

# İnsansız Hava Araçları Tabanlı Çevresel Uygulamalara Genel Bir Bakış

\*\*\*

## An Overview of Unmanned Aerial Vehicles Based Environmental Applications

Şenol ERGUNSAH<sup>1</sup> 

Selahattin KOSUNALP<sup>2</sup> 

DOI:10.33461/uybisbbd.1082689

### Makale Bilgileri

**Makale Türü:**  
Derleme Makalesi

**Geliş Tarihi:**  
04.03.2022

**Kabul Tarihi:**  
10.04.2022

©2022 UYBİSBBD  
Tüm hakları saklıdır.



### Öz

*İnsansız Hava Araçları (İHA) ilk zamanlarda askeri alanlarda kullanılmasına karşın, yeni gelişen teknolojiler ile özellikle otonom olarak kullanıma bağlı olarak rota planlaması ve gelişen batarya teknolojileri ile sivil hayatta İHA kullanımını birçok alanda yaygınlaştırmıştır. İnsan gücüyle yapılması zor veya imkânsız olan alanlarda, tehlike arz eden yerlerde, uzun süre ve maliyet açısından daha pahalı olan alanlarda İHA teknolojisi ile daha erken ve daha güvenli sonuçlar alınmaya başlanmıştır. İHA'ların sivil yaşama girmesi insanlara birçok alanda kolaylık sağlamıştır. İHA'lar gelişen teknoloji ile herhangi bir kullanıcıya gerek kalmadan tam otonom çalışması İHA kullanım seviyesini daha yukarılara tırmandırmıştır. Bu çalışmada, İHA'lara genel bir bakış yapılarak önemli hususlar sunulacaktır. İHA-tabanlı yapılmış çevresel uygulamalar detaylı bir şekilde sunulacaktır. Bu çalışmanın İHA alanında çalışmaya başlayacak olan araştırmacılara temel bilgileri kazandırma da önemli bir rol oynaması amaçlanmaktadır.*

**Anahtar Kelimeler:** İnsansız Hava Araçları, Otonom Sürüş, Yol Planlama.

### Article Info

**Paper Type:**  
Review Paper

**Received:**  
04.03.2022

**Accepted:**  
10.04.2022

©2022 UYBİSBBD  
All rights reserved.



### Abstract

*Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) have long been used efficiently in military domain. Recent technological developments have expanded the usage scope of UAVs with especially route planning depending on autonomous use, and developing battery technologies. Effective result with UAV technology can be achieved in harsh areas where human access is almost impossible and very expensive in terms of cost. The implementation of UAVs within civilian life has facilitated people in many areas. The fully-autonomous operation of UAVs with the developing technology and no user assistance has increased the level of UAV usage to higher levels. In this study, an overview of UAVs along with their operating principles is presented. Then, UAV-based environmental studies will be described in details. It is aimed that this study will play an important role in providing basic information to researchers who will start working in the field of UAV.*

**Keywords:** Unmanned Aerial Vehicles, Autonomous Driving, Path Planning

**Atıf/ to Cite (APA):** Ergunsah, Ş. ve Kosunalp S., (2022). İnsansız Hava Araçları Tabanlı Çevresel Uygulamalara Genel Bir Bakış. Uluslararası Yönetim Bilişim Sistemleri ve Bilgisayar Bilimleri Dergisi, 6(1), 43-53

<sup>1</sup> Yüksek Lisans, Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, senolergunsah@gmail.com

<sup>2</sup> Doç. Dr., Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi, Gönen Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, skosunalp@bandirma.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Elektronik, haberleşme ve yapay zekâ alanlarındaki son yıllardaki hızlı gelişmeler gündelik hayat içerisindeki her alana etki etmektedir. Bu gelişmeler ışığında, birçok sistem yeniden daha etkin bir biçimde tasarlanmaktadır. Algılayıcı (sensör) teknolojilerindeki hareketlilik ise dış dünyadan her türlü bilginin yüksek hassasiyetle tespitine olanak tanımaktadır. Telekomünikasyon sektörü sunduğu birçok haberleşme altyapısı ile algılayıcılardan elde edilen bilginin merkezi bir birime aktarılmasını kolay bir hale getirmiştir (Demir, 2021). Aktarılan bu bilgilerden anlamlı bir sonuç çıkarmak için makine öğrenmesi ve yapay zekâ gibi alanlar yoğun olarak kullanılmaktadır (Kosunalp, vd., 2020). Diğer taraftan, çevresel uygulamaların en büyük problemi olan sınırlı enerji problemini çözmek için yoğun çaba verilmektedir. Küçük boyutlu ve hafif daha yüksek kapasiteli bataryaların gelişimi halen devam etmektedir. Ayrıca güneş ve rüzgâr enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının da kullanımı enerji problemi çözümü için ayrı bir araştırma konusu olmuştur. Bütün bu gelişmelerin neticesinde, birçok sistem otonom çalışan bir yapıya kavuşturulup daha “akıllı” çalışmaktadır (Menouar, vd., 2017). İnsansız hava araçları (İHA) uygulamada kendilerine sıkça bir alan bulduğundan daha kararlı çalışan, sınırlı kaynaklarını etkin kullanan ve yüksek işlem kabiliyeti ile günümüzün en sıcak çalışma alanlarından birisi olmuştur. İHA’lar ticari açıdan ciddi bir potansiyele sahip olmasının yanında, başta askeri amaç olmak üzere devletler tarafından en çok yatırım yapılan bir saha olmuştur. Şekil 1’de çeşitli alanlarda kullanılan İHA çeşitleri görülmektedir. a) Tarım alanında kullanılan İHA’lara, b) Milli silahlı İHA’mız ANKA-S, c) Görüntüleme ve fotoğraflama alanında kullanılan İHA’lara örnek olarak verilebilir.



Şekil 1. Çeşitli Alanlarda Kullanılan İHA’lar

İHA kontrolü insan tarafından yapılmayan, tamamen uzaktan kumanda veya kullanılış amacına göre önceden yüklenen bir uçuş kontrol programıyla uzaktan kumanda, yarı otonom veya tam otonom olarak hareket edebilen hava araçlarıdır. İHA’nın günümüzde birçok kullanım alanı vardır. Kullanım amacına göre, askeri, ticari, bilimsel çalışmalarda, arama-kurtarma faaliyetlerinde, kamu güvenliği ile ilgili çalışmalarda, meteoroloji alanında, hobi olarak kullanım amacıyla vb. alanlarda kullanılır. İlk İHA’lar 1916 yılında A.M.Low tarafından üretilmiştir. Birinci dünya savaşında Hewitt-Sperry otomatik uçak kullanılmıştır. İkinci dünya savaşı yıllarında, yaşanan pilot kaybını azaltmak ve bölgesel keşif yapmak amacıyla kullanılmıştır. Sektör olarak ilk İHA’lar askeri alanda kullanılmıştır. Askeri alanlarda İHA’ların kullanımı sonrasında, gelişen İHA teknolojileri ile sivil alanda da kullanımı yaygınlaşmıştır. Özellikle çok zaman alan, insan yaşamını tehlikeye atabilen uygulamalarda İHA kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. NASA, uzay çalışmalarında da İHA’ları kullanmıştır. Özellikle Mars gezegeninin keşfi için, Mars atmosferinde insansız bir hava aracının uçuşunu gerçekleştirmiştir.

İHA’lar, yörünge izleme sistemi ile batarya sistemleri geliştikçe insanların hizmeti için kullanımı da yaygınlaşmıştır. Bunların başında tarım sektörü, hizmet sektörü, keşif, kargolama,

yaşanılan doğal afetlerden (deprem,sel vb.) sonra keşif, yardım gibi birçok amaç için İHA'lar tasarlanmaktadır. Yazılım olanaklarının ve batarya sorunlarının çözümlenmesinden sonra hobi amaçlı olarak kullanılan İHA'ların sayısı da artmıştır. Kullanıcılar kendi İHA'larını, uygun program yazılımı ile oluşturmaya başlamışlardır. İHA'lar kontrol bakımından uzaktan kumanda, yarı otonom ve otonom olarak kullanılabilirler. Uzaktan kumanda kontrolü genellikle tek kullanım noktasından tek bir İHA kontrolü ile yapılır. Yarı otonom kontrol bir operatör ve önceden yazılmış bir kod programıyla birlikte kontrol sağlanır. Otonom kontrol ise, dışarıdan herhangi bir operatör kontrolü olmadan tam otomatik, bağımsız olarak yapılan kontroldür. Kullanım alanı geliştikçe İHA'ların otonom çalışma gerekliliği ortaya çıkmıştır. Birden fazla İHA'nın bir tek elden kumandası oldukça zor bir işlemdir. Örneğin tarım alanında gözetleme, tohumlama, ilaçlama vb. işlemlerini gerçekleştiren bir İHA ile kargolama için kullanılan bir İHA veya herhangi bir doğal afet karşısında keşif için kullanılan bir İHA'yı eş zamanlı tek bir kullanıcı tarafından kontrol etmek zor bir işlemdir. Bu işlemi kolaylaştırmak için İHA'ların otonom çalışması ile önceden belirlenmiş bir yörünge de ilerlemesi sağlanmalıdır.

Zamanla azalan maliyetler ve artan kabiliyet yetenekleri sayesinde İHA'lar gündelik hayatın birçok uygulama dalında kullanılmaktadır. Tarımsal bir alandan bilgi toplamadan, askeri bir alanda taktiksel amaçlar için İHA'lar çok geniş bir yelpazede uygulanmaktadır (Demir, vd., 2021). Uygulama gereksinimlerine bağlı olarak İHA'lar ile daha güncel projeler çıkmaya devam etmektedir. Örneğin, bir deprem alanında İHA'lar enkaz tespiti amacı için kullanılmıştır. Bir başka örnek ise, İHA'ların vahşi yaşam şartlarında yaşayan yabani hayvanların izlerini sürmek için kullanıldığını göstermektedir. Bu motivasyon ile, bu makalede son yıllarda İHA'lar kullanılarak yapılan çalışmaların detaylı bir derlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, İHA'ların genel yapısı ve çalışma prensipleri detaylıca sunulacaktır. Makalenin temel amacı, İHA konusunda çalışmaya başlayan araştırmacılara temel bilgilerin sunulduğu bir kaynak sunmaktır.

## 2. İHA SİSTEMLERİNE GENEL BİR BAKIŞ

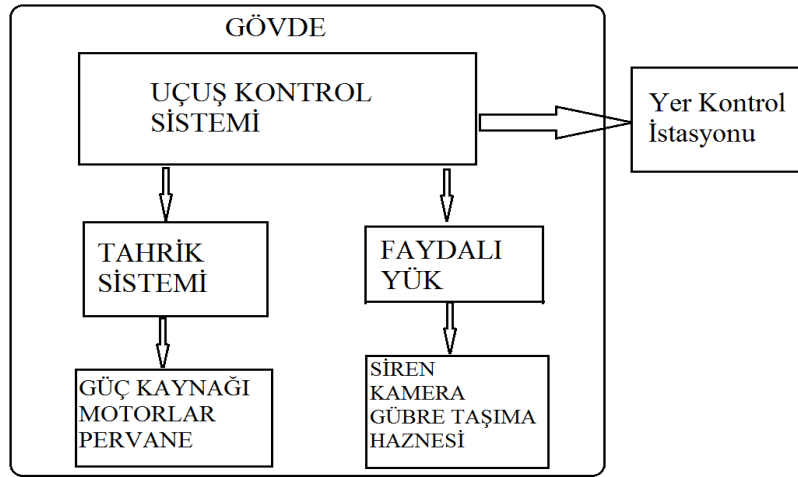
1900' lü yılların başlarında uçan balonların silahlandırılarak savaşlarda kullanılması ile sonrasında uzaktan kumandalı mini uçakların yapımı, İHA araçlarının ilk temeli olmuştur. İkinci dünya savaşı yıllarında meydana gelen pilot kayıplarını azaltmak için genellikle bölgesel keşif amaçlı uzaktan kumandalı İHA'lar kullanılmaya başlanmıştır. İlk İHA'lar navigasyon ve otonom sistemlerin gelişmesinden önceye dayandığı için, uzaktan kumanda yardımıyla kullanılan uçaklar olarak tanımlayabiliriz (Pearson, 1969). İHA'lar üzerine 1916 yılında Archibald Montgomery Low ilk çalışmaları yapmıştır (Taylor, 1977). 1935 yılında Reginald Deny ilk uzaktan kumanda ile kontrolü yapılabilen İHA modelini geliştirmiştir. 1960 yılına kadar üretilen bütün İHA'lar, uzaktan kumanda ile kontrol edilebilen yapıdadır. 2000' li yılların sonlarına kadar İHA'lar genellikle askerî alanlarda kullanılmıştır (Dikmen, 2015). İHA'lar ilerleyen yıllarda sadece uzaktan kumanda edilebilen uçaklar olmaktan çıkıp, kendi rotasını çizebilen ve kendilerine atanan görevleri icra edebilen otonom olarak kullanılan platformlara dönüşmüşlerdir. İHA'larda gelişen yön bulma ve otonom olarak kullanılma teknolojilerine bağlı olarak kullanım alanları oldukça geniş bir alana yayılmıştır. Uzun yıllar askeri alanlarda çeşitli görevlerde kullanılan insansız hava araçları günümüzde sivil hayatta kullanımı yaygınlaşarak, insanların faydasına olan görevlerde kullanımı artmıştır. (Çavuş ve Tuncer, 2017). Son yıllarda, İHA'lar için otonom kontrol ve navigasyon sistemlerinin gelişiminde önemli bir artış olmuştur. İHA'larda yaşanan teknolojik gelişmelere bağlı olarak büyük çoğunlukla otonom olarak kullanım artmıştır. İnsanların hizmetine kullanılmaya başlanan İHA'lar, bu sektörlere farklı yaklaşımlar kazandırmıştır.

### 2.1. İHA'ların Yapısı ve Bileşenleri

İHA'ların gerek kullanım alanı gerek büyüklük olarak bileşenleri farklılık gösterebilir. İHA'lar üzerinde bulunan faydalı yük diye tabir ettiğimiz bileşenlerde çeşitlilik kazanır. Şekil 2'de İHA'ların

genel yapısına ait blok diyagramı verilmektedir. İHA'ların yapısında bulunan belli başlı bileşenler şunlardır:

- **Gövde:** İHA'nın iskeletini oluşturur. Tüm diğer parçaların üzerine monte edildiği kısımdır. Gövde olabildiğince hafif ve sağlam olmalıdır. Gövde ne kadar hafif olursa bataryadan gelen enerji, gövde ağırlığını kaldırmak yerine, motorların dönüş sayısına bağlı olarak havada kalabilme, faydalı yükleri taşımaya harcaacaktır. Gövde kısmı uçuş esnasında gövdeye yüklenen ağırlığa karşılık dayanıklı olmalıdır. Bu iki kriter göz önünde bulundurulduğunda, malzeme olarak genellikle karbon fiber, ahşap, alüminyum, cam fiber ve yüksek kaliteli plastik malzemeler kullanılır. Gövde seçiminde kullanılan malzemeler, İHA'nın kullanım amacına göre değişebilir.
- **Tahrik (Hareket) Sistemi:** İHA'nın iniş-kalkış, sağa-sola dönüş, hareketlerini sağlayan ve bu hareketleri yaptırabilmek için gerekli olan enerjiyi üreten sisteme Tahrik (Hareket) Sistemi denir. İHA'larda motor, pervane, batarya olarak gruplandırılabilir. Tahrik sistemi İHA'nın havada uçuş süresini, kaldırabileceği yük miktarının ağırlığını belirler. Kullanım yerine göre kaldırabileceği ağırlık miktarını artırmak için motor seçimi, uçuş süresini artırmak için ise batarya seçimi önemli yer tutar. İHA'larda genellikle iki tip motor kullanılmaktadır. Bunlardan birinci fırçasız DC motorlardır, ikincisi ise servo motorlardır. **Uçuş Kontrol Sistemi:** Uçuş Kontrol Sistemleri (UKS), İHA'ların kullanım amacına göre tasarımı, donanımı ve yazılımı bakımından farklılıklar gösterir. Bu amaçlara göre İHA'nın kanat tipi, ağırlığı, itki sistemi, uçuş süresi, uçuş yüksekliği UKS'nin belirleyicileridir. Ayrıca İHA kontrolüne göre (uzaktan kumanda, yarı otonom, tam otonom gibi) kullanılan sensörler, İHA kontrolünün ne şekilde olacağı (uzaktan kumanda, GPS, radyo frekans kontrolü gibi) uçuş kontrol sistemlerine farklılık kazandırmaktadır. Genel itibariyle İHA'nın kontrolünü sağladığımız bileşen grubudur. UKS içerisinde yer kontrol noktası (YKİ), kontrolü sağlayan bilgisayar, yazılım gibi bileşenler de yer almaktadır.
- **Faydalı Yük:** İHA'nın kullanım amacına göre neye hizmet ediyorsa o hizmete uygun olarak İHA üzerinde bulunan tüm donanımları kapsamaktadır. Bu donanımlar İHA kullanım amacına göre oldukça farklılık gösterebilir. Örneğin tarım alanında kullanılan bir İHA ilaçlama gübreleme, görüntüleme, zarar verecek hayvanları uzaklaştırma, tohumlama vb. görevlerini yerine getirmektedir. Bu görevleri yapabilmesi için üzerinde bu görevlere uygun bileşenlerin olması gerekmektedir. Bu bileşenler siren, kamera, ilaç ve gübre taşıma haznesi olmalıdır.
- **Yer Kontrol İstasyonu:** Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM), yer kontrol istasyonunu, İHA'yı uzaktan kumanda ederek kullanmak veya otonom olarak yaptığı görevleri takip etmek, operasyonları süresince ve görüş alanı dışında iken, yer ve durumunu izlemek için kullanılan, yerde veya bir platformda bulunan cihaz veya sistemi olarak tanımlar. İHA'ya verilen görevin takibi, İHA'nın konumu, iniş kalkışının izlenebildiği, gerekli görüldüğü takdirde uçuş planının değiştirilebildiği farklı durakların eklenebildiği, anlık görüntülerin alınabildiği komuta merkezidir. Öncelikli olarak görev tanımı yapıldıktan sonra bu göreve göre uçuş planı hazırlanır. Bu uçuş planının gerçekleşmesini sağlayan bir kontrol bilgisayarı ve İHA ile haberleşmeyi sağlayan bir yazılım sisteminin olması gerekmektedir.



Şekil 2. İHA'ların Genel Yapısına Ait Blok Diyagramı

## 2.2. İHA türleri

İnsansız hava araçları teknik özelliklerine ve kullanılacağı yere göre farklı tasarımlarda üretilebilirler. Genel olarak İHA'lar kendi aralarında kanat tipine, kullanılan motor sayıları, gövde şekillerine ve büyüklüklerine göre çeşitlilik kazanır. Kullanıcılar kullanım amacına göre en ekonomik ve en kullanışlı İHA'yı seçerler. Tablo 1' de İHA'ların bu özelliklere göre sınıflandırılması verilmiştir.

Tablo 1. İHA çeşitleri

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI ÇEŞİTLERİ			
Kanat tipine göre	Motor sayısına göre	Gövde şekillerine göre	İHA'lar büyüklük, irtifa, uçuş süresine göre
1-Sabit kanatlı	1- İki motorlu (Bicopter)	1-X tipi	1-Micro insansız hava araçları,
2-Döner kanatlı	2- Üç motorlu(Tricopter)	2-H tipi	2-Mini insansız hava araçları,
	3- Dört motorlu(Quadcopter)	3-Sıkıştırılmış X tipi	3-Taktik insansız hava araçları,
	4-Altı motorlu (HexaCopter)	4-V kuyruk tipi	4-Özel görev insansız hava araçları
	5-Sekiz motorlu(Octocopter)	5- + tipi	

## 2.3. İHA Kontrol Mekanizması

İHA'ları diğer hava araçlarından ayıran en önemli parametredir. İHA'ların kontrolü dört şekilde yapılabilir:

- **Gözlenebilir kontrol**, İHA otonom olarak bağımsız bir şekilde hareket edebildiği gibi, doğrudan kontrol ile de yani dışarıdan bir operatör tarafından kısmen veya tamamen kontrolü yapılan İHA kontrol çeşididir.
- **Doğrudan kontrol**, belirli bir kontrol merkezinden, önceden belirlenmiş sınırlı bir alan içinde bir

operatör tarafından uzaktan kumanda ile kontrolü yapılan İHA kontrol çeşididir.

- **Yarı-otonom kontrol**, İHA otonom olarak yani dışarıdan bir operatör tarafından kontrol edilmeden kendi başına bağımsız hareket eder. Buradaki dezavantaj, İHA havalandıktan sonra önceden yazılan kontrol programı dışına çıkamaz çalışma alanı yazılan kontrol programıyla sınırlı kalır. Dışarıdan oluşan herhangi farklı bir durum karşısında İHA kendisi karar alamaz.
- **Tam otonom kontrol ise**, İHA tam otomatik olarak kendi başına bağımsız hareket eder. Dışarıda oluşan farklı durumlar karşısında kendi kararını alarak hareket eder.

## 2.4. Çoklu-İHA İçeren Yapı

Tek bir İHA ile sınırlı menzilli alan taranabileceği için çok sayıda İHA'nın birbiriyle iletişim halinde kalarak oluşturdukları yapı günümüzde sıkça uygulamalarda karşımıza çıkmaktadır. Bu yapı ile taranan alan büyüklüğü kullanılan İHA sayısına bağlı kalarak artırılmıştır. Bu senaryoda, İHA'lar bir hat üzerinde sıralanarak her bir İHA komşu İHA ile iletişim halinde kalmaktadır. Birbirleriyle elde edilen bilgilerin paylaşımı ile en uçta bulunan İHA iletişim halinde olduğu bir yer istasyonuna bütün bilgileri aktarır. Böylece bütün alan kapanmış olmaktadır. Buradaki en önemli araştırma konularından bir tanesi aslında İHA'ların birbirlerine çok yaklaşmasının önüne geçmektir. Ayrıca, komşu İHA'lar ile bağlantının da kopmaması gerekmektedir. Böylece bu senaryo ile geniş bir alan üzerinde kesintisiz bir sistem tasarlanmış olur. Bu sistemin genel mimarisi aşağıdaki şekil 'de sunulmuştur.

## 3. İHA UYGULAMA SAHALARI İÇİN YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Yavuz G. (2019), yaptığı çalışmasında İHA teknolojisi kullanarak açık maden işletmelerinin haritalama işlemini gerçekleştirmiştir. Açık maden sahalarında çalışma şartlarının zorluğu ve maliyetli olmasından dolayı İHA teknolojisinin insan gücünden daha verimli olduğu anlatılmıştır. Haritalama işlemlerinde, İHA fotogrametrisiyle açık maden işletmesinin ortofoto haritaları çıkarılmıştır. Ortofoto; yeryüzünü herhangi bir oynama veya düzeltme işlemi olmaksızın, belirli bir ölçekle gösteren hava görüntüleridir. Ayrıca Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM) kullanılarak, madene ait çeşitli hesaplamalar yapılmıştır. Sayısal yükseklik modeli (SYM), İHA fotogrametrisiyle gelen verileri, 3 boyutlu bir bilgisayar grafiği görmemizi sağlar. İHA fotogrametrisi ile üretilen 3D modeller üzerinden bir madenin bütün değerleri (alan, kübaj, dolgu miktarı ve dekapaj hesapları vb.) hesaplanabilmektedir. İHA fotogrametrisi ve SYM modelleri kullanılarak maden işletmelerinde gerekli olan bütün hesaplamalar yapılmış olup, hesaplanan bu değerler üç boyutlu bir simülasyon programıyla gösterilmiştir.

Alptekin, vd. (2019), yaptıkları çalışmalarında İHA kullanılarak doğal afetlerle mücadele kapsamında İHA fotogrametrisiyle afete maruz kalan bölgelerin modellenmesi çalışmalarına katkıda bulunmuşlardır. Yaptıkları çalışmada küçük heyelan bölgelerinin İHA ile ortofotosunu çıkararak Android telefon ile kolaylıkla modellemişlerdir. Kullandıkları İHA, ağırlığı 320 gr Tablo 2'ye bakıldığında SHGM'ye göre İHA-0 sınıfından olan bu İHA'nın, kumandasının ağırlığı 386 gr, batarya ağırlığı 126 gr, 4 adet batarya, 25 dk uçuş süreli, maksimum yatay hızı 15,2 m/s, maksimum dikey hız 4 m/s maksimum rüzgar direnci 13.9 m/s ve maksimum uzaklığı 4000 m özelliklerine sahiptir. İHA tarafından çekilen fotoğraflar AgisoftMetashape programı kullanılarak birleştirilmiştir. İHA kontrolü için için beş adet yer kontrol istasyonu kurulmuştur. İHA üzerinde bulunan GPS ile koordinatlar belirlenmiştir. İHA kontrolü için andorid telefon kullanılmıştır. İHA'yı android telefonla kontrol etmek için FreeFlight 6, ve Pix4Dcapture programlarının telefona yüklenmesi gerekmektedir. FreeFlight 6 programıyla resim çekme, videoya alma gibi işlemler yapılır. Pix4Dcapture programı ile İHA'nın yüksekliği, uçuş hızı, rotası ve bindirme aralığı belirlenir. Uygulama yapılırken önceden belirlenen heyelan bölgesinde 5 adet yer kontrol istasyonu kullanılarak uçuşlar yapılmıştır. AgisoftMetashape programı kullanılarak bölge modellemesi yapılmıştır.

Tablo 2. Shgm insansız hava araçları sınıflandırması

İha sınıfı	Azami kalkış ağırlığı
İHA-0	500 gr (dâhil) – 4 kg
İHA-1	4 kg (dâhil) – 25 kg
İHA-2	25 kg (dâhil) – 150 kg
İHA-3	150 kg (dâhil) ve daha fazla

Değirmen, vd. (2018), yaptıkları çalışma da İHA kullanılarak afet bölgesi alanlarında durum tespiti yapmak amaçlanmıştır. Afet olan bölgede mümkün olduğu en kısa sürede durum tespiti yapılmalıdır. Arama kurtarma açısından bu süre ne kadar kısa olursa yapılacak olan müdahalenin de süresi o kadar kısa olacaktır. Bu nedenle afet yönetiminde, İHA'ların kullanımı ayrıca önem kazanmaktadır. Yaptıkları çalışma da İHA rota planlaması yapılarak kümeleme ve matematiksel programlama mantığı kullanılarak durum tespiti yapılmıştır. Durum tespiti yapacak olan İHA'ların rota planlamasının yapılması için GSP modelini kullanmışlardır. GSP, İHA'nın başlangıç noktasından başlayarak N adet noktadan yalnızca bir kez geçerek, başlangıç noktasına dönerken en kısa ve en uygun maliyetli yolun bulunmasını sağlar. İHA'ların iniş ve kalkış yapacakları yer kontrol istasyonlarının belirlenmesinde gözetlenecek noktaların kümelenmesi sağlanarak bu noktalara göre en yakın yer kontrol istasyonlarının (YİK) belirlenmesi gerekmektedir. Bu noktaların belirlenmesi için K ortalama algoritmaları ve p-merkez problemi yöntemlerini kullanmışlardır.

Doğan, vd. (2019), İHA ile yeryüzünde bulunan bitki türlerinin ayırt edilmesi üzerine çalışma yapmışlardır. Uydu ile yapılan uzaktan algılama sisteminin bitki türlerinin ayırt etmedeki yetersizliği ile gelişen İHA teknolojilerinin getirdiği yenilikler bu işlemin, İHA ile daha kolay ve hatasız yapıldığı vurgulanmıştır. İHA üzerine yerleştirilen multispektral kameralar ile kırmızı, yeşil, kırmızı - kenar ve yakın kızılötesi görüntüler kullanılarak yaklaşık 4.5 hektarlık bir alanda soya bitkileri ile yonca bitkisinin tespiti incelenmiştir. Elde edilen görüntüler ile başarılı bir sınıflandırma yapılmıştır. Sınıflandırma yapılırken bir adet kontrolsüz iki adet kontrollü sınıflandırma yapılarak doğruluk analizi yapılmıştır. İki aşamalı sınıflandırma şunlardır. Bunlardan birincisi Kontrolsüz sınıflandırmadır. Kontrolsüz sınıflandırma da İSO datacluster yöntemini kullanmışlardır. İkinci aşama ise kontrollü sınıflandırmadır. Kontrollü sınıflandırmada en yakın benzerlik ile destek vektör makinesi yöntemlerini kullanmışlardır. Sınıflandırma yapıldıktan sonra doğruluk analizinde iki adet sınıflandırma işleminden elde edilen verilere bakıldığında en yakın benzerlik sınıflandırma yapılarak yapılan doğruluk analizinin, destek vektör makinesi ile yapılan sınıflandırmaya göre daha sağlıklı sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

Güzel, vd. (2021), yaptıkları çalışmada hareketli insan yüzünün tespitini ve takibini yapabilen İHA uygulaması yapmışlardır. Programlama dili olarak python ve İHA tarafından gelen görüntüyü OPENCV platformunu kullanarak görüntü işlemeyi yapmışlardır. OpenCV (Open Source ComputerVision) açık kodlu görüntü işleme kütüphanesidir. İHA'larda bulunan sabit kameralar ile görüntülenen nesnenin insan yüzü olduğuna otomatik olarak karar verilir ve bu insan yüzü takip edilir. İnsan yüzü olduğunu anlamak için Haar-Cascade algoritması kullanılmıştır. Bu algoritma ile insan yüzündeki renk dağılımı ve renklerine bakılarak yüzdeki organların tespiti yapılır, bu tespitten sonra insan yüzü olduğuna karar verilir. Çalışmanın dezavantajı, Haar-Cascade algoritması, insan yüzündeki bölgesel parlaklıklardan faydalanarak insan yüzü tanıma işlemi yaptığından, güneş ışığının olduğu ortamlarda istenilen sonuçların alınamamasıdır.

Hacıoğlu, vd. (2017), yaptıkları çalışmada, İHA ile görsel çizgi (rota) izleme çalışmalarına katkıda bulunmuşlardır. Hem açık alan hem de kapalı alanlarda çizginin ön tanımlamasını yaparak, çizginin görüntü izleme algoritmalarıyla tespitini sağlamışlardır. İHA rota tayini için Tanjant Vektör Alan Kılavuz (TVAK) yöntemini kullanmışlardır. Ayrıca rota izlemede kullanılan İHA'nın özellikle

yüksekliği arttığında, dış etkilere (örneğin rüzgâr) bağlı olarak gelişen olumsuz durumları üç eksenli yalpa olarak gösterilmiştir. İHA her yaptığı yalpa için, PID kontrol ve MPC kontrol ayrı ayrı uygulanarak çizgiyi olabildiğince ortalaması için gayret sarf edilmiştir. Elde edilen verilere bakıldığında MPC (Model predictive control) ile yapılan yalpa kontrolünün PID kontrole göre daha sağlıklı sonuçlar verdiği görülmüştür. Tanjant Vektör Alan Kılavuz (TVAK) Yöntemi ile takip edilecek olan çizginin görüntülerin işlenmesi ve analizinin yapılarak ön tanımlama işlemi yapılmıştır. PID (Proportional Integral Derivative) oransal-integral-türevsel kıyaslama yaparak geri besleme yani sürekli bir denetleme sağlar. Kullanım amacı, sürekli denetleme işlemi ile oluşabilecek hatayı en aza indirmektir. MPC kontrol ise gelişmiş bir süreç kontrol yöntemidir. Önceki giriş çıkış girdileri ile ileride öngörülen giriş çıkış girdilerine bağlı olarak sistemin gelecekte verebileceği cevapları önceden belirlemek için kullanılır. MPC, sistemden alınan anlık ölçümlerden faydalanarak gelecek zamandaki giriş-çıkışları hesaplanır.

Ay, vd. (2015), yaptıkları çalışmada İHA kullanarak tarımsal bir alanın ilaçlama işlemini gerçekleştirmişlerdir. İlaçlama işlemi için ilaç püskürtme sistemi, İHA kontrolü için yer kontrol istasyonu(YKİ) ve son olarak sistemi optimize edebilmek için bir simülatör kullanılmıştır. İHA belirlenmiş olan alanın ilaçlama işlemini otonom olarak yapacaktır. Bu işlem için algoritma geliştirilmiştir. Gerek haznedeki ilaç miktarının azalması gerekse batarya seviyesinin azalması gibi durumlarda İHA otonom olarak geri dönüşünü sağlayacaktır. İlaçlama işleminde yer-kontrol istasyonu olarak açık kaynaklı Mission Planner projesi baz alınmıştır. İHA'nın otonom kontrolü için mikrokontrolör olarak ardupilot mega (APM) kullanılmış olup ArduCopter ile yazılım kullanılmıştır. İlaçlama işleminde iki adet yol haritası kullanılmıştır. Bu yol haritaları simülatör programı kullanılarak çizgiler belirlenmiştir. Sarı çizgiler İHA'nın izleyeceği rotayı, kırmızı çizgiler ilaçlanacak alanın sınırlarını, siyah kesikli çizgiler İHA'nın o andaki yönünü, mavi zerrecikler İHA'nın o anda ilaç püskürttüğünü, home pozisyonu ise İHA'nın ilaç/pil dolununun yapıldığı alanı göstermektedir. İHA ilaçlama yaparken, sarı çizgileri takip ederek üzerinde bulunan ilaç püskürtme sisteminde bulunan pompa motoru ve sıvı tankı aktif hale getirilerek bulunduğu rota üzerinde ilaçlama işlemini gerçekleştirir. Batarya seviyesinin azalması ve sıvı tankında bulunan sıvı miktarı azalmasında otonom olarak HOME denilen alana geri dönecektir. İki farklı plana bağlı olarak yapılan ilaçlama işleminde üç adet İHA kullanılmıştır. Kullanılan bu İHA'lardan düşük taşıma kapasitesine sahip Flare ve Mavrik ilaçlama işleminde yetersiz kaldığı daha geniş hazneli olan X model İHA'nın ilaçlama işlemini daha kısa sürede tamamladığı görülmüştür.

Çavuş, vd. (2017), İHA rota planlama üzerine bir çalışma yapmışlardır. Rota planlaması için kullanılan birçok yöntem vardır. Bu çalışmada rota planlama yöntemi için optimizasyon işlemlerinden olan Yapay Arı Kolonisi (YAK) algoritmasını kullanmışlardır. Rota planlaması yapılırken İHA, başlangıç noktasından, ulaşmak istediği noktaya kadar en güvenli ve en kısa rota belirlenerek yapılmalıdır. Yapay Arı Kolonisi algoritması arıların yiyecek ararken gösterdiği davranışları baz alır. İHA rota planlaması yapılırken İHA'nın başlangıç ve ulaşmak istediği noktalar arasında geçilecek olan bağlantı noktaları tespiti için koordinatlar belirlenir ve bu noktalar üzerinden İHA rotasını tamamlayarak son noktaya ulaşması sağlanır. Rota belirlenirken engel ve tehlike arz edebilecek yerler (dağ, tepe) belirlenir. Rota belirleme işlemlerinde önceden hazırladıkları bir simülasyon ile İHA'nın gideceği en uygun ve kısa rotayı çizmişlerdir. Bu simülasyon programı C# dili kullanılarak yapılmış olup, harita için Google uygulamasının gMapcontrol eklentisini kullanmışlardır. Rota belirleme çalışmasını üç aşama da yapmışlardır. Birinci aşamada İHA'nın başlangıç ve bitiş noktalarını belirlemişlerdir. İkinci aşamada engel sayısı için sanal noktalar belirlemiştir. Üçüncü aşamada ise İHA ve YAK parametrelerinin ayarını yapmışlardır. Uygulama alanında, iki farklı rota belirleme çalışması yapmışlardır. Birinci çalışma Yalova'dan Sakarya'ya gidecek olan bir İHA için rota planlaması, İkinci çalışma ise, Yalova'dan Gemlik'e gidecek olan İHA için yapılan çalışma her iki çalışma da İHA'nın en kısa ve en güvenli rota tayini başarıyla sağlanmıştır.

Akin, vd. (2021), Bir doğal afet zamanında, arama-kurtarma faaliyetlerinin afet bölgelerine varış zamanı, zarar gören insanların hayatlarını kurtarmak veya yardım etmek için hayati önem



taşımaktadır. Özellikle, coğrafi olarak geniş bir bölgede bir deprem olduğunda, deprem enkazın kısa sürede tespit edilmesi, başarılı arama-kurtarma görevlerinin yürütülmesi için hayati öneme sahiptir. İHA'lar ile afet sonrası senaryolarda etkin ve hızlı bir hareket sahası oluşturulmaktadır. Deprem sonrası haberleşme altyapısının çökmesi sonucunda İHA'ların kullanımının önemi daha da artmaktadır. Deprem sonrası enkaz tespiti için yapılan bu çalışma Q-öğrenme tabanlı bir yörünge planlama algoritmasını sunmaktadır. Çoklu-İHA kullanımı ile toplanan kritik bilgilerin çok-atlamalı kablosuz iletişim yoluyla ilk müdahale ekiplerine iletilmesi sağlanmıştır. Ayrıca, İHA'ların arasında bağlantı kopmadan sürekli sağlanmıştır. Böylece İHA'lar kendi aralarında düzenli bir iletişim kurarak bir yer istasyonuna bilgi aktarımını sağlamıştır.

Bir diğer çalışma ise özellikle kutup bölgeleri gibi insan erişiminin son derece zor olduğu geniş alanlara sahip zor erişim ortamlarındaki hayvanların izlenmesi amaçlamıştır (Vera-Amaro, vd., (2019)). Bu makale, bir hedef tespit olasılığını garanti etmek için uygun tespit aralığını ve düğüm (sensor node) sayısını seçmek için rastgele yürüyüş modeli (randomwalk) aracılığıyla hayvan rastgele yörüngelerinin tespitini önermektedir. Kablosuz algılayıcı ağlar (KAA) kullanımı ile kara üzerinde hayvan tespiti yapılmaktadır. Bunun için hayvan ses ve hareketlerinin KAA ile tespiti yapılarak İHA'lara aktarılmaktadır. Hayvanların alanda tespitinin etkin bir şekilde yapılması için KAA'lar için enerji verimliliği analitik olarak göz önüne alınmıştır.

Lehmann, J. R. K., Nieberding, F., Prinz, T., & Knoth, C. (2015), orman alanlarında bulunan ve zararlı böcek istilasına uğramış meşe ağaçlarının tespiti için İHA aracı kullanmışlardır. Özellikle ticari amaçlı orman arazi sahipleri için düşük maliyetli bir çözüm sunmuşlardır. Zararlı böcek istilasına uğramış meşe ağaçlarının tespiti veya hangi dalda böcek istilasının yoğunlaştığını göstermek için İHA üzerine yüksek çözünürlüklü kompakt bir dijital kamera yerleştirilmiştir. Ayrıca İHA'nın yer tespiti için GPS ve atalet ölçü birimi yerleştirilmiştir. İHA'nın önceden gideceği noktalar yer kontrol istasyonu üzerinde işaretlenerek İHA'nın otonom olarak hareketi sağlanmıştır. İHA'nın üzerinde bulunan yüksek çözünürlüklü kamera sayesinde, böcek istilasına uğramış meşe ağaçları tespiti yapılarak kayıt altına alınmıştır.

Kocabaş, S., Gencer, C. & Aydoğan, E. K., (2009), yaptıkları çalışmada İHA'lara rota planlaması yapmak için karar destek sistemi (KDS) geliştirmişlerdir. Karar destek sistemleri, karar verme sürecinde kullanıcıya yardımcı olmak için, problem çözümünde kullanılacak olan bütün sistemlerin tek çatı altında toplanarak daha güçlü ve birleştirilmiş yazılım ile tasarlanan sistemlerdir. Çalışmalarında geliştirdikleri Karar Destek Sisteminde, İHA için en uygun rotayı bulabilmek için Delphi 4.0 görsel programlama ile simülasyonu, İHA'lar için en uygun rota planlaması için İHARP programını ve gelen verilere göre en uygun rotaları belirlemek için GAMS matematiksel işlemler programını kullanmışlardır. İHARP programından gelen verileri GAMS matematiksel yazılımını kullanarak çeşitli matematiksel işlemler ile İHA'nın gidebileceği en uygun noktalar belirlenir ve rapor şeklinde tekrar İHARP programına iletilir. İHARP gelen raporu okuyarak en uygun noktalara karar verir.

Ridolfi, E., & Manciola, P. (2018), yaptıkları çalışmada taşkın ve sel riskine karşı, bir barajın su seviyesini ölçmeyi hedeflemişlerdir. Bu işlem için 4 motorlu (quadrotor) İHA ile yüksek çözünürlüklü İHA üzerine monte edilmiş bir kamera kullanmışlardır. Su seviyesi ölçme işlemi için ise Canny yöntemini kullanmışlardır. Barajlarda su seviyesi ölçümü önemli bir konudur. Erişilemeyen veya uzak konumlu yerlerdeki su seviyesi ölçümünü uzaktan tespitini kolaylaştırmışlardır. Bu işlem için çalışma bölgesinde bulunan barajın kenar kısımlarına belirli aralıklarla 60 adet yer kontrol noktası konuşlandırılmış olup, su seviyesinin ölçümü için yer kontrol noktaları referans olarak kabul edilmiştir. İHA baraj üzerinde uçarken su seviyesinin belirlenmesi için çektiği görüntüler algılama platformundan geçirilir. Başlangıçta su seviyesinin olduğu çizgi açık gri renkli görünür. Başlangıçtaki su seviyesi belirlemek için pikseller dört gruba ayrılır. Her piksel belli bir şekli ifade eder (Örneğin su, beton siyah, beyaz noktalar gibi). Piksel sınıflandırma işlemi tamamlandıktan sonra başlangıçtaki su seviyesi çizgisi belirlenir. Su seviyesindeki artışı ölçme işlemi için Canny yöntemi kullanılır. Canny yönteminde başlangıçtaki su seviyesi ile sonradan su

seviyesinde artış olduğunda, İHA tarafından çekilen ve algılama platformundan süzülerek kenar noktalarında bulunan yer kontrol noktalarının merkezine gelen su seviyesi birbiriyle kıyaslanarak su seviyesi ölçümü yapılır.

Özdemir, R., Kaya, M., Elfarra, M., & Efe, M. O. (2012), yaptıkları çalışmada dört rotorlu döner kanatlı İHA ile sabit veya hareketli nesnelere (eşya veya kişi) takip etme işlemini gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışma bir laboratuvar ortamında yapılmaktadır. Takip işleminde İHA otonom olarak hareket edebildiği gibi, herhangi bir durumda yer kontrol istasyonundan müdahale edilerek uzaktan kontrolü de sağlanmaktadır. Bu işlem için İHA üzerinde sabit bir kamera yerleştirilmiştir. Kameradaki görüntüleri anlık izlemek için ana bilgisayar vardır. İHA tarafından gönderilen görüntüler ana bilgisayar üzerinden izlenmekte olup, takip edilmek istenen kişi veya nesnelere ana bilgisayar üzerinden işaretlenir. Böylece işaretlenen kişi veya nesnelere İHA'nın görüntü alanı içerisinde kaldığı müddetçe takip edilmektedir. Kamera ile ana bilgisayar arasındaki iletişim RF cihazları kullanılarak yapılmıştır. İHA'nın otonom kontrolünü sağlamak için MATLAB ortamında yazılan bir yazılım kullanılmıştır. İHA'dan gelen görüntüleri gerçek zamanlı işlemek için ise OPENCV programı kullanılmıştır.

## SONUÇ

İnsansız Hava Araçları (İHA) son yıllarda giderek popülerliğini artırmıştır. Maliyet, boyut ve işlevsellik olarak uygun bir noktaya gelindiğinden, İHA-tabanlı uygulamaların hem sayısı hem sahası her geçen gün artmaktadır. Bu makalede, İHA-tabanlı son zamanlarda yapılmış çalışmalar derlenmiştir. Derlenen çalışmalar İHA'larda en önemli sorunun kısıtlı-enerji kaynağının etkin kullanımını vurgulamıştır. İHA'ların havada kalma sürelerinin artırılması için geliştirilen uygulamaların enerjiyi verimli kullanması hedeflenmiştir. Ayrıca, özellikle maliyetlerin düşmesi neticesinde, uygulamaların artık birden çok İHA'yı kullandığı gözlemlenmiştir. Böylece, kapsama alanı açısından çoklu-İHA kullanımı ile daha fazla alan kapsamaktadır. Ancak, İHA'lar arası bağlantının sürekli olarak sağlanması ayrı bir araştırma konusu olmuştur. Sonuç olarak, İHA kullanımı ile ilerleyen zamanlarda çok daha fazla uygulama karşımıza çıkacaktır. Birçok sektör İHA kullanımı ile süreçlerini geliştireceklerdir. Bu çalışma ile İHA-tabanlı uygulamalara genel bir bakış yapılmış olup, bu konuda çalışmaya başlayacaklara temel bilgilerin sunulduğu bir referans sağlanmış olacaktır.

## KAYNAKÇA

- Akin, E., Demir, K., & Yetgin, H. (2021). "Multiagent Q-learning based UAV trajectory planning for effective situational awareness", *Turkish Journal of Electrical Engineering&Computer Sciences*, 29(5), 2561-2579.
- Alptekin, A., Çelik, M.Ö., Kuşak, L., Ünel, F.B. ve Yakar, M. (2019). "AnafiParrot'un Heyelan Bölgesi Haritalandırılmasında Kullanımı", *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 1(1), 33-37.
- Ay, F. ve İnce, G. (2015). "İnsansız Hava Aracı ile Pestisit Uygulaması", 23. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Konferansı (SIU), 1268-1271.
- Çavuş, V. ve Tuncer, A. (2017). "İnsansız Hava Araçları İçin Yapay Arı Kolonisi Algoritması Kullanarak Rota Planlama", *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(1), 259-265.
- Değirmen, S., Çavdur, F. ve Sebatlı, A. (2018). "Afet Operasyonları Yönetiminde İnsansız Hava Araçlarının Kullanımı: Gözetleme Operasyonları İçin Rota Planlaması", *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 23 (4), 11-26.
- Demir, K. (2021). "A QoS-aware Service Discovery and Selection Mechanism for IoT Environments", *Sādhanā*, 46(4), 1-13.

- Demir, K. ve Tümen, V. (2021). “Drone-assisted Automated Plant Diseases Identification Using Spiking Deep Conventional Neural Learning”, *AI Communications*, 1-16.
- Dikmen, M. (2015). “İnsansız Hava Aracı (İHA) Sistemlerinin Hava Hukuku Bakımından İncelenmesi”, *Savunma Bilimleri Dergisi*, 14(1), 145-176.
- Doğan, Y. ve Yıldız, F. (2019). “İHA ile Multispektral Kameralardan Sağlanan Görüntüler Yardımıyla Bitki Türlerinin Sınıflandırılması”, *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 1(1), 15-22.
- Güzel, E. ve Yağcı, M. (2021). “Hareketli İnsan Yüzü Tespit ve Takibi Yapabilen İHA Uygulaması”, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(6), 383-394.
- Hacıoğlu, R., Altan, A. ve Köksal, K. (2017). “Vektör Alan Kılavuzu Yöntemi ile Görsel Çizgi Takibi İçin İnsansız Hava Aracı Üzerindeki Yalpanın Model Öngörülü Denetimi”, *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(1), 218-227.
- Gencer, C., Aydoğan, E. K., & Kocabaş, S. (2009). İnsansız hava araçlarının rota planlaması için bir karar destek sistemi. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 8(1).
- Kosunalp, S. ve Demir, K. (2020). SARL: A Reinforcement Learning Based QoS-aware IoT Service Discovery Model”, *Journal of Electrical Engineering*, 71(6), 368-378.
- Lehmann, J. R. K., Nieberding, F., Prinz, T., & Knoth, C. (2015). Analysis of unmanned aerial system-based CIR images in forestry—A new perspective to monitor pest infestation levels. *Forests*, 6(3), 594-612.
- Menouar, H., Guvenc, I., Akkaya, K., Uluagac, A. S., Kadri, A. ve Tuncer, A. (2017). “UAV-enabled Intelligent Transportation Systems for the Smart City: Applications and Challenges”, *IEEE Communications Magazine*, 55(3), 22-28.
- Ozdemir, R., Kaya, M., Elfarra, M., & Efe, M. O. (2012). Doner Kanatli İnsansız Hava Aracı Kullanarak Bölgesel Gözetim Amaçlı Kisi veya Nesne Takibi. *Türk Hava Kurumu Üniversitesi, Ankara*.
- Pearson, L. (1969). “Developing the flying bomb”, Washington D.C.: The Chief of Naval Operations.
- Ridolfi, E., & Manciola, P. (2018). Water level measurements from drones: A pilot case study at a dam site. *Water*, 10(3), 297.
- Taylor, J.W.R. (1977). "Jane's Pocket Book of Remotely Piloted Vehicles", Collier Books, London.
- Vera-Amaro, R., Angeles, M.E.R. ve Luviano-Juarez, A. (2019). “Design and Analysis of Wireless Sensor Networks for Animal Tracking in Large Monitoring Polar Regions using Phase-Type Distributions and Single Sensor Model”, *IEEE Access*, 7, 45911-45929.
- Yavuz, G. (2019). “Açık Maden İşletmelerinde İnsansız Hava Aracı (İHA) Uygulamaları”, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 62(1), 99-112.