

**İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ HACİM HESAPLARINDA  
KULLANILABİLİRLİĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muammer SEKİ

DANIŞMAN

Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

İKİNCİ DANIŞMAN

Doç. Dr. Murat UYSAL

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2017

Bu tez çalışması 16.FENBİL.24 numaralı proje ile Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ HACİM HESAPLARINDA**  
**KULLANILABİLİRLİĞİ**

**Muammer SEKİ**

**DANIŞMAN**

**Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU**

**İKİNCİ DANIŞMAN**

**Doç. Dr. Murat UYSAL**

**HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Temmuz 2017**

## TEZ ONAY SAYFASI

Muammer SEKİ tarafından hazırlanan "İnsansız Hava Araçlarının Hacim Hesabında Kullanılabilirliği" adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 05/07/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Doç. Dr. İbrahim TİRYAKIOĞLU

**İkinci Danışmanı** : Doç. Dr. Murat UYSAL

**Başkan** : Doç. Dr. Tamer BAYBURA  
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

**Üye** : Doç. Dr. İbrahim TİRYAKIOĞLU  
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

**Üye** : Doç. Dr. Murat UYSAL  
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

**Üye** : Doç. Dr. Mustafa YILMAZ  
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

**Üye** : Yrd.Doç. Dr. Abdullah VARLIK  
Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık  
Fakültesi

İmza  


Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
..... tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....  
Prof. Dr. Hüseyin ENGİNAR  
Enstitü Müdürü

**BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI**  
**Afyon Kocatepe Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

**05/07/2017**

**İmza**  
**Muammer SEKİ**

**ÖZET**  
Yüksek Lisans Tezi

İnsansız Hava Araçlarının Hacim Hesaplarında Kullanılabilirliği

Muammer SEKİ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

**İkinci Danışman:** Doç. Dr. Murat UYSAL

Günümüzde Harita Mühendisliğinin İnşaat ve Madencilik sektöründeki en önemli iş kollarından birisi de hacim hesabıdır. Hacim hesapları jeodezik ve fotogrametrik ölçüm yöntemleri kullanarak hesaplanabilmektedir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte fotogrametrik yöntemler de hacim hesaplarında sıkça kullanılmaya başlamıştır. Projede İnsansız hava araçlarının günümüzde kullanım alanlarının artması göz önünde bulundurularak hacim hesaplamalarında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Ayrıca aynı yersel verilerin farklı yazılımlarda değerlendirilmesi yapılarak yazılımlar arası farklılıklara ulaşılmıştır. Eskişehir İli Seyitgazi ilçesinde seçilen alan yaklaşık 18.800 m<sup>2</sup> 'dir. Bu alanda 1 ayda yaklaşık 10.000 m<sup>3</sup> dolgu yapılmaktadır. Mayıs 2016 ve Kasım 2016 tarihlerinde yapılan yersel ölçümlere paralel olarak İnsansız hava aracı (İHA) kullanılarak fotogrametrik yöntemle ölçümler de gerçekleştirilmiştir. Yersel ölçümler GPS ile yapılmıştır. Fotogrametrik ölçümlerde ise İHA (DJI Phantom 3 Pro) kullanılmıştır. Fotogrametrik ölçümler sonucu Mayıs ayında yer örnekleme aralığı (GSD) 4.18 cm, Kasım ayında ise 3.95 cm olmuştur. Fotogrametrik ölçüm sonuçlarında toplanan verilerin değerlendirilmesi yapılarak Mayıs ve Kasım aylarında 507 m<sup>3</sup> kazı 61000 m<sup>3</sup> dolgu değerlerine ulaşılmıştır. Ulaşılan sonuçlar yüzey karşılaştırmaları yapılarak fotogrametrik ölçümlere paralel yapılan yersel ölçümlerle karşılaştırılmış ve yersel ölçümlerle tutarlı sonuçlara ulaşılmıştır.

**2017, ix + 52 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Hacim, GPS, İnsansız Hava Aracı (İHA)

**ABSTRACT**  
M.Sc. Thesis

The Utilization Of Unmanned Aerial Vehicles For Volume Calculation

Muammer SEKİ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geomatics Engineering

**Supervisor:** Assoc. Prof. Ibrahim TIRYAKIOGLU

**Co-Supervisor:** Assoc. Prof. Murat UYSAL

Nowadays, volume calculation is one of the most important works in the civil engineering and mining sector. The volume can be calculated by means of geodetic and photogrammetric measurement methods. With the development of advanced technology, photogrammetric methods have been used. Volume calculation with Unmanned Aerial Vehicles (UAV) has been investigated in this thesis. Besides, same data were processed in different software in order to get software differences. The selected area in the city of Eskisehir-Seyitgazi is approximately 18.800 m<sup>2</sup>. This area is filled with approximately 10.000 m<sup>3</sup> per a month. In parallel with the local measurements performed in May 2016 and November 2016, the photogrammetric measurements were also performed by using UAV. The geodetic surveys were carried out with GNSS. The photogrammetric measurements were also carried out using the UAE (DJI Phantom 3 Pro). The Ground Sample Distance (GSD) in the photogrammetric measurements were 4.18 cm in May and 3.95 cm in November. The data collected in the photogrammetric measurement results were evaluated. 507 m<sup>3</sup> excavation and 61000 m<sup>3</sup> filling values were reached in May and November. The results obtained from the photogrammetric measurements were compared with the geodetic surface measurements and the results were consistent with the terrestrial measurements.

**2017, ix + 52 pages**

**Keywords:** Volumes, GPS, Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

## TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel alışmaların ynlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarında dolay tez danışmanım Sayın Doç.Dr. İbrahim TİRYAKİOğLU, araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç.Dr. Murat UYSAL'a, her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma, çalışmanın yapımında sağladığı desteklerden dolay Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü ve Kırka Bor İşletme Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolay aileme teşekkür ederim.

Bu tez alışması 16.FENBİL.24 numaralı proje ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.

Muammer SEKİ  
AFYONKARAHİSAR, 2017

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
RESİMLER DİZİNİ .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ.....	3
3. HACİM HESAPLAMA YÖNTEMLERİ .....	6
3.1 Eş yükseklik Eğrilerinden Hacim Hesabı .....	6
3.1.1 Ortalama Alan Yöntemi .....	7
3.1.2 Uç Alanlar Yöntemi .....	7
3.1.3 Prizmatik Yöntem.....	8
3.2 Paralel Kesitler İle Hacim Hesabı.....	8
3.3 Düzenli Dağılmış Veriler İle Hacim Hesabı.....	9
3.4 Rastgele Dağılmış Veriler İle Hacim Hesabı.....	10
4. MATERYAL ve METOT .....	11
4.1 Fotogrametri.....	11
4.1.1 Fotogrametrinin Sınıflandırılması .....	11
4.1.2 Hava Fotogrametrisi ve Uygulama Alanları.....	13
4.1.3 Fotogrametrik Değerlendirmede Yöneltilme İşlemleri.....	13
4.1.3.1 İç Yöneltilme .....	14
4.1.3.2 Karşılıklı Yöneltilme .....	14
4.1.3.3 Mutlak Yöneltilme.....	15
4.2 İnsansız Hava Araçları.....	16
4.3 Küresel Konumlama Sistemleri (Global Positioning System) .....	21
4.3.1 Klasik RTK Yöntemi.....	24
4.4 Kullanılan Yazılım ve Ekipmanlar .....	26
5. UYGULAMALAR.....	29
5.1 Çalışma Alanının Tanıtılması .....	29
5.2 Hacim Hesaplamaları.....	30



5.2.1 Jeodezik GPS'ler Kullanılarak Yapılan Hesaplamalar.....	30
5.2.2 İnsansız Hava Aracı Kullanılarak Yapılan Hesaplamalar .....	31
6. BULGULAR .....	35
6.1 Nokta Bulutu ve 3D Görüntüler.....	35
6.2 Farklı Yazılımlardan Çıkan Hacim Sonuçları .....	38
7. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	41
7.1 Sonuçlar .....	41
7.2 Öneriler .....	41
8. KAYNAKLAR.....	42
ÖZGEÇMİŞ.....	46
EKLER .....	47

## KISALTMALAR DİZİNİ

### **Kısaltmalar**

---

İHA	İnsansız Hava Aracı
YKN	Yer Kontrol Noktası
SAM	Sayısal Arazi Modeli
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli

---

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1 Hacim Hesaplamaları .....	6
Şekil 3.2 Eş Yükseklik Eğrilerinden Hacim Hesabı.....	7
Şekil 3.3 Dikdörtgen ve Üçgen Prizmanın Hacmi .....	9
Şekil 4.1 Fotogrametrinin Sınıflandırılması .....	12
Şekil 4.2 Sabit Kanatlı Drone.....	17
Şekil 4.3 İHA Türleri .....	18
Şekil 4.4 Döner Kanatlı Drone .....	19
Şekil 4.5 GNSS Sistemi .....	22
Şekil 4.6 Jeodezik Amaçlı GPS Alıcısı .....	23
Şekil 4.7 GPS Konum Belirleme Yöntemleri .....	24
Şekil 4.8 Eghas Ekran Görüntüsü .....	28
Şekil 4.9 Netcad Ekran Görüntüsü .....	28
Şekil 5.1 Çalışma Alanı Google Earth Görüntüsü .....	29
Şekil 5.2 Netcad Üçgen Model Görüntüsü.....	30
Şekil 5.3 Microstation Yersel Ölçüm Model Görüntüsü.....	31
Şekil 5.4 Mayıs Uçuşu Kontrol Noktası İşaretleme .....	32
Şekil 6.1 Fotogrametrik Ölçüm Sonrası Elde Edilen Nokta Bulutu.....	35
Şekil 6.2 Yersel Ölçüm Sonrası Elde Edilen Nokta Bulutu .....	36
Şekil 6.3 Yersel Ölçüm Sonrası Elde Edilen 3B Görüntü.....	37
Şekil 6.4 Fotogrametrik Ölçüm Sonrası Elde Edilen 3B Görüntü .....	37

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Çizelge 5.1</b> Yersel Ve Fotogrametrik Ölçüm Tarihleri .....	31
<b>Çizelge 5.2</b> Mayıs Uçuşu Kamera Kalibrasyon Değerleri .....	33
<b>Çizelge 5.3</b> Kasım Uçuşu Kamera Kalibrasyon Değerleri.....	33
<b>Çizelge 5.4</b> Mayıs Uçuşu Yer Kontrol Noktası Dengelemesi Pix4d Rapor Çıktısı .....	34
<b>Çizelge 5.5</b> Kasım Uçuşu Yer Kontrol Noktası Dengelemesi Pix4d Rapor Çıktısı .....	34
<b>Çizelge 6.1</b> Yersel Ölçümlerin Değerlendirilmesi .....	38
<b>Çizelge 6.2</b> Fotogrametrik Ölçümlerin Değerlendirilmesi.....	38
<b>Çizelge 6.3</b> Fotogrametrik ve Yersel Ölçüm Karşılaştırmaları.....	39
<b>Çizelge 6.4</b> Eghas'ta Fotogrametrik Ölçümlerin Yersel Ölçümlerle Karşılaştırılması. 39	
<b>Çizelge 6.5</b> Fotogrametrik Ölçümlerin Yersel Ölçümlerden Farkı.....	40

## RESİMLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Resim 4.1</b> Türk İnsansız Hava Aracı ANKA.....	16
<b>Resim 4.2</b> Sabit Kanatlı Drone ve Fırlatma Rampası.....	19
<b>Resim 4.3</b> Magellan Spectra SP-80.....	26
<b>Resim 4.4</b> DJI Phantom 3 Pro .....	27
<b>Resim 5.1</b> Fotogrametrik Değerlendirme İçin Çekilen Fotoğraf Örneği .....	32

## 1. GİRİŞ

Mühendislik çalışmalarında hacim hesaplamaları önemli bir yer tutmaktadır. Kazı miktarı, dolgu miktarı başta olmak üzere hacim verilerinden birçok bilgi elde edilebilmekte olup hesaplamalarında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Belirlediğimiz çalışma alanında günlük yaklaşık 300 m<sup>3</sup> dolgu çalışması yapılmaktadır. Arazi şartlarından dolayı ölçümler güçlüklerle yapılmakta olup sonrasında hacim hesaplaması yapılmaktadır. Hem ölçümlerin daha rahat bir biçimde yapılması hem de zamandan tasarruf amacıyla İHA kullanarak hacim hesabı çalışması yapılmıştır.

Farklı mühendislik problemlerinin çözümünde fotogrametrik tekniklerin kullanımı daha da yaygınlaşmıştır. Farklı özelliklere sahip doğal ve yapay yapıların fotogrametrik amaçlarla fotoğraflarının elde edilmesinde insansız hava araçları önemli katkılar sağlamıştır (Uysal vd., 2013a, 2013b,2015c). Gelişen teknoloji ile birlikte günümüzde uzaktan algılama ve fotogrametri ile üretilen verilerde, üretim platformu olarak İnsansız Hava Araçları (İHA) kullanılmaya başlanmıştır. Düşük maliyet, hız, yüksek çözünürlük ve tekrarlı uçuş kabiliyeti sayesinde insansız hava araçları küçük alanlar için tercih edilmektedir (Eisenbeiss 2009, Changchun 2010).

İHA'lar günümüzde birçok farklı disiplin tarafından aktif şekilde kullanılmaktadır. Özellikle son yıllarda popülerlik kazanmayı başaran İHA'lar; reklamcılıktan kargo taşımacılığına kadar farklı birçok alanda kullanılmaktadır. Her ne kadar son yıllarda tanınmaya başlansa da İHA'ların geçmişi 20.YY'ın başlarına dayanıyor (İnt.Kyn.1).

Günümüz gelişen teknolojisi ile otonom İHA'lar savunma sanayi başta olmak üzere birçok alanda yüksek bir ivme ile artan popülerliğe sahiptir. İHA pazarında en büyük pay şüphesiz savunma sanayi çalışmalarınıdır (Özbek 2010).

Öncelikle savunma sanayiinde gözlem aracı olarak kullanılan İHA'lar, 20.YY'da ulaşımın zor olduğu bölgelerde analizler yapmak amacıyla tercih edilmişti. Askeri alanda kullanılmasıyla birlikte, büyük bir kitlenin dikkatini çeken İHA'lar; artık bireysel kullanımın dışında ticari amaçlı olarak da aktif şekilde tercih edilmiştir (İnt.Kyn.1). Ayrıca tarımsal çalışmalar, inşaat ve kültürel uygulamalar gibi çok çeşitli alanlara da

yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır (Yakar vd. 2015).

Gelişen teknoloji ile birlikte İHA'lar birçok disiplinde olduğu gibi haritacılıkta da kullanılmaya başlanmıştır. Topografik alanlarda, inşaat sahalarında, kübaj hesaplamaları gibi haritacılık faaliyetlerinde kullanılabilir. Yapmış olduğumuz çalışmada kübaj hesaplamalarında İHA kullanımı ve tutarlılığı üzerinde çalışılmıştır (İnt.Kyn.2, İnt.Kyn.3).

Bu çalışmada kübaj hesaplamalarında İHA kullanımı ve tutarlılığı üzerinde durulmuştur. Jeodezik GPS'ler yardımıyla hem zahmetli hem de uzun süren çalışmalar sonucunda hesaplanan hacim hesaplarının İHA kullanılarak yapılabilirliği araştırılmıştır. İHA ile yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçların Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğüne kabul edilebilir olup olmadığı araştırılmıştır. İHA ve jeodezik GPS'ler ile yapılan ölçümlerle karşılaştırılmış ve tutarlı sonuçlara ulaşılmıştır.

## 2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Birçok mühendislik çalışmalarının ilk aşaması olarak çalışma alanının topografik yapısının elde edilmesi gelmektedir.

Yalçın (2000) de Sayısal Yükseklik Modelleri ile 4 ayrı teorik yüzey ele alınmış, çeşitli enterpolasyon yöntemleri ile hesaplanan hacim sonuçların karşılaştırılarak bu yöntemlerin doğrulukları araştırılmıştır. Yüzeylerin teorik olarak üretilmesi, hacimlerin gerçek değerlerinin hesaplanmasını sağlamış ve sonuçlar hakkında kesin yorum yapılmasına imkan veren bir çalışma yapmıştır

Avcı (2010) da büyük yapı, yol ve kanal çalışmalarında kazılacak toprak hacminin hesaplanması, maden işletmelerinde çıkarılan maden miktarının belirlenmesi amacıyla hacim hesabı yapılmıştır. Hacimler genellikle enkesitlerden, eş yükseklik eğrili planlardan, yüzeysel nivelman ölçmelerinden yararlanarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada, gelişen bilgisayar teknolojisinden yararlanarak program hazırlanması amaçlanmıştır. Bu amaç için öncelikle sayısal model oluşturulmuş ve bu model üzerinden hacim hesabı yapılan bir çalışma yapılmıştır.

Koroğlu (2006) da bir arazi üzerindeki değişik veri gurubu ile farklı enterpolasyon yöntemleri kullanılarak yüzey modellemesi yapılmış, bu modellerin sağladığı çözüm süreleri belirlenmiştir. Elde edilen bulguların karşılaştırması yapılmış ve en uygun enterpolasyon stratejisi önerilen bir çalışma yapılmıştır.

Toprak (2014) de fotogrametrik teknikler ile İHA'ların mühendislik projelerinde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu çalışmada mühendislik projelerinin daha kısa zamanda, düşük maliyetler ile daha hassas üretilebilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, Afyonkarahisar İli Merkezinde fotogrametrik teknikler kullanılarak, İHA ile elde edilen görüntülerden hâlihazır harita üretilmiş, hacim hesabı yapılmıştır. Yine bu çalışmada kültürel mirasların dökümantasyonu için Konya İli Beyşehir İlçesinde ve arkeolojik dökümantasyon için ise Mersin İli Silifke İlçesinde çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışma ile İHA'ların fotogrametrik teknikler ile farklı mühendislik projelerinin yapılabilirliği gösterilmiştir.



Yanalak (1997) de sayısal arazi modellerinde kullanılan hacim hesapları bir bölüm içerisinde sunulmuş ve seçilen 7 farklı arazi grubu için hacim uygulamaları yapılmıştır. Uygulanan hacim hesapları şu 3 ana başlık altında toplanmıştır. Bunlar üçgen prizmalarla hacim hesabı dikdörtgen prizmalarla hacim hesabı kesitlerle hacim hesabıdır. Elde edilen sonuçlar ışığında, hacim hesapları için kullanılmakta olan interpolasyon yöntemleri, grid büyüklüğü, kesit aralığı ve kritik daire yarıçapı için değerlendirmeler ve öneriler yapılan bir çalışma yapmıştır.

Özhan (1995) de sayısal arazi modellerinden, üçgenlerin karşılaştırılması yöntemiyle hacim hesabı diğer yöntemlere nazaran daha hassas sonuç vermektedir. Bununla beraber pratikte kullanılan bütün yöntemleri açıklayan bir çalışma yapmıştır.

Çakır (2005) de iki farklı yüzey için Sayısal Yükseklik Modeli oluşturulmuştur. Bu yükseklik modeli için dört interpolasyon yöntemi kullanılmıştır. SYM 'den elde edilen hacim sonuçları karşılaştırılmış ve bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajlarının incelenmiştir.

Ekinci (2011) de sayısal arazi modelleri ile hacim hesaplarında farklı interpolasyon yöntemlerinin ve parametrelerinin incelendiği bir çalışma yapmıştır.

Doğruluk (2013) de Sayısal Arazi Modeli belirlenen bir karayolu projesi için oluşturulmuştur. Farklı interpolasyon yöntemleri (9 adet) kullanılarak karşılaştırılan yüzeyler ile proje kotlarını ifade eden yüzey arasındaki hacim hesabı yapılmıştır. Elde edilen sonuçları ile 9 farklı interpolasyon algoritmalarının yüzeylerinin araziyi temsil etme yeteneğini etkilediği görüldüğü bir çalışma yapmıştır.

Erdoğan (2016) İHA' lar ile elde edilen verilerden şeritvari harita yapımına yönelik bir çalışma yapılmıştır. Çalışma bölgesi olarak 2 km'lik bir güzergah seçilmiştir. Bu güzergah üzerinde %70 bindirme ile 70 m yükseklikten İHA ile görüntüler alınmıştır. Bu görüntülerin değerlendirilmesiyle Sayısal Yükseklik Modeli elde edilmiş ve çalışma alanının halihazır haritası oluşturulmuştur.

Sauerbier *et al.* (2010) yapmış oldukları çalışmada iki farklı insansız hava aracı kullanılarak 3 farklı arkeolojik alanda belgeleme çalışmaları yapmışlardır. Belgeleme çalışmaları sonucunda elde edilen verilerin doğrulukları incelenmiş ve insansız hava araçlarının arkeolojik ve kültürel mirasın belgelenmesinde kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Turner *et al.* (2011) de yapmış oldukları çalışmada Güney Tazmanya'da Frogmore Creek üzüm bağlarına ait görüntüler İHA ile elde etmişlerdir. Çalışmada görünür kameradan elde ettikleri görüntüleri kullanılarak bitki indeksleri hesaplanarak bitki yansıma değerleri belirlenmiştir. Termal kameradan elde edilen görüntüler ise alanın yüzey sıcaklığını belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda üzümlerin gelişmesi, hastalıklı alan olup olmadığı çok yüksek çözünürlükte elde edilen görüntüler ile kolay bir şekilde elde edilebileceği ortaya koyulmuştur.

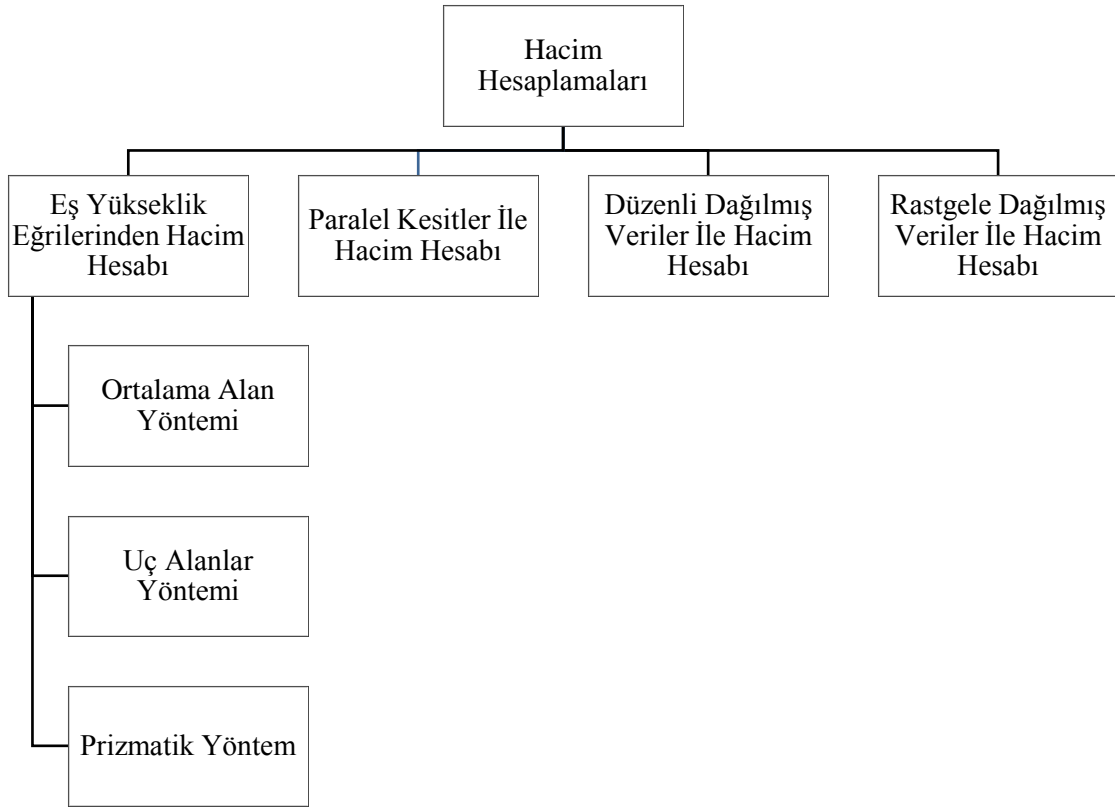
Niethammer *et al.* (2010) Fransa Super-sauza'da insansız hava aracından elde ettiği fotoğrafları kullanarak, 1970 yılından itibaren aktif halde, heyelan riski bulunan alanın sayısal arazi modelini oluşturmuştur. Ying-Cheng vd. (2011) yapmış oldukları çalışmada insansız hava araçlarından elde ettikleri görüntüleri kullanarak Çin'de bulunan bir adanın topografik haritasını üretmişlerdir.

### 3. HACİM HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

Sayısal arazi modellerinin sonuç ürünlerinin biriside hacimdir. Hacim hesapları verilerin elde edilişleri ve türlerine göre farklı şekiller alır. Verilerin elde edilme yöntemleri, veri sıklığı ve veri düzenine göre farklı hesaplama algoritmalar düşünülebilir (Yanalak 1997).

Hacim hesaplamaları Netcad, Eghas, Microstation gibi yazılımlarla çeşitli yöntemler esas alınarak yapılabilir.

Hacim hesaplama yöntemleri aşağıdaki grafikte belirtilen yöntemlere göre yapılabilir.



Şekil 3.1 Hacim Hesaplamaları.

#### 3.1 Eş Yükseklik Eğrilerinden Hacim Hesabı

Eş yükseklik eğrilerinden hacim hesabında çeşitli yöntemler kullanılır. Bu yöntemlerin içinde en çok kullanılan yöntemler:

- Ortalama Alan Yöntemi

- Uç Alanlar Yöntemi
- Prizmatik Yöntem'dir.

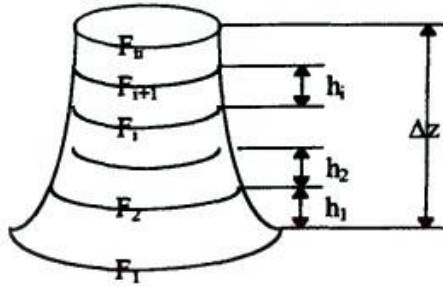
### 3.1.1 Ortalama Alan Yöntemi

Ortalama alan yöntemi ile sıralı alanlar arasında kalan hacim ( $v$ ), hesap edilen kesit alanlarının ortalaması ile sıralı iki uç kesit alanı arasındaki yükseklik farkı ile çarpılmasından hesaplanmaktadır (Doğruluk 2013).

Eş yükseklik eğrilerinin belirlediği alanlar  $F_1, F_2, \dots, F_{n-1}$  ve uç alanlar arasındaki yükseklik farkı  $\Delta z$  ise hacim

$$v = \frac{F_1 + F_2 + F_{n-1} + F_n}{n} \cdot \Delta z \quad (3.1)$$

olur (Özgen ve Öztan 1988).



Şekil 3.2 Eş Yükseklik Eğrilerinden Hacim Hesabı.

### 3.1.2 Uç Alanlar Yöntemi

Bu yöntem genellikle yükseklik farklarının eş yükseklik eğrileri arasında eşit olduğu durumlarda kullanılmaktadır. İki eş yükseklik eğrisi arasında kalan hacim

$$V_i = \frac{F_i + F_{i+1}}{2} \cdot h_i \quad i = 1, 2, \dots, n - 1 \quad (3.2)$$

Formülü ile ifade edilebilir.

$F_1$  ve  $F_n$  uç alanları arasında kalan toplam hacim ( $v$ ) ise (3.2) formülü yardımıyla

$$v = \frac{1}{2}h(F_1 + 2F_2 + 2F_3 + \dots + 2F_{n-1} + F_n) \quad (3.3)$$

formülü ile elde edilir (Özgen ve Öztan 1988).

### 3.1.3 Prizmatik Yöntem

Ardışık iki alan arasındaki şekil kesik prizma kabul edilirse, hacim Simpson formülü ile hesaplanabilir.  $F_{im}$ ,  $F_i$  ile  $F_{i+1}$  alanları arasında kalan orta kesitin alanını gösterdiğine göre  $F_i$  ile  $F_{i+1}$  alanları arasındaki hacim

$$v_i = \frac{h_i}{6}(F_i + 4F_{im} + F_{i+1}) \quad (3.4)$$

olur. Burada  $h_i$ ,  $F_i$  ve  $F_{i+1}$  alanları arasındaki yükseklik farkıdır.

Şekil 3.2'deki çift sayı indisli alanlar orta alan kabul edilirse (3.4) eşitliğinden yararlanarak toplam hacim

$$v = \frac{h_1+h_2}{6}(F_1 + 4F_2 + F_3) + \frac{h_3+h_4}{6}(F_3 + 4F_4 + F_5) + \dots + \frac{h_{n-2}+h_{n-1}}{6}(F_{n-2} + 4F_{n-1} + F_n) \quad (3.5)$$

olur.

Eğriler arasındaki yükseklik farkının eşit ( $h_1=h_2=\dots=h_{i-1}=h$ ) kabul edildiği varsayımına göre (3.5) eşitliğinden ise

$$v = \frac{h}{3}(F_1 + 4F_2 + 2F_3 + 4F_4 + 2F_5 + 4F_6 + \dots + F_{n-2} + 4F_{n-1} + F_n) \quad (3.6)$$

elde edilir.

$F_{im}$  orta alanlar için, ardışık iki kesit alanının ortalaması kullanılırsa çözüm uç alanlar yöntemine dönüşür (Özgen ve Öztan 1988).

### 3.2 Paralel Kesitler İle Hacim Hesabı

Bu yöntemde arazi yüzeyi eşit mesafeli düşey düzlemlerle kesilip, birbirine paralel kesitler elde edilir. Diğer yandan eş yükseklik eğrilerinin, araziye yatay düzlemlerle

kestiği düşünülürse, hacim hesapları ortalama alan yöntemine benzer şekilde,

$$v = \frac{F_1 + F_2 + \dots + F_{n-1} + F_n}{n} \cdot l(n-1) \quad (3.7)$$

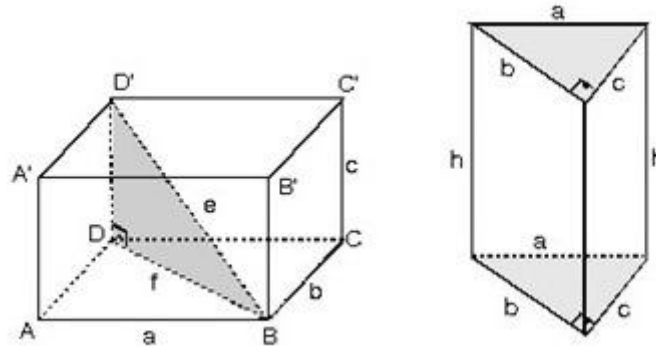
$$v = \frac{1}{2}(F_1 + 2F_2 + 2F_3 + \dots + 2F_{n-1} + F_n) \quad (3.8)$$

$$v = \frac{1}{3}(F_1 + 4F_2 + 2F_3 + 4F_4 + 2F_5 + 4F_6 + 2F_7 + \dots + F_{n-2} + 4F_{n-1} + F_n) \quad (3.9)$$

hesaplanır. Burada  $l$  paralel kesitler arasındaki yatay uzaklıktır (Yanalak 1997).

### 3.3 Düzenli Dağılmış Veriler İle Hacim Hesabı

Bu yöntem, yüzeyi temsil eden noktaların düzenli dağılmış ve arazi yüzeyi üçgen veya dörtgen parçalara bölme imkanı sağlayan durumlarda kullanılır. İstenilen bir referans yüzey ile parçalara ayrılmış yüzey arasında kalan bölgenin hacim düzgün prizmalar (üçgen veya dörtgen ) yardımıyla belirlenir (Yanalak 1997).



Şekil 3.3 Üçgen ve Dikdörtgen Prizmanın Hacmi (İnt.Kyn.18)

$$\Delta Z_i = Z_i - Z_R \quad i = 1, 2, \dots, n-1 \quad (3.10)$$

$$v = F'(\Delta Z_1 + \Delta Z_2 + \Delta Z_3)/3 \quad (3.11)$$

elde edilir.  $x_i, y_i$  nokta koordinatları olmak üzere,

$$\begin{aligned} \Delta X_2 &= x_2 - x_1 \\ \Delta Y_2 &= y_2 - y_1 \\ F' &= \frac{1}{2}(\Delta X_2 \cdot \Delta X_3 - \Delta Y_2 \cdot \Delta X_3) \\ \Delta X_3 &= x_3 - x_2 \\ \Delta Y_3 &= y_3 - y_2 \end{aligned} \quad (3.12)$$

yazılabilir. Üçgen prizmaya benzer yolla dikdörtgen bir prizmanın hacmi

$$v = F'(\Delta Z_1 + \Delta Z_2 + \Delta Z_3 + \Delta Z_4)/4 \quad (3.13)$$

formülü yardımıyla hesaplanır (Yanalak 1997).

### **3.4 Rastgele Dağılmış Veriler İle Hacim Hesabı**

Dayanak noktalarının rastgele dağılmış olması halinde, seçilecek uygun enterpolasyon yöntemi ile düzenli geometrik şekil olan dikdörtgen veya üçgen grid köşelerindeki yükseklikleri enterpole etmek mümkün olmaktadır. Bu şekilde problem prizmalar yardımıyla hacim hesabına dönüşür. Diğer yandan seçilen enterpolasyon yöntemi yardımıyla paralel kesitler boyunca yer alan noktaların yüksekliklerini enterpole etmek de mümkündür. Bu durumda problem, Bölüm 3.2' de ki şekle dönüşerek kesitler ile hacim hesaplanır (Yanalak 1997).

## **4. MATERYAL ve METOT**

### **4.1 Fotogrametri**

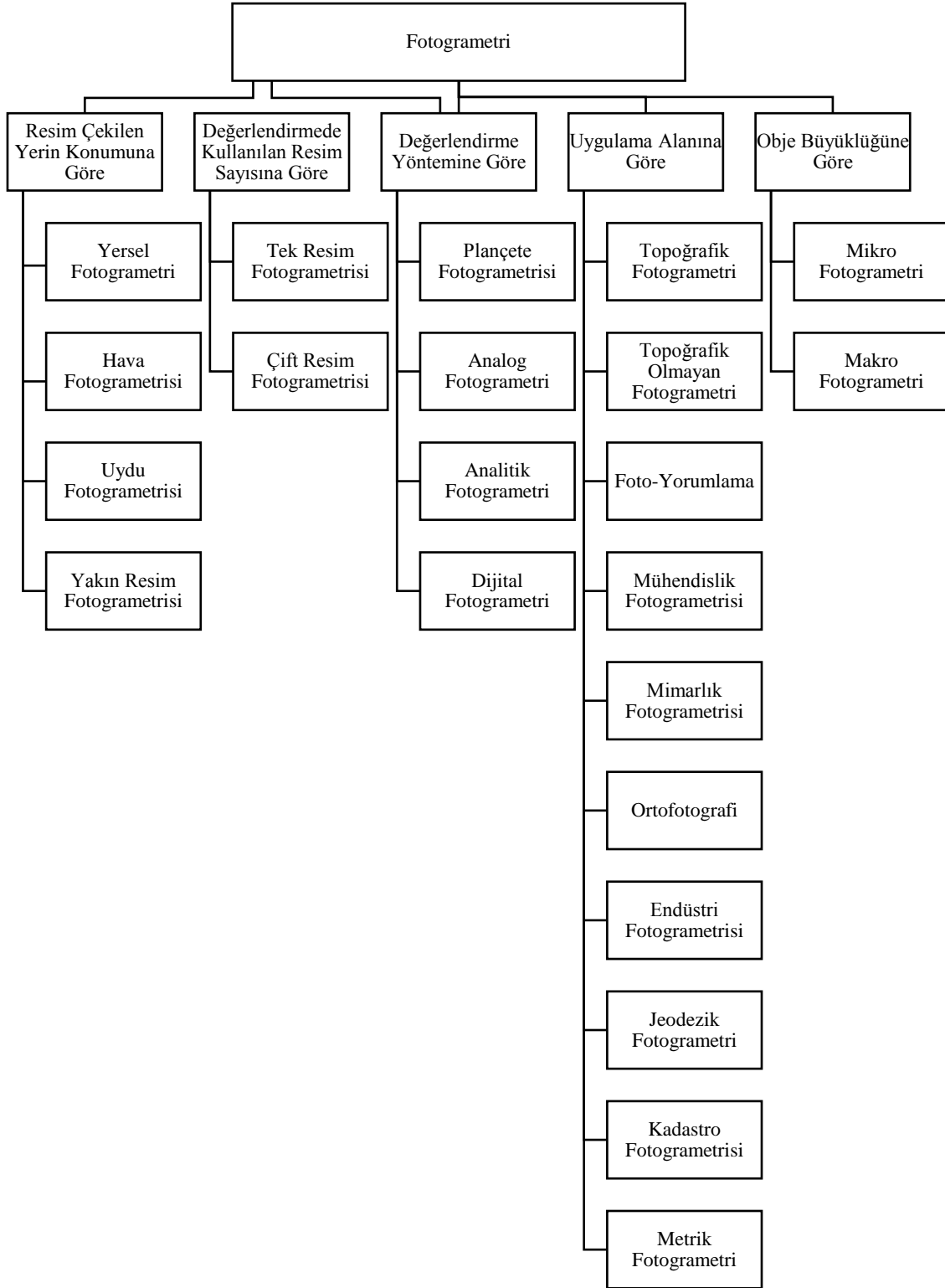
Fotogrametri (Photogrammetry) yunanca Photos ve gramma kelimelerinin birleşiminden oluşmaktadır. Türkçe karşılıkları ışık ve bir şeyin çizimi olan kelimelerin metron kelimesi ile birleşmesinden de ölçme anlamı eklenmesiyle ışık yardımıyla çizerek ölçme olarak ifade edilebilir (Toprak 2014) .

#### **4.1.1 Fotogrametri'nin Sınıflandırılması**

Matematiksel modeli merkezi izdüşüm olan Fotogrametri ile fotoğraftaki objelerin; büyüklük, şekil, görünüş, konum, vb. özellikleri belirlenebilmektedir. Bununla birlikte fotoğrafta görülen objelerin renk değişimlerin incelenmesi ile elde edilen bilgilerin yorumlanması sayesinde objelerle ilgili olarak topolojik ve semantik gibi bilgilerde elde edilebilir.

Fotogrametrinin temel amacı fotoğraflar yardımı ile uzaktaki objelerin geometrik parametrelerini elde etmektir. Fotogrametri, edinilecek bilgiye, uygulama alanlarına ve değerlendirme yöntemine göre sınıflandırılabilir.





Şekil 4.1 Fotogrametrinin Sınıflandırılması (Toprak 2014).

#### **4.1.2 Hava Fotogrametrisi ve Uygulama Alanları**

Günümüzde yaygın olarak hava fotogrametrisi olarak kullanılıyor olsa da ilk uygulamalarda yersel fotogrametri dikkat çekmektedir. Geniş alanların haritalarının kolay ve hızlı şekilde hava fotogrametrisi yardımıyla yapılması günümüze uygulamanın popülerliğini arttırmıştır. Bir arazinin havadan çekilmiş fotoğrafları 1897 yılında T. Scheimpflug, tarafından düşeye çevrilip, ölçekli plana geçirilmesini ilk hava fotogrametri çalışması olarak kabul edilmektedir. 1. Dünya Savaşı ile Hava fotoğraflarının sistematik olarak kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle gelişen teknoloji ile motorlu uçakların kullanılmasının artışı hava fotogrametrisinin kullanımını arttırmıştır. Günümüzde standart bir harita yapım yöntemi olan hava fotogrametrisi tekniği özellikle büyük alanların, haritalarının üretiminde kullanılmaktadır. Yalnız harita üretimi için değil, başka amaçlar için de hava fotoğrafları kullanılmaktadır. Bunlara örnek olarak bitki örtüsü hakkında bilgi sistemleri oluşturmak için bile hava fotoğrafları kullanılmaktadır (Toprak 2014).

#### **4.1.3 Fotogrametrik değerlendirilmede yöneltme işlemleri**

Fotogrametrik değerlendirilmede yöntem ne olursa olsun yöneltme işlemlerinin mutlaka yapılması gerekmektedir. Fotoğrafların yöneltilmesi, çekim anındaki konumlarının yeniden elde edilmesi işlemi olarak tanımlanmaktadır. Yöneltme işlemi iki adımda yapılır. Bunlar iç ve dış yöneltmedir. Dış yöneltmede, kendi içinde iki aşamada karşılıklı ve mutlak yöneltme olarak gerçekleştirilir. Böylece yöneltme işlemleri üç temel aşamada yapılmaktadır. Bunlar;

1. İç yöneltme
2. Karşılıklı yöneltme
3. Mutlak yöneltme' dir.

#### 4.1.3.1 İç Yönelme

İç yönelme işlemi, genel olarak çekim kamerası özelliklerinin değerlendirme aletine getirilmesi olarak ifade edilir. Sayısal fotogrametrik sistemlerde yapılan iç yönelme, kalibrasyon raporundaki kamera bilgilerinin sisteme tanımlanmasıdır.

Diğer bir ifade ile iç yönelme adımı, kameranın parametrelerinin belirlenmesi işlemidir (Yaşayan vd. 2011).

#### 4.1.3.2 Karşılıklı Yönelme

Karşılıklı yönelme ile fotoğrafın eğiklik ve dönüklükleri giderilerek fotoğraf çiftleri birbirine göre çekildiği andaki konuma gelirler. Karşılıklı yönelme ile arazinin ya da nesnenin 3B modeli elde edilir. Fakat bu 3B model araziye paralel ve ölçekli değildir.

Bir P noktasına ilişkin iki izdüşüm ışınının kesişebilmesi için, bu iki ışının bir düzlemde bulunması gerekir. Bu iki ışının aynı düzlemde olması düzlemdeşlik (koplanarite) koşulu ile sağlanır.

Karşılıklı yönelme ile her iki fotoğraftan elde edilen ışın destelerinin birbirlerine göre konumları ve duruşları ayarlanır ve her iki fotoğraftaki eşlenik noktalardan gelen ışınların birbiri ile kesişmesi sağlanır. Karşılıklı yönelme ile bir uzay modeli elde edilir. Bu adım sonunda beş bağımsız dış yönelme elemanı ( $\kappa_1, \kappa_2, \phi_1, \phi_2, \omega_2$ ) elde edilir.

Karşılıklı yönelme ile önce, karşılıklı ışınlar birbiri ile kesiştirilir. Bir P noktasına ilişkin iki izdüşüm ışınının kesişebilmesi için, bu iki ışının bir düzlemde bulunması gerekir. O1, P' ve O2, P'' noktalarının aynı düzlemde olması koşulu düzlemdeşlik koşulu ile sağlanır. Bu koşul, baz bileşenleri ve O1P' ve O2P'' vektörleri, O1 den geçen ve X, Y, Z eksenine paralel bir u, v, w koordinat sisteminde ifade edilirse, u' ve u'' dir. Buna göre düzlemdeşlik koşulu eşitlik 4.1 ile ifade edilir.

$$\Delta = \begin{bmatrix} b_x & b_y & b_z \\ u' & v' & w' \\ u'' & v'' & w'' \end{bmatrix} = 0 \quad (4.1)$$

Bu denklemdeki u'v'w' ve u''v''w'' koordinatları x'y' ve x''y'' fotoğraf koordinatları cinsinden aşağıdaki eşitlikler ile ifade edilir.

$$\begin{bmatrix} u' \\ v' \\ w' \end{bmatrix} = A' \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ -c \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

$$\begin{bmatrix} u'' \\ v'' \\ w'' \end{bmatrix} = A'' \begin{bmatrix} x'' \\ y'' \\ -c \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

Burada A' ve A'' birinci ve ikinci fotoğraf ile ilgili ortogonal matrisleri, x', x'' ve x'', y'' ise, birinci ve ikinci fotoğraftaki koordinatları göstermektedir. Eşitlik 3.1 ile verilen düzlemdeşlik koşulu, seçilecek 5 yöneltme elemanına göre doğrusallaştırılır. Elde edilecek denklem sistemi çözülerek seçilen yöneltme elemanları hesaplanır. Daha sonra mutlak yöneltme yapabilmek için noktaların model koordinatları hesaplanır (Yaşayan vd. 2011).

#### 4.1.3.3 Mutlak Yöneltme

Karşılıklı yöneltme ile elde edilen uzay modelinin ölçeği belirsiz olduğu gibi, uzaydaki konumu ve yöneltmesi de belirsizdir. Bu modelin istenilen model ölçeğine getirilmesi ve arazi koordinat sistemindeki o cisme ait koordinat değerleri ile model koordinatlarının çalışacağı biçimde ötelenmesi ve döndürülmesi gerekir. Bu üç boyutlu bir benzerlik dönüşümü problemidir. İki koordinat sistemi arasında üç öteleme (X0 Y0 Z0), üç dönüklük ( $\varphi \ \omega \ \kappa$ ) ve bir ölçek ( $\lambda$ ) söz konusudur. Üç boyutlu benzerlik dönüşüm formülleri eşitlik 4.4 ile ifade edilir.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

A11, A12, A13, ..., A33 katsayıları A ortogonal matrisinin elemanlarıdır. Bunlar  $\varphi$ ,  $\omega$ ,  $\kappa$  dönüklük açılarının trigonometrik fonksiyonlarıdır. Toplam yedi bilinmeyen çözüm için her iki sistemde de koordinatları bilinen ortak noktalara gereksinim vardır. Bu noktalar, fotoğraflar üzerinde koordinatları ölçülen, dolayısı ile model koordinatları hesaplanmış olan ve arazi sisteminde de koordinatları bilinen kontrol noktalarıdır. Bu tür noktalar, bir model içinde yeteri sayıda olmalıdır. Pratikte de en az üç, dört, hatta daha fazla kontrol noktası vardır. Bu noktalarla ve dengelemeli bir çözüm yaparak

dönüşüm parametreleri hesaplanır. Bu parametrelerle, modeldeki tüm noktaların XYZ arazi koordinatları hesaplanır (Yaşayan vd. 2011).

#### 4.2 İnsansız Hava Araçları

İnsansız hava aracı (İHA), (drone adıyla bilinen) uzaktan kumanda ile yönetilen bir tür hava taşıtıdır. İHA lar genel olarak iki sınıfa ayrılır. Bunlar uzaktan yönetilerek uçan, bir uçuş planı ile kendiliğinden otomatik olarak hareket edebilen araçlardır (İnt.Kyn. 4).



**Resim 4.1** Türk İnsansız Hava Aracı ANKA (İnt.Kyn.5).

Bir pilot tarafından kumanda edilmeyip uydular vasıtası ile ya da yer istasyonu aracılığı ile kontrol edilebilen izleme, tespit gibi casusluk amacı ile kullanılan araçlardır. Geçen zaman içinde güdümlü füze atabilen çeşitleri de savaş aracı olarak kullanılmaktadır. GPS ve görüntü işleme sistemlerinin gelişmesi ile, uydu ve yer istasyonlarının yanında araca izleyeceği yolun GPS koordinatları ve harita görüntüleri yüklenerek aracın GPS ve kamera alıcıları ile tespit ettiği verileri kendine yüklenen veriler ile karşılaştırarak görevini yerine getirdikten sonra kalktığı yere dönebilmesi sağlanabilir (İnt.Kyn. 4).

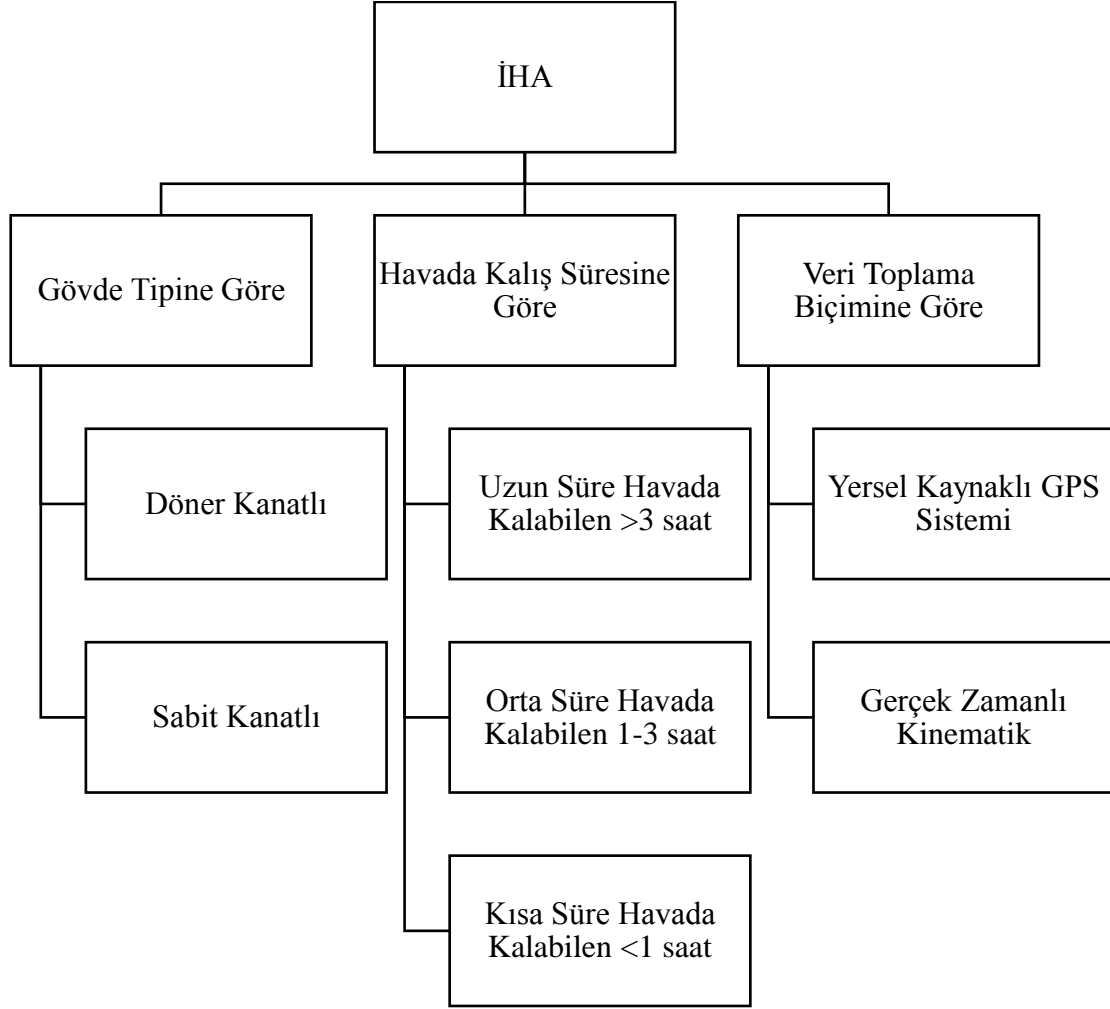
Birçok teknolojik gelişmede olduğu gibi insansız hava araçlarının geliştirilmesi de askeri amaçlar için başlatılmıştır. İlk insansız hava aracının 1916 yılında uçuşundan sonra İHA'lar askeri amaçlar için kullanılmıştır. 1950'li yıllardan sonra ise insansız hava araçları sivil amaçlar için kullanılmaya başlanmıştır (Rango vd. 2006) (Çömert vd. 2012).

Teknolojinin ilerlemesi ve sivil kullanımın artmasıyla birlikte insansız hava araçları harita yapımı, arkeolojik alanların belgelenmesi, orman alanlarına yönelik uygulamalar, tarımsal uygulamalar, afet yönetimi ve reklamcılık gibi farklı uygulamalarda kullanılmıştır (Çömert vd.2012).



**Şekil 4.2** Sabit Kanatlı Drone (İnt.Kyn.6).

İHA'lar türlerine göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılır.



Şekil 4.3 İHA Türleri (Gençerk 2016).



**Resim 4.2** Sabit Kanatlı Drone ve Fırlatma Rampası (İnt.Kyn.16).



**Şekil 4.4** Döner Kanatlı Drone (İnt.Kyn.17).



Şekil 4.3 'de türleri belirtilen İHA'lar aşağıda belirtilen kullanım alanlarında sıkça kullanılmaya başlamıştır.

Sivil alanda :

- Sahil ve Çevre Koruma
- Ormancılık Faaliyetleri
- Hava Durumu Tahminleri
- Afet operasyonları ( arama, kurtarma, yangınla mücadele)
- Tarımsal Uygulamalar
- Madencilik ve Arkeolojik çalışmalar
- Trafik Kontrol
- Havadan Haritalama Çalışmaları
- Reklam, Film ve Fotoğraf Çekimleri

Askeri alanda ise en çok gözetleme, keşif ve istihbarat amacıyla kullanılmaktadır.

İHA'ların genel olarak avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz :

- Düşük yatırım maliyeti
- Yapılacak işlerde kolaylık
- Ulaşılamaz bölgelere rahatlıkla ulaşabilme imkanı
- Hava şartlarından daha az etkilenme
- Hızlı veri işleme
- Ölçeklenebilirlik

Bunların yanında değişebilen zorlu şartlarda havada kalma süresi, resim kalitesi ve doğruluk verileri azalmaktadır. Ayrıca İHA' lar rüzgar hızının arttığı durumlarda, tozlu puslu ve yağmurlu havalarda doğal ve yapay olarak kapanan bölgelerde kullanım alanı kısıtlanmaktadır (Gençerk 2016).

İnsansız hava araçlarının fotogrametri alanında kullanılmaya başlamasıyla birlikte haritacılık sektöründe de yaygınlaşmaya başlamıştır. İHA'lar ve yüksek çözünürlüklü

kameralar yardımıyla harita yapımı amacıyla hava fotoğrafları elde etmek mümkündür. Ayrıca köprüler, tarihi yerler gibi yapılarında görüntüleri alınıp haritalama çalışmalarında kullanılabilir. İnsansız hava araçlarına entegre kameralar ile manuel, yarı otomatik ya da tam otomatik fotogrametrik veri elde edilerek sayısal yükseklik modelleri, eş yükselti eğrileri, 3 boyutlu modeller, vektör veriler ve ortofotolar üretilir (Gürbüz 2016).

### **4.3 Küresel Konumlama Sistemleri (Global Positioning System)**

İlk uydu tabanlı sistem olan Transit'ten günümüze yarım asırlık bir dönem geçmiştir. Transit'ten elde edilen deneyimler sonucu hassas ve doğru konum belirlemeye imkan veren yeni sistemlere gereksinim ortaya çıkmıştır. Bunun ilk adımı olarak 1980'li yıllara gelindiğinde ABD tarafından GPS (Global Positioning System) geliştirilmiştir. GPS uzun zaman küresel konumlama sistemleri adı ile bütünleşik olarak anılmıştır. Daha sonra sırasıyla Rusya Federasyonu tarafından işletilmekte olan GLONASS (GLObal NAVigation Satellite System) ve Avrupa Birliği ülkeleri tarafından kurulmakta olan ve ilk uyduları fırlatılan GALILEO uydu konumlama sistemlerinin kurulmasıyla küresel konumlama sistemleri GNSS adını almıştır. GNSS, ABD'nin GPS, Rusya'nın GLONASS ve Avrupa'nın GALILEO ve benzer uydu sistemlerini içinde barındıran, yaklaşık 80 uyduya sahip, uydularla konum belirleme sisteminin genel adıdır. Ayrıca Çin Halk Cumhuriyeti BeiDoiu isimli uydu konumlama sistemi ile Japonya'da Quasi-Zenith konumlama sistemi (QZSS, Quasi-Zenith Satellites System) ile ilgili çalışmaları yürütmektedir (Kaplan and Heharty 2006).



Şekil 4.5 GNSS Sistemi (İnt.Kyn.8).

Günümüzün modern konum belirleme teknolojisinin de temelini oluşturan ilk uydu tabanlı sistem Transit'tir. İlk prototip Transit uydusu 1961'de yörüngeye yerleştirilmiştir. Sistem 1967'de sivil kullanıma açılmıştır. Transit sistemi yeryüzünden yaklaşık 1100 km uzaklıktaki 6 uydudan oluşmuştur. Transit sisteminde amaç gerçek zamanlı konum ve hız bilgisinin belirlenmesi olmasına karşın Transit ile düşük doğruluk elde edilebilmiştir. Transit'ten elde edilen deneyimler sonucu doğru konum belirlemeye olanak veren bir sistem gereksinimi ortaya çıkmıştır. 1980'li yıllara gelindiğinde ABD tarafından GPS geliştirilmiştir

Bu sistemler askeri ve sivil bir çok alanda kullanıcılar tarafından kullanılmakta olup kullanıcılara çok büyük kolaylıklar sağlamaktadır. GNSS ölçülerinde kullanılan en önemli donanım alıcı (receiver) ve anten sistemidir. Kullanıcının sahip olduğu alıcı-anten sistemi özellikleri ve kapasiteleri ölçü planlamasından, ölçülerin arazi sonrası değerlendirme işlemlerine kadar tüm aşamaları doğrudan etkilemektedir (İnt.Kyn.7).

GNSS alıcısı temel işlev olarak uydu sinyalinin kaydeder, kaydedilen sinyali işleme tabi

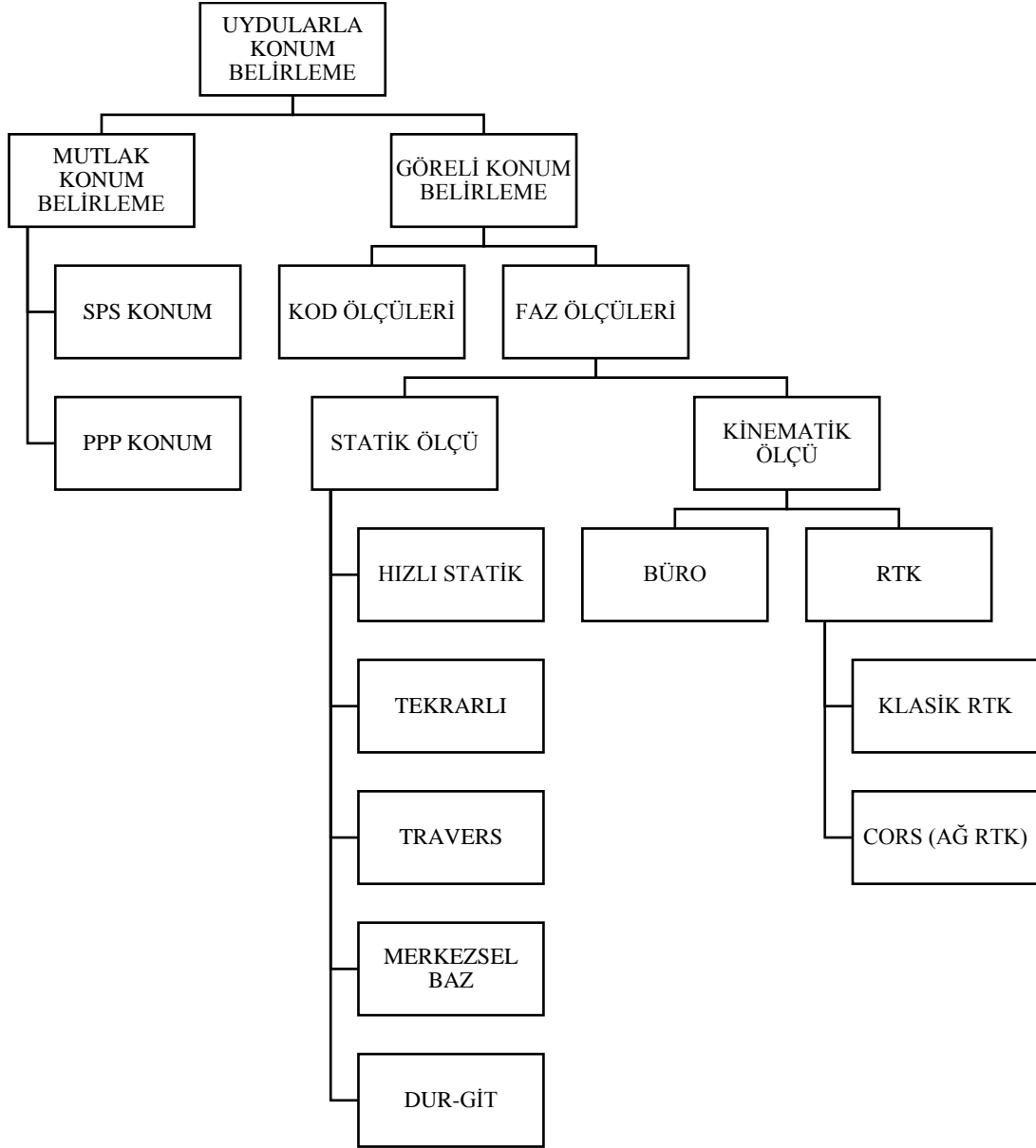
tutar (signal processing), anlık (real-time) uygulamalar için koordinat dönüşümleri yapar, gerektiğinde navigasyon için gerekli bilgileri hesaplar (İnt.Kyn.7).



**Şekil 4.6** Jeodezik Amaçlı GNSS Alıcısı (İnt.Kyn.7).

Haritacılık da jeodezik GNSS'lerden sıkça faydalanılmaktadır. Klasik ölçme yöntemlerine göre üstün yönleri çok fazladır. Jeodezik ölçüler, mühendislik ölçmeleri, navigasyon uygulamaları, CBS uygulamaları, meteorolojik çalışmalar, jeofizik ve jeodinamik uygulamalar vb. alanlarda yoğun olarak kullanılmaktadır (İnt.Kyn.9).

Uydularla konum belirleme işlemleri aşağıda grafikte belirtilen yöntemlerle yapılır.



Şekil 4.7 Uydularla Konum Belirleme Yöntemleri (Kahveci vd. 2011).

Grafikte belirtildiği üzere GNSS'ler yardımıyla çok çeşitli yöntemlerle konum belirlenebilir. Söz konusu proje de konum belirleme yöntemlerinden “Klasik RTK” yöntemi kullanılmıştır.

#### 4.3.1 Klasik RTK Yöntemi

RTK (Real Time Kinematic) gerçek zamanlı ölçümlere olanak sağlayan bir yöntemdir. RTK yöntemi bağıl konum belirleme temeline göre tasarlanmıştır. Bağıl konum belirleme, koordinatı bilinen bir nokta aracılığıyla koordinatı bilinmeyen noktanın

belirlenmesidir. Diğer bir ifadeyle koordinatı bilinen (A) noktası, koordinatı bilinmeyen (B) noktası aradaki baz uzunluğu ( $r_{AB}$ ) tanımlanmasıdır.

Konum vektörleri  $\underline{r}_A$  ve  $\underline{r}_B$  arasındaki ilişki

$$\underline{r}_B = \underline{r}_A + \underline{r}_{AB} \quad (4.1)$$

formüle edilebilir ve baz vektörünün bileşenleri  $\underline{r}_{AB}$

$$\underline{r}_{AB} = \begin{bmatrix} X_B - X_A \\ Y_B - Y_A \\ Z_B - Z_A \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X_{AB} \\ \Delta Y_{AB} \\ \Delta Z_{AB} \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

belirlenir.

Bağıl konum belirlemede A Referans noktası ve B Gezici noktalarından  $S_j$  ve  $S_k$  uydularına yapılan eş zamanlı ölçümler, tekli farklar, çiftli farklar ve üçlü farklarla çözümlenebilir. RTK sisteminin temelinde GNSS alıcılarının eş zamanlı olarak 5 ortak uyduyu gözlem yapabilme şartı vardır ve bu eş zaman unsuru sabit ve gezici GNSS'ler arasındaki radyo modem bağlantısına bağlıdır.

Öncelikle başlangıçtaki tam sayı belirsizlikleri çözümlenmeli ve 5 veya daha fazla uyduya sürekli gözlem yapılmalıdır. Koordinatı bilinen bir noktada kurulan sabit GNSS alıcısı sürekli gözlem yaparken bir veya daha fazla gezici GPS alıcısı da hızlı bir şekilde kurulan sabit GNSS alıcısından radyo modem bağlantısıyla konum çözümünü yapar.

Referans istasyonunda kurulu olan sabit GNSS alıcısı ile uydu arasındaki herhangi bir t epoğunda ölçülen taşıyıcı fazdan hesaplanan uydu-alıcı arasındaki uzunluk ile uydu – alıcı arasındaki koordinat farklarından hesaplanan geometrik uzunluk karşılaştırılır ve taşıyıcı faz ölçülerine getirilecek düzeltme ve düzeltme oranı hesaplanarak gezici alıcılara iletilir. Gezici alıcılar, kodlanarak radyo dalgaları üzerine modüle edilmiş olan bu düzeltmeleri alarak kendi taşıyıcı faz ölçülerine düzeltme olarak getirirler.

RTK, DGPS ile benzer özellik göstermesine rağmen DGPS'e göre çok daha duyarlıdır. RTK da elde edilen konum doğruluğu 2-3 cm arasındayken DGPS'te 1 metre altı

doğruluk vardır. RTK yönteminde başlangıçta en az 5 uydu gerekirken DGPS'te 3 uydu yeterlidir (Pırtı 2009).

#### **4.4 Kullanılan Yazılım ve Ekipmanlar**

Çalışmalarımızda yersel ölçüm sonuçlarına ulaşabilmek ve fotogrametrik ölçüm için gerekli olan YKN lerin belirlenmesi için Magellan Spectra SP-80 marka Jeodezik GPS'ler kullanılmıştır.



**Resim 4.3** Magellan Spectra SP-80 (İnt.Kyn.10).

Fotogrametrik olarak uçuş yapıp veri toplama amacıyla bir Quadcopter cinsi olan DJI Phantom 3 Pro kullanılmış ve üstünde tümleşik olarak bulunan 12 megapiksel ve 4K çözünürlüğe sahip kamera kullanılmıştır

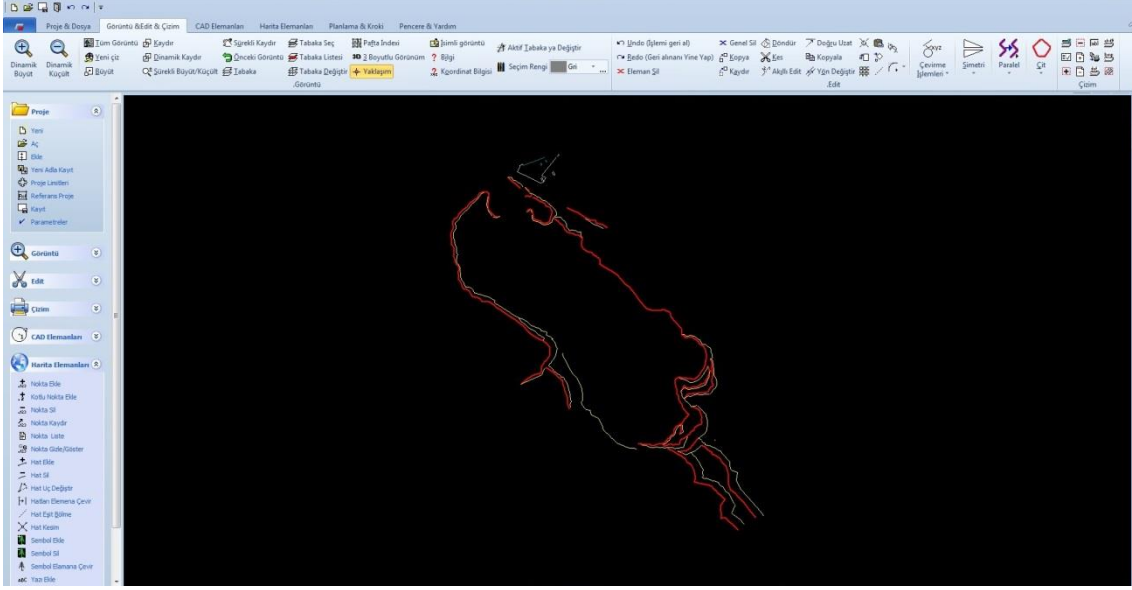


**Resim 4.4** DJI Phantom 3 Pro (İnt.Kyn.11).

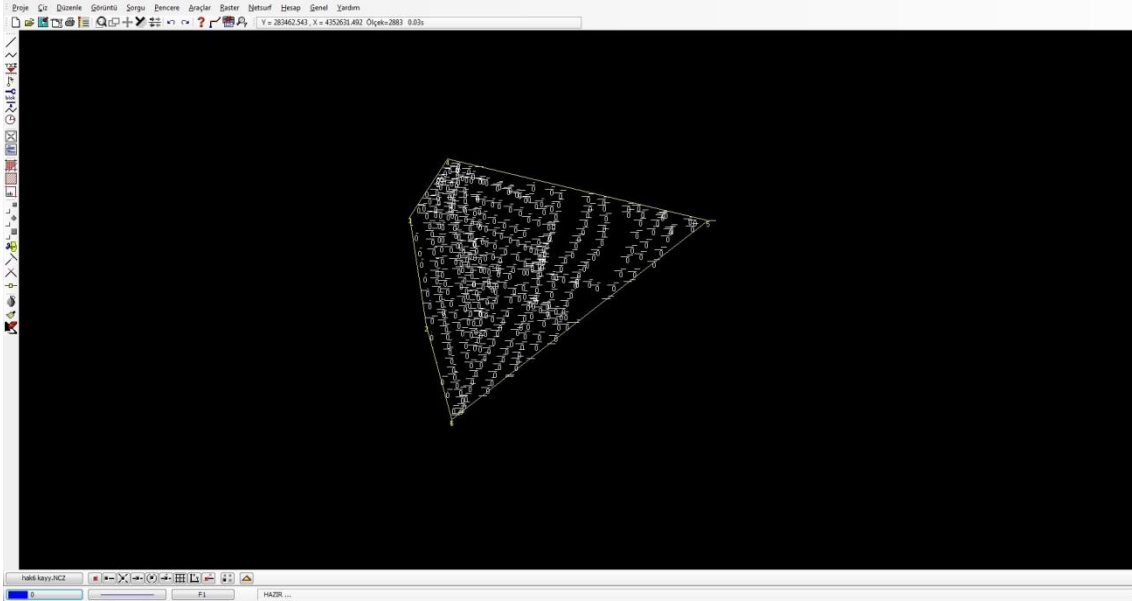
Çalışmamız kapsamında hem aynı verilerin farklı programlarda değerlendirilmesi hem de farklı tekniklerle elde edilen sonuçların farklı programlarda sonuçlarına bakmak amacıyla üç farklı yazılım, fotoğrafların birleştirilmesi ve işlenebilmesi için de fotogrametrik yazılım kullanılmıştır.

Kullanılan Yazılımlar: Genel haritacılık ve hacim hesaplama işlemleri için Eghas ve Netcad iki yüzey arasındaki hacim farklılıkları hesaplaması için MicroStation, Fotogrametrik işleme ve değerlendirme için ise Pix4d yazılımı kullanılmıştır (Şekil 4.8-4.9). Etimaden İşletmeleri Genel Müdürlüğü söz konusu alanda genel haritacılık ve hacim hesaplama işlemlerinde Eghas ve Netcad kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan programların teknik özellikleri EKLER bölümünde verilmiştir.





Şekil 4.8 Eghas Ekran Görüntüsü.



Şekil 4.9 Netcad Ekran Görüntüsü.

## 5. UYGULAMALAR

### 5.1 Çalışma Alanının Tanıtılması

Çalışma alanı olarak Etimaden İşletmeleri Genel Müdürlüğüne ait Eskişehir İli Seyitgazi ilçesi Kırka beldesinde bulunan Kırka Bor İşletme Müdürlüğü kil sahası tercih edilmiştir. Yaklaşık 230 ha açık ocak sahasına sahip olan işletmede hava şartları elverdiği sürece yıllık yaklaşık 7 milyon m<sup>3</sup> kazı çalışması yapılmaktadır. Proje için seçilen saha devamlı olarak dolgu çalışmalarının yapıldığı kil alanının bir kısmı (18800 m<sup>2</sup>) çalışma alanı olarak belirlenmiştir.



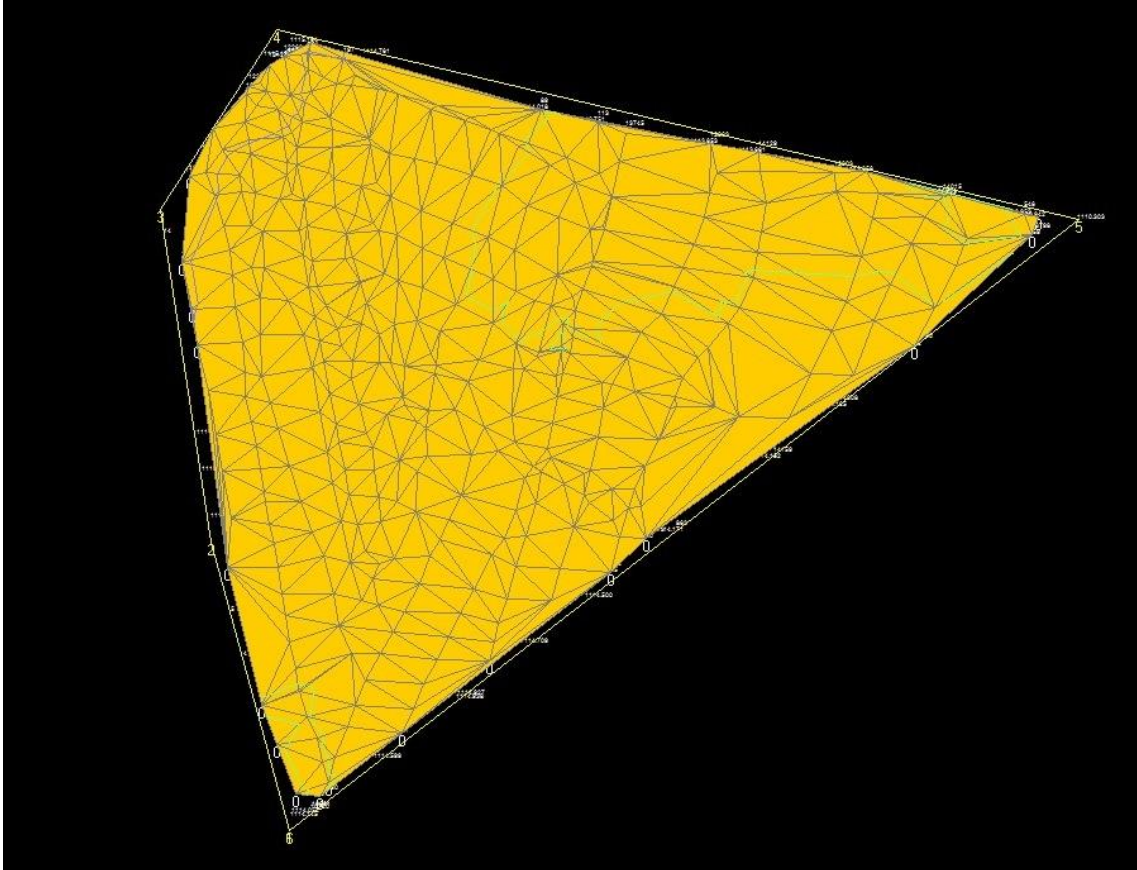
Şekil 5.1 Çalışma Alanı Google Earth Görüntüsü.

## 5.2 Hacim Hesaplamaları

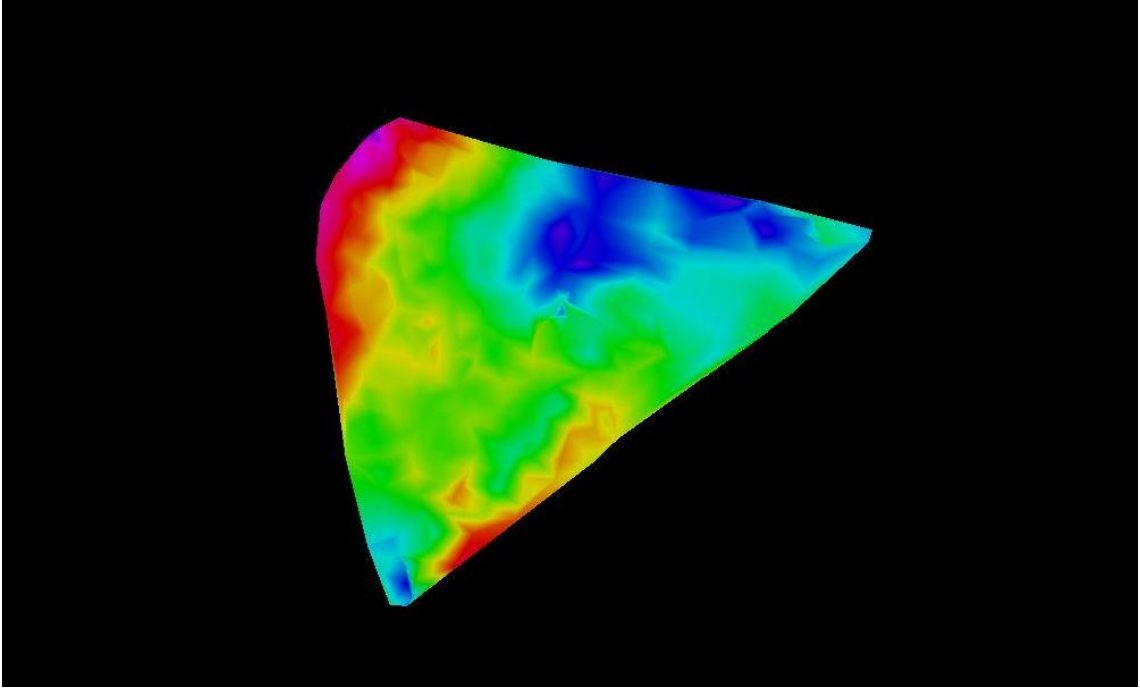
### 5.2.1 Jeodezik Gps'ler Kullanılarak Yapılan Hesaplamalar

Çalışma alanımızda 30.04.2016 tarihinde ve 30.10.2016 tarihinde Magellan Spectra SP-80 marka jeodezik GPS kullanılarak RTK yöntemi ile sabit GPS kurulup gezici GPS'lerle alım yapılmıştır. Çalışma alanı çamurlu, ıslak bir maddeden oluştuğu için alım yapılırken çeşitli zorluklar yaşanmıştır.

Yapılan ölçümler bilgisayar ortamına aktarılarak Netcad ve Eghas programlarında üçgenlemeleri yapıp sayısal arazi modeli elde edildikten sonra hesaplamaları yapılarak söz konusu iki ölçüm arasındaki kazı ve dolgu miktarlarına ulaşılmıştır.



Şekil 5.2 Netcad Üçgen Model Görüntüsü.



Şekil 5.3 Microstation Yersel Ölçüm Model Görüntüsü.

Çizelge 5.1 Yersel ve Fotogrametrik Ölçüm Tarihleri.

Ölçüm Ayları	Yersel Ölçüm	Fotogrametrik Ölçüm
Mayıs	30.04.2016	02.05.2016
Kasım	30.10.2016	01.11.2016

### 5.2.2 İnsansız Hava Aracı Kullanılarak Yapılan Hesaplamalar

Fotogrametrik ölçümler belirtilen alanda Çizelge 5.1 de ki tarihlerde yapılmıştır. Uçuş yüksekliği olarak İHA'nın bütün alanı kısa bir sürede ölçebilmesi ve batarya tasarrufu açısından 100 m yükseklik seçilmiş Mayıs 2016 uçuşunda 100 m ' de 96 adet fotoğraf çekilmiştir. Kasım 2016 yılında ise yine 100 m uçuşta uçuş alanı büyüdüğü için fotoğraf sayısı artmış ve 204 adet fotoğraf çekilmiştir. Mayıs uçuşunda 5, Kasım uçuşunda 6 adet yer kontrol noktası jeodezik GPS'ler (Spectra SP-80) yardımıyla RTK yöntemiyle tesis edilmiş ve Pix4d programında işlenmiştir.



**Resim 5.1** Fotogrametrik Değerlendirme İçin Çekilen Fotoğraf Örneği.



**Şekil 5.4** Mayıs Uçuşu Kontrol Noktası İşaretlemeleeri.

**Çizelge 5.2** Mayıs Uçuşu Kamera Kalibrasyon Değerleri.

	<b>Odak</b>							
	<b>Uzaklığı</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>
İlk	2249.023	1876.805	1421.314					
Değerler	[pixel]	[pixel]	[pixel]	-0.014	0.013	-0.000	0.001	0.000
	3.552	2.964	2.245					
	[mm]	[mm]	[mm]					
Optimize	2613.479	1985.504	1386.192					
Değerler	[pixel]	[pixel]	[pixel]	-0.011	0.021	0.008	-0.001	-0.001
	4.128	3.136	2.189					
	[mm]	[mm]	[mm]					

**Çizelge 5.3** Kasım Uçuşu Kamera Kalibrasyon Değerleri.

	<b>Odak</b>							
	<b>Uzaklığı</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>
İlk	2249.023	1876.805	1421.314					
Değerler	[pixel]	[pixel]	[pixel]	-0.014	0.013	-0.000	0.001	0.000
	3.552	2.964	2.245					
	[mm]	[mm]	[mm]					
Optimize	2096.438	1981.712	1404.159					
Değerler	[pixel]	[pixel]	[pixel]	-0.008	0.008	0.002	-0.000	-0.000
	3.311	3.130	2.218					
	[mm]	[mm]	[mm]					

**Çizelge 5.4** Mayıs Uçuşu Yer Kontrol Noktalarının Doğruluk Değerleri.

<b>Yer Kontrol Noktası</b>	<b>Hata X (m)</b>	<b>Hata Y (m)</b>	<b>Hata Z (m)</b>	<b>Projeksiyon Hatası (Piksel)</b>
1	0.010	0.008	-0.029	0.712
2	-0.007	0.000	0.067	1.174
3	-0.012	0.041	-0.024	1.799
5	0.064	0.026	-0.048	1.210
7	-0.045	-0.066	0.056	0.701
Karesel Ortalama Hata (m)	0.035791	0.036772	0.047814	

**Çizelge 5.5** Kasım Uçuşu Yer Kontrol Noktalarının Doğruluk Değerleri.

<b>Yer Kontrol Noktası</b>	<b>Hata X (m)</b>	<b>Hata Y (m)</b>	<b>Hata Z (m)</b>	<b>Projeksiyon Hatası (Piksel)</b>
1	0.013	0.012	-0.015	0.733
2	0.002	-0.016	0.006	1.479
3	0.027	-0.040	-0.005	0.891
4	-0.018	0.024	0.064	1.037
5	-0.018	-0.129	0.102	0.522
6	0.057	0.120	-0.000	0.982
Karesel Ortalama Hata (m)	0.051898	0.074795	0.049586	

Fotogrametrik ölçüm sonrasında elde edilen veriler Pix4d programında yer kontrol noktaları işaretlenerek nokta bulutu haline dönüştürülmüştür.

Elde edilen nokta bulutları Netcad ve Eghas programının açabileceği dxf formatına dönüştürülüp açılmıştır. Toplamda oluşan iki nokta bulutu iki farklı programda üçgen modelleri oluşturulup değerlendirilerek hacim değişimlerine ulaşılmıştır

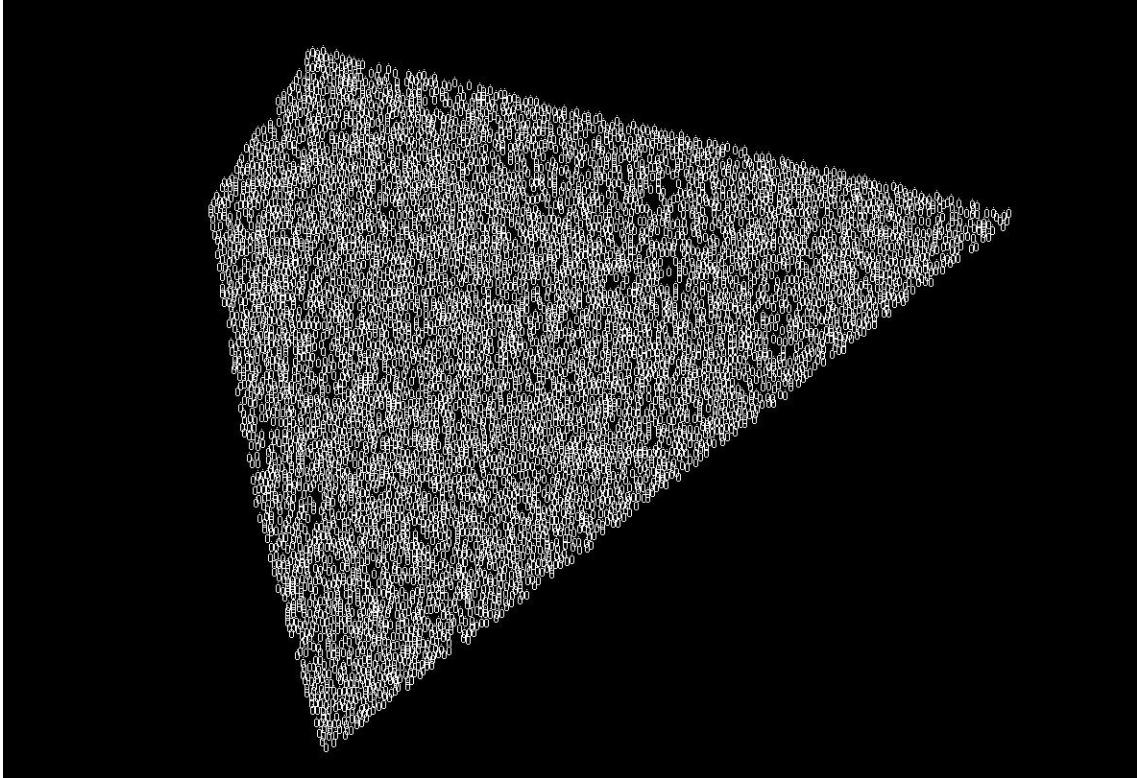
## 6. BULGULAR

### 6.1 Nokta Bulutu ve 3B Görüntüler

Bu araştırmada, hem yersel ölçümlerde kullanılan Jeodezik GPS'ler yardımıyla hem de insansız hava aracı yardımıyla Çizelge 5.1' de belirtilen tarihlerde belirlenen alanda ölçümler yapılmıştır.

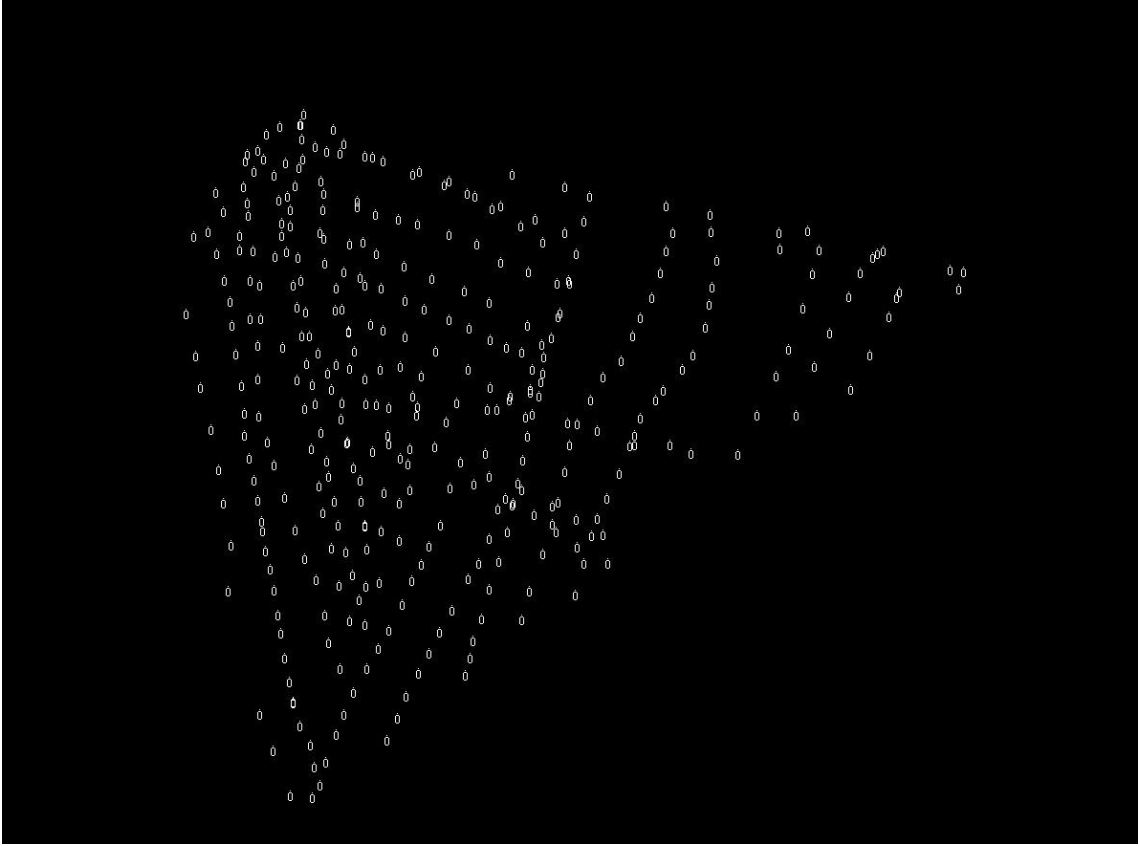
Yersel ölçümler Eghas ve Netcad programlarında değerlendirilmiş İHA ile yapılan ölçümler ise Pix4d programında işlenmiş Eghas, Netcad ve Microstation programlarında değerlendirilmiştir.

Değerlendirme işlemlerinden Mayıs-2016 ölçümünde 21897 nokta Kasım-2016 ölçümünde 20378 nokta elde edilmiş ve bu tarihler arasında oluşan kazı ve dolgu miktarları saptanmıştır.



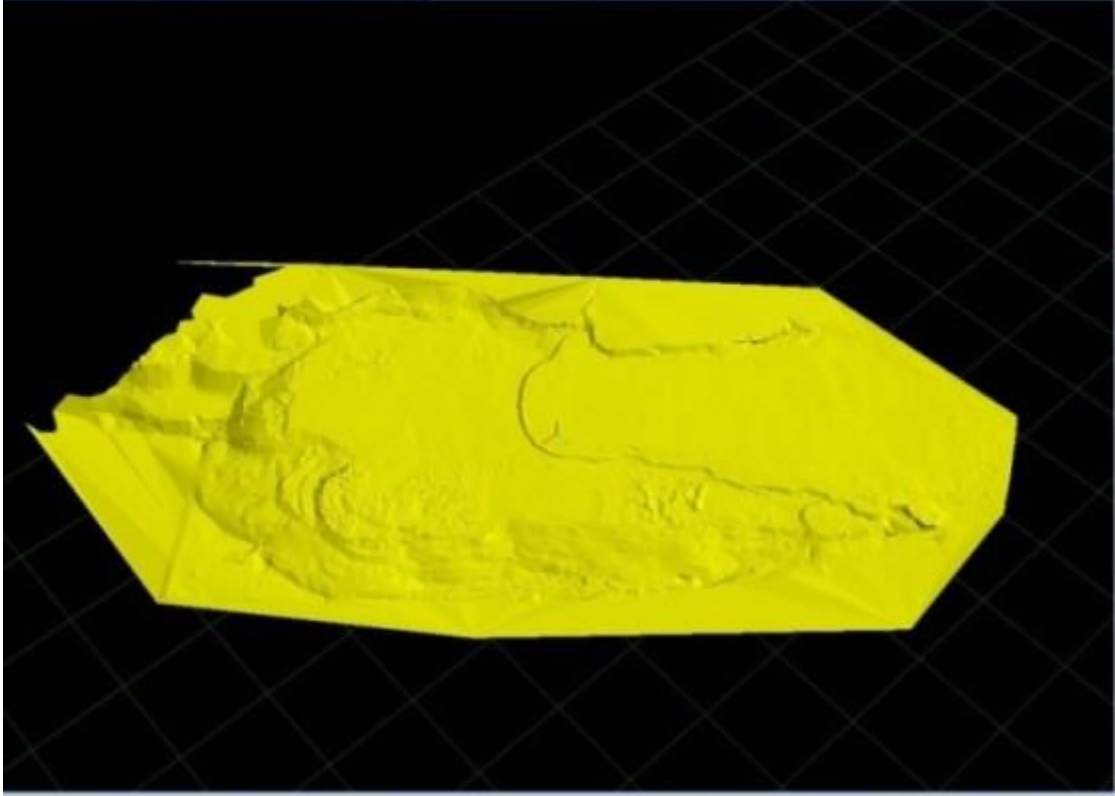
Şekil 6.1 Fotogrametrik Ölçüm Sonrası Elde Edilen Nokta Bulutu.



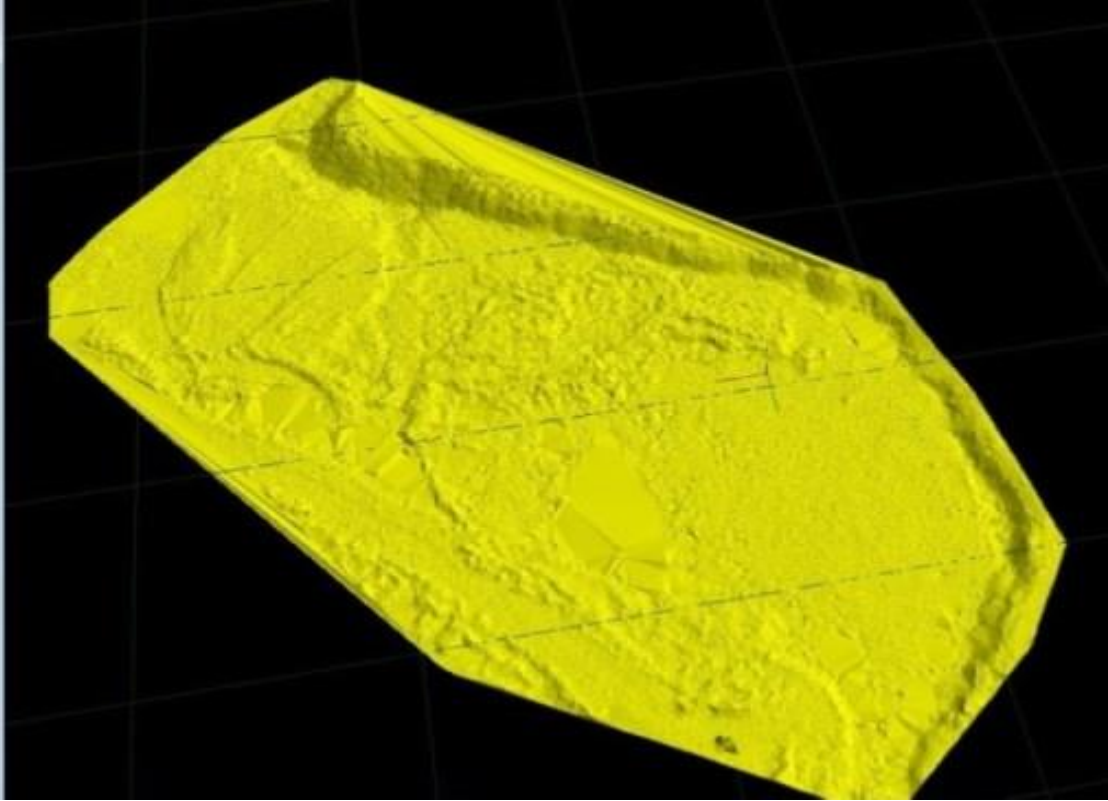


**Şekil 6.2** Yersel Ölçüm Sonrası Elde Edilen Nokta Bulutu.

Şekil 6.1 ve Şekil 6.2 incelendiğinde yersel uçuş verileri sonucunda elde edilen nokta bulutlarının yersel ölçümlere göre çok daha sık olduğu görülmektedir. Mayıs ayında yersel ölçümlerde 2669 nokta ölçülürken İHA ölçümünde bu sayı 21897 olmuş aynı şekilde Kasım ayında yersel ölçümlerde 1103 nokta ölçülürken İHA ölçümünde 20378 nokta hesaba katılmıştır. Dolayısıyla yersel ölçümlerde hesaba katılmayan bir çok detayın fotogrametrik ölçümlerde hesaba katıldığı görülmektedir. Bu nedenle yersel ölçümler ve fotogrametrik ölçümler arasında hacim farklılığı kaçınılmazdır.



**Şekil 6.3** Yersel Ölçüm Sonrası Elde Edilen 3B Görüntü.



**Şekil 6.4** Fotogrametrik Ölçüm Sonrası Elde Edilen 3B Görüntü.

## 6.2 Farklı Yazılımlardan Çıkan Hacim Sonuçları

Ölçüm, işleme ve değerlendirme işlemlerinden sonra hacim hesaplamalarına geçilmiş ve yaklaşık 6 aylık verilerin hacim farklılıkları çizelge 6.1 ve 6.2 de verilmiştir.

**Çizelge 6.1** Yersel Ölçümlerin Değerlendirilmesi

	<b>Netcad</b>	<b>Eghas</b>	<b>Microstation</b>
Kazı	18.753 m <sup>3</sup>	104.78 m <sup>3</sup>	13.4 m <sup>3</sup>
Dolgu	59650.892 m <sup>3</sup>	60477.74 m <sup>3</sup>	57747.0 m <sup>3</sup>

**Çizelge 6.2** Fotogrametrik Ölçümlerin Değerlendirilmesi

	<b>Netcad</b>	<b>Eghas</b>	<b>Microstation</b>
Kazı	408.29 m <sup>3</sup>	507.04 m <sup>3</sup>	539.9 m <sup>3</sup>
Dolgu	61335.148 m <sup>3</sup>	61004.13 m <sup>3</sup>	61339.6 m <sup>3</sup>

Yapılan ölçümlerin doğruluğunun başka bir açıdan tespiti amacıyla hacim hesaplamalarında kullanılan 1.arazi ve 2.arazi tiplerini farklı ölçüm yöntemlerinden seçerek arasındaki fark hesaplanmak istenmiş ve oluşan hacim değerleri Çizelge 6.3'te verilmiştir.

**Çizelge 6.3** Fotogrametrik ve Yersel Ölçüm Karşılaştırmaları.

	<b>Kazı</b>	<b>Dolgu</b>
Fotogrametrik Ölçüm Mayıs Yersel Ölçüm Kasım Hesaplaması	472.11 m <sup>3</sup>	60754.09 m <sup>3</sup>
Yersel Ölçüm Mayıs Fotogrametrik Ölçüm Kasım Hesaplaması	130.08 m <sup>3</sup>	60709.15 m <sup>3</sup>

Eghas programında yapılan hacim hesaplamaları yersel ölçüm, fotogrametrik ölçüm ve aralarında oluşan fark şeklinde Çizelge 6.4’te verilmiştir.

**Çizelge 6.4** Eghas’ta Fotogrametrik Ölçümlerin Yersel Ölçümlerle Karşılaştırılması.

	<b>Eghas Yersel</b>	<b>Eghas Fotogrametrik</b>	<b>Fark</b>
Kazı	104.78 m <sup>3</sup>	507.04 m <sup>3</sup>	402.26 m <sup>3</sup>
Dolgu	60477.74 m <sup>3</sup>	61004.13 m <sup>3</sup>	526.39 m <sup>3</sup>

Çizelge 6.1 ve 6.2 incelendiğinde aynı verilerin farklı programlarda değerlendirilmesinde programların farklı algoritma yapılarından dolayı çeşitli farklar oluşabilmektedir. Bu farklar yersel ölçümlerde Eghas-Netcad arasında Kazı da 86.027 m<sup>3</sup> , Dolgu da 826.48 m<sup>3</sup>olarak saptanmıştır. Fotogrametrik ölçümlerde ise aynı programlarda Kazı da 98.75 m<sup>3</sup> Dolgu da 331.018 m<sup>3</sup> olmuştur.

Çizelge 6.3 incelendiğinde ise farklı veri toplama yöntemleriyle elde edilen verilerin üst üste bindirilerek hacim hesaplama sonuçları karşılaştırılmıştır. Söz konusu karşılaştırmalarda kazı ve dolgu miktarlarında benzer değerlere ulaşılmıştır.

Çizelge 6.4 incelendiğinde ise Eghas programında elde edilen yersel ölçüm sonuçları ve fotogrametrik ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre Kazı da 402.26 m<sup>3</sup>, Dolgu da ise 526.39 m<sup>3</sup> fark oluşmuştur. Çizelge 5.1 de belirtilen

ölçüm tarihlerine göre fotogrametrik ölçümler ile yersel ölçümler arasında toplamda 1 günlük bir ölçüm farkı vardır ve bu esnada çalışma alanında dolgu yapılmaya devam edilmiştir.

Söz konusu 1 günlük fark yaklaşık olarak sonuçlara yansıtıldığında aşağıda bulunan çizelgedeki sonuçlara ulaşılmıştır.

**Çizelge 6.5** Fotogrametrik Ölçümlerin Yersel Ölçümlerden Farkı

<b>Yersel Ölçüm ve Fotogrametrik Ölçüm Farkı</b>	
Kazı	401.67 m <sup>3</sup>
Dolgu	190.402 m <sup>3</sup>

Çizelge 6.5 incelendiğinde, dolgu miktarında 190.402 m<sup>3</sup>, kazı miktarında ise 401.67 m<sup>3</sup> fark oluşmuştur. Bunun sebebi ise söz konusu alanın çamurumsu ıslak bir maddeden olmasından dolayı çalışan iş makinelerinin arazi üzerinde bırakmış olduğu izler, küçük taşlar gibi detayların tamamının fotogrametrik ölçümde hesaba alınıp yersel ölçümlerde ise bu detayların sadece bir kısmının ölçüldüğü için farkın bu şekilde çıktığı düşünülmektedir.

## **7. SONUÇ ve ÖNERİLER**

### **7.1 Sonuçlar**

İnsansız hava araçları günümüzde askeri ve sivil bir çok alanda kullanılmaya başlanmış ve bir çok alanda hem görsellik anlamında hemde bir çok iş gücünü kolaylaştırma anlamında başarılı olmuştur (Seki vd. 2017).

Çalışmamızda insansız hava araçlarının hacim hesaplamalarında kullanılabilirliği araştırılmış olup ayrıca aynı verilerin farklı yazılımlarla karşılaştırılması da yapılarak yazılımlar arası farklılıklar saptanmıştır.

Etimaden İşletmeleri Genel Müdürlüğüne ait olan kil sahasında yapılan yersel ölçümler birden fazla kişi ile insan gücü kullanılarak çamurlu, tozlu arazi koşullarında saatlerce sürerken İHA kullanarak bir personel ile insan gücü kullanılmadan çok kısa sürede fotogrametrik ölçümler tamamlanmış, veri işleme ve değerlendirme kısmı da yapılarak sonuca ulaşılmıştır.

Sonuç olarak hem daha az maliyetli, hem de daha az iş gücü olan insansız hava araçları kullanarak yapılan hacim hesabında zamandan çok büyük bir tasarruf sağlanmış, zorlu arazi koşullarında bile çok daha kolay ölçüm yapılması sağlanmış ve fotogrametrik ölçümlerde arazi daha iyi temsil edildiği için değerlendirme sonuçlarında yersel ölçümlerle tutarlı sonuçlara ulaşılmıştır.

### **7.2 Öneriler**

Çalışmaların doğruluğunun daha iyi test edilebilmesi amacıyla kantar tartım raporları ile birlikte yersel ölçümler ve İHA ölçümleri karşılaştırılabilir.

Sabit kanatlı İHA ile daha yüksek çözünürlüğe sahip kamera kullanılarak hassasiyetler karşılaştırılabilir.

## 8. KAYNAKLAR

- Avcı, Ü. (2010). İki yüzey arasında hacim hesabı yapan program ve algoritma geliştirme, Yüksek Lisans Tezi.
- Çakır, L. (2005). Sayısal yükseklik modellerinde hacim hesapları ve kullanılan enterpolasyon yöntemlerinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi.
- Çömert, R., Avdan U., Şenkal E. (2012).İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları ve Gelecekteki Beklentiler, 4.UZAL-CBS Sempozyumu ,16-19 Ekim 2012 Zonguldak
- Doğruluk, M. (2013). Sayısal arazi modellerinin karayolu projelerindeki hacim hesaplamalarına etkisi, Yüksek Lisans Tezi.
- Eisenbeiss, H., (2009). UAV Photogrammetry, ETH Zurich for the degree of Doctor of Science, ISSN 0252-9335 . ISBN: 978-3-906467-86-3.
- Ekinci, F. (2011). Sayısal arazi modelleri ile hacim hesaplarında farklı enterpolasyon yöntemlerinin ve parametrelerin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Erdoğan, A. (2016). Şeritvari haritaların insansız hava araçları ile üretimi, Yüksek Lisans Tezi.
- Gençerk, E.Y (2016). İnsansız Hava Aracı Fotogrametrisi Uygulaması İle İnşaat Projesi İmalat Durumunun Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi.
- Gürbüz, H. (2006) , Genel Fotogrametri 1 , Ankara
- Gürbüz, M.F (2016). Kentsel Alanlarda İHA Görüntülerinden Ortofoto Oluşturma ve Otomatik Ağaç Tespiti, Yüksek Lisans Tezi
- Kahveci M., Karagöz H., Selbesoğlu M.O. (2011) Statik ve RTK GNSS Ölçüm ve Hesaplamalarının Karşılaştırılması *Hkmo Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi* **104**: 4.
- Kaplan, D. E. ve Hegarty, C. J., (2006). Understanding GPS Principles and Application, Artech House, Second Edition, Boston
- Köroğlu, S. (2006). Farklı enterpolasyon yöntemlerinin hacim hesabına etkisinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi.

- Niethammer, U., Rothmund, S., James, M. R., Travelletti, J., & Joswig, M. (2010). UAV-based remote sensing of landslides. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38(Part 5), 496-501.
- Özbek, N.S. (2010). İnsansız Hava Araçlarında Farklı Kontrol Tekniklerinin Performans Karşılaştırması, Yüksek Lisans Tezi.
- Özgen, M. G., Öztan, O., (1988), Kartometri, İ.T.Ü Matbaası, İstanbul
- Özhan, E. (1995). Açık maden işletmelerinde ölçü yöntemleri ve bir model üzerinde uygulanması, Yüksek Lisans Tezi.
- Pırtı, A. Mühendislik Ölçmelerinde Gerçek Zamanlı Kinematic GPS (GZK GPS) Ders Notları İstanbul 2009.
- Rango, A., Laliberte, A., Steele, C., Herrick J. E., Bestelmeyer B., Schmutge T., Roanhorse A., Jenkins V., 2006. Using unmanned aerial vehicles for rangelands: current applications and future potentials. *Environmental Practice* 8(3): 159
- Sauerbier, M. And H. Eisenbeiss (2010). Uavs For The Documentation of Archaeological Excavations, *International Archives Of Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences* 38(Part 5).
- Seki, M., Tiryakioğlu İ., Uysal M. (2017). Farklı Veri Toplama Yöntemleriyle Yapılan Hacim Hesaplarının Karşılaştırılması TUFUAB 2017, Afyonkarahisar.
- Toprak, A.S. (2014). Fotogrametrik tekniklerin insansız hava araçları ile mühendislik projelerinde kullanılabilirliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi.
- Turner, D., A. Lucieer, Et Al. (2011). Development Of An Unmanned Aerial Vehicle (UAV) For Hyper-Resolution Vineyard Mapping Based On Visible, Multispectral And Thermal Imagery.
- Uysal, M., Toprak, A.S., Polat, N., 2013a, Afyon Gedik Ahmet Paşa (İmaret) Camisinin Fotogrametrik Yöntemle Üç Boyutlu Modellenmesi, TUFUAB 2013, Trabzon.



- Uysal, M., Toprak, A.S., Polat, N., (2013b), Photo Realistic 3D Modeling with UAV: Gedik Ahmet Pasha Mosque in Afyonkarahisar, CIPA 2013 Symposium, 3-6 September 2013,659-662.
- Uysal, M., Toprak, A.S., Polat, N. (2015) İnsansız Hava Araçları İle Sayısal Arazi Modeli Üretimi, TUFUAB 2015
- Yakar, M., Toprak, A.S., Ulvi, A., Uysal, M. (2015) Konya Beyşehir Bezariye Hanının (bedesten) İha ile Fotogrametrik Teknik Kullanılarak Üç Boyutlu Modellenmesi.
- Yalçın, B. (2000). Sayısal yükseklik modelleri ile hacim hesapları, Yüksek Lisans Tezi.
- Yanalak, M. (1997). Sayısal arazi modellerinden hacim hesaplarında en uygun enterpolasyon yönteminin araştırılması, Doktora Tezi.
- Yaşayan, A., Uysal M., Varlık A., Avdan U., (2011), Fotogrametri, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2295, Eskişehir.

## İNTERNET KAYNAKLARI

- 1) [www.gzt.com/teknoloji/drone-nedir-ve-hangi-alanlarda-kullanilir-2576541](http://www.gzt.com/teknoloji/drone-nedir-ve-hangi-alanlarda-kullanilir-2576541), 05.05.17
- 2) <http://www.deltalidar.com/Drone-Ile-Haritalama.aspx>, 05.05.17
- 3) [www.kentharita.com/drone-kullanım-alanlari-nelerdir/drone-kullanım-alanlari](http://www.kentharita.com/drone-kullanım-alanlari-nelerdir/drone-kullanım-alanlari)  
05.05.17
- 4) [https://www.turkcebilgi.com/insansız\\_hava\\_aracları](https://www.turkcebilgi.com/insansız_hava_aracları), 09.05.17
- 5) <https://dralabay.wordpress.com/2014/01/20/insansiz-hava-araclari-ve-anka>, 09.05.17
- 6) [www.log.com.tr/bombardiman-ucaklarindan-ilham-alan-drone-video](http://www.log.com.tr/bombardiman-ucaklarindan-ilham-alan-drone-video), 10.05.17
- 7) <http://320volt.com/gps-incelemesi-ozellikleri-kullanım-alanlari-detaylar>, 10.05.17
- 8) <http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/psa/gnss/gnss.html>, 10.05.17
- 9) [http://atlas.selcuk.edu.tr/1205301/GNSS\\_TUM.pdf](http://atlas.selcuk.edu.tr/1205301/GNSS_TUM.pdf), 10.05.17
- 10) <https://geomaticsgroup.com/gnss-gps/cors-rtk-gnss/spectra-precision-sp80-gnss-alicisi.html>, 10.05.17
- 11) <http://store.dji.com/product/phantom-3-professional>, 10.05.17
- 12) <https://www.dronmarket.com/dji-phantom-3-professional>, 11.05.17
- 13) <https://geomaticsgroup.com/insansiz-hava-araci/ucus-yazilimlari/pix4d-yazilimi.html>, 25.05.17
- 14) <http://benkoltd.com/yazilimlar/MicroStation.asp>, 26.05.17
- 15) <http://portal.netcad.com.tr/display/HELP/NETCAD+GIS>, 26.05.17
- 16) <http://en.avia.pro/blog/trimble-gatewing-x100-tehnicieskie-harakteristiki-foto>,  
30.05.17
- 17) <http://www.log.com.tr/djiin-katlanabilir-droneu-mavic-pro-ve-tum-ozellikleri-video>,  
30.05.17
- 18) <http://www.gimtas.com.tr/web/dikprizmalar.htm>, 10.07.17

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Muammer SEKİ  
Doğum Yeri ve Tarihi : Ankara, 26.06.1991  
Yabancı Dili : İngilizce  
İletişim (Telefon/e-posta) : 0530 252 24 37-muammer91@hotmail.com

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Çağrıbey Anadolu Lisesi, ANKARA (2005-2009)  
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi  
Harita Mühendisliği Bölümü (2009-2013)  
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,  
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı (2015-2017)

### Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl :

Etimaden İşletmeleri Genel Müdürlüğü 2015-Devam ediyor.

### Yayımları (SCI ve diğer) :

1. Seki M., Tiryakioğlu İ., Uysal M. (2017) “Farklı Veri Toplama Yöntemleriyle Yapılan Hacim Hesaplarının Karşılaştırılması” TUFUAB 2017, Afyonkarahisar

## EKLER

### EK-1: Magellan Spectra SP-80 GNSS Alıcı Teknik Özellikleri

- Magellan Spectra SP-80 (İnt.Kyn.10)



- Magellan Spectra SP-80 Teknik Özellikleri (İnt.Kyn.10)

YAZILIM	SURVEY PRO, FAST SURVEY
KANAL SAYISI	240
RADYO MODEM	2W RADYO MODEM (OPSİYONEL)
ÖLÇÜM HASSASİYETİ (STATİK)	YATAY: 3mm+0.5ppm DÜŞEY: 5mm+0.5ppm
ÖLÇÜM HASSASİYETİ (RTK)	YATAY: 8mm+1ppm DÜŞEY: 15mm+1ppm
DESTEKLEDİĞİ UYDULAR	GPS+GLONAS+BEIDOU+GALILEO+QZSS+SBAS+IRNSS
EKRAN	LED EKРАН
ALICI TANIMI	ÇİFT FREKANSLI
HAFIZA	2 GB
SD KART	32 GB'A KADAR DESTEKLER
BATARYA	2 ADET BATARYA (10 SAAT)
TAM ŞARJ SÜRESİ	4 SAAT
ÇALIŞMA SICAKLIĞI	-40°C ile +65°C
DEPOLAMA SICAKLIĞI	-40°C ile +85°C
TOZ ve SUYA KARŞI DAYANIKLILIK	IP67
BLUETOOTH	VAR
USB	VAR (MINİ USB)
WI-FI	VAR

## EK-2: DJI Phantom 3 Pro Teknik Özellikleri

- **DJI Phantom 3 Pro** (İnt.Kyn.11)



### **Teknik Özellikler**

Ağırlık: 1.280 Gram

Max Hız: 16 m/s

Tırmanış/İniş: 5 m/s – 3 m/s

Kamera: 12.76 MP – Sony EXMOR 1/2.3" Sensör ile

Video: 4K (Ultra HD)

Max İrtifa: 6.000 (Extended Controller ile)

Uçuş Süresi: Yaklaşık 23 Dk (4.480 mAh batarya ile)

Çalışma Isısı: 40 C

Bitrate: 60 Mbps

Navigasyon: GPS/GLONASS (İnt.Kyn.12).

### **EK-3: Eghas Teknik Özellikler**

➤ Hem nokta bazlı, hem de obje bazlı çalışmaktadır. Projelerde bu her iki baz da aynı anda karma olarak kullanılabilmekte, birbirlerine dönüşümler kısmi ve toplu olarak yapılabilmektedir.

➤ Projelerde kullanılacak nokta ve eleman adetlerinde herhangi bir sınırlama bulunmamaktadır.

➤ Eski versiyonlara ait verileri yükleyip kullanabilmektedir.

➤ Önceki versiyonlar gibi ASCII veriler oluşturmakta ve okuyabilmektedir.

➤ Aynı zamanda tüm verilerin tek bir dosyada toplandığı, Kbinary dosyalara yazıp okuyabilmektedir.

➤ Tabaka adedinde herhangi bir sınırlama olmayıp, nokta bazlı çalışmalarda noktalar tabakalara bağlanabilmektedir , sınırsız renk paletine sahiptir.

➤ Her türlü görüntü dosyasını okuyup yazabilmektedir. Aynı anda hem raster, hem de vektör data ile çalışabilmektedir.

➤ Microstation DGN, AutoCAD Dxf, XML(UVDF), Tapu ve Kadastro genel Müdürlüğü formatlarını doğrudan okuyup yazabilmektedir.

➤ Aynı anda istenildiği kadar pencere ile çalışılabilmektedir.

➤ Menüler kullanıcı tarafından dizayn edilebilmektedir.

➤ EGHAS BASIC ile kullanıcılar kendi fonksiyonlarını yapabilmektedirler.

➤ Sınırsız Undo komutu bulunmaktadır.

➤ Proje bazında password konulabilmektedir.

➤ Her tür network altında çalışabilmektedir.

#### **EK-4: Netcad Teknik Özellikler**

- Otomatik Yakalama/Auto Snap' Yeteneği
- CAD Yeteneklerinde Geliştirme ve Yenilikler
- Arayüz İyileştirmeleri
- Tabakalar, Hattipi ve Sembollerin Filtrelenebilme Yeteneği
- Kartografik Çizim
- Sık Kullanılan İşlemleri İçin Hazır Mimar Modelleri
- DEM, DTED, SRTM, GDEM vb. Tüm Raster Yükseklik Verilerinin 'Sayısal Arazi Modeli'ne dönüştürülebilmesi
- Konumsal Veriler İçin 'Geri Al/Yeniden Yap'
- Yeni Seçim Araçları & GIS-CAD Bir Arada Dinamik Konumsal Seçim Yeteneği (İnt.Kyn.15).

## **EK-5: Pix4D Teknik Özellikler**

- Yenilikçiliğiyle ve entegre CAD ve GIS düzenleme araçları ile tam bir haritalama ve modelleme çözümü sunar.
- Yalnızca birkaç tıklama ile tam otomatik olarak yüksek doğruluklu ortomozaik, DSM ve nokta bulutu oluşturur.
- Doğrudan yazılıma entegre rayCloud ile yüksek hassasiyetle nesnelere tanımlar ve proje doğruluğunu iyileştirir,
- Mosaic Editor ile ortofotonun ve birleşim hatlarını düzenler.
- İstedığınız kamera ve lensi kullanarak, hatta multispektral algılayıcılarla, hava fotoğraflarından veya eğik görüntülerden ortomozaik, DSM ve Nokta bulutu oluşturur.
- Yer kontrol noktalarının tümünü değerlendirip düzenleyerek projenizi kontrol altında tutar.
- Yazılım tüm kalibrasyon ve veri işlemleri tam otomatik olarak yapıp LIDAR teknolojisine benzer şekilde santimetre hassasiyetinde 3 boyutlu nokta bulutu üretir (İnt.Kyn.13).



## **EK-6: Microstation Teknik Özellikler**

- Çizim üretimi, verimliliği
- Yapılandırılmış İş Akışları, İçerik
- Tasarımda iletişim kolaylıkları, kontrol ve düzeltme seçenekleri
- 3 Boyutlu Modelleme
- Detaylandırma Sembolleri
- Alanlar
- PDF Referanslama
- PDF Planları ve Raporları
- PDF içinde 3 Boyutlu Animasyon (İnt.Kyn.14).