinin tersi yönlerde hareket etmesi esasına dayanır. Ön ve arka rotor saat yönünün tersine diğer sağ ve sol rotor ise saat yönünde dönerek yükselme hareketinin gerçekleşmesini sağlamaktadır [70]. Ayrıca yükselme hareketinin gerçekleşmesi için bütün rotorların eşit güç seviyesinde ve pervanelerin eşit hızlarda dönmesi gerekmektedir. Şekil 3.4'te rotorların hareket yönleri verilmiştir.



Şekil 3.4. Yükselme hareketindeki rotor hareket yönleri.

Pervanelerin birbirlerinin tersi yönlerde dönmesi, bir helikopterin ana pervanesinin oluşturduğu dönme momentini engelleyen kuyruk rotoruna ihtiyaç duyulmamasını sağlamaktadır. Bütün rotorların aynı yönde dönerek çalışması, insansız hava aracının kendi ekseninde dönüş yapmasına sebep olacaktır.

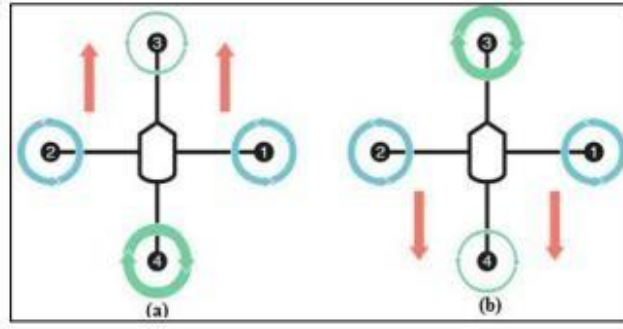
Dört rotorlu hava araçlarının bütün eksenlerdeki hareketlerini gerçekleştirebilmeleri, aracın ağırlık merkezinin dönme açılarına bağlıdır [71]. Bu açılar, sağ-sol, ön-arka, kendi etrafında dönüş yönlerindeki hareketlerini belirler. Şekil 3.5'te dönme açıları verilmiştir.



Şekil 3.5. Dönme açıları [71].

3.2.1. Yunuslama Hareketi

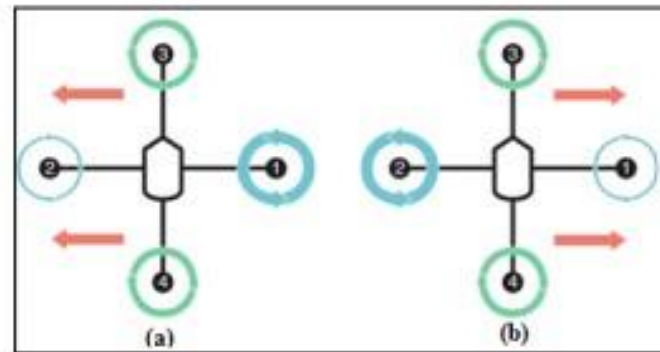
İnsansız hava aracını y eksenı boyunca döndürecek bir torkun (kuvvet ya da dönme momenti) uygulandığı açıdır. Yunuslama hareketi, ön veya arka rotorların birinin hızının artması ve diğerinin aynı oranda hızının azalması şeklinde gerçekleşmektedir. Hızı azalan rotor yönünde yer değiştirme hareketi y ekseninde gerçekleşir. Bu hareketler öne doğru ve arkaya doğru olarak tanımlanır [71]. Şekil 3.6'da y eksenindeki hareketler verilmiştir.



Şekil 3.6. a) öne doğru b) arkaya doğru [71].

3.2.2. Yuvarlama Açısı

İnsansız hava aracını x eksenı boyunca döndürecek bir torkun (kuvvet ya da dönme momenti) uygulandığı açıdır [71]. Yuvarlama hareketi, sağ ve sol rotorların birinin hızının artması ve diğerinin aynı oranda hızının azalması şeklinde gerçekleşmektedir. Hızı azalan rotor yönünde yer değiştirme hareketi x ekseninde gerçekleşir. Bu hareketler sağa doğru ve sola doğru olarak tanımlanır. Şekil 3.7’de x eksenindeki hareketler verilmiştir.

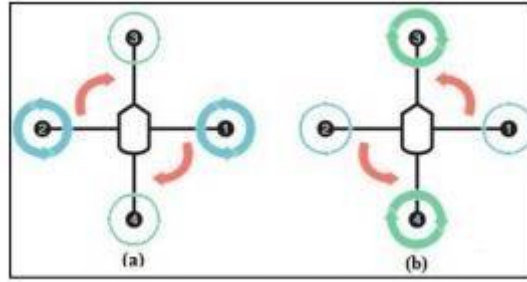


Şekil 3.7. a) öne doğru b) arkaya doğru [71].

3.2.3. Yönelme Açısı

İnsansız hava aracını z eksenı boyunca döndürecek bir tork ile (kuvvet ya da dönme momenti) uygulanan açıdır [71]. Bu harekette ön ve arka pervanelerin hızlarının artması, sağ ve sol pervanelerin hızlarının azalması veya tam tersi şekilde uygulanması şeklinde sonuç alınır. Hızların artıp azalması ve yönlerinin ters şekilde dönmesi ile eşit ve zıt değerlerde iki tork gücü oluşur. Bu sayede toplam tork gücü sıfır olmakla birlikte yönelme açısı oluşur. Pervane çiftlerinde birinin hızının diğerine göre artmasıyla sıfır olan tork gücü değişecektir.

Böylece insansız hava aracı hızı azalan pervane çifti yönünde hareket edecektir. Şekil 3.8’de yönelme hareketi görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.8. a) saat yönü b) saat yönü tersinde [71].

3.3. İHA Uçuşlarını Etkileyen Özellikler

3.3.1. İnsansız Hava Araçlarının Ağırlıkları

Gerçekleştirilecek uçuşlar için insansız hava araçlarının ağırlıkları oldukça öneme sahiptir. 1 kg altındaki ağırlığa sahip olan insansız hava araçlarından 2 ton ve üzeri ağırlıktaki insansız hava araçlarına kadar oldukça çeşitli ağırlıklarda insansız hava araçları üretilmektedir. Ağırlıklarına göre jet motorları ya da elektrik motorları kullanılmaktadır. Ağırlıklar, İHA’ların hangi motora sahip olması gerektiğini de belirlemektedir [72]. Tablo 3.4’te insansız hava araçları ağırlıklarına göre örneklendirilmiştir.

Tablo 3.4. İHA Ağırlık örneklendirilmesi [72].

Tanımlama	Ağırlık (Kg)	Örnek
Çok Yüksek Kütle	> 2000	MQ-9 Reaper
Yüksek Kütle	200 - 2000	Bayraktar
Orta Kütle	50 – 200	IAI Harpy
Hafif Kütle	5 - 50	RPO Midget
Çok Düşük Kütle	< 5	DJI Tello

Yerli insansız hava aracı olan Bayraktar, 5500 kg kalkış ağırlığına sahiptir. Ayrıca 1350 kg yük kapasitesine sahiptir. Çeşitli mühimmatlar ve UMTAS füzeleri ile kullanılabilir. Şekil 3.9’da Bayraktar Akıncı görüntüsü verilmiştir [73].



Şekil 3.9. Bayraktar Akıncı [73].

Ağırlığı iki tonun üzerinde olan Global Hawk, Amerikan Northrop Grumman RQ-4 firmasının ürettiği yüksek irtifa aracıdır. Silahsız olan İHA, keşif ve gözetleme amacıyla kullanılmaktadır. Boş ağırlığı yaklaşık 4000 kg olup gerekli donanımlarla birlikte ağırlığı yaklaşık 11000 kg.a kadar çıkabilmektedir [74]. Şekil 3.10’da Global Hawk görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.10. Global Hawk [74].

3.3.2. İnsansız Hava Araçlarına Menzil ve İrtifa Etkisi

İnsansız hava araçlarının, gerçekleştirecekleri görevleri başarı ile tamamlayabilmeleri için sahip oldukları özellikler çok önemlidir. Bütün görevlerde farklı özellikler ön plana çıkmaktadır. Sahip oldukları menzil ve irtifa değerleri, tamamlanacak olan görevlerin belirlenmesinde büyük rol oynar. Özellikle keşif, gözetleme, askerî vb. görevlerde uzun menzile sahip insansız hava araçları tercih edilmektedir.

3.3.3. İnsansız Hava Araçlarına Kanat Ağırlığı ve Şekillerinin Etkisi

İnsansız hava araçlarının sahip oldukları kanat tipleri ve kanatların sahip olduğu ağırlık, genişlik vb. gibi özellikler doğrudan uçuşa etki etmektedir. Kanat ağırlıklarının, insansız hava araçlarının hızlarının belirlenmesinde büyük etkisi bulunmaktadır. Hız arttıkça insansız hava aracının taşıyabileceği yüklerin ağırlıkları da artmaktadır. Bu iki değer birbiri ile doğru

orantılıdır. Kanat ağırlıklarının artması manevra kabiliyetinin düşmesine neden olur [7]. Sabit kanatlı insansız hava araçlarında kanatlarda yapılan küçük değişikliklerle uçuşun daha iyi olması için başta sürtünmenin etkili olduğu kalkış-iniş olmak üzere, belli konularda avantaj sağlama çalışmaları yapılmaktadır. Sabit kanatların uç kısımlarının kıvrık olarak tasarlanması aerodinamik performansı artırmaktadır. Düşük hızlarda kalkış-iniş hareketlerinde yüksek kaldırma kuvveti gerekmektedir. Bu durumlarda sürtünme daha az olacağından kanat uçlarının kıvrık olması dezavantaj sağlayacaktır. Kıvrık kanat uçları, sürtünmeyi azaltmasından dolayı hava araçları için yakıt tasarrufu sağlamaktadır. Airbus, Boeing gibi birçok hava yolu şirketi de kıvrık uçlu kanat kullanmaktadır. Kalkış-iniş hareketlerinde kanat uçlarının kanat açısına yakın olması kaldırma kuvvetinde etkili bir avantaj sağlayacaktır. Hem kalkış-iniş hem de uçuş esnasında kıvrık kanat uçlarının istenilen açıda olabilmesi, hava aracının her anda yüksek verimlilikle uçabilmesini sağlamaktadır [75]. Şekil 3.11’de kıvrık kanatlı örnekleri verilmiştir.



Şekil 3.11. Kıvrık kanat örnekleri [75].

Döner kanatlara sahip olan insansız hava araçları için kanat ağırlıkları, şekilleri gibi özellikler sayesinde manevra kabiliyeti, sabit kanatlara sahip olan insansız hava araçlarına oranla çok yüksektir. Kanat özellikleri bütün hava araçlarının hız, menzil, manevra, yakıt vb. özelliklerini doğrudan etkilemektedir [72].

3.3.4. İnsansız Hava Araçlarında Motor Tipi Etkisi

İnsansız hava araçlarında motor çeşitleri uçuş kalitesi için çok önemli bir etkidir. Motor gücü, insansız hava araçlarının ağırlıkları ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Araç ağırlığı arttıkça motor gücü de artmak zorundadır. Bu durumun temel amacı, artan araç ağırlığının kaldırma kuvvetini kullanabilmesi için aynı oranda motor gücüne ihtiyaç duymasıdır. Motor tipleri aynı zamanda insansız hava araçlarının menzillerini doğrudan etkileyen bir faktördür. Ağırlık olarak hafif sınıflardaki araçlarda elektrikli motorlar, daha ağır sınıflardaki hava araçlarında ise içten yanmalı motorlar kullanılmaktadır [76]. Tablo 3.5'te İHA'ların motor tiplerine göre sınıflandırılması örneği verilmiştir.

Tablo 3.5. Motor tiplerine göre İHA sınıflandırılması [76].

İki Zamanlı	Turbofan	Turboprop	Piston	Elektrikli	Pervaneli
Pioneer	Darkstar	Predator B	Neptunr	Dragon Eye	LEWK
RPO Midget	Global Hawk		Dragon Drone	Dragon Warrior	Sperwer
Sıcaklık	Phoenix		Finder	Pointer	
	X-45		A 160	Raven	
	X-50		GNAT	Luna	
	Fire Scout		Crececelle	Javelin	
			Seeker		
			Brevel		
			Snow		
			Goose		
			Silver Fox		
			Heron		

4. MATERYAL

Bu çalışmada kullanılan materyaller şunlardır:

4.1. OPENCV Kütüphanesi

OPENCV, bir bilgisayarlı görme kütüphanesidir. Tamamen açık kaynaklı olan bu kütüphane nesne tespiti, robotik, gibi birçok alanda kullanılan bir teknolojidir. OPENCV kütüphanesi Google, Microsoft, IBM, INTEL gibi birçok şirket tarafından kullanılmaktadır. Kütüphane çeşitli amaçlara hizmet eden 2500'den fazla algoritma içermektedir. Bu algoritmalar görüntü işleme, makine öğrenmesi teknolojilerine hizmet etmektedir [77]. Bu tez çalışmasında OPENCV kütüphanesinin içerisinde bulunan Haar-Cascade algoritması kullanılmıştır. Bu kütüphane açık kaynaklı, çoklu işletim sistemi (Windows, Linux, Mac OS) desteği ve kolay uygulanabilir olmasından dolayı tercih edilmiştir [34].

Yüz tanıma, nesne ayırt etme, plaka tespit, nesne sınıflandırma, insan hareket tespiti gibi birçok karmaşık ve zor uygulamaları kolayca yapılabilir [7]. OpenCV kütüphanesinin bu denli kolay uygulanabilmesi, bileşenlere sahip bir yapısı olmasından gelmektedir. İçerisinde birçok bileşen bulunduran kütüphane, gerçekleştirilecek birçok farklı uygulamaya birbirinden bağımsız bileşenler ile cevap vermektedir. Modüller; makine öğrenmesi, nesne algılaması, video analizleri, derin öğrenme gibi birçok konuda uygulamalar geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca kütüphanedeki bileşenler temel ve ekstra olarak ikiye ayrılmaktadır [77].

Tablo 4.1. OpenCV temel bileşenleri [77].

Bileşen Adı	Açıklama
Core	Temel İşlevsellik
Imgproc	Görüntü İşleme
Videoio	Video girdisi ve çıktısı
Highgui	Üst düzey GUI
Video	Video Analizi
Calib3d	Kamera Kalibrasyonu ve 3DYeniden Yapılandırma
Objdetect	Nesne Algılama

4.2. DJI Ryze Tello Edu

Araştırmada kullanılan DJI Ryze Tello EDU, 2017 yılında kurulmuş olan Çin merkezli şirket Ryze Teknoloji'nin, 2018 yılında DJI ve INTEL firmaları ile yaptığı ortaklık sonucunda piyasaya sürülen insansız hava aracıdır. Piyasaya sürülmesinin en büyük amacı diğer insansız hava araçlarının kullanım amaçlarının aksine insansız hava aracı ile robotik kodlama konusunun ön plana çıkarılmak istenmesidir. Bu araştırmada kullanılmasının en büyük nedeni de programlanabilir bir insansız hava aracı olmasıdır. Kullanılan bu insansız hava aracı maliyet, boyut ve ulaşılabilirlik adına birçok amaca hizmet etmektedir [78]. Mobil cihazlarda uygulamalar yardımı ile kolayca uçurulabilmektedir. Kapalı ortamlarda ve dış ortamlarda kullanılabilmesi için farklı gövde yapılarına sahiptir. Şekil 4.1'de kapalı ve dış ortam uçuş gövde şekilleri verilmiştir.



Şekil 4.1. DJI Tello EDU iç ve dış ortam gövdeleri [79].

DJI Tello EDU kendisine ait bir yazılım geliştirme kitine (Software Development Kit-SDK) sahiptir. SDK, DJI Tello EDU ile wi-fi bağlantısı kurarak insansız hava aracına komut göndererek kontrol edilebilmesine olanak sağlamaktadır. Kalkış-iniş, sağ-sol, yukarı-aşağı gibi manevra hareketleri, anlık görüntü alınması, batarya değer gösterimi gibi işlemler yapılabilmektedir. Ayrıca sürü halinde programlama, yani aynı anda birden çok DJI Tello EDU insansız hava araçlarını kontrol edebilme imkânı sağlamaktadır. Yukarıda belirtilen SDK içerisinde belirtilen talimatlara uygun olarak PyCharm ortamında kodlama işlemleri gerçekleştirilmiştir.

4.2.1. DJI Tello EDU Özellikleri

- Ağırlık: 87g (Pervaneler, Pil ve Gövde)
- Ebatlar: 98 × 92,5 × 41 milimetre
- Pervaneler: 7,62 santimetre

- Sahip olduğu Fonksiyonlar: Mesafe Bulucu, Barometre, LED, Görüş Sistemi, 2,4 GHz 802.11n Wi-Fi, 720p Canlı Görüntü
- Giriş Ünitesi: Mikro USB Şarj Giriş Ünitesi

Uçuş Performansı;

- Maksimum Uçuş Mesafesi: 100 metre
- Maksimum Hız: 8metre/saniye
- Maksimum Uçuş Süresi: 13 dakika
- Maksimum Uçuş Yüksekliği: 30 metre

Pil;

- Çıkarılabilir Pil:1.1Ah / 3

Kamera;

- Fotoğraf: 5MP (2592x1936)
- FOV(Görme Açısı): 82,6 Derece
- Video: HD 720p/30
- Biçim: JPEG (Fotoğraf); MP4 (Video Formatı)
- Görüntü Sabitleme(EIS): Evet

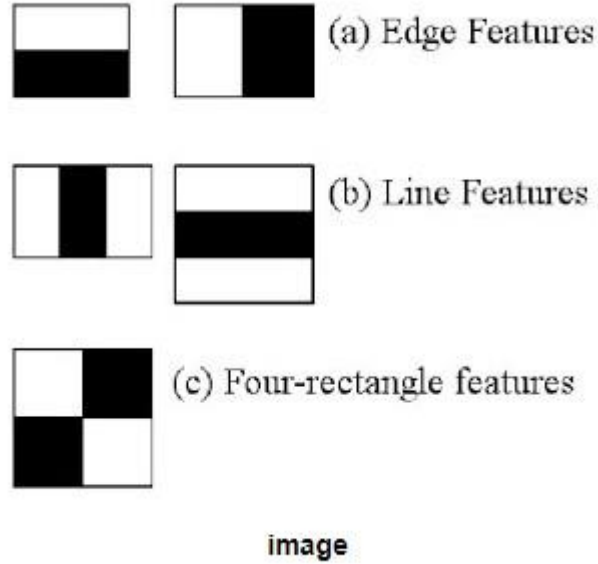
4.3. HAAR-CASCADE Algoritması

Haar-Cascade sınıflandırıcısı, OpenCV kütüphanesinde bulunan bir algoritmadır. Bu sınıflandırıcıda bulunan Haar özellikleri nesne tespit işlemlerinde kullanılan sayısal görüntü özellikleridir. Bu sınıflandırıcı temel olarak Şekil 4.2 de gördüğümüz çerçevelerin görüntüyü tarayarak siyah bölgedeki pixel değerleri ile beyaz bölgedeki pixel değerlerinin karşılaştırılmasıyla bulunan sayısal değerlerin verdiği sonuçlara dayanmaktadır. Nesne veya insan yüzü tespiti için, alınan görüntüdeki bütün pixel değerlerinin toplanıp siyah kısmındaki pixel değerlerinden çıkarılarak elde edilen sayısal değer, görüntüdeki eşik değerini geçiyorsa orada nesne ve/veya insan yüzü vardır, eğer eşik değerini geçmiyorsa orada nesne ve/veya insan yüzü yoktur çıkarımı kullanılmaktadır. Haar özellikler ile nesne tespit fikri Paul Viola ve Michael Jones tarafından Haar dalgacık dönüşümünden esinlenilerek yapılan çalışmada ortaya çıkmıştır [44].

Bu tez çalışmasında Haar-Cascade algoritması kullanılarak, insansız hava aracının kamerasından alınan canlı görüntünün taranarak görüntüde insan yüzü tespit edilmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Canlı görüntüde insan yüzü olup olmadığı, görüntünün bütün pixelleri

tarandıktan sonra yukarıda belirtilen pixel değeri hesaplamaları ile çıkarılan sonuçlar eşliğinde belirlenmiştir.

Uygulanan bu yöntem için Şekil 4.2’de sunulmuş olan kenar özellikleri kullanılmıştır.

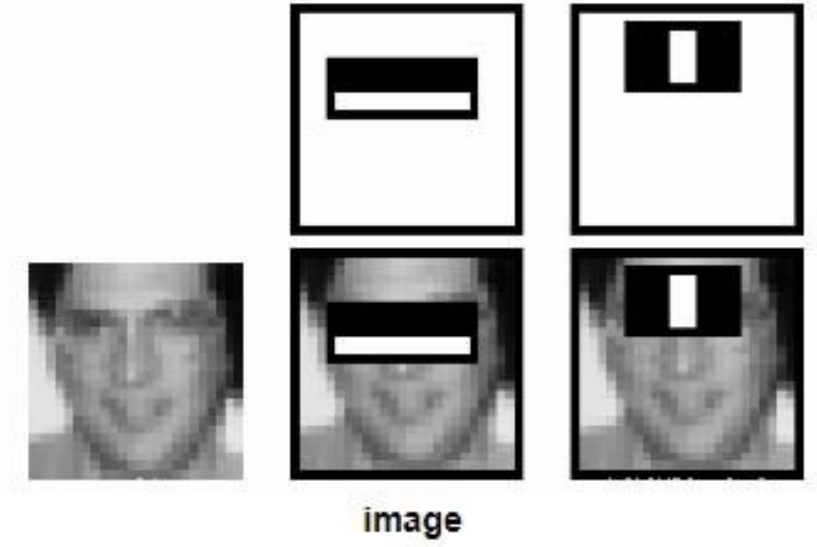


Şekil 4.2. Haar-Cascade kenar özellikleri [80].

Haar-Cascade kenar özellikleri aşağıda açıklanmaktadır:

- **Kenar (Edge Features) Özelliği:** Görüntü üzerindeki alanlar koyu ve açık renklerden meydana gelmiş ise bu özelliğin görüntüde olduğu belirlenir. Belirli bir alan koyu alandan oluşuyor ve belirli bir alan açık renklerden oluşuyor ise kenar özelliği olduğunu belirtmektedir.
- **Çizgi (Line Features) Özelliği:** Görüntü üzerinde açık, kapalı, açık renkler sırası ile meydana gelmiş ise çizgi özelliği mevcuttur.
- **Dört-Kare (Four Rectangle) Özelliği:** Çapraz bir şekilde koyu ve açık tonlar bulunuyor ise görüntüde dört kare özelliği mevcuttur.

Yukarıda açıklaması bulunan özellikler kullanılarak görüntü içerisinde çizgi, kenar, yüz, göz, araç vb. nesneler tespit edilebilecektir. Bu sınıflandırıcının insan yüzü tespiti için kullanılması Şekil 4.3’teki gibi gerçekleşmektedir.



Şekil 4.3. Kenar özellikleri ile insan yüzü işlenmesi [80].

Sınıflandırıcının Haar özelliklerini kullanarak görüntüyü taramasından sonra elde edilecek sonuç Şekil 4.4’teki gibi olacaktır.

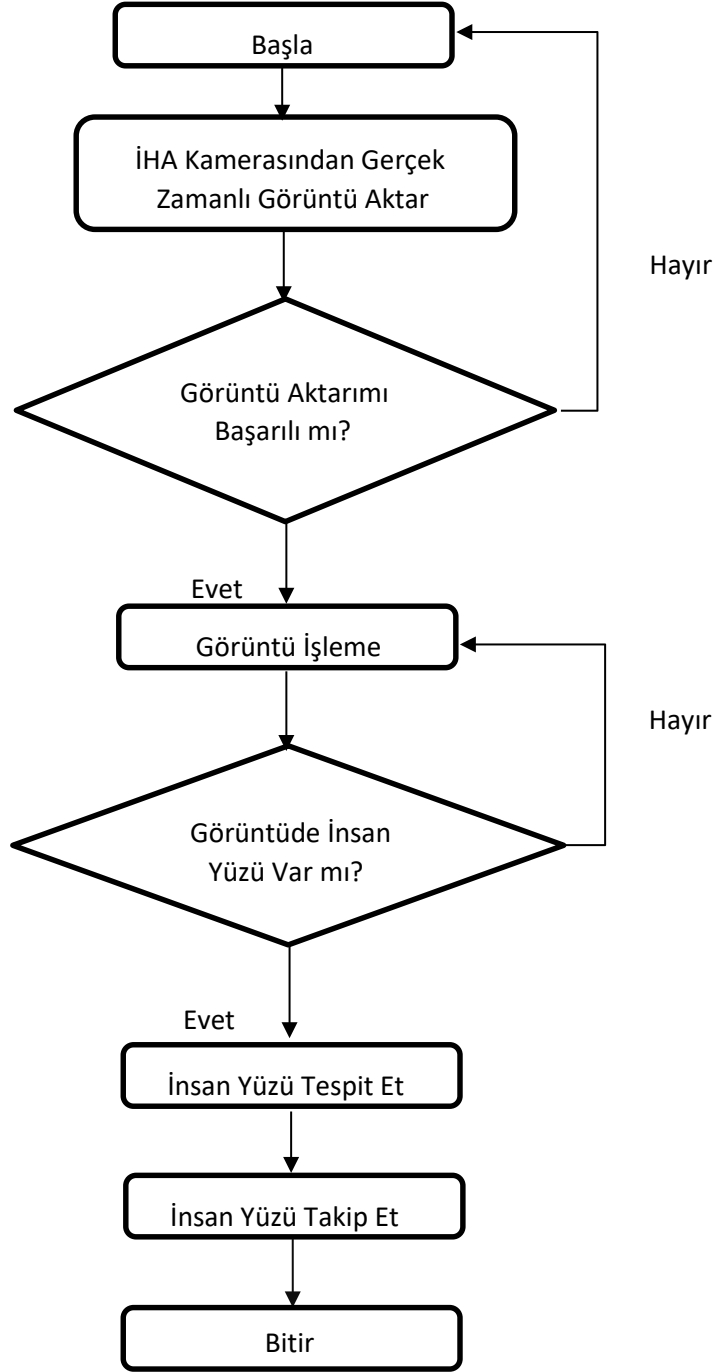


Şekil 4.4. Yüz tespit işlem sonuç örneği [81].

5. YÖNTEM

Bu tez çalışmasında görüntü işleme teknolojisi uygulanırken işlenen görüntüdeki insan yüzü tespit işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda görüntü işleme uygulaması için OPENCV kütüphanesi kullanılmıştır. İnsan yüzü tespit işlemi için OPENCV kütüphanesinin içerisinde bulunan birçok algorithmadan biri olan Haar-Cascade sınıflandırıcısı kullanılmıştır. Sınıflandırıcı hızlı, doğruluk oranının yüksek olması ve kolay uygulanabilir olmasından dolayı tercih edilmiştir [82]. Haar-Cascade sınıflandırıcısının özellikleri kullanılarak, insansız hava aracının kamerasından alınan görüntülerde uygulanarak görüntüdeki insan yüzünün tespit işlemi ve sınıflandırma işlemi uygulanmıştır. Tespit işlemi sonrasında insansız hava aracının kamera kadrajına giren insan yüzünün kamera kadrajından çıkana kadar geçen sürede gerçek zamanlı olarak takip işlemi gerçekleştirilmiştir.

Uygulama kodlarının uygulanabilmesi için ücretsiz bir entegre geliştirme ortamı (IDE) olan PyCharm uygulaması kullanılmıştır [83]. Çalışmanın kodlama aşamasında oluşturulan projeye sırasıyla CV2, Numpy, Djitellopy ve Time kütüphaneleri eklenmiştir. CV2, OPENCV kütüphanesinin başta görüntü işleme olmak üzere bütün işlevlerini projemizde kullanabilmemiz adına eklenmiştir. Numpy (Numerical Python), dizilerle çalışmak için kullanılan bir matematik kütüphanesidir. Projede yapılan matematiksel işlemler için dâhil edilmiştir. Djitellopy, yazılan kod bloğunda İHA ile iletişime geçilebilmesi için dâhil edilmiştir. Böylece İHA'nın kontrol edilmesi için gereken komutların kullanılabilmesi sağlanmıştır. Sonrasında, kamera kadrajına girecek olan insan yüzü tespiti için proje içerisine haarcascade_frontalface_default.xml dosyası dâhil edilmiştir. Bu dosya insan yüzü tespit edilebilmesi için özellik setleri içeren dosyadır. Böylece çalışma içerisinde Haar-Cascade algoritması kullanılarak insan yüzü tespit edilmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Time, zaman fonksiyonlarının kullanılması için projeye dâhil edilmiştir. Proje yapım aşamasında kullanılan teknolojilerle ilgili toplanan her türlü bilgi, belge, eğitim gibi unsurlara kolay ve hızlı bir şekilde ulaşılma durumu ve uygulanabilirliği projede kullanılan teknolojilerin seçiminde etkili olmuştur. Çalışmanın akış şeması Şekil 5.1'de sunulmuştur. Çalışma temel olarak üç adımda gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.1. Akış şeması.

5.1. İHA Kamerasından Görüntü Aktarılması

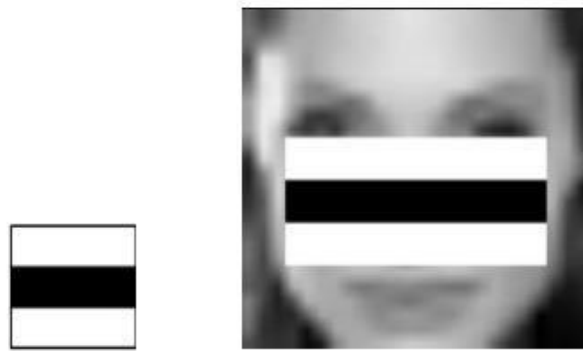
Projenin gerçekleştirilebilmesi için ilk adım olarak insansız hava aracının kamerasından canlı görüntünün elde edilmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için FFmpeg kütüphanesi proje içerisine dâhil edilmiştir [84].

FFmpeg, bir video formatını başka herhangi bir video formatına ayrıca sahip olduğu kodeklerini de değiştirerek çevirebilen ücretsiz bir yazılımdır. FFmpeg, neredeyse tüm ses/görüntü kodeklerini, dosya formatlarını ve tüm medya verileri için herhangi bir kaynaktan herhangi bir kaynağa iletimindeki kurallar ve standartları (streaming protocols) destekler.

Yazılan kod bloğunun çalışması ile görüntüyü elde ettiğimiz ekran çıktı (output) penceresi, kameradan alınan görüntünün başarılı bir şekilde bilgisayar ortamına aktarılmasını sağlamıştır. Görüntü aktarma işlemi tamamlandıktan sonra projenin en önemli bölümü olan görüntü işleme adımına geçilmiştir.

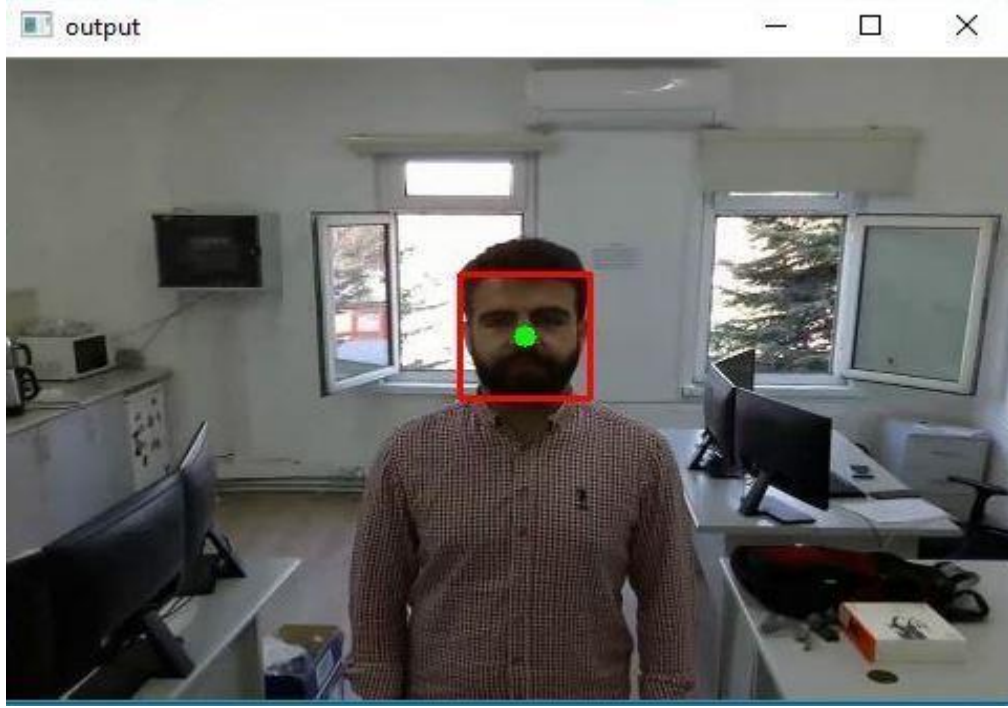
5.2. İHA Kamerasından Alınan Görüntüde İnsan Yüzü Tespiti

İHA kadrājına giren insan yüzünün tespit edilmesi projeye dâhil edilen Haar-Cascade algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu algoritma ile insan yüzündeki organların tespiti yapılarak görüntüde insan yüzü olup olmadığı tespit edilmiştir. Algoritmanın haar özellikleri kullanılarak insan yüzündeki alanların renk dağılımı ve yoğunluğuna bağlı olarak gerçekleştirilmiştir. Alanlar arasındaki farklara bağlı olarak insan yüzündeki organ tespit işlemi gerçekleştirilmiştir [85]. Şekil 5.2’de burun seçme işlemi görüntüsü verilmiştir. İnsan yüzündeki yanak bölgesinin renk durumunun burun bölgesine göre daha açık renkte olması ile yüzdeki organ sınıflandırması gerçekleştirilir.



Şekil 5.2. Haar özellikleri ile burun seçimi [85].

Haar özelliklerinin kullanımı Şekil 5.5'te belirtilen dikdörtgenler kullanılarak görüntü taraması gerçekleştirilir. Taranan görüntüde dikdörtgenler altında kalan bölgelerin piksel yoğunluklarının fark değerleri ile yüz üzerindeki bölgeleri ayrı ayrı tespit edilerek insan yüzündeki göz, burun vb. gibi organlar tespit edilir böylece insan yüzü diğer objelerden ayırır. Böylece insan yüzü değişse bile değişen insan yüzünün tespiti de gerçekleştirilir. Şekil 5.3'te tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen uçuş görüntüsü verilmiştir. İHA kamerasında alınan gerçek zamanlı görüntüde insan yüzü tespit işleminin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5.3. İHA kamerasında insan yüzü tespiti.

5.3. Tespit Edilen İnsan Yüzünün Gerçek Zamanlı Takip İşlemi

İnsan yüzü tespit işlemi başarı ile uygulandıktan sonra, tespit edilen insan yüzünün gerçek zamanlı olarak yer değişimlerinin takip edilmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.4'te takip işleminin yapıldığı kapalı ortam ve takip işleminin gerçekleştiğini gösteren görüntü verilmiştir.



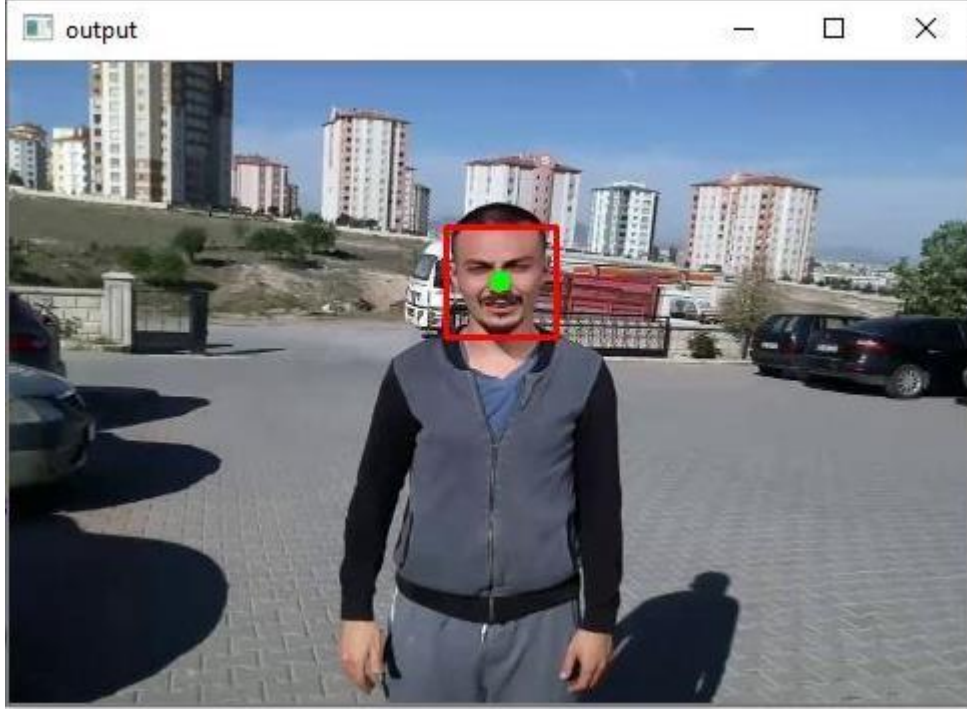
Şekil 5.4. Kapalı ortamda insan yüzü tespiti.

Kapalı ortamda gerçekleştirilen uçuş %100 başarı ile uygulanmıştır. Dış mekânda gerçekleştirilen uçuşlar sırasında İHA'nın hava koşulları, güneş ışığı vb. etkilere karşı performansı değerlendirilmiştir. Dış ortamda gerçekleştirilen uçuş, hava durumunun az bulutlu olduğu bir günde gerçekleştirilmiştir.

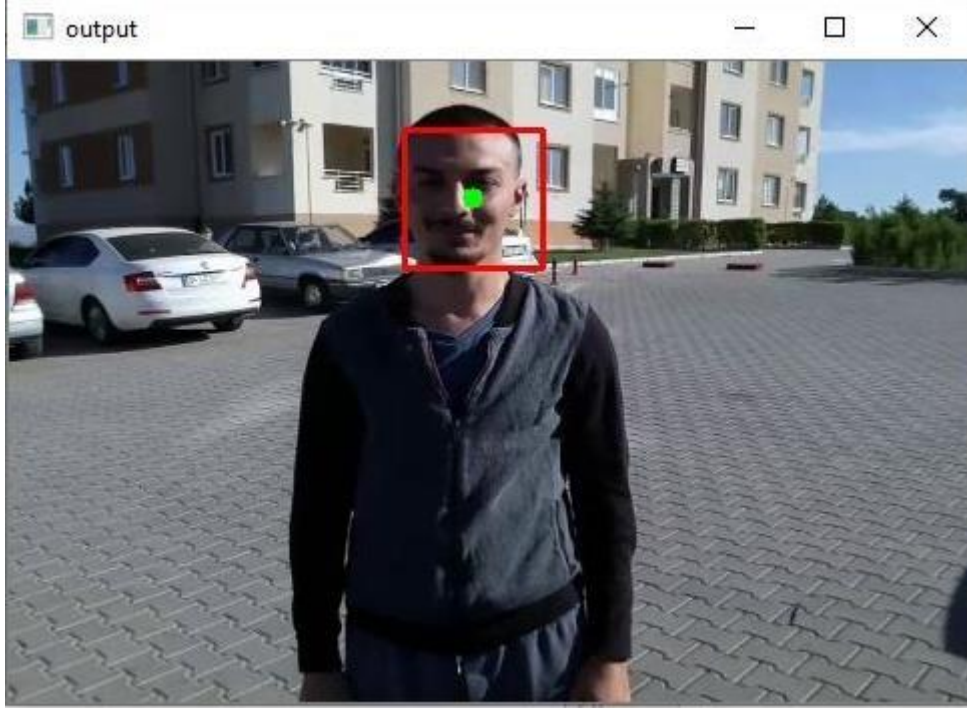
Dış ortamda uçuşu olumsuz anlamda etkileyen unsurların güneş ışığının parlaklığı ve rüzgâr hızı olduğu belirlenmiştir. 13 km/saat hızla esen rüzgâr karşısında 80 g ağırlığındaki İHA havada sabit durma ve insan yüzü takibi için gereken manevraları yapmakta zorlanmıştır.

Güneş ışığına karşı yapılan uçuşlarda ise insan yüzünde yaklaşık %80 oranında gölge oluşması tespit işleminin gerçekleşmemesine neden olmuştur. Haar-Cascade algoritmasının

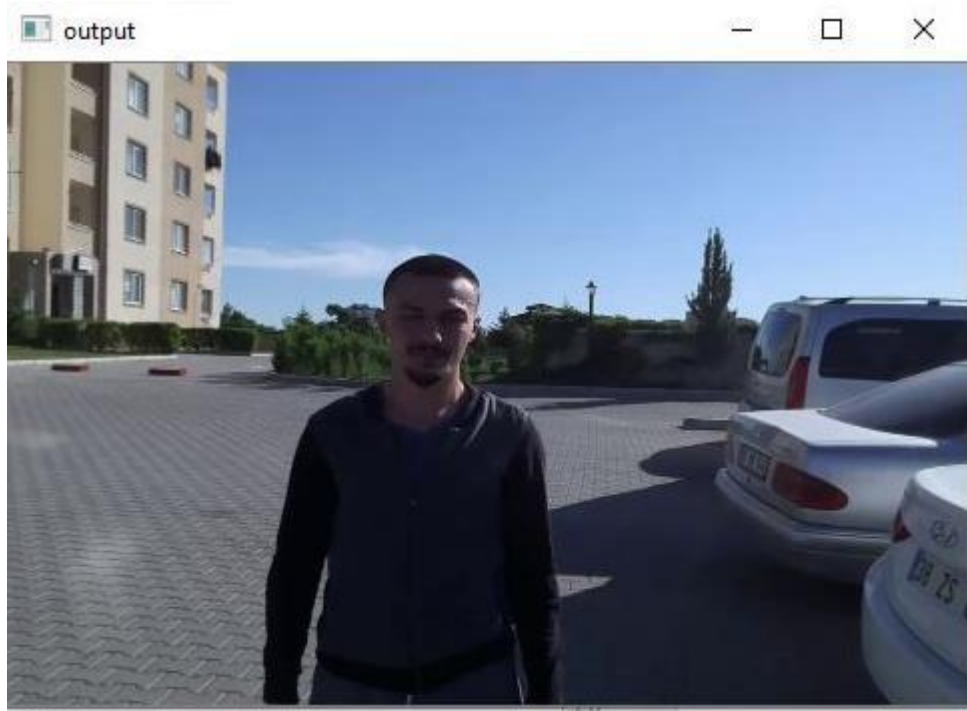
insan yüzündeki bölgesel parlaklık farklarını kullanarak gerçekleştirdiği tespit işlemi, güneş ışığının yoğunluğu karşısında istenilen sonucu vermemiştir. Şekil 5.5, 5.6 ve 5.7’de dış ortamda farklı ışık açılarında gerçekleştirilen insan yüzü tespit işlemi verilmiştir.



Şekil 5.5. Dış ortamda insan yüzü tespit işlemi.



Şekil 5.6. Dış ortamda insan yüzü tespit işlemi – 2.



Şekil 5.7. Dış ortamda insan yüzü tespit işlemi – 3.

İç ve dış ortamda gerçekleştirilen uçuşlarda çeşitli ölçüm değerleri elde edilmiştir. Uygulamanın başarılı bir şekilde sonuç verebilmesi için gerekli olan ortam etkenleri, iç ortam ve dış ortam değişkenleri olarak ikiye ayrılmıştır. Ayrıca bu etkenlerin İHA'nın uçuşuna ve görüntü işleme teknolojisinin uygulanmasına olan etkileri değerlendirilmiştir.

Tablo 5.1’de iç ve dış ortamda İHA uçuşunun başarılı olarak gerçekleşmesi için gerekli olan etkenlerin üst sınır değerleri verilmiştir. Tablo 5.2’de iç ve dış ortamda insan yüzü tespit ve takibinin başarılı olarak gerçekleşmesi için gerekli olan etkenlerin üst sınır değerleri verilmiştir.

Tablo 5.1. İHA’nın ideal uçuş değerleri.

Etken	Dış Mekan	İç Mekan
Güneş Parlaklığı	Etki Yok	Etki Yok
Rüzgar Hızı	< 15 km/saat	Etki Yok
Sıcaklık	Video girdisi ve çıktısı	Oda Sıcaklığı
Uçuş Yüksekliği	Üst düzey GUI	< 3 metre
Uçuş Mesafesi	< 100 metre	< 7 metre

Tablo 5.2. Tespit ve takip mekân etki değerleri.

Etken	Dış Mekan	İç Mekan
Güneş Parlaklığı	< % 80	< % 80
Rüzgar Hızı	Etki Yok	Etki Yok
Sıcaklık	Etki Yok	Etki Yok
Uçuş Yüksekliği	Etki Yok	Etki Yok
Uçuş Mesafesi	Etki Yok	Etki Yok

İHA’nın gece uçuşlarında tespit işlemini gerçekleştirilmesi konusunda başarısız olmuştur. Kameranin gece görüşü özelliğine sahip olmaması, bu işlemin gerçekleşmesine engel olan ana etken olmuştur.

6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu araştırmada dört motorlu insansız hava aracı ile otonom şekilde hareketli insan yüzü tespit ve takibi gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Uygulamada DJI firmasının ürettiği Ryze Tello EDU versiyonu kullanılmıştır. İnsansız hava aracında bulunan sabit kameradan alınan görüntülerin görüntü işleme teknolojisi kullanılarak hareketli insan yüzü tespiti ve takibi gerçekleştirilmiştir. Kapalı ortamlarda yapılan uçuşların tamamı başarı ile sonuçlanmış olup insan yüzü tespit ve takibi işlemi gerçekleşmiştir. Açık alanda yapılan uçuşlarda ise hava aracının ağırlığının uygulama başarısını etkileyen iki ana etken tespit edilmiştir. Bu etkenler hava aracının ağırlığı (rüzgâr etkisine karşı direnci) ve güneş ışığı (açısı, yoğunluğu) olarak görülmektedir. Ayrıca hava aracının kamerasından alınan canlı görüntülerde bulunan insanın yaptığı ani hareketlerde takip işlemlerinde aksaklıklar tespit edilmiştir. Görüntü işleme performansı, hızlı hareketlerde başarısız olmuştur. Hava aracının kamerasının 5 MP özelliğinde olması uygulamanın doğruluk oranlarını büyük ölçüde etkilemektedir. Daha yüksek MP değerine sahip bir hava aracı kullanmak çok daha yüksek doğruluk ve kalitede sonuçlar verecektir. Özellikle dış uçuşlarda güneş ışığının yoğunluğundan daha az etkilenecek bir kamera ile çok daha yüksek başarı oranları ile amaca ulaşan uçuşlar gerçekleştirilebilir. İHA kamerasının sahip olduğu 82,6° derecelik görme alanı bu çalışma için oldukça yeterli olmuştur. Bu çalışma özelinde daha geniş görme açısına sahip olan insansız hava araçları da kullanılabilir. Gerçekleştirilen iç mekân ve dış mekân bütün uçuşları olumsuz yönde etkileyen en büyük etken İHA'nın pervane, gövde, batarya dâhil 80 g ağırlığa sahip olmasıdır. Çok hafif olması özellikle dış uçuşlarda çok kolay bir şekilde savrulmasına neden olmaktadır. Bu durum, uygulamanın çok düşük rüzgâr hızlarına sahip olan ortamlarda başarısız olmasına neden olmaktadır. Görüntü işleme ve takip aşamalarında iken rüzgâr nedeni ile savrulması insan yüzü tespit ve takip işleminin başarısız olmasına neden olmaktadır. Gerçekleştirilen dış uçuş günü meteoroloji bilgilerine göre bulunulan uçuş bölgesinde 13 km/sa rüzgâr hızı tespit edilmiştir. Bu düşük rüzgâr hızında dahi uçuş ve uygulama %100 başarı ile gerçekleştirilememiştir. Bu durum ile ağırlık ve rüzgâra karşı direncin doğru orantılı olarak yükseldiği gözlemlenmiştir. Daha yüksek ağırlığa sahip olan İHA'lar kullanılarak dış uçuşlarda başarı oranı yükseltilebilir.

Uygulamada insansız hava aracındaki sabit kamera kadrajına giren insan yüzü, kadrajdan çıktığında veya insan yüzü ile kamera arasına başka bir nesne girdiğinde takip işlemi başarısız olmaktadır. İnsan yüzünün kamera kadrajına tekrar girmesiyle yeniden

başlamaktadır. İnsan yüzü tespit ve takibi durumunun gerçekleşmesi için kamera kadrajında herhangi bir insan yüzü olması yeterli olacaktır. Bu araştırmada elde edilen sonuçlar, geliştirilebilmesi açısından ülkemizdeki literatüre katkısıyla önemlidir.

Ülkemizde son dönemde artan insansız hava araçlarına olan ilgi, bu araştırmanın önemini artıran en büyük etkidir. Ülkemiz literatüründe yer alacak bu çalışma sayesinde iyi bir konumda olduğumuz İHA çalışmalarımızda çok daha iyi yerlere gelmemizde araştırmacılara yön gösterecektir. Araştırmada kullanılan İHA'nın düşük maliyetli ve kolay ulaşılabilir olmasının yanı sıra kullanılan diğer platform, kütüphane ve yazılım araçlarının ücretsiz olması araştırmanın önemini arttırmaktadır. Sonraki aşamalarda, başta güvenlik alanlarında olmak üzere, nesne ve/veya insan yüzü takibi uygulamaları, hayatı kolaylaştırma adına araştırmacılara ışık tutacaktır.

Bu araştırmanın bir sonraki aşamasında makine öğrenmesi teknolojisi kullanılarak insansız hava aracına, öğretilen insan yüzünü takip edebilen bir sistem gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca ortaya çıkarılacak bu çalışma günümüz dünyasında, seçilen kırsal araziler, şehir içi bölgeler, kalabalığın yoğun olduğu bölgelerde suçlu tespit ve takibi yapan sistemler geliştirilmesine olanak sağlayacaktır.

Ülkemizde şu an döner kanatlı insansız hava araçlarının kullanıldığı böyle bir sistem bulunmamaktadır. Askeri operasyonlarda sabit kanatlı insansız hava araçları tercih edilmektedir. Bu çalışmanın ortaya koyduğu sonuçlarla askerî alanda ve güvenlik alanlarında döner kanatlı insansız hava araçları kullanılarak suçlu tespit ve takip sistemi yapılabilmesi öngörülmektedir. Öngörülen sistem sayesinde hem stadyum, hava alanı, konserler vb. gibi şehir içi alanlarda hem de dağlık bölgelerde yaşanacak kötü durumlar engellenerek ülkemizin savunma sanayiine büyük katkı sağlayacaktır. Bu sistemin geliştirilmesi için çalışmalar devam edecektir.

7. ÖNERİLER

Bu araştırmada gerçekleştirilen uygulamada döner kanatlı insansız hava aracı kullanılmıştır. Döner kanatlı insansız hava araçlarının bataryalarının çok kısa sürelerde uçuşa imkân sağlaması, geliştirilecek olan uygulamalar için en büyük dezavantajdır. Sabit kanatlı insansız hava araçlarının sahip olduğu uçuş sürelerine sahip olmasa dahi daha uzun sürelerde uçuş gerçekleştirmek için batarya geliştirilmesi yararlı olacaktır. Ayrıca yapımında kullanılan malzeme kalitesi, gerçekleştirilecek uçuşlar için rüzgâr etkisini engellemek adına aracın savrulmadan uçuşunu sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilmesi için geliştirilmelidir. Döner kanatlı insansız hava araçlarının sahip olduğu yüksek manevra kabiliyeti ve bulunduğu yerden kalkış sağlayabilmesi, batarya geliştirilmesi ve malzeme kalitesi artırılması halinde askerî alanlar ve güvenlik alanları başta olmak üzere kullanıldığı bütün alanlarda birçok görev ve kullanım için çok yüksek yarar sağlayacaktır.

Yapılan bu çalışma sonucunda yukarıda belirtilen batarya ve malzeme kalitesinde yapılacak iyileştirmeler sayesinde dış ortamda uçuş kalitesi artacaktır. Ayrıca makine öğrenmesi teknolojisi kullanılarak İHA'ya öğretilecek insan yüz veri setleri ile suçlu tespit ve takibi gerçekleştirebilen bir devriye İHA timi oluşturulabilir. Makine öğrenmesi teknolojisinin kullanılması hâlihazırda gerçekleştirilen çalışmanın daha doğru ve verimli sonuçlar elde edilmesi için kullanılabilir. Bunun kullanım için YOLO ve TENSORFLOW isimli kütüphanelerinin kullanılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Can, N. ve Kahveci, M., 2017, İnsansız hava araçları: Tarihçesi, tanımı, dünyada ve Türkiye’deki yasal durumu, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(4), 511–535.
- [2] Çömert, R., Avdan, U. ve Şenkal, E., 2012, İnsansız hava araçlarının kullanım alanları ve gelecekteki beklentiler, IV. *Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2012)*, Zonguldak, 16–19.
- [3] Uysal, M., Yılmaz, M., Tiryakioğlu, İ. ve Polat, N., 2018, The Use of Unmanned Aerial Vehicles in Disaster Management, *Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6, 219–224.
- [4] Daş, R., Polat B. ve Tuna, G., 2019, Derin Öğrenme ile Resim ve Videolarda Nesnelerin Tanınması ve Takibi, *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi*, 31(2), 571–581.
- [5] Öncü, S., 2014, *Bilgisayarlı Görü ve Ses Algılama Tekniği ile Hareketli Nesne Takibi*, Yüksek Lisans Tezi, Bozok Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [6] Merç Y. ve Bayılmış, C., 2011, Dört Rotorlu İnsansız Hava Aracı (Quadrotor) Uygulaması, 6. *Uluslararası İleri Teknolojileri Sempozyumu*, 16-18 Mayıs 2011 Elazığ, 18-20.
- [7] Musab, C., 2015, *Dört Rotorlu İHA ile Sürekli Utyarlamalı Ortalama Kayma Algoritması Kullanılarak Hareketli Nesne Takibi*, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [8] Hanbay, K. ve Üzen, H., 2017, Nesne tespit ve takip metotları : Kapsamlı bir derleme, *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 6(2), 40–49.
- [9] Çan, Z., 2021, *Otomasyon Sistemlerinde Görüntü İşleme Tekniklerini Kullanan Ürün Tanımı Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [10] Yıldırım, B. F. ve Yıldız, M., 2018, Yapay Zeka ve Robotik Sistemlerin Kütüphanecilik Mesleğine Olan Etkileri, *Türk Kütüphaneciliği*, 32(1), 26–32.
- [11] Kaya, M., 2012, Döner Kanatlı İnsansız Hava Aracı Kullanarak Bölgesel Gözetim Amaçlı Kişi veya Nesne Takibi, 4. *Uluslararası Havacılık ve Uzay Konferansı*, 12-14 Eylül 2012 İstanbul, 2-6.
- [12] Yaman, A. U., 2018, *Yüz Tanıma Sistemlerinin Yanıltılmasına Karşı Bir Yöntem: Yüz Videolarında Nabız Tespiti ile Canlılık Doğrulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [13] Sharif, M., Mohsin, S. ve Javed, M. Y., 2012, A survey: Face recognition techniques, *Journal of Information Processing Systems*, 5(2), 41-68.
- [14] Eldem, A., Eldem, H. ve Palalı, A., 2017, Görüntü İşleme Teknikleriyle Yüz Algılama Sistemi Geliştirme, *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 44–48.

- [15] Peker, M. ve Zengin, A., 2011, Gerçek Zamanlı Harekete Duyarlı Bir Görüntü Tanıma Sistemi, *6. Uluslararası İleri Teknolojileri Sempozyumu*, 16-18 Mayıs 2011 Elazığ, 92–97.
- [16] Meduri, P. ve Telles, E., 2018, A Haar-Cascade Classifier Based Smart Parking System, *Int. Conf. Image Process. Comput. Vision, Pattern Recognition*, 66–70.
- [17] Soo, S., 2014, Object Detection Using Haar-cascade Classifier, *Institute Computer Science. University of Tartu*, 2(3), 1–12.
- [18] Jalled, F. ve Voronkov, I., 2016, Object Detection using Image Processing, 1-6. <http://arxiv.org/abs/1611.07791>.
- [19] Bayram, R. B., 2019, *Metal Sektörü için Görüntü İşleme Tabanlı Bir Kusurlu Ürün Tespit Sistemi*, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [20] Kadriogulları, G., Aksoy, B., Sayın, H. ve Ömür, M., 2020, Arıma Yapay Zeka Yöntemi Kullanılarak Isparta İlindeki Örnek Bir Kavşak için Araç Sayısı ve Araç Geçiş Sürelerinin Tespiti, *Mühendislik Bilim ve Tasarım Dergisi*, 8(5), 11–24.
- [21] Solak, S. ve Altınışık, U., 2018, Görüntü İşleme Teknikleri ve Kümeleme Yöntemleri Kullanılarak Fındık Meyvesinin Tespit ve Sınıflandırılması, *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(1), 56-65.
- [22] Yiğit, A. Y. ve Uysal, M., 2019, Nesne Tabanlı Sınıflandırma Yaklaşımı Kullanılarak Yolların Tespiti, *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 1(1), 17-24.
- [23] Yıldız, M. ve Kavzoğlu, T., 2012, Nesne Tabanlı Sınıflandırma Tekniği ile Arazi Örtüsünün Belirlenmesi, *4. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, 16-19 Ekim 2012 Zonguldak, 16–19.
- [24] State, K., 2020, Detection of Faces from Images Using Haar Cascade Classifier, *IRE Journals*, 3(12), 174–178.
- [25] Dandan, E., 2010, *Ev Ortamında Çocuk Güvenliği Amaçlı Akıllı Gözetleme Sistemi*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [26] Turhan, M. M., 2016, *Uyarlamalı Kalman Filtresi Destekli Ortalama Kayma Tabanlı Nesne Takibi*, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [27] Aktaş, H., 2015, *Şablon Eşleştirme Yöntemi ile Nesne Takibi ve Yüksek Hızlı FPGA Gerçekleşmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [28] Mondal, A., Ghosh, S. ve Ghosh, A., 2016, Efficient silhouette-based contour tracking using local information, *Soft Comput*, 20(2), 785–805.
- [29] Showers, I. A., 2019, *Development of an Autonomous Airbone docking and Undocking System For Micro Drones To a Mother Drone*, Yüksek Lisans Tezi, Cape Peninsula University Mechanical Engineering in the Faculty.
- [30] Öztürk, S., Büyükçınar, B.A., 2017, UMTEB-I, İKSAD, Batum
- [31] Yıldırım, M. E., Park, J. S., Song, J. ve Yoon, B. W., 2014, Gender Classification Based on Binary Haar Cascade, *International Journal of Computer Communication Engineering*, 3(2), 105–108.

- [32] Çomak, B. ve Beycioğlu, A., 2011, Beton Teknolojisinde Görüntü İşleme Tekniklerinin Kullanımı, 6. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 16–18 Mayıs 2011 Elazığ, 220-227.
- [33] Şin, B., ve Kadioğlu, İ., 2019, İnsansız Hava Aracı (İHA) ve Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Yabancı Ot Tespitinin Yapılması, *Türk Tabancı Ot Bilimi Dergisi*, 20(2), 211–217.
- [34] Mesut, P., 2012, Opencv ile Görüntü İşleme”, *Opencv ile görüntü işleme*, 55–70.
- [35] Erişti, E., 2010, Görüntü İşlemede Yeni Bir Soluk OPENCV, 12. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, 10-12 Şubat 2010 Muğla, 223–229.
- [36] Demir, Ö., 2006, *Matlab Gereçleri ile Görüntü İşleme Uygulamaları*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [37] Hossain, M. A., Khan, P., Lu, C. C. ve Clements, R. J., 2020, Distributed ImageJ(Fiji): A Framework for Parallel Image Processing, *The Institution Engineering and Technology*, 14(12), 2937–2947.
- [38] Eckstein, W. ve Steger, C., 1999, The Halcon Vision System: An Example for Flexible Software Architecture, *Pract. Appl. Real-Time Image Process. 3rd Japanese Conf. on. Proceedings*, 18–23.
- [39] Sayar, A., 2016, HIPI ile Dağıtık Görüntü İşleme Çatısı: Yüz Bölgelerine Ait Biometrilere Saptama Performansının İncelenmesi, 10. Ulusal Yazılım Mühendisliği Sempozyumu, 426-431
- [40] Turan, B., 2017, *Görüntü İşleme Algoritmalarının eş Zamanlı Süreçlere Ayrılarak Kablosuz Ağ Üzerinden Gerçekleşmesi ve Performans Analizleri*, Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [41] Tatlı, M. ve Üncü, İ. S., 2014, Mobil Cihazlarda Görüntü İşleme İçin Bir Çözüm Önerisi, 16. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, 579–582.
- [42] Samtaş, G., Gülesin, M., 2012, Sayısal Görüntü İşleme ve Farklı Alanlardaki Uygulamaları, *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 2(1), 85– 97.
- [43] Özbilgin, F. ve Tepe, C., 2020, Robotik Uygulamalar İçin Derin Öğrenme Tabanlı Nesne Tespiti ve Sınıflandırması, *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 10(1), 205–213.
- [44] Viola, P. ve Jones, M., 2001, *Haar-like*, Cvpr Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 511-518.
- [45] Polat, M. F. ve Juandi, A., 2017, Görüntü İşleme ile Hedef Takibi Tasarım Projesi, Tasarım Projesi, Celal Bayar Üniversitesi Elektrik – Elektronik Mühendisliği.
- [46] Karakaya, F., Altun, H. ve Çavuşlu, A., 2009, Gerçek Zamanlı Nesne Tanıma Uygulamaları için HOG Algoritmasının FPGA Tabanlı Gömülü Sistem Uyarlaması, 17. Sinyal İşleme ve Haberleşme Uygulamaları Konferansı, 508–511.
- [47] Gerdan, D., 2020, *Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Bazı Meyvelerin Sınıflandırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- [48] Dilmen, H. ve Talu, M. F., 2017, Yapısal Özellikleri Kullanan Parçacık Filtresi İle Uzun Süreli Nesne Takibi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C Tasarım ve Teknoloji*, 5(1), 107–118.
- [49] Güner, E., 2016, *Lazer Işını ile İşaretlenen Hareketli Cisimleri Hedefe Kitlenerek İzleyen Sistem*, Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [50] Küpeli, C. ve Bulut, F., 2020, Görüntüdeki Tuz Biber ve Gauss Gürültülerine Karşı Filtrelerin Performans Analizleri, *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2), 211–239.
- [51] Schweitzer, H. J., Bell, W. ve Wu, F., 2002, Very Fast Template Matching, *European Conference on Computer Vision*, 358–372.
- [52] Çayıroğlu, I., 2012, Kalman Filtresi ve Programlama, *Fen ve Teknoloji Bilgi Paylaşımı*, 2021(1), 1–6.
- [53] Yılmaz, A., Li, X. ve Shah, M., 2004, Object Contour Tracking Using Level Sets, *Asian Conference Computer Vision*, 1–7.
- [54] Hannachi, A., 2006, Exploratory Data Analysis with MATLAB, *Computational Statistics Handbook with MATLAB*, 169(2), 3-583.
- [55] Dilek, B. G., 2012, *Video Görüntüleri İçinden Hareketli Nesne Ayıklanması ve İzlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [56] Yaşar, F. G. ve Alaybeyoğlu, A., 2018, Otomatik Araç Plaka, Renk ve Marka Tanıma Sistem Tasarımı, *Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi*, 11(1), 7–16.
- [57] Comaniciu, D. ve Meer, P., 2002, Mean shift: A Robust Approach Toward Feature Space Analysis, *IEEE Transactions Pattern Analysis Machine Intelligence*, 24(5), 603–619.
- [58] Arat, M. M., 2014, *A Study on Support Vector Machines*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [59] Ayhan, S. ve Erdoğan, Ş., 2014, Destek Vektör Makineleriyle Sınıflandırma Problemlerinin Çözümü İçin Çekirdek Fonksiyonu Seçimi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 9(1), 175–198.
- [60] Munder, S., Schnorr, C. ve Gavrila, D. M., 2008, Pedestrian Detection and Tracking Using a Mixture of View-Based Shape-Texture Models, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 9(2), 333–343.
- [61] Yılmaz, H. M., Mutluoğlu, Ö., Ulvi, A., Yaman, A. ve Bilgilioğlu, S. S., 2018, İnsansız Hava Aracı ile Ortofoto Üretimi ve Aksaray Üniversitesi Kampüsü Örneği, *Geometrik Dergisi*, 3(2), 129–136.
- [62] Makineci, H. B., 2016, İnsansız Hava Araçları Lidar Etkileşimi, *Geometrik Dergisi*, 1(1), 19–23.

- [63] Temel, Ş. ve Doğru, A., 2017, Eskişehir İzmir Uçuş Bağlantısının Talep Sürdürülebilirliğinin Araştırılması, 4. *Ulusal Havacılık Teknolojisi ve Uygulaması Kongresi*, 2-364.
- [64] Ural, H., 2018, *Sürü Halinde Görev Yapan İnsansız Hava Araçları ve Teknolojileri*, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Uzmanlığı Tezi, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Havacılık ve Uzay Teknolojileri Genel Müdürlüğü.
- [65] Yücel, P., 2020, *Sabit Kanatlı İnsansız Hava Araçlarında Çoklu Oto Pilot Sistemleri*, Yüksek Lisans Tezi, TOBB Ekonomi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [66] Türkseven, S. M., Kizmaz, Z., Tekin, A. B., Urkan, E. ve Serim, A. T., 2016, Tarımda Dijital Dönüşüm; İnsansız Hava Araçları Kullanımı, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12(4), 267–271.
- [67] Toyran, R. İ., 2019, *Açık Alandaki Olay Yerin Dokümantasyonunda İnsansız Hava Aracının (İHA) Kullanımı*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [68] Demir, M. ve Ceyhan, S., 2019, HASAR (Hava Saldırı Robotu), *Uluslararası Mühendislik Doğal Bilimler ve Mimarlık Sempozyumu*, 2-4 Mayıs 2019 Kocaeli, ISENSA, 1-5.
- [69] Koç, M., 2020, *Derin Öğrenme Kullanarak İHA ile Hareketli Bir Hedefin Otonom Olarak Yakalanması*, Yüksek Lisans Tezi, Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [70] Basta, P.O., 2012, *Quad Copter Flight*, Yüksek Lisans Tezi, California State Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [71] Altın, C., 2013, *Dört Rotorlu İnsansız Hava Aracının Yükseklik ve Konum Kontrolü*, Yüksek Lisans Tezi, Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [72] Chalkiadakis, O., Paraskevopoulou, V., Roussos, I., Dassenakis, M. ve Lydakos Simantiris, N., 2012, Comparative Study of the accumulation of ni in different tissues of mussels and soft clams, *E3S Web Conference*.
- [73] Türk, A., 2020, *An Investigation For Maturity Level And Roadmap of Unmanned Aerial Vehicle Technologies in Turkey*, Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü.
- [74] Masat, M., 2013, *Sabit Kanatlı İnsansız Hava Araçlarında Çoklu Oto Pilot Sistemleri*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [75] Şahin, H. ve Oktay, T., 2019, Başkalaşan Kanat Ucu Tasarımı ve Avantajları, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 17, 606-610.
- [76] Bayram, I., 2014, *İnsansız Hava Araçlarının Sivil Havacılıkta Kullanımı*, Bitirme Ödevi, Erciyes Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksekokulu.
- [77] H. Elkıran 2020, *OCC-OPENCV Kütüphanesi İçin Blok Tabanlı Programlama Aracı*, Yüksek Lisans Tezi, Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- [78] Bouzan, G. B., Fazzioni, P. F. P. C., Faisca, R. G. ve Soares, C. A. P., 2021, Building Facade Inspection: A System Based On Automated Data Acquisition, Machine Learning, and Deep Learning Image Classification Methods, *ARNP Journal of Engineering Applied Sciences*, 16(14), 1516–1527.
- [79] Chic, P. R., 2019, *Using Drone Tello Edu for Educational Purposes*, Yüksek Lisans Tezi, Universitat Politècnica de Catalunya.
- [80] Yeşil, O., Irmak, E. ve Bülbül, İ., 2020, Kritik Alt yapı Operatörleri için Görüntü İşleme Tabanlı Bir Yorgunluk Tespit ve Uyarı Sistemi, *Uluslararası Bilgi Güvenliği Mühendisliği Dergisi*, 6(1), 35–44.
- [81] Boda, R. ve Priyadarsini, M. J. P., 2016, Face Detection and Tracking Using KLT and Viola Jones, *ARNP Journal of Engineering Applied Science*, 11(23), 13472–13476.
- [82] Arya, Z. ve Tiwari, V., 2020, Automatic Face Recognition and Detection Using OpenCV, Haar Cascade and Recognizer for Frontal Face, *International Journal of Engineering Research Applications*, 10(6), 13–19.
- [83] Raasveldt, M., Holanda, P. ve Manegold, S., 2019, DevUDf: Increasing UDF development efficiency through IDE integration. It works like a PyCharm!, *Advances in Database Technology - EDBT*, 2019(3), 558–561.
- [84] Cheng, Y., Liu, Q., Zhao, C., Zhu, X. ve Zhang, G., 2012, Design and implementation of multimedia format converter based on FFmpeg, *Software Engineering and Knowledge Engineering*, 115(2), 857–865.
- [85] Atakan, K., 2018, *Gerçek ve Yarı Gerçek Zamanlı Yüz Tespit Etme*, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Engin Güzel
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	☒ T.C. ☐ Diğer:

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Girne Amerikan
Fakülte	Mühendislik
Bölümü	Bilgisayar Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2010

Yüksek Lisans	
Üniversite	Ahi Evran
Enstitü Adı	Fen Bilimleri
Anabilim Dalı	İleri Teknolojiler
Programı	İleri Teknolojiler
Mezuniyet Tarihi	2022

Makale ve Bildiriler
Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi Hareketli İnsan Yüzü Tespit ve Takibi Yapabilen İHA Uygulaması https://doi.org/10.29130/dubited.1013744