

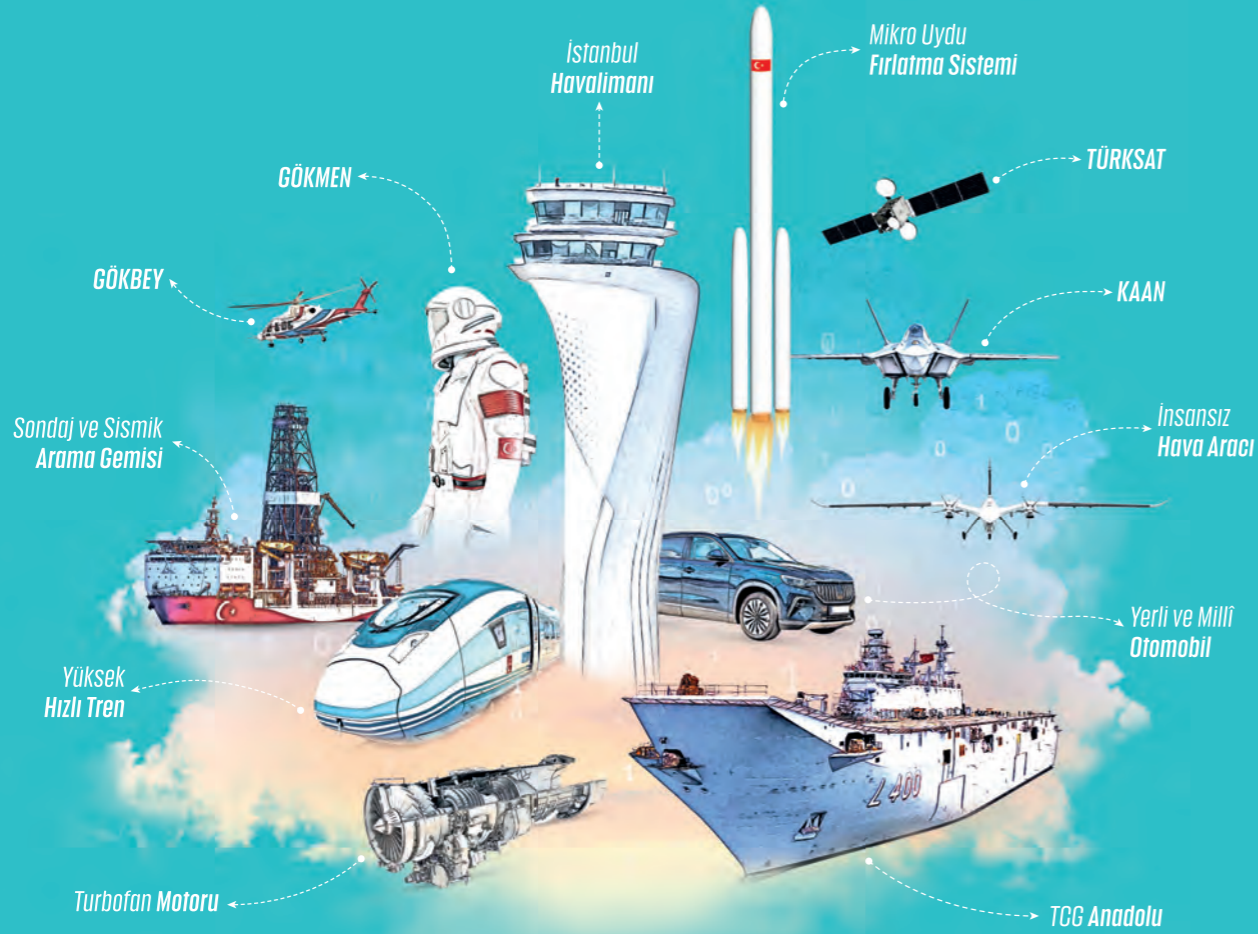
Bu kitaba sığmayan daha neler var!

eba
www.eba.gov.tr



Karekodu okut, bu kitapla ilgili EBA içeriklerine ulaş!

Teknoloji Yolculuğumuz



**BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA
ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.
PARA İLE SATILAMAZ.**

ISBN: 978-975-11-8846-5

Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşınması Zorunlu Değildir.

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

İNSANSIZ HAVA ARACI (DRONE) KULLANIMI

HARİTA-TAPU-KADASTRO ALANI

İNSANSIZ HAVA ARACI (DRONE) KULLANIMI 11-12

DERS MATERYALI

HARİTA-TAPU-KADASTRO ALANI



11-12

DERS
MATERYALI



MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ
HARİTA TAPU KADASTRO ALANI

İNSANSIZ HAVA ARACI (DRONE) KULLANIMI

11-12

DERS MATERYALİ

YAZARLAR

Halil İbrahim YILDIZ
Meltem ŞEN İBRAHİMOĞLU



MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI.....: 9899

YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ.....: 3351

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Ders materyalinin metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.

HAZIRLAYANLAR

DİL UZMANI	Talat ERDOĞAN
PROGRAM GELİŞTİRME UZMANI	Zeki BİLGİLİ
REHBERLİK UZMANI	Cahide GÜRNAS KAFALI
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME UZMANI	Arzu DURSUN
GÖRSEL TASARIM UZMANI	Müfide KAYA

ISBN: 978-975-11-8846-5

Millî Eğitim Bakanlığının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğüne ders materyali olarak hazırlanmıştır.

BASKI

Ayrıntı Basım Yayım ve Mat. Hiz. Sanayi Ticaret A.Ş.
Saray Mahallesi 126. Cadde No: 20
Kahramankazan/Ankara
Sertifika No: 49599



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl!
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlahî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlahî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'sım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

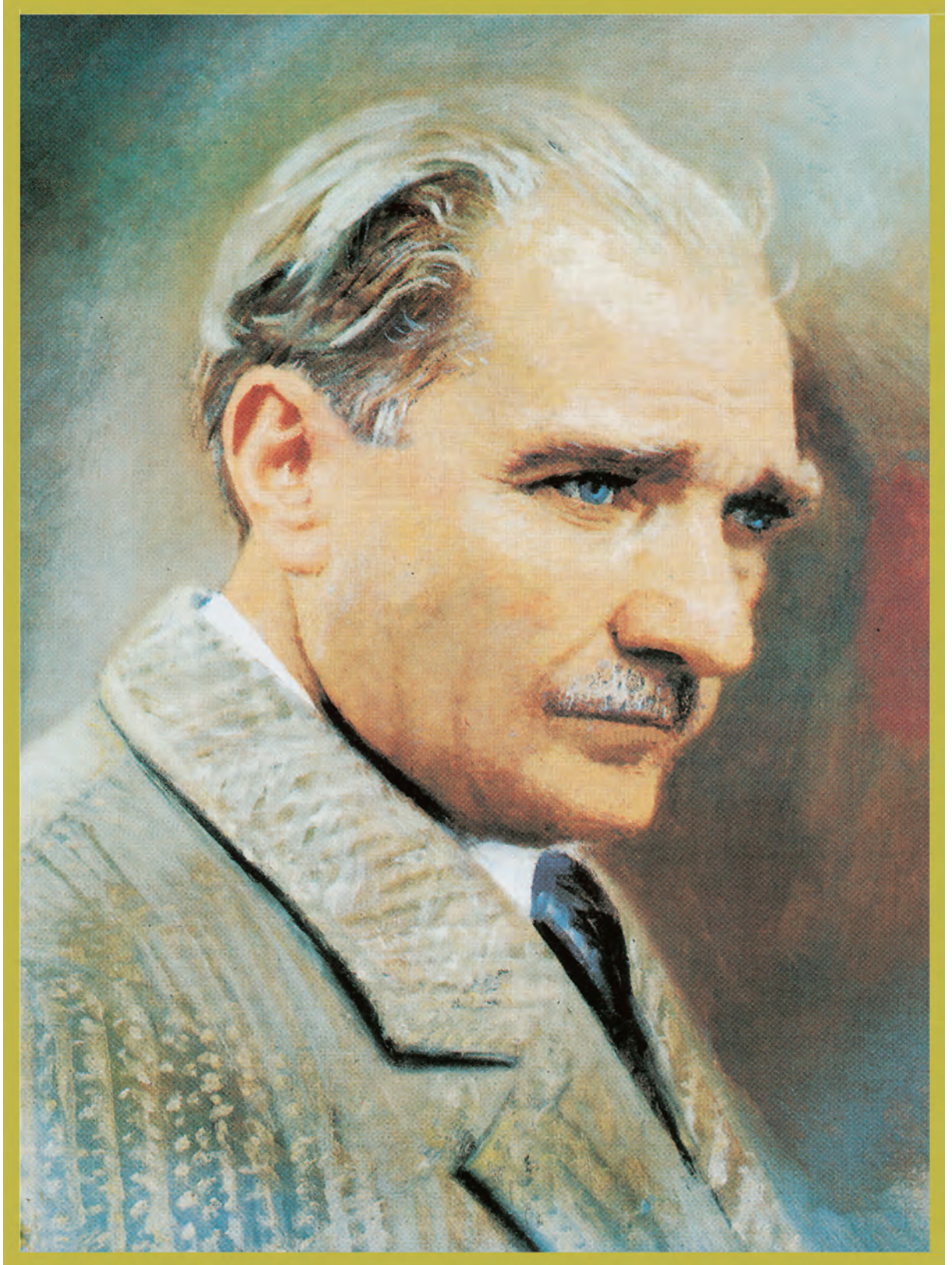
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsaid bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK



DERS MATERYALİNİN TANITIMI11



İNSANSIZ HAVA ARACI TEMEL BİLGİLERİ12

1.1. İNSANSIZ HAVA ARACI ÇEŞİTLERİ14

1.1.1. Kontrol Sistemine Göre Sınıflandırma17

1.1.2. Kullanım Amaçlarına Göre Sınıflandırma.....18

1.1.3. Uçuş Süresine Göre Sınıflandırma18

1.1.4. Taşıma Kapasitesine Göre Sınıflandırma18

1.1.5. Uçuş Kurallarına Göre Sınıflandırma19

1.1.6. Kanat Yapısına Göre Sınıflandırma19

1.1.7. Motor Tipine Göre Sınıflandırma.....19

1.1.8. Uzaktan Kumandalı İHA'lar ve Özellikleri20

1.1.9. Kumandasız (Otonom / Yarı Otonom)
İha'lar ve Özellikleri.....20

1.2. İNSANSIZ HAVA ARACI DONANIMLARI20

1.2.1. İHA Çalışma Prensibi21

1.2.2. Gövde (Frame).....22

1.2.3. Pervane.....22

1.2.4. Motor22

1.2.5. Batarya.....24

1.2.6. Uçuş Denetleyicisi.....25

1.2.7. Güç Dağıtım Kartı25

1.2.8. Elektronik Hız Denetleyicisi.....25

1.2.9. Alıcı26

1.2.10. Kamera28

1.2.11. Kumanda.....29

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....31

1. ÖĞRENME BİRİMİ



2. ÖĞRENME BİRİMİ

UÇUŞA HAZIRLIK	35
2.1. UÇUŞ ÖNCESİ HAZIRLIK	36
2.1.1. Uçuş İzinleri	37
2.1.1.1. Kayıt İşlemleri.....	37
2.1.1.2. Uçuşa Yasak Bölgeler	38
2.2. UÇUŞ SAHASININ ÇİZİMİ	40
2.2.1. Yer Kontrol Noktaları	42
2.2.1.1. Yer Kontrol Noktalarının Tesisi	42
2.2.1.2. Yer Kontrol Noktalarının Ölçümü.....	44
2.3. UÇUŞ PLANININ HAZIRLANMASI	47
2.3.1. Uçuş Sahasının Yazılıma Aktarımı.....	48
2.3.2. Uçuş Yüksekliğinin Belirlenmesi	51
2.3.3. Bindirme Oranları	52
2.3.4. Kalibrasyon Ayarları	53
2.3.5. Çıktıların Kontrolü	56
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	57



3. ÖĞRENME BİRİMİ

DRONLA HARİTA ÖLÇÜMÜ	61
3.1. UÇUŞ PLANINI YÜKLEME	62
3.2. ÇIKTI ÜRÜNÜNÜ ALMA.....	62
3.2.1. Çıktı Ürünleri.....	71
CEVAP ANAHTARLARI	79
KAYNAKÇA	85



DERS MATERYALİNİN TANITIMI

Öğrenme birimi ile ilgili temel kavramları gösterir.

Etkileşimli kitap, video, ses, animasyon, uygulama, oyun, soru vb. ilave kaynaklara ulaşabileceğiniz karekodu gösterir.

Öğrenme biriminin numarasını gösterir.

Öğrenme biriminde neler öğrenileceğini gösterir.

Öğrencilerin, hazır bulunuşluk düzeylerini belirlemek ve konuya dikkat çekmek amacıyla öğrenme biriminin başında yapacakları çalışmaları gösterir.

Öğrenme biriminin adını gösterir.

Öğrenme biriminin konularını gösterir.

Öğrenme biriminin adını gösterir.

Konu başlıklarını ve başlıkların hangi öğrenme birimine ait olduğunu gösterir.

Öğrenme biriminin bilgi sayfa numaralarını içerir.

Sayfa numarasını gösterir.

Öğrenme birimini destekleyici, ilgi çekici bilgilerin paylaşıldığı alandır.

Öğrencilerin öğrendiklerini ortaya konulmasını istendiği alandır.

Öğrenme biriminde anlatılan konu ile ilgili uygulama yapıldığı alandır.

Öğrenme birimi ile ilgili yapılan etkinlikleri gösterir.



NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- İHA nedir?
- İHA'nın tarihçesi
- İHA'nın kullanım alanları
- İHA'nın çalışma prensibi

TEMEL KAVRAMLAR

- İHA
- Faydalı yük
- Real time kinematic (RTK- Gerçek zamanlı kinematik)
- Post process kinematic (PPK- (Sonradan işlenen kinematik)
- Otonom

[http://kitap.eba.gov.tr/
KodSor.php?KOD=42807](http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=42807)



HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

- İHA'lar, uçuş prensipleri açısından kuşların uçuş yeteneklerinden nasıl ilham alır?
- İHA'lar gelecekte hangi alanlarda geliştirilerek kullanılabilir?

1. ÖĞRENME BİRİMİ



İNSANSIZ HAVA ARACI TEMEL BİLGİLERİ

KONULAR

- 1.1. İNSANSIZ HAVA ARACI ÇEŞİTLERİ
- 1.2. İNSANSIZ HAVA ARACI DONANIMLARI

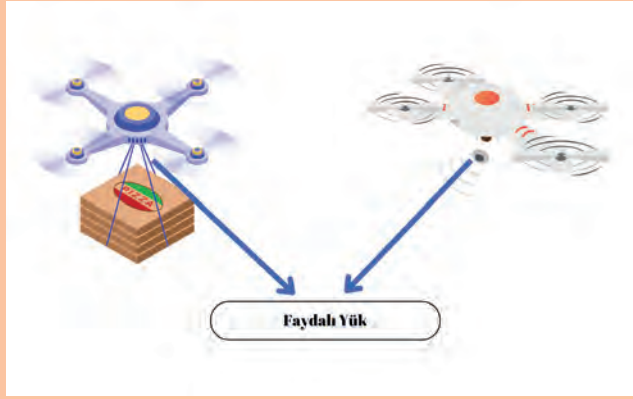


1.1. İNSANSIZ HAVA ARACI ÇEŞİTLERİ

Uzaktan kumandayla veya otonom olarak kendi güç sistemiyle çalıştırılabilen, kullanım yerlerine göre ana gövdesine faydalı yük takılıp çıkarılabilen araçlara **insansız hava araçları** (İHA) denir. İnsansız hava aracı kavramı **insansız hava aracı sistemi** (İHAS), **uzaktan pilotlu uçak** ve **drone** olarak da ifade edilir. İHAS, İHA işlemlerinin bütün sistemlerini içerir. İHAS terimi, Amerika Birleşik Devletleri Federal Havacılık İdaresi (FAA) ve Avrupa Havacılık Emniyet Ajansı (EASA) tarafından kullanılmaktadır. İHAS, İHA platformunu içerirken aynı zamanda yer kontrol istasyonu, iletişim, veri bağlantısı, pilotaj, algılama, uçuş planlama ve diğer önemli bileşenlerin işletimi için gerekli olan diğer unsurları kapsayan bir sistemdir. Bu kitapta İHA ve drone terimleri kullanılacaktır.

Bilgi Notu

İHA'ların üzerine o aracın kullanım amacına göre yüklenen tüm ekipmanlara **faydalı yük** denir. İHA'lar, bu ekipmanlar sayesinde kullanım ve üretim amaçlarına uygun hâle gelir. Faydalı yükler; kamera, ilaç, silah, su haznesi, taşıyıcılar vb. olarak sıralanabilir. Haritacılıkta kullanılan en önemli faydalı yük gelişmiş kameralardır. Gelişmiş kameralar sayesinde kuş bakışı görüntü elde edilebilmektedir. Haritacılıkta kullanılan İHA'ların üzerinde faydalı yük olarak bulunan gelişmiş kamera sistemleri sayesinde yüksek çözünürlüklü, gerçek oranlara sahip yüzey ölçüm verileri elde edilebilmektedir. Böylece diğer ölçüm teknikleri ile yapılan yüksek maliyetli, zaman alıcı ve bazen vücut gücü gerektiren ölçüm uygulamaları daha hızlı ve düşük maliyetli uygulamalar hâlini alır (Görsel 1.1).



Görsel 1.1: Faydalı yük

İHA'lar, ilk önce askerî alanda kullanılmaya başlanmış ve daha sonra ticari amaçlar için kullanılmıştır. 1849 yılında Avusturya, Venedik'e sıcak hava balonlarıyla saldırmış; İngilizler, 1887'de uçurtmalara kamera bağlayarak ilk keşif amaçlı İHA'yı geliştirmiştir. İspanyol-Amerikan Savaşı'nda İHA'lar, uçurtmalar aracılığıyla fotoğraf çekmek için kullanılmıştır. Bu durum İHA'ların bir savaşta kullanıldığı ilk örneklerdendir. II. Dünya Savaşı'nda farklı kontrol sistemine sahip İHA'lar bombardıman yapmak için kullanılmıştır. Soğuk savaş dönemi, İHA'ların teknolojik gelişimi için kritik bir evre olmuştur. İHA'ların gelişimde askerî gelişmeler önemli rol oynamıştır. İHA'lar, günümüzde ise askerî kullanımın yanı sıra ticari, keşif vb. birçok amaç için kullanılmaktadır.

Türkiye'de öncelikle savunma sanayisinde kullanılan İHA'lar, günümüzde sivil, mühendislik, arama kurtarma, fotogrametri gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Türk Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş. (TUSAŞ) tarafından üretilen İHA'lar şunlardır:

TURNA Hedef Uçak Sistemleri

1995 yılında Türk Silahlı Kuvvetleri (TSK)'ne ait hava savunma birliklerinin eğitim ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla araştırma ve geliştirme projesi olarak başlatılmış özgün TUSAŞ tasarımıdır (Görsel 1.2).



Görsel 1.2: Üretimi TUSAŞ'a ait yerli İHA: Turna

ŞİMŞEK Yüksek Hızlı Hedef Uçak Sistemi

Türk Silahlı Kuvvetleri (TSK)'ne ait hava savunma birliklerinin eğitim ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla 2009 yılında araştırma ve geliştirme projesi olarak başlatılmış bir başka özgün TUSAŞ tasarımıdır (Görsel 1.3).



Görsel 1.3: Üretimi TUSAŞ'a ait yerli İHA: Şimşek

ANKA Operatif / Stratejik İHA Sistemleri

Orta irtifada, otonom uçuş sağlayan ve birçok yerli alt yüklenici firmanın da görev aldığı bir diğer İHA'dır. Türk Havacılık ve Uzay Sanayi mühendisleri tarafından tasarlanan ve birçok yerli alt yüklenici firmanın da görev aldığı Türk İHA'sı Anka, montaj ve üretimi tamamlanarak 16 Temmuz 2010 tarihinde Türk Havacılık ve Uzay Sanayi tesislerinde düzenlenen törenle hangardan çıkarılmıştır (Görsel 1.4).



Görsel 1.4: Üretimi Tusaş'a ait yerli İHA: Anka

AKSUNGUR Yüksek Faydalı Yük Kapasiteli İHA

Kesintisiz çok rollü istihbarat, kalkıştan inişe kadar otonom uçuş, keşif ve taarruz, gündüz/gece istihbaratına sahip İHA sistemidir. Aksungur 25000 ft'e kadar uzun süreli operasyonlara imkân veren iki adet çift turbo şarjlı dizel motora sahiptir (Görsel 1.5).



Görsel 1.5: Üretimi TUSAŞ'a ait yerli İHA: Aksungur

Geçmişte daha çok savunma sanayisinde kullanılan İHA'lar günümüzde yaşamın tüm alanlarında sıkça görülmektedir. Sağlık, tarım (zirai), sosyal medya uygulamaları, maden arama, uzaktan algılama faaliyetleri, fotogrametri, istihbarat ile güvenlik, yangın izleme ve söndürme (Görsel 1.6), kıyı ve sahil şeridinin gözlenmesi, haritacılık (Görsel1.7), arama / kurtarma çalışmaları, çevre gözlemleri ve kontrolü, kirlilik tespiti, kentsel dönüşüm çalışmaları, doğal afetlerin izlenmesi, arkeolojik çalışmalar, taşımacılık, doğal gaz-petrol boru hattı çalışmaları, enerji nakil hattı, deniz ulaşım yolları, kara yolları, demir yolları, havaalanları, yol ve hatların gözetlenerek korunmasına yardımcı olmak, toplulaştırma projeleri, zamansal değişim analizleri gibi birçok amaç için kullanılmaktadır.



Görsel 1.6: İHA ile yangın söndürme



Görsel 1.7: Arazi toplulaştırması (haritacılık)

İHA'lar, bunların yanı sıra anlık ya da genel hedef belirleme, barış zamanında genel gözetim, anlık hava tahmini, kapalı havalarda rota belirleme, uçak pistlerinin güvenliği, hasar belirleme çalışmaları, düşman takibi, yön bulma gibi farklı faaliyetlerde de kullanılır. İHA'lar, son yıllarda teknoloji ve bilimden beslenen haritacılık sektöründe de var olmaya başlamış, haritacılık sektörünün kendi içinde farklı alanlarında kullanılabildiği gibi haritacılık sektöründe büyük küçük tüm işletmelerin büyüme ve gelişme hızlarını artırmıştır. Dronelar sayesinde ticari işletmeler rakiplerinin önüne geçmiştir (Görsel.1.8).



Görsel 1.8: Drone ile haritalama

Sıra Sizde



İHA'ların hangi tür haritacılık faaliyetlerinde kullanılabileceğini sınıfta gruplara ayrılarak tartışınız.

İHA Kullanımının Güçlü ve Zayıf Noktaları

Dronelerin kullanımı avantajlar ve dezavantajlar sunar. Dronelar; gözlem, harita yapımı, tarım izleme, güvenlik, eğlence ve daha birçok alanda çeşitli avantajlar sunar (Tablo 1.1). Ancak dronelerin kullanımında bazı dezavantajlar da söz konusudur. Gizlilik endişeleri, hava trafiği yönetimi, güvenlik tehditleri, düzenlemeler ve teknik sorunlar dronelerin kullanımını sınırlayabilir ve karmaşık hâle getirebilir. Bu nedenle dronelerin kullanımında sorumlu ve düşünceli davranılması, yerel düzenlemelere uyulması önemlidir.

Tablo 1.1: İHA Kullanımının Güçlü ve Zayıf Yönleri

Güçlü Yönleri	Zayıf Yönleri
<ul style="list-style-type: none"> • Uçuş sırasındaki olası kazalarda can kaybı yaşanma ihtimalinin düşük olması • Tecrübeli eleman ihtiyacının pilot yetiştirme maliyetine göre düşük olması • Riskli durumlarda ve ulaşılamayan bölgelerde kolay kullanılabilmesi • İnsanlı uçaklara göre yapım maliyetinin düşük olması 	<ul style="list-style-type: none"> • Havada kalma süresinin kısa olması • Uçuş yüksekliğinin sınırlı olması • Taşıma kapasitesinin düşük olması • Tehlike algılama yeteneği daha zayıf olması • İHA ile bağlantının kopması durumunda tehlike oluşturabileceği • Rüzgâr gibi hava şartlarından etkilenmesi

Sıra Sizde



Haritacılıkta İHA kullanımında karşılaşılabilecek olumsuz durumları tartışınız.

İHA'ların tüm hava araçlarından temel farkı kontrolün kokpitte bulunan bir pilot tarafından kontrol edilmesidir. İHA'lar, uzaktan kumandalı ya da otonom olarak kontrol edilen ve faydalı yük taşıyan araçlardır. İHA'lar için kullanım amaçlarına göre çeşitli sınıflandırmalar mevcuttur. Burada en önemlileri üzerinde durulmuştur. Harita mühendisliği açısından kontrol şekline göre uzaktan kumandalı ve uzaktan kumandasız (otonom) İHA'lar ayrıntılı anlatılmıştır. İHA çeşitleri şu şekilde sıralanır:

1.1.1. Kontrol Sistemine Göre Sınıflandırma

Otonom İHA'lar: İnsan müdahalesine ihtiyaç duymadan otomatik olarak uçabilen başka bir ifadeyle otonom ya da yarı otonom yapan İHA'lar.

Uzaktan Kumandalı İHA'lar: Operatör tarafından uzaktan kumanda edilen İHA'lar.

1.1.2. Kullanım Amaçlarına Göre Sınıflandırma

Askerî İHA'lar: Savunma, istihbarat, gözetleme ve saldırı amaçları için kullanılır.

Sivil İHA'lar: Ticari, araştırma, medya, acil durum hizmetleri ve diğer sivil amaçlar için kullanılır.

Ticari İHA'lar: Harita oluşturma, fotoğraf ve video çekimi, tarım izleme gibi ticari amaçlar için kullanılır (Görsel 1.9).



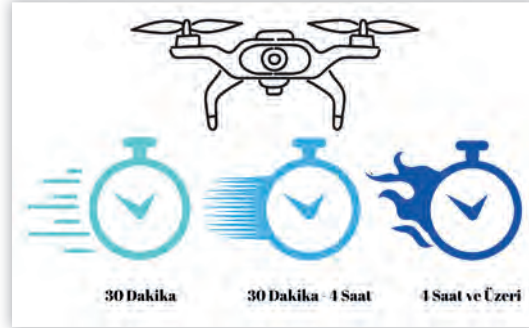
Görsel 1.9: Kullanım amaçlarına göre İHA'lar

1.1.3. Uçuş Süresine Göre Sınıflandırma

Kısa Menzilli İHA'lar: Genellikle 30 dakika veya daha az uçuş süresine sahiptir.

Orta Menzilli İHA'lar: Uçuş süresi 30 dakika ile 4 saat arasında değişir.

Uzun Menzilli İHA'lar: Daha uzun uçuş sürelerine sahiptir. Bazıları günlerce veya haftalarca havada kalabilir (Görsel 1.10).



Görsel 1.10: Uçuş süresine göre sınıflandırma

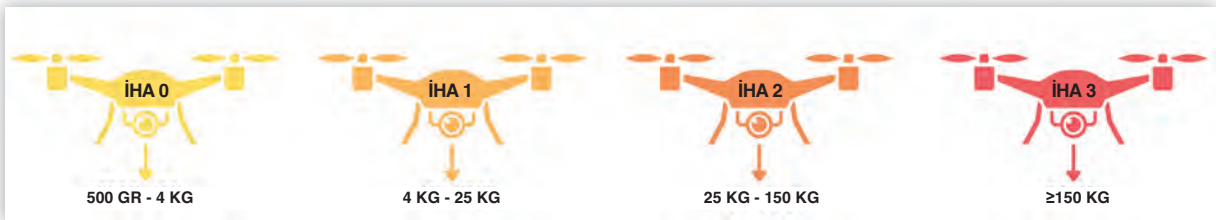
1.1.4. Taşıma Kapasitesine Göre Sınıflandırma

İHA0: Azami kalkış ağırlığı 500 g (dâhil)–4 kg aralığında olan İHA'lar.

İHA1: Azami kalkış ağırlığı 4 kg (dâhil)–25 kg aralığında olan İHA'lar.

İHA2: Azami kalkış ağırlığı 25 kg (dâhil)–150 kg aralığında olan İHA'lar.

İHA3: Azami kalkış ağırlığı 150 kg (dâhil) ve daha fazla olan İHA'lar (Görsel 1.11).



Görsel 1.11: Taşıma kapasitesine göre sınıflandırma

1.1.5. Uçuş Kurallarına Göre Sınıflandırma

Görerek Uçuş Kuralları: Bir pilot gözlemi ile denetiminde yapılan ve gün ışığından faydalanılan zaman diliminde gerçekleştirilen uçuştur.

Aletli Uçuş Kuralları: Otopilot kontrol sistemi devrede olan uçuştur. Uçuş, gece gibi gün ışığından faydalanılamayan zamanlarda da gerçekleştirilir.

Görerek Aletli Uçuş Kuralları: Bazen uçuşun havalanma gibi ilk kısımları görerek uçuşta, asıl uçuş ise alete dayalı uçuşta değerlendirilebilir. Bu tip uçuşlar da **görerek aletli uçuş** olarak adlandırılabilir.

1.1.6. Kanat Yapısına Göre Sınıflandırma

- Sabit kanat (uçak) (Görsel1.12)
- Döner kanat (helikopter) (Görsel1.13)
- Vtol İHA sistemi (Vertical Take off and Landing) (Görsel 1.14)



Görsel 1.12: Sabit kanatlı İHA



Görsel 1.13: Döner kanatlı İHA



Görsel 1.14: Vtol İHA sistemi Kanatlı İHA

1.1.7. Motor Tipine Göre Sınıflandırma

- Gaz türbinli motorlar
- Rotary (wankel) içten yanmalı motorlar
- Hibrit motorlar
- Hidrojen yakıt hücreli motorlar
- Benzinli motorlar
- Elektrikli motorlar
- Servo motorlar



Bilgi Notu

Ulusal hukukta İHA'ların sınıflandırılmasında temel ölçüt olarak azami kalkış ağırlığı baz alınır.

1.1.8. Uzaktan Kumandalı İHA'lar ve Özellikleri

İHA'ların temelini, 1900'lü yılların başlarında uçan balonların silahlarla donatılarak savaşlarda kullanılması ve benzer tarihlerde uzaktan kumandalı mini uçakların ortaya çıkması oluşturmuştur. II. Dünya Savaşı'nda pilot kayıplarını azaltmak için genellikle bölgesel keşif amaçlı, uzaktan kumandalı İHA'lar kullanılmıştır. İlk İHA'lar, navigasyon ve otonom sistemlerin gelişmesinden önceye dayandığı için uzaktan kumanda yardımıyla kullanılan uçaklar olarak tanımlanabilir. Uzaktan kumandalı dronelar, yerde elinde bir kumanda modülü ile anlık kontrol sağlayan bir İHA pilotuna ihtiyaç duymaktadır. İHA pilotu, uçuşu İHA'yı anlık görerek ya da İHA üzerinde bulunan kamera ile görüntü alarak sağlar.

1.1.9. Kumandasız (Otonom / Yarı Otonom) İha'lar ve Özellikleri

İHA'lar günümüzde sadece uzaktan kumanda edilebilir uçaklar olmanın ötesinde özellikler kazanmıştır. Ayarlanmış bir rotada ilerleyebilen ve kendilerine atanan görevleri icra edebilen başka bir deyişle otonom (oto pilot yardımcı) olarak kullanılan kumandasız araçlara dönüşmüşlerdir. Bu sistemde de uzaktan kumanda sistemi vardır. İHA'lar, üzerlerinde bulunan konum, ivmeölçer, açı ölçer, barometrik basınç sensörleri ve diğer sensörler yardımıyla bu plana göre yarı otonom ya da otonom olarak uçuş sağlar. Hava araçları, uzaktan kontrol edilerek ya da Küresel Konumlama Sistemi (GPS) ile bütünleşik yazılım kontrollü sistemleri aracılığıyla oluşturulan uçuş planları sayesinde bağımsız olarak uçar. İHA'larda gelişen yön bulma ve otonom olarak kullanılma teknolojilerine bağlı olarak kullanım alanları oldukça geniş bir alana yayılmıştır. Bu sistemler, pilot kontrollü uçuşlara göre büyük avantajlar sağlamaktadır. Otopilot yazılımına yüklenmiş veriler ile uçuşlar kolaylıkla sağlanır. Batarya kritik seviyede olduğunda İHA'yı önceden belirlenen güvenli bölgeye indirir. Engel algılama sensörleri sayesinde anlık kontrol edilir ve olası çarpışmalar engellenir. İHA otopilot sistemi üzerinde çalışan uçuş yazılımının temel görevi, uçuş emniyetini sağlamaktır. Uçuş rotası ve görevler, uçuş öncesinde sisteme yüklenir ve sensör verilerine göre görevler yapılır.

1.2. İNSANSIZ HAVA ARACI DONANIMLARI

İHA'ların donanımları kullanım amaçlarına göre çeşitlilik gösterebilir. Genellikle gövde, kanat, motor ve yönlendirici ekipmanlar, birçok İHA'da ortaktır. Bu donanımların fonksiyonları ve tasarımları, özellikle kullanım amacına bağlı olarak değişebilir. Aynı türdeki iki dronenin donanımı arasında büyük farklılıklar olabilir çünkü her birinin farklı ve belirli bir görevi vardır.

İHA'ların temel parçaları genellikle benzerdir. Bu parçalar kullanım amaçlarına bağlı olarak gövde yapıları, motorlar, pervaneler, kanatlar, alıcı sistemleri, kameralar gibi özelliklerde farklılıklar gösterebilir. Sensörler, kameralar ve diğer faydalı yükler her İHA'da bulunmayabilir. Bunlar, özel görevler için eklenmiş özel ekipmanlardır (Görsel 1.15).



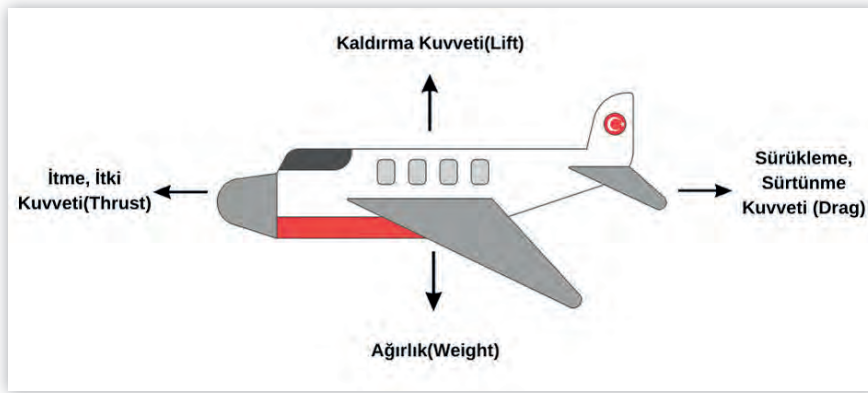
Görsel 1.15: Drone donanımları

Bu nedenle İHA'ların donanımları değerlendirilirken kullanım amaçları ve görevleri dikkate alınmalıdır. İHA'ların çalışma prensiplerini, donanımlarının nasıl optimize edildiğini ve hangi özelliklere sahip olduğunu anlamak birçok açıdan önem taşımaktadır.

1.2.1. İHA Çalışma Prensibi

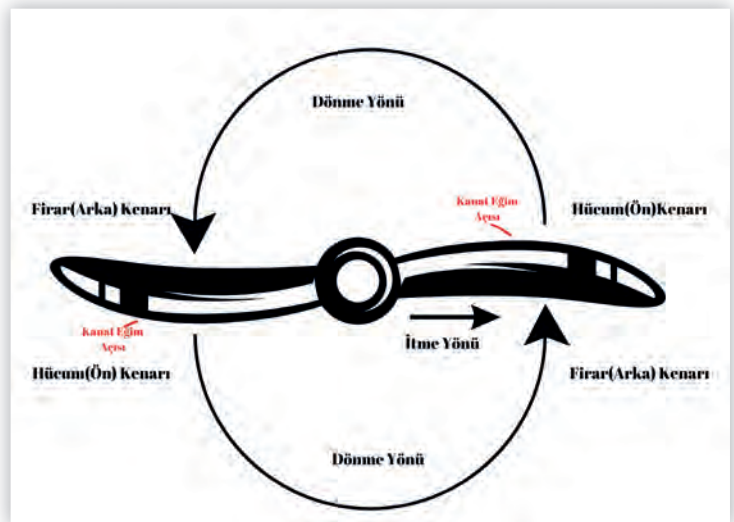
Uçabilen canlılar ve insansız hava araçları, aerodinamik kuvvetler sayesinde uçuşlarını gerçekleştirebilir ve havada kalabilir. Aerodinamik, hareket eden katı cisimlerin hava ile etkileşimini inceleyen bir bilim dalıdır. İHA'ların tasarımında kuşların kanat, kuyruk ve vücut yapıları model alınmış; günümüzdeki uçabilen sistemler geliştirilmiştir. Pervane sistemleri ve kanat-kuyruk yapıları, bu uçabilen sistemlerin temel aerodinamik elemanlarıdır.

Sabit kanatlı ve döner kanatlı İHA'ların çalışma prensipleri farklıdır. Sabit kanatlı İHA'ların kambur kanatları, altlarındaki hava akışını üsttekinden daha yavaş hızlandırır. Böylece kanat altında basınç, üsttekinden daha fazla olur. İHA ilerledikçe bu basınç farkı artar ve belirli bir noktada, kanatların yükselmesini sağlayacak bir basınç oluşur. İstenilen yüksekliğe ulaşıldığında, basınç sabitlenir ve İHA sabit bir irtifada kalır. İniş durumunda ise hız düşürülerek kanat üstündeki basınç artırılır ve İHA alçalmaya başlar (Görsel 1.16).



Görsel 1.16: Sabit kanatlı hava araçlarına etki eden kuvvetler

Sabit kanatlı İHA'lar kaldırma kuvvetini kanat, kanat yapıları, kuyruk ve kuyruk yapılarının aerodinamik özelliklerini kullanarak elde eder. Döner kanatlı İHA'lar ise pervane yapılarını kullanır. Döner kanatlı İHA'lar dikey iniş ve kalkış yapabilir. Bu nedenle döner kanatlı İHA'lar için itme kuvveti dikey ekseninde oluşur ve pervanelerin dönmesiyle bu itme kuvveti sağlanır (Görsel 1.17).



Görsel 1.17: Pervanelerin dönme hareketi ile itme kuvvetinin oluşumu

1.2.2. Gövde (Frame)

Gövde; pervaneler, batarya, kartlar, kamera (her drone'da olması zorunlu değil) başta olmak üzere tüm parçaların bağlı olduğu temel parçadır. Drone gövdesi olabildiğince hafif ve sağlam olmalıdır. Bu sayede bataryadan gelen güç, dronenun havada kalması ve faydalı yükün taşınması için kullanılacaktır. Drone-nun taşıyacağı yük ve havada kalma süresine göre gövdenin ağırlığı değişkenlik gösterir. Gövdeler kullanım amaçlarına göre değişmekle birlikte karbon fiber, ahşap, cam fiber, alüminyum ya da yüksek kaliteli plastik-lerden üretilmektedir.

Gövdeler X tipi, H tipi, sıkıştırılmış X tipi, V kuyruk tipi, + tipi olarak şekillerine ve kol sayılarına göre 4 kollu, 6 kollu veya 8 kollu olarak ayrılır (Görsel 1.18).



Görsel 1.18: Kol sayılarına göre drone gövdesi tipleri

1.2.3. Pervane

İHA'nın saat yönünde veya saat yönünün tersinde dönerek havalanmasını sağlayan parçası pervane-lerdir. Pervaneler kullanım amacına göre plastik ve karbon fiber olarak üretilir. Pervanenin üretildiği malze-menin türü, pervanenin sertliğini ve dayanıklılığını etkiler. Dayanıklı plastik pervaneler, uzun süre dayanma-ları ve ekonomik olmaları nedeniyle tercih edilir. Karbon fiber pervaneler, plastik pervanelere göre daha sert ve dayanıklıdır. Aynı zamanda sert olmaları nedeniyle daha az titreşir ve daha az ses üretir.

Pervaneler iki kanatlı pervane, üç kanatlı pervane ve dört kanatlı pervane olmak üzere ayrılır (Görsel 1.19).



Görsel 1.19: Dronelerde kullanılan pervane türleri

1.2.4. Motor

Motor, itiş gücü ile pervanelerin dönmesini sağlayarak dronenun uçuşunu gerçekleştirir. İHA'lar motor sayısına göre isimlendirilir. **Rotor**, genel olarak motorların dönen kısımlarına verilen isimdir. 2 ya da daha fazla sayıda motora sahip olan dronelara **çoklu (multi) rotor** denir.

Bilgi Notu

Rotor bir diğer anlamıyla makinelerin dönen bölümüne verilen isimdir.

Drone motorları; dronenun büyüklüğü, dronenun kullanım amacı ve bütçeye göre seçilir.

Drone motorları şunlardır:

Rotary İçten Yanmalı Motor: Rotary motor, radyal motorların geliştirilmesinde öncüdür. Savaş uçaklarında yaygın olarak kullanılmıştır. Rotary veya döner motor, wankel ve radyal (yıldız tipi) motorlarla karıştırılır. Görünüm ve çalışma prensipleri bakımından bu iki tip motorla benzerlikleri olsa da tamamen farklı motor türüdür. Rotary motorlar, içten yanmalı motorlardır.

Gaz Türbinli Motor: Güvenilir, pistonlu ve döner motorlardan daha büyük bir güce sahiptir. Ancak pahalı olmaları nedeniyle büyük İHA'larda kullanılır.

Hibrit Motorlar: İçten yanmalı motor ve pil kullanan H modele sahiptir. Enerji yükü iki sistem arasında paylaşılır. Bu sayede daha küçük ve verimli motor kullanımı sağlanır. Bu sistemle çalışan İHA'lar, benzer boyutta pil ve yakıtla çalışan İHA'lara göre daha uzun süre çalışır.

Hidrojen Yakıt Hücreli Motorlar: Yakıt hücreleri bir motora güç sağlamak için kullanılacak bir elektrik akımı üretmek için hidrojen kullanır. Hidrojen pile göre daha fazla enerji üretir. Maliyeti yüksek olup hidrojenin depolanması ve taşınması zordur.

Benzinli Motorlar: İçten yanmalı benzin kullanan motorlardır. Benzinin oksijen ile oluşturduğu karışım sonucunda yanma olur. Yanma için buji kullanılır. Patlamanın ortaya çıkardığı basınç piston ile hareket enerjisine dönüşür.

Elektrikli Motorlar: Elektrik motoru, elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren sistemdir. Elektrik motorları, sabit (stator) ve diğeri kendi çevresinde dönen (rotor) iki ana parçadan oluşur. Elektrikli motorlar, **fırçalı dc motor** ve **fırçasız dc motor** olmak üzere ikiye ayrılır (Görsel 1.20).

Servo Motorlar: İHA'ların dönüş yapmasını sağlayan ana parçalardır. Servo elektrikli motoru sayesinde uçağın kanatlarında bulunan flapları hareket ettirir. Böylelikle uçak sağa sola ya da aşağı yukarı hareket eder. Otopilot ile hangi hareket yapılması gerekiyorsa servo motor ile uçağın hareketi denetlenir (Görsel 1.21).



Görsel 1.20: Elektrikli motor



Görsel 1.21: Servo motor

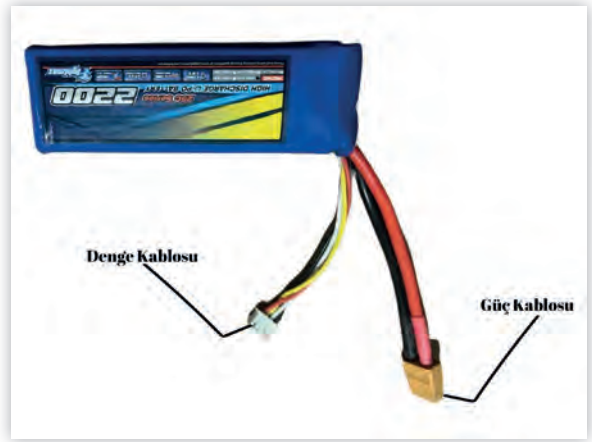
1.2.5. Batarya

Dronenin güç ihtiyacını sağlayan sistemdir. Drone'un kullanım süresi batarya kapasitesi ile doğrudan ilgilidir. Dronenin batarya gücüne bağlı olarak havada kalma süresi değişkenlik gösterir. Dronenin havada şarj edilebilmesi için çalışmalar günümüzde devam etmektedir. Aynı zamanda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı konusunda çalışmalar vardır.

Bataryalar genellikle **Lityum Polimer (Li-Po)** ve **Nikel Metal Hibrid (NiMH)** olarak ayrılır. Li-Po bataryalar sıvı elektrolit yerine polimer elektroliti kullanarak tekrar şarj edilebilen bir batarya çeşididir (Görsel1.22). Batarya performansını voltaj, kapasite deşarj gibi nitelikler etkiler. Lipo bataryalar hücre sayısı, seri ve paralel bağlantılarıyla tanımlanır. S, burada hücre sayısını temsil eder ve 1S, 2S, 3S, 4S, 5S, 6S olarak çeşitleri bulunur. Bir Li-po pil dolu iken 4,2 V, boş iken 3 V değere sahiptir. Gerilim değeri, hücre sayısı artıka hücre sayısının katı olarak artış gösterir. Li-po piller hem seri hem paralel olarak bağlanabilir. Örneğin Li-po pilde seri 4 hücre var ise 4S, paralel bağlı 3 hücre varsa 3P olarak isimlendirilir. 4 hücre seri, 2 hücre paralel ise 4S2P olarak isimlendirilir. Temelde bu rakamlar ne kadar yüksek olursa batarya o kadar güçlü olur ve daha uzun süre çalışır. Ancak burada pilin fiziki boyutunun ve ağırlığının artacağı unutulmamalıdır. Pillerde kapasite (C) değeri, pilin verebileceği maksimum akımı belirler.

Li-po pil kullanırken dikkat edilmesi gereken kurallar şunlardır:

- Kısa devre edilmemelidir.
- Ezilmemeli ve sıvı ile temas ettirilmemelidir.
- Yanmayacak kutularda saklanmalıdır.
- 3,5 V altında deşarj edilmemelidir.
- Maksimum performansa ve bitene kadar kullanılmamalıdır.
- Kapasitelerinin üstünde kullanılmamalıdır.



Görsel 1.22: Li-po pil

Sıra Sizde

Yenilenebilir enerji kaynaklarından (güneş, rüzgâr vb.) yararlanarak drone bataryaları üretilmesi konusunda sınıfta guruplar oluşturarak tartışınız.

Bilgi Notu

Ömrü biten Li-po piller, çöpe atılırken çevreye zarar verilmemesi için sofr tuzu sıcak su ile karıştırılarak doymuş tuzlu su çözeltisi elde edilmelidir. Li-po pil daha sonra en az 24 saat bu çözeltide bekletilmelidir. Tuzlu su iletken olduğu için pil daha kısa sürede deşarj olacaktır.

1.2.6. Uçuş Denetleyicisi

Uçuş denetleyicisi, dronenun beyni olarak görev yapan ve tüm sistemi kontrol etmek için kullanılan parçadır. Uçuş kontrolörünün çekirdeği genellikle programlanabilir bir **mikro denetleyicidir**. Uçuş denetleyicisi; ivmeölçer, jiroskop, barometre, pusula, GPS vb. olmak üzere birçok sensöre sahiptir.

İvmeölçer: İHA'nın hareketi sırasında stabil bir uçuş için 3 eksen den ivmeölçer ve küçük hareketleri bile algılamasını sağlar.

Dijital Pusula: İHA'nın uçarken baktığı yönü bulabilmesini ve havada hareketsiz kalabilmesini sağlar. Pusulalar manyetik alanlardan etkilendiği için uçuşlardan önce kalibre edilmelidir.

Jiroskop: 3 eksen de açısal denge sağlayarak dronenun çevresinde dönmeden düz ilerlemesini sağlar.

Barometre: Ortam basıncını ölçerek İHA'nın hangi yükseklikte uçtuğunu bildirir.

Uçuş denetleyicisi, uçakları tek başına kontrol edebiliyorsa başka bir ifadeyle bir kullanıcının kontrolünü gerektirmiyorsa **otopilot** olarak adlandırılır.

1.2.7. Güç Dağıtım Kartı

Güç dağıtım kartı (PDB), gücün dağıtımını gerçekleştirir. Uçuş bataryasından gelen gücü elektronik hız denetleyicisine, kamera ya, LED kuyruk ışıklarına, uçuş denetleyicisi gibi diğer parçalara güç olarak dağıtır (Görsel 1.23).

1.2.8. Elektronik Hız Denetleyicisi

Motorların her birinin uçuş kontrol cihazı tarafından ayrı ayrı kontrol edilmesini sağlayan sistemdir. Electronic speed controller [elektronik hız kontrol] başka bir ifadeyle **elektrikli hız kontrol cihazı** olarak ortaya çıkabilir. ESC'ler, motora giden elektrik basıncını düşürerek motorun hangi devirde döneceğini belirler (Görsel 1.24).

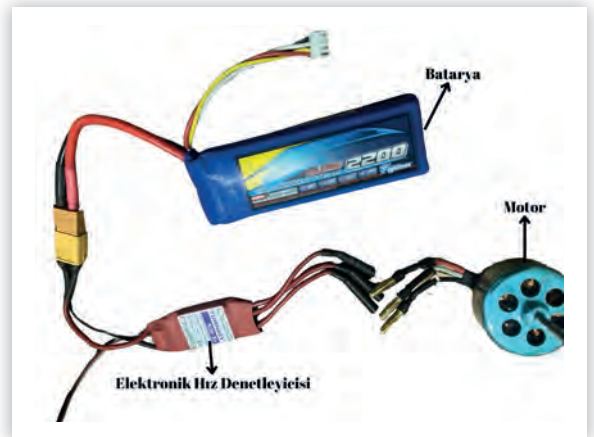
Elektronik hız denetleyicisinin görevleri şunlardır:

- Elektrikli motora giden hızı kontrol eder.
- Bataryadan gelen akımı düzenler.
- Motorun tersine dönmesini sağlar (Motor bağlantı uçlarının sayısı motor dönme yönünü değiştirir.).
- Motorun dinamik frenleme yapmasını sağlar.

ESC'ler yüksek akımda çalıştığı için üzerinde uygun soğutucu olmalıdır.



Görsel 1.23: Güç dağıtım kartı



Görsel 1.24: Elektronik hız denetleyicisi ve bağlantıları örneği

Bilgi Notu

ESC'nin kullanacağı motorun teknik özellikleri (volt ve amper) fırçalı ve fırçasız motor tipine göre seçilir.

1.2.9. Alıcı

Alıcı, harici kaynaklardan (radyo vericisi) aldığı bilgileri (sinyal) toplayarak beyne (uçuş denetleyicisi) aktaran kısımdır (Görsel 1.25). Radyo sinyallerinin alınmasını sağlayan antenleri vardır. Alıcılar belirli işleri gerçekleştirmek ve uçuş modlarını aktifleştirmek için yardımcı kanallara sahiptir.

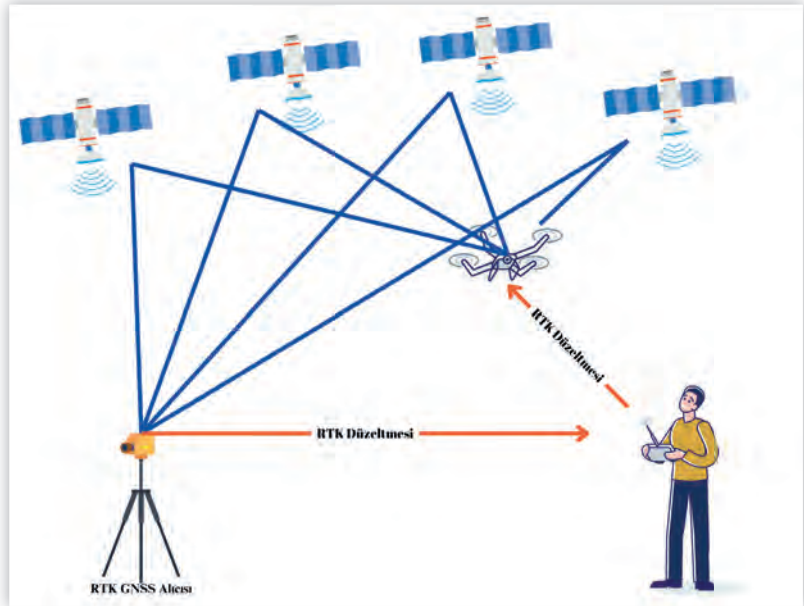


Görsel 1.25: Alıcı

Haritacılıkta Kullanılan İHA'lardaki GNSS Alıcılarında RTK ve PPK Ölçüm Yöntemleri

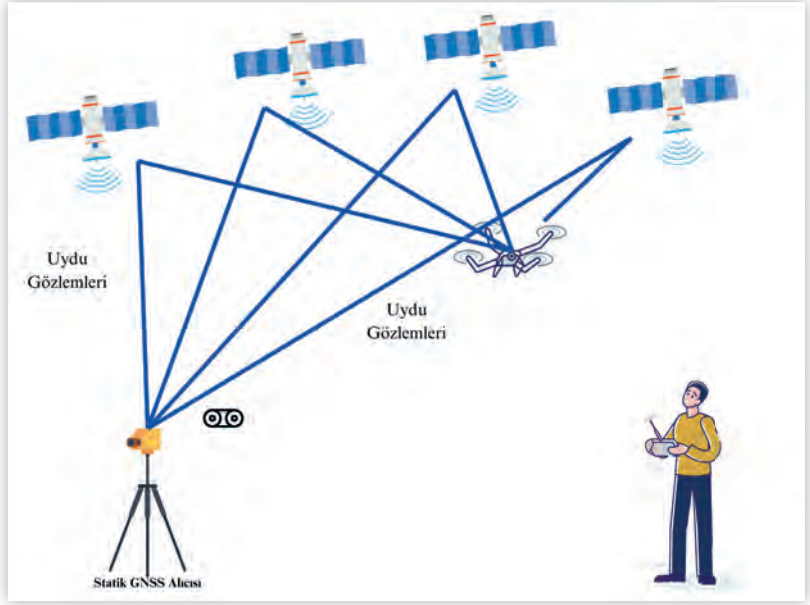
İHA'lar, elde edilen verilerin coğrafi koordinatlandırılması için sistemlerinde GNSS alıcı / antenlere sahiptir. İHA'lara eklenen özellikler ile yüksek hassasiyette ölçümler yapılmaktadır. RTK / PPK özelliği bulunan İHA'lar da uçuş esnasında fotoğraf çekim noktasının konumunu hassas bir şekilde elde edebilmektedir. Böylece çekilen fotoğraflar hassas koordinatlı bir şekilde elde edildiğinden fotoğraf birleştirme işlemi daha doğru bir şekilde gerçekleşmektedir. Günümüzde bu tekniklerden en popüler olanı, gerçek zamanlı konum hesaplama imkânı veren RTK [Real Time Kinematic (reel taym kinematik)] tekniğidir. Bir diğer teknik olan PPK [Post Process Kinematic (post proses kinematik)] ise özel uygulamalar veya gereksinimler için tercih edilir.

RTK'lı ölçmelerde yerdeki sabit GNSS alıcısı ve havada görevine devam eden İHA, eş zamanlı uydu gözlemleri yapar. Bu gözlemler, GNSS alıcısından kumandaya veya direkt olarak İHA'ya aktarılır. Bu gereksinimler yerine getirildiğinde fotoğraftaki orta noktalarının konumları birkaç cm hassasiyetinde hesaplanmış olur. Arazide sabit bir GNSS alıcısının kullanılması istenmediğinde GSM modem desteği olan İHA kumandası direkt olarak TUSAGA-AKTİF gibi bir sağlayıcıya bağlanır; RTK düzeltmelerini İHA'ya iletir (Görsel 1.26).



Görsel 1.26: RTK'lı İHA'nın çalışma prensibi

Bir diğer yöntem PPK [Post Process Kinematic (post proses kinematik)] tekniğidir. Bu teknikte GNSS alıcısı ve havada görevine devam eden İHA, eş zamanlı yaptıkları uydu gözlem verilerini GNSS alıcısı ve PPK modülü içine kaydeder. Bu gereksinimler yerine getirildiğinde ve veriler sonradan ofiste işlendiğinde fotoğraf orta noktalarının konumları cm veya altında bir hassasiyette hesaplanmış olur. Burada RTK'de olduğu gibi sabit bir GNSS alıcısını taşımak istenilmezse GSM modem desteği olan İHA kumandası direkt TUSAGA AKTİF (CORS TR) gibi bir sağlayıcıya bağlanabilir (Görsel 1.27).



Görsel 1.27: PPK'lı İHA'nın çalışma prensibi

Bilgi Notu

TÜBİTAK destekli Kamu AR-GE projesi kapsamında yürütülen ve 2009 yılında tamamlanan Türkiye Ulusal Temel GNSS Ağı-Aktif (TUSAGA-Aktif) Sistemi, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) ve Harita Genel Müdürlüğü (HGM) müşterek mülkiyetinde işletilmektedir. TUSAGA-Aktif Sistemi, ülkemiz ve Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti (KKTC) genelinde tesis edilmiş 167 adet Sabit GNSS İstasyonu ile TKGM ve HGM'de bulunan Kontrol ve Analiz Merkezlerinden oluşmaktadır. TUSAGA-Aktif sistemi ile Türkiye ve KKTC genelinde herhangi bir yer ve zamanda yeterli sayıda GNSS uydusu görüldüğü öğrenilebilmektedir. İletişim imkânlarının mümkün olduğu yerlerde birkaç saniye içerisinde santimetre doğruluğunda, gerçek zamanlı harita ve konum bilgilerine ulaşılabilmektedir.

RTK ve PPK yöntemlerinin olumlu ve olumsuz yönleri şunlardır:

Tablo 1.2: PPK'nin Güçlü ve Zayıf Yönleri

Güçlü Yönler	Zayıf Yönler
<ul style="list-style-type: none"> GNSS alıcısı ile İHA'nın kendisi ve GNSS alıcısı ile İHA kumandası arasında bağlantı kurulmasına gerek yoktur. PPK yöntemi RTK'ye göre daha güvenli kabul edilir. Uçuş öncesi hazırlık ve kurulum süreci RTK'ye göre daha kısadır. 	<ul style="list-style-type: none"> Hesaplama işlemleri uçuş sonrası yapılır.

Tablo 1.3: RTK'nin Güçlü ve Zayıf Yönleri

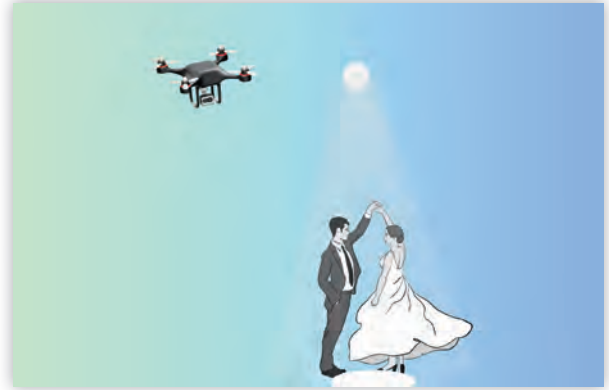
Güçlü Yönler	Zayıf Yönler
<ul style="list-style-type: none"> Fotoğraf orta noktasının koordinatını uçuş anında hesaplar. Arazide GNSS alıcısı yok ise Tusaga Aktif gibi RTK'li düzeltme ağlarına bağlanabilir. 	<ul style="list-style-type: none"> GSM şebekesinin ölçüm alanında sinyal bağlantısının olması gerekir. Bağlantı koptuğu zaman çekilen fotoğraflar, görüntü işleme sırasında sorun oluşturur. Uçuş sonrası verilerin yeniden hesaplanması sınırlı olduğu için veri kayıpları olabilir. Sabit istasyonda olabilecek konum hatası uçuş sonuçlarını olumsuz etkiler.

1.2.10. Kamera

Kameralar İHA'nın boyutuna, yük taşıma kapasitesine, üretim amacına, donanım kalitesine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Her İHA'da kamera bulunmaz. Kameralı modeller fotoğrafçılık, pilot gözü ile uçuş, haritacılık, fotogrametri, hobi amaçlı çekimler vb. işlerde kullanılmaktadır (Görsel 1.28). Haritacılık uygulamalarında görüntüleme sistemi ve bu sistemden elde edilen veriler büyük öneme sahiptir. Bu nedenle kamera donanımı ve kameraların özellikleri oldukça önemlidir.

Dronelarda kamera çözünürlüğü, kamera görüş açısı ve video kare hızı özellikleri ön plana çıkmaktadır. Kamera çözünürlüğü günlük yaşantıda kullanıldığı gibi megapiksel (MP) değeri ile ifade edilir.

Megapiksel değeri arttıkça görüntü netliği ve kalitesi de artış gösterecektir. Kamera görüş açısı üzerinde uçulan arazinin eş zamanlı olarak panoramik görüntüsünü alınır. Bu aşamada herhangi bir noktanın görüntüsünün kaçırılmaması oldukça önemlidir. Dronenin görev bölgesinden pilota gönderdiği canlı videoları akıcı olarak göndermesi videokare hızı ile bağlantılıdır. Drone kameraları işlev ve pozisyonlarına göre fiziksel olarak farklılık gösterebilmektedir (Görsel 1.29).



Görsel 1.28: Fotoğrafçılıkta drone kullanımı



Görsel 1.29: Drone kamerası çeşitleri

1.2.11. Kumanda

Drone kumandası, bir dronenu uzaktan kontrol etmek ve yönlendirmek için kullanılan bir cihazdır. Uzaktan kumanda veya denetleyici olarak adlandırılan bu cihazlar, kullanıcıların dronenun uçuş ile hareketini kontrol etmelerini ve çeşitli işlevleri gerçekleştirmesini sağlar. Drone kumandalarında genellikle kablosuz bağlantı teknolojileri kullanılarak drone ile kumanda arasında veri iletimi sağlanır (Görsel 1.30, 1.31).



Görsel 1.30: Mobil cihaz bağlanan kumanda

Drone kumandalarının temel işlevleri şunlardır:

Yön Kontrolü: Kumanda, dronenun yönünü belirleme ve değiştirme yeteneği sağlar.

Hız Kontrolü: Dronenun hızını ayarlama imkânı sunar.

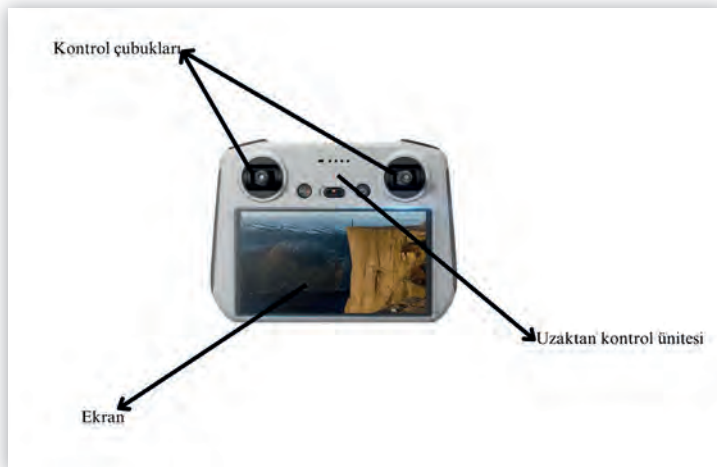
Yükseklik Kontrolü: Kumanda, dronenun uçuş yüksekliğini ayarlama yeteneği sağlar.

İniş ve Kalkış: Kumanda, dronenu kaldırma ve indirme işlemlerini kontrol etme görevini üstlenir.

Gimbal Kontrolü: Bazı gelişmiş kumandalar, kameralı dronelar için gimbal kontrolü gibi özel fonksiyonları yönetme yeteneğine sahiptir.

Mod Seçenekleri: Drone kumandaları genellikle farklı uçuş modları, otomatik pilot özellikleri, önceden belirlenmiş rotalar gibi çeşitli modları destekler.

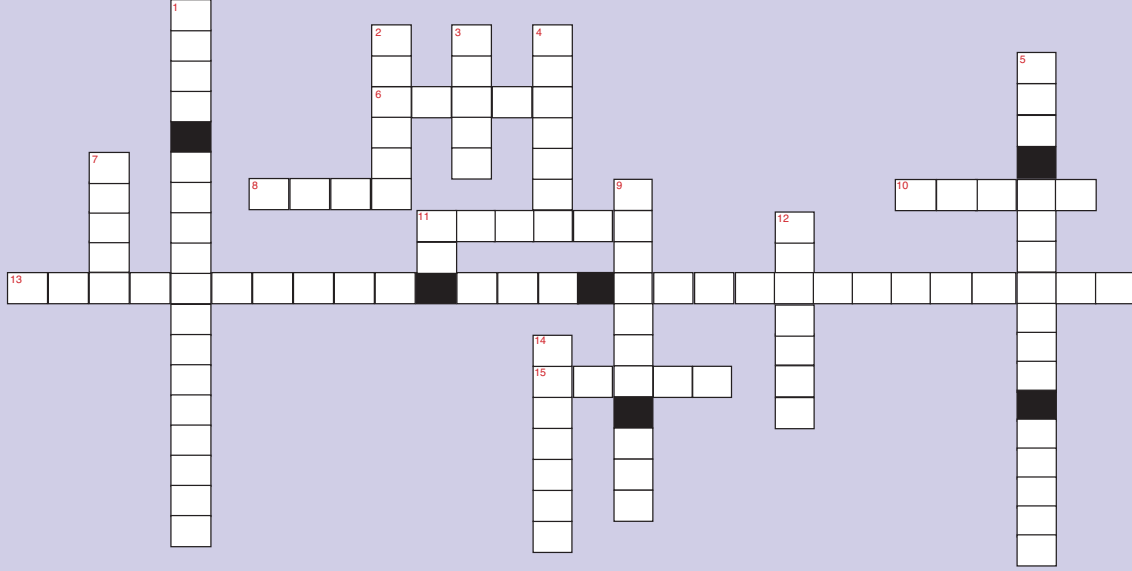
Bağlantı Kontrolü: Kumanda, drone ile güvenli bir bağlantı sağlar ve kullanıcıya uçuş sırasında bilgi iletimini gösterir.



Görsel 1.31: Kendinden ekranlı kumanda

Etkinlik
Bulmaca

Verilmiş olan soruların cevaplarını her kutucuğa bir harf gelecek şekilde doldurarak bulmacanın çözümünü yapınız.



Yatay		Düsey	
6	İtiş gücü ile pervanelerin dönmesini sağlayarak dronunun uçuşmasını gerçekleştirir.	1	Dronenin beyni olarak görev yapan ve tüm sistemi kontrol etmek için kullanılan parçadır.
8	Dikey iniş kalkış yapma yeteneğine sahip İHA sistemleridir.	2	Kameralı dronelerde kontrol gibi özel fonksiyonları yönetme yeteneğine sahiptir.
10	Pervaneler, batarya, kartlar, kamera (her drone'da olması zorunlu değil) başta olmak üzere tüm parçaların bağlı olduğu temel parçadır.	3	Tek motorlu genelde sabit kanatlı dronelere verilen isimdir.
11	Dronelar ile gözlem-görüntüleme yapmak üzere kullanılır.	4	İHA'nın saat yönünde veya saat yönünün tersinde dönerek havalanmasını sağlayan parçaya verilen isimdir.
13	Motorların her birinin uçuş kontrol cihazı tarafından ayrı ayrı kontrol edilmesini sağlayan sistemdir.	5	Bataryadan gelen gücün tüm drone parçalarına dağıtımını gerçekleştirir
15	Harici kaynaklardan (radyo vericisi) aldığı bilgileri (sinyal) toplayarak beyne (uçuş denetleyicisi) aktaran kısımdır.	7	Genellikle uzaktan kumanda ile kontrol edilen, genellikle kameralarla donatılmış, hava yoluyla uçabilen bir insansız hava aracıdır.
		9	İHA'ların üzerine o aracın kullanım amacına göre yüklenen tüm ekipmanlara verilen isimdir.
		12	Ayarlanmış bir rotada ilerleyebilen ve kendilerine atanan görevleri icra edebilen İHA'lara denir.
		14	Drone'nun güç ihtiyacını sağlayan sistemdir.



Aşağıdaki soruların cevabını verilen alanlara yazınız.

1. İHA'nın açılımını ve tanımını yapınız.

.....
.....

2. Faydalı yük kavramına örnekler veriniz.

.....
.....
.....

3. Tarihi süreci dikkate alarak İHA'ların hangi alanlarda kullanıldığını açıklayınız.

.....
.....
.....
.....

4. İHA'ların haritacılık alanında gelecekte nasıl kullanılabileceğini örnekler vererek günümüzle karşılaştırınız.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

5. İHA'lar, kullanım alanlarına göre incelendiğinde oluşan olumlu ve olumsuz yönler nelerdir?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



6. İHA çeşitleri nelerdir?

.....

.....

.....

7. İHA'larda kontrol yapısına göre sınıflandırmayı açıklayınız.

.....

.....

8. Uzaktan kumandalı dronelar ile kumandasız droneları karşılaştırınız.

.....

.....

.....

9. İHA donanımları nelerdir?

.....

.....

10. İş güvenliği açısından Li-po pil kullanılırken dikkat edilmesi gereken kurallara uyulmadığı takdirde ortaya çıkabilecek durumlara örnekler veriniz.

.....

.....

.....

.....

.....

11. RTK VE PPK ölçüm tekniğini anlatınız.

.....

.....

.....

.....

.....



12. İHA'larda kamera kullanılan alanları yazınız.

13. İHA'larda kameradan alınan görüntülerin kalitesini belirleyen özellikler nelerdir?

14. RTK ve PPK yöntemlerinin çalışma prensibini şema çizerek anlatınız.





NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Uçuş öncesi izinler
- İHA kalibrasyon ayarları
- Yer kontrol noktalarının tesis ve ölçümü
- Uçuş sahasının çizimi
- Uçuş planının hazırlanması

TEMEL KAVRAMLAR

- Uçuş planı
- Yer kontrol noktası (YKN)
- Fotogrametri
- Pusula
- Jiroskop

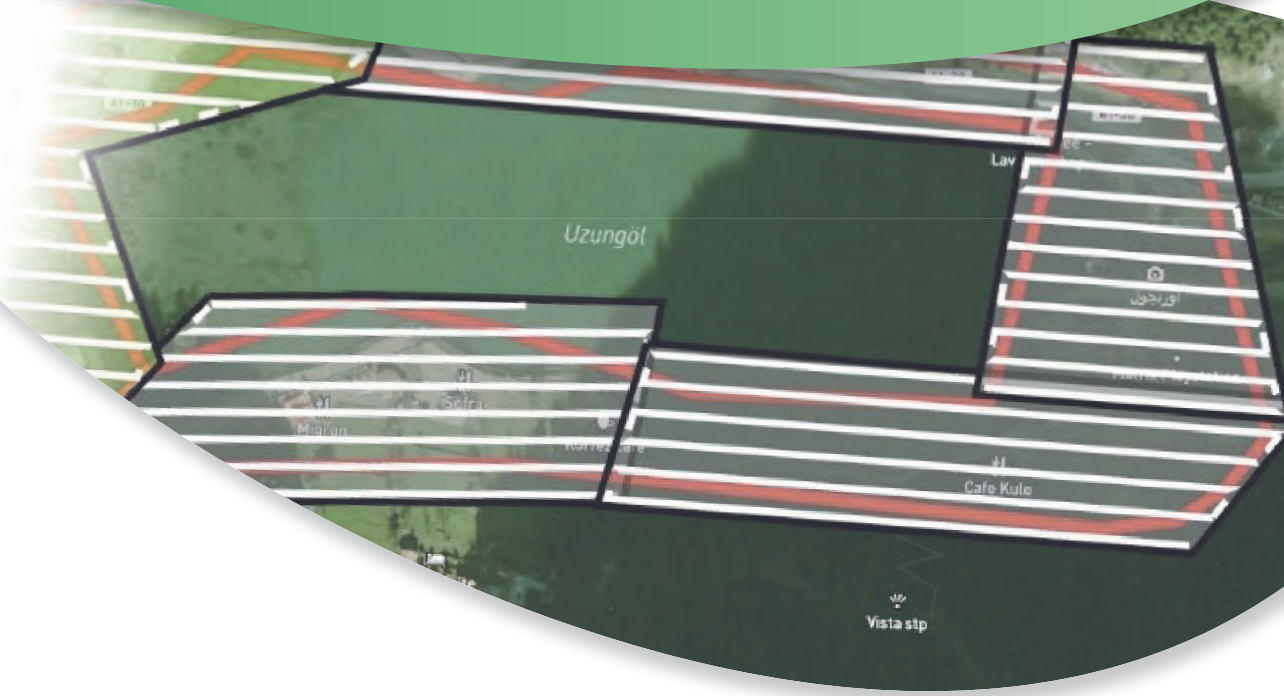
[http://kitap.eba.gov.tr/
KodSor.php?KOD=42808](http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=42808)



HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

- İnsansız hava araçlarını (İHA) uçuş esnasında olumsuz yönde etkileyen sebepler nelerdir? Bu etkilenmeler nasıl engellenir?
- İHA'ların kötü amaçlı kullanılmaması için ne gibi önlemler alınabilir?
- Haritalama yapmak için İHA'lar dışında neler ile uçuş yapılabilir?

2. ÖĞRENME BİRİMİ



UÇUŞA HAZIRLIK

KONULAR

- 2.1. UÇUŞ ÖNCESİ HAZIRLIK
- 2.2. UÇUŞ SAHASININ ÇİZİMİ
- 2.3. UÇUŞ PLANININ HAZIRLANMASI





2.1. UÇUŞ ÖNCESİ HAZIRLIK

İHA'ların kullanım amaçları her geçen gün artmaktadır. Bu yüzden farklı özelliklere sahip birçok İHA uçuş yaparak belirli bir hava trafiği oluşturmaktadır.

Türk hava sahasında işletilecek veya kullanılacak sivil İHA'ların ithal, satış, kayıt ve tescili, uçuşa elverişliliğinin sağlanması, bunları kullanacak kişilerin sahip olması gereken nitelikler, hava trafik hizmetleri ve İHA operasyonlarına ilişkin usul ve esaslar ülkemizde Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) tarafından belirlenir (Görsel 2.1). Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı (SHT-İHA) ile İHA'ların uçuş işlemleri hakkında bilgiler vermektedir. İnsansız Hava Aracı Talimatı kapsamı dışında kalan araç ve sistemler şunlardır:

- Devlet İHA'ları (Askerî, güvenlik, arama, kurtarma vb. amaçlı araçlar)
- Yalnızca kapalı alanlarda kullanılan İHA ve sistemleri
- Yere veya herhangi bir platforma bağlı olan insansız balon ve benzeri sistemler
- Azami kalkış ağırlığı 500 g'dan daha az olan İHA'lar

İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı kapsamı dışındadır.

Logonun Oluşumu



Görsel 2.1: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü logosu

İHA'lar ülkemizde SHGM tarafından ağırlıklarına göre sınıflandırılmaktadır. Buna göre İHA'lar 4 sınıfa ayrılır:

- İHA0: Azami kalkış ağırlığı 500 g (dâhil) – 4 kg aralığında olan İHA'lar
- İHA1: Azami kalkış ağırlığı 4 kg (dâhil) – 25 kg aralığında olan İHA'lar
- İHA2: Azami kalkış ağırlığı 25 kg (dâhil) – 150 kg aralığında olan İHA'lar
- İHA3: Azami kalkış ağırlığı 150 kg (dâhil) ve daha fazla olan İHA'lar

İHA0 sınıfındaki insansız hava araçlarının teknik donanımında herhangi bir zorunluluk yoktur. Bu araçlar, ticari amaçlı kullanılacaksa en az İHA1 sınıfına ait teknik özelliklere sahip olmalıdır. İHA1 sınıfında bulunması gereken zorunlu özellikler şunlardır:

- Kontrol sistemi ile bağlantı kesilmesi durumunda acil iniş yapabilmek veya uçuşu sonlandırma özelliği
- Cihazda kalan enerjinin (yakıt, batarya) izlenebilmesi
- Çakar lamba
- Uçuş kayıt sistemi

25 kg üstü İHA'larla ağırlığına bakılmaksızın ticari faaliyet gerçekleştiren bütün İHA'lar için Üçüncü Şahıs Mali Mesuliyet Sigortası Yönetmeliği'ne göre sigorta yapılmalıdır. Bu araçlar sigortasız uçuş yapamaz. Sigorta işlemleri yapıldıktan sonra tescil ve uçuş izinleri için başvuru yapılırken sigorta belgeleri SHGM'ye sunulur. Sigortalar, karşı tarafa verilen zararın giderilebilmesi amacıyla yapılmaktadır.

2.1.1. Uçuş İzinleri

Uçuş yapan İHA'lar belirli bir hava trafiği oluşturmaktadır. Bu trafiğin denetlenebilmesi için ticari amaçla uçuş yapan ve uçuş sırasında oluşabilecek aksi durumlarda hava sahasını tehlikeli durumlara düşürme ihtimali olan İHA'ların taşıt trafiğinde bulunan araçların plakaları gibi bir kayıt numarası olmalıdır. Herhangi olumsuz bir durumda İHA'lara bu kayıt numaralarından ulaşılabilir.

İHA'ları kullanan pilotların pilot belgesi bulunmalıdır. Böylece oluşabilecek kaza durumlarında İHA kayıt numaralarından İHA'yı kullanan pilotun bilgilerine ulaşılabilir.

Uçuş yapılmadan önce belirli izinlerin alınması gerekir. Bu izinlerin alınmasıyla yasak bölgelerde ve belirli irtifa üzerinde yapılan uçuşlar kayıt altına alınarak bölgede uçuş yapan hava araçlarının bilgisine sunulur. Böylece hava trafiğinde oluşabilecek tehlikeler önceden engellenmiş olur.

2.1.1.1. Kayıt İşlemleri

Havada uçuş yapan İHA'ların oluşturduğu hava trafiği birtakım sorunlara yol açmaktadır. Bu sorunların önlenmesi ve kontrollerinin yapılabilmesi için İHA'lar ile bu araçları kullanan pilotlar, belirli bir sistemde kayıtlı olmalıdır. Kayıt işlemleri yapılmadan ve uçuş izinleri alınmadan uçuş gerçekleştirmek yasaktır. Böyle durumlarda yapılan uçuşlarda idari cezalar uygulanmaktadır.

Kayıt işlemleri SHGM denetimi altında yapılmaktadır. İHA0 ve İHA1 kategorisindeki hava araçlarının kayıtları, SHGM tarafından elektronik ortamda oluşturulan Kayıt Sistemi üzerinden yapılır.

Ülkemizde üretilen İHA'ların kayıtları üretici firma tarafından, ithal edilen İHA'ların kayıtları ise ithalatçı firma tarafından alıcıların bilgileriyle birlikte aynı gün içinde kayıt sistemine kaydedilir. Yurt dışından bireysel olarak getirilen veya yurt içinde devralınan İHA da en geç 3 gün içerisinde kayıt sistemine dâhil edilir.

Ticari olarak kullanılan İHA0 / İHA1 ve sistemlerine sahip kişi/işletme/pilot, aşağıdaki bilgileri oluşturacağı dosyada hazır bulundurarak ve asgari 3 yıl koruyarak kamu kuruluşları tarafından yapılacak denetimlerde ibraz eder:

- SHGM'den alınan kayıt / kimlik numarası
- Hava aracına ait tüm bilgiler
- Uçuş kayıtları

İHA0 / İHA1 ve sistemlerinin sahibi / işleticisi / pilotu, kayıt sistemi tarafından oluşturulacak etiketi İHA ve sistemlerinin üzerine ayrı ayrı yapıştırmaktan veya verilen kodu silinmeyecek şekilde yazmaktan sorumludur.

Ticari amaçla kullanılacak tüm İHA0 ve İHA1 sınıfındaki İHA'lar için uçuş operasyon el kitabı hazırlanır. Bu kitapta operasyon şartları, acil durum senaryoları vb. yer alır. El kitaplarının Genel Müdürlük tarafından



onaylanması zorunludur. Denetim ve incelemelerde el kitaplarının Genel Müdürlüğe sunulması yeterlidir.

İHA pilotu lisanslandırma, kayıt ve tescil işlemleri için gerekli durumlar ve istenen belgeler şu şekildedir:

- Tüm sınıflarda İHA pilot lisansı düzenlenecek kişilerden arşiv kayıtlı Adli Sicil Belgesi istenir.
- İHA0 ve İHA1 uçuracak kişiler için Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü tarafından herhangi bir lisans düzenlenmez. Ancak söz konusu kişiler; oluşturulan internet tabanlı kayıt sistemine TC kimlik numarası, ad-soyad, ikametgâh bilgileri, telefon, e-posta vb. iletişim bilgi ve belgeleri girerek kaydolmak zorundadır.
- İHA0 sınıfı pilotlar en az 12, İHA1 sınıfı pilotları ise en az 15 yaşında olmalıdır. 18 yaşından küçükler için “ileride doğabilecek hukuki ve cezai sorumlulukları kabul ettiklerine dair kanuni mümessillerince noterde tanzim ve tasdik edilmiş Taahhütname” kayıt işlemleri için zorunludur.
- İHA pilotuna yönelik iş ve işlem yapan gerçek ve tüzel kişi, tüm evrakı en az 5 yıl süreyle muhafaza eder.
- İHA pilot adayının başarı değerlendirmesi, teorik ve uçuş eğitimlerini gerçekleştiren gerçek veya tüzel kişilik sorumluluğundadır. Eğitimlerin başarıyla tamamlandığına dair yazılı beyanlar, sertifikasyon ve lisans sürecinde ilgilinin başvuru dosyalarına eklenir.
- İHA0 ve İHA1 kategorisindeki hava araçları ile hobi veya sportif amaçlı uçuş yapacaklar için eğitim zorunluluğu bulunmamaktadır. İHA0 ve İHA1 kategorisindeki hava araçlarını ticari amaçla kullanacak pilotlar gerekli dersleri görür. Eğitimlerini tamamlayanlara yetkili eğitim kuruluşu tarafından İnsansız Hava Aracı Ticari Pilot Sertifikası düzenlenir. Bu sertifika İHA pilot kayıt başvurusunda genel müdürlüğe gönderilir.
- Ticari nitelikli uçuş yapacak İHA0 ve İHA1 kategori pilotlardan belirtilenlere ek olarak “B sınıfı sürücü olur.” gereksinimlerini karşılayan sağlık raporu istenir.

İHA pilotu sorumlulukları şu şekildedir:

- İHA pilotu, uçuşun güvenli yürütülmesinden ve uçuşla ilgili idari, mali ve teknik kuralların yerine getirilmesinden sorumludur.
- İHA pilotu, faydalı yüklerin yasal çerçevede kullanılmasından sorumludur.
- İHA pilotu, uçuşla ilgili her türlü sorumluluğu kabul ettiğine dair imzaladığı taahhüdü, uçuş izni başvurusu dosyasına ekler.

2.1.1.2. Uçuşa Yasak Bölgeler

Kayıt işlemlerini tamamlayan İHA pilotu, uçuş izni almadan önce uçulacak hava sahasının uçuşa yasak olup olmadığının kontrolünü yapmak zorundadır. Uçuş bölgeleri, Uçuşa yasak bölge ve uçuşa serbest bölge olmak üzere ikiye ayrılır.

Uçuşa yasak (kırmızı) bölgelerde uçulması için özel izinlerin alınması gerekir. **Özel izne tabi (kırmızı) bölge** olarak tanımlanan ve aşağıda yer alan sahalarda risk analizi yapılmadan ve SHGM’den izin alınmadan herhangi bir sınıftaki İHA ile uçuş yapılması yasaktır:

- İrtifaya bağlı olmaksızın havalimanlarında, en yakında bulunan pistin kenarından 9 km mesafeden daha yakın saha
- İrtifaya bağlı olmaksızın seyrüsefer yardımcı cihazları, heliport, heliped, hava parkı, SHGM resmî internet sitesinde yayınlanmış olan denize / iniş kalkış alanları, vb. merkez olmak üzere 9 km yarıçaplı saha

- 400 ft (120 m) üzerinde yapılacak uçuşlar
- Türkiye AIP'si (Havacılık Bilgi Yayını) ENR 5.1 bölümünde yer alan "Yasak, Tahditli ve Tehlikeli Sahalar"
- Askerî binalar ve tesisler, cezaevi, akaryakıt depoları ve istasyonları, silah / fişek fabrika ve depoları gibi kritik yapı, tesis ve varlıkların çevresi
- NOTAM ile ilan edilen sahalardan



Bilgi Notu

NOTAM: Uçuş operasyonu ile ilgili görevlileri; herhangi bir havacılık hizmetine, kolaylığına, yöntemine veya tehlikesinin varlığına, koşullarına ya da bunlardaki herhangi bir değişikliğe ilişkin bilgilendirmek amacıyla özel bir formatta hazırlanmış uyarı yayınıdır.

Serbest bölgeler (Yeşil) ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından olumlu görüş alınan ve tekrar ilgili kurumlarla koordine gerektirmeyen, İHA kullanıcısı/pilotu tarafından sistem üzerinden yapılacak başvuru ile uygunluğu teyit ettirilen 400 feet (AGL) altını kapsayan sahalardır. Kırmızı bölge ve mülki amirliklerce uçuşa yasak olarak ilan edilen alanlar dışında kalan yerler serbest bölge olarak tanımlanır.

İzne tabi bölgeler, serbest bölge (yeşil), özel izne tabi bölge (kırmızı) ve uçuşa yasak bölgeler dışında kalan, ilgili kurum/kuruluşlarla yapılacak koordinasyon neticesinde olumlu görüş alınması hâlinde NOTAM yayını ile uçuş gerçekleştirilebilecek sahalardır.

Uçuş bölgelerine göre uçuş izin gereklilikleri İHA0 ve İHA1 sınıfı için şu şekildedir:

- Ticari faaliyetler dışında sportif ve amatör amaçla gerçekleştirilecek uçuşlarda, (SHT-İHA) talimatında belirtilen kurallara uyulmak şartıyla **serbest (yeşil)** bölgelerde SHGM tarafından uçuş izni kayıt sistemi tarafından otomatik verilir. Bu sınıflar için mahallin en büyük mülki idare amiri tarafından yasaklanan yer ve zamanlarda uçuş yapmak yasaktır.
- **Özel izne tabi (kırmızı)** bölgelerde yapılacak her türlü uçuşlarda ise 5 iş günü öncesinden gerekçesi ile birlikte SHGM resmi internet sayfasında yer alan **İHA Uçuş İzni Talep Formu** ile başvuru yapılır.
- **İzne tabi** bölgelerde yapılacak her türlü uçuşlarda ise 5 iş günü öncesinden SHGM tarafından oluşturulan resmî internet sayfası üzerinden başvuru yapılır.
- **İzne tabi** bölgelerde SHGM tarafından oluşturulan web tabanlı sistem üzerinden 400 feet (120 m) altında yapılacak uçuşlar için yapılan başvurular ilgili mülki idare amirlikleri tarafından incelenir ve uygun görülmesi halinde söz konusu talebe ilişkin NOTAM yayınlanır. İlgili sivil / askerî kurumlar ve SHGM tarafından lüzumu hâlinde söz konusu izin iptal edilebilir.
- Uçuş izni alınması hâlinde işletici / pilot / şahıs tarafından Türkiye AIP'sinde yer alan hükümlere ve belirtilen diğer kurallara uyulması zorunludur.
- İHA ile uçuşların gerçekleştirilebilmesi amacıyla tesis edilen serbest (yeşil) bölgeler Türkiye AIP'si ENR 5.5 bölümünde ilan edilir. Söz konusu sahalardan güncelliği her yıl SHGM tarafından kontrol edilir.
- **İzne tabi** bölgelerde **400 feet** üzerinde yapılacak her türlü uçuşta en az 10 iş günü öncesinden gerekçesi ile birlikte genel müdürlük resmi internet sayfasında yer alan **İHA Uçuş İzni Talep Formu** ile başvuru yapılır.

- 500 g altı İHA'lar için hava aracı ve pilot kayıt zorunluluğu yoktur. Yapılacak ticari uçuşların uçuş emniyeti ile can ve mal güvenliği hususundaki değerlendirmelerin yapılabilmesi için İHA uçuşunun gerçekleştirileceği sahanın ilgili kurumlarla koordinasyonu sağlanmalıdır. Bu yüzden 10 iş günü öncesinden SHGM'ye "İHA Uçuş İzni Talep Formu" ile başvuru yapılır.
- 500 g altı İHA'larla sportif ve amatör amaçlı gerçekleştirilecek uçuşlar için serbest bölgeler (yeşil) kullanılmalıdır.
- İHA0 ve İHA1 sınıfındaki İHA'lar ile serbest (yeşil) bölgelerde gerçekleştirilecek uçuşlarda mahallin en büyük mülki idare amiri tarafından yasaklanmayan yer ve zamanlarda uçulması durumunda sadece görerek meteorolojik koşulların sağlandığı durumlarda, gündeğümü ve günbatımı saatleri arasında ve en az 2 km görüşe açık havalarda uçuş gerçekleştirilebilir. İHA, yatayda 500 m'yi geçmeyecek şekilde pilotun görüş alanında olmalıdır. Yerden (AGL) 400 feet (120 metre) yüksekliğin üzerine çıkılmamalıdır. Uçuş, insan ve yapılardan en az 50 m uzaklıkta uçuş gerçekleştirilmelidir.

2.2. UÇUŞ SAHASININ ÇİZİMİ

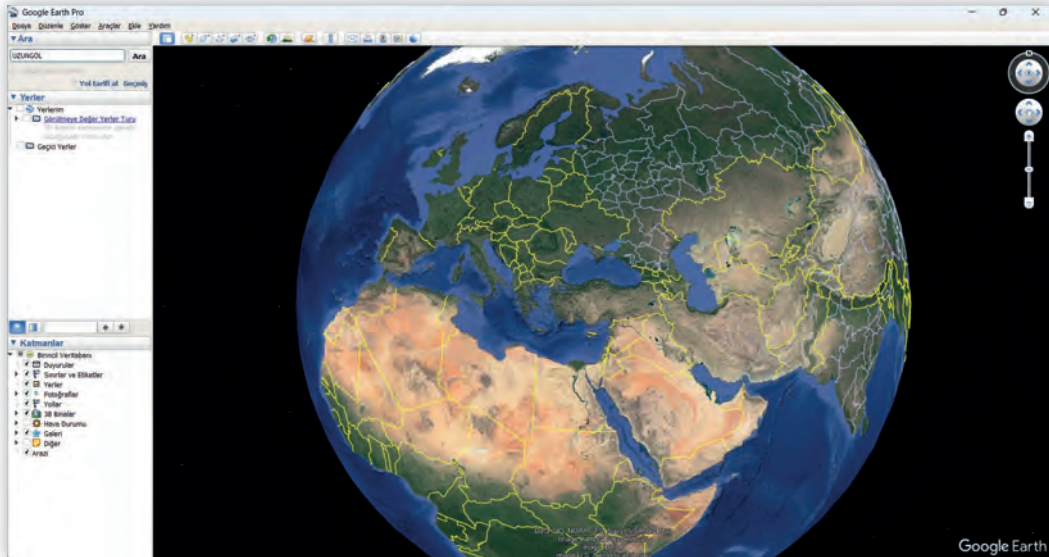
Haritalama işlemlerine başlanmadan haritası yapılacak bölgenin uçuş sahası belirlenmelidir. Uçuş sahasının önceden belirlenmesi, istenmeyen bölgelerin haritalandırılmasının önüne geçerek haritalandırma maliyetini düşürür. Uçuş sahası belirlenmeden yer kontrol noktası tesisi yapılamaz.

Uçuş sahası belirlenirken haritalandırılacak bölgenin bir miktar dışına çıkılması daha doğru sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır.


Uçuş sahasının haritalandırılması için haritayı yapacak yükleniciden teklif istenir. Uçuş sahası çeşitli yazılımlar kullanılarak farklı şekillerde belirlenebilmektedir. Uçuş sahası belirlemede kullanılacak bazı yöntem ve adımlar şöyledir:

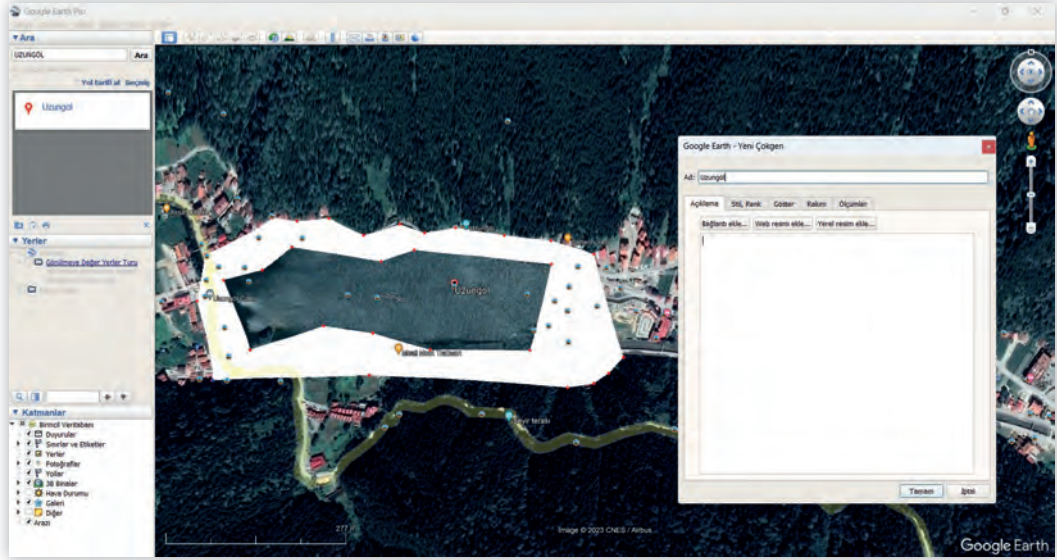
Örneğin Uzungöl (Trabzon) kıyı şeridinin uçuş yöntemiyle haritalandırılması için uçuş sahasının çizimi işlemi yapılmak istendiğinde;

- Google Earth (gugıl ördth), Google Earth Pro uygulamalarından birisi açılır.
- Açılan ekranın sol üst kısmında bulunan arama kutucuğuna haritada gidilmek istenen bölge yazılarak **Ara** butonuna tıkladığında harita ekranı arama yapılan bölgeye gelecektir (Görsel 2.2).



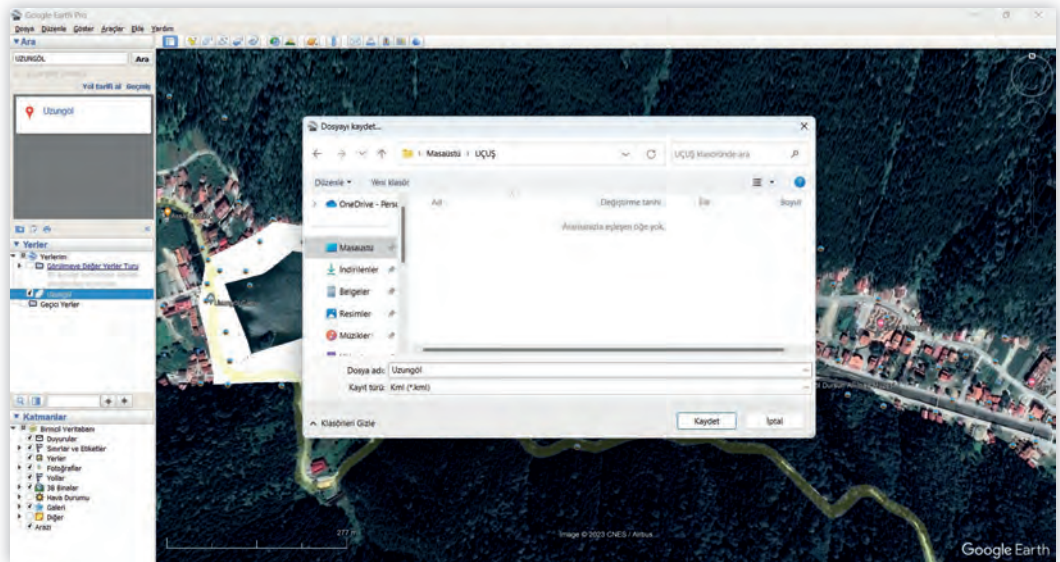
Görsel 2.2: Google Earth ekranı

- Haritalandırılması yapılacak alan, üst kısımda bulunan  **Çokgen ekle** butonuna tıklanılarak fare-nin sol tuşu ile belirlenir. Çıkan **Google Earth – Yeni Çokgen** ekranında bulunan **Ad** kutucuğuna çazılacak bölgenin adı yazılarak seçim bittikten sonra **Tamam** butonuna tıklanır (Görsel 2.3).



Görsel 2.3: Google Earth üzerinde çokgen çizimi

- Çokgen çizimi bitirdikten sonra Google Earth ekranının sol kısmında bulunan **Yerler** bölümünde Kaydedilen Çokgen ismiyle bulunur. **Yerler** bölümünün altında bulunan **Çokgen** yazısının üstüne sağ tıklanır. Çıkan ekranda **Yeri farklı kaydet** seçilir. Açılan **Dosyayı kaydet** ekranında uygun yere çokgen dosyası “kmz” veya “kml” (Uçuş alanının açılacağı uygulamaya göre) olarak kaydedilir (Görsel 2.4).



Görsel 2.4: Çizilen alanın kaydedilmesi

Uçuş sahası Netcad yazılımı üzerinden belirlenmek istendiğinde

- Haritalandırılması yapılacak alanın projesi açılır.
- **Proje-Özellikler** bölümünden projeksiyon bilgileri tanımlanır.
- Uçuş yapılacak alan proje ekranı üzerinden çizilir.
- **Proje-Gönder-kml** seçildikten sonra açılan ekrandan kayıt yeri belirlenir ve **Gönder** butonuna tıklanır.

Sıra Sizde



Yeşilirmak üzerinde 1km uzunlukta herhangi bir bölgenin uçuş sahasını belirleyiniz.

2.2.1. Yer Kontrol Noktaları

İHA'lar, belirlenmiş uçuş sahası içerisinde sıralı bir şekilde birçok fotoğraf çeker. Çekilen fotoğraflar birleştirilerek tek bir fotoğraf hâline getirilir. Bu fotoğraftaki ayrıntıların gerçek arazi ölçü değerlerini bulmak için fotoğraftaki yer kontrol noktalarının ölçü değerleriyle fotoğraf arasında ilişkilendirme yapılır. Bu yüzden yer kontrol noktaları, fotoğraf ile yapılan haritalandırma çalışmalarında büyük önem taşır.

Haritalandırılacak bölge için uçuş yapılmadan uçuş sahasının bulunduğu bölgeye düzenli bir şekilde yer kontrol noktalarının tesis edilmesi ve yer kontrol noktalarının istenen şekilde ölçülmesi gerekir.

İHA'larda bulunan GNSS sisteminin özelliğine göre yer kontrol noktaları farklı şekillerde tesis edilir. RTK / PPK özelliği bulunan İHA'lar uçuş esnasında fotoğraf çekim noktasının konumunu hassas bir şekilde elde edebilmektedir. Bu özellik de fotoğraf birleştirme işleminin daha doğru bir şekilde gerçekleşmesini sağlamaktadır. RTK / PPK özelliği olmayan İHA'lar ise uçuş esnasında çekilen fotoğrafların konumunu hassas bir şekilde elde edemediğinden yer kontrol noktaları sık bir şekilde tesis edilmelidir.

RTK / PPK özelliği bulunan cihazlar için proje sahasında haritası yapılacak alanı kapsayacak şekilde en az 4 adet, sahanın içerisinde de en az 2 adet olmak üzere homojen dağılımda en az 6 adet kontrol noktası (Check Point-dengelemeye tabi tutulmayacak nokta) tesisi zorunludur.

RTK / PPK özelliği bulunmayan cihazlar için proje sahasında haritası yapılacak alanı kapsayacak şekilde en az 4 adet, sahanın içine en az 3 adet ve söz konusu noktalar arası mesafe en fazla 250 m olacak şekilde kontrol noktası yapılmalıdır. Ayrıca topografyanın ani değişim gösterdiği (50 m veya daha fazla kot farkı olan) bölgelerde de homojen dağılımda YKN tesis edilmelidir. Bunun yanında en az 3 adet kontrol noktası (Check Point-dengelemeye tabi tutulmayacak nokta) tesisi de zorunludur.

2.2.1.1. Yer Kontrol Noktalarının Tesisi

Yer kontrol noktaları ağını oluşturan noktalar, hava işaretleri şeklinde tesis edilmelidir. Hava işaretleri, uçuş yüksekliği ve zemin rengine bağlı olarak (koyu zemin üzerine açık, açık zemin üzerine koyu renk) hazırlanır. Bu noktalar, merkezdeki çapı 20 cm olan daire ya da 20X20 cm'lik kare, bu dairenin / karenin 20 cm uzağında kanatların eni 20 cm, boyu 40 cm dikdörtgen şeklinde olmalıdır. İstlenen şartlara uygun işaretleme yapılamıyorsa Görsel: 2.5'teki gibi hava fotoğrafında net olarak görünebilecek şekilde işaretlenmelidir.



Görsel 2.5.a: Tesis edilmiş yer kontrol noktası



Görsel 2.5.b: Tesis edilmiş yer kontrol noktası



Görsel 2.5.c: Tesis edilmiş yer kontrol noktası



Görsel 2.5.d: Tesis edilmiş yer kontrol noktası

Hava işaretleri gökyüzü görüşü açık alanlara yapılmalı, işaretler en az 60° lik bir görüş açısına sahip olmalıdır. Bu görüş konisi içinde bina, ağaç gibi herhangi bir engel bulunmamalı, bu mümkün değilse engel yüksekliğinin 1,5 katı ötesine işaretleme yapılmalıdır.

Görüntü alımı yer örnekleme aralığı (YÖA-GSD) 5-7 cm aralığında olacak şekilde yapılmalı ve bu değerlerin sapması $\pm\%10$ 'u geçmemelidir. Boyuna bindirme oranı $\%80$ ve enine bindirme oranı $\%60$ olmalı, bu oranların sapmaları da $\pm\%10$ 'u geçmemelidir.

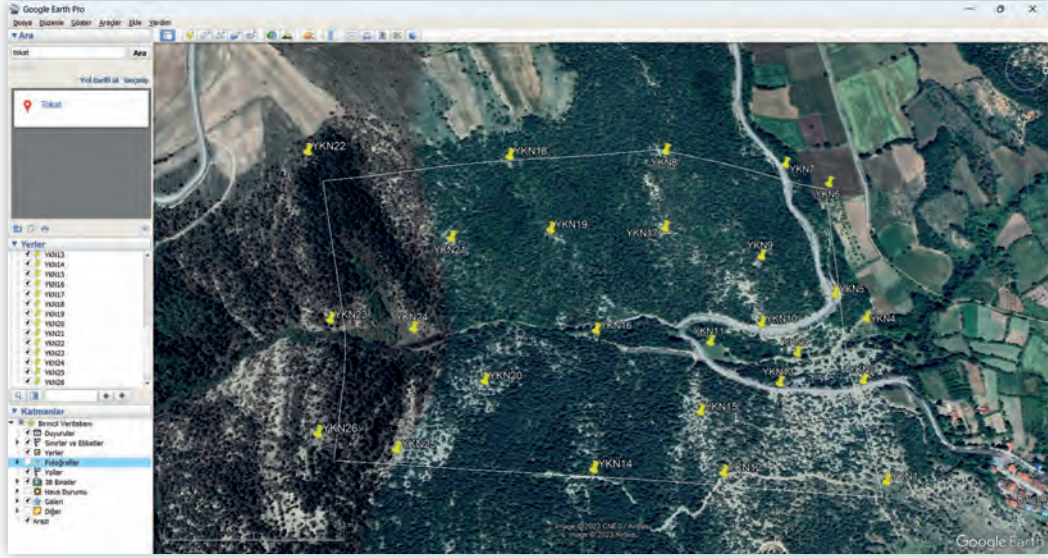
Bilgi Notu

Yer Örnekleme Aralığı (YÖA-GSD): Sayısal hava fotoğrafındaki bir pikselin yeryüzü üzerindeki karşılığını ifade eder. GSD değeri büyük olan fotoğraflar, ayrıntılı görünmektedir (Görsel 2.6).



Görüntü alımları bulutsuz, rüzgârsız ve güneşli bir havada (gölge boyunun en az olduğu zaman aralığında) yapılmalı, alanda kar örtüsü olmamalıdır. Geniş yapraklı ağaçların çok yoğun olduğu alanlarda ise yaprakların oluşmadığı ya da döküldüğü mevsimlerde görüntü alımı yapılmalıdır. Detay ölçümünde kullanılacak stereo modellerde yer örnekleme aralığı (YÖA) ölçütlerini sağlamayan hava fotoğrafları kullanılmamalıdır. Detay ölçümlerinde zeminin hava fotoğraflarından net bir şekilde tespit edilemediği durumlarda yersel bütünlemeye gidilmelidir.

Haritalandırılması yapılacak olan alan içerisine yer kontrol noktalarının yerleri Google Earth üzerinden arazinin durumu da dikkate alınarak belirlenebilir (Görsel 2.7).



Görsel 2.7: Yer kontrol noktalarının işaretlenmesi

Sıra Sizde



100 hektardan büyük olmayan bir alanda uçuş sahası belirleyiniz. Belirlediğiniz uçuş sahası üzerine RTK / PPK özelliği bulunmayan İHA uçacak şekilde YKN tesis ediniz.

2.2.1.2. Yer Kontrol Noktalarının Ölçümü

Yer kontrol noktaları, uçuş ile elde edilen birleştirilmiş fotoğrafın koordinatlandırılması için gereken referans noktalarıdır. Bu yüzden yer kontrol noktalarının tesisi yapıldıktan sonra bu noktaların ölçümleri hassas bir şekilde gerçekleştirilmelidir (Görsel 2.8). Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Harita Standartları'nda belirtilen yer kontrol noktalarının ölçümünde yapılması gerekenler şu şekildedir:

- Yer kontrol noktalarının yükseklik değerleri ortometrik yükseklik olmalıdır. Elipsoidel yükseklik ile yapılan değerlendirmeler hatalara neden olabilir.
- Yersel yöntemlerle yapılacak ölçüm işlemleri, ölçme doğruluğu $\pm(7 \text{ mm}+7 \text{ ppm})$ (dahil)'den daha yüksek doğruluklu elektronik uzunluk ölçerlerle yapılır. Bu ölçümlerde alet ve işaret yükseklikleri cm duyarlığında belirlenir. Doğrultular, yatay açı ölçme doğruluğu 7" (dahil)'den daha yüksek aletlerle ölçülür.
- Ölçüme esas teşkil eden poligon noktaları birbirini görecek ve en az 3 adet olacak şekilde tesis

edilmelidir. Bu noktalar, tesis edilirken mümkün olduğunca ocak açılması planlanan bölgede ve ocak ilerleme yönünde olmamalıdır. Poligon noktaları varsa yerli kaya, bina köşesi vb. yüzeylere kaybolmayacak şekilde tesis edilmelidir. Zeminde bu özelliklere uygun sabit nokta tesis edilemiyorsa poligon betonu, çivisi veya boru kullanılarak bu standart mutlaka sağlanmalıdır.



Görsel 2.8: Yer kontrol noktalarının işaretlenmesi

- Yersel ölçüm işlemine başlamadan önce, alet kurulan nokta ile çıkış alınan / bağlanılan nokta veya noktalara kesinlikle kontrol okuması yapılmalıdır. Durulan nokta (DN) ve bakılan nokta (BN) değiştiği takdirde de kontrol okuması yapmak zorunludur. Yapılan okuma sonucu koordinat değerleri arasındaki fark ± 5 cm'yi, kot değerleri arasındaki fark ise ± 7 cm'yi aşmamalıdır. Geriden veya ileriden kestirme yönteminde de kontrol okuması zorunlu olup hata miktarı belirtilen bu değerleri geçmemelidir.
- GNSS tekniği ile bu noktaların koordinatları; statik, hızlı statik, kinematik veya gerçek zamanlı kinematik (RTK) yöntemlerden herhangi birisi ile belirlenebilir.
- Statik ve hızlı statik gözlemlerde
 1. Uydu sayısı: En az 5 adet
 2. Uydu yükseklik açısı: 10°
 3. Veri toplama aralığı: 10 sn. veya daha az
 4. Baz uzunluğu: En fazla 5 km
 5. Ölçüm süresi: En az 10 dk. olarak alınır.

Ölçümler, en az iki referans noktasına dayalı yapılmalıdır. Hesaplanan noktanın konum doğruluğu ya da yolda ve düşeyde ± 8 cm'den daha fazla olamaz.

Ölçüm esnasında veya ölçüm sonrası poligon / yer kontrol noktalarının konumları kinematik yöntemlerle belirlenebilir. Her sabit nokta, aşağıdaki koşulları sağlayacak şekilde ve farklı zamanlarda en az iki oturum GNSS ölçümü yapılır. İki oturumdan elde edilen iz düşüm koordinatları ve elipsoit yükseklikleri arasındaki farklar ± 7 cm'den fazla olamaz.

- Kinematik yöntemlerde
 1. Uydu sayısı: En az 5 adet
 2. Uydu yükseklik açısı: 10°
 3. Veri toplama aralığı: 5 sn. veya daha az
 4. Referans noktasına uzaklık: En fazla 5 km
 5. Ölçüm süresi: Her noktada en az 10 epok
 6. Oturumlar arası zaman: En az 1 saat olarak alınır.
- Sabit noktaların koordinatları, **TUSAGA-Aktif sisteminde Ağ GZK yöntemiyle** de belirlenebilir. Sabit noktaların koordinatları, TUSAGA-Aktif sisteminde aşağıda belirtilen koşulları sağlayacak şekilde ve farklı zamanlarda en az iki GNSS oturumu ile belirlenir. İki oturumdan elde edilen iz düşüm koordinatları ve elipsoit yükseklikleri arasındaki farklar ± 7 cm'den fazla olamaz.



- TUSAGA-Aktif Sisteminde Ağ GZK yönteminde
 1. Düzeltme verileri alınırken kullanılacak teknik: VRS, FKP veya MAC
 2. İlk faz başlangıç belirsizliği çözümü: Sabitlenmiş
 3. Uydu sayısı: En az 5 adet
 4. Uydu yükseklik açısı: 10°
 5. Veri toplama aralığı: 1 saniye
 6. Ölçüm süresi: Her noktada en az 10 epok
 7. Oturumlar arası zaman: En az 1 saat, alınır.
- Kontrol ve haritaya ekleme amacıyla CORS-TR GNSS kullanılarak detay alımı yapılması hâlinde en az 3 epok okuma yapılmalıdır. RTK yöntemi ile alım yapılması halinde ise 1 epok okuma yapılması yeterlidir.

Sıra Sizde



Okulunuzda yapılabilecek bir uçuş için en uygun yer kontrol noktalarını tesis ederek ölçümlerini yapınız. Örnek bir YKN tesisi aşağıdaki görselde verilmiştir.



2.3. UÇUŞ PLANININ HAZIRLANMASI

Fotoğraflar yardımıyla yapılan ölçü işlemine **fotogrametri** denir. Fotoğraflar kuş bakışı yöntemiyle yukarıdan aşağı doğru bindirmeli bir şekilde çekilmelidir (Görsel 2.9).



Görsel 2.9: Sıralı ve bindirmeli İHA uçuş fotoğraf çekimi

Uçuş sonrasında yapılan değerlendirmeler ile fotoğraflar birleştirilerek tek bir fotoğraf elde edilir. Elde edilen fotoğraf, yer kontrol noktaları yardımıyla ölçeklendirilir ve gerçek arazi ile uyumlu hâle getirilir. Bu durum fotoğraf üzerinde daha sağlıklı ölçü alabilmeyi sağlar. Bu işlemde sıralı bir şekilde bindirmeli fotoğraflar çekilebilmesi için uçuş planı doğru yapılmalıdır. Uçuş planının hazırlanabilmesi için bir bilgisayar veya akıllı cihaza ihtiyaç vardır. Bu cihazlarda kullanılabilen otonom uçuş yazılımları ile uçuş planı hazırlanabilir ve İHA'lar belirlenen bölgelerde istenen şekilde uçurulabilir. Uçuş yazılımları çeşitlilik gösterse de bunların temel mantığı aynıdır.

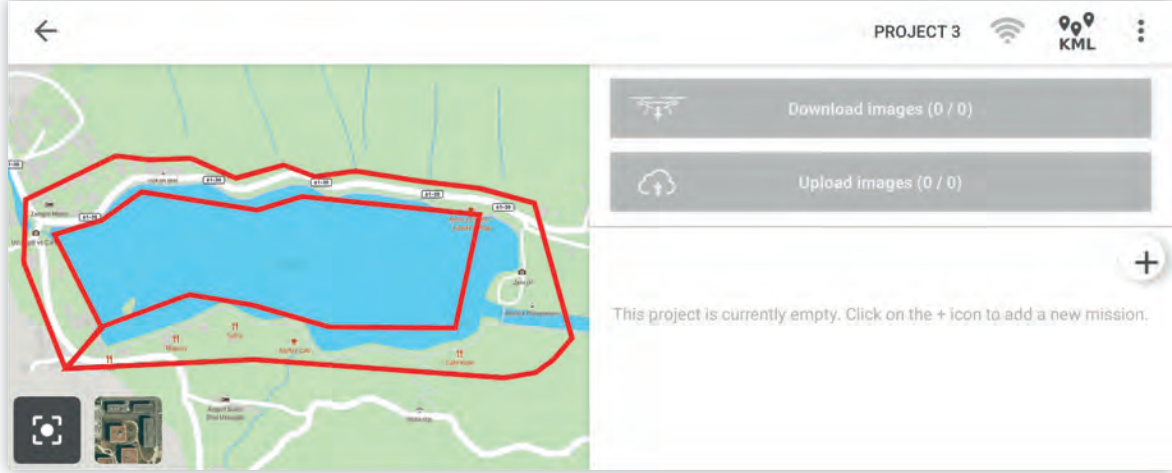
Uçuş planı hazırlanırken dikkat edilmesi gereken başlıca özellikler şunlardır:

- Uçuş yüksekliği
- Uçuş süresi (Kullanılacak batarya sayısı)
- Bindirme oranı
- Kamera açısı
- Uçuş hızı
- Yer örnekleme aralığı (YÖA-GSD)

Akıllı telefonlarda kullanılabilen bir uçuş yazılımı ile uçuş planı hazırlanmaktadır.

2.3.1. Uçuş Sahasının Yazılıma Aktarımı

Uçuş planının hazırlanması için öncelikle uçuş sahası bilinmelidir. Uçuş sahasının yazılıma aktarılması için daha öncesinde “kmz” veya “kml” uzantılı şekilde hazırlanmış olan uçuş sahasının dosyası seçilir. Çıkan ekranda istenen uçuş yazılımı seçilir. Böylece uçuş sahası görünecek bir şekilde uçuş yazılımı açılmış olur (Görsel 2.10).



Görsel 2.10: Seçilen uçuş sahasının yazılımda açılması

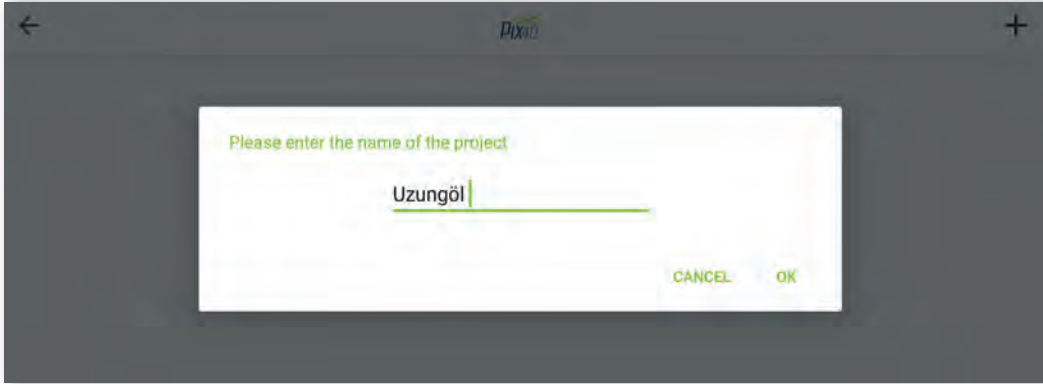
Uçuş sahası içe yazılım açıldıktan sonra aktarılmak istenirse

- İlk olarak uçuş yazılımı açılır.
- Açılan ekranın sol alt kısmındaki **PROJECT LIST** seçimi yapılır (Görsel 2.11).



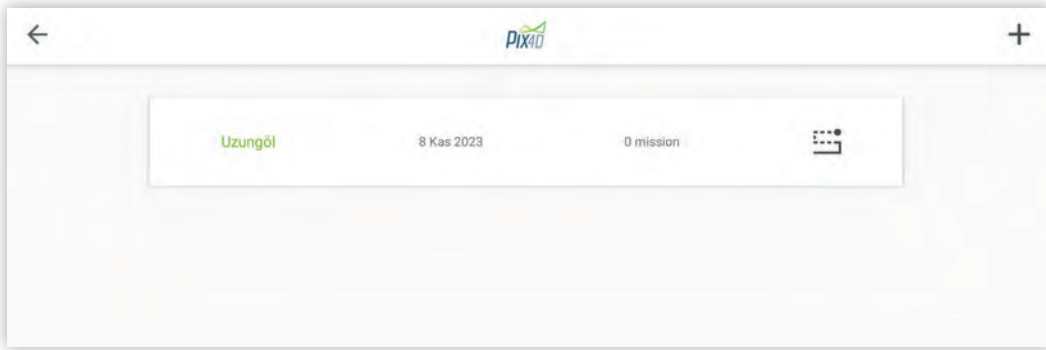
Görsel 2.11: Uçuş yazılımı ana ekranı

- Seçim yapıldıktan sonra yeni bir boş ekran açılacaktır. Ekranın sağ üst kısmındaki + seçimi yapılır ve yeni boş bir proje ismi belirlenerek proje oluşturulur (Görsel 2.12).



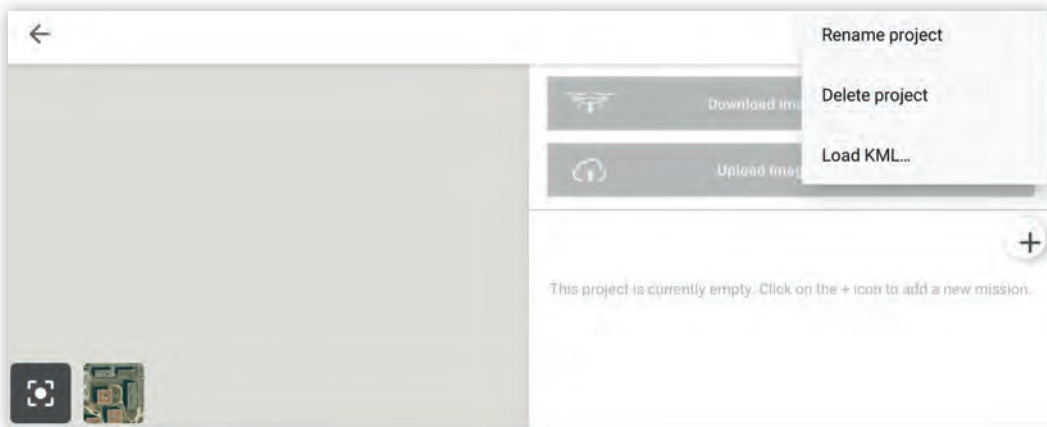
Görsel 2.12: Yeni proje oluşturma ekranı

- Oluşturulan proje, proje ekranında görüntülenmektedir (Görsel 2.13).



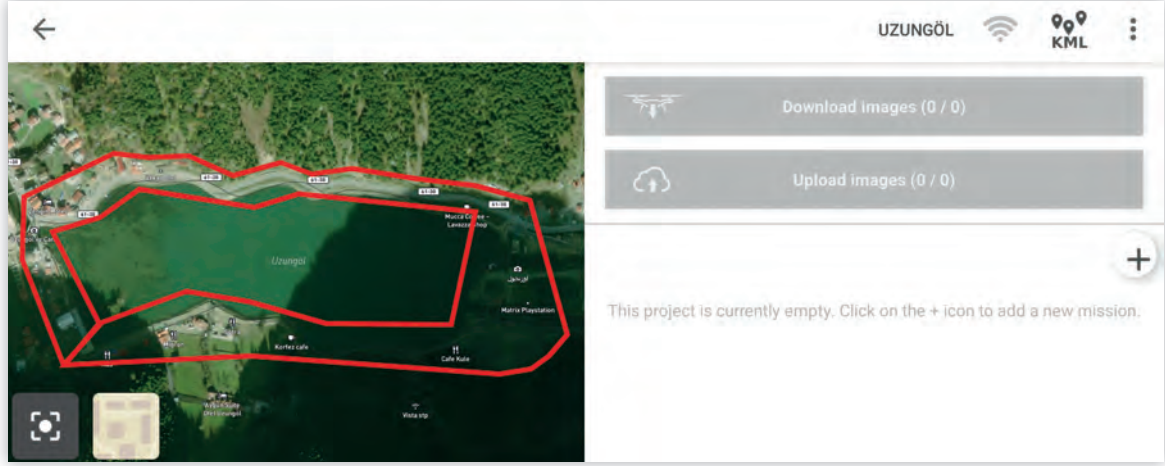
Görsel 2.13: Proje ekranı

Oluşturulan projenin ismi üzerine seçim yapıldıktan sonra yeni bir ekran açılacaktır. Bu ekranın sağ üst kısmındaki + seçimi yapıldıktan sonra **Load KML...** seçimi gerçekleştirilir (Görsel 2.14). Yeni açılan ekranda akıllı telefon içerisindeki bütün dosyaların listesi çıkar. “kmz” veya “kml” uzantılı uçuş sahası dosyası bu listeden seçilir.



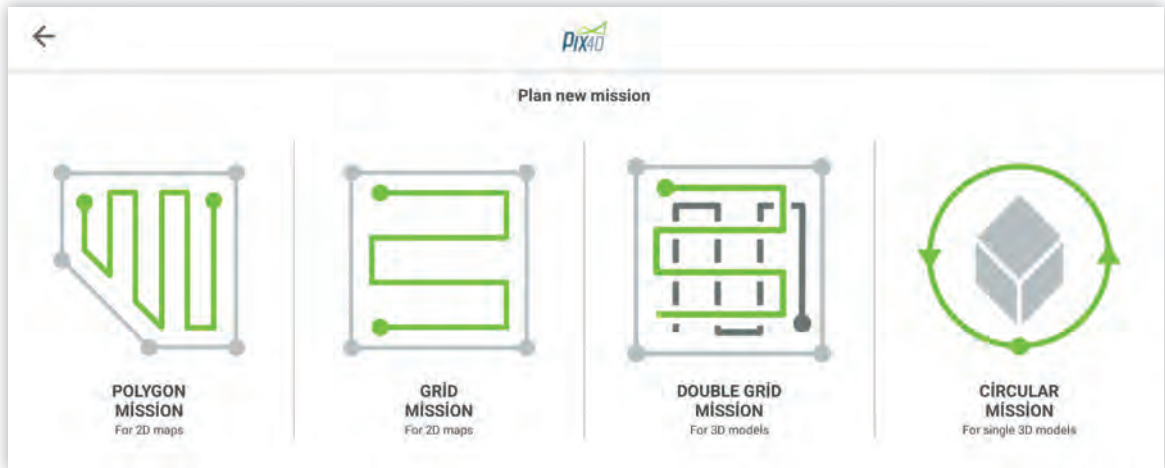
Görsel 2.14: Proje açılış ekranı

- Seçimin yapılması ile sol bölümde bulunan harita ekranında uçuş sahası görülür (Görsel 2.15).



Görsel 2.15: Proje açılış ekranı

- Uçuş sahasının yazılıma aktarılması ile uçuş planı da hazırlanmaya uygun hâle getirilmiş olur. Görsel 2.15 'in sağ ortasında bulunan + seçimi yapılarak yeni uçuş planı ekranı açılır (Görsel 2.16).



Görsel 2.16: Yeni uçuş planı ekranı

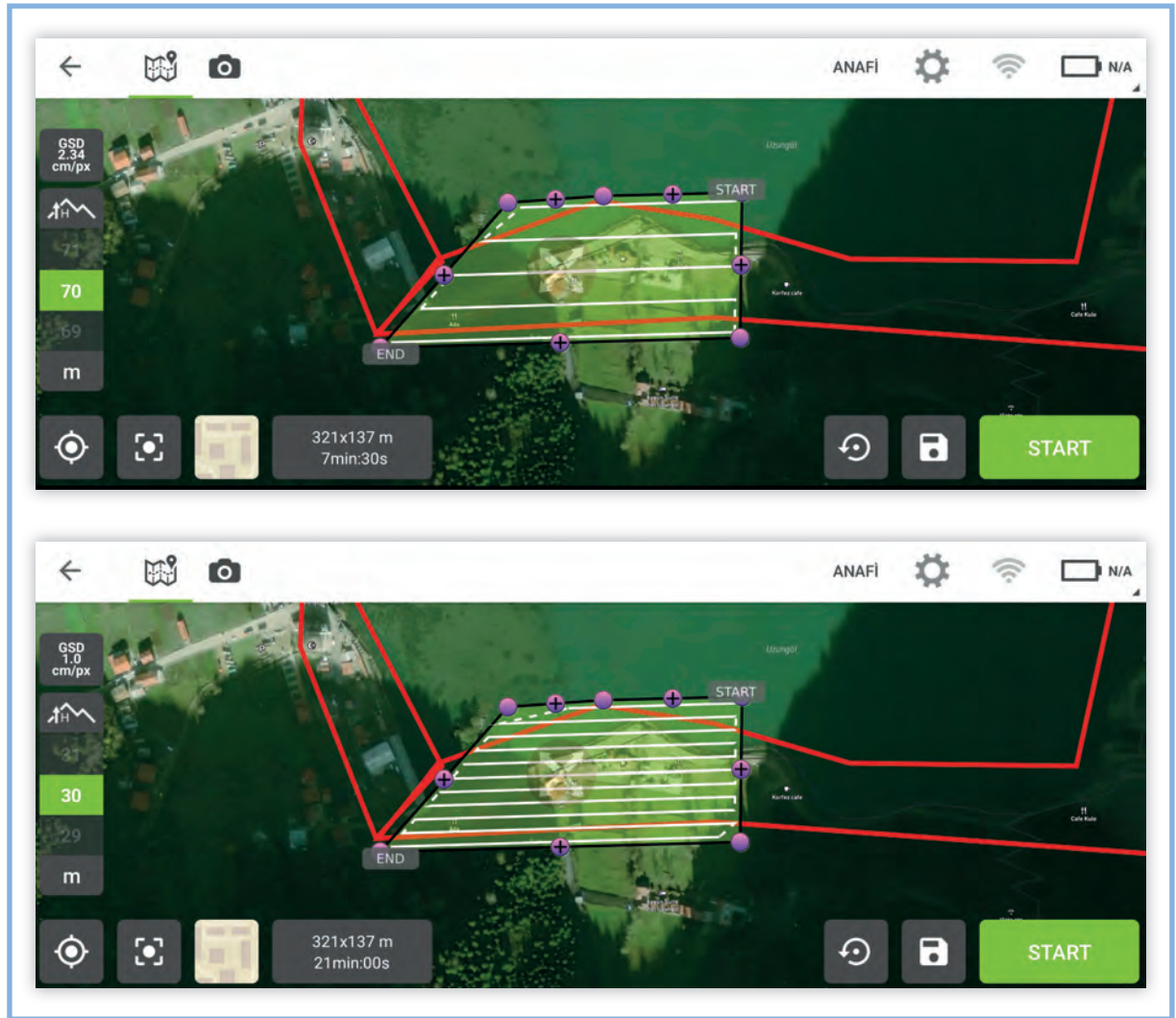
- Yeni uçuş planı ekranından uçuş sahasında yapılacak haritalandırmanın durumuna göre istenen uçuş planı seçimi yapılır. Hava fotoğrafı gibi 2 boyutlu haritalar yapılmak istenirse **POLYGON MISSION** veya **GRID MISSION** seçilebilir. **POLYGON MISSION** ile alan seçimi dağınık köşeli yapılabilir. **GRID MISSION** ile de kare ve dikdörtgen şeklinde alanlar belirlenebilir. 3 boyutlu modeller elde edilmek istendiğinde **DOUBLE GRID MISSION** seçimi yapılabilir. **CIRCULAR MISSION** ile belirlenen alan etrafında belirlenen yükseklikte içe doğru fotoğraf çekimleri yapılabilir.

2.3.2. Uçuş Yüksekliğinin Belirlenmesi

Uçuş yüksekliği, uçuş sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli faktörlerden biridir. Uçuş yüksekliği her şeyden önce uçuşun güvenliğini etkilemektedir. Uçuş yüksekliği belirlenirken çevresel faktörlere (direkter, teller, yüksek gerilimler, manyetik alan, güvenlik binaları) dikkat edilmelidir.

Uçuş yüksekliği görüntü kalitesini ve uçuş süresini etkileyen en önemli faktördür. Uçuş yüksekliğinin fazla olması, çekim yapılan alana olan uzaklığı artıracığından çekim kalitesi düşecektir. Fakat fotoğrafların daha yüksekten çekilmesi daha büyük alanların kareye sığmasını sağlayacak, çekilecek fotoğraf sayısını ve uçuş süresini azaltacaktır. Bu yüzden uçuş yüksekliği belirlenirken bütün etkenler düşünülmelidir.


Uçuş yüksekliği, uçuş yazılımında uçuş planı ekranında sol kısımda bulunan sayıların değiştirilmesiyle belirlenir. Uçuş yüksekliğine göre yer örnekleme aralığı (YÖA-GSD) ve uçuş süresi yazılım tarafından hesaplanarak gösterilir (Görsel 2.17).



Görsel 2.17: Uçuş yazılımında uçuş yüksekliği belirlenmesi

2.3.3. Bindirme Oranları

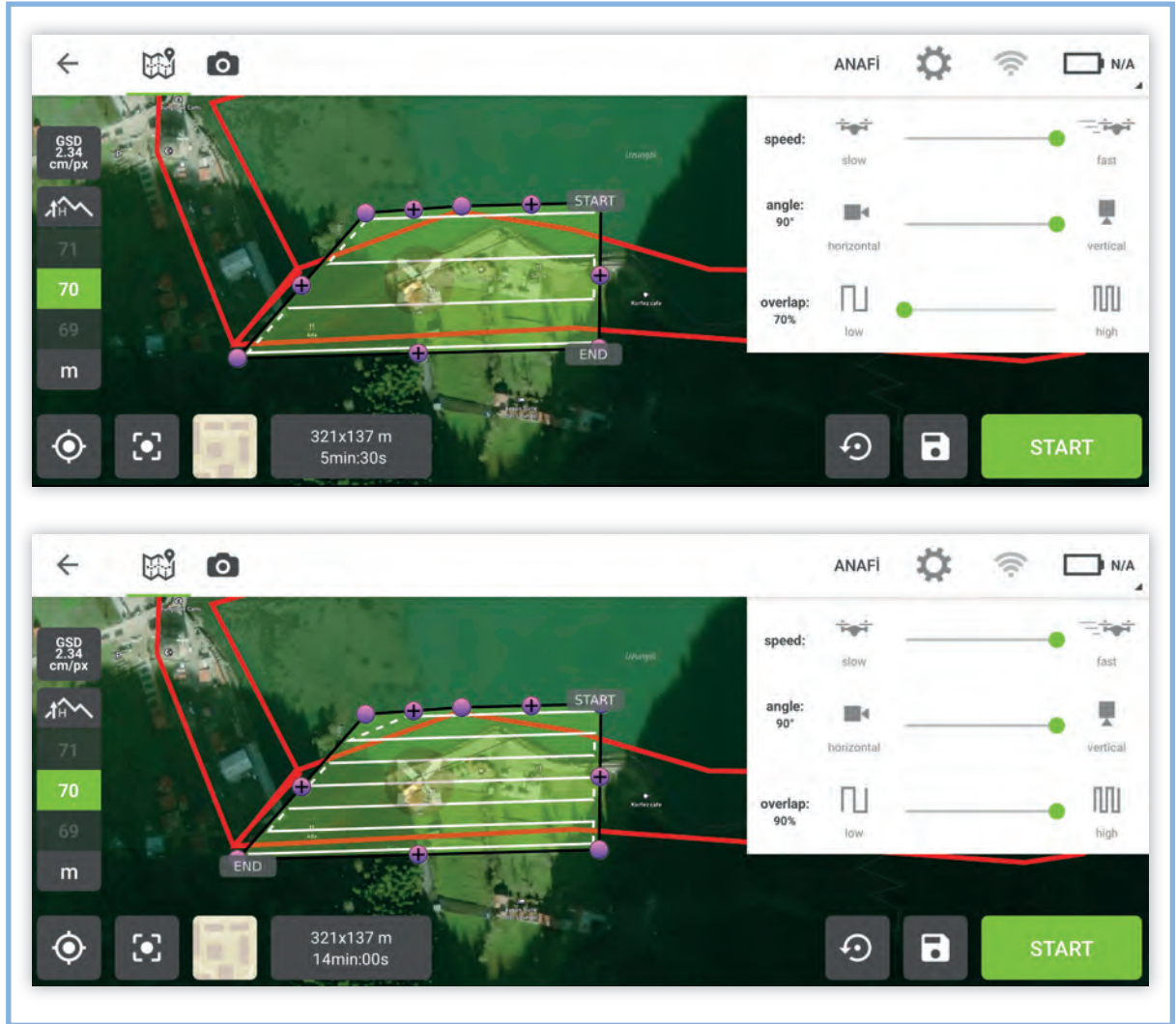
Uçuş ile elde edilen fotoğrafların birleştirilebilmesi için sırasıyla çekilen fotoğrafların birbirleriyle ortak alanlarının olması gerekir. Fotoğraflar bu yüzden bindirmeli bir şekilde çekilir. Bindirmelerin sık olması elde edilecek görüntünün doğruluğunu artırır.

Uçuş planı ekranının sol üst kısmında bulunan  seçimi yapıldığında çıkan ekranda 3 adet ayar bulunmaktadır. Bunlar **uçuş hızı**, **kamera açısı** ve **bindirme oranıdır**.


Uçuş hızı, uçuş esnasında sıralı bir şekilde fotoğraf çekimi yapan İHA'nın uçuş sırasındaki hızını belirlemek için kullanılan bir ayardır.

Kamera açısı, uçuş esnasında çekilen fotoğrafların yönünü belirlemek için kullanılan bir ayardır. 2 boyutlu haritalar yapılmak istendiğinde kamera açısı 90° yapılabilir. Açı, 90° yapıldığında kamera dik bir şekilde tam aşağı bakacak şekilde ayarlanmış olur.

Bindirme oranı, uçuş sırasında İHA'nın uçacağı güzergâhın sıklığını belirler. İHA, belirlenmiş olan kolonlara göre sırasıyla uçuş yapar. Bindirme oranının artmasıyla kolonlar sıklaşır. Bindirme oranının artması uçuş süresini ve çekilecek olan fotoğraf sayısını artırır (Görsel 2.18).



Görsel 2.18: Uçuş yazılımında bindirme oranının belirlenmesi

Uçuş planı, gerekli ayarlamalar yapıldıktan sonra  butonuna tıklanarak kaydedilir. Kamera koruyucu, hafıza durumu (hafıza kartı) kontrol edildikten sonra **START** seçimi yapılır ve uçuş gerçekleştirilir. **START** seçimi yapıldıktan sonra herhangi bir hata (kalibrasyon, uzaklık, batarya-hafıza durumu, görülen uydu sayısı vb.) olması durumunda uçuş gerçekleşmez ve hata ekranında oluşan hatalar gösterilir. İHA, uçuş işlemi tamamlandıktan sonra kalkış yaptığı noktaya geri dönüş yapabilmektedir.

2.3.4. Kalibrasyon Ayarları

İHA'lar üzerlerinde güvenli bir uçuş sağlayabilen çeşitli sensörler bulundurulur. Bu sensörlerden bazıları şunlardır:

Pusula, İHA yönünün doğru bir şekilde belirlenmesini sağlar.

Jiroskop, bir denge sensörüdür. Dışardan hiçbir kontrol mekanizmasına etkisi olmadığı zamanlarda araca gelen dış etkileri anlar, aracın dengeye gelmesi için uçuş kontrol kartına sinyaller göndermeyi sağlar.

İvmemölçer, hava aracının ivmelenmesini ölçerek aracın yere paralel olmasını sağlar.

Barometrik basınç sensörü, havanın basıncını ölçerek havadaki aracın yüksekliğinin sabitlenmesini sağlar.

Bu sensörlerin doğru bir şekilde çalışabilmesi için kalibrasyon ayarları yapılmalıdır. Kalibrasyonu yapılmamış İHA'ların uçurulması, uçuş kontrolünün sağlanmasını zorlaştırabilir. Kontrolü sağlanamayan İHA'lar, hava trafiğini olumsuz yönde etkileyerek tehlikeli durumlara neden olabilir. Bu yüzden uçuş öncesi kalibrasyon ayarları doğru bir şekilde yapılmalıdır. Kalibrasyon yapılması gereken İHA'lar, kontrol bölümündeki uçuş ekranında kalibrasyon hatası olarak uyarı verir ve uçuş gerçekleşmez.

Başlıca kontrol edilmesi gereken kalibrasyon ayarları pusula kalibrasyonu, ataletsel ölçüm birimi (IMU) kalibrasyonu ve gimbal (gimbal) kalibrasyonudur.

Pusula Kalibrasyonu

Pusula, dünya'nın manyetik alanına göre manyetik kuzeyi tespit ederek yön belirlemeyi sağlar. İHA'lar üzerinde bulunan pusula, manyetik alanı dikkate alarak yönünü belirler. İHA'lar, bu sayede havada fotoğraf çekerken yüzeye dik bir şekilde hareket etmeden durabilir.

Pusula, kalibrasyonu İHA'nın yerden yaklaşık 1,5 m yükseklikte 360° yatay ve dikey yönde kendi etrafında döndürülmesi ile kalibre edilmektedir. İHA'lar, pusula kalibrasyonu yapılacak durumlarda metal ve elektrikli nesnelere uzak tutulmalıdır.

Pusula kalibrasyonunun yapılabilmesi için İHA açık olmalıdır. Pusula kalibrasyonu için yapılması gerekenler şu şekildedir:

İHA'ya uygun uçuş uygulaması açılarak uygulama içerisindeki **Ayarlar** bölümünden **Pusula** veya **Pusula kalibrasyonu** seçilir.

Kalibrasyon seçimi yapıldıktan sonra uygulama üzerinde pusula kalibrasyon ekranı açılır (Görsel 2.19).

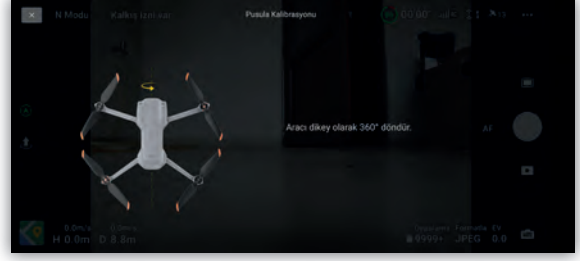


Görsel 2.19: Pusula kalibrasyon ekranı

İHA için yapılması gereken hareketler pusula kalibrasyonu ekranından tarif edilir (Görsel 2.20).



Görsel 2.20.a: Pusula kalibrasyon ekranında tarif edilen döndürme hareketi



Görsel 2.20.b: Pusula kalibrasyon ekranında tarif edilen döndürme hareketi

Tarif edilen hareketler İHA üzerinde yapıldıktan sonra pusula kalibrasyonu tamamlanmış olur.

Ataletsel Ölçüm Birimi (IMU) Kalibrasyonu

İvmeölçerler, jiroskoplar ve bazen manyetometreleri bir arada kullanarak bir cismin hareketindeki değişim kuvvetini, açısal hızını ve bazen de cismin yönünü ölçen ve raporlayan elektronik cihaza **ataletsel ölçüm birimi (IMU)** denir.

Rüzgârlı havalarda İHA'nın sabit bir şekilde durmasını sağlamak ve bu doğrultuda çekilen fotoğraflarda sürüklenme hatasını ortadan kaldırmak için pusula kalibrasyonunun yanında IMU kalibrasyonu da yapılmaktadır.

IMU kalibrasyonunun yapılabilmesi için İHA düz bir zeminde bulunmalı ve açık olmalıdır.

IMU kalibrasyonu için yapılması gerekenler şu şekildedir:

İHA'ya uygun uçuş uygulaması açılarak uygulama içerisindeki **Ayarlar** bölümünden **Imu** veya **Imu kalibrasyonu** seçilir. Kalibrasyon seçimi yapıldıktan sonra uygulama üzerinde IMU kalibrasyon ekranı açılır [Görsel 2.21 İHA'nın duruş şekli IMU kalibrasyon ekranından tarif edilir (Görsel 2.22)].



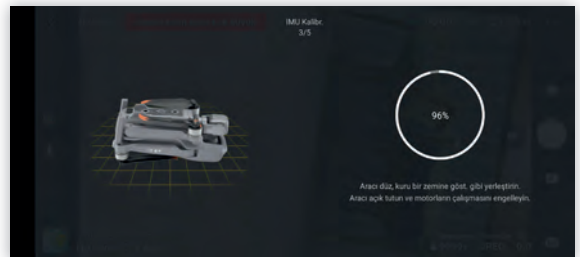
Görsel 2.21: IMU kalibrasyon ekranı



Görsel 2.22.a: IMU kalibrasyon ekranında tarif edilen duruş şekli



Görsel 2.22.b: IMU kalibrasyon ekranında tarif edilen duruş şekli



Görsel 2.22.c: IMU kalibrasyon ekranında tarif edilen duruş şekli



Görsel 2.22.d: İMU kalibrasyon ekranında tarif edilen duruş şekli



Görsel 2.22.e: İMU kalibrasyon ekranında tarif edilen duruş şekli

Tarif edilen duruşlar İHA üzerinde yapıldıktan sonra İMU kalibrasyonu tamamlanmış olur.

Gımbal Kalibrasyonu

İHA'larda bulunan kameraların belirli bir açıda sabit şekilde fotoğraflar çekebilmesini ve İHA'nın hareketinden kaynaklanan kamera açısı değişimlerinin giderilerek sabit açıda kalabilmelerini sağlamak için tasarlanmış elektronik denge sistemine **gımbal** denir.

Gımbal, kameranın dönme açılarını ayarlayabilen bir sistem olduğundan kamera, gımbal üzerinde bulunmalıdır (Görsel 2.23). Gımbal ile kamera çekim açısı ayarlandığından, kalibrasyonu doğru bir şekilde yapılmalıdır.

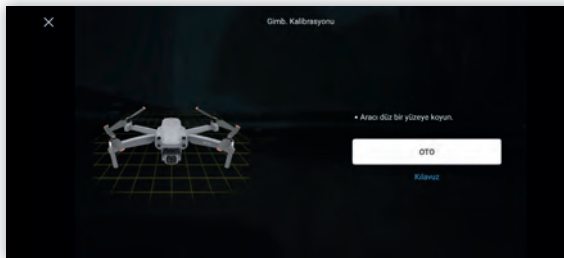


Görsel 2.23: Gımbal ile farklı kamera açıları

Gımbal kalibrasyonunun yapılabilmesi için İHA düz bir zeminde bulunmalı ve açık olmalıdır.

Gımbal kalibrasyonu için yapılması gerekenler şu şekildedir:

İHA'ya uygun uçuş uygulaması açılarak uygulama içerisindeki **Ayarlar** bölümünden **gımbal** veya **gımbal** kalibrasyonu seçilir. Kalibrasyon seçimi yapıldıktan sonra uygulama üzerinde gımbal kalibrasyon ekranı açılır (Görsel 2.24). Düz bir zeminde bulunan İHA, gerekli gımbal hareketleri yaparak kalibrasyonunu otomatik olarak tamamlar (Görsel 2.25).



Görsel 2.24: Gımbal kalibrasyon ekranı



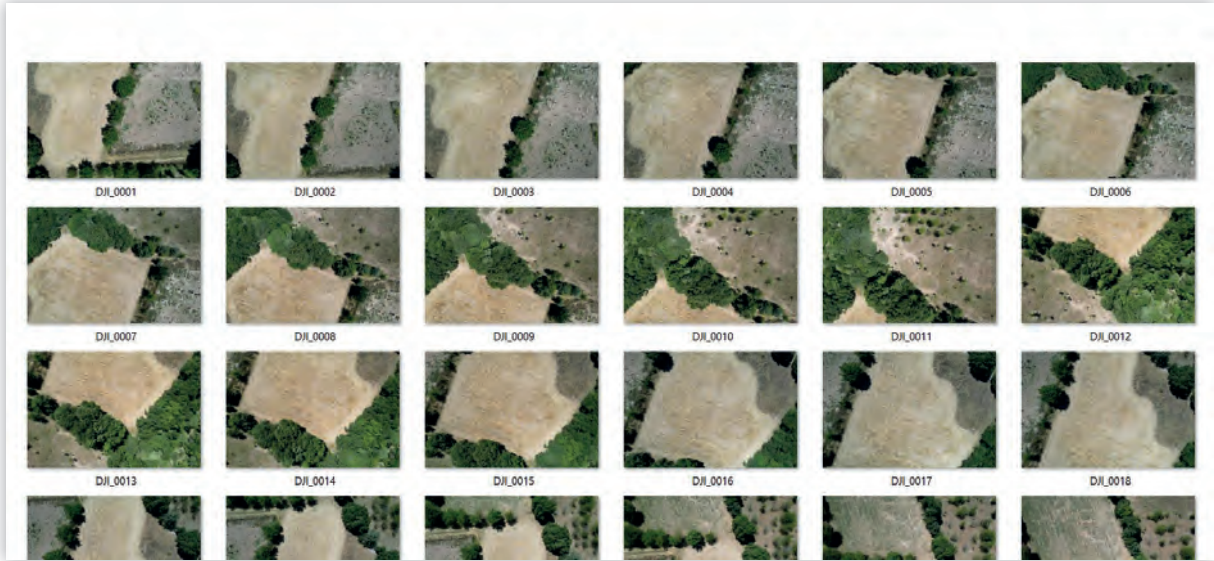
Görsel 2.25: Gımbal kalibrasyonu tamamlanması işlemi

2.3.5. Çıktıların Kontrolü

İHA içerisinde bulunan fotoğraflar, uçuş işlemi yapıldıktan sonra bilgisayara aktarılmalıdır. Aktarımın yapılması, İHA hafızasında bulunan fotoğrafların güvenliği açısından önemlidir. Daha sonra yapılacak olan uçuşlarda hafıza yeterli olmadığından uçuşlarda sorunlar yaşanabilir. Aktarım işlemi İHA üzerinde bulunan hafıza kartının bilgisayara takılmasıyla veya İHA ile bilgisayar arasında yapılacak bağlantı kablosu yardımıyla yapılır (Görsel 2.26). Aktarım işlemi tamamlandıktan sonra bozuk çekilmiş olan fotoğraflar silinir. Fotoğraf isimleri değiştirilmez ve fotoğraflarda döndürme yapılmaz (Görsel 2.27).



Görsel 2.26: İHA-Bilgisayar bağlantısı



Görsel 2.27: İHA ile çekilmiş görüntüler

Sıra Sizde



Okulunuzun alanları içerisindeki en uygun uçuş planını hazırlayınız.



Aşağıdaki soruları okuyarak verilen alanlara cevaplarını yazınız

1. İHA'lar ülkemizde SHGM tarafından göre sınıflandırılmaktadır.

Buna göre İHA'lar 4 sınıfa ayrılır:

İHA0: Azami kalkış ağırlığı (dâhil) – aralığında olan İHA'lar,

İHA1: Azami kalkış ağırlığı (dâhil) – aralığında olan İHA'lar,

İHA2: Azami kalkış ağırlığı (dâhil) – aralığında olan İHA'lar,

İHA3: Azami kalkış ağırlığı (dâhil) ve daha fazla olan İHA'lardır.

2. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı (SHT-İHA) dışında bulunan İHA çeşitleri nelerdir?

.....

.....

.....

.....

.....

3. Ticari amaçlı kullanılacak İHA0 sınıfındaki İHA'ların teknik donanımında ve sigortalanmasında sahip olması gereken zorunlu özellikler nelerdir?

.....

.....

.....

.....

.....

4. İHA pilotu lisanslandırma, kayıt ve tescil işlemleri için gerekli olan belgeler nelerdir?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



5. Uçuşa yasak (kırmızı) veya özel izne tabi (kırmızı) bölge olarak tanımlanan bölgeleri yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. İHA0 ve İHA1 sınıfı İHA'lar için verilmiş olan uçuş bölgelerine göre uçuş izinleri alınması işlemlerini yazınız.

Serbest (yeşil) bölgelerde

.....

.....

.....

.....

Özel izne tabi (kırmızı) bölgelerde

.....

.....

.....

.....

İzne tabi bölgelerde

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. RTK / PPK özelliği bulunan İHA'ların avantajları nelerdir?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



8. Yer Örnekleme Aralığı (YÖA-GSD) nedir?

.....
.....

9. Yer kontrol noktalarının TUSAGA-Aktif sisteminde Ağ GZK yöntemiyle ölçüm işlemini açıklayınız.

.....
.....
.....

10. Uçuş planı hazırlanırken dikkat edilmesi gereken özellikleri yazınız.

.....
.....
.....
.....
.....

11. Uçuş yüksekliğinin uçuş planına etkileri nelerdir?

.....
.....
.....
.....

12. Bindirme oranlarındaki değişimlerin uçuş planına etkileri nelerdir?

.....
.....
.....
.....
.....

13. İHA'larda uçuş öncesi yapılması gereken kalibrasyon ayarları nelerdir?

.....
.....
.....



NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Uçuş planının cihaza yüklenmesi
- Uçuşun sağlanması
- Çıktı işlemleri

TEMEL KAVRAMLAR

- Uçuş planı
- Çözünürlük

[http://kitap.eba.gov.tr/
KodSor.php?KOD=42809](http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=42809)



HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

- İnsansız hava araçları ile çekilen fotoğrafların daha yüksek çözünürlüklü hâle getirilebilmesi için neler yapılabilir?

3. ÖĞRENME BİRİMİ

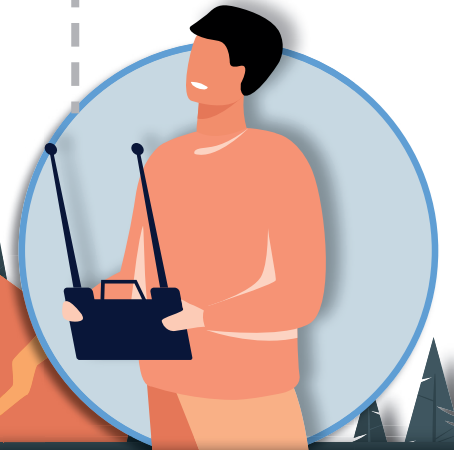


DRONLA HARİTA ÖLÇÜMÜ

KONULAR

3.1. UÇUŞ PLANINI YÜKLEME

3.2. ÇIKTI ÜRÜNÜNÜ ALMA





3.1. UÇUŞ PLANINI YÜKLEME

Otonom uçuş sağlayabilen İHA'lar, hazırlanan uçuş planlarına bağlı kalarak belirlenen doğrultuda uçuş yapabilmektedir. Uçuş planı, uçuş başladıktan sonra planda değişiklik yapılamayacağından ortaya çıkabilecek bütün olumsuzluklar uçuş öncesi düşünülerek uçuş planı hazırlanmalıdır.

Sektörde faaliyet gösteren birçok ticari İHA firması, çeşitli otonom uçuş uygulamaları geliştirmek için çalışmalar yapmaktadır. El yapımı İHA'lar için çeşitli ortak yazılımlar kullanılarak uçuş planları bilgisayarlar tarafından hazırlanır. Hazırlanan uçuş planı, bilgisayar ile İHA arasında bağlantı kurularak İHA'ya aktarılır. Uçuşun başlaması için komut verildiğinde İHA, yüklenen plana uygun bir şekilde otonom uçuşu gerçekleştirir.

Uçuşa başlamadan önce uçuş için gerekli kontroller yapılmalıdır. Hazırlanan uçuş planındaki uçuş yüksekliğinin, uçuş sahasında bulunan yüksek gerilim hatlarının ve yüksek binaların uçuşu etkileyip etkilemediği kontrol edilmelidir. Yüksek gerilim hatları, İHA'nın elektronik devrelerine zarar verebilmekte ve üzerindeki pusulanın manyetiğini de etkileyebilmektedir. Bu yüzden uçuş planları; kolon, yüksek gerilim hatları, yüksek binalar gibi etkenlere dikkat edilerek hazırlanmalıdır.

Uçuş planı kontrol edildikten sonra İHA'nın batarya durumu, kanatları ve kamera koruyucusu kontrol edilir. Gerekli kontroller yapıldıktan sonra cihaz çalıştırılır ve uçuş planı cihaza yüklenir. Uçuşa başlama komutu verildiğinde motorlar çalışır ve İHA otonom uçuşa başlar.

3.2. ÇIKTI ÜRÜNÜNÜ ALMA

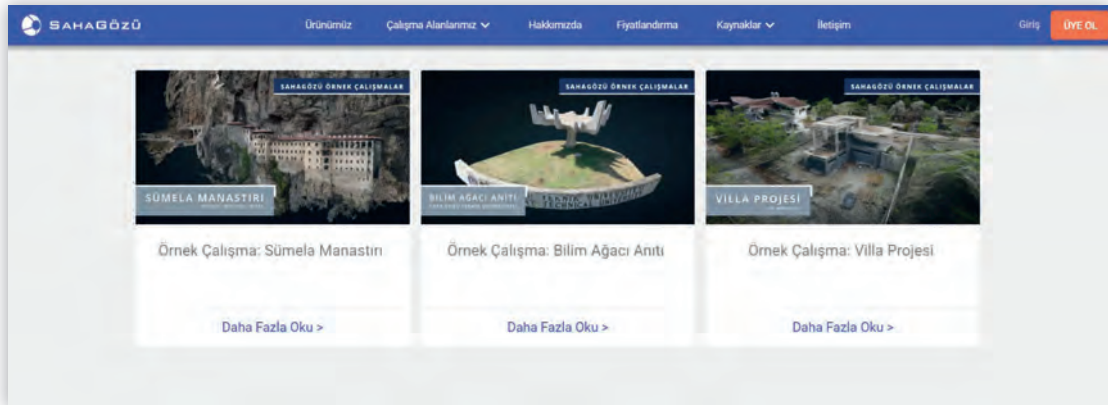
İHA'lar tarafından kuş bakışı ve sıralı bir şekilde çekilen fotoğraflar işlenerek birleştirilir; tek bir fotoğraf elde edilir. Elde edilen fotoğraf, yer kontrol noktaları yardımıyla gerçek arazi yüzeyine uygun hâle getirilir.

Çekilen fotoğrafların işlenmesi için çeşitli yazılımlar bulunmaktadır. Bu yazılımların çoğu, işlem mantığı olarak aynı olsa da birbirlerinden eksik ve üstün yönleri sahiptir. Fotoğrafların işlenmesi için yüksek kapasiteli bilgisayarlara ihtiyaç vardır. Günümüzde internet üzerinden bulut tabanlı işlem yapan yazılımlar sayesinde yüksek kapasiteli bilgisayarlara olan ihtiyaç ortadan kalkmıştır. Yapılacak uygulamalarda tek bir fotoğraf işleme yazılımı kullanılmıştır.

Fotoğraf işleme için gereken veriler, sıralı olarak bindirmeli bir şekilde çekilmiş fotoğraflar ve yer kontrol noktalarının koordinatlarıdır. İşlemlere başlamadan önce çalışma alanına ait projeksiyon bilgileri belirlenmelidir.

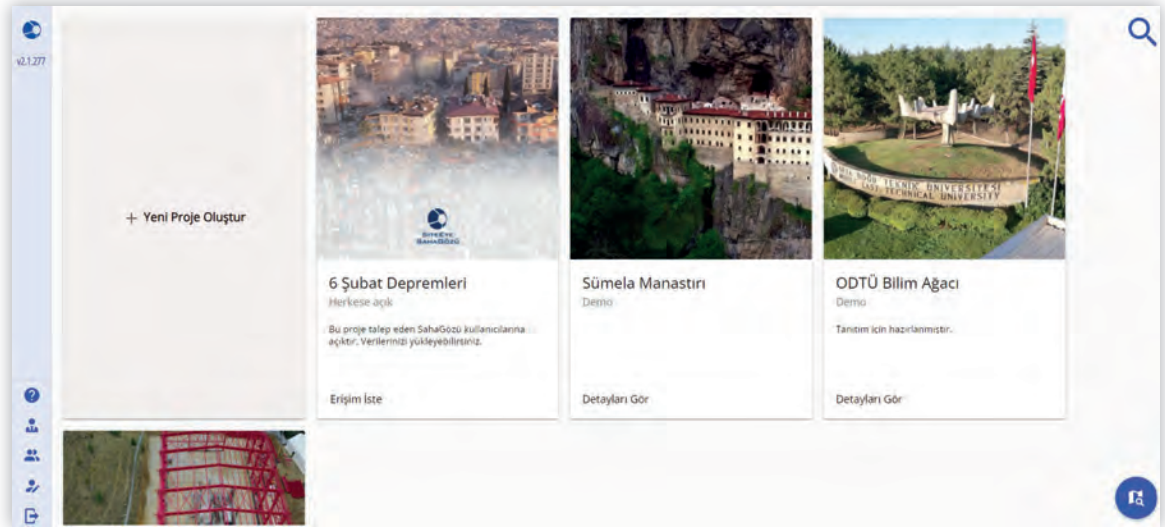
Gerekli veriler elde edildikten sonra yapılması gereken işlemler şunlardır:

- Fotoğraf işleme yazılımlarından birisi olan <https://sahagozu.com/> sitesine giriş yapılır (Görsel 3.1).
- Sitenin sağ üst kısmından üye olma ve daha sonra giriş işlemleri yapılır (Görsel 3.1).



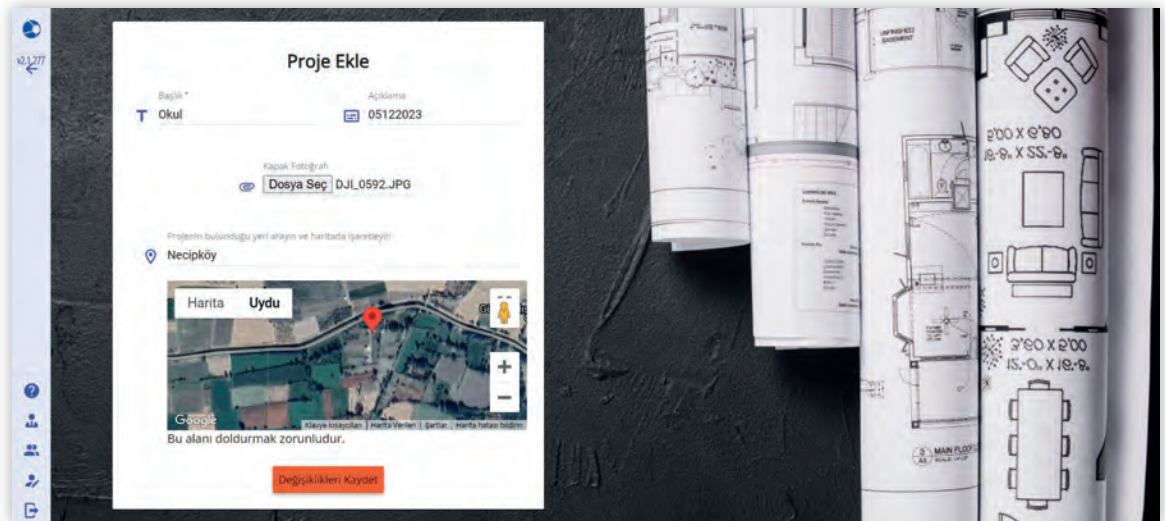
Görsel 3.1: Bulut tabanlı yazılımın giriş sayfası

- Giriş işlemi yapıldıktan sonra yeni bir proje ekranı açılır. Açılan ekrandan önceden hazırlanmış projeler açılabilirdiği gibi yeni proje çalışmasına da başlanabilir. Yeni projeye başlamak için ekranın sol tarafında bulunan **+ Yeni Proje Oluştur** bölümüne tıklanır (Görsel 3.2).



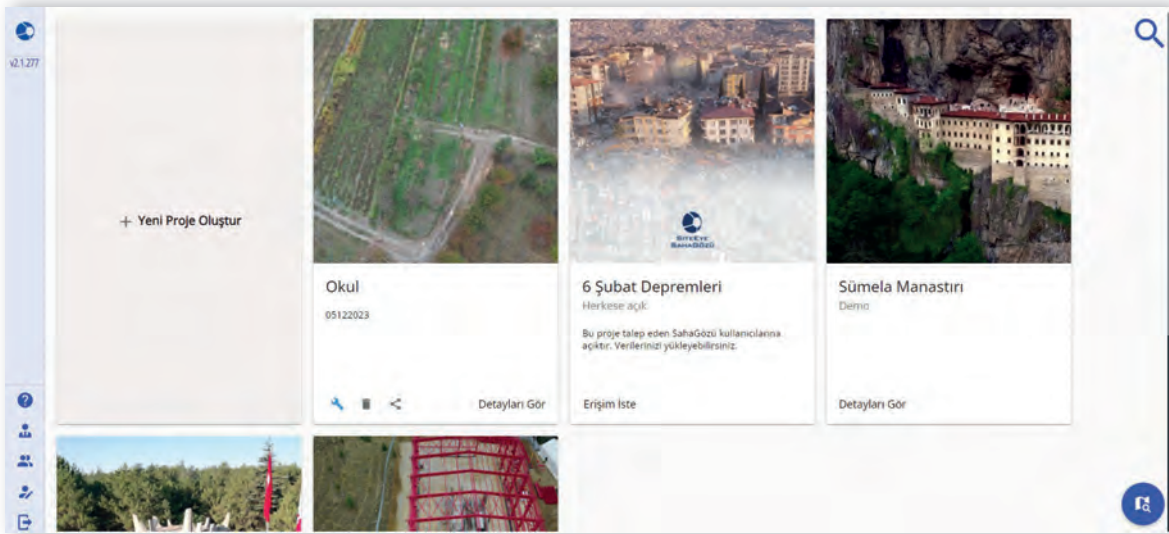
Görsel 3.2: Proje oluşturma ekranı

- Açılan **Proje Ekle** ekranında **Başlık** ve **Açıklama** bölümüne projeye uygun bilgiler yazılır. **Kapak fotoğrafı** bölümüne proje hazırlandıktan sonra hatırlanabilecek şekilde bir kapak fotoğrafı yüklenir. Alt kısımda bulunan haritadan çalışılacak bölge işaretlenir. Çalışılacak bölge, harita üzerinde bulunamıyorsa haritanın üst kısmında bulunan arama bölümünden istenen bölgenin ismi girilir; çalışılacak bölge bu şekilde bulunabilir. En alt kısımda bulunan **Değişiklikleri Kaydet** butonuna tıklanır ve proje oluşturma işlemi tamamlanarak proje oluşturma ekranı açılır (Görsel 3.3). Yeni oluşturulan proje, yüklenmiş kapak fotoğrafı ve yazılan başlık adıyla **Proje Oluşturma** ekranı üzerinde görünür.



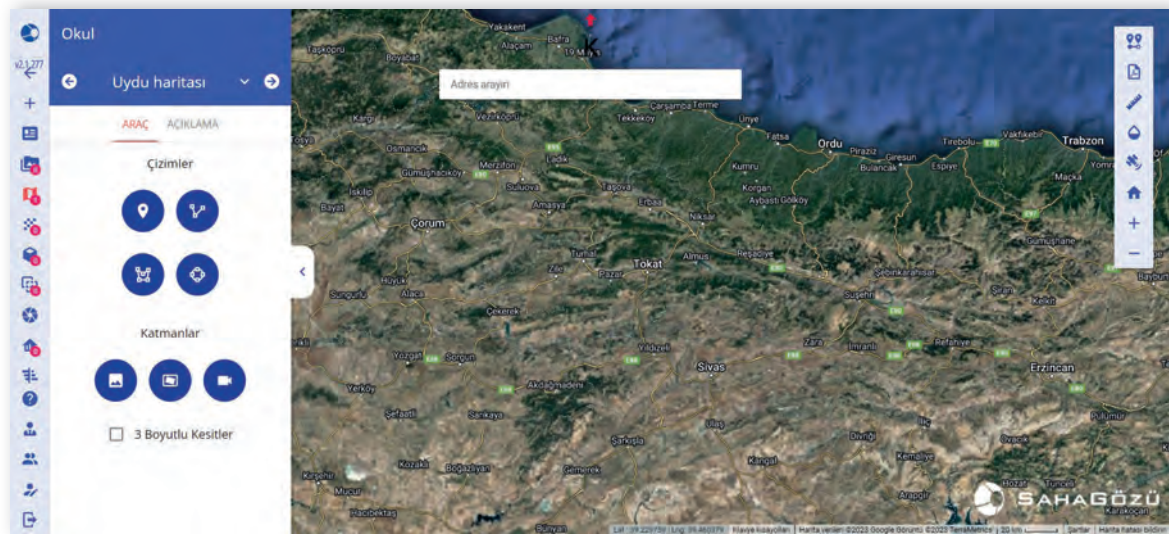
Görsel 3.3: Proje ekleme ekranı

- Proje oluşturma ekranı üzerinde bulunan üzerinde çalışılacak yeni oluşturulmuş proje üzerine tıklanır (Görsel 3.4).



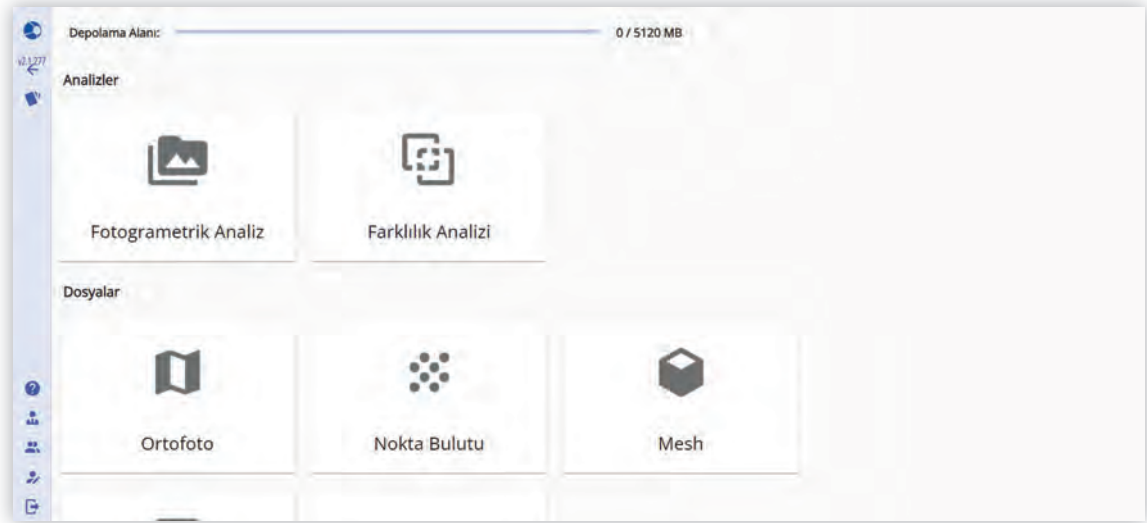
Görsel 3.4: Proje oluşturma ekranı üzerinde yeni eklenmiş proje

- Proje seçimi yapıldıktan sonra açılan yeni proje işlem ekranının sol üst kısmında bulunan **+ Ekle** işlemi seçilir (Görsel 3.5).



Görsel 3.5: Proje işlem ekranı

- + **Ekle** işlemi seçildiğinde açılan yeni ekranda yapılacak işlemler görüntülenir. Bu ekrandan **Fotogrametrik Analiz** işlemi seçilir (Görsel 3.6).



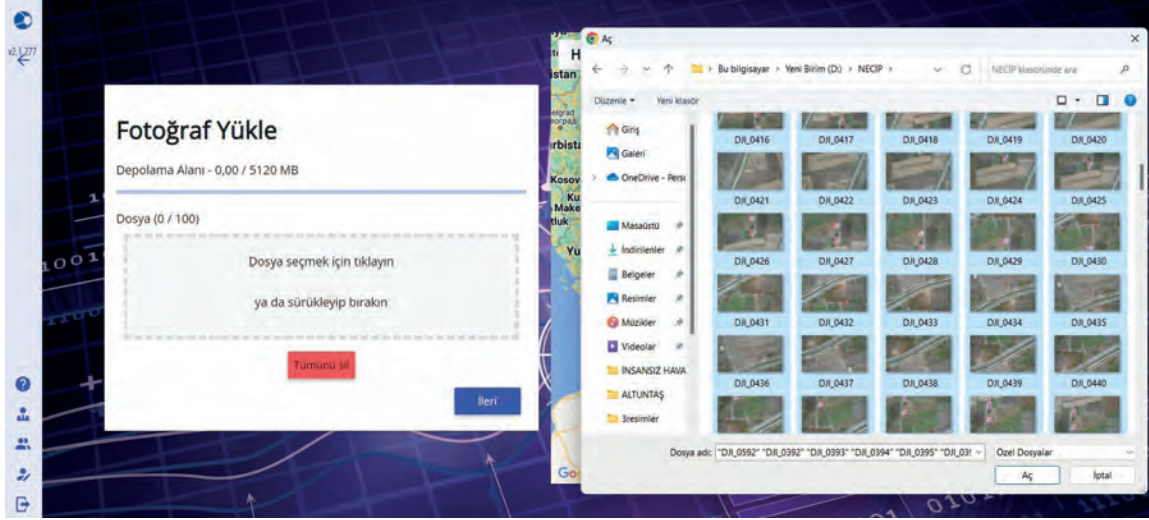
Görsel 3.6: Proje analiz seçim ekranı

- **Fotogrametrik Analiz** işlemi seçildiğinde yeni bir ekran açılır. Bu ekran üzerinde **Ad** bölümüne yapılacak analizin ismi girilir. **Çıktılar** bölümünden yapılacak analizden elde edilecek çıktıların seçimi yapılır. **Model Kalitesi** bölümünden yapılacak analizin kalitesi belirlenir. Yüksek kaliteli analizler ile yüksek kaliteli çıktılar elde edilir fakat analiz yavaş ilerler ve yüksek boyutlarda veriler elde edilir. Elde edilen çıktılarda yapılacak çalışmalar, bilgisayarları ve bilgisayarlı çizim yazılımlarını zorlayarak bu yazılımların ağır çalışmalarına neden olmaktadır. Alt kısımda bulunan **Tarih** bölümüne analizin yapılacağı tarih girilerek **İleri** butonuna tıklanır (Görsel 3.7).



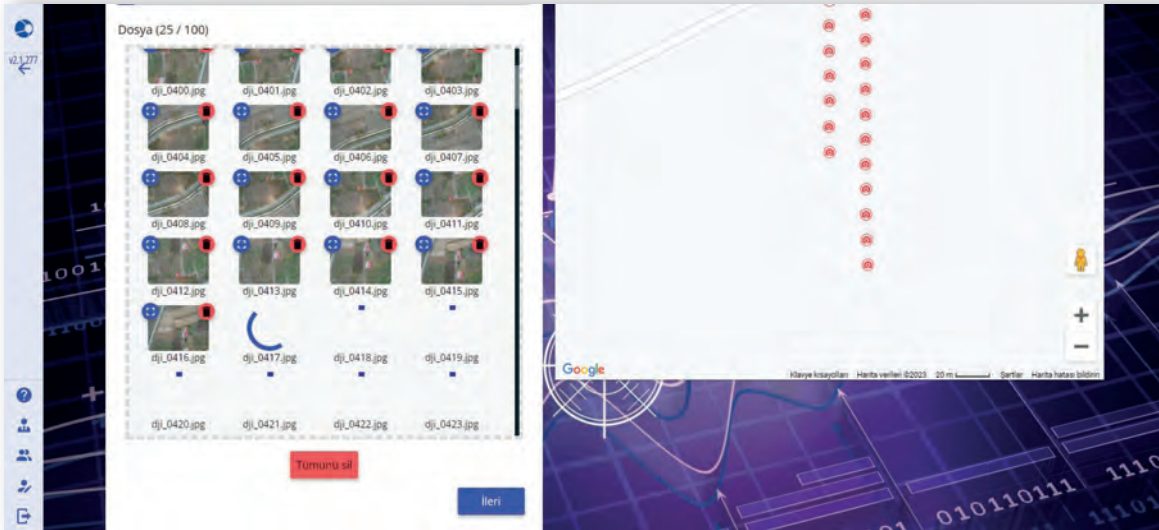
Görsel 3.7: Proje analiz ekranı

- **İleri** butonuna tıklandıktan sonra açılan **Fotoğraf Yükle** ekranında **Dosya seçmek için tıklayın ya da sürükleyip bırakın** bölümüne tıklanır. Açılan **Aç** ekranından daha öncesinde İHA ile sıralı bir şekilde çekilmiş analizde kullanılacak görseller seçilerek alt kısımda bulunan **Aç** butonuna tıklanır (Görsel 3.8).



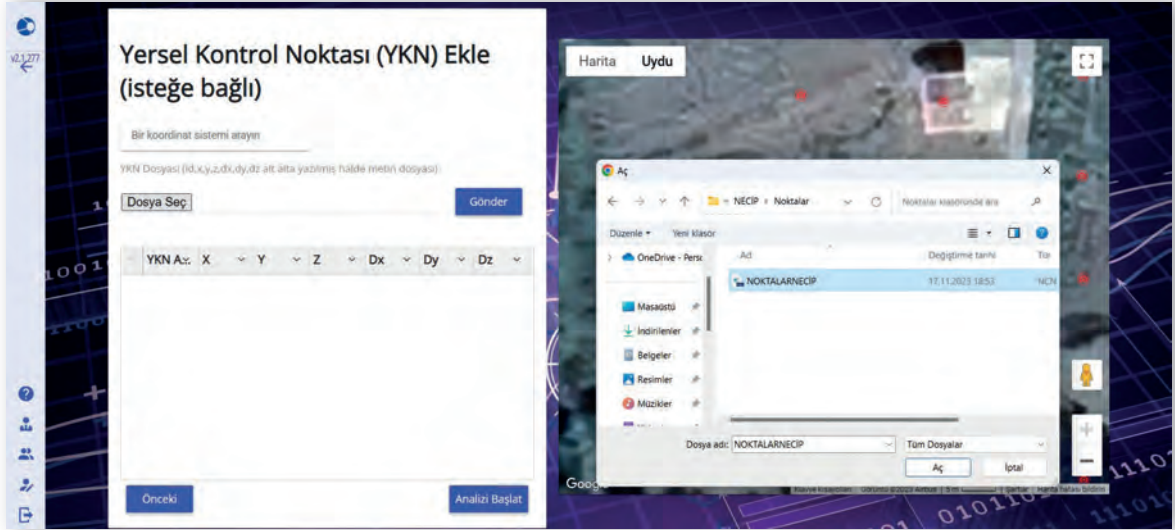
Görsel 3.8: Fotoğraf yükleme ekranı

- **Aç** butonuna tıklandıktan sonra **Fotoğraf Yükle** ekranı üzerinde seçilen fotoğrafların yüklenmesi tamamlanır. Yüklenen fotoğrafın konumu sağ kısmında bulunan harita üzerinde görülebilir. Fotoğrafların yükleme işlemi tamamlandıktan sonra alt kısımda bulunan **İleri** butonuna tıklanarak işleme devam edilir (Görsel 3.9).



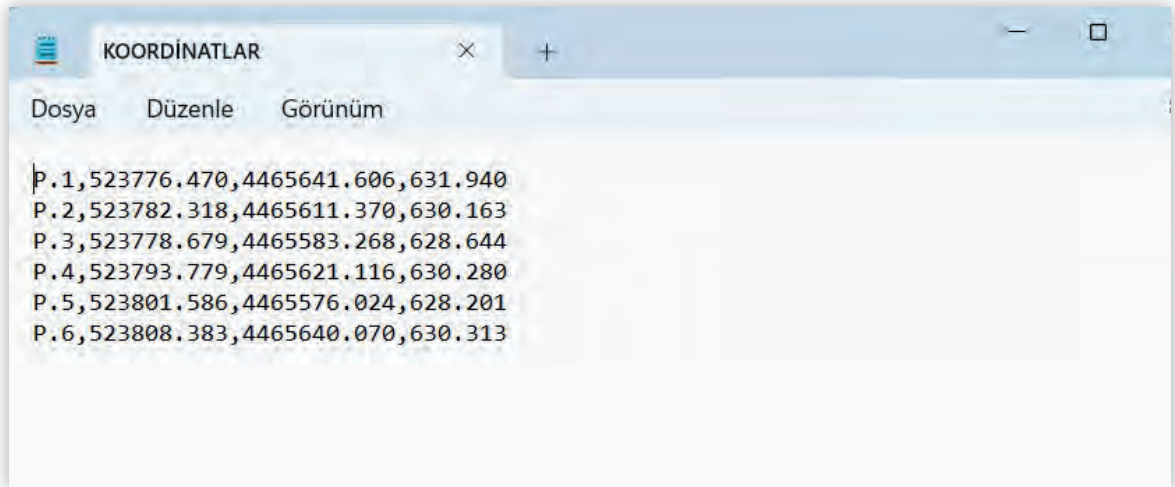
Görsel 3.9: Fotoğraf yükleme ekranı

- Fotoğraflar yüklenince **Yersel Kontrol Noktası (YKN) Ekle (isteğe bağlı)** ekranı açılır. Bu bölümde yer kontrol noktalarını projeye ekleme işlemi yapılır. Üst kısımda çıkan boşluğa ölçümü yapılmış yer kontrol noktalarının tanımlanmış koordinat sistem bilgileri girilir (Görsel 3.10).



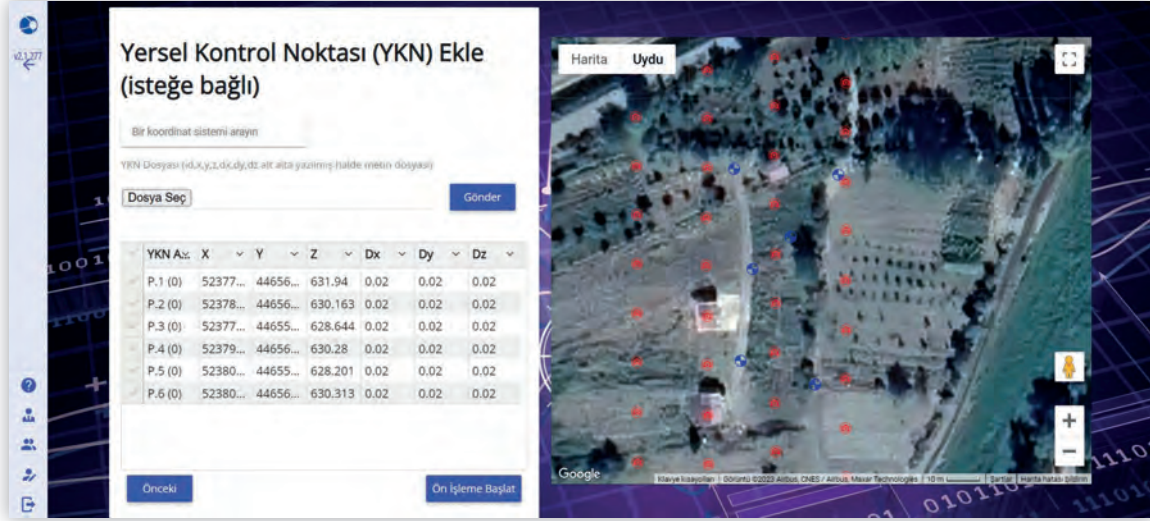
Görsel 3.10: Yersel Kontrol Noktası (YKN) Ekle (isteğe bağlı) ekranı

- Koordinat sistemi kutucuğunun alt kısmında bulunan **Dosya Seç** butonuna tıklanır. Ölçümü yapılmış olan yer kontrol noktalarının koordinat bilgileri bulunan dosya *txt formatında (YKN Dosyası=id,x,y,z alt alta yazılmış hâlde metin dosyası) seçilerek **Gönder** butonuna tıklanır (Görsel 3.11).



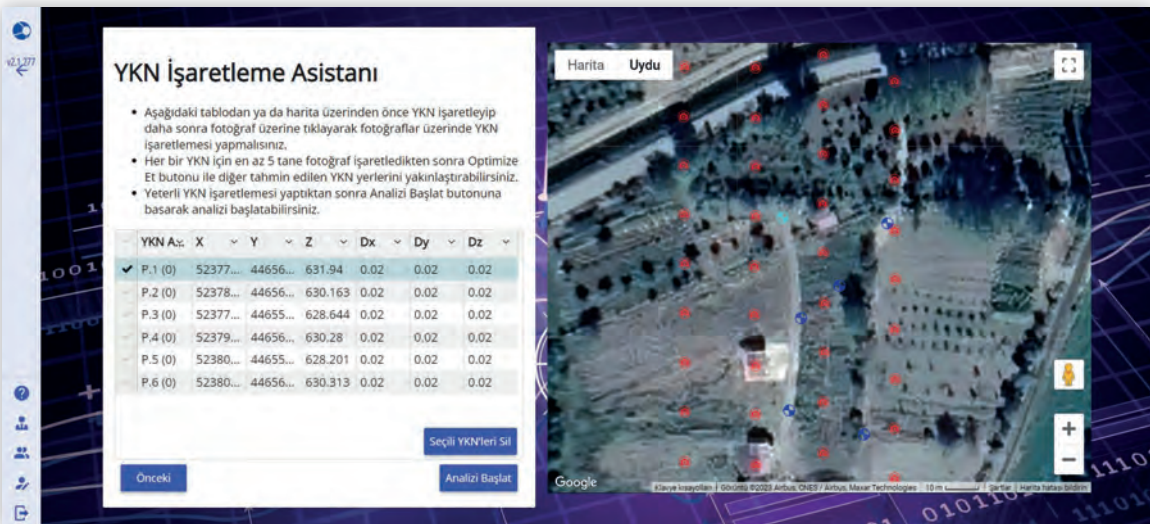
Görsel 3.11: Yersel Kontrol Noktası koordinat dosyası

- Yer kontrol noktaları, koordinat bilgileri ile alt kısımda görüntülenir. Sağ bölümde bulunan harita üzerinde ise yer kontrol noktalarının konumları görüntülenir (Görsel 3.12). Yer kontrol noktaları, harita üzerinde farklı bir yerde görünüyorsa yer kontrol noktalarının koordinat bilgileri kontrol edilmelidir. Yer kontrol noktalarını ekleme işlemi bittikten sonra alt kısımda bulunan **Ön İşleme Başlat** butonuna tıklanır. **Emin misiniz?** sorusu, **Evet** seçeneğine tıklanarak cevaplandırıldığında **Başarılı** uyarı ekranı açılır. **Tamam** butonuna tıklanarak işleme devam edilir.



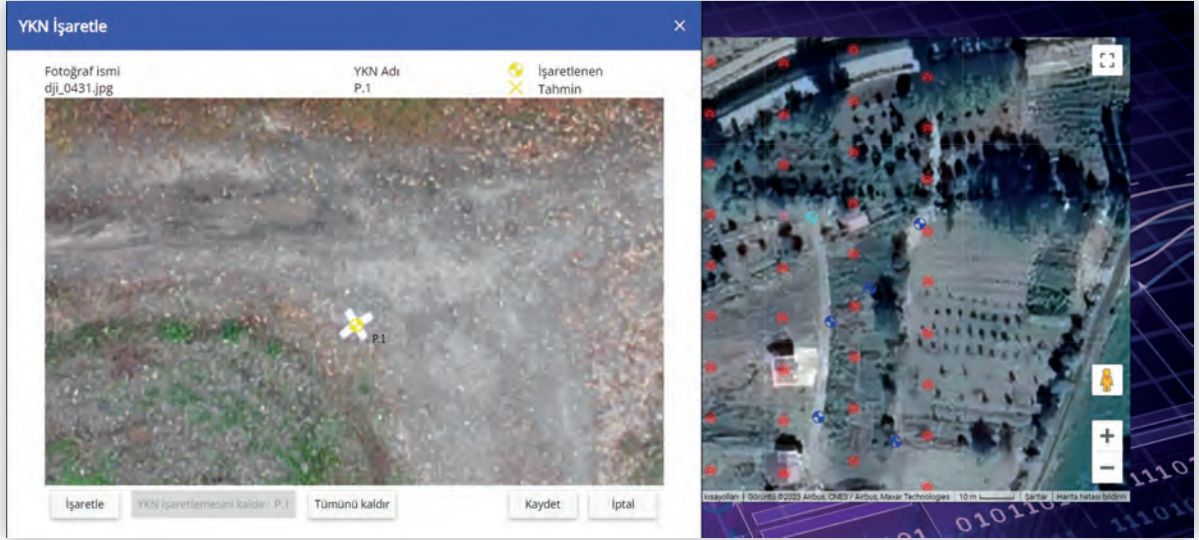
Görsel 3.12: Yersel Kontrol Noktası (YKN) Ekle (isteğe bağlı) ekranı

- Ön işlem başlatıldıktan sonra bir süre beklenmelidir. Ön işlem tamamlandığında **YKN İşaretleme Asistanı** ekranı açılır (Görsel 3.13). Bu ekranda yer kontrol noktalarının yerleri fotoğraflar üzerinde gösterilir. Her bir YKN için en az beş fotoğraf üzerinde işaretleme yapılmalıdır. İşaretlenecek yer kontrol noktasının YKN listesinin sol kısmında bulunan ✓ işareti aktif edilmelidir (Bu işlem, harita üzerinden YKN üzerine tıklanarak da yapılabilir.). Sağ bölümde bulunan haritadan yer kontrol noktalarına yakın olan fotoğrafların üzerine tıklanır.



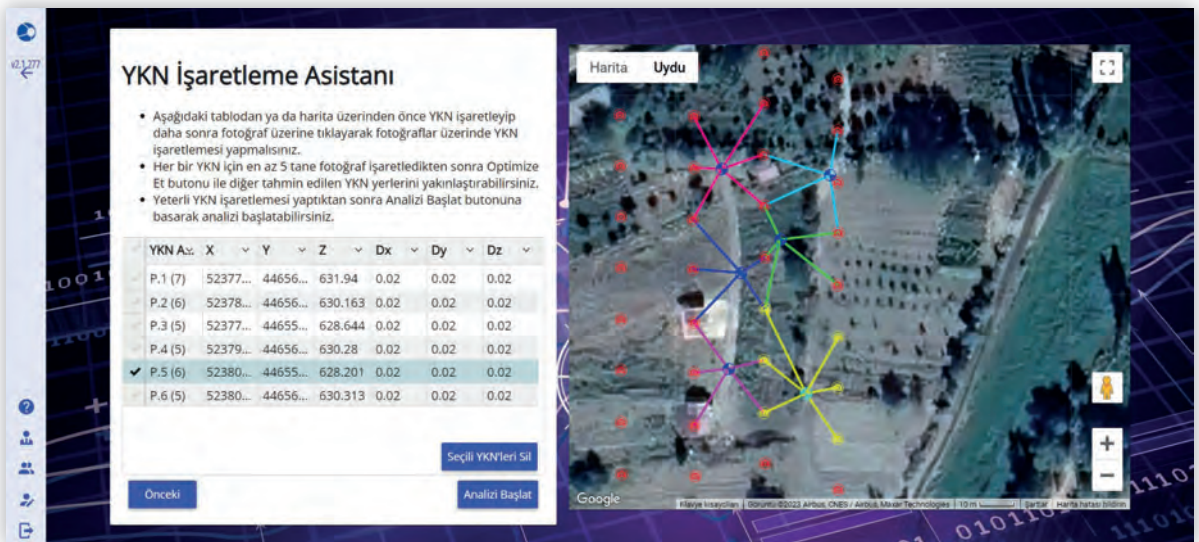
Görsel 3.13: YKN işaretleme asistanı ekranı

- Açılan **YKN İşaretle** ekranı üzerindeki fotoğraf üzerinden işaretleme işlemi yapılır. İşaretleme işlemi yapılmadan önce alt kısımda bulunan **İşaretle** butonuna tıklanmalıdır. İşaretleme işlemi **Kaydet** butonuna tıklanarak tamamlanır (Görsel 3.14).



Görsel 3.14: YKN işaretle ekranı

- Bütün yer kontrol noktalarının işaretleme işlemi tamamlanınca alt kısımda bulunan **Analizi Başlat** butonu tıklanır (Görsel 3.15). **Emin misiniz?** sorusu, **Evet** seçeneğine tıklanarak cevaplandırıldığında **Başarılı** uyarı ekranı açılarak işlem başlatılır. **Tamam** butonuna tıklanarak işleme devam edilir.



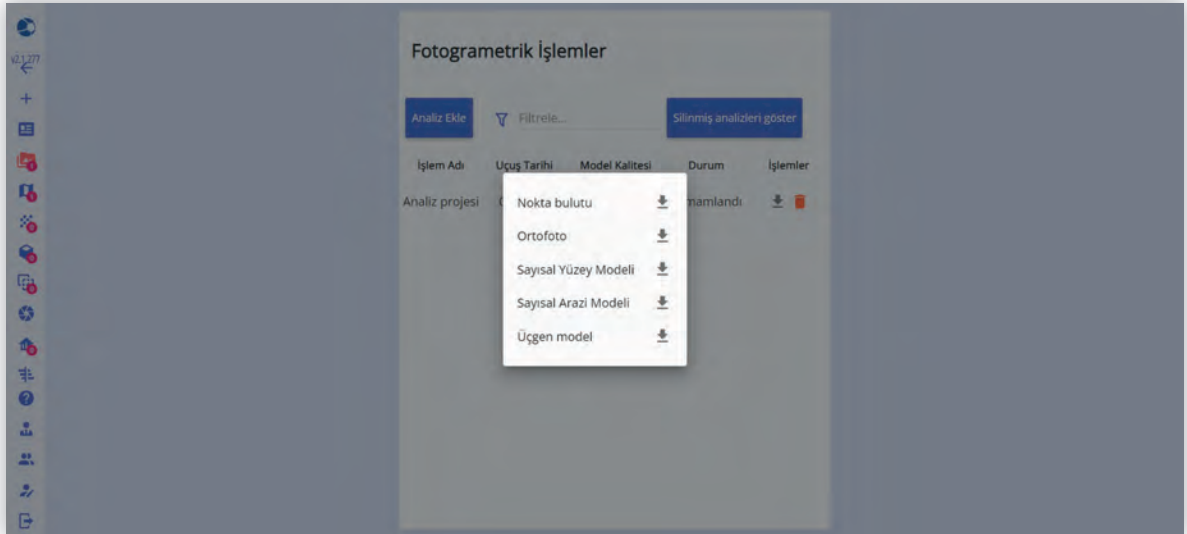
Görsel 3.15: YKN işaretleme asistanı ekranı

- Başlayan analizin durumu **Fotogrametrik İşlemler** ekranı üzerinden takip edilir (Görsel 3.16).



Görsel 3.16: Fotogrametrik İşlemler ekranı

- İşlem tamamlandığında işlemler bölümü altında **İndirme** seçeneği açılır. **İndirme** butonuna tıklanıldığında açılan ekrandan istenen ürün bilgisayara indirilebilir (Görsel 3.17). Ürünler bilgisayara indirilmek istenmiyorsa sol kısımda bulunan ürünlere tıklanarak ekran üzerinden ürünler incelenebilir.



Görsel 3.17: İndirme seçenekleri

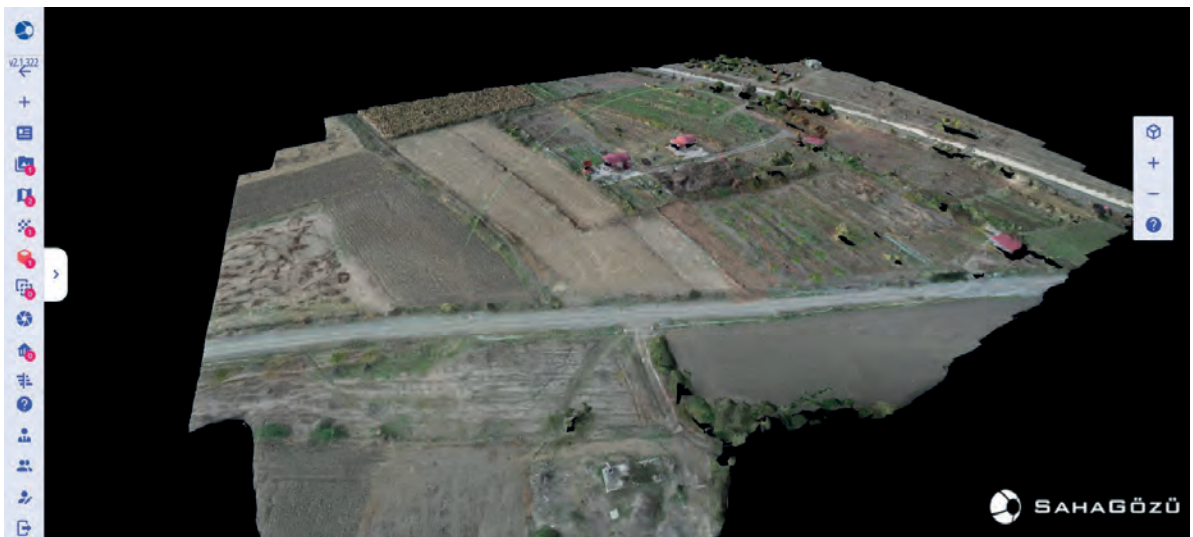
3.2.1. Çıktı Ürünleri

Analiz işlemi sonrasında elde edilen çıktı ürünleri; nokta bulutu, ortofoto, sayısal arazi (yükseklik) modeli, sayısal yüzey modeli ve analiz raporudur.

Nokta Bulutu: Arazinin gerçek yüzeyini koordinatlı bir şekilde gösteren nokta kümesidir. Nokta bulutları sayesinde arazinin gerçek yüzeyi istenen sıklıkta noktalar ile belli edilebilir (Görsel 3.18). Nokta bulutlarında bulunan yükseklik bilgileri sayesinde noktalardan üçgen model oluşturulabilir. Kübaj ve kesit işlemleri yapılabilir (Görsel 3.19).



Görsel 3.18: Nokta bulutu



Görsel 3.19: Nokta bulutu



Ortofoto: Havadan çekilen fotoğrafların geometrik düzeltmeleri sonunda birleştirilerek ölçekli bir şekilde elde edilmesiyle oluşan haritaya **ortofoto** denir (Görsel 3.20). Ortofotolar, koordinatlı bir şekilde elde edildiğinden bilgisayar destekli çizim yazılımlarında altlık olarak da kullanılabilir.



Görsel 3.20: Ortofoto

Sayısal Arazi Modeli (Sayısal Yükseklik Modeli): Gerçek arazi üzerinde bulunan bina, ağaç gibi nesnelere yokmuş gibi kabul edilerek oluşturulan çıplak arazi modeline denir. Kübaj işlemlerinde sayısal arazi (yükseklik) modellerinin kullanılması daha doğru sonuçlar verir (Görsel 3.21).



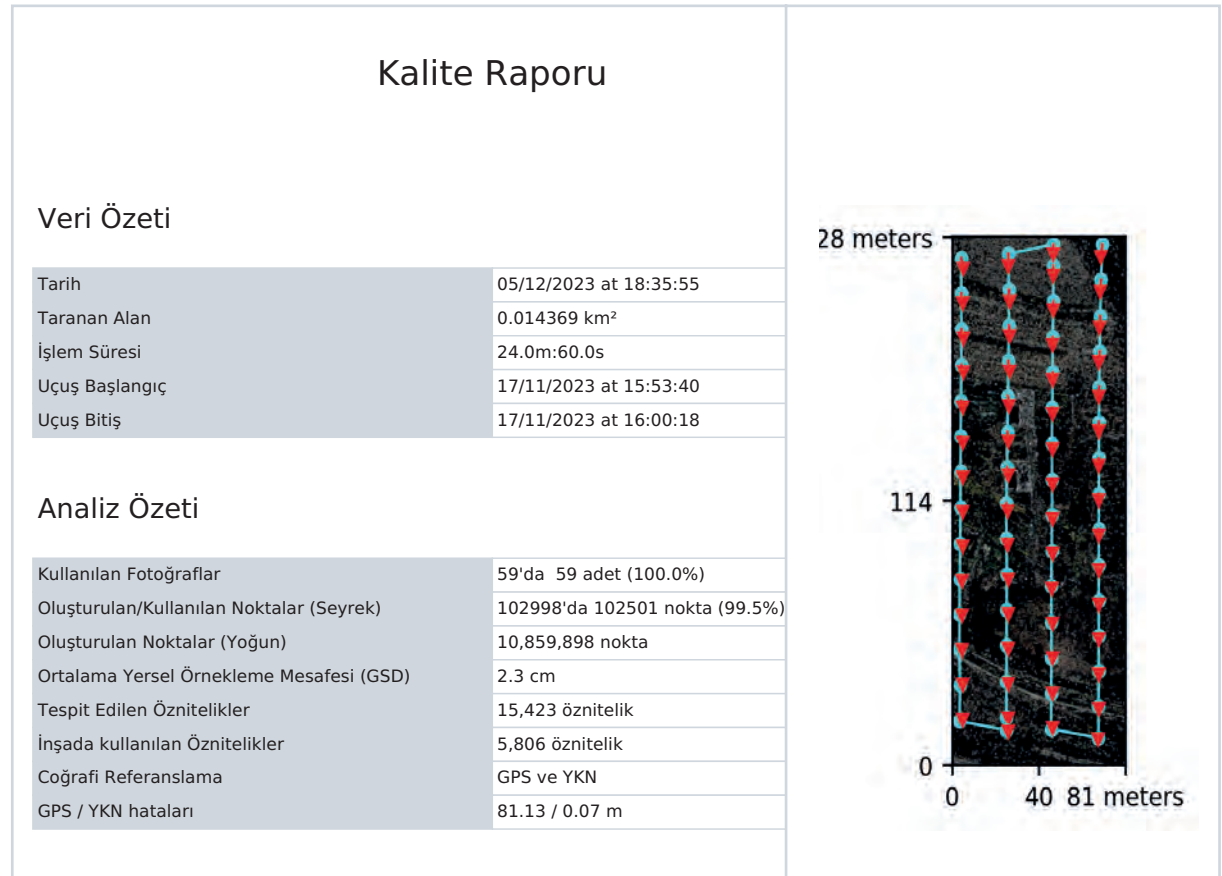
Görsel 3.21: Sayısal arazi ve sayısal yüzey modeli

Sayısal Yüzey Modeli: Gerçek arazi üzerinde görünen bütün nesnelere gösterilmesiyle oluşturulan modeldir (Görsel 3.21).

Analiz Raporu: Uçuş sonrası yapılan analizdeki temel bilgileri (tarih, uçuş alanı vb.), analizde kullanılan fotoğrafların ve oluşturulan noktaların bilgilerini, analiz sonrası oluşan çıktılarının ön izlemelerini, örtüşme detaylarını, hata miktarlarını, kullanılan kameranın özelliklerini gösteren rapora **analiz raporu** denir.

Analiz raporu ile yapılan analizin kontrol işlemleri yapılabilir. Bu yüzden çıktılar teslim edildiğinde analiz raporu da sunulmalıdır.

Konu anlatımında yapılan analizin raporu **Görsel 3.22**'de gösterilmiştir:



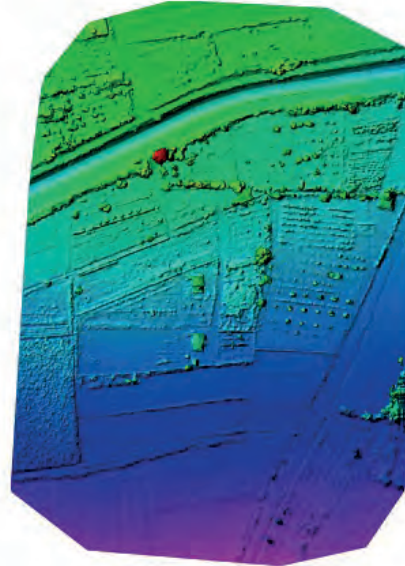
Görsel 3.22.a: Analiz raporunun veri özeti ve analiz özeti



ÖN İZLEMELER



Ortofoto

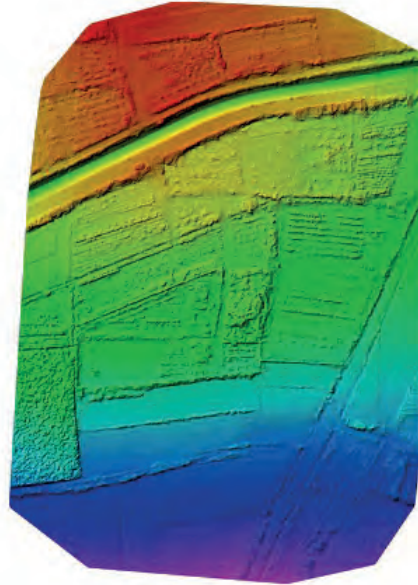


Dijital Yüzey Modeli (□□□□)

620.53m

644.91m

Görsel 3.22.b: Analiz raporundaki ön izlemeler bölümü



Dijital Arazi Modeli (□□□□)

620.53m

635.29m

Görsel 3.22.c: Analiz raporundaki ön izlemeler bölümü

Örtüşme Detayı (Fotoğraf Sayısı)



GPS/YKN/3D Hata Detayı

GPS	Mean	Sigma	Ortalama Karekök Hata
X Hata (metre)	0.444	0.489	0.660
Y Hata (metre)	2.608	1.648	3.085
Z Hata (metre)	-81.070	0.804	81.074
Toplam			81.132

YKN	Mean	Sigma	Ortalama Karekök Hata
X Hata (metre)	0.000	0.015	0.015
Y Hata (metre)	-0.002	0.021	0.021
Z Hata (metre)	0.008	0.079	0.079
Toplam			0.074

3D	Mean	Sigma	Ortalama Karekök Hata
X Hata (metre)	0.016	0.021	0.027
Y Hata (metre)	0.011	0.016	0.019
Z Hata (metre)	0.036	0.057	0.067
Toplam			0.044

Görsel 3.22.d: Analiz raporundaki örtüşme ve hata detayları



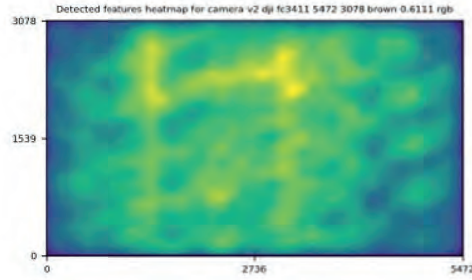
	Mutlak	Göreceli
Yatayda Doğruluk CE90 (metre)	0.036	0.044
Düşeyde Doğruluk LE90 (metre)	0.127	0.085

Yer Kontrol Noktası Hata Oranları

ID	Hata X (m)	Hata Y (m)	Hata Z (m)
GCP-0	0.000	0.036	-0.096
GCP-1	0.008	-0.022	0.066
GCP-2	0.022	-0.019	0.029
GCP-3	0.006	-0.021	0.127
GCP-4	-0.024	0.014	-0.083
GCP-5	-0.013	-0.003	0.009

Görsel 3.22.e: Analiz raporundaki YKN hata oranları

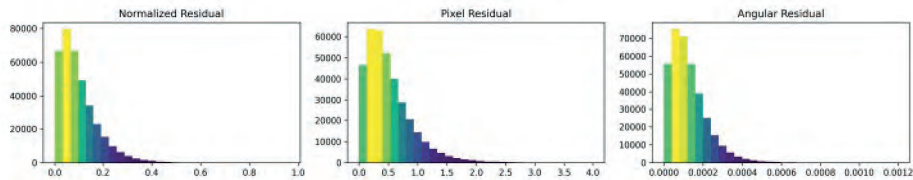
Öznitelik Detayları



	Min.	Max.	Ortalama	Medyan
Tespit Edilen	8009	34032	16953	15423
İnşa Edilen	2064	12001	6141	5806

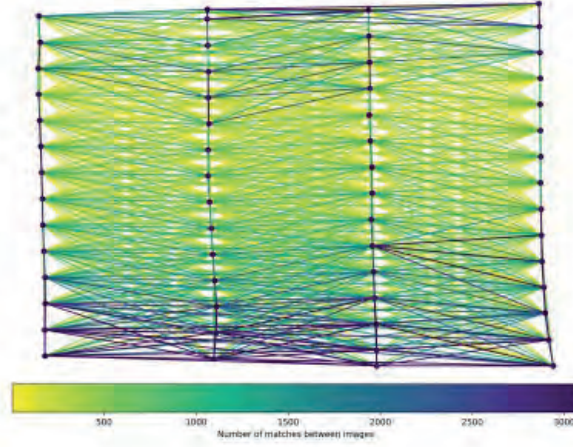
İnşa Detayları

Ortalama Yansıtma Hatası (normalize / pixel / açısız)	0.10 / 0.51 / 0.00013
Ortalama Hat Uzunluğu	3.54 fotoğraf
Ortalama Hat Uzunluğu (> 2)	5.12 fotoğraf



Görsel 3.22.f: Analiz raporundaki öz nitelik ve inşa detayları

Hat Detayları

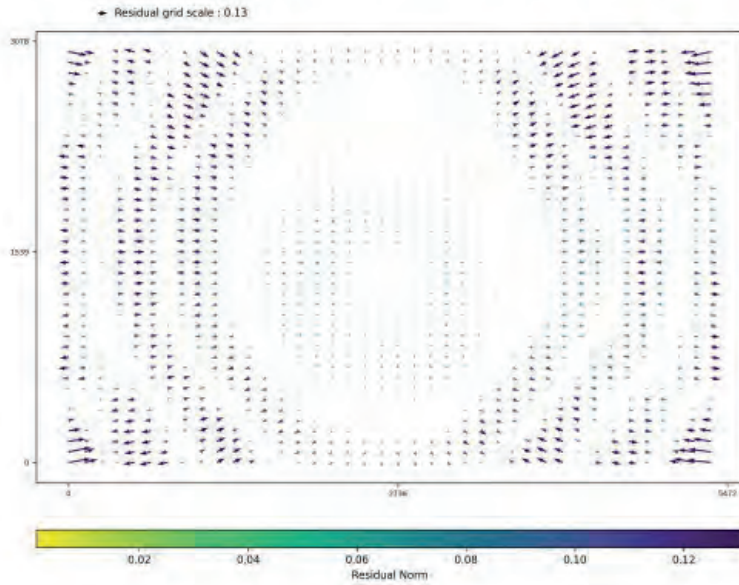


Uzak.(Fotc 2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Adet	51998	19175	10849	6264	3545	2584	2027	1531	1122

Kamera Modeli Detayları

v2 dji fc3411 5472 3078 brown 0.6111 rgb

	k1	k2	k3	p1	p2	focal	aspect_rat	cx	cy
Başlangıç	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.6111	1.0000	0.0000	0.0000
Optimize	-0.0430	0.0156	0.0338	-0.0013	-0.0001	0.6054	1.0000	-0.0018	0.0139



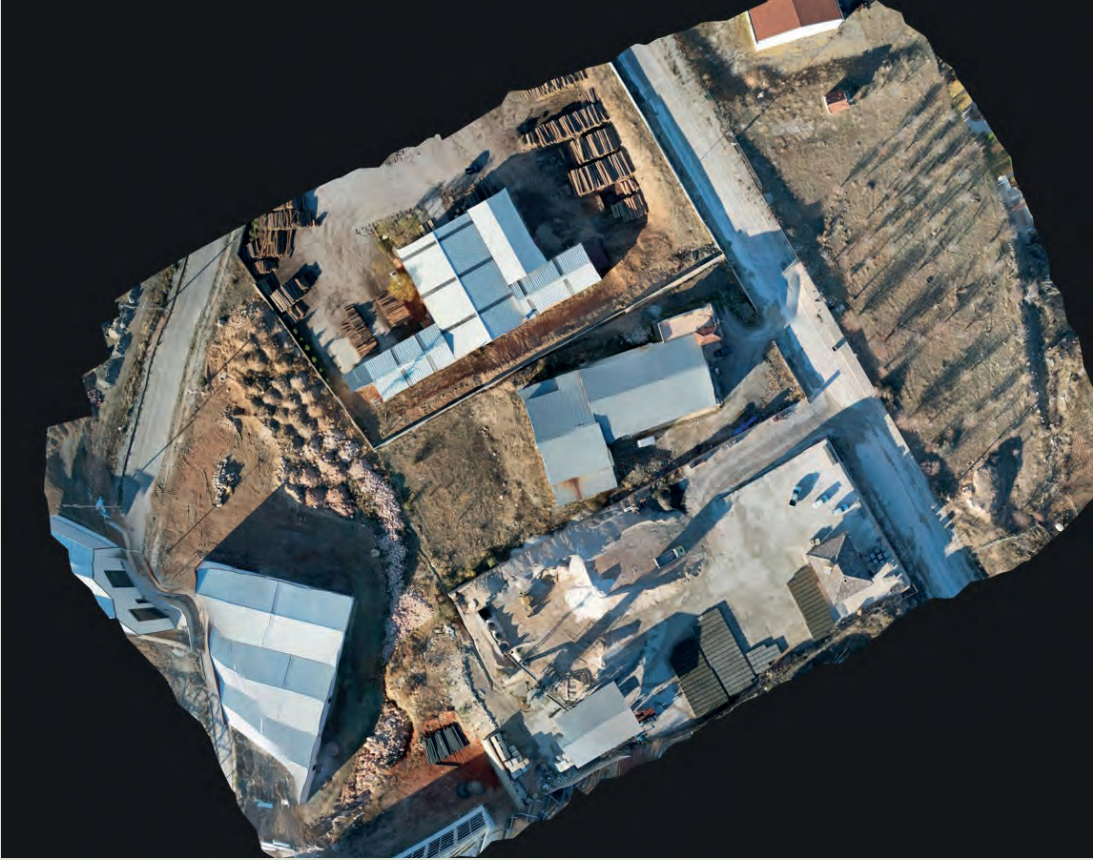
Görsel 3.22.g: Analiz raporundaki hat ve kamera modeli detayları

**Sıra Sizde**

“Çıktı Ürünü Alma” başlığı altında yapılan analizi işlem adımlarına uygun bir şekilde yapınız. (Fotoğraflar ve YKN dosyalarına “<https://cdnmeslek.eba.gov.tr/harita/IHA/3SIRASIZDE.rar>” dan ulaşabilirsiniz).

**Uygulama**

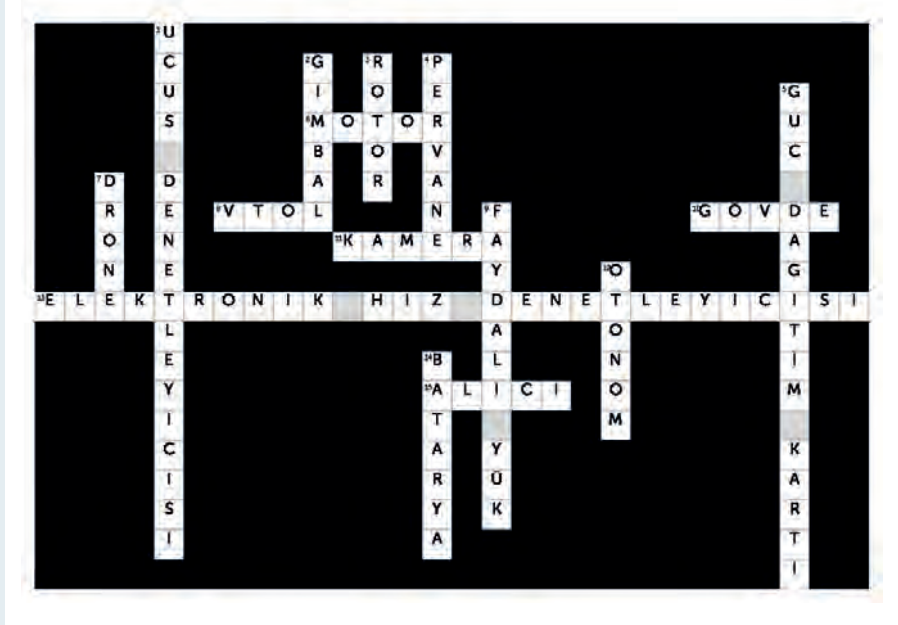
<https://cdnmeslek.eba.gov.tr/harita/IHA/3OLCME.rar>’dan verilmiş olan verilerin analizini yaparak çıktı ürünleri sırasıyla hazırlayınız.





1. ÖĞRENME BİRİMİ

ETKİNLİK



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

1. Uzaktan kumanda veya otonom olarak kendi güç sistemiyle çalışabilen, kullanım yerine göre ana gövdesine faydalı yük takılıp çıkarılabilen araçlara **İnsansız Hava Araçları (İHA)** denir.
2. İHA'ların üzerine o aracın kullanım amacına göre yüklenen tüm ekipmanlara **faydalı yük** denir. Bu ekipmanlar sayesinde İHA'lar, kullanım ve üretim amaçlarına uygun hâle gelir. Faydalı yükler; kamera, ilaç, silah, su haznesi, taşıyıcılar vb. olarak sıralanabilir.
3. İHA'ların tarihsel gelişimine bakıldığında savunma sanayisinde kullanılmaya başlanmıştır. Kökenleri 1849 yılına kadar uzanır ve o dönemde Avusturya'nın Venedik'e karşı sıcak hava balonlarıyla saldırmasıyla başlar.
4. Sağlık, tarımsal (zirai) uygulamalar, güvenlik, sosyal medya uygulamaları, maden arama, uzaktan algılama faaliyetleri, fotogrametri, istihbarat ve güvenlik, kıyı ve sahil şeridinin gözlenmesi, haritacılık, arama / kurtarma çalışmaları, çevresel gözlemler, kirlilik tespiti, hava durumu izleme, yangın izleme ve söndürme, kentsel dönüşüm çalışmaları, doğal afetlerin izlenmesi, arke-



olojik çalışmalar, taşımacılık, doğal gaz-petrol boru hattı çalışmaları, enerji nakil hattı, deniz yolu, kara yolu, demir yolu, kritik tesis, havaalanları, yol ve hatların gözetlenerek korunmasına yardımcı olmak, toplulaştırma projeleri amacıyla kullanılabilir.

5. Dronelerin kullanımı birtakım faydaları ve olumsuzlukları birlikte sunar. Drone'lar gözlem, harita yapımı, tarım izleme, güvenlik, eğlence vb. alanda çeşitli avantajlar sağlar. Bunlar; zorlu koşullarda yerine kolayca ulaşılamayan bölgelerin keşfi, hızlı ulaşım, maliyet tasarrufu, güvenlik izleme ve yaratıcı medya üretimi vb.dir. Drone'ların kullanımındaki bazı olumsuzluklar da şöyledir: gizlilik endişeleri, hava trafiği yönetimi, güvenlik tehditleri, hava şartlarından etkilenmesi, teknik sorunlar vb. Bu olumsuzluklar drone'ların kullanımını sınırlayabilir ve karmaşık hâle getirebilir. Bu nedenle, drone'ların sorumlu ve düşünceli bir şekilde kullanılması ve yerel düzenlemelere uyulması önemlidir.
6. İHA'lar yapım ve kullanım amacına göre çeşitli sınıflara ayrılmıştır. Bunların başlıcaları şu şekildedir: Kontrol sistemine göre sınıflandırma, uçuş süresine göre sınıflandırma, kanat yapısına göre sınıflandırma, motor tipine göre sınıflandırma, uçuş kuralına göre sınıflandırma, taşıma kapasitesine göre sınıflandırma, kullanım amacına göre sınıflandırma.
7. Otonom İHA'lar: İnsan müdahalesine ihtiyaç duymadan otomatik olarak uçabilen İHA'lar.
Uzaktan kumandalı İHA'lar: Operatör tarafından uzaktan kumanda edilen İHA'lar.
Uzaktan kumandalı droneler ile kumandasız droneleri birbirinden ayıran temel farkı açıklayınız.
Uzaktan kumandalı drone'lar, yerde elinde bir kumanda modülü ile kontrolü anlık sağlayan bir İHA pilotuna ihtiyaç duymaktadır. Kumandasız drone'lar ise yarı otonom ya da otonom uçuş yapabilen navigasyon özelliği olan araçlardır.
8. Gövde, pervane, motor, alıcı, batarya, kamera, sensörler, uçuş denetleyicisi, güç dağıtım kartı, elektronik hız denetleyicisi.
9. • Piller kısa devre edilmemelidir.
• Li-po piller ezilmemeli ve sıvı ile temas ettirilmemelidir.
• Li-po piller yanmayacak kutularda saklanmalıdır.
• Li-po piller 3.5V altında deşarj edilmemelidir.
• Li-po pilleri maksimum performansı bitene kadar kullanılmamalıdır.
• Li-po piller kapasitesi üstünde kullanılmamalıdır.
10. RTK'lı ölçmelerde yerdeki sabit GNSS alıcısı ve havada görevine devam eden İHA eş zamanlı

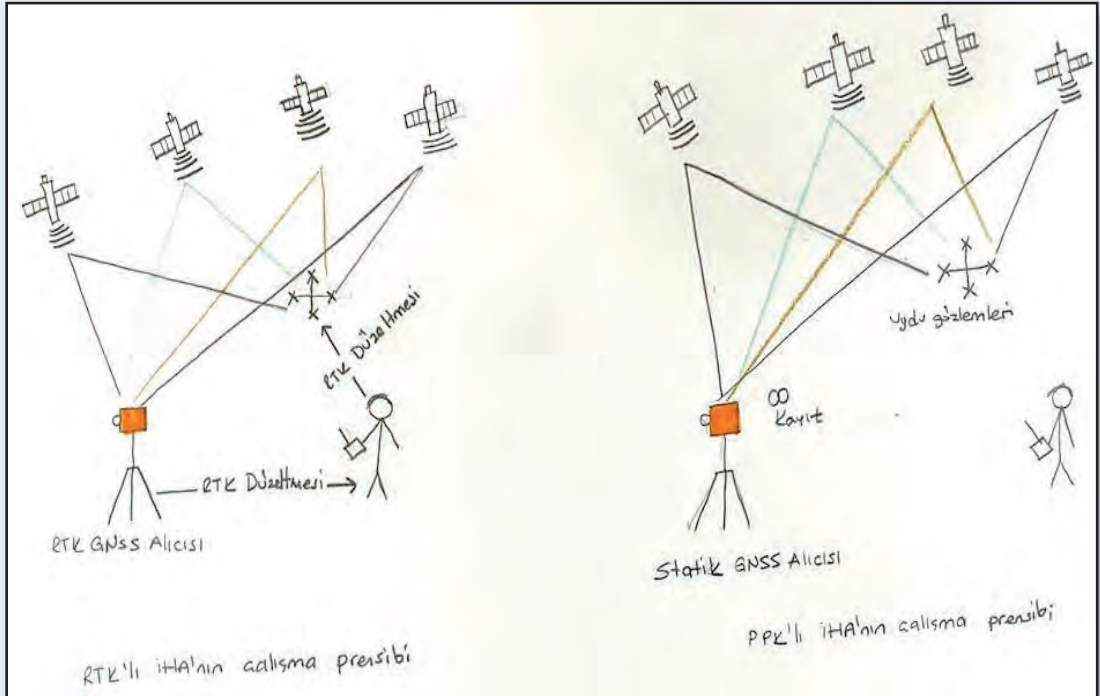


CEVAP ANAHTARLARI

uydu gözlemleri yapar. Bu gözlemler, GNSS alıcısından kumandaya veya doğrudan İHA'ya aktarılır. Bu gereksinimler yerine getirildiğinde fotoğraf orta noktalarının konumları birkaç cm hassasiyetinde hesaplanmış olur. Arazide sabit bir GNSS alıcısının kullanılması istenmediğinde GSM modem desteği olan İHA kumandası doğrudan TUSAGA-Aktif gibi bir sağlayıcıya bağlanır ve RTK düzeltmelerini İHA'ya iletir. Bir diğer yöntem ise PPK tekniğidir. Bu teknikte GNSS alıcısı ve havada görevine devam eden İHA'lar, eş zamanlı yaptıkları uydu gözlem verilerini GNSS alıcısı ve PPK modülü içine kaydeder. Bu gereksinimler yerine getirildiğinde ve veriler sonradan ofiste işlendiğinde fotoğraf orta noktalarının konumları cm veya altında bir hassasiyette hesaplanmış olur. RTK'da olduğu gibi sabit bir GNSS alıcısının taşınması istenmezse GSM modem desteği olan İHA kumandası direkt olarak TUSAGA Atif (CORS TR) gibi bir sağlayıcıya bağlanabilir.

11. Kameralı modeller fotoğrafçılık, pilot gözü ile uçuş, haritacılık, uzaktan algılama, fotogrametri, hobi amaçlı çekimler vb alanlarda kullanılmaktadır.
12. Kamera çözünürlüğü, kamera görüş açısı, video kare hızı alınan görüntülerin kalitesinde etkilidir.

13.





2. ÖĞRENME BİRİMİ

1. İHA'lar ülkemizde SHGM tarafındanağırlıklarına..... göre sınıflandırılmaktadır. Buna göre İHA'lar 4 sınıfa ayrılır:
İHA0: Azami kalkış ağırlığı500 g..... (dâhil) –4 kg..... aralığında olan İHA'lar,
İHA1: Azami kalkış ağırlığı 4 kg..... (dâhil) –25 kg..... aralığında olan İHA'lar,
İHA2: Azami kalkış ağırlığı25 kg..... (dâhil) –150 kg..... aralığında olan İHA'lar,
İHA3: Azami kalkış ağırlığı 150 kg..... (dâhil) ve daha fazla olan İHA'lardır.
2. Devlet insansız hava araçları (Askerî, güvenlik, arama, kurtarma vb. amaçlı araçlar)
Yalnızca kapalı alanlarda kullanılan İHA ve sistemleri,
Yere veya herhangi bir platforma bağlı olan insansız balon ve benzeri sistemler,
Azami kalkış ağırlığı 500 g'dan daha az olan İHA'lar
İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı kapsamı dışındadır.
3. Kontrol sistemi ile bağlantı kesilmesi durumunda acil iniş yapabilme veya uçuşu sonlandırma özelliği
Cihazda kalan enerjinin (yakıt, batarya) izlenebilmesi
Çakar lamba
Uçuş kayıt sistemi
Üçüncü Şahıs Mali Mesuliyet Sigortası
4. Arşiv Kayıtlı Adli Sicil Belgesi
İnternet tabanlı kayıt sistemine TC kimlik numarası, isim-soy isim ve ikametgâh, telefon, e-posta, vb iletişim bilgi ve belgeleri
İHA0 sınıfı pilotlar en az 12 yaşında ve İHA1 sınıfı pilotlar en az 15 yaşında olmalıdır. 18 yaşından küçükler için ileride doğabilecek hukuki ve cezai sorumlulukları kabul ettiklerine dair kanuni mümessillerince noterde tanzim ve tasdik edilmiş Taahhütname yapılması zorunludur.
İHA pilot adayının eğitimlerini başarılı tamamladığına dair yazılı beyanlar
Ticari nitelikli uçuş yapacak İHA0 ve İHA1 kategori pilotlardan belirtilenlere ek olarak "B sınıfı sürücü olur." sağlık raporu gereksinimlerini karşılayan sağlık raporu
5. İrtifaya bağlı olmaksızın havalimanlarında, en yakında bulunan pistin kenarından 9 km mesafeden daha yakın sahalarda
İrtifaya bağlı olmaksızın seyrüsefer yardımcı cihazları, heliport, heliped, hava parkı, SHGM resmi internet sitesinde yayınlanmış olan denize / iniş kalkış alanları, vb. merkez olmak üzere 9 km yarıçaplı sahalarda



400 ft (120 m) üzerinde yapılacak uçuşlar,

Türkiye AIP'si (Havacılık Bilgi Yayını) ENR 5.1 bölümünde yer alan "Yasak, Tahditli ve Tehlikeli Sahalar",

Askerî binalar ve tesisler, cezaevi, akaryakıt depoları ve istasyonları, silah / fişek fabrika ve depoları gibi kritik yapı, tesis ve varlıkların çevresi,

NOTAM ile ilan edilen sahalara.

6. Serbest (yeşil) bölgelerde

Ticari faaliyetler dışında sportif ve amatör amaçla gerçekleştirilecek uçuşlar için serbest (yeşil) bölgelerde SHGM tarafından uçuş izni kayıt sistemi tarafından otomatik verilir. Uçuş izni alınsa da mülki idare amiri tarafından yasaklanan yer ve zaman olması durumunda uçuş yapılamaz.

Özel izne tabi (kırmızı) bölgelerde

Özel izne tabi (kırmızı) bölgelerde yapılacak her türlü uçuşlarda ise 5 iş günü öncesinden gerekçesi ile birlikte SHGM resmi internet sayfasında yer alan "İHA Uçuş İzni Talep Formu" ile başvuru yapılır.

İzne tabi bölgelerde

İzne tabi bölgelerde, yapılacak her türlü uçuşlarda ise 5 iş günü öncesinden SHGM tarafından oluşturulan resmi internet sayfası üzerinden başvuru yapılır.

İzne tabi bölgelerde 400 feet üzerinde yapılacak her türlü uçuşta en az 10 iş günü öncesinden gerekçesi ile birlikte Genel Müdürlük resmi internet sayfasında yer alan "İHA Uçuş İzni Talep Formu" ile başvuru yapılır.

500 gr altı İHA'lar için hava aracı ve pilot kayıt zorunluluğu yoktur. Ancak planlanan ticari uçuşların uçuş emniyeti ile can ve mal güvenliğine etkisine ilişkin değerlendirmelerin yapılabilmesini temin amacıyla İHA uçuşunun gerçekleştirileceği sahanın ilgili kurumlarla koordinasyonu için 10 iş günü öncesinden SHGM'ye "İHA Uçuş İzni Talep Formu" ile başvuru yapılır.

7. İHA'larda bulunan GNSS sisteminin özelliğine göre yer kontrol noktaları farklı şekillerde tesis edilir. RTK / PPK özelliği bulunan İHA'larda uçuş esnasında fotoğraf çekim noktasının konumunu hassas bir şekilde elde edilebilmektedir. Böylece çekilen fotoğraflar, hassas koordinatlı bir şekilde elde edildiğinden fotoğraf birleştirme işlemi daha doğru bir şekilde gerçekleşmektedir. RTK / PPK özelliği olmayan İHA'larda uçuş esnasında çekilen fotoğrafların konumu, hassas bir şekilde elde edilemediğinden yer kontrol noktalarının sık bir şekilde tesis edilmesi gerekir.

8. Sayısal hava fotoğrafındaki bir pikselin yeryüzü üzerindeki karşılığını ifade eder. GSD değeri büyük olan fotoğraflardaki ayrıntılar detaylı görünmemektedir.

9. TUSAGA-Aktif sisteminde sabit noktaların koordinatları farklı zamanlarda en az iki GNSS oturumu ile belirlenir. İki oturumdan elde edilen iz düşüm koordinatları ve elipsoit yükseklikleri arasındaki farklar ± 7 cm'den fazla olamaz.



10. • Uçuş yüksekliği
• Uçuş süresi (Kullanılacak batarya sayısı)
• Bindirme oranı
• Kamera açısı
• Uçuş hızı
• Yer örnekleme aralığı (YÖA-GSD)
11. Uçuş yüksekliğinin fazla olması, çekim yapılan alana olan uzaklığın artmasından dolayı görüntü kalitesini düşürür. Fakat fotoğrafların daha yüksekten çekilmesinden dolayı daha büyük alanlar bir kareye sığacak ve çekilecek fotoğraf miktarı azalıp uçuş süresi düşecek daha az batarya kullanılarak uçuş bitirilecektir.
12. Uçuş ile elde edilen fotoğrafların birleştirilebilmesi için sırasıyla çekilen fotoğrafların birbirleriyle ortak alanları olmalıdır. Bu yüzden fotoğraflar bindirmeli bir şekilde çekilir. Bindirmelerin sık olması elde edilecek görüntünün doğruluğunu artırır. Bindirme oranı uçuş sırasında İHA'nın uçacağı güzergâhın sıklığını belirler. İHA belirlenmiş olan kolonlara göre sırasıyla uçuş yapar. Bindirme oranının artmasıyla kolonlar sıklaşır. Bindirme oranının artması uçuş süresini ve çekilecek olan fotoğraf sayısını artırır.
13. Başlıca kontrol edilmesi gereken kalibrasyon ayarları pusula kalibrasyonu, ataletsel ölçüm birimi (IMU) kalibrasyonu ve gimbal kalibrasyonudur.

- T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğü. (2023). *Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Anadolu Meslek ve Anadolu Teknik Programı Harita-Tapu-Kadastro Alanı Çerçeve Öğretim Programı*. Ankara: MEB.
- TDK Güncel Türkçe Sözlük
- TDK Yazım Kılavuzu
- AVŞAR, E., YALÇIN, M., BORAN, N., & AY, Z. (Ocak 2021). *Döner Kanatlı İnsansız Hava Aracı Tasarımı Bitirme Projesi*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü.
- Çınar Çağan, S. &. (2019). *İnsansız Hava Araçlarında Kullanılan Malzemeler*.
- EASA: Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı.
- Elmas, E. E. (2023). *Bir İnsansız Hava Aracı Sisteminin Tasarımı, Benzetimi ve Gerçekleştirilmesi*. Politeknik Dergisi, 26(2), 929–940. <https://doi.org/10.2339/politeknik.1037319> adresinden alındı
- Erdil, B. (2021). *İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları ile Bu Araçların Türkiye'nin Yurtdışı Operasyonlarındaki Yeri ve Önemi*.
- ICAO: *Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu*.
- Kabadayi, A. &. (2019). *İnsansız Hava Aracı İle Elde Edilen Verilerden Binaların Tespiti*. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/mihad> adresinden alındı.
- MADEN VE PETROL İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ. *HARİTA STANDARTLARI*.
- ÖZGÜVEN, M. M. (2022). *Tarımda Drone Kullanımı ve Geleceği*. Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(1), 64–83. <https://doi.org/10.54370/ordubtd.1097519> adresinden alındı
- Özalbant, Z. (2021). *Multikopter (Drone) Sistemleri Genel Bilgiler ve Uçuş Prensipleri*.
- SHT-7 Talimatı: *Hava Aracı Milliyeti ve Tescil İşaretleri Talimatı*. (11/09/2014).
- SHY-21: *28741 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Hava Aracı Ve İlgili Ürün, Parça Ve Cihazın Uçuşa Elverişlilik Ve Çevresel Sertifikasyonu Yönetmeliği*. (20/08/2013).
- SHY-İPC: *28543 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Tarafından Verilecek İdari Para Cezaları Hakkında Yönetmeliği*. (29/01/2013).
- ŞAŞİ, Ahmet; Konya Büyükşehir Belediyesi, Emlak Yönetimi Dairesi Başkanlığı. *Ak Camii'nin İnsansız Hava Aracı ile Fotogrametrik 3B Modellenmesi*. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi.
- Teknik, P. (2022). *PPK mı, RTK mi? Hangisi daha güvenli?* www.pinteknik.com.tr adresinden alındı
- Türk, T. &. (2019). *PPK GNSS Sistemine Sahip İnsansız Hava Araçları ile Elde Edilen Fotogrametrik Ürünlerin Doğruluğunun Farklı Yaklaşımlarla İrdelenmesi*. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tufod> adresinden alındı
- Yakar, M. U. (2023). *İnsansız Hava Aracı Teknolojisi ve Operatörlüğü Eğitim Kitabı*.
- Yiğit, E. Y. (2018). *İnsansız Hava Araçları (İHA) 'nın Kapsamlı Sınıflandırması Ve Gelecek Perspektifi*. Sürdürülebilir Havacılık Araştırmaları Dergisi, 3(1), 10–19. <https://doi.org/10.23890/su-had.2018.0102> adresinden alındı.



Materyalin genel ađ kaynakçasına ve görsel kaynakçasına buradan ulaşabilirsiniz.

Karekoda ulaşılabilmesi durumunda aşağıdaki linki kullanabilirsiniz:

<http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=2860>

NOTLAR 