

İnsansız Hava Araçları ile Popülasyon İçinde Kişilerin Otonom Takibi ve Kimlik Tespiti

Autonomous Tracking and Identification of Persons in Population with Unmanned Aerial Vehicles

Murat Ceren¹, Melek Ceyhun², Muhammet Ali Görey³, Ömer Furkan Gülbaş⁴, Musa Şen⁵, Emirhan Karataş⁶, İrem Sezgin⁷, Serkan Budak⁸, Akif Durdu⁹

¹Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Konya Teknik Üniversitesi, Konya
f201220028@ktun.edu.tr

²Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Konya Teknik Üniversitesi, Konya
f201213049@ktun.edu.tr

³Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Konya Teknik Üniversitesi, Konya
f201213019@ktun.edu.tr

⁴Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Konya Teknik Üniversitesi, Konya
f181202028@ktun.edu.tr

⁵Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Konya Teknik Üniversitesi, Konya
f201213053@ktun.edu.tr

⁶Makina Mühendisliği Bölümü
Konya Teknik Üniversitesi, Konya
f191210045@ktun.edu.tr

⁷Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Konya Teknik Üniversitesi, Konya
f201220074@ktun.edu.tr

⁸Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Konya Teknik Üniversitesi, Konya
sbudak@ktun.edu.tr

⁹Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Konya Teknik Üniversitesi, Konya
adurdu@ktun.edu.tr

Özetçe

Bu çalışma, İnsansız Hava Aracı (İHA) destekli topluluk takibinin yapılması ve yüz veritabanı desteği ile topluluk içinde bulunan kişilerin tespiti, sayımı ve müdahalesi konularına mekanik, elektronik ve yazılım destekli çözümler sunar. Çalışma kapsamında, müdahale için bir adet

Quadcopter İHA ve gözlem için ise Hexacopter İHA kullanılmaktadır. Tespit, takip ve sayım işlemleri yapay zekâ ve veritabanı desteği ile gerçekleştirilmektedir. Yapay zekâ olarak YOLOv7 modeli kullanılmıştır. Hava araçlarının uzaktan kontrolü ve anlık olarak görüntü aktarımı için özgün olarak yer istasyonu ve mobil uygulama geliştirilmiştir.

Çalışmanın hedefi bu özellikleriyle yerel makamlara ek bir kaynak sağlamaktır.

Abstract

This study provides mechanical, electronic and software supported solutions for Unmanned Aerial Vehicle (UAV) supported community monitoring and detection, counting and intervention of people in the community with face database support. Within the scope of the study, a Quadcopter UAV is used for intervention and a Hexacopter UAV is used for observation. Detection, tracking and counting operations are carried out with artificial intelligence and database support. YOLOv7 model is used as artificial intelligence. A ground station and mobile application have been developed for remote control of the aircraft and instant image transfer. The aim of the study is to provide an additional resource to local authorities with these features.

1. Giriş

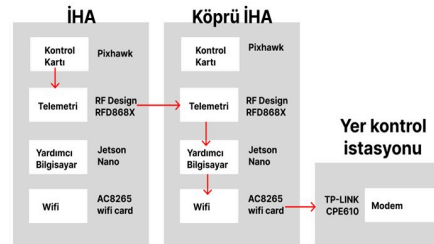
İnsan yüzü, görünüşünde önemli ölçüde değişkenlik gösteren karmaşık bir nesnedir. Bu bilgisayarla görmede yüz tanımlamayı zorlu bir konu haline getirmektedir. Tanımlamada işlem hızı ile hassasiyet her zaman çözülmesi gereken önemli bir konu olmuştur. Bu sorunların üstesinden gelmek ve etkili bir çözüm bulmak için geliştirilmiş pek çok yüz tanıma algoritması bulunmaktadır [1]. Bu çalışmada yüz tanıma işleminin yapılması birkaç adımdan oluşmaktadır. Bunlar: yüz tespiti, yüz verileri üzerinde oluşabilecek bozulmaları gidermek, yüz resminden sabıka kaydı ve kimlik tespiti yapıp kaydı olmayan kişiler için yeni kayıtlar oluşturulmaktadır. İnsan kalabalığının olduğu bölgelerde insan gücü, kameralar ya da helikopterlerle arama gibi diğer kaynaklar takip görevinin hızını sınırlar. Bu noktada hava aracı topluluk içinde kişilerin konumlarını kaybetmemek ve takip hızını arttırmak için insan tespiti ve takibi yapmakta avantaj sağlamaktadır. Bu amaçla derin öğrenme tabanlı modeller ile tespit yapılırken tespit edilen kişilerin konumları hesaplanmakta ve anlık olarak gözlemlenebilmektedir.

Literatür çalışmaları incelendiğinde Otonom İHA ile insan ve nesne izleme algoritması önermektedir. İlk olarak, görüntüleri kullanan ve yüz algılamanın popülaritesine uygulanan yüz algılama, analizde yüksek kesinliğe sahip oldukları için evrişimli sinir ağı tabanlı özelliklere sahip bir sınıflandırıcı ve maksimum marjlı nesne algılama yapılmıştır. Çalışmanın sonuçları akıllı şehirdeki insanları ve nesnelere takip etmeye uyarlanabileceği bildirilmiştir [2]. İHA platformu altında küçük hedef tespitine dayalı bir derin sinir ağı modeli tasarlanmıştır. Yeni yapıya ve büyük endüstriyel uygulama potansiyeline sahip YOLO gibi tek aşamalı algılama modeli nedeniyle, bu çalışma YOLOv7 yapısına dayalı yeni bir algılama modeli önermektedir [3]. Kalabalıktan belirli bir kişiyi drone ile gelişmiş algoritma ve bazı akıllı donanım malzemelerini birleştirerek, bir kalabalığın içinde veya bir yerde kayıp bir kişiyi aramayı hedeflemiştir. Ayrıca hava aracı otonom uçacak şekilde ayarlayarak belirli bir lokasyonda bir kişi arayabilmektedir. Bu, insanların kolayca ulaşamayacağı alanları taramasına yardımcı olacaktır. Uçan robot, gerçek zamanlı problemleri çözmeye ve eksik olanları daha kolay aramak için bazı yeni ve daha gelişmiş yollar bulmaya yardımcı olmaktadır [4]. İnsanların yüz bilgilerini fazla göstermeyen yüksek irtifalardan veya uzun

mesafelerden sorgu görüntüleri alındığında yüz tanıma performansını iyileştirmek için dronlarda yeni bir yüz algılama ve tanıma modeli önerilmiştir. Ayrıca, bu görevleri gerçekleştirmek ve gelişmiş bir üst performansa ulaşmak için derin sinir ağı kullanılmıştır. Önerilen çerçevenin DroneFace veri seti [5],[6] üzerinden son teknoloji modellerle karşılaştırmalı deneysel değerlendirilmesi, yöntemimizin hem tanıma hem de algılama protokollerinde rekabetçi doğruluk elde edebildiğini göstermektedir [7]. İnsansız hava aracının kamerasına dayalı evrişimli sinir ağı (CNN) YOLO-v7'yi kullanarak kişinin tanımlanmasına ve tespit edilmesine yönelik uygulamaların geliştirilmesi üzerinde araştırma sunmaktadır [8]. Derin öğrenme tabanlı bilgisayar görüşü ile kişinin konumu ve durumu belirlenir. Kişi algılama sonuçları, YOLO-v7'nin nesneyi yüksek düzeyde doğrulukla algıladığını ve sınıflandırdığını göstermektedir. Gerçek zamanlı izleme için izleme algoritması, geleneksel olarak kullanılan yaklaşımlardan daha hızlı yanıt verir ve algılanan kişiyi gözden kaybetmeden verimli bir şekilde izlemektedir.

2. Sistem Tasarımı

Geliştirilen çalışma fiziksel olarak müdahale aracı Quadcopter, gözcü araç olarak Hexacopter ve yer istasyonu olmak üzere 3 ana bölüme ayrılmaktadır. Quadcopter ve Hexacopter olarak tasarlanan hava araçlarının bir bütün sistem olarak çalışması için çeşitli ürünler kullanılmıştır. Bu ürünler kullanılmadan önce gereksinimler belirlenerek bir sistem tasarımı yapılmıştır. Sistem tasarımı sonucunda uçuş için gerekli temel malzemeler olan motor, ESC, güç dağıtım kartı uçuş kontrol kartı, pil ve kumanda alıcısı seçilmiştir. Ayrıca görev amaçlı gerekli malzemeler olan yardımcı bilgisayar, telemetri, wifi anten, GPS, Gimball, Kamera ve görev mekanizması seçilmiştir. İki hava aracının farklı amaçları olduğundan farklı gereksinimleri bulunmaktadır. Ürünlerin seçiminde bu durum göz önüne alınmıştır. Hava araçlarını uzaktan yer kontrol istasyonu ile kontrol etmek için 2 ayrı iletişim kullanılmaktadır. Hava araçlarından alınan verileri yer istasyonunda kullanıcının görebilmesi ve ona göre komut verebilmesi için telemetri olarak RFD868x ürünü kullanılmıştır. İletişim ayrıca Wİ-Fİ ile de sağlanmakta olup anlık olarak görüntü aktarımında kullanılmaktadır. İletişimin şema halinde gösterimi Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1: Sistem tasarımı.

2.1. Mekanik Tasarım

Quadcopter ve Hexacopter hava araçlarının iskeleti, mukavemet değerleri ve hafiflik açısından karbon fiberden

üretimi tercih edilmiştir. İHA'ların iskeleti 3D yazıcılarda PLA+ filamentleri ile üretilen parçalar sayesinde birbirine uyum içerisinde montajlanmıştır. İHA'lar Solidworks çizim programı kullanılarak tasarlanmıştır. Tasarlanmış ürünler görsel Şekil 2'de gösterilmiştir.

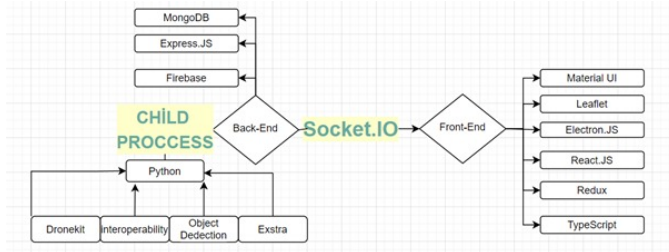


Şekil 2: Mekanik Tasarım.

Görev mekanizması Quadcopter hava aracında faaliyet göstermektedir. Görev mekanizması bırakma görevini yerine getirebilmek amacıyla döner kasa yapısında üretilmiştir. Bir adet step motor kullanılarak üretilen hareket çarklar aracılığıyla mekanizma gövdesine iletilmektedir. Bu yapı sayesinde bırakma amacıyla birden fazla ekipman taşınabilmekte ve sıralı olarak bırakılabilmektedir. Görev mekanizması ek olarak görüntüleme sistemine ait gimball sistemini içinde taşımakta ve hava aracında gimball sistemini etkilemeden modüler olarak takılıp çıkarılabilmektedir. Mekanizmanın hava aracının aerodinamik yapısını bozmasını ve ağırlık merkezinde kaymaya sebep olmaması için dinamik denge testi yapılmış olup üretimi bu testler sonucu yapılmıştır.

2.2. Yer Kontrol İstasyonu

Yer kontrol istasyonu react kullanılarak, mobil uygulamamız ise react native kullanılarak geliştirilmiştir. Geliştirme esnasında tip güvenliğini sağlamak için typescript kullanılmıştır. Ek olarak state yönetimi için redux, CSS kütüphanesi için tailwind ve masaüstü uygulaması oluşturmak için Electron.JS kullanılmıştır. Yer kontrol istasyonumuzda ek olarak kullanılan teknolojiler Şekil 3'te akış şeması verilmiştir.



Şekil 3: Akış Şeması.

Yer kontrol istasyonumuzun arka ucunda bulunan özellikler; birden çok koordinatla otonom uçuş algoritması, otonom uçuş esnasında bir öğeye kitlenme algoritması, drona ardupilot parametreleri ile ince ayar yapabilmek için köprü iletişim kodu ve dronumuzun telemetri bilgilerini mavlink protokolü üzerinden alarak ön uca göndermek bulunmaktadır. Yer kontrol istasyonumuzun ön yüzünde ise 3B gerçek dünya modeli, 3B Yeryüzü şekilleri, İnsansız Hava Aracı konum bilgisinin 3B gösterimi, Kullanıcı tarafından düzenlenecek uçuş görev planlaması için uygun araçlar bulunmaktadır. Arayüzümüze eklenen verilerin, hava aracı konumu, GPS'e

bağlı uydu sayısı, RTK bağlantı durumu, güvenlik butonu pozisyonu, ARM durumu, kara aracı ve hava aracı hızı, batarya durumu, Yükseklik ve Hata mesajları gerçek zamanlı olarak arayüze eklenmektedir. Uçuş alanı ile ilgili sınırlar ve işaretlemeler; hava aracı konumu ve yönü harita üzerinde coğrafi olarak bir merkez ve çap bilgisi ile çizilebilmektedir. Arayüzde çizim yapabilmek için çember, çokgen ve çizgi çizimi ile ilgili araçlar bulunmaktadır. Ek olarak tüm uçuş verileri yer kontrol istasyonunda anlık olarak kaydedilmektedir. Ek olarak Attitude Indicator'de görselleştirmek üzere hava aracının eksensel uzaydaki 3 boyutlu konumunun hesaplanması sağlanmış olup WebGL tabanlı Three.JS ile 3 boyutlu olarak görselleştirilmiştir.



Şekil 4: Yer kontrol istasyonu.

2.3. Veri Seti Oluşturma

Makine öğrenimi ve derin öğrenme modellerinin doğru tespitler yapılabilmesi için büyük ve çeşitli veri kümelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Doğru veri toplama süreci, modelin eğitim verimliliğini ve doğruluğunu arttırmaktadır. Bu bağlamda, görüntü verilerini çeşitlendirmek ve çoğaltmak için renk ve geometrik işlem tabanlı görüntü işleme teknikleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada, hava aracı ile düzenli olarak insan ve yüz verisi toplanmıştır. Elde edilen veriler; yansıtma, kaydırma, doyunluk, kırpm, parlaklık, pozlama, renk tonu, bulanıklık, gürültü, mozaik ve kesme işlemleri kullanılarak çoğaltılmıştır. Şekil 5'te uygulanan çoğaltma yöntemlerine bir örnek verilmiştir.



Şekil 5: Orjinal görüntü, Cutout, Parlaklık değişimi.

2.4. Tensorrt Teknolojisi

TensorRT, NVIDIA grafik işleme birimlerinde (GPU'lar) daha hızlı çıkarım için NVIDIA tarafından geliştirilmiş bir kütüphanedir. TensorRT, NVIDIA'nın paralel programlama modeli olan CUDA üzerine kurulmuştur [9].

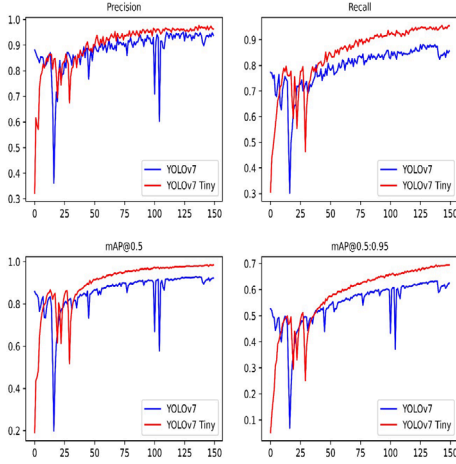
TensorRT, FP32, FP16, INT8, INT32, UINT8 ve BOOL veri türlerini destekler. Biz bunlardan en kullanışlı olan FP32, FP16, INT8 veri türlerini kullanıp hızlarını ve doğruluk oranlarını karşılaştırdık. Bu karşılaştırmalar sonucunda FP32 bize maksimum doğruluğu sağlarken yavaş işleme zamanına neden olmaktadır. Aynı zamanda ters bir ilişkiyi INT8 için söyleyebiliriz. FP16 ise hem FPS den kazanç sağlayıp hem de

doğrulukta az bir miktarda feragat edilebilmektedir. Projemiz kapsamında FP16 kullanılmıştır.

3. Derin Öğrenme

3.1. Derin Öğrenme ile Nesne Tespiti

Çalışma kapsamında insan ve insan yüzü tespiti yapılması amaçlanmaktadır. Yüz tespitinin gerçekleştirilmesi için Crowd Human veri setinden [10] faydalanılarak YOLOv7-Tiny modelinin eğitimi gerçekleştirilmiştir. Sonrasında çeşitli ortamlarda toplanan veriler ile yüz tespiti için bir veri seti oluşturulmuş ve eğitilen modele ince ayar yapılmıştır. Bu model aracılığıyla hava aracından yüz tespiti yapılması amaçlanmaktadır. İnsan tespitini yapmak üzere Semantic Drone veri seti [11] ve yüz tespitinde olduğu gibi çalışma kapsamında oluşturulan ayrı bir veriseti kullanılarak YOLOv7 ve YOLOv7-Tiny modellerinin COCO veriseti ile eğitilmiş varsayılan ağırlıklarına ince ayar yapılmıştır. Bu modellerin hava aracındaki düşük donanım özelliklerine sahip uçuş bilgisayarında çalışabilmesi için TensorRT kütüphanesi kullanılarak optimizasyon işlemi uygulanmıştır. İnsan tespiti modellerinin her epoch sonunda ölçülmüş kesinlik (precision), duyarlılık (recall), ve mAP değerleri Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6: Model eğitim sonuçları.

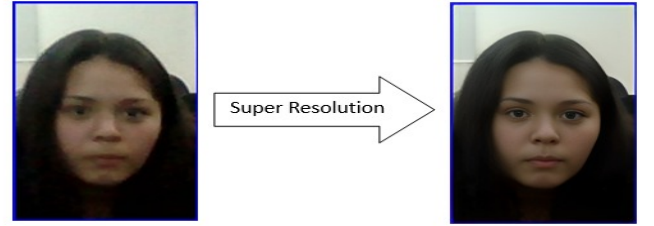
Şekil 7'de anlık olarak 15FPS ile alınan görüntüden tespit edilen insan yüzleri görülmektedir.



Şekil 7: Gerçek zamanlı anlık insan yüzü tespiti

3.2. Derin Öğrenme ile Yüz Restorasyonu

Hava araçlarından elde edilen yüz görüntülerinde çeşitli bozulmalar meydana gelebilmektedir. Özellikle kamera titreşimi, yüz ifadeleri, ışıklandırma koşulları, pozlama, arka plan etkileri gibi çeşitli faktörler, yüz görüntülerinde çeşitli bozulmalara neden olabilmektedir. Yüz tanıma modelleri, yüz görüntülerindeki bu bozulmaları algılayarak, yüz özelliklerinin doğru bir şekilde belirlenmesi için düzeltmeler yapabilmektedir. Bu düzeltmeler, yüz görüntülerinin netleştirilmesi, ölçeklendirilmesi, rotasyonu ve konumlandırılması gibi işlemleri içermektedir. Çalışmamızda pek çok yüz restorasyon modeli kullanılmıştır ve modelin, hava aracı ile alınıp yer kontrol istasyonu olan bilgisayarda işlenmek için gönderilen yüz fotoğrafları üzerinde oluşan bozulmalarını giderme konusundaki başarımı oldukça iyi sonuçlar vermiştir. Şekil 8'de CodeFormer [12] modeli kullanılarak alınmış sonuç görüntüsü görülebilmektedir.



Şekil 8: Yüz Restorasyonu model kullanımı.

3.3. Derin Öğrenme ile Yüz Tanıma

Yüz tanıma işlemi esnasında kullandığımız farklı algoritmaların karşılaştırılma sonuçları tabloda gösterilmiş ve bu işlem sırasında hangi özelliklere dikkat edildiği açıklamaları ile aşağıda belirtilmiştir. Çalışmamız kapsamında biz bu yüz tanıma algoritmalarından Dlib tercih edildi. Dlib kütüphanesi bir kişinin yüzündeki yüz noktalarını haritalayan 68 koordinatın (x, y) konumunu tahmin ederek çalışır. Tablo 1'de verilen sonuçlardan da anlaşılacağı üzere sadece Dlib [13] ve VGG-Face [14] algoritmaları yüz tanıma işlemlerini başarı ile gerçekleştirmiştir. Dlib in benzerlik bulma oranı VGG-Face ye göre daha yüksek ancak tanıma işlemi yapma süresi daha fazladır. Çalışma kapsamında yüz verisindeki isabetliliği öneminde ötürü Dlib algoritması kullanılmıştır.

Tablo 1: Uygulanan Modellerin Karşılaştırılması

Model	Eşleşme	Mesafe	Eşik Değeri	Program Süresi
Dlib	True	0.04785905	0.07	1.458
VGG-Face	True	0.38134034	0.4	0.375
Facenet	False	0.73979529	0.4	1.241
DeepFace	False	0.543847269	0.23	1.276
ArcFace	False	0.581266584	0.68	1.221
SFace	False	0.925258404	0.593	1.354

4. Konumlandırma

Bu bölümde tespit edilen insanların konumlarının belirlenmesi ve yer istasyonunda insanların takibinin yapılması amaçlanmaktadır. Dünya üzerinde bir cismin konumunun

hesaplanması için kullanılan en isabetli algoritma Haversine formülüdür [15]. Araç üzerinde insan tespiti ve konumlandırma amaçlı alınan görüntüler yere 90 derece ile bakan görüntüleme sisteminden alınmaktadır. Bu sayede alınan görüntü üzerinde herhangi bir ek trigonometrik hesaplamaya ihtiyaç duyulmamaktadır. Konumların hesaplanması için aşağıdaki adımlar uygulanmaktadır:

- Kamera parametreleri kullanılarak GSD (Ground Sample Distance) hesaplanmaktadır.
- Görüntü merkezi ile tespit edilen nesne arasındaki Öklid mesafesi ve açı hesaplanmaktadır.
- İverse Haversine formülü aracılığıyla anlık konum, gerçek hayat mesafesi ve açı parametreleri kullanılarak hedef konum yüksek hassasiyet ile hesaplanmaktadır.

İverse Haversine, Öklid mesafesi ve GSD formülleri sırasıyla Denklem 1, 2, 3 ve 4'de verilmiştir.

$$\text{lat}_2 = \sin^{-1}(\sin(\text{lat}_1) * \cos\left(\frac{d}{R}\right) + \cos(\text{lat}_1) * \sin\left(\frac{d}{R}\right) * \cos(\text{brng})) \quad (1)$$

$$\text{lon}_2 = \text{lon}_1 + \tan^{-1}\left(\frac{\sin(\text{brng}) * \sin\left(\frac{d}{R}\right) * \cos(\text{lat}_1)}{\cos\left(\frac{d}{R}\right) - \sin(\text{lat}_1) * \sin(\text{lat}_2)}\right) \quad (2)$$

$$\text{distance} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (3)$$

$$\text{GSD}_{h,w} = \frac{\text{FocalHeight} * \text{Sensor Height/Width}}{\text{FocalLength} * \text{Image Height/Width}} \quad (4)$$

5. Sonuçlar

Sonuç olarak, bu çalışma kapsamında İHA'lar yardımıyla topluma zararlı eylemlerde bulunan toplulukların takibi ve toplum içinde aranan kişilerin tespiti, sayımı ve müdahalesi sağlanacaktır. Çalışma için bir Quadcopter İHA (Müdahale İHA) ve bir Hexacopter İHA (Gözcü İHA) tasarlanmıştır. YOLOv7 modeli kullanılarak yüz tespiti, insan tespiti ve yüz tanıma işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Yer kontrol istasyonu ve mobil uygulama, hava araçlarının uzaktan kontrolü ve anlık görüntü aktarımı için özgün olarak geliştirilmiştir. Yerel makamlara ek bir kaynak sağlamak amacıyla bu sistem, yerel güvenlik ve izleme operasyonlarında kullanılabilecek güçlü bir araç olarak tasarlanmıştır.

Yapılan çalışmalarda, özellikle Dlib ve VGG-Face algoritmaları ile desteklenen YOLOv7 modellerinin yüz tespiti, yüz restorasyonu ve yüz tanıma işlemlerinde başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. İnsansız hava aracı üzerinde bulunan görev mekanizması ile görev alanına direk müdahale sağlanmış ve görev başarıyla gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, güvenlik ve toplum düzeni sağlamak için insansız hava araçları ve yapay zekâ tabanlı sistemlerin kullanımının önemini vurgulamaktadır. Gelecek çalışmalarda benzer sistemlerin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi, daha güvenli ve hızlı bir izleme ve müdahale süreci sağlanabilir.

Teşekkür

Yazarlar Konya Teknik Üniversitesi RAC-LAB Araştırma Laboratuvarı'na (<http://www.rac-lab.com>) teşekkür eder.

Kaynakça

- [1] Minaee, S., Luo, P., Lin, Z., and Bowyer, K. (2021). Going deeper into face detection: A survey. *arXiv preprint arXiv:2103.14983*.
- [2] O. Surinta and S. Khruahong, "Tracking People and Objects with an Autonomous Unmanned Aerial Vehicle using Face and Color Detection," *2019 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunications Engineering (ECTI DAMT-NCON)*, Nan, Thailand, 2019, pp. 206-210, doi: 10.1109/ECTI-NCON.2019.8692269.
- [3] Z. Xu, H. Shi, N. Li, C. Xiang and H. Zhou, "Vehicle Detection Under UAV Based on Optimal Dense YOLO Method," *2018 5th International Conference on Systems and Informatics (ICSAI)*, Nanjing, China, 2018, pp. 407-411, doi: 10.1109/ICSAI.2018.8599403.
- [4] B. Pareek, P. Gupta, G. Singal and R. Kushwaha, "Person Identification using Autonomous Drone through Resource Constraint Devices," *2019 Sixth International Conference on Internet of Things: Systems, Management and Security (IOTSMS)*, Granada, Spain, 2019, pp. 124-129, doi: 10.1109/IOTSMS48152.2019.8939254.
- [5] Hsu, H. J., and Chen, K. T. (2015, May). Face recognition on drones: Issues and limitations. *In Proceedings of the first workshop on micro aerial vehicle networks, systems, and applications for civilian use* (pp. 39-44).
- [6] Hsu, H. J., and Chen, K. T. (2017, June). DroneFace: an open dataset for drone research. *In Proceedings of the 8th ACM on multimedia systems conference* (pp. 187-192).
- [7] Rostami, M., Farajollahi, A., and Parvin, H. (2022). Deep learning-based face detection and recognition on drones. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 1-15.
- [8] Boudjit, K., and Ramzan, N. (2022). Human detection based on deep learning YOLO-v2 for real-time UAV applications. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, 34(3), 527-544.
- [9] A. Chaturvedi, "Understanding Nvidia's TensorRT for deep learning model optimization," *Medium*, Oct. 11, 2020. https://medium.com/@abhaychaturvedi_72055/understanding-nvidias-tensorrt-for-deep-learning-model-optimization-dad3eb6b26d9
- [10] Shao, S., Zhao, Z., Li, B., Xiao, T., Yu, G., Zhang, X., and Sun, J. (2018). Crowdhuman: A benchmark for detecting human in a crowd. *arXiv preprint arXiv:1805.00123*.
- [11] "ICG-DroneDataset," *www.tugraz.at*. <https://www.tugraz.at/index.php?id=22387>
- [12] Zhou, S., Chan, K., Li, C., and Loy, C. C. (2022). Towards robust blind face restoration with codebook

lookup transformer. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 35, 30599-30611.

- [13] King, Davis. (2009). Dlib-ml: A Machine Learning Toolkit. *Journal of Machine Learning Research*. 10. 1755-1758. 10.1145/1577069.1755843.
- [14] Q. Cao, L. Shen, W. Xie, O. M. Parkhi, and A. Zisserman, 'VGGFace2: A dataset for recognising faces across pose and age', *arXiv [cs.CV]*. 2018.
- [15] Düzyol, K., Budak, S., Kurnaz, E., Durdu, A., Samur, İ., Aslanbaş, M. and Ayık, E. (2023). Autonomous Fire Fighting Mission Using Unmanned Aerial Vehicle Image Processing. *Journal of New Results in Engineering and Natural Sciences*, 2023 (18), 1-10. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/jrens/issue/77429/1125574>