

TC  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENGEBELİ ARAZİLERDE İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI İLE ÜÇ  
BOYUTLU VERİ ÜRETİMİNDE DOĞRULUK ARAŞTIRMASI

HANİFİ AVCI

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SAMSUN

2020

Her hakkı saklıdır.

## TEZ ONAYI

Hanifi AVCI tarafından hazırlanan ‘‘Engelibeli arazilerde insansız hava araçları ile u boyutlu veri üretiminde doğruluk araştırması’’ adlı tez çalışması 23/01/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** Doç. Dr. Erdem Emin MARAŞ  
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

### Jüri Üyeleri

**Başkan** Doç. Dr. Erdem Emin MARAŞ  
Samsun Üniversitesi  
Pilotaj Anabilim Dalı

**Üye** Doç. Dr. Derya ÖZTÜRK  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

**Üye** Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali DERELİ  
Giresun Üniversitesi  
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

**Yukarıdaki sonucu onaylarım. .../.../2020**

**Prof. Dr. Bahtiyar ÖZTÜRK**  
**Enstitü Müdürü**

## ETİK BEYAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

20.01.2020

Hanifi AVCI

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ENGEBELİ ARAZİLERDE İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI İLE ÜÇ BOYUTLU VERİ ÜRETİMİNDE DOĞRULUK ARAŞTIRMASI

Hanifi AVCI

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Erdem Emin MARAŞ

Bir bölgeye yol, köprü, tünel vb. yapılar inşa edilmeden önce o bölgenin topografik haritasına ihtiyaç duyulmaktadır. Kazıdan önce çalışma yapılacak bölgenin tabii zemin ölçümleri yapılır. Bu ölçümler genellikle klasik, yersel ölçme yöntemleri ile gerçekleştirilir. Yersel yöntemlerle ölçüm yapmak zahmetli, pahalı, fazlaca zaman almakta, bazen de arazi yapısından dolayı mümkün olmamaktadır. İnsanların yürümekte güçlük çektiği eğimli, engebeli arazilerde insansız hava araçlarının (İHA) yardımı ve fotogrametrik yöntemle araziye modellemek, diğer yöntemlere göre daha az maliyetli, hem de daha az zaman aldığından önem arz etmektedir.

Bu çalışmada dağlık ve engebeli arazilerde fotogrametrik modellemenin doğruluğunun yanı sıra yer kontrol noktalarının (YKN) yatay ve düşey konum doğruluğuna etkisi de incelenmiştir. Bu kapsamda Artvin-Yusufeli barajının da içinde bulunduğu biri düz, ikisi ise dağlık ve kayalık, araziden oluşan üç farklı bölgede çalışılmıştır. Seçilen bölgelere YKN tesis edilmiş, bu noktaların konumları yersel ölçme yöntemleri ile tayin edilerek uçuş planlama aşamasına geçilmiştir. Uçuş planlaması, sonuç verilere önemli oranda etki edeceğinden son derece iyi hazırlanması gerekmektedir. Bu nedenle gerekli ileri ve yan bindirme oranları ile uçuş yüksekliği, arazideki maksimum ve minimum yükseltiler göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır. İHA ile elde edilen bindirmeli görüntülerle Pix4d yazılımında, YKN'lerin konumları baz alınarak koordinatlı üç boyutlu modeller oluşturulmuştur. İlk etapta YKN'ler, yatayda ve düşeyde homojen olarak dağıtılmış, daha sonra farklı yükseltilerde farklı dağılım biçimleri uygulanarak YKN'lerin konum doğruluğuna etkisi incelenmiştir.

Sonuç olarak, yatayda ve düşeyde homojen YKN dağılımı ile maksimum hata miktarının 5 cm'nin altında olduğu görülmüş, çalışma bölgesinin sınırlarını yatayda ve düşeyde üç boyutlu olarak çevreleyen, arazinin topografik yapısını yansıtan bir YKN dağılımının gerekliliği açıkça ortaya konmuştur. İHA ile fotogrametrik veri üretiminde, dağlık ve engebeli arazilerde de hassas sonuçlar alınabileceği görülmüştür.

Aralık 2019, 87 sayfa

**Anahtar Kelimeler:** Fotogrametri, İnsansız hava aracı, Yer kontrol noktası, Sayısal arazi modeli.



## ABSTRACT

Master's Thesis

### ACCURACY RESEARCH IN THREE DIMENSIONAL DATA PRODUCTION WITH UNMANNED AERIAL VEHICLES IN ROUGH TERRAIN

Hanifi AVCI

Ondokuz Mayıs University

Graduate School of Sciences

Department of Geomatics Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Erdem Emin MARAŞ

Before constructing structures such as roads, bridges and tunnels, a topographic map of the region is needed. Before excavation, natural terrain measurements of the region are done. These measurements are usually done with the help of conventional terrestrial measurement methods. Measurement with terrestrial methods is laborious and expensive. It takes a lot of time and sometimes it is not possible because of the land structure. Modeling the terrain with the help of photogrammetric method and unmanned aerial vehicles (UAV) on sloping and uneven area where people have difficulty to enter is important because it is less costly and less time consuming.

In this study, in addition to the accuracy of photogrammetric modeling in mountainous and hilly areas, the effect of ground control points (GCP) on the horizontal and vertical position accuracy was investigated. For this purpose three different regions including Artvin-Yusufeli dam were selected. One of them is a flat land and two of them are mountainous and rocky. GCPs were established in the selected regions, the locations of these points were determined by terrestrial measurement methods and flight planning phase was started. Flight planning needs to be well prepared as it will have a significant impact on the resulting data. Therefore, the necessary forward and lateral thrust rates and flight altitude were calculated by considering the maximum and minimum elevations in the terrain. Coordinated three-dimensional models were created based on the location of the GCPs with overlap images obtained by UAV. It was done with the help of Pix4d software. In the first stage GCPs were distributed homogeneously in three dimensions, and then the effect of GCPs on position accuracy was examined by applying different distribution patterns at different elevations.

As a result, with the use of homogeneous GCP distribution horizontally and vertically it has been discovered that the maximum error is less than 5 cm. It has been clearly demonstrated that GCP distribution should encompass the boundaries of the working area homogeneously in three dimensions horizontally and vertically and should represent the topography of the area. It has been found out that in the production of photogrammetric data with the help of UAV, sensitive results can also be obtained in mountainous and uneven terrain.

December 2019, 87 pages

**Keywords:** Photogrammetry, Unmanned aerial vehicle, Ground control point, Digital terrain model.

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tüm lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca yardım ve desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen, bilgi ve deneyimiyle beni her zaman her konuda motive eden ve yönlendiren, aynı zamanda bir pilot olarak idolüm olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Erdem Emin MARAŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Kapısını her çaldığımda benden güler yüzünü ve yardımını esirgemeyen çok değerli hocam Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ'ye teşekkür ederim.

Bu çalışmamda bana yardımlarını esirgemeyen ve imkanlarını sunan Artvin Yusufeli Barajı Limak A.Ş Proje müdürü sayın Ferudun ÜNSAL beye teşekkürlerimi sunarım.

İkinci kısım Etüt Proje Şefi Cihat KUŞCU beye ve ekibindeki bütün topoğraf, alet operatörü ve şenör arkadaşlara teşekkürlerimi sunarım.

Baraj Etüt Proje Şefi Mehmet KARAOĞLU beye ve ekibindeki bütün topoğraf, alet operatörü ve şenör arkadaşlara teşekkürlerimi sunarım.

Görüntü almada bana yardımcı olan Emrah ÖRÜCÜ beye teşekkürlerimi sunarım.

Beni bugünlere getirmek için hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan anneme, babama sonsuz teşekkür ederim.

Saha çalışmam süresince benden desteklerini esirgemeyen çalışma arkadaşlarıma da teşekkür ederim.

Aralık 2019, Samsun

Hanifi AVCI

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER DİZİNİ</b> .....	<b>iv</b>
<b>SİMGELER</b> .....	<b>vii</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>x</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>xii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 TEZİN AMACI .....	2
1.2 LİTERATÜR ÖZETİ .....	3
<b>2. KURAMSAL TEMELLER</b> .....	<b>9</b>
2.1 İNSANSIZ HAVA ARACI.....	9
2.2 İHA'LARIN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI.....	9
2.3 İHA FOTOGRAMETRİSİ .....	11
2.4 İHA UÇUŞ PLANLAMASI .....	13
2.4.1 Yer örneklem aralığı .....	13
2.4.2 Uçuş yüksekliği.....	14
2.4.3 Bindirme oranları .....	15
2.4.4 Uçuş zamanı belirleme.....	15
2.4.5 Uçuşta dikkat edilecek hususlar.....	15
2.5 İş AKIŞI .....	16
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>17</b>
3.1 ÇALIŞMA SAHASININ BELİRLENMESİ.....	17
3.1.1 İşhan çalışma sahası .....	17
3.1.2 Açık kazı çalışma sahası .....	17
3.1.3 Baraj çalışma sahası .....	18
3.2 YER KONTROL NOKTASI TESİSİ VE ÖLÇÜMÜ .....	19
3.2.1 İşhan çalışma sahası YKN tesisi ve ölçümü .....	19
3.2.2 Açık kazı çalışma sahası YKN tesisi ve ölçümü.....	21
3.2.3 Baraj çalışma sahası YKN tesisi ve ölçümü .....	23
3.3 UÇUŞ PLANLAMASI .....	24

3.3.1	Yer örneklem aralığı .....	24
3.3.2	Bindirme oranları .....	25
3.3.3	Uçuş yüksekliği.....	29
3.3.4	Uçuşun gerçekleştirilmesi .....	30
3.4	VERİLERİN İŞLENMESİ .....	33
3.4.1	Kullanılan donanım ve yazılımlar.....	36
3.5	FOTOGRAFİK ÜRÜNLER .....	37
3.5.1	İşhan sahası verileri.....	37
3.5.2	Açık kazı sahası verileri .....	40
3.5.3	Baraj sahası verileri.....	43
<b>4.</b>	<b>BULGU VE ANALİZLER.....</b>	<b>47</b>
4.1	İŞHAN ÇALIŞMA SAHASI YKN DAĞILIMI VE ANALİZİ .....	47
4.1.1	Homojen dağılım.....	47
4.1.2	Y eksenini doğrultusunda dağılım .....	49
4.1.3	X eksenini doğrultusunda dağılım .....	52
4.1.4	Dış hat dağılımı .....	55
4.2	AÇIK KAZI ÇALIŞMA SAHASI YKN DAĞILIMI VE ANALİZİ.....	56
4.2.1	Homojen dağılım.....	57
4.2.2	Vadi tabanı dağılım .....	58
4.2.3	Vadi tabanı dağılıma üst sıradan nokta ilavesi.....	60
4.2.4	Üst sıra dağılım .....	62
4.2.5	Üst sıra dağılıma vadi tabanından nokta ilavesi.....	63
4.2.6	Orta sıra dağılım.....	64
4.2.7	Orta sıra dağılıma vadi tabanından ve üst sıradan nokta ilavesi .....	65
4.2.8	Dış hat dağılım .....	66
4.3	BARAJ ÇALIŞMA SAHASI YKN DAĞILIMI VE ANALİZİ.....	67
4.3.1	Homojen dağılım.....	68
4.3.2	Sol sahil 775 kotu dağılım .....	68
4.3.3	Vadi tabanı dağılım .....	70
4.3.4	Vadi tabanı dağılıma sol ve sağ sahilden nokta ilavesi.....	71
4.3.5	Sağ ve sol sahil dağılım .....	72
4.3.6	Dış hat dağılım .....	73
4.4	BÖLGELERİN YKN DAĞILIMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI VE GRAFİK GÖSTERİMİ .....	74
4.4.1	İşhan sahası YKN dağılımını karşılaştırma ve grafik gösterimi .....	74

4.4.2	Açık kazı sahası YKN dağılımı karşılaştırma ve grafik gösterimi .....	75
4.4.3	Baraj sahası YKN dağılımı karşılaştırma ve grafik gösterimi .....	77
4.4.4	Bölgeler arası karşılaştırma.....	78
4.4.5	Tüm bölgelerin homojen YKN dağılım analizi .....	80
<b>5.</b>	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>82</b>
	<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>85</b>



## SİMGELER

$x, y$	P noktasının görüntü koordinat sistemindeki koordinatları
$x_0, y_0$	Asal noktanın görüntü koordinat sistemindeki koordinatları
$X, Y, Z$	P noktası arazi koordinat sistemindeki koordinatları
$X_0, Y_0, Z_0$	İzdüşüm (projeksiyon) merkezinin arazi koordinat sistemindeki koordinatları
$c$	Asal Uzaklık
$m_{11}, \dots, m_{33}$	Görüntü koordinat sistemi ile arazi koordinat sistemi arasındaki dönüklük matrisinin elemanları
$h_1, h_2, h_3$	Yükseklik farkı
$s_1, s_2, s_3,$	Görüntünün arazi düzlemindeki boyu
$h$	Uçuş Yüksekliği
$f$	Odak uzaklığı
$S_w$	Sensör boyu
$S$	Görüntünün arazi düzlemindeki boyu
$P_1, P_2, P_3$	Farklı yükseltilerdeki bindirme oranları
$L_1, L_2, L_3$	Farklı yükseltilerdeki bindirme mesafeleri
O	İzdüşüm (Projeksiyon) merkezi
P	Arazi noktası
H'	Asal nokta
N'	Nadir noktası
H'OH	Asal eksen (Alım ekseni)
P'OP	İzdüşüm doğrusu
f'	Fokal nokta

## KISALTMALAR

BÖHHBÜY	Yeni Büyük Ölçekli Harita Ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
dB	Desibel
dk.	dakika
DOM	Dilim Orta Meridyeni
DSM	Digital Surface Model (Sayısal Yüzey Modeli)
DTM	Digital Terrain Model (Sayısal Arazi Modeli)
ED50	European Datum 1950 (Avrupa Datumu 1950)
fps	Frame Per Second (Saniyedeki Görüntü Sayısı)
GCP	Ground Control Point (Yer Kontrol Noktası)
GNSS	Global Navigation Satellite Systems (Küresel Konumlama Uydu Sistemleri)
gr	Gram
GRS	Geodetic Reference System 1980 (Jeodezik Referans Sistemi 1980)
GSD	Ground Sampling Distance (Yer Örneklem Aralığı)
ha	Hektar
IMU	Inertial Measurement Unit (İnersiyal Ölçme Ünitesi)
ITRF	International Terrestrial Reference Frame (Uluslararası Yersel Referans Ağı)
İHA	İnsansız Hava Aracı
kg	Kilogram
km	Kilometre
kml	Keyhole Markup Language

KOH	Karesel Ortalama Hata
m	Metre
mdf	Medium Density Fiberboard (Orta Yoğunluklu Sunta)
mm	Milimetre
MP	Mega Piksel
RTK	Real Time Kinematic (Gerçek Zamanlı Kinematik)
sa.	saat
SAM	Sayısal Arazi Modeli
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
TKGM	Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü
TN	Test Noktası
TUREF	Türkiye Ulusal Referans Sistemi
YKN	Yer Kontrol Noktası
YÖA	Yer Örneklem Aralığı



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Görüntü koordinat sistemi ile yer koordinat sistemi arasındaki ilişki (Karşlı, 2015).....	11
Şekil 2.2. Görüntü koordinat sistemi ile yer koordinat sistemi arasındaki dönüşüm (Karşlı, 2015).....	12
Şekil 2.3. Yer örneklem aralığı (Ground Sampling Distance - GSD) (Arul vd, 2019). .....	13
Şekil 2.4. Uçuş yüksekliği ve diğer parametreler (Pix4d, 2019).....	14
Şekil 2.5. Fotogrametrik veri üretimi iş akışı.....	16
Şekil 3.1. İşhan çalışma sahası.....	17
Şekil 3.2. Açık kazı çalışma sahası.....	18
Şekil 3.3. Baraj çalışma sahası.....	19
Şekil 3.4. İşhan çalışma sahası yer kontrol noktası levhaları.....	20
Şekil 3.5. İşhan çalışma sahası yer kontrol noktaları.....	20
Şekil 3.6. İşhan çalışma sahası Leica Viva TS16 ile YKN ölçümü.....	21
Şekil 3.7. Açık kazı çalışma sahası YKN dağılımı.....	22
Şekil 3.8. Açık kazı çalışma sahası Leica Viva TS16 ile YKN ölçümü.....	22
Şekil 3.9. Baraj çalışma sahası YKN dağılımı.....	23
Şekil 3.10. Baraj sahası YKN levhaları.....	23
Şekil 3.11. Baraj çalışma sahası Leica TS09 Plus ile YKN ölçümü.....	24
Şekil 3.12. İleri ve yan bindirme (Yıldız, 2016).....	25
Şekil 3.13. Bindirme oranı ile yükseklik arasındaki ilişki.....	26
Şekil 3.14. Görüntü almak için kullanılan İHA Phantom 4 Pro V2.0.....	30
Şekil 3.15. İşhan çalışma sahası İHA uçuş planı.....	31
Şekil 3.16. Açık kazı çalışma sahası İHA uçuş planı.....	32
Şekil 3.17. Baraj çalışma sahası İHA uçuş planı.....	32
Şekil 3.18. Görüntülerin programa yüklenmesi.....	33
Şekil 3.19. Referans koordinat sisteminin tanımlanması (TUREF 42).....	34
Şekil 3.20. Yer kontrol noktası koordinatlarının sisteme girilmesi.....	34
Şekil 3.21. Görüntülerde yer kontrol noktalarının işaretlenmesi 1.adım.....	35
Şekil 3.22. Bütün görüntülerde YKN'lerin işaretlenmesi.....	35
Şekil 3.23. Nokta bulutu editörü ile gereksiz noktaların temizlenmesi.....	36
Şekil 3.24. İşhan sahası nokta bulutu.....	37
Şekil 3.25. İşhan sahası yoğun nokta bulutu.....	37

Şekil 3.26. İşhan sahası doku kaplama .....	38
Şekil 3.27. İşhan sahası ortofoto görüntü.....	38
Şekil 3.28. İşhan sahası sayısal yüzey modeli (SYM) .....	39
Şekil 3.29. İşhan sahası sayısal arazi modeli (SAM).....	39
Şekil 3.30. Açık kazı sahası nokta bulutu .....	40
Şekil 3.31. Açık kazı sahası yoğun nokta bulutu .....	40
Şekil 3.32. Açık kazı sahası doku kaplama.....	41
Şekil 3.33. Açık kazı sahası ortofoto görüntü .....	41
Şekil 3.34. Açık kazı sahası sayısal yüzey modeli (SYM) .....	42
Şekil 3.35. Açık kazı sahası sayısal arazi modeli (SAM) .....	42
Şekil 3.36. Baraj çalışma sahası nokta bulutu.....	43
Şekil 3.37. Baraj çalışma sahası yoğun nokta bulutu.....	43
Şekil 3.38. Baraj çalışma sahası doku kaplama .....	44
Şekil 3.39. Baraj çalışma sahası doku kaplama .....	44
Şekil 3.40. Baraj çalışma sahası sayısal yüzey modeli (SYM).....	45
Şekil 3.41. Baraj çalışma sahası sayısal arazi modeli (SAM).....	45
Şekil 3.42. Baraj çalışma sahası ortofoto örneği.....	46
Şekil 4.1. İşhan çalışma sahası Y eksenı doğrultusunda YKN ve test noktası dağılımı .....	50
Şekil 4.2. Homojen YKN dağılımı ile Y doğrultusu YKN dağılımı arasındaki dönüklük .....	51
Şekil 4.3. Açık kazı çalışma sahası yükseltiye göre YKN dağılımı.....	56
Şekil 4.4. Baraj çalışma sahası yükseltiye göre YKN dağılımı .....	67
Şekil 4.5. İşhan çalışma sahası YKN dağılımına bağılı hata grafiğı.....	75
Şekil 4.6. Açık kazı çalışma sahası YKN dağılımına bağılı hata grafiğı.....	76
Şekil 4.7. Baraj çalışma sahası YKN dağılımına bağılı hata grafiğı.....	78
Şekil 4.8. Çalışma bölgelerinde homojen ve dış hat YKN dağılımının karşılaştırılması .....	79
Şekil 4.9. Bölgelerin homojen YKN dağılımına ait maksimum hata miktarları.....	80
Şekil 4.10. Bölgelerin homojen YKN dağılımına ait KOH miktarları .....	81

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Açık kazı çalışma sahası üst yamaçlarda ve vadi tabanında bindirme oranı .....	28
Çizelge 3.2. Baraj çalışma sahası üst yamaçlarda ve vadi tabanında bindirme oranı	29
Çizelge 3.3. Çalışma sahaları uçuş bilgileri .....	31
Çizelge 3.4. Çalışma bölgelerine ait karşılaştırmalı veriler .....	36
Çizelge 4.1. İşhan Çalışma Sahası Homojen Dağılım YKN Hata Miktarları.....	48
Çizelge 4.2. İşhan çalışma sahası homojen dağılım test noktası hata miktarları .....	49
Çizelge 4.3. Y eksenine doğrultusunda YKN dağılımı hata miktarları .....	50
Çizelge 4.4. Y eksenine YKN dağılımına dik doğrultuda en uzak nokta ilavesi.....	52
Çizelge 4.5. X eksenine doğrultusunda YKN dağılımı hata miktarları .....	53
Çizelge 4.6. X eksenine dik doğrultuda en uzak nokta ilavesi YKN dağılımı hata...	54
Çizelge 4.7. İşhan çalışma sahası dış hat YKN dağılımı hata miktarları.....	55
Çizelge 4.8. Açık kazı sahası homojen YKN hata miktarları .....	57
Çizelge 4.9. Açık kazı sahası test noktalarının hata miktarları .....	58
Çizelge 4.10. Açık kazı sahası vadi tabanı YKN hata miktarları.....	58
Çizelge 4.11. Açık kazı sahası vadi tabanı test noktası hata miktarları .....	59
Çizelge 4.12. Açık kazı vadi tabanı YKN dağılımına üst sıradan tek nokta ilavesi hata miktarları.....	60
Çizelge 4.13. Açık kazı vadi tabanı YKN dağılımına üst sıradan iki nokta ilavesi hata miktarları.....	61
Çizelge 4.14. Açık kazı sahası üst sıra YKN dağılımı hata miktarları .....	62
Çizelge 4.15. Açık kazı üst sıra YKN dağılımına vadi tabanından nokta ilavesi hata miktarları.....	63
Çizelge 4.16. Açık kazı orta sıra YKN dağılımı hata miktarları.....	64
Çizelge 4.17. Açık kazı orta sıra YKN dağılımına nokta ilavesi test noktası hata miktarları.....	65
Çizelge 4.18. Açık kazı dış hat YKN dağılımı hata miktarları .....	66
Çizelge 4.19. Baraj çalışma sahası homojen YKN dağılımı hata miktarları .....	68
Çizelge 4.20. Baraj sol sahil 775 kotu YKN dağılımı hata miktarları .....	69
Çizelge 4.21. Baraj çalışma sahası Vadi tabanı YKN dağılımı hata miktarları.....	70
Çizelge 4.22. Vadi tabanı YKN dağılımına nokta ilavesi hata miktarları .....	71
Çizelge 4.23. Sağ ve sol sahil YKN dağılımı hata miktarları .....	72
Çizelge 4.24. Baraj çalışma sahası dış hat YKN dağılımı hata miktarları.....	73
Çizelge 4.25. İşhan çalışma sahası YKN dağılımına göre ve KOH miktarları.....	74

Çizelge 4.26. Açık kazı çalışma sahası YKN dağılımı ve KOH miktarları.....	76
Çizelge 4.27. Baraj çalışma sahası YKN dağılımı ve KOH miktarları.....	77
Çizelge 4.28. Bölgeler arası homojen ve dış hat YKN dağılımı karşılaştırması .....	78
Çizelge 4.29. Bölgelerin homojen YKN dağılımına ait maksimum hata ve KOH miktarları.....	80



## 1. GİRİŞ

Günümüzde, fotogrametri haritacılık alanında oldukça önemli bir yere sahiptir. Farklı platformlarla görüntüler alınarak fotogrametrik haritalar üretilmektedir ancak teknolojinin gelişmesi ile havadan görüntü alımında yeni alternatifler doğmaktadır (Numan vd, 2019). Bu alternatiflerden birisi de gelişmekte olan insansız hava aracı (İHA) platformu ve fotogrametrisidir. Sensör, platform ve uzaktan algılama teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde İHA fotogrametrisi, klasik hava fotogrametrisine göre yüksek mekânsal ve zamansal çözünürlük olanakları sağladığından gittikçe yaygınlaşan bir platform halini almaktadır (Gül, 2019). Son yıllarda İHA'lara dijital kameralar monte edilerek, elde edilen görüntülerden fotogrametrik veri üretimi oldukça hız kazanmıştır (Öztürk vd, 2017). Yeryüzünün haritalanmasında İHA'ların diğer uzaktan algılama platformlarına göre düşük maliyet, kısa sürede yüksek mekânsal ve zamansal çözünürlüklü görüntüler elde etme gibi avantajları vardır (Özcan, 2017). İHA'lar uygun hava şartları olduğu sürece herhangi bir bölgeye ait yüksek çözünürlüklü görüntü almayı sağlayarak klasik ölçme metodlarına ve uydu sistemlerine göre maliyet ve zamandan kazanç sağlayabilmektedir (Özcan, 2017). İHA'lar ile uzaktan algılama ve uydu platformlarına nazaran daha güncel haritalar oluşturulabilmekte, zamansal ve mekânsal çözünürlükte alternatif sunmakta ve de yersel ölçümlerle doğrudan ilişki kurulabilmektedir (Özcan, 2017).

Günümüzde İHA'lara gerçek zamanlı kinematik (RTK – Real Time Kinematic) konumlandırma sistemleri takılabilmekte ve bu sayede görüntülere daha hassas bir konum bilgisi tanımlanabilmektedir (Özcan, 2017). Böylece İHA yardımıyla üretilen fotogrametrik çalışmaların doğruluğu neredeyse yersel ölçme yöntemleri ile elde edilen sonuçlara yaklaşmıştır (Remondino vd, 2011; Öztürk vd, 2017). Araziye önceden tesis edilen ve konumları yersel ölçme yöntemleri ile tespit edilen yer kontrol noktalarının da (YKN) yardımı ile yüksek doğruluklu ortofoto, sayısal arazi modeli (SAM), sayısal yüzey modeli (SYM) verileri elde edilebilmektedir.

İHA fotogrametrisi özellikle hız, düşük maliyet ve yüksek doğruluk gibi avantajları ile farklı meslek gruplarında yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Güncel veriye hızlı ve ekonomik bir şekilde ulaşım sağlamasıyla harita, jeoloji, inşaat,

evre ve maden mühendisliği gibi bilimlere önemli katkılar sunmaktadır (Gl, 2019). İHA'lar ayrıca düşük maliyetiyle hızlı birer zmlleme aracıdır.

## 1.1 Tezin Amacı

Bir bölgeye yol, tünel, köprü gibi sanat yapıları projelendirileceği zaman o bölgenin topoğrafik haritasına ihtiyaç duyulmaktadır. Projenin uygulama safhasında da yine kazı, dolgu kbaj hesaplarının yapılabilmesi için tabii zemin ölçümlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde bu genellikle klasik yersel lme yöntemleri ile yapılmakta ancak yersel yöntemlerle ölçüm yapmak fotogrametrik yönteme göre zahmetli, pahalı, fazlaca zaman almakta, bazen de arazi yapısından dolayı mümkün olmamaktadır. İnsanların ulaşmakta zorluk çektiği bu tip dağlık, kayalık ve engebeli arazilerde alternatif yöntemlerin kullanılması bir zaruret halini almıştır. Kimi zaman bataklık, dere yatağı, kimi zamanda bir uçurumun kenarı gibi tehlike arz eden yerlere klasik lme yöntemleri ile yaklaşmak mümkün olmamaktadır. İnsanların ulaşamadıkları bu bölgelere İHA'lar ile ulaşıp görüntü almak günümüzde büyük bir kolaylık sağlamaktadır. Araziden çekilecek bindirmeli görüntülerle arazi yapısı üç boyutlu ve koordinatlı bir şekilde modellenenilmektedir.

İHA fotogrametrisinin güvenilirliği konusunda günümüzde halen çekinceler olup, özel sektörde tam anlamıyla yaygınlaşmış değildir. Yeni yeni kullanılmaya başlanmış bir yöntem olmakla birlikte, bilgi eksikliği de olan bir yöntemdir. Saha alışması yapılırken ekipler genellikle yol kenarı gibi kolay ulaşabildikleri noktalara YKN tesis etmekte, vadi tabanı veya vadinin üst yamaçları gibi, ulaşmakta güçlük çektikleri bölgelere YKN tesis edememektedirler. Ancak bu şekilde dar bir yükselti aralığında YKN tesis edilerek yapılacak bir fotogrametrik çalışmada, vadi tabanı ve vadinin üst yamaçlarında oluşabilecek hata miktarlarının araştırılması gerekmektedir. İnsanların ulaşamadıkları, yersel lme yöntemleri ile sonuç alamadıkları dağlık ve kayalık bölgelerde yapılacak çalışmalar için tabii zemin ölçümlerine ihtiyaç vardır.

Bu tez çalışması da böyle bir ihtiyaçtan doğmuş, dağlık, kayalık ve engebeli arazilerde fotogrametrik yöntemin doğruluğunu araştırmak ve YKN'lerin konum doğruluğu üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yapılmıştır.

## 1.2 Literatür Özeti

Numan vd (2019), çalışmasında geleneksel fotogrametri ile İHA fotogrametrisini karşılaştırmak amacıyla aynı bölgede birbirine yakın tarihlerde ve aynı koşullarda iki farklı platformda birbirine yakın bindirme oranı ve yer örnekleme aralığı (YÖA) ile görüntüler almış ve bunları işlemiştir. İki farklı kameradan alınmış görüntüler sonuç ürünleri ve kalibrasyon olarak karşılaştırılmıştır. İHA'da kullanılan metrik olmayan kamerayla elde ettiği fotogrametrik verileri, kalibrasyonu laboratuvar ortamında yapılmış metrik kameradan alınan görüntüler ile elde edilen ürünleri ve vektör haritayı referans kabul ederek karşılaştırmalar ve analizler yapmış ve analizlerin sonucunda metrik olmayan basit kameralar ile yapılan fotogrametrik çalışmaların sonucunun görsel ve sayısal olarak metrik kameralara karşı doğruluğunu ispatlamıştır. Fotogrametrik harita üretiminde İHA'ların büyük alanlarda ve sınır bölgelerinde dezavantaj olarak görülse de küçük alanların haritalarını oluştururken İHA'lardan faydalanmak büyük bir avantaj olacaktır.

Kapıcıoğlu (2019), çalışmasında YKN'lerin konum doğruluğu üzerine etkisini incelemek için üç farklı çalışma bölgesine farklı dizaynlarda YKN'ler tesis etmiş ve bu dağılımların konum doğruluğu üzerine etkisini incelemiştir. Uyguladığı farklı YKN dağılımlarının bir sonucu olarak YKN'ler arası uzaklık arttıkça hata miktarında arttığını görmüş bundan dolayı bu mesafeyi 400 m ile sınırlı tutulması gerektiğini savunmuş, konum doğruluğuna YKN sayısından ziyade dağılımların daha etkili olduğunu belirtmiştir. Çalışmasının sonucunda YKN dağılımının arazinin topoğrafik değişimlerini, genel geometrik yapısını ve sınırlarını yansıtan bir ağ dizaynı olması gerekliliğini belirtmiş, YKN sayısının artırılmasıyla konum doğruluğunun artmayacağını, önemli olanın YKN'lerin dağılım şekli olduğunu ifade etmiştir.

Kara (2019), çalışmasında fotogrametrik yöntemin doğruluğunu, yersel yöntemlerle yapılan ölçülerle karşılaştırmak istemiş, bu bağlamda fotogrametrik yöntem ile üretilen 1/1000 ölçekli sayısal halihazır haritanın sınırları içerisinde yersel yöntemlerle kontrol ölçümü yaparak, fotogrametrik yöntemin, Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği'nin (BÖHHBÜY) kontrol standartlarına göre uygunluğu analiz etmiş ve karşılaştırmasını yapmıştır. Bu kapsamda Cessna 207A uçağı ile alınan görüntülerden üretilen fotogrametrik haritanın doğruluğunu yersel ölçme yöntemleri ile araştırmış ve çalışmasının sonucunda yatayda ortalama 6 cm, düşeyde ise ortalama 10 cm fark bulmuştur. Sonuç olarak bu değerlerin

BÖHNBÜY'nin sınırları içinde kaldığını, bu nedenle fotogrametrik yöntem ile yapılan haritaların kullanılabilir olduğunu ifade etmiştir.

Karakış (2012), çalışmasında İHA olarak kullanılan bir model uçak ve üzerine yerleştirilmiş metrik olmayan bir kamera yardımıyla büyük ölçekli harita yapılabilirliğinin araştırmış ve test alanı ile 2010 yılı ortofoto görüntüleri arasında vektör bileşenlerinin en büyüğü Y yönünde olmak üzere 22 cm'i geçmediğini tespit etmiştir.

Öztürk vd (2017), çalışmasında İTÜ Ayazağa Yerleşkesinde farklı yüksekliklerde ve farklı resim açılarıyla üretilen orto görüntüleri doğruluk açısından karşılaştırmıştır. Bu kapsamda eğik çekim açısı üretilen orto görüntü ve dik çekim açısıyla elde edilen orto görüntüleri karşılaştırmış ve eğik çekim açısı ile üretilen orto görüntülerde daha az boşluk tespit etmiş, buna karşın eğik çekim açısı ile daha fazla veri hacmi ve iş yükü oluştuğunu belirtmiştir.

Özcan (2017), çalışmasında, İHA kullanılarak ortofoto haritaların üretilmesinde uçuş yüksekliğinin, yeryüzü şekli ve yüzeyde bulunan objelerin konum doğruluklarına etkisini ve ortofoto haritaların konum hassasiyetlerini incelemiştir. Çalışmada üretilen ortofoto haritaların doğruluklarını yatayda yaklaşık olarak 5-6 cm civarında tespit etmiştir. Düşeyde ise yüzeydeki ani değişimlerin olduğu bölgelerde büyük değerler olduğunu gözlemlemiştir. Yapılan karşılaştırmada düşeydeki doğruluğun ani yükseklik değişimleri olan bölge ve objeler dışında yaklaşık olarak 1 ile 6 cm arasında olduğunu tespit etmiştir. Çalışma sonucunda İHA'lara monte edilmiş dijital kameralar ile üretilen ortofoto haritalar doğrulukları, oluşturulma süreleri ve maliyetleri göz önüne alındığında gelecekteki birçok projede klasik fotogrametri uçaklarının yerlerini alacağı tahmin edilmektedir.

Şener (2019), çalışmasında Süleyman Demirel Üniversitesi'nin yerleşkesinde İHA ile otonom uçuşlar yaparak 485 adet hava fotoğrafı çekmiş, bu fotoğrafları yersel çalışmalar ile birlikte fotogrametrik olarak değerlendirerek 3.87 cm karesel ortalama hata (KOH) ile yerleşkeye ait yüksek çözünürlüğe sahip ortofoto haritası üretmiştir.

Uysal vd (2015), çalışmasında Afyonkarahisar İli merkezinde bulunan Şahitler Kayası mevkiinde yaklaşık 5 ha alanda Şahitler Kayası Höyüğü'nün İHA ile fotogrametrik teknikler kullanılarak SAM'ının üretilmesi ve doğruluk analizinin yapılmasını amaçlamıştır. Çalışmasında toplam 27 adet YKN'yi uygulama alanına



homojen olarak tesis etmiş, YKN'lerin koordinatlarını Stonex S9 GNSS (Global Navigation Satellite Systems - Küresel Konumlama Uydu Sistemleri) cihazı ile RTK yöntemi ile ITRF96 datumunda elde etmiştir. İHA üzerinde bulunan Canon EOS dijital kamera ile ortalama 60 m yükseklikten görüntüler elde etmiştir. Çalışmasının sonucunda SAM'ın doğruluğunu 30 kontrol noktası ile değerlendirmiş ve düzeyde 6.62 cm hassasiyet tespit etmiştir. İHA'lar ile fotogrametrik tekniklerin birlikte kullanılmasının, bu alanda yapılan işlere doğruluk, hız, maliyet ve ürün çeşitliliği anlamında önemli katkılar sağlayacağını belirtmiştir.

Yılmaz vd (2013), çalışmasında insansız hava aracına monte edilen dijital kamera ile alınan görüntülerden elde edilen ortofoto haritanın konum hassasiyetini belirlemek istemiştir. Bu amaçla Gatewing X-100 insansız hava aracıyla bütünleşik olan dijital kamera kullanarak, belirlenen pilot bölgede çekilen görüntüler yardımıyla ortofoto harita üretmiştir. Üretilen bu ortofoto haritanın geometrik doğruluğunun belirlenmesi amacıyla yeryüzünde koordinatları RTK GPS yöntemiyle ölçülen noktalar kullanmış, yapılan değerlendirmeler sonucunda bu yöntemle elde edilen ortofoto haritanın yataydaki konum doğruluğunun yaklaşık olarak 7-8 cm civarında olduğunu belirtmiştir.

Dereli vd (2019), çalışmasında Afyon Kocatepe Üniversitesi Kampüsü'nde SYM üretimi yoluyla coğrafi konumlu kameralar için entegre İHA'ların performansını değerlendirmiştir. Bu amaçla 5 yer kontrol noktası ve 12 kontrol noktası işaretlenmiş ve RTK yöntemi ile ölçümleri yapılmıştır. Daha sonra 120 m yükseklikten % 80'lik bindirme oranı ile 274 adet hava fotoğrafı elde etmiştir. Görüntüler işlendikten sonra, yüksek çözünürlüklü SYM üretilmiş ve SYM'nin doğruluğu 5 cm olarak hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda, İHA fotogrametrisi ile gerçekleştirilen harita üretiminin, araştırma ve diğer bazı mühendislik uygulamalarında düşük maliyet, zaman tasarrufu ve minimum saha çalışması gibi avantajları ile kullanılabileceğini göstermiştir.

İHA platformu çalışma koşullarının zor olduğu topografik olarak dalgalı ve dağlık arazilerde SAM üretiminde kullanılabilecek çok etkili fotogrametrik sistemlerdir. Tercan (2017), çalışmasında literatürde karayolu mühendisliğinde insansız hava araçlarının performansını değerlendiren az sayıda çalışma olduğundan bahsetmiş ve İHA sistemlerini uygulama projelerinde test etmek istemiştir. Çalışmasında GNSS-IMU destekli bir İHA ve yersel yöntem kullanarak 1500 metrelik

karayolu koridorunun SAM'ını üretmiştir. Karayolu koridorunda yatay ve düşey güzergâh çalışması yapmış, en kesitler ve profiller almış ve toprak işi miktarları hesaplamıştır. Yersel yöntem ve fotogrametrik yöntemlerle elde ettiği SAM'ın genellikle örtüştüğünü, iki yöntem arasında toprak işi miktarının hesabında toplam yarma miktarında %11, dolgu miktarında %1 fark olduğunu belirtmiştir. Elde edilen sonuçlar ile, İHA fotogrametrisinin fotogrametrik ölçümlere engel bir detay içermeyen dalgalı ve dağlık arazi yapılı karayolu koridorlarında SAM üretiminde ve toprak işi miktarının belirlenmesinde oldukça etkili olduğunu ifade etmiştir.

Agüera-Vega vd (2016), çalışmasında uçuş yüksekliği, arazi yapısı ve YKN sayısının İHA fotogrametrisi ile elde edilen SYM ve ortofoto doğrulukları üzerindeki etkisini araştırmıştır. Bu amaçla beş farklı arazi, dört farklı uçuş yüksekliği (50, 80, 100 ve 120 m) ve üç farklı sayıdaki YKN (3, 5 ve 10) kullanarak 60 adet fotogrametrik proje gerçekleştirmiştir. Çalışmasında sekiz motorlu bir döner kanat İHA platformu ve metrik olmayan kamera kullanmıştır. Düşeydeki doğruluğu belirlemek için SYM, yataydaki doğruluğu belirlemek için ise ortofoto görüntüden faydalanmıştır. Sonuç olarak yatay doğruluğun uçuş yüksekliğinden ve arazi yapısından bağımsız olduğunu belirtmiş yatay doğruluk için, düz arazilerde en iyi doğruluğun 5 veya 10 YKN kullanıldığında elde edildiğini gözlemiştir. Bununla birlikte, YKN sayısının yatay doğruluğu etkilediğini, YKN sayısı arttıkça doğruluğun arttığını belirtmiştir. Düşeyde ise doğruluğun arazi yapısından etkilenmediğini, ancak uçuş yüksekliği ve YKN sayısının düşey doğruluk üzerinde önemli etkileri olduğunu tespit etmiş, YKN sayısı arttıkça doğruluğun arttığını gözlemiştir. Uçuş yüksekliği arttıkça düşey doğruluğun azaldığını tespit etmiştir. Uçuş yüksekliği ve YKN sayısı ile ilgili olarak en iyi kombinasyonun 50 m uçuş yüksekliği ve 10 adet YKN olduğunu, ve KOH değerlerinin X, Y, XY ve Z'de sırasıyla 0.038, 0.035, 0.053 ve 0.049 m olduğunu belirtmiştir.

Boon vd (2016), çalışmasında İHA fotogrametrisinin sulak alanların haritalanması için bir araç olarak kullanımını araştırmıştır. Çalışması için çok rotorlu dahili dijital kamerası olan İHA kullanmıştır. Güney Afrika, Gauteng Eyaleti, Kameelzynkraal çiftliğindeki 100 hektarlık bir alana coğrafi referans elde etmek için 20 adet YKN tesis etmiştir. İHA kamerası ile elde ettiği görüntülerden üç boyutlu nokta bulutu ve ortofoto üretmiştir. YKN'lere dayalı verilerin geometrik doğruluğunun genel olarak 0.018 m, düşeyde KOH'un 0.0025 m olduğunu tespit

etmiştir. Çıkan sonucun beklentilerin üzerinde olduğunu, sulak alanların hızlı ve doğru haritalanmasına olanak sağladığını ifade etmiştir.

Fidanci ve Karabörk (2019), çalışmasında ormanlık alanlarda İHA ile elde edilen görüntülerden üretilen verilerin karayolu projelerinde kullanılabilirliğini araştırmıştır. Bu amaçla yersel yöntem ve İHA ile üretilen verileri hacim miktarları ve yükseklik bilgileri yönünden kıyaslamıştır. Çalışma alanı olarak ağaçlık yapıda, yaklaşık 800 metre uzunluğunda, 300 metre genişliğinde bir karayolu koridoru seçilmiştir. İHA ile farklı yükseklikte ve bindirme oranlarında dört adet uçuş gerçekleştirilerek görüntüler elde edilmiştir. Yer kontrol noktaları ve arazi detay noktalarının konumları GNSS cihazı kullanılarak RTK yöntemi ile belirlenmiştir. Görüntüler Pix4D ve Agisoft PhotoScan Professional yazılımlarında farklı sayıda YKN ile işlenmiş ve SAM üretilmiştir. Yersel ve İHA yöntemiyle üretilmiş detay noktalarının konumları ve hesaplanan toprak işi miktarları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda İHA ve yersel yöntemle hesaplanan toprak işi miktarındaki farklar maksimum %3.5 ve minimum %0.6, noktaların yükseklikleri arasındaki farkların 12.9 cm ile 15.9 cm olduğunu belirtmiştir.

Ayyıldız vd (2015), çalışmasında, İHA platformunu kullanarak Tapu ve Kadastro Müdürlüğü Oran Yerleşkesinin havadan görüntü alımını yapmış, 40 hektarlık bir alanda yarım saat süren bir uçuş gerçekleştirerek 387 adet görüntü, 42 adet YKN ve denetleme noktası ile bölgenin ortofoto haritasını üretmiştir. Daha sonra aynı alanın, yüksek çözünürlüklü dijital kamera donanımına sahip uçak platformu ile görüntülerini çekerek ortofoto haritasını üretmiş, sonuçları maliyet, zaman, hassasiyet ve kullanım alanları bakımından karşılaştırmalı olarak irdelemiştir. Testin İHA kullanılan kısmında %80 enine ve boyuna bindirme kullanmış, YÖA'yı 3 cm, uçuş yüksekliğini ise 140 metre olarak belirlemiştir. Testin uçak kullanılan kısmında ise YÖA'yı 10 cm, uçuş yüksekliğini 650 m, enine bindirme oranını %60, boyuna bindirme oranını ise %40 olarak planlamıştır. İHA ile üretilen ortofotoda X doğrultusunda 3.7 cm, Y doğrultusunda ise 3.1 cm KOH tespit etmiştir. Uçak platformu ile elde edilen ortofotoda ise X ve Y doğrultusunda 11.4'er cm KOH tespit etmiştir. İHA yardımı ile yapılan fotogrametrik çalışmada dar açılı kamera kullanıldığından geniş açılı kameraya göre asal eksenden uzaklaşmanın daha az olduğunu ve bununla kameranın merceğinden kaynaklanan distorsiyon hatalarını azalttığını ifade etmiştir.

Ayyıldız vd (2019), çalışmasında ‘Kadastral Detay Ölçmelerinde İnsansız Hava Aracı Sistemleri Kullanım Esasları’ nı belirlemek amacıyla, farklı yüksekliklerden farklı YÖA ile iki adet uçuş gerçekleştirmiş, uçuşlar sonucu 6 çeşit ürün elde etmiştir. Çalışma kapsamında İHA fotogrametrisini üretim aşamaları, sonuç ürün doğruluğu ve kadastral çalışmalarda kullanımı açısından incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda fotogrametrik yöntem ile kadastral çalışmalarda kullanılacak vektörel verilerin üretim süreçleri, kullanılacak veri setleri ve YÖA belirlenmiş olup, ‘İnsansız Hava Aracı Sistemleri ile Kadastral Detay Ölçmeleri ve Kontrol Esasları’ belirlenmiştir. İHA’lardan faydalanılarak küçük alanlardaki haritaların üretilmesi, maliyet düşüklüğü, zaman ve kullanım kolaylığı açısından tercih edilebileceğini belirtmiştir.

Komarek vd (2016), çalışmasında İHA fotogrametrisi ile SYM üretimi ve bunun doğruluğunun araştırmasını yapmak için 11.5 ha bir alana 21 adet YKN yerleştirmiş ve YKN’lerin konumlarını RTK yöntemi ile belirlemiştir. Ardından düşük maliyetli dijital kamera ile donatılmış bir İHA ile 50 m yükseklikten %30 yan, %60 ileri bindirme ve 2 cm YÖA ile 251 adet görüntü elde etmiştir. Elde ettiği bu görüntülerle Agisoft Photoscan yazılımında bölgeye ait 24 milyondan fazla nokta bulutu, ortofoto ve SYM üretmiştir. Doğruluk araştırmasının sonucu olarak 0.29 m (KOH) elde etmiştir.

## 2. KURAMSAL TEMELLER

### 2.1 İnsansız Hava Aracı

İHA, otomatik veya uzaktan komuta sistemi ile aerodinamik kuvvet kullanarak havalanan, pilotsuz olarak uçurulan ve faydalı yük taşıyabilen hava araçları olarak tanımlanabilir (Gertler, 2012; Ergün ve Sönmez, 2014). İHA, aerodinamik uçuş prensiplerine göre aralıksız olarak otomatik ya da yarı otomatik uçabilme özelliğine sahip içerisinde uçuş ekibi olmadan hareket eden araçlardır.

İHA'lar, düşük maliyeti ile yüksek performansa sahip olmasından dolayı sivil ve askeri amaç ve uygulamalar başta olmak üzere birçok havacılık uygulamalarında en önemli teknolojilerden biridir. İHA'lar kısa kanat açıklığına (sabit veya döner kanatlı) ve hafif bir yapıya sahip olmasının yanında uçuş sırasında da hassas bir yapıya sahiptir (Jung, 2004; Yakar ve Yılmaz, 2008). İHA'lar, termal, kızıl ötesi, hiperspektral, radar, kimyasal ve biyolojik sensörlere sahip çeşitli görüntüleme cihazları ile entegre edilerek gündüz ve gece görüntü alabilme olanağı sağlayabilmektedir. Gerçek zamanlı yer istasyonuna veri transferi özelliği ile birlikte, İHA'lar yangın, sel, hava durumu gibi önemli bilgileri yer istasyonuna aktarabilmektedir (Rawat ve Lawrence, 2014).

### 2.2 İHA'ların Avantajları ve Dezavantajları

İHA ile fotogrametrik veri üretiminin diğer yöntemlere göre bazı avantajları şunlardır (Özemer, 2017);

- İHA'lar insan yaşamı için tehlikeli ortamlarda uzaktan veri toplama (yangın, deprem, patlama ya da volkanik hareketlerin incelenmesi vb.) imkanını sunarak anında çözüm üretecek gerçek zamanlı veri üretimini sağlamaktadır.
- Bulutlu hava koşullarında, insanlı hava araçları ile hava fotoğrafları elde edilemezken İHA'lar ile bulutların altından uçarak görüntü elde edilebilmektedir.
- İHA'lar proje gereksinimine göre düşük ya da yüksek irtifada seyir ederek sırasıyla yüksek ya da düşük çözünürlüklü hava fotoğrafı elde edebilmektedir.

- Uçuşun tekrarlanması gereken durumlarda düşük maliyeti ile yeniden uçuş tekrarının yapılabilmesine olanak sağlamaktadır.
- Tekrarlanabilen uçuş imkanları ile yüksek zamansal çözünürlüğe sahip veriler üretilebilmektedir.

İHA'ların insanlı uçaklara ve uydulara göre avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Karaağaç, 2014).

- İnsanlı uçaklara göre avantajları

- Düşük idame ve işletme maliyeti,
- İnsan kaynaklı hata riskinin asgari olması.

- Uydulara göre avantajları

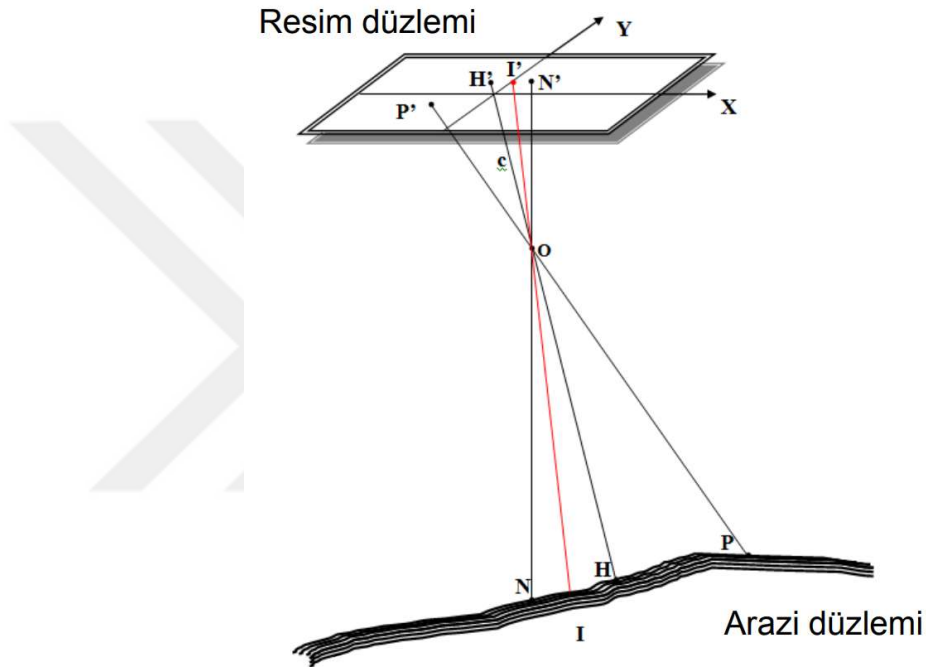
- Düşük tedarik, idame ve işletme maliyeti,
- Elde edilen verilerin daha doğru ve kaliteli olması (görüntü çözünürlüğü gibi),
- Daha yüksek manevra kabiliyeti.

- İHA Sistemlerinin Dezavantajları (Karaağaç, 2014)

- Birçok ana sistemin birlikte çalışmasını gerektirmesi
- Pilotun durumsal farkındalığının az olması
- Meteorolojik şartlardan kolay etkilenmesi
- Kısıtlı uçuşu sonlandırma kabiliyeti
- Yetersiz frekans bandı

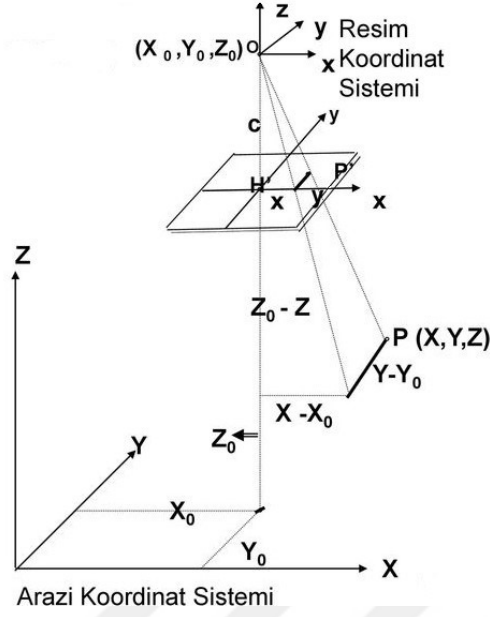
### 2.3 İHA Fotogrametrisi

İHA fotogrametrisinde veri üretiminin temeli merkezsel izdüşüm yöntemine dayanmaktadır. Şekil 2.1'deki gibi bir nesneden gelen ışınlar doğrusal bir yolla odak noktasından geçerek iz düşüm düzlemine düşer. Bu şekilde görüntü alanındaki bütün nesnelerin bu düzlem üzerinde bir izdüşümü oluşur. Yeryüzündeki bir noktanın, izdüşüm merkezinin ve noktanın karşılığının Şekil 2.2'de gösterildiği gibi aynı doğru üzerinde olmasından yola çıkılarak eşitlik 2.1 ve 2.2'de verilen matematiksel bağıntılar geliştirilmiştir.



Şekil 2.1. Görüntü koordinat sistemi ile yer koordinat sistemi arasındaki ilişki (Karşlı, 2015)

- O : İzdüşüm (Projeksiyon) merkezi
- P : Arazi noktası
- H' : Asal nokta
- N' : Nadir noktası
- H'OH : Asal eksen (Alım ekseni)
- P'OP : İzdüşüm doğrusu
- I'I : Fokal nokta



Şekil 2.2. Görüntü koordinat sistemi ile yer koordinat sistemi arasındaki dönüşüm (Karşlı, 2015)

$$x - x_0 = -c \frac{m_{11}(X - X_0) + m_{12}(Y - Y_0) + m_{13}(Z - Z_0)}{m_{31}(X - X_0) + m_{32}(Y - Y_0) + m_{33}(Z - Z_0)} \quad (2.1)$$

$$y - y_0 = -c \frac{m_{21}(X - X_0) + m_{22}(Y - Y_0) + m_{23}(Z - Z_0)}{m_{31}(X - X_0) + m_{32}(Y - Y_0) + m_{33}(Z - Z_0)} \quad (2.2)$$

$x, y$  : P noktasının görüntü koordinat sistemindeki koordinatları

$x_0, y_0$  : Asal noktanın görüntü koordinat sistemindeki koordinatları

$X, Y, Z$  : P noktası arazi koordinat sistemindeki koordinatları

$X_0, Y_0, Z_0$  : İzdüşüm (projeksiyon) merkezinin arazi koordinat sistemindeki koordinatları

$c$  : Asal Uzaklık

$m_{11}, \dots, m_{33}$  : Görüntü koordinat sistemi ile arazi koordinat sistemi arasındaki dönüklük matrisinin elemanları



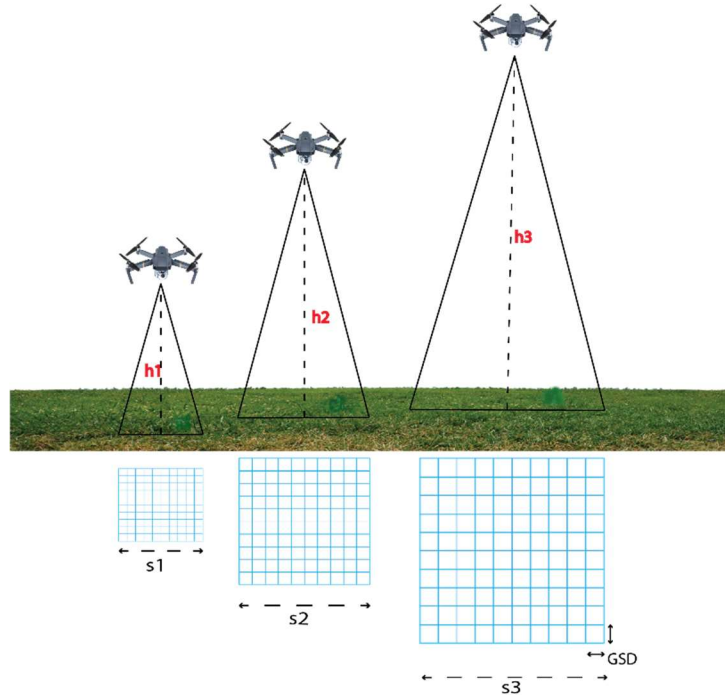
Merkezsiz izdüşüm denklemleri ile iç ve dış yöneltmeler yapılmaktadır. İç yöneltme, piksel koordinat sistemi ile görüntü koordinat sistemi arasındaki ilişkiyi kurmakta, dış yöneltme ise görüntü koordinat sistemi ile arazi koordinat sistemi arasındaki ilişkiyi kurmaktadır. Karşılıklı yöneltme ile birbirleriyle eşleştirilen görüntü çiftleri, mutlak yöneltme ile üç boyutlu arazi koordinat sistemine aktarılır (Özemer, 2017).

## 2.4 İHA Uçuş Planlaması

### 2.4.1 Yer örneklem aralığı

Yer örneklem aralığı (YÖA) İHA tarafından çekilen görüntülerde bir pikselin yeryüzünde karşılık geldiği mesafeyi ifade eder (Şekil 2.2). YÖA, projenin büyüklüğü ve hassasiyetine göre belirlenir. Uçuş yüksekliği arttıkça YÖA da yükseklik ile orantılı olarak artar ancak araziden elde edilen detay azalır.

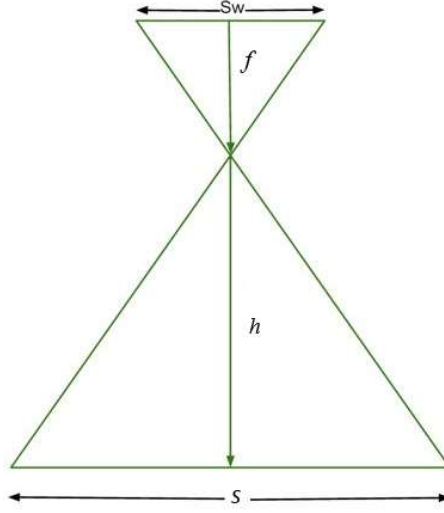
BÖHHBÜY'e göre YÖA'nın %10 dan fazla değişmemesi gerekmektedir. Bu nedenle YÖA'nın artı ve eksi yönde %10 dan daha fazla değişmemesine dikkat edilir. YÖA belirlenirken harita ölçeği, maliyet, yapılacak çalışmanın hassasiyeti, elde mevcut bulunan kameralar vb. gibi konular dikkate alınır (Yıldız, 2016).



Şekil 2.3. Yer örneklem aralığı (Ground Sampling Distance - GSD) (Arul vd, 2019)

## 2.4.2 Uçuş yüksekliği

Uçuş yüksekliği ve YÖA birbiri ile ilişkili değişen parametreler olduğu için uçuş yüksekliği belirlenirken projede istenilen YÖA dikkate alınır. Uçuş yüksekliği ( $h$ ), kameranın odak uzaklığı ( $f$ ), kameranın sensör genişliği ( $S_W$ ), ve görüntünün arazi düzleminde kapladığı mesafe ( $S$ ) arasındaki ilişki Şekil 2.3'te gösterildiği gibi eşitlik 2.3 ile ifade edilmiştir.



Şekil 2.4. Uçuş yüksekliği ve diğer parametreler (Pix4d, 2019)

$$\frac{f}{h} = \frac{S_W}{S} \quad (2.3)$$

- $h$  : Uçuş Yüksekliği  
 $f$  : Kamera odak uzaklığı  
 $S_W$  : Kamera sensör genişliği  
 $S$  : Görüntünün yer düzlemindeki uzunluğu

Odak uzaklığı büyüdükçe uçuş daha yüksekten gerçekleştirilir. Yüksek uçuşlarda hassasiyet azalırken alçak uçuşlarda hassasiyet artar. Bu nedenle düz alanlarda ve küçük ölçekli çalışmalarda kamera odak uzaklığı küçük olan kamera tercih edilmelidir. Yükselti farkının çok fazla olduğu arazilerde ve büyük ölçekli çalışmalarda ise YÖA ve bindirme oranlarının çok fazla değişkenlik göstermemesi için kamera odak uzaklığı büyük olan kameralar tercih edilmelidir (Yıldız, 2016). Kamera

odak uzaklığı büyüdükçe görüntünün yer düzleminde kapladığı alan azalır ve aynı arazi için daha fazla görüntüye ihtiyaç duyulur. Bu ise fazladan maliyet ve iş yükü anlamına gelir. Dağlık bölgelerde yükselti farkından dolayı bindirme boyu ve YÖA'da fazlaca değişkenlik olacaktır. Bu nedenle çalışılacak araziye uygun odak uzaklığına sahip kameralar tercih edilmelidir.

### **2.4.3 Bindirme oranları**

BÖHHBÜY'e göre ortofoto harita için boyuna (ileri) bindirme oranı %80, enine (yan) bindirme oranı ise %60 olarak belirlenmiştir. Proje gereksinimlerine göre bu oran artırılabilir veya azaltılabilir ancak bu oranın daha az olması durumunda üç boyutlu görüş imkanı azalır, oranın daha çok olması ise maliyeti artırır.

Önceleri uçuş planları klasik yöntemlerle manuel hesaplanmakta iken, günümüzde çeşitli yazılımlarla otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. İstenilen bindirme oranları ve yükseklik bu yazılımlara girildiğinde uçulacak kolonlar arası mesafe ve de fotoğraf çekim noktaları otomatik olarak hesaplanmaktadır.

### **2.4.4 Uçuş zamanı belirleme**

Uçuş için en ideal zaman güneş ışığının yeryüzüne dik olarak geldiği yaz aylarıdır. Gölge ve karanlık olmayan net görüntüler elde edebilmek için bu saatler tercih edilmelidir.

Ülkemizde görüntü alımı Nisan başından Ekim sonuna kadar yapılabilir (Yıldız, 2016). Aynı mantık ile gün içinde görüntü alımı için güneş ışığının dik ve net olarak yeryüzüne ulaştığı, pus ve sis olmayan öğlen saatleri (10.00 – 14.00) tercih edilmelidir.

### **2.4.5 Uçuşta dikkat edilecek hususlar**

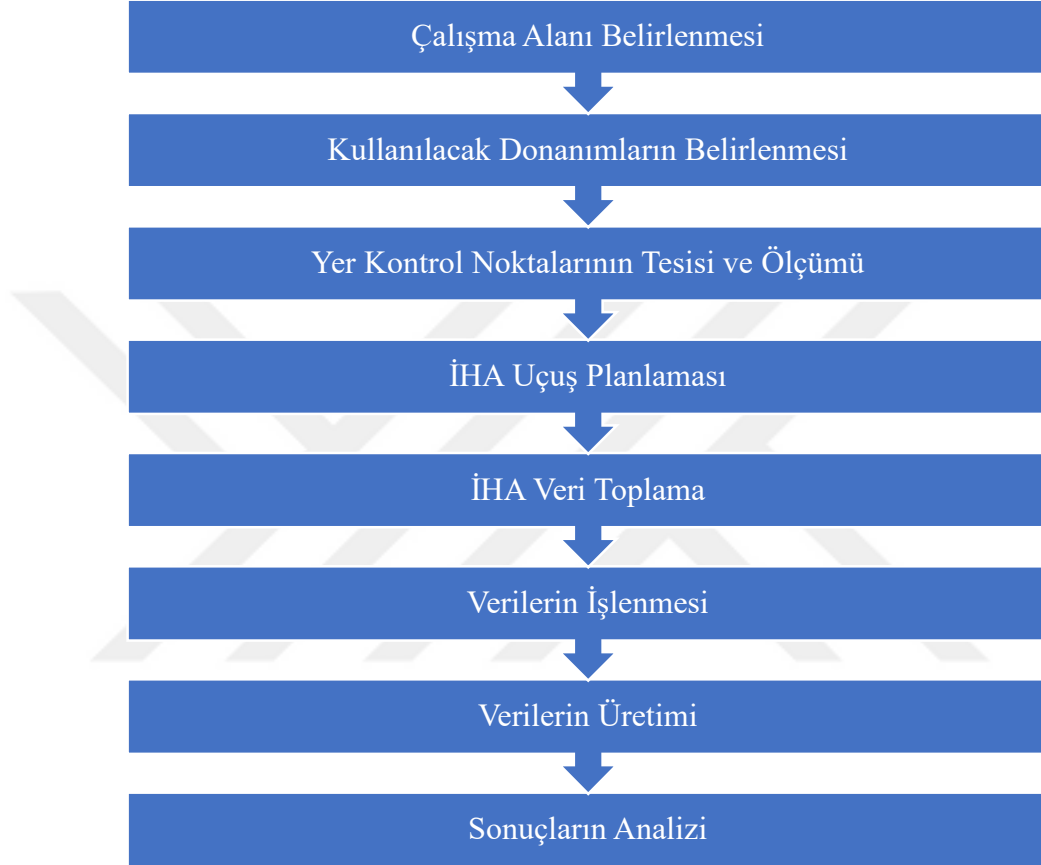
İHA ile görüntü alımında aşağıdaki hususlara dikkat etmekte fayda vardır (Yıldız, 2016);

- Bir bölge içinde fazla yükseklik farkı olmasını önlemek amacıyla arazideki vadilere ve varsa dağ ve tepe sıralarına paralel uçulmasına,
- Akarsulara, göl ve deniz kıyısına paralel uçulmasına dikkat edilir.

- Arazi yüzeyine (topografyasına) paralel uçulmasına dikkat edilir. (Bu yöntem çok zor olduğundan pek uygulanmamaktadır.)

## 2.5 İş Akışı

İHA ile fotogrametrik veri üretimi temel iş akışı Şekil 2.5'te gösterilmektedir.



Şekil 2.5. Fotogrametrik veri üretimi iş akışı

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Çalışma Sahasının Belirlenmesi

Çalışma sahası olarak üç farklı bölge seçilmiştir. Bunlardan birincisi Artvin-Yusufeli İşhan köyü Oltu-Olur yol ayrımı mevkiinde bulunan düz bir arazidir ve İşhan çalışma sahası olarak adlandırılmıştır. İkinci çalışma sahası ise yine Yusufeli ilçesi sınırlarında Su Kavuşumu olarak bilinen bölgede dağlık bir arazidir. Yapımı devam etmekte olan Şilenkar viyadüğü ile Gorisker köprüsünü içinde bulunduran bu bölge açık kazı çalışma sahası olarak isimlendirilmiştir.

Üçüncü bölge ise yapımı devam etmekte olan, 275 m gövde yüksekliği ile Türkiye'nin en yüksek, çift eğrilikli ince kemer kategorisinde ise dünyanın üçüncü en yüksek barajı olacak olan Artvin-Yusufeli barajı inşaat sahası seçilmiştir. İkinci bölgeye nispeten daha fazla yükseklik farkına sahip olan bu bölge baraj çalışma sahası olarak isimlendirilmiştir.

##### 3.1.1 İşhan çalışma sahası

İşhan çalışma sahası İşhan köyü ile Oltu-Olur yol ayrımı mevkiinde vadi içerisinde bulunan düz bir arazidir (Şekil 3.1). Çalışma sahası yaklaşık 72 ha büyüklüğünde olup deniz seviyesinden 635 ile 655 m arasında değişen bir yükseltiye sahiptir.



Şekil 3.1. İşhan çalışma sahası

##### 3.1.2 Açık kazı çalışma sahası

Açık kazı çalışma sahası yapımı devam etmekte olan Artvin-Erzurum relokasyon yolları 94+772 ile 96+000 kilometreleri, T26 tüneli ile T27 tünelleri arasında bulunmaktadır. Çalışma sahası yaklaşık 80 ha büyüklüğünde olup dağlık, kayalık, yüksek eğimli bir araziye sahiptir (Şekil 3.2). Yükseklik farkı, çalışılan bölgede deniz seviyesinden 583 ile 860 m arasında değişmektedir<sup>1</sup>.



Şekil 3.2. Açık kazı çalışma sahası

### 3.1.3 Baraj çalışma sahası

Baraj çalışma sahası yaklaşık 65 ha büyüklüğünde olup Yusufeli barajı gövde inşaatının yapıldığı bölgededir. Dağlık, kayalık, engebeli ve yüksek eğimli bir araziye sahip olan bu çalışma sahası deniz seviyesinden 450 ile 880 m arasında değişen bir yükseltiye sahiptir<sup>2</sup>. Baraj çalışma sahası Şekil 3.3'te gösterilmiştir.

---

<sup>1</sup> Çalışma yapılan kısmı itibariyle 860 metre olup daha yüksek bölgeler de vardır.

<sup>2</sup> Çalışma yapılan kısmı itibariyle 880 metre olup daha yüksek bölgeler de vardır.





Şekil 3.3. Baraj çalışma sahası

### 3.2 Yer Kontrol Noktası Tesisi ve Ölçümü

Araziye çıkmadan önce çalışma bölgeleri için Google Earth üzerinden ayrı ayrı çalışma sınırları belirlenmiş, YKN'ler bu alanlar içerisine mümkün olduğunca homojen olarak işaretlenmiş ve kml veri formatına dönüştürülmüştür. Elde edilen kml dosyası Android platformunda Maverick adlı uygulamaya yüklenmiş ve sahada uygulamaya yardımı ile noktaların aplikasyonuna olanak sağlanmıştır. YKN'lerin yaklaşık konumları tespit edilmiş ve araziye işaretlemeleri yapılmıştır.

#### 3.2.1 İşhan çalışma sahası YKN tesisi ve ölçümü

İşhan sahası düz bir arazi oluşundan dolayı fazla yüksekte bir uçuş planlaması gerektirmemektedir. Bundan dolayı A4 kağıdı boyutlarında, siyah beyaz kareli mdf levhalardan oluşan YKN levhaları (Şekil 3.4) hazırlanmış yerleri önceden belirlenen konumlarına tesis edilmiştir. Fotoğraflarda rahat görülebilmeleri için ayrıca kireç tozu ile işaretlemeleri yapılmıştır. İşhan çalışma sahasına bir kısmı test noktası olarak kullanılmak üzere 19 adet YKN (Şekil 3.5) tesis edilmiştir.





Şekil 3.4. İşhan çalışma sahası yer kontrol noktası levhaları



Şekil 3.5. İşhan çalışma sahası yer kontrol noktaları

Bu noktaların koordinatları yersel ölçme yöntemleri ile Leica Viva TS16 total station (Şekil 3.6) ve jalon sehpası kullanılarak hassas bir şekilde ölçülmüştür. Ölçümler GRS80 elipsoidi, ITRF96 datumunda (International Terrestrial Reference Frame-Uluslararası Yersel Referans Sistemi, 42 dilim orta meridyeninde-DOM) yapılmıştır.





Şekil 3.6. İşhan çalışma sahası Leica Viva TS16 ile YKN ölçümü

### 3.2.2 Açık kazı çalışma sahası YKN tesisi ve ölçümü

Açık kazı sahasında yükselti farkının fazla oluşundan dolayı, yapılan ilk uçuştan sonra İşhan sahasında kullanılan YKN levhalarının burada yetersiz olduğu görülmüş ve uçuş tekrarlanmıştır. Bu nedenle İşhan sahasında kullanılan levhaların dört katı büyüklüğünde (4×A4 kağıdı büyüklüğünde) yeni yer kontrol levhaları üretilmiş ve önceden Google Earth üzerinden belirlenen konumlarına Maverick adlı uygulama yardımıyla tesis edilmiştir.

Bir kısmı test noktası olarak kullanılmak üzere, toplamda 16 adet YKN (Şekil 3.7) sahaya, vadi tabanı, orta sıra ve üst sıra olacak şekilde düşeyde üç sıra halinde, üç farklı yükseltide konumlandırılmıştır. Vadi tabanına yükseltisi 600 ile 655 m arası değişen kotlarda (deniz seviyesinden yükseklik) 6 nokta, orta sıra diye adlandırılan 730 m yol kotuna 4 nokta, üst sıra diye adlandırılan 760 m palye kotuna ise 6 adet nokta tesis edilmiştir. Fotoğraflarda rahat görülebilmeleri için ayrıca kireç tozu ile işaretlemeleri (Şekil 3.8) yapılmıştır.



Şekil 3.7. Açık kazı çalışma sahası YKN dağılımı

Bu noktaların koordinatları klasik yersel ölçme yöntemleri ile Leica Viva TS16 total station (Şekil 3.7) ve jalon sehпасı kullanılarak hassas bir şekilde ölçülmüştür. Ölçümler GRS80 Elipoidi ITRF96 datumunda (42 DOM) yapılmıştır.



Şekil 3.8. Açık kazı çalışma sahası Leica Viva TS16 ile YKN ölçümü



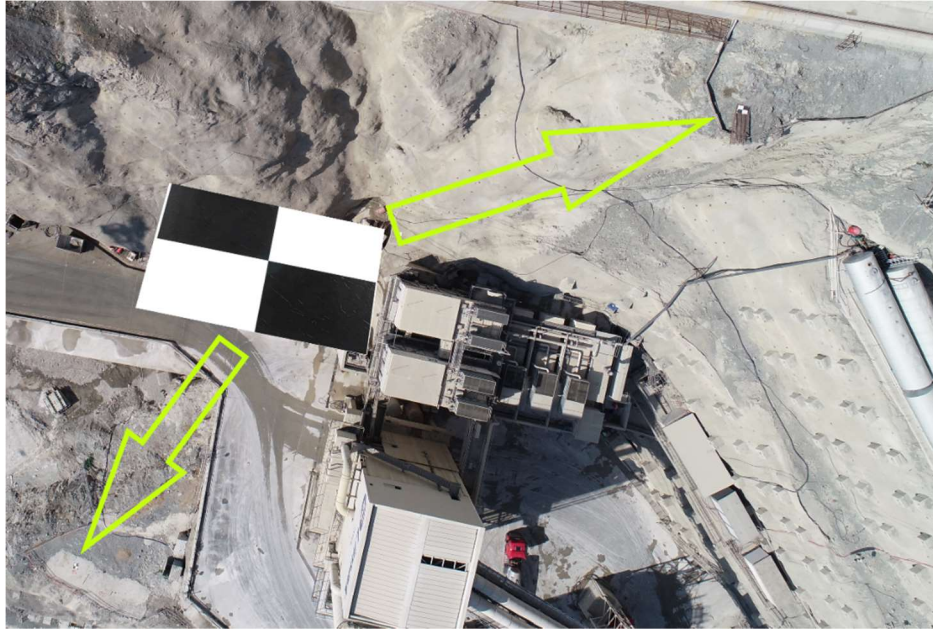
### 3.2.3 Baraj çalışma sahası YKN tesisi ve ölçümü

Baraj çalışma sahası yüksekliği 450 ile 880 m arasında değişen derin bir vadiden oluşmaktadır. Açık kazı sahasına göre daha fazla yükselti farkına sahip bir bölgedir. Açık kazı çalışma sahasında olduğu gibi burada da YKN'ler vadi tabanı, orta sıra (sağ ve sol sahil) ve en üst sıra (sol sahil 775 m palye kotu) olacak şekilde üç farklı yükseltide konumlandırılmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Baraj çalışma sahası YKN dağılımı

Yüksekten görülebilmeleri için dört adet A4 kağıdı büyüklüğünde kontrol levhaları Şekil 3.10'daki gibi sahaya yerleştirilmiştir.



Şekil 3.10. Baraj sahası YKN levhaları

Daha önce Google Earth üzerinden işaretlemeleri yapılan ve konumları belirlenen noktalar, yaklaşık konumlarına tesis edilmiş ve fotoğraflardan rahatça görülebilmeleri için işaretlemeleri yapılmıştır (Şekil 3.10). Ölçümler ED50 datumunda (Avrupa Datumu 1950) yapılmış olup daha sonra dönüşüm parametreleri ile ITRF96 koordinatları elde edilmiştir. Ölçümler Leica TS09 Plus total station ile hassas bir şekilde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Baraj çalışma sahası Leica TS09 Plus ile YKN ölçümü

### 3.3 Uçuş Planlaması

Uçuş planlaması, sonuç verilere önemli oranda etki edeceğinden son derece iyi hazırlanması gerekmektedir. Uçuş planlamasında birbiri ile ilişkili olan üç parametre öne çıkmaktadır. Bunlar; yer örneklem aralığı, bindirme oranları ve uçuş yüksekliği. Bu üç parametre birbiri ile ilişkili olarak değişmekle birlikte bu değişimler maliyeti, süreyi ve sonuç verileri etkilediğinden dolayı iyi planlanması önem arz etmektedir. Bu nedenle gerekli ileri ve yan bindirme oranları, uçuş yüksekliği, arazideki maksimum ve minimum yükselti göz önünde bulundurularak başlık 3.3.2’de anlatıldığı gibi hesaplanmıştır.

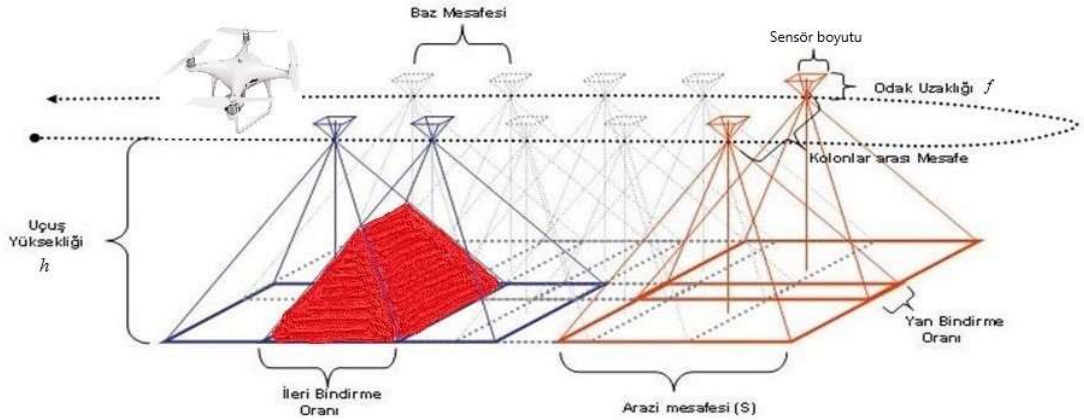
#### 3.3.1 Yer örneklem aralığı

YÖA yükseklik arttıkça artmakta bununla birlikte detay azalmaktadır. Bu ise istenilen bir durum olmamakta, çalışma bölgesi için daha fazla görüntüye ihtiyaç duyulması,

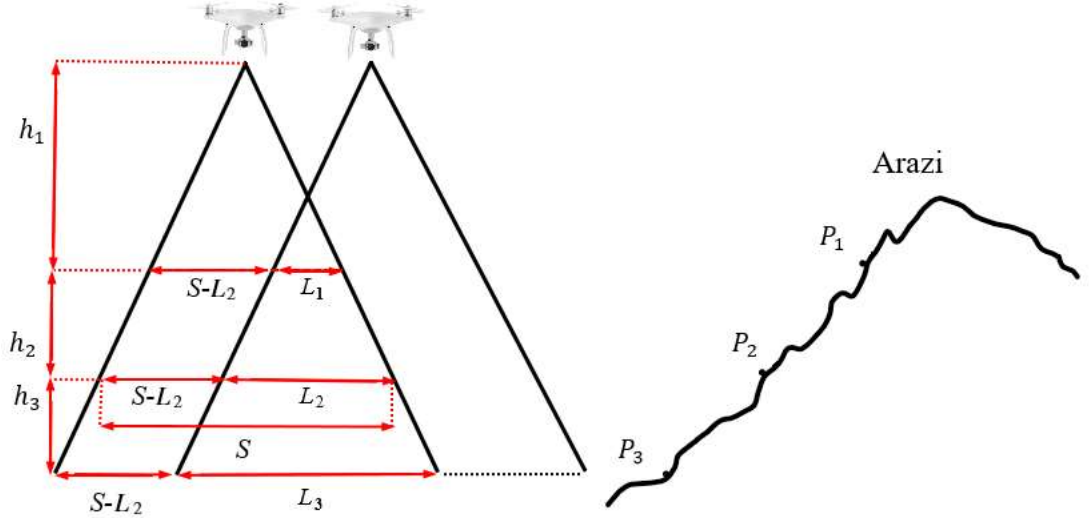
fazladan zaman ve maliyet kaybı anlamına gelmektedir. BÖHHBÜY'e göre 1/1000 ölçekli bir ortofoto harita üretiminde için YÖA'nın 10 cm'nin altında olması gerekmektedir. Çalışma sahalarının üçünde de YÖA 10 cm'nin altında olacak şekilde planlanmıştır.

### 3.3.2 Bindirme oranları

Bindirme oranı yükselti ile ters orantılı olarak, yükselti arttıkça azalmaktadır (Şekil 3.12). Çalışılan bölge eğimin ve yükselti farkının fazla olduğu bir arazi olduğundan dolayı bindirme oranları İHA'nın uçurulduğu yüksekliğe göre ayarlandığında, yüksek noktalarda bindirmenin istenilen seviyede oluşmama ihtimali söz konusu olmaktadır. Bunun önüne geçebilmek adına uçuş sırasında İHA ile arazi arasındaki mesafeyi korumak, arazinin dağlık ve engebeli olduğundan dolayı mümkün olmamıştır. Bindirme oranı vadi tabanından yukarılara doğru çıkıldıkça Şekil 3.12'deki gibi (kırmızı prizma) azalacağından dolayı çalışma sahasının üst kısımlarında üç boyutlu model oluşmama ihtimali söz konusudur. Bunun önüne geçebilmek için, üst kısımlarda oluşacak bindirme oranlarını önceden hesaplamak gerekmektedir (Şekil 3.13).



Şekil 3.12. İleri ve yan bindirme (Yıldız, 2016)



Şekil 3.13. Bindirme oranı ile yükseklik arasındaki ilişki

$P_1$  : Vadinin üst yamaçlarında oluşacak olan bindirme oranı

$P_2$  : Bulunulan noktada İHA'ya girilen bindirme oranı

$P_3$  : Vadi tabanında oluşacak olan bindirme oranı

$S$  : Arazi üzerindeki görüntü boyu ( $P_2$  kotunda)

$L_1$  : Üst yamaçtaki bindirme mesafesi ( $P_1$  kotunda)

$L_2$  : Bulunulan noktadaki bindirme mesafesi ( $P_2$  kotunda)

$L_3$  : Vadi tabanındaki bindirme mesafesi ( $P_3$  kotunda)

$h_1$  : İHA ile  $P_1$  noktası arasındaki yükseklik farkı

$h_2$  :  $P_1$  noktası ile bulunulan  $P_2$  noktası arasındaki yükseklik farkı

$h_3$  : Bulunulan  $P_2$  noktası ile vadi tabanındaki  $P_3$  noktası arasındaki yükseklik farkı

Vadinin üst kısımları ve vadi tabanında oluşacak olan bindirme oranlarını hesaplamak için Şekil 3.13'teki üçgenlerin benzerliğinden faydalanılmıştır. Vadinin üst yamaçlarında oluşacak bindirme oranı  $P_1$  eşitlik 3.2 ile, vadi tabanında oluşacak olan bindirme oranı  $P_3$  eşitlik 3.3 ile, İHA'ya girilecek olan bindirme oranı (İHA'nın

kalkış yapacağı yükseklikteki bindirme oranı)  $P_2$  ise eşitlik 3.1 ile ifade edilmiştir. Şekil 3.13'te üçgenlerin benzerliğinden eşitlik 3.4 elde edilmiş ve bu eşitlikte  $L_1$  yalnız bırakılarak eşitlik 3.5 elde edilmiştir. Daha sonra  $L_1$  eşitlik 3.2 de yerine konularak vadinin üst yamaçlarındaki bindirme oranını hesaplamak için gerekli olan eşitlik 3.6 elde edilmiştir.

$$P_2 = \frac{L_2}{S} \quad (3.1)$$

$$P_1 = \frac{L_1}{L_1 + S - L_2} \quad (3.2)$$

$$P_3 = \frac{L_3}{L_3 + S - L_2} \quad (3.3)$$

$$\frac{h_1}{h_2 + h_2} = \frac{L_1 + S - L_2}{S} \quad (3.4)$$

$$\frac{h_1}{h_2 + h_2} = \frac{L_1 + S - L_2}{S} \quad \Rightarrow \quad L_1 = \frac{h_1 S}{h_1 + h_2} - S + L_2 \quad (3.5)$$

$$P_1 = \frac{L_2(h_1 + h_2) - h_2 S}{h_1 S} \quad (3.6)$$

Benzer şekilde vadi tabanında oluşacak bindirmeyi hesaplamak için üçgenlerin benzerliğinden eşitlik 3.7'de  $L_3$  yalnız bırakılmış ve daha sonra eşitlik 3.3'te yerine konularak eşitlik 3.8 elde edilmiştir.

$$\frac{h_1 + h_2}{h_1 + h_2 + h_3} = \frac{S}{L_3 + S - L_2} \quad \Rightarrow \quad L_3 = \frac{h_3 S}{h_1 + h_2} + L_2 \quad (3.7)$$

$$P_3 = \frac{h_3 S + L_2(h_1 + h_2)}{S(h_1 + h_2 + h_3)} \quad (3.8)$$

Eşitlik 3.6 ve 3.8 ofis programı Excel’de formülleştirilerek olası farklı uçuş yüksekliği ve bindirme oranlarında vadinin üst kısımlarında elde edilecek bindirme oranları hesaplanmış ve en ideal olanı kullanılmıştır (Çizelge 3.1), (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.1. Açık kazı çalışma sahası üst yamaçlarda ve vadi tabanında bindirme oranı

		Yükseklik (m)	İleri Bindirme %	Yan Bindirme %
İHA Uçuş Seviyesi		920		
İHA'nın kalkış yaptığı nokta	$P_2$	730	90	80
Üst yamaç	$P_1$	840	76	53
Vadi Tabanı	$P_3$	600	94	88

Sonuç olarak, açık kazı çalışma sahası için, çalışma sahasının üst kısımlarında elde edilecek asgari bindirme oranları göz önünde bulundurularak ileri bindirme oranı %90, yan bindirme oranı ise %80 olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.1). Baraj çalışma sahası için vadinin üst kısımlarında elde edilecek asgari bindirme oranları göz önüne alınarak ileri bindirme oranı %80 ve yan bindirme oranı %60 olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.2). Baraj sahası için bindirme oranı açık kazı sahasından daha azmış gibi görünse de vadi tabanında ve üst yamaçlarda bindirme oranları hemen hemen aynıdır. Bu farklılığın sebebi uçuş yüksekliğindeki farklılıktan (Barajda 95 m, Açık kazıda 190 m), yani İHA'nın farklı yüksekliklerden kalkış yapıyor olması, baraj sahasında 755 m'den, açık kazı sahasında ise 730 m'den kalkış yapıyor olmasından kaynaklanmaktadır.

İnsansız Hava Aracı Sistemleri ile Kadastral Detay Ölçmeleri, Harita Üretimi ve Kontrol Esasları'na göre ileri bindirme oranı %80 ve yan bindirme oranları %60 olarak belirlenmiş olup, bindirme oranlarındaki sapmalarının %10'u geçmemesi istenmiştir (BÖHHBÜY, 2018). Yine aynı şekilde YÖA için sapmanın %10'u geçmemesi istenmiştir. Ancak bu daha yüksekten bir uçuş ve odak uzaklığı büyük bir kamera gerektirdiğinden ve eldeki kameranın bunu desteklememesinden ötürü şimdilik göz ardı edilmiştir.

İşhan sahası düz bir arazi olduğundan dolayı hesaplamayı gerektirmemiş, BÖHHBÜY'de 1/1000 ölçekli ortofoto harita yapımı için belirlenen ileri %80 ve yan %60 bindirme oranları kullanılmıştır.



Çizelge 3.2. Baraj çalışma sahası üst yamaçlarda ve vadi tabanında bindirme oranı

		Yükseklik (m)	İleri Bindirme %	Yan Bindirme %
İHA Uçuş Seviyesi		850		
İHA'nın kalkış yaptığı nokta	$P_2$	755	80	60
Üst yamaç	$P_1$	775	75	49
Vadi Tabanı	$P_3$	450	95	91

### 3.3.3 Uçuş yüksekliği

Uçuş yüksekliği, YÖA ve bindirme oranları ile ilişkili olarak, YÖA'nın 10 cm'nin altında olmasını sağlayacak şekilde ve de çalışma sahasının yüksek kısımlarında asgari bindirme oranlarını karşılayacak şekilde hesaplanmıştır.

Açık kazı sahası için, arazideki maksimum ve minimum yükseltinin 583 ile 860 m (fotogrametrik çalışma yapılan kısmı itibari ile) arasında değiştiği göz önünde bulundurularak arazinin yüksek kısımlarında asgari bindirme oranlarını sağlayacak şekilde uçuş yüksekliği 920 m (İHA'nın kalkış yaptığı nokta itibari ile 190 m) olarak belirlenmiştir.

Baraj çalışma sahası için seçilen arazideki maksimum ve minimum yükseltinin 450 ile 825 m (Fotogrametrik çalışma yapılan kısmı itibari ile) arasında değiştiği göz önünde bulundurularak arazinin yüksek kısımlarında asgari bindirme oranlarını sağlayacak şekilde uçuş yüksekliği 850 m (İHA'nın kalkış yaptığı nokta itibari ile 95 m) olarak belirlenmiştir.

İşhan çalışma sahası için ise herhangi bir handikap olmadığından dolayı 110 m olarak belirlenmiştir.

### 3.3.4 Uçuşun gerçekleştirilmesi

Uçuş yapmak için DJI firmasının ürettiği Phantom 4 Pro V2.0 modeli (Şekil 3.14) kullanılmıştır. Phantom 4 pro V2.0 modeli üzerinde 20 MP cmos sensörlü dahili kamera bulundurmaktadır. Phantom 4 pro maksimum 30 dakika uçuş süresine sahip 7 km menzili bulunan 1.38 kg kütleyle sahip bir İHA'dır.

20MP fotoğraf çekebilen ve 1" inç CMOS sensöre sahip bu kameranın şöyle bir özelliği var ki, drone hızlı bir şekilde giderken veya hızlı hareket eden bir nesneyi çekerken işi çok daha kolaylaştıracak bir mekanik perde sistemi kullanılmıştır. Çoğu drone kamerasına hareket halinde fotoğraf çekerken "jölle etkisi" diye tabir edilen bükülme etkisi ortaya çıkabilmektedir. Phantom 4 Pro'da kullanılan mekanik perde sayesinde bu etki en aza inmektedir. Ayrıca dört tarafı çarpmayı önleyici sensörlerle donatılmıştır (Fotografium, 2019).



Şekil 3.14. Görüntü almak için kullanılan İHA Phantom 4 Pro V2.0

Phantom 4 Pro'nun genel özellikleri (DJI, 2019);

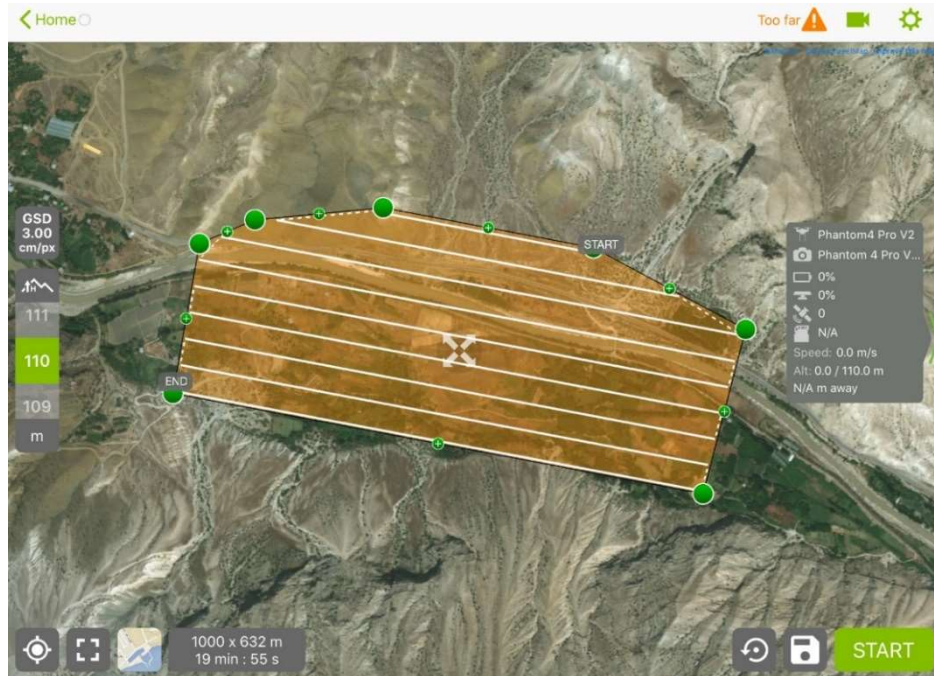
- 1 inç 20MP Exmor R CMOS sensör
- 24 mm sabit odak uzunluğu
- 30 Dakika uçuş süresi
- 7 km Kontrol aralığı
- 4 dB Gürültü azaltma
- 4K 60fps / 20MP Görüntüleme
- 30 m Sensör aralığı

- Engel Algılama 5 yönlü

Her bir bölge için hesaplanan bindirme oranları, uçuş yüksekliği ve çalışma sınırları Pix4d Capture programına girilerek İHA'ya yüklenmiştir. Uçuş, eylül ayı sonu itibari ile güneşin en tepede olduğu öğle saatlerinde bulutsuz ve rüzgarsız bir havada otonom bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Çalışma sahalarına ait uçuş bilgileri çizelge 3.3'te verilmiştir. Her bir bölge için uçuş planı Şekil 15, Şekil 16 ve Şekil 17'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Çalışma sahaları uçuş bilgileri

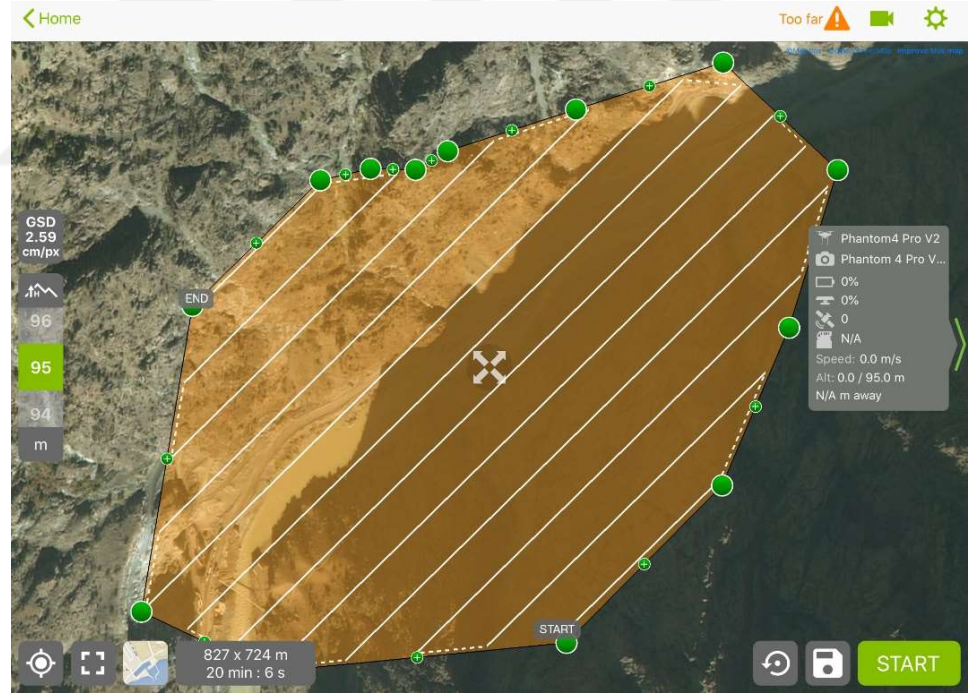
	Alan (ha)	Uçuş Yüksekliği (m)	İleri Bindirme (%)	Yan Bindirme (%)	YÖA ortalama (cm)	Görüntü Sayısı
İşhan çalışma sahası	72	110	80	60	3.23	463
Açık kazı çalışma sahası	80	190	90	80	7.44	397
Baraj çalışma sahası	65	95	80	60	7.80	418



Şekil 3.15. İşhan çalışma sahası İHA uçuş planı



Şekil 3.16. Açık kazı çalışma sahası İHA uçuş planı



Şekil 3.17. Baraj çalışma sahası İHA uçuş planı




### 3.4 Verilerin İşlenmesi

Uçuşun gerçekleştirilmesi ile arazi çalışması tamamlanmış, ofis çalışmasına geçilmiştir. İHA'dan alınan görüntüler bilgisayara aktarılmış, aralarında uygun olmayan görüntüler elenerek Şekil 3.18'deki gibi Pix4d yazılımına yüklenmiştir. Programa Phantom 4 Pro'nun kamera kalibrasyon parametreleri önceden tanımlı olduğu için ayrıca yüklenmesine gerek kalmamıştır. Aynı şekilde kamera dönüklük bilgileri de görüntü içerisinde exif dosyasından otomatik olarak alınmıştır.

**Image Properties**

Image Geolocation

Coordinate System


 Datum: World Geodetic System 1984; Coordinate System: WGS 84 (EGM 96 Geoid) Edit...

Geolocation and Orientation

Geolocated Images: 418 out of 418 Clear From EXIF From File... To File...

Geolocation Accuracy:  Standard  Low  Custom

Selected Camera Model

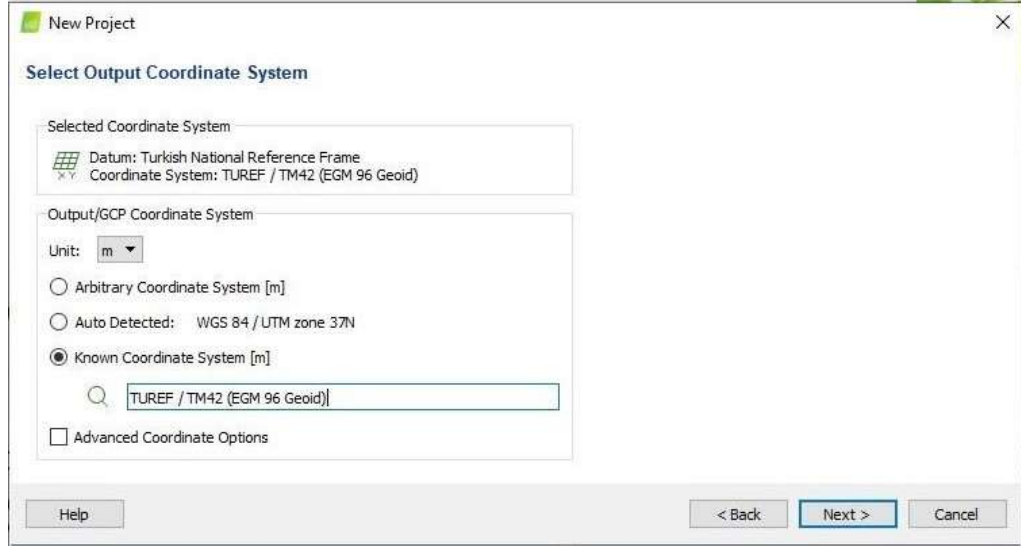
 FC6310\_8.8\_5472x3648 (RGB) Edit...

Enabled	Image	Group	Latitude [degree]	Longitude [degree]	Altitude [m]	Accuracy Horz [m]	Acc V
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0001.JPG	group1	40.81444875	41.64718483	767.225	5.000	10.000
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0002.JPG	group1	40.81458886	41.64737072	767.025	5.000	10.000
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0003.JPG	group1	40.81470169	41.64751994	766.725	5.000	10.000
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0004.JPG	group1	40.81481853	41.64767639	766.625	5.000	10.000
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0005.JPG	group1	40.81492889	41.64782486	766.625	5.000	10.000
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0006.JPG	group1	40.81504575	41.64798231	766.625	5.000	10.000
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0007.JPG	group1	40.81515650	41.64813100	766.925	5.000	10.000
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0008.JPG	group1	40.81527272	41.64828789	766.925	5.000	10.000

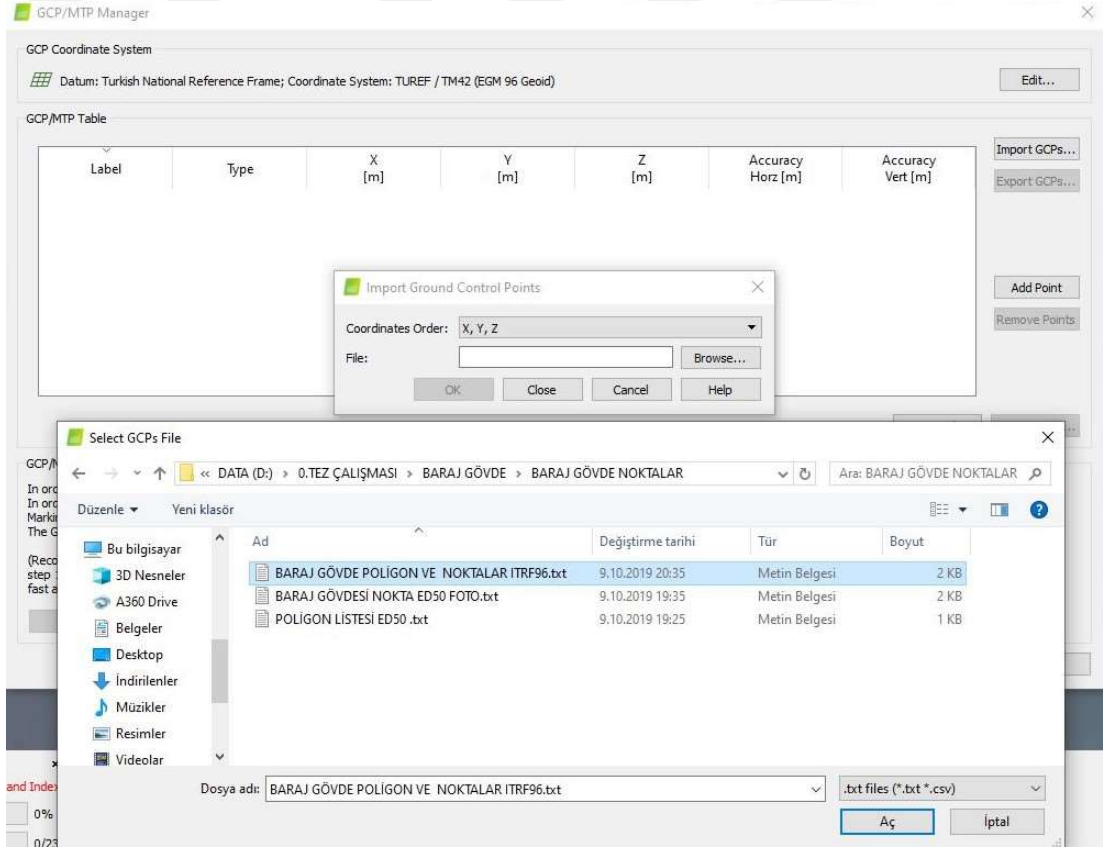
Help < Back Next > Cancel

Şekil 3.18. Görüntülerin programa yüklenmesi

Görüntüler yüklendikten sonra referans koordinat sistemi TUREF / TM42 (Türkiye Ulusal Referans Sistemi, 42 DOM) Şekil 3.19'deki gibi tanımlanmış, ardından YKN koordinatları sisteme Şekil 3.20'deki gibi yüklenmiştir.

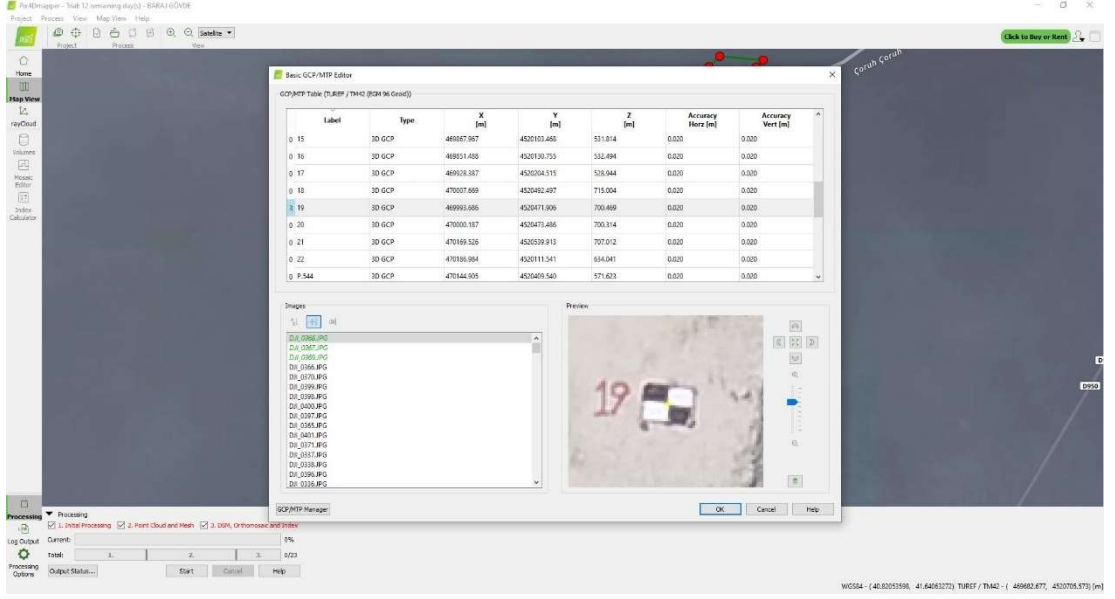


Şekil 3.19. Referans koordinat sisteminin tanımlanması (TUREF 42)



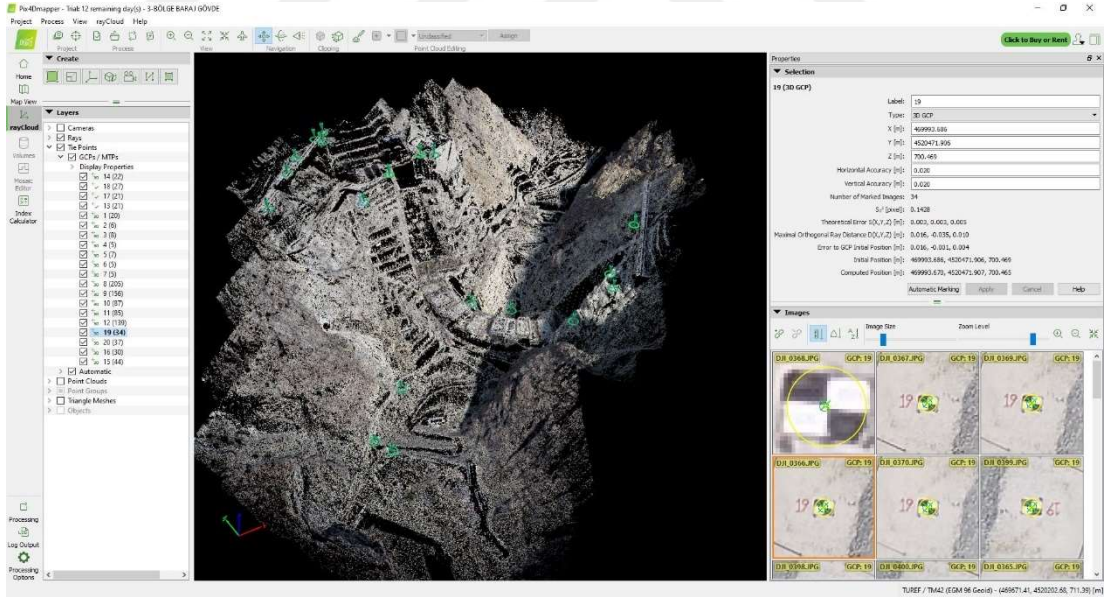
Şekil 3.20. Yer kontrol noktası koordinatlarının sisteme girilmesi

YKN'lerin koordinatları sisteme aktarıldıktan sonra temel nokta editöründen her bir noktanın koordinatı, ilk etapta en az 3 resimde Şekil 3.21'deki gibi işaretlenmiş ve Şekil 3.22'deki gibi nokta bulutu oluşturulmuştur.



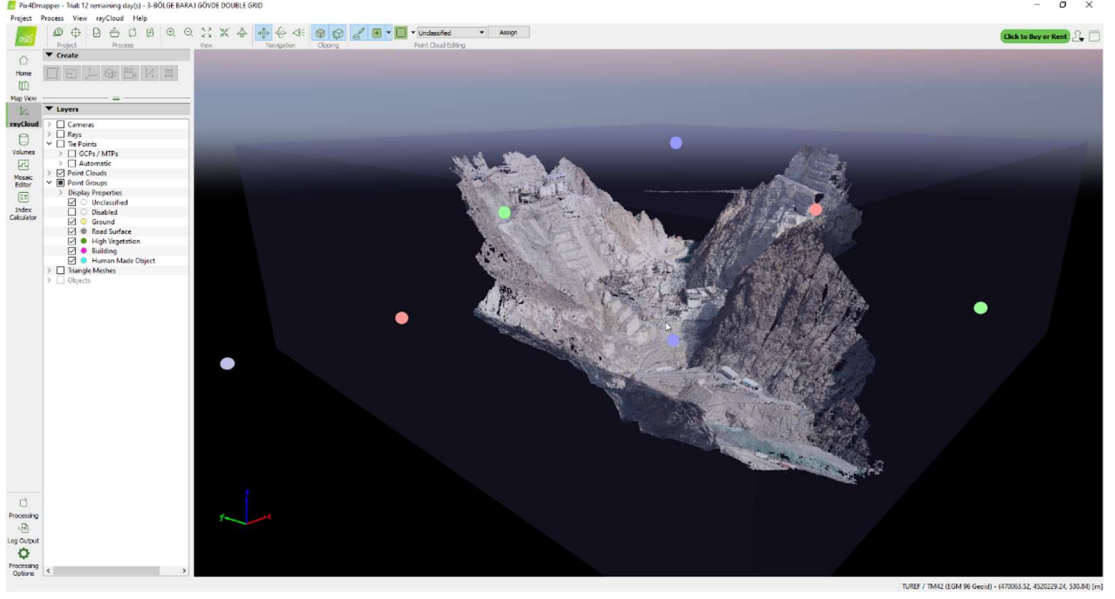
Şekil 3.21. Görüntülerde yer kontrol noktalarının işaretlenmesi 1.adım

Nokta bulutu oluşumunun ardından YKN'lerin bütün görüntülerde Şekil 3.22'de gösterildiği gibi tek tek, hassas bir şekilde işaretlemeleri yapılmış ve ardından Şekil 3.23'teki gibi yoğun nokta bulutu oluşturulmuştur.



Şekil 3.22. Bütün görüntülerde YKN'lerin işaretlenmesi

Nokta bulutu editörü ile Şekil 3.23'teki gibi istenmeyen görüntü ve noktalar temizlenmiş, ardından istenilen kalite ve diğer parametreler seçildikten sonra ortofoto, sayısal yüzey modeli ve sayısal arazi modeli üretimine geçilmiştir.



Şekil 3.23. Nokta bulutu editörü ile gereksiz noktaların temizlenmesi

Çalışma bölgelerinin alanı, üretilen nokta sayısı, işlem süresi, görüntü sayısı ve birim hacimde düşen nokta sayısı çizelge 3.4’te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Çalışma bölgelerine ait karşılaştırmalı veriler

Çalışma Bölgesi	Alan (ha)	Görüntü Sayısı	Modelleme İşlem Süresi	Üretilen Nokta Sayısı (Yoğun nokta bulutu)	Birim hacimde nokta sayısı ( $m^3$ )
İşhan çalışma sahası	72	463	5 sa. 46 dk.	60.400.717	116.74
Açık kazı çalışma sahası	80	397	4 sa. 55 dk.	31.359.051	16.66
Baraj çalışma sahası	65	418	6 sa. 22 dk.	38.115.083	14.61

### 3.4.1 Kullanılan donanım ve yazılımlar

İşlemci : Intel(R) Core(TM) i7-7700HQCPU @2.80GHz

Bellek : 16GB

Grafik işlemci : NVIDIA GeForce GTX 1050 Ti

İşletim sistemi : Windows 10 Home, 64-bit

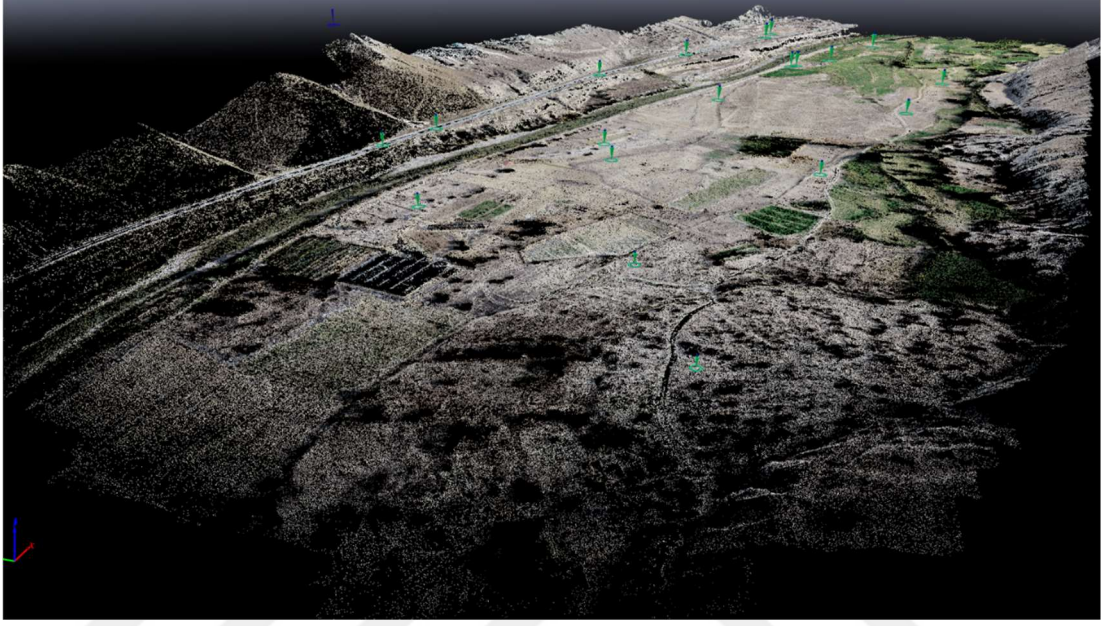
Yazılım : Pix4d Mapper, NetCAD 5.2, Pix4d Capture, Excel, Global Mapper



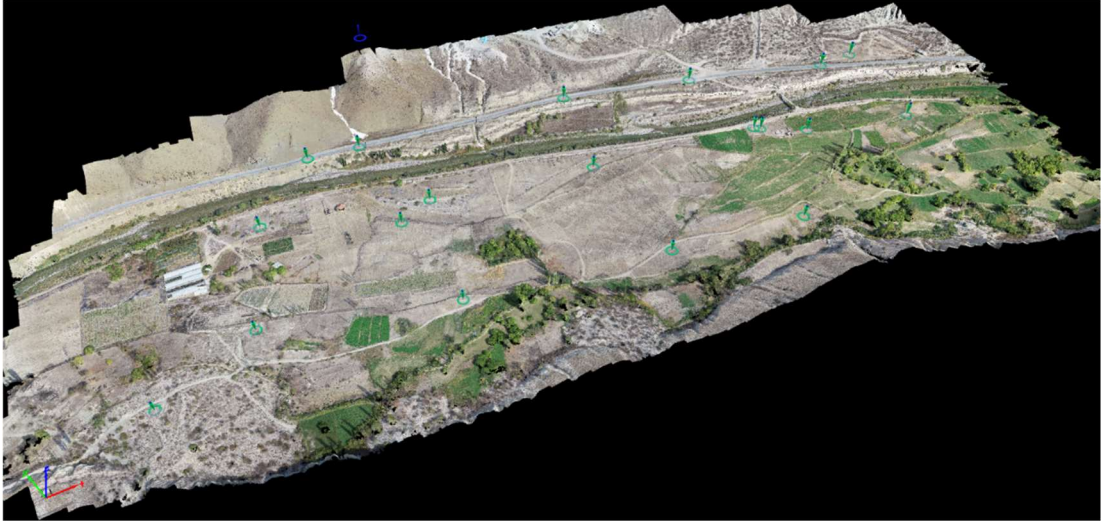
### 3.5 Fotogrametrik Ürünler

#### 3.5.1 İşhan sahası verileri

İşhan sahası için üretilen nokta bulutu ve yoğun nokta bulutu örneği Şekil 3.24 ile Şekil 3.25'te verilmiştir

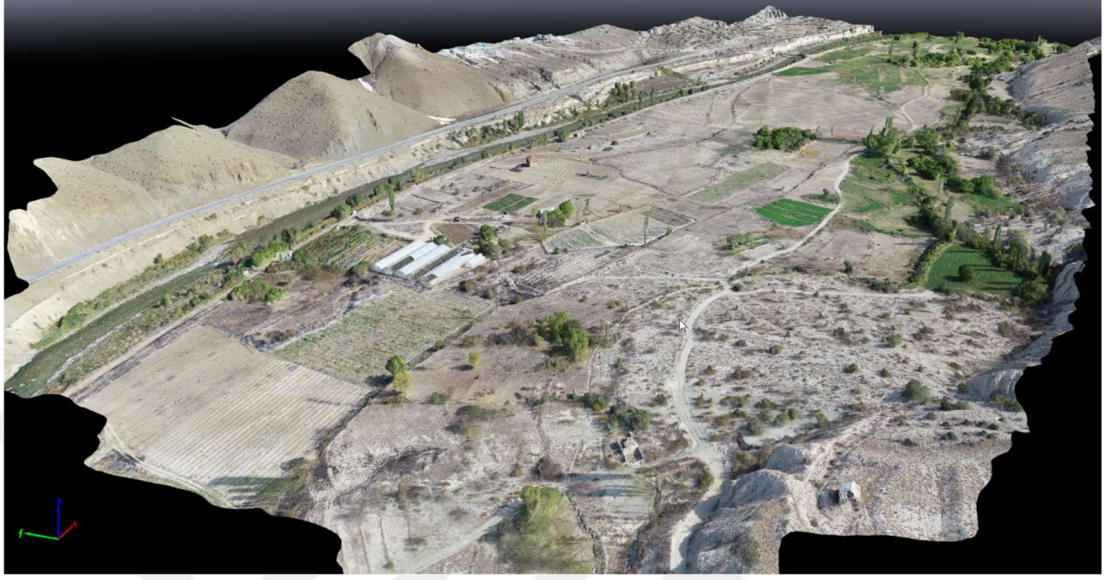


Şekil 3.24. İşhan sahası nokta bulutu

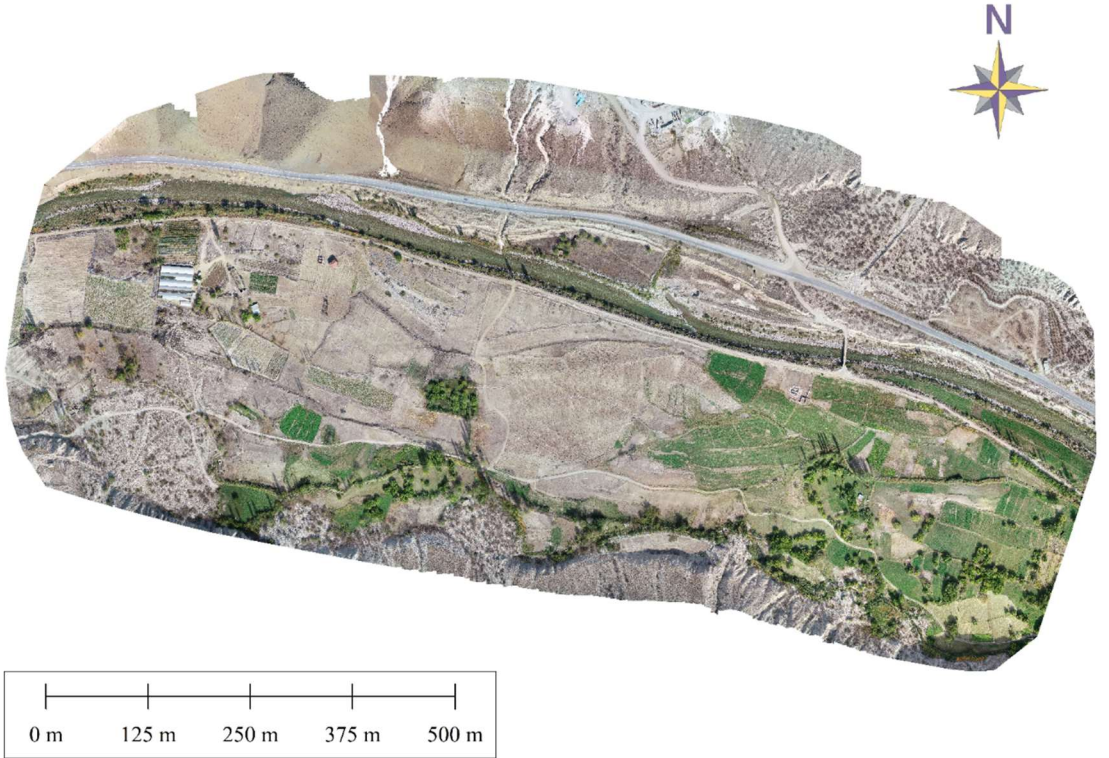


Şekil 3.25. İşhan sahası yoğun nokta bulutu

İşhan sahası için üretilen doku kaplama ve ortofoto rneği Şekil 3.26 ile Şekil 3.27’de verilmiştir.



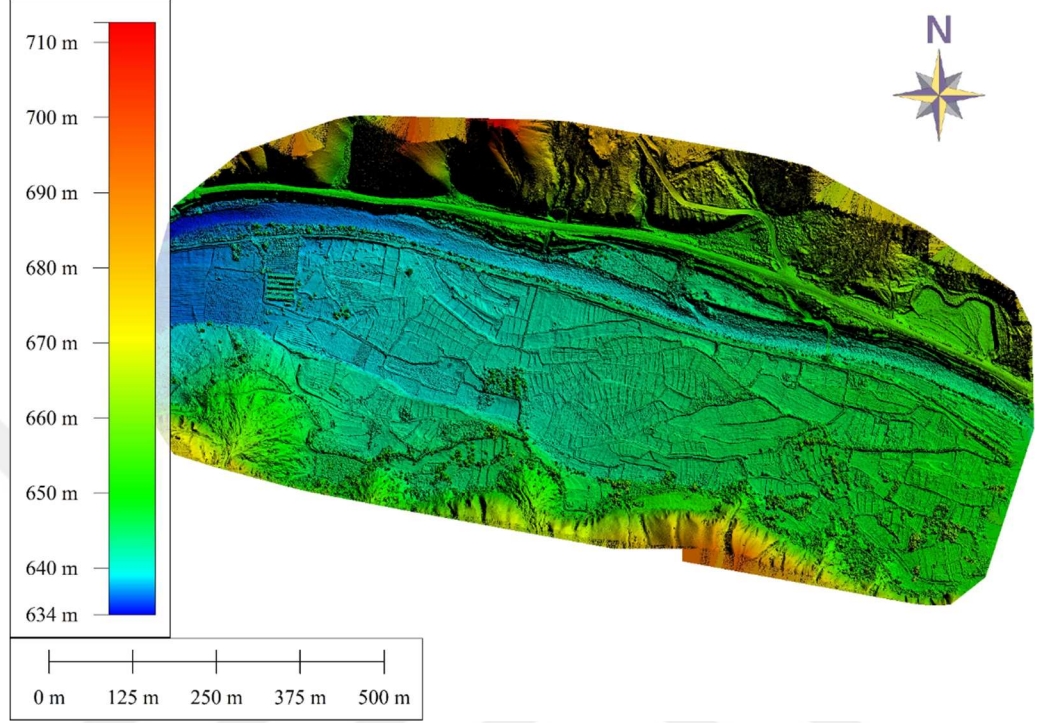
Şekil 3.26. İşhan sahası doku kaplama



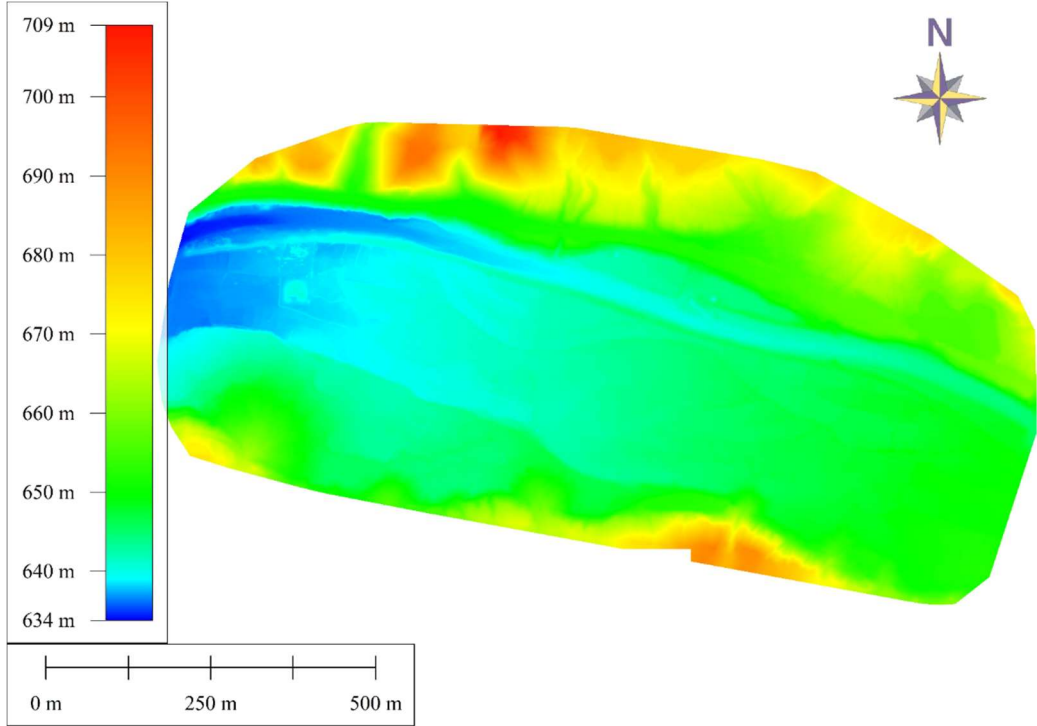
Şekil 3.27. İşhan sahası ortofoto görüntü



İşhan sahası için üretilen SYM ve SAM rneği Şekil 3.28 ile Şekil 3.29'da verilmiştir.



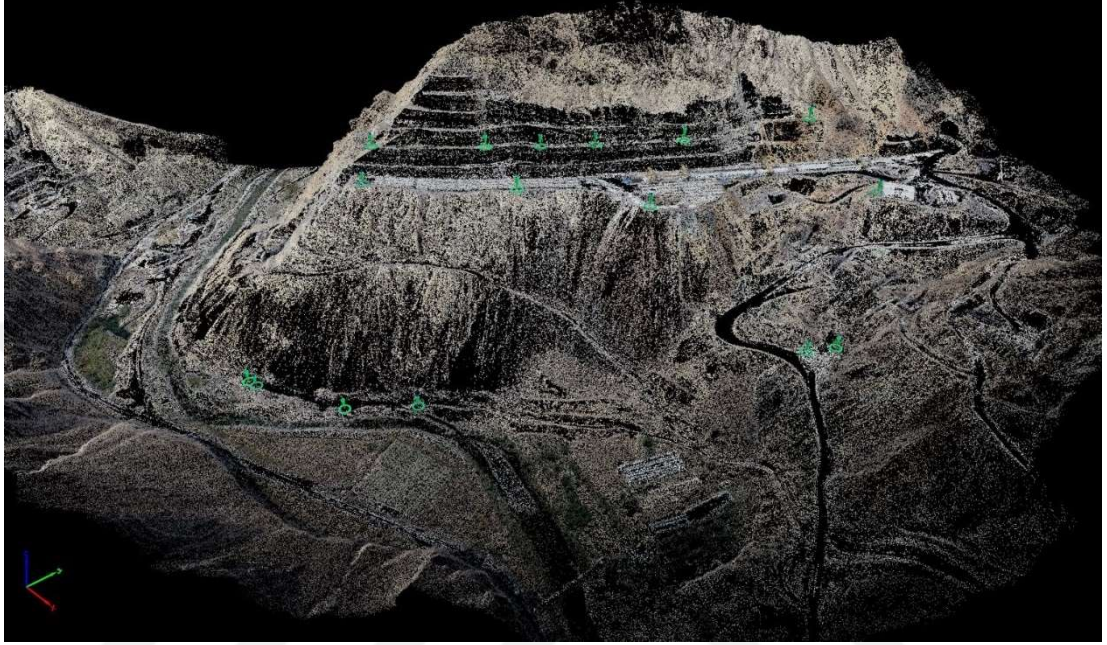
Şekil 3.28. İşhan sahası sayısal yüzey modeli (SYM)



Şekil 3.29. İşhan sahası sayısal arazi modeli (SAM)

### 3.5.2 Açık kazı sahası verileri

Açık kazı sahası için üretilen nokta bulutu ve yoğun nokta bulutu örneği Şekil Şekil 3.30 ile Şekil 3.31’de verilmiştir.



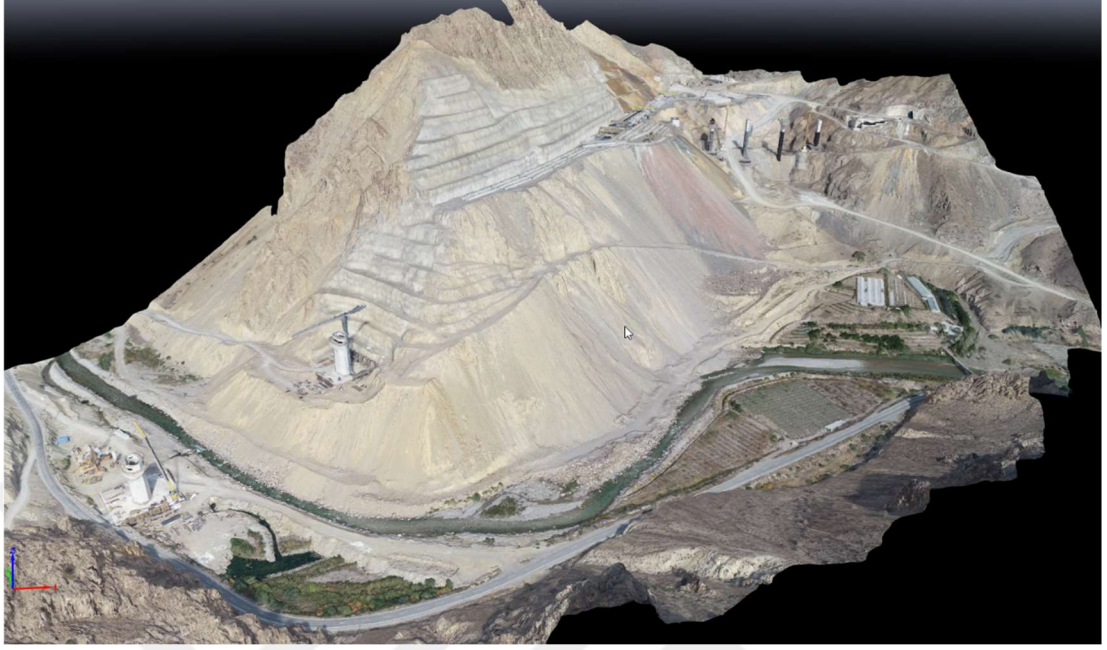
Şekil 3.30. Açık kazı sahası nokta bulutu



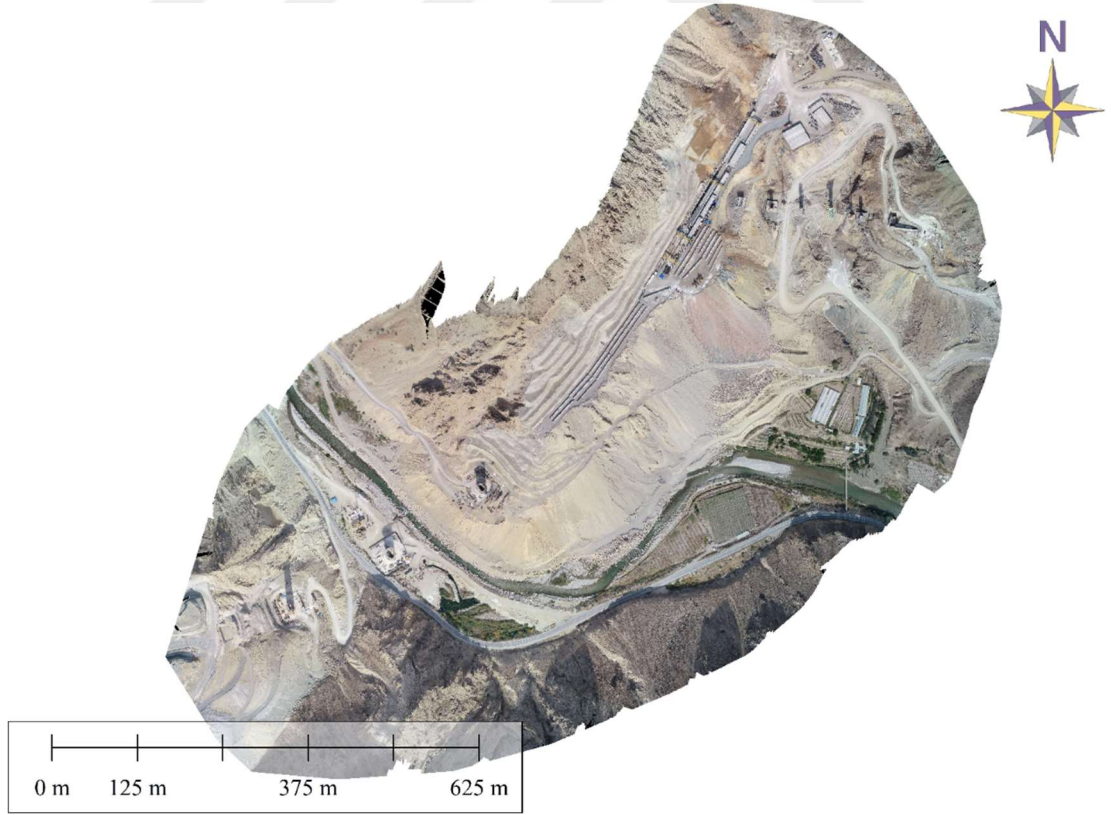
Şekil 3.31. Açık kazı sahası yoğun nokta bulutu



Açık kazı sahası için üretilen doku kaplama ve ortofoto örneği Şekil 3.32 ile Şekil 3.33'te verilmiştir.

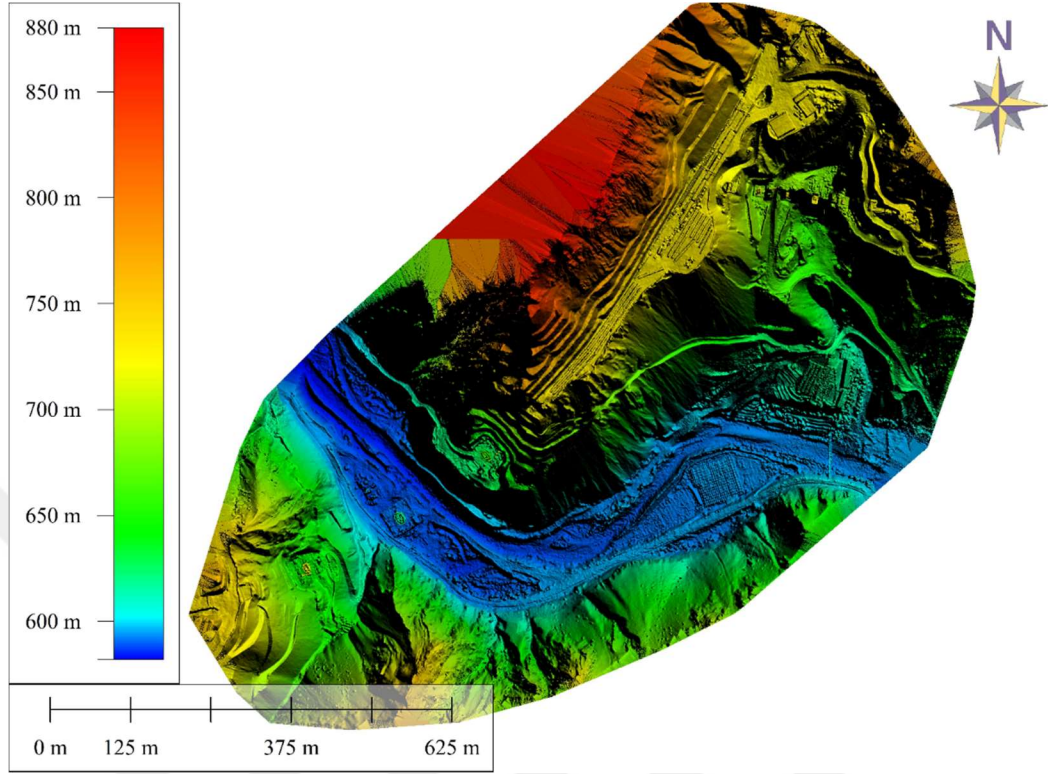


Şekil 3.32. Açık kazı sahası doku kaplama

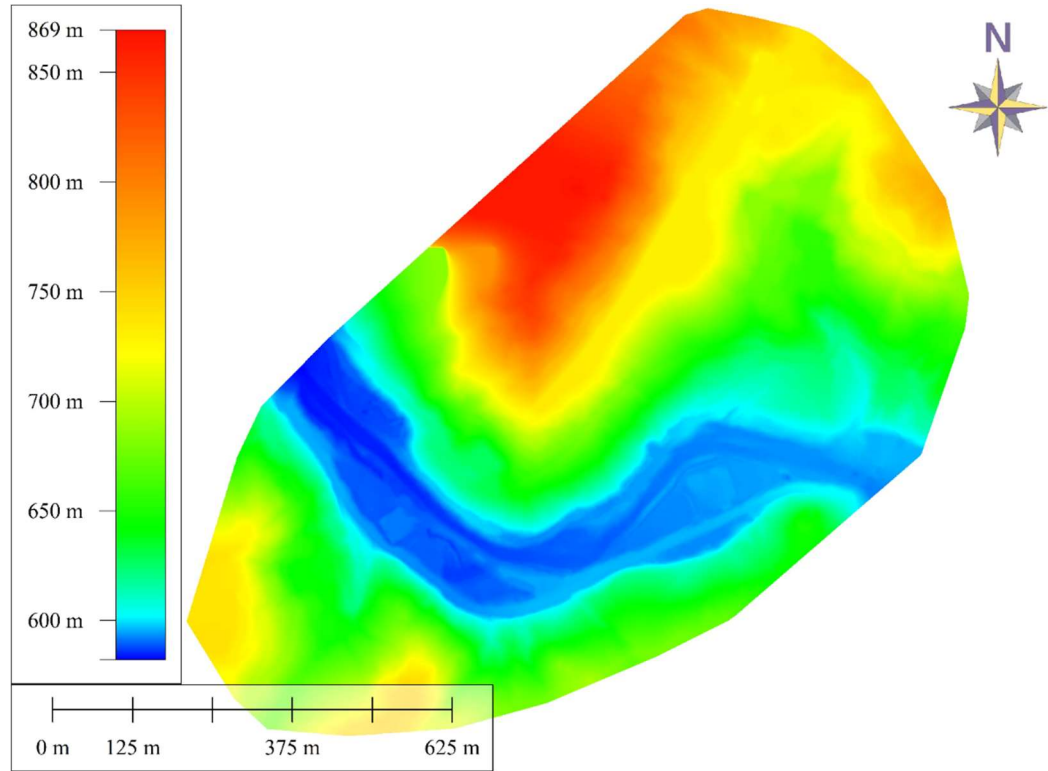


Şekil 3.33. Açık kazı sahası ortofoto görüntü

Açık kazı sahası için üretilen SYM ve SAM örneği Şekil 3.34 ile Şekil 3.35'te verilmiştir.



Şekil 3.34. Açık kazı sahası sayısal yüzey modeli (SYM)

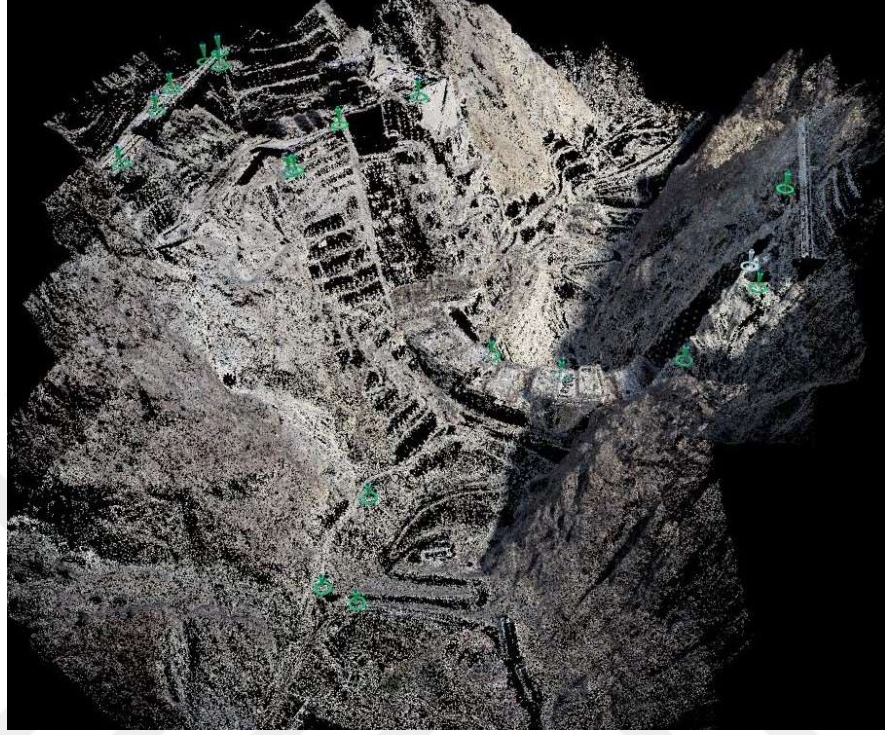


Şekil 3.35. Açık kazı sahası sayısal arazi modeli (SAM)



### 3.5.3 Baraj sahası verileri

Baraj sahası için üretilen nokta bulutu ve yoğun nokta bulutu örneği Şekil 3.36 ile Şekil 3.37’de verilmiştir.



Şekil 3.36. Baraj çalışma sahası nokta bulutu



Şekil 3.37. Baraj çalışma sahası yoğun nokta bulutu



Baraj sahası için üretilen doku kaplama örneği Şekil 3.38 ile Şekil 3.39’da verilmiştir.



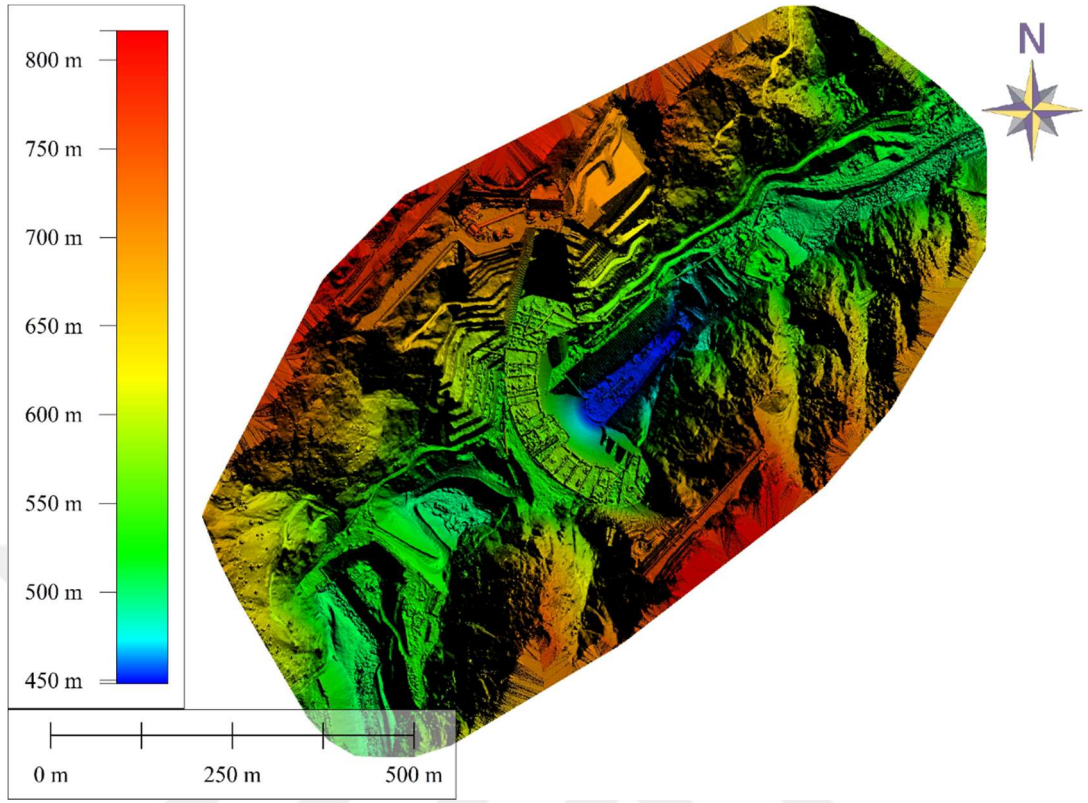
Şekil 3.38. Baraj çalışma sahası doku kaplama



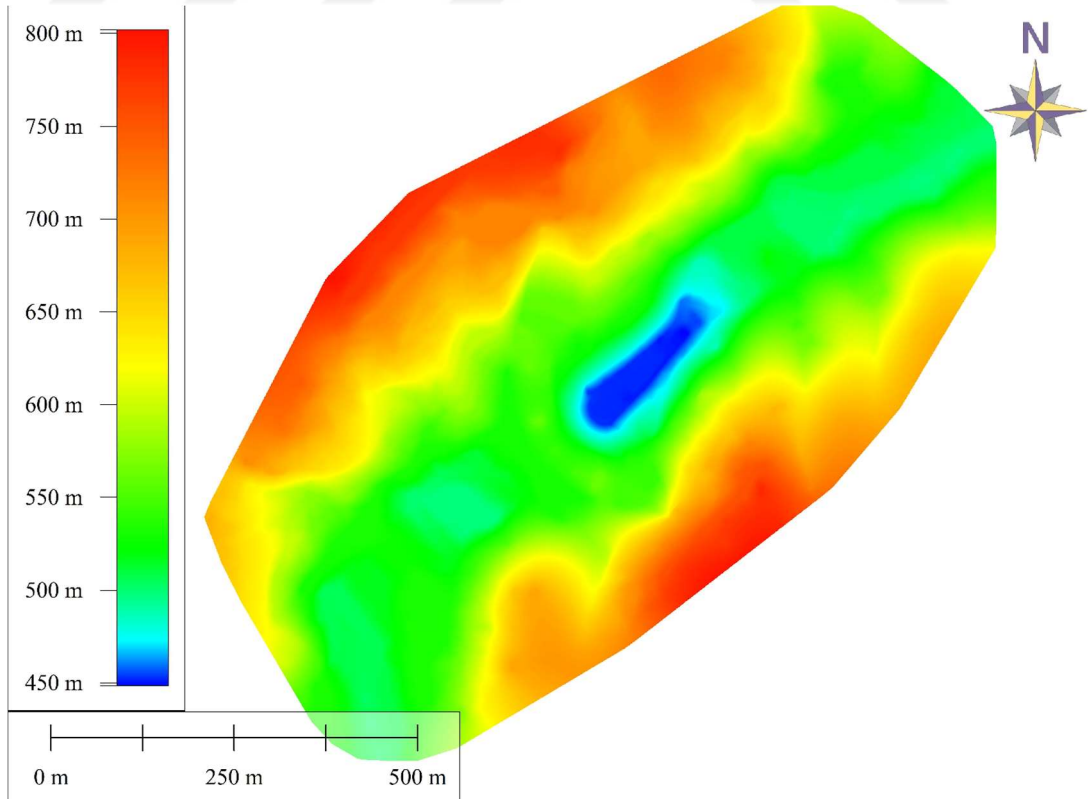
Şekil 3.39. Baraj çalışma sahası doku kaplama



Baraj sahası için üretilen SYM ve SAM örneği Şekil 3.40 ile 3.41’de verilmiştir.

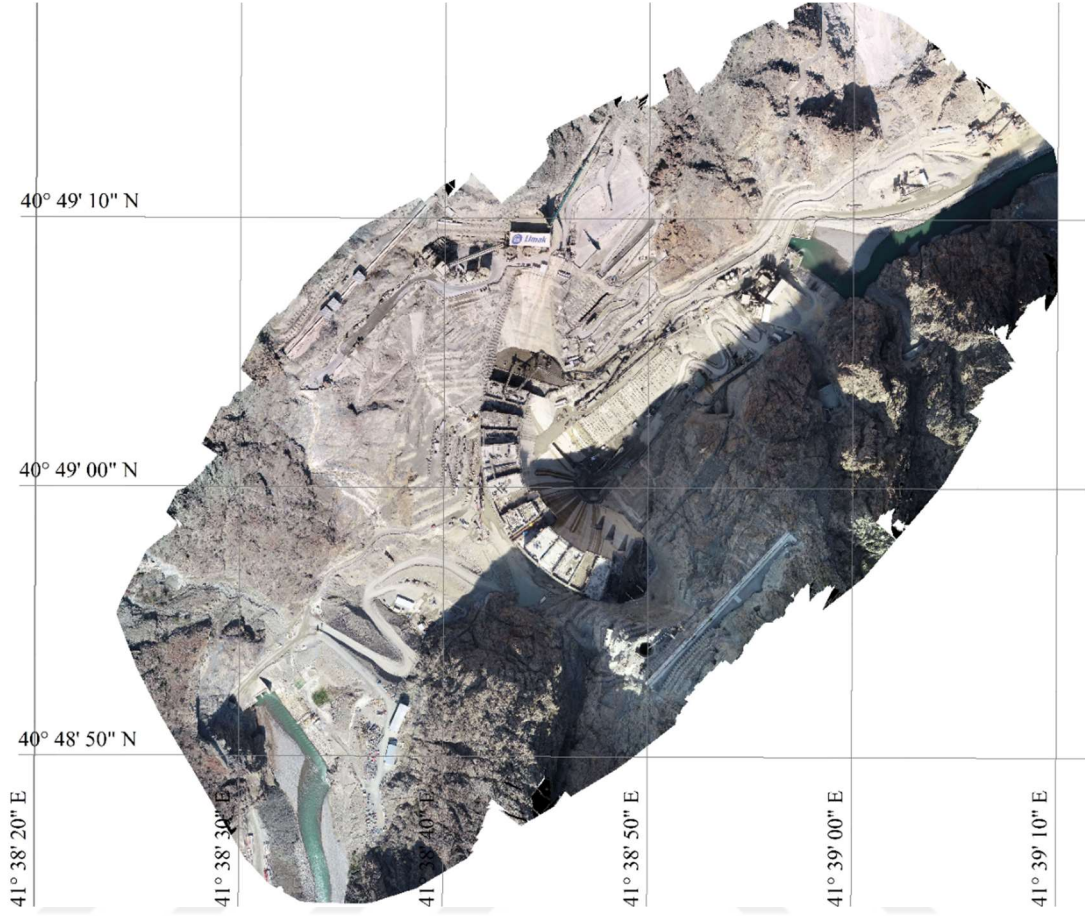


Şekil 3.40. Baraj çalışma sahası sayısal yüzey modeli (SYM)



Şekil 3.41. Baraj çalışma sahası sayısal arazi modeli (SAM)

Baraj sahası için üretilen ortofoto örneği şekil 3.42’de gösterilmiştir.



Şekil 3.42. Baraj çalışma sahası ortofoto örneği

## 4. BULGU VE ANALİZLER

Dağlık ve engebeli arazilerde çok yüksek noktalara veya vadi içindeki çok alçak noktalara ulaşmak arazi koşullarından dolayı bazen mümkün olmamaktadır. Bu tip zorlu arazilerde fotogrametrik çalışma yapan ekipler yol kenarları gibi kolay ulaşabildikleri yerlere YKN tesis etmeyi tercih edebilmektedirler. Ancak yalnızca yol seviyesine, yalnızca vadi tabanına veya yalnızca yüksek noktalara tesis edilen YKN'lerin arazinin diğer kısımlarında ne kadar hata vereceğinin araştırılması gerekmektedir. Bu nedenle dağlık olan baraj ve açık kazı çalışma sahasında, farklı yükseltilerdeki YKN dağılımlarının konum doğruluğuna etkisi incelenmiştir. Düz arazide ise yatayda farklı YKN dağılımları uygulanmış ve konum doğruluğu üzerindeki etkisi incelenmiştir.

### 4.1 İşhan Çalışma Sahası YKN Dağılımı ve Analizi

İşhan çalışma sahasında dört farklı YKN dağılımı uygulanmış ve sonuçları araştırılmıştır. Bunlar;

1. Homojen YKN dağılımı
2. Y eksenini doğrultusunda YKN dağılımı
3. X eksenini doğrultusunda YKN dağılımı
4. Dış hat YKN dağılımı

#### 4.1.1 Homojen dağılım

İşhan çalışma sahasına tesis edilen 19 adet noktadan, homojen dağılıma sahip 12 tanesi YKN olarak, 7 tanesi ise test noktası olarak kullanılmış ve modelleme yapılmıştır. YKN'lerin hata miktarlarına bakıldığında Y ekseninde 1.1 cm, X ekseninde 0.9 cm ve Z ekseninde 0.4 cm gibi oldukça düşük karesel ortalama hata (KOH) ile modelimizin YKN'lere oturduğu gözlenmiştir. YKN'lerin hata değerleri Çizelge 4.1'de verildiği gibidir.

Çizelge 4.1. İşhan Çalışma Sahası Homojen Dağılım YKN Hata Miktarları

YKN	Hata Y [m]	Hata X [m]	Hata Z [m]	Projeksiyon Hata [piksel]	Görüntü Sayısı
19	0.005	-0.007	-0.002	0.354	17 / 17
17	-0.006	-0.006	-0.005	0.357	13 / 13
15	0.000	-0.005	0.008	0.356	14 / 14
14	-0.011	-0.013	-0.005	0.513	13 / 13
11	-0.007	-0.008	0.004	0.345	16 / 16
10	-0.010	-0.003	0.005	0.397	15 / 15
8	-0.015	0.015	0.001	0.436	15 / 15
7	-0.008	0.001	-0.002	0.483	17 / 17
5	0.002	0.004	0.002	0.475	12 / 12
4	0.012	-0.000	0.003	0.614	15 / 15
2	0.016	0.016	-0.008	0.354	15 / 15
1	0.021	0.007	-0.001	0.385	16 / 16
KOH [m]	0.0112	0.0086	0.0044		

Test noktalarının hata değerlerine bakıldığında ise yine oldukça düşük hata değerleri gözlenmiş, Y ekseninde 1.5 cm, X ekseninde 0.5 cm ve Z ekseninde ise 0.9 cm KOH değerleri tespit edilmiştir. Test noktalarının maksimum hata miktarlarına bakıldığında Y ekseninde 3.1 cm, X ekseninde 0.9 cm ve Z ekseninde 1.8 cm olduğu görülmüştür. Test noktalarının hata miktarları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. İşhan çalışma sahası homojen dağılım test noktası hata miktarları

Test Noktası	Hata Y [m]	Hata X [m]	Hata Z [m]	Projeksiyon Hata [piksel]	Görüntü Sayısı
18	0.0173	0.0004	0.0027	0.3421	15 / 15
16	-0.0061	0.0055	0.0070	0.4173	20 / 20
13	0.0139	-0.0065	0.0183	0.4898	18 / 18
12	0.0058	0.0016	0.0130	0.4357	17 / 17
9	-0.0034	0.0001	-0.0065	0.5432	18 / 18
6	0.0315	-0.0037	0.0022	0.4917	16 / 16
3	0.0005	0.0090	0.0014	0.4621	15 / 15
KOH [m]	0.0150	0.0049	0.0093		

#### 4.1.2 Y eksenini doğrultusunda dağılım

Karayolu projeleri gibi düz bir hat boyu fotogrametrik çalışma gerektiren durumlarda, yol boyunca sağlı, sollu belirli bir genişlikte yapılan hat tipi YKN dağılımının doğruluğu araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla daha sıra dışı bir dağılım yapılarak, belirli bir genişlikte YKN dağılımı uygulamak yerine bir doğrultu boyunca (aynı hizada) YKN dağılımı uygulanmıştır. Bu maksatla ilk önce Y eksenini doğrultusunda, daha sonra da X eksenini doğrultusunda iki farklı YKN dağılımı uygulanmış ve sonuçları incelenmiştir.

Y eksenini doğrultusunda bir hat boyunca YKN dağılımının özellikle X ekseninde (X koordinatlarında) hata miktarlarına nasıl etki edeceğini görmek amacıyla, Y eksenine paralel bir hat boyunca aynı doğrultudaki (Şekil 4.1’de 5, 4 ve 1 numaralı) noktalar YKN olarak seçilmiş ve modelleme yapılarak hata miktarları irdelenmiştir. Daha sonra aynı işlem X eksenini için de tekrarlanmıştır.

İşhan çalışma sahasında Şekil 4.1’deki gibi yalnızca Y eksenini doğrultusundaki noktalar YKN olarak kullanılarak modelleme yapılmış ve beklenildiği gibi X eksenindeki hata miktarları Y ekseninden daha fazla çıkmıştır. Ancak şaşırtıcı bir şekilde düşeyde 3 m’ye varan hatalar (Çizelge 4.3) görülmüştür. KOH’un ise düşeyde 1.83 m’ye ulaştığı görülmüştür.





Şekil 4.1. İşhan çalışma sahası Y eksenini doğrultusunda YKN ve test noktası dağılımı

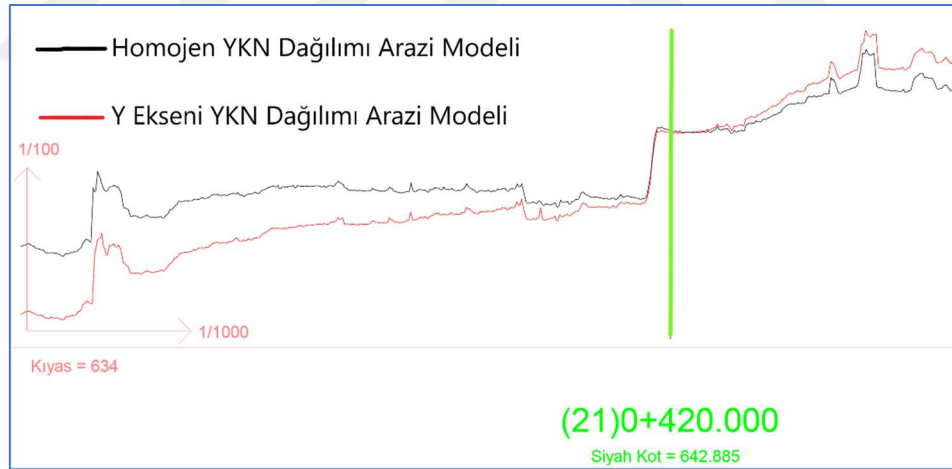
Çizelge 4.3. Y eksenini doğrultusunda YKN dağılımı hata miktarları

Test Noktası	Hata Y [m]	Hata X [m]	Hata Z [m]	Projeksiyon Hata [piksel]	Görüntü Sayısı
19	0.0339	-0.0554	3.1027	0.3486	17 / 17
18	0.0378	-0.0535	3.0645	0.3349	15 / 15
17	-0.0209	-0.1091	2.8031	0.3536	13 / 13
16	-0.0328	-0.1164	2.3407	0.4195	20 / 20
15	-0.0494	-0.1407	1.6236	0.3440	14 / 14
14	-0.0796	-0.1206	1.6072	0.4946	13 / 13
13	0.0012	-0.0331	0.5376	0.4802	18 / 18
12	-0.0067	-0.0230	0.9710	0.4293	17 / 17
11	-0.0192	-0.0280	0.9033	0.3413	16 / 16
10	-0.0149	-0.0077	1.3409	0.3850	15 / 15
9	0.0033	0.0397	1.7583	0.5403	18 / 18
8	-0.0090	0.0561	1.5246	0.4349	15 / 15
7	0.0230	0.0830	2.2295	0.4821	17 / 17
6	0.0365	0.0566	0.6338	0.4924	16 / 16
3	0.0073	-0.0278	-0.5371	0.4763	15 / 15

Çizelge 4.3 (devam)

2	0.0420	-0.0217	-0.9216	0.3657	15 / 15
KOH [m]	0.0328	0.0726	1.8259		

Çizelge 4.3 ve Şekil 4.1 incelendiğinde YKN hattının kuzeyindeki noktaların düşey hata miktarlarının negatif, güneyindeki noktaların düşey hata miktarlarının ise pozitif değerler aldığı ve de YKN hattından uzaklaştıkça artan değerlere sahip olduğu görülmüştür. Bunun nedenini araştırmak için, homojen YKN dağılımı ve Y eksenine doğrudan YKN dağılımı ile elde edilen SYM verilerinden, Y eksenine YKN hattı boyunca Netcad programında kesit alınmıştır. Daha sonra bu kesitler karşılaştırıldığında homojen YKN dağılımından elde edilen SYM ile, Y eksenine doğrudan YKN dağılımından elde edilen SYM arasında bir dönüklük olduğu tespit edilmiştir. Bu dönüklük, YKN hattının bir tarafında pozitif hata, diğer tarafında negatif hata olmasını ve YKN hattından uzaklaştıkça hata miktarlarının giderek artmasını açıklamıştır. 5, 4 ve 1 numaralı YKN hattı ekseninde (Y eksenine paralel) olan bu dönüklük Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Homojen YKN dağılımı ile Y doğrultusu YKN dağılımı arasındaki dönüklük

Şekil 4.2’deki dönüklük tespitinin ardından bu dönüklüğü gidermesi için YKN hattına dik doğrultuda en uzak nokta olan 19 numara YKN’lere dahil edilmiş (5, 4, 1 ve 19) yeniden modellenmiştir. Yeniden modellemenin ardından hata miktarlarında (Çizelge 4.4) ciddi oranda düşüş kaydedilmiştir. KOH Y ekseninde 2.27 cm, X ekseninde 2.84 cm, Z ekseninde ise 9.67 cm’ye düşmüştür. Düşey eksenindeki KOH

miktarının ciddi oranda azalarak 183 cm'den 9.67 cm'ye düştüğü, maksimum hata miktarının ise 310 cm'den 18 cm'ye kadar düştüğü görülmüştür.

Çizelge 4.4. Y eksenini YKN dağılımına dik doğrultuda en uzak nokta ilavesi

Test Noktası	Hata Y [m]	Hata X [m]	Hata Z [m]	Projeksiyon Hata [piksel]	Görüntü Sayısı
18	0.0123	0.0025	0.0226	0.3354	15 / 15
17	-0.0122	-0.0281	0.1141	0.3554	13 / 13
16	-0.0141	-0.0335	0.1804	0.4202	20 / 20
15	-0.0307	-0.0540	0.1771	0.3433	14 / 14
14	-0.0582	-0.0587	0.1553	0.4950	13 / 13
13	0.0042	-0.0298	0.0690	0.4811	18 / 18
12	-0.0007	-0.0258	0.0865	0.4308	17 / 17
11	-0.0135	-0.0346	0.0747	0.3412	16 / 16
10	-0.0152	-0.0213	0.0556	0.3880	15 / 15
9	-0.0108	-0.0011	0.0186	0.5398	18 / 18
8	-0.0242	0.0158	0.0153	0.4374	15 / 15
7	-0.0186	0.0050	-0.0128	0.4821	17 / 17
6	0.0233	-0.0017	-0.0042	0.4930	16 / 16
3	0.0021	-0.0168	-0.0609	0.4720	15 / 15
2	0.0300	-0.0041	-0.1157	0.3632	15 / 15
KOH [m]	0.0227	0.0284	0.0967		

#### 4.1.3 X eksenini doğrultusunda dağılım

Bir önceki uygulamadakine benzer şekilde X eksenini doğrultusunda yer alan Şekil 4.1'deki 4, 8 ve 18 numaralı noktalar YKN olarak kullanılmış ve düşeyde KOH 104 cm olarak bulunmuştur. Daha sonra YKN hattına (4, 8 ve 18) dik doğrultuda en uzak nokta olan 14 numaralı nokta YKN'lere dahil edilerek yeniden modellenmiş ve KOH'un (Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6) düşeyde 104 cm'den 36 cm'ye, düştüğü kaydedilmiştir. İlk uygulamada KOH'un 183 cm'den 9.67 cm'ye düşerek yaklaşık 19 kat azalması, ikinci uygulamada ise 104 cm'den 36 cm'ye düşerek yalnızca 2.9 kat



azalmasının, X doğrultusundaki noktaların tam bir hat özelliği göstermeyip, Y koordinatları arasındaki farkın fazla olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.5. X eksenini doğrultusunda YKN dağılımı hata miktarları

Test Noktası	Hata Y [m]	Hata X [m]	Hata Z [m]	Projeksiyon Hata [piksel]	Görüntü Sayısı
19	-0.0087	-0.0081	-0.2622	0.3478	17 / 17
17	-0.0385	-0.0332	0.9154	0.3541	13 / 13
16	-0.0481	-0.0235	1.3136	0.4195	20 / 20
15	-0.0649	-0.0203	1.5022	0.3446	14 / 14
14	-0.0938	-0.0170	1.4954	0.4944	13 / 13
13	-0.0074	-0.0054	1.2534	0.4799	18 / 18
12	-0.0127	-0.0092	1.2129	0.4286	17 / 17
11	-0.0249	-0.0170	1.2073	0.3415	16 / 16
10	-0.0143	-0.0233	0.7698	0.3848	15 / 15
9	0.0062	-0.0085	0.1521	0.5399	18 / 18
7	0.0211	0.0043	-0.6098	0.4815	17 / 17
6	0.0365	0.0157	-0.7636	0.4922	16 / 16
5	-0.0333	0.0382	-1.2260	0.4696	12 / 12
3	0.0077	-0.0159	0.5865	0.4760	15 / 15
2	0.0360	0.0104	0.8358	0.3663	15 / 15
1	-0.0132	0.0446	1.2663	0.3879	16 / 16
KOH [m]	0.0374	0.0217	1.0412		

Çizelge 4.6. X eksenine dik doğrultuda en uzak nokta ilavesi YKN dağılımı hata miktarları

Test Noktası	Hata Y [m]	Hata X [m]	Hata Z [m]	Projeksiyon Hata [piksel]	Görüntü Sayısı
19	-0.0065	-0.0088	-0.1735	0.3472	17 / 17
17	-0.0136	-0.0146	0.4353	0.3507	13 / 13
16	0.0036	-0.0026	0.4578	0.4201	20 / 20
15	0.0228	-0.0041	0.1826	0.3460	14 / 14
13	0.0393	-0.0040	0.1978	0.4820	18 / 18
12	0.0238	-0.0037	0.2987	0.4298	17 / 17
11	0.0116	-0.0121	0.2745	0.3415	16 / 16
10	-0.0055	-0.0184	0.3518	0.3872	15 / 15
9	0.0017	-0.0076	0.0808	0.5405	18 / 18
7	0.0136	-0.0012	-0.4370	0.4810	17 / 17
6	0.0374	0.0115	-0.5069	0.4931	16 / 16
5	-0.0211	0.0314	-0.8292	0.4692	12 / 12
3	0.0207	-0.0229	0.1659	0.4751	15 / 15
2	0.0679	-0.0025	0.0486	0.3662	15 / 15
1	0.0563	0.0411	-0.1651	0.3881	16 / 16
KOH [m]	0.0297	0.0168	0.3642		

#### 4.1.4 Dış hat dağılımı

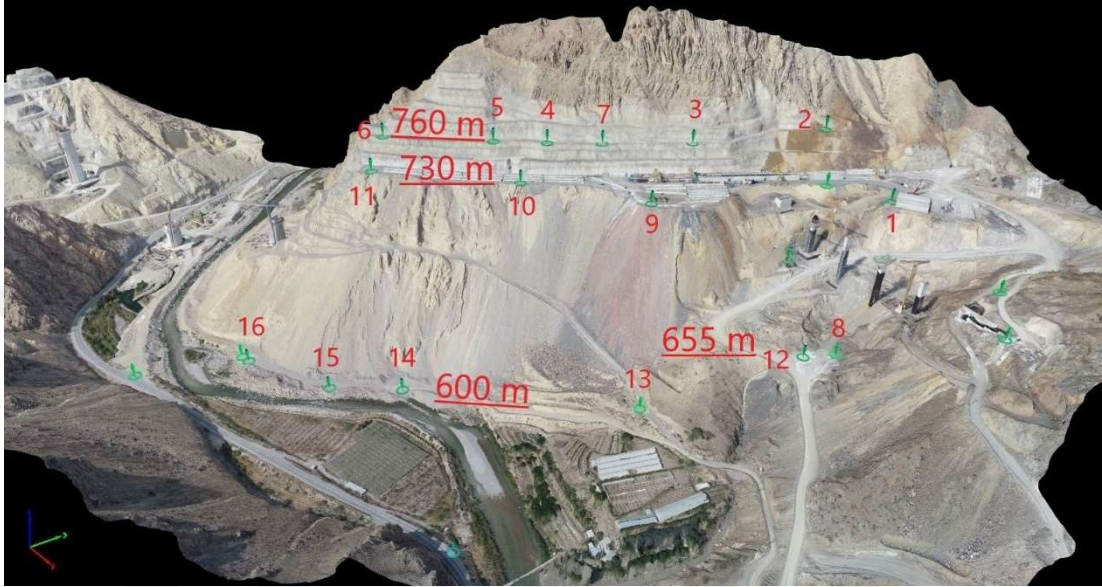
Şekil 4.1’de İşhan çalışma sahasını çevreleyen en dıştaki noktalar (1, 2, 5, 7, 14, 17 ve 19) YKN olarak kullanılmış ve modelleme yapılmıştır. Modelleme sonucunda test noktalarına ait KOH’un Y ekseninde 1.58 cm, X ekseninde 1.03 cm, Z ekseninde ise 7.76 cm olduğu görülmüştür. Maksimum hata miktarları ise Y ekseninde 3.54 cm, X ekseninde 2.13 cm, Z ekseninde ise 13.70 cm olarak kaydedilmiştir. İşhan çalışma sahası dış hat YKN dağılımı Çizelge 4.7’deki gibidir.

Çizelge 4.7. İşhan çalışma sahası dış hat YKN dağılımı hata miktarları

Test Noktası	Hata Y [m]	Hata X [m]	Hata Z [m]	Projeksiyon Hata [piksel]	Görüntü Sayısı
18	0.0137	0.0067	0.0193	0.3390	15 / 15
16	-0.0163	0.0024	0.0675	0.4205	20 / 20
15	-0.0037	-0.0100	0.0593	0.3519	14 / 14
13	0.0052	-0.0138	0.0808	0.4897	18 / 18
12	-0.0038	-0.0053	0.0801	0.4393	17 / 17
11	-0.0164	-0.0150	0.0708	0.3430	16 / 16
10	-0.0185	-0.0027	0.0744	0.3940	15 / 15
9	-0.0072	0.0054	0.0790	0.5426	18 / 18
8	-0.0181	0.0213	0.0935	0.4359	15 / 15
6	0.0354	-0.0003	0.0533	0.4903	16 / 16
4	0.0140	0.0096	0.1370	0.6073	15 / 15
3	-0.0074	0.0094	0.0611	0.4602	15 / 15
KOH [m]	0.0158	0.0103	0.0776		

#### 4.2 Açık Kazı Çalışma Sahası YKN Dağılımı ve Analizi

Açık kazı sahasında YKN'ler vadi tabanı (593 ile 655 m arasında değişen kotlarda 6 nokta), ara kısım (730 m yol kotunda 4 nokta) ve üst sıra (760 m palye kotunda 6 nokta) olmak üzere düşeyde 3 sıra halinde yerleştirilmiştir (Şekil 4.3). Açık kazı sahası için 8 farklı dağılım uygulanmış ve hata değerlerine bakılmıştır.



Şekil 4.3. Açık kazı çalışma sahası yükseltiye göre YKN dağılımı

YKN'ler için uygulanan 8 farklı dağılım şu şekildedir;

1. Açık kazı çalışma sahasına tesis edilen 16 adet noktadan (Şekil 4.3) homojen dağılıma sahip 10 tanesi YKN olarak, 6 tanesi ise test noktası olarak kullanılmış ve modelleme yapılarak ve hata değerlerine bakılmıştır.
2. Vadi tabanındaki YKN'ler esas alınarak yukarılardaki hata miktarlarına bakılmıştır.
3. Vadi tabanındaki YKN'lere, en üst sıradan nokta ilave edilerek hata miktarlarına bakılmıştır.
4. En üst sıradaki YKN'ler esas alınarak aşağıdaki hata miktarlarına bakılmıştır.
5. En üst sıradaki YKN'lere vadi tabanından nokta ilave edilerek hata miktarlarına bakılmıştır.
6. Orta sıradaki YKN'ler esas alınarak vadi tabanındaki ve üst noktadaki hata miktarlarına bakılmıştır.
7. Orta sıradaki YKN'lere vadi tabanından ve üst sıradan birer nokta ilave edilerek hata miktarlarına bakılmıştır.

8. Çalışma sahasının yatayda ve düşeyde en dışında bulunan noktalar esas alınarak hata miktarlarına bakılmıştır.

#### 4.2.1 Homojen dağılım

Açık kazı sahasında homojen olarak dağıtılan YKN'lerin hata miktarlarına bakıldığında KOH'un Y ekseninde 0.67 cm, X ekseninde 0.62 cm, Z ekseninde ise 1.12 cm olduğu görülmektedir. YKN'lerin maksimum hata miktarlarına bakıldığında Y ekseninde 1.2 cm, X ekseninde 1.4 cm, Z ekseninde ise 1.7 cm olduğu görülmektedir. Bu değerler aynı zamanda YKN'ler arasında uyumsuzluk olmadığını, üç boyutlu modelin YKN'lere oturduğunu göstermektedir. Açık kazı çalışma sahasına homojen olarak tesis edilen YKN'lerin hata miktarları Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Açık kazı sahası homojen YKN hata miktarları

YKN	Hata Y [m]	Hata X [m]	Hata Z [m]	Projeksiyon Hata [piksel]	Görüntü Sayısı
1	0.001	-0.006	-0.006	0.390	50 / 50
2	-0.000	-0.006	0.008	0.379	27 / 27
4	0.008	-0.006	0.001	0.393	34 / 34
6	-0.004	0.008	-0.009	0.409	35 / 35
7	-0.006	-0.002	-0.013	0.513	33 / 33
9	-0.002	-0.004	0.009	0.440	49 / 49
11	-0.011	-0.001	0.017	0.494	53 / 53
13	-0.004	0.001	0.016	0.448	105 / 105
15	0.008	0.001	-0.013	0.492	111 / 111
12	0.012	0.014	-0.010	0.538	75 / 75
KOH [m]	0.0067	0.0062	0.0112		

Test noktalarının hata miktarlarına bakıldığında KOH'un Y ekseninde 1.18 cm, X ekseninde 0.63 cm, Z ekseninde ise 2.26 cm olduğu görülmektedir. Test noktalarının maksimum hata miktarlarına bakıldığında Y ekseninde 2.01 cm, X ekseninde 1.18 cm, Z ekseninde ise 3.70 cm olduğu görülmektedir. Test noktalarının hata miktarları Çizelge 4.9'da verilmiştir. Bu sonuçlara bakıldığında dağlık bir arazi için hata

değerlerinin BÖHHBÜY'e göre kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu, fotogrametrik modellemenin dağlık ve engebeli arazilerde de hassas sonuçlar verdiği görülmektedir.

Çizelge 4.9. Açık kazı sahası test noktalarının hata miktarları

Test Noktası	Hata Y [m]	Hata X [m]	Hata Z [m]	Projeksiyon Hata [piksel]	Görüntü Sayısı
3	-0.0043	-0.0032	0.0156	0.5057	32 / 32
5	0.0089	-0.0014	-0.0140	0.5060	35 / 35
10	-0.0134	0.0064	0.0316	0.4463	51 / 51
8	-0.0016	-0.0057	-0.0146	0.4383	72 / 72
16	0.0201	-0.0038	0.0370	0.3380	112 / 112
14	0.0124	0.0118	0.0065	0.5854	99 / 99
KOH [m]	0.0118	0.0063	0.0226		

#### 4.2.2 Vadi tabanı dağılım

Vadi tabanı YKN dağılımında, vadi tabanındaki yükselteleri 600 ile 655 m arasında değişen 6 nokta (Şekil 4.3'te 8, 12, 13, 14, 15 ve 16) YKN olarak kullanılmış, vadinin üst yamaçlarında kalan 10 nokta ise test noktası olarak kullanılmıştır. Bu dağılım ile vadi tabanı YKN yerleşimi esas alınarak üst noktalarda oluşabilecek hata miktarları incelenmiştir. Vadi tabanı YKN dağılımının hata miktarları incelendiğinde YKN'lerin KOH'u oldukça düşük seviyelerde, Y eksenini için 0.7 cm, X eksenini için 0.7 cm, Z eksenini için ise 1.3 cm olduğu görülmüştür. Vadi tabanı YKN'lerin hata miktarları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Açık kazı sahası vadi tabanı YKN hata miktarları

YKN	Hata Y [m]	Hata X [m]	Hata Z [m]	Projeksiyon Hatası [piksel]	Görüntü Sayısı
8	-0.006	-0.007	-0.002	0.437	72 / 72
12	0.008	0.011	0.003	0.534	75 / 75
13	-0.009	-0.011	0.002	0.442	105 / 105
14	0.004	0.005	0.000	0.586	99 / 99
15	-0.005	0.003	-0.024	0.491	111 / 111

Çizelge 4.10. (devamı)

16	0.007	-0.000	0.022	0.335	112 / 112
KOH [m]	0.0067	0.0073	0.0133		

Test noktalarına bakıldığında hata miktarının homojen dağılıma kıyasla arttığı, KOH'un Y ekseninde 2.35 cm, X ekseninde 5.26 cm, Z ekseninde ise 16.50 cm olduğu görülmüştür. Maksimum hata miktarlarına bakıldığında Y ekseninde 3.92 cm, X ekseninde 9.18 cm, Z eksenine bakıldığında ise 20.19 cm'ye kadar arttığı görülmüştür. Bu sonuçlar yalnızca vadi tabanına yerleştiren YKN dağılımının, bir önceki homojen dağılım ile kıyaslandığında özellikle düşeyde hata miktarını önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Vadi tabanı test noktası hata miktarları Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Açık kazı sahası vadi tabanı test noktası hata miktarları

Test Noktası	Hata Y [m]	Hata X [m]	Hata Z [m]	Projeksiyon Hatası [piksel]	Görüntü Sayısı
1	-0.0302	0.0045	0.0980	0.3906	50 / 50
2	-0.0262	-0.0002	0.1382	0.3705	27 / 27
3	-0.0262	0.0339	0.1638	0.5058	32 / 32
4	-0.0149	0.0522	0.1791	0.3925	34 / 34
5	-0.0151	0.0654	0.1767	0.5045	35 / 35
6	-0.0348	0.0918	0.2019	0.4029	35 / 35
7	-0.0283	0.0481	0.1510	0.5137	33 / 33
9	-0.0263	0.0283	0.1459	0.4439	49 / 49
10	-0.0343	0.0549	0.1792	0.4493	51 / 51
11	-0.0392	0.0701	0.1916	0.4928	53 / 53
KOH [m]	0.0285	0.0526	0.1651		

### 4.2.3 Vadi tabanı dağılıma üst sıradan nokta ilavesi

Vadi tabanı YKN dağılımının üst sıralardaki hata miktarını önemli ölçüde artırdığı görülmüş, bunun üzerine vadi tabanı YKN dağılımına en üst sıradan yalnızca bir nokta eklenmiş ve hata miktarına nasıl bir etki yapacağı incelenmiştir.

Vadi tabanı YKN dağılımına en üst sıranın ortalarından bir nokta (Şekil 4.3'te 4 numara) eklendiğinde test noktalarının KOH'u Y ekseninde 2.23 cm, X ekseninde 2.92 cm, Z ekseninde 3.32 cm olduğu görülmüştür (Çizelge 4.12). Maksimum hata miktarlarına (Çizelge 4.12) bakıldığında Y ekseninde 3.61 cm, X ekseninde 5.36 cm, Z ekseninde 6.72 cm olduğu görülmüştür. Bir önceki vadi tabanı YKN dağılımı ile karşılaştırıldığında, hata miktarının özellikle düşeyde önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Vadi tabanı YKN dağılımına üst sıradan tek nokta ilavesi sonucu oluşan hata miktarları Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Açık kazı vadi tabanı YKN dağılımına üst sıradan tek nokta ilavesi hata miktarları

Test Noktası	Hata Y [m]	Hata X [m]	Hata Z [m]	Projeksiyon Hata [piksel]	Görüntü Sayısı
1	-0.0361	-0.0307	0.0514	0.3976	50 / 50
2	-0.0293	-0.0536	0.0672	0.3770	27 / 27
3	-0.0220	-0.0197	0.0276	0.5043	32 / 32
5	0.0021	0.0147	-0.0143	0.5043	35 / 35
6	-0.0113	0.0440	-0.0076	0.4042	35 / 35
7	-0.0176	-0.0042	-0.0140	0.5153	33 / 33
9	-0.0211	-0.0090	0.0180	0.4432	49 / 49
10	-0.0229	0.0152	0.0304	0.4502	51 / 51
11	-0.0207	0.0314	0.0182	0.4928	53 / 53
KOH [m]	0.0223	0.0292	0.0332		

Eklenen tek bir noktanın sonuçları nasıl iyileştirdiği gözlemlendikten sonra, en üst sıradan bir nokta daha (En üst sıranın başı ile sonundan 2 ve 6 numara) eklenerek sonuçlara nasıl etki edeceği incelenmiş ve test noktalarının KOH'u (Çizelge 4.13) Y ekseninde 0.92 cm, X ekseninde 0.89 cm, Z ekseninde 2.12 cm olduğu görülmüştür.



Maksimum hata miktarlarının (Çizelge 4.13) ise Y ekseninde 1.65 cm, X ekseninde 1.41 cm, Z ekseninde 4.38 cm olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.13. Açık kazı vadi tabanı YKN dağılımına üst sıradan iki nokta ilavesi hata miktarları

Test Noktası	Hata Y [m]	Hata X [m]	Hata Z [m]	Projeksiyon Hata [piksel]	Görüntü Sayısı
1	0.0016	-0.0072	-0.0066	0.3910	50 / 50
3	-0.0045	-0.0074	0.0227	0.5089	32 / 32
4	0.0072	-0.0141	0.0118	0.3913	34 / 34
5	0.0084	-0.0090	-0.0016	0.5048	35 / 35
7	-0.0071	-0.0095	-0.0057	0.5106	33 / 33
9	-0.0024	-0.0115	0.0195	0.4420	49 / 49
10	-0.0141	-0.0011	0.0438	0.4454	51 / 51
11	-0.0165	-0.0044	0.0240	0.4912	53 / 53
KOH [m]	0.0092	0.0089	0.0212		

Bir önceki işlem olan tek nokta ilavesi ile kıyaslandığında özellikle yatay konum doğruluğunda önemli oranda artış olduğu gözlenmiştir. Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.9'a bakıldığında, vadi tabanı YKN dağılımına en üst sıradan yalnızca iki nokta ilave edilerek homojen YKN dağılımı ile çok yakın değerlerin elde edildiği görülmektedir.

#### 4.2.4 Üst sıra dağılım

Üst sıra YKN dağılımında, en üst sıraya tesis edilen noktalar (Şekil 4.3'teki 2, 3, 4, 5, 6 ve 7) YKN olarak kullanılmış, diğer noktalar ise test noktası olarak kullanılmıştır. Üst sıra YKN dağılımı ile vadinin üst yamaçlarındaki (760 m palye kotu) noktalar baz alınarak aşağıdaki noktaların hata miktarları incelenmiştir. Üç boyutlu model üretiminden sonra test noktalarının KOH miktarlarına bakıldığında Y ekseninde 6.29 cm, X ekseninde 6.63 cm, Z ekseninde ise 46.61 cm olduğu görülmüştür. Maksimum hata miktarlarına bakıldığında Y ekseninde 10.71 cm, X ekseninde 10.57 cm, Z ekseninde ise 63.32 cm'ye kadar çıktığı görülmüştür. Homojen dağılım ile kıyaslandığında hata miktarlarının önemli ölçüde arttığı görülmektedir. Test noktalarının hata miktarları Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Çizelge 4.14. Açık kazı sahası üst sıra YKN dağılımı hata miktarları

Test Noktası	Hata Y [m]	Hata X [m]	Hata Z [m]	Projeksiyon Hata [piksel]	Görüntü Sayısı
1	-0.0205	0.0149	-0.2131	0.3914	50 / 50
8	-0.0747	0.0378	-0.5598	0.4379	72 / 72
9	-0.0169	0.0079	-0.1397	0.4433	49 / 49
10	-0.0297	0.0165	-0.0712	0.4492	51 / 51
11	-0.0264	0.0079	-0.0734	0.4931	53 / 53
12	-0.0609	0.0563	-0.5534	0.5349	75 / 75
13	-0.1071	0.0864	-0.5958	0.4410	105 / 105
14	-0.0837	0.1057	-0.6192	0.5845	99 / 99
15	-0.0752	0.1020	-0.6332	0.4903	111 / 111
16	-0.0619	0.0985	-0.5814	0.3354	112 / 112
KOH [m]	0.0629	0.0663	0.4661		

#### 4.2.5 Üst sıra dağılıma vadi tabanından nokta ilavesi

Üst sıra YKN dağılımının daha alt yükseltilerde ve vadi tabanında hata miktarını önemli ölçüde artırdığı görülmüş ve bunun üzerine üst sıra YKN dağılımına vadi tabanından iki nokta eklenerek hata miktarına nasıl bir etki yapacağı incelenmiştir.

Üst sıra YKN dağılımına vadi tabanının başından ve sonundan birer nokta (Şekil 4.3'teki 12 ve 15 numaralı noktalar) eklendiğinde test noktalarının KOH'un Y ekseninde 1.15 cm, X ekseninde 0.74 cm, Z ekseninde ise 3.99 cm'ye düştüğü görülmüştür. Maksimum hata miktarlarına bakıldığında ise Y ekseninde 1.87 cm, X ekseninde 1.27 cm, Z ekseninde ise 6.19 cm olduğu görülmüştür. Bir önceki üst sıra YKN dağılımı ile karşılaştırıldığında, hata miktarının özellikle düşeyde önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Üst sıra YKN dağılımına vadi tabanından iki nokta ilavesi ile sonuçların nasıl iyileştiği ve oluşan hata miktarları Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4.15. Açık kazı üst sıra YKN dağılımına vadi tabanından nokta ilavesi hata miktarları

Test Noktası	Hata Y [m]	Hata X [m]	Hata Z [m]	Projeksiyon Hata [piksel]	Görüntü Sayısı
1	0.0021	-0.0075	-0.0222	0.3927	50 / 50
8	-0.0056	-0.0127	-0.0167	0.4365	72 / 72
9	-0.0026	-0.0068	0.0196	0.4417	49 / 49
10	-0.0160	0.0042	0.0472	0.4469	51 / 51
11	-0.0187	-0.0038	0.0306	0.4910	53 / 53
13	-0.0105	-0.0011	0.0619	0.4413	105 / 105
14	0.0072	0.0117	0.0413	0.5864	99 / 99
16	0.0156	-0.0007	0.0541	0.3360	112 / 112
KOH [m]	0.0115	0.0074	0.0400		

#### 4.2.6 Orta sıra dağılım

Orta sıra YKN dağılımında 730 m yol kotuna yerleştirilen noktalar (Şekil 4.3) YKN olarak kullanılmış, diğer noktalar ise test noktası olarak kullanılmıştır. Orta sıra YKN dağılımı ile vadi tabanı ve vadinin üst yamaçlarında oluşacak hata miktarları incelenmiştir. Modelleme işleminin ardından test noktalarının KOH miktarlarına bakıldığında Y ekeninde 6.06 cm, X ekseninde 4.18 cm, Z ekseninde ise 18.71 cm olduğu görülmüştür. Maksimum hata miktarlarına bakıldığında ise Y ekseninde 9.89 cm, X ekseninde 7.91 cm, Z ekseninde ise 33.40 cm olduğu görülmüştür.

Test noktalarının hata miktarlarına bakıldığında YKN'lerden uzaklaştıkça Çizelge 4.16'daki gibi arttığı görülmektedir. Test noktalarının hata miktarları Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Açık kazı orta sıra YKN dağılımı hata miktarları

Test Noktası	Hata Y [m]	Hata X [m]	Hata Z [m]	Projeksiyon Hata [piksel]	Görüntü Sayısı
2	-0.0207	-0.0123	0.0387	0.3712	27 / 27
3	-0.0139	0.0036	0.0374	0.5051	32 / 32
4	0.0040	0.0022	0.0286	0.3925	34 / 34
5	0.0068	0.0079	0.0190	0.5050	35 / 35
6	-0.0059	0.0206	0.0295	0.4021	35 / 35
7	-0.0123	0.0057	0.0089	0.5127	33 / 33
8	0.0627	-0.0127	-0.1652	0.4379	72 / 72
12	0.0777	0.0018	-0.1678	0.5345	75 / 75
13	0.0809	-0.0680	-0.2817	0.4411	105 / 105
14	0.0961	-0.0607	-0.2912	0.5850	99 / 99
15	0.0873	-0.0745	-0.3340	0.4909	111 / 111
16	0.0989	-0.0791	-0.2901	0.3348	112 / 112
KOH [m]	0.0606	0.0418	0.1871		

#### 4.2.7 Orta sıra dağılıma vadi tabanından ve üst sıradan nokta ilavesi

Orta sıra YKN dağılımının vadi tabanında ve üst yükseltilerde hata miktarını önemli ölçüde artırdığı gözlenmiş, bunun üzerine vadi tabanından (15 numara) ve üst sıradan (1 numara) birer nokta simetrik olarak ilave edilerek, sonuçlara nasıl etki edeceği incelenmiştir. Modelleme işleminin ardından test noktalarının KOH miktarlarının Y ekseninde 1.57 cm, X ekseninde 1.13 cm, Z ekseninde ise 3.50 cm'ye düştüğü gözlenmiştir. Maksimum hata miktarının ise Y ekseninde 3.21 cm, X ekseninde 2.87 cm, Z ekseninde ise 5.03 cm olduğu görülmüştür. Test noktası hata miktarları Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Açık kazı orta sıra YKN dağılımına nokta ilavesi test noktası hata miktarları

Test Noktası	Hata Y [m]	Hata X [m]	Hata Z [m]	Projeksiyon Hata [piksel]	Görüntü Sayısı
3	0.0018	-0.0031	-0.0074	0.5058	32 / 32
4	0.0166	-0.0081	-0.0292	0.3905	34 / 34
5	0.0180	-0.0032	-0.0431	0.5043	35 / 35
6	0.0025	0.0093	-0.0383	0.4022	35 / 35
7	0.0019	-0.0040	-0.0436	0.5119	33 / 33
8	0.0182	0.0127	-0.0265	0.4374	72 / 72
12	0.0321	0.0287	-0.0255	0.5345	75 / 75
13	0.0005	-0.0011	0.0404	0.4427	105 / 105
14	0.0143	0.0094	0.0255	0.5866	99 / 99
16	0.0169	-0.0037	0.0503	0.3365	112 / 112
KOH [m]	0.0157	0.0113	0.0350		

#### 4.2.8 Dış hat dağılım

Fotogrametrik modelin doğru bir şekilde ölçeklenebilmesi, dönüklük etkisinin oluşmaması için, üç boyutta da (X, Y ve Z) mümkün olduğunca uzak noktalara ihtiyaç olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle çalışma sahasını üç boyutta çevreleyen en dış noktalar YKN olarak kullanılmış ve hata miktarları irdelenmiştir.

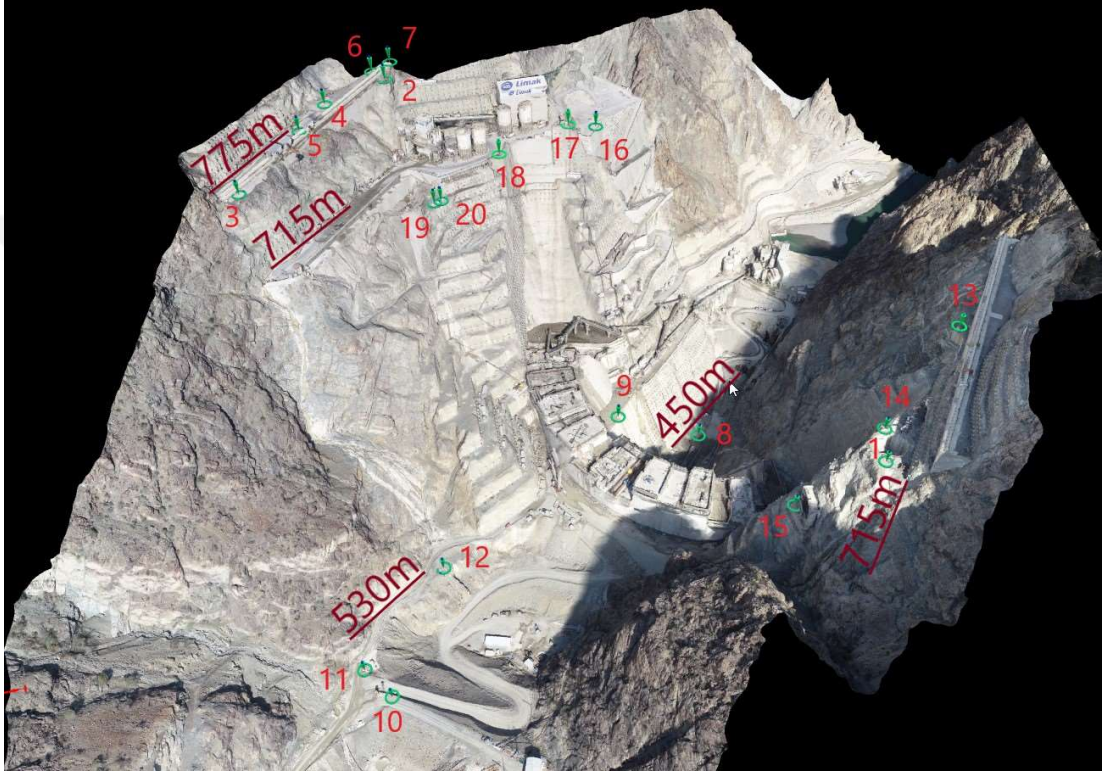
Açık kazı sahasında yatayda ve düşeyde en dışta bulunan noktalar (Şekil 4.3'te 1, 2, 6, 12, 14 ve 15) YKN olarak kullanılmış geriye kalan noktalar ise test noktası olarak kullanılmıştır. Dış hat YKN dağılımında hata miktarlarına bakıldığında Y ekseninde 1.07 cm, X ekseninde 1.10 cm, Z ekseninde ise 2.70 cm KOH ile karşılaşılmıştır. Maksimum hata miktarlarına bakıldığında ise Y ekseninde 1.74 cm, X ekseninde 1.75 cm, Z ekseninde ise 4.73 cm hata miktarı ile karşılaşılmıştır. Bu sonuçlara bakıldığında homojen YKN dağılımı ile hemen hemen aynı olduğu görülmektedir. Dış hat YKN dağılımı Çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Açık kazı dış hat YKN dağılımı hata miktarları

Test Noktası	Hata Y [m]	Hata X [m]	Hata Z [m]	Projeksiyon Hata [piksel]	Görüntü Sayısı
3	-0.0093	-0.0098	0.0226	0.5068	32 / 32
4	0.0036	-0.0175	0.0139	0.3917	34 / 34
5	0.0053	-0.0123	0.0008	0.5050	35 / 35
7	-0.0112	-0.0125	-0.0047	0.5129	33 / 33
9	-0.0058	-0.0144	0.0211	0.4409	49 / 49
10	-0.0174	-0.0049	0.0473	0.4472	51 / 51
11	-0.0167	-0.0069	0.0288	0.4914	53 / 53
8	-0.0034	-0.0121	-0.0147	0.4368	72 / 72
16	0.0105	-0.0056	0.0422	0.3376	112 / 112
13	-0.0120	-0.0063	0.0327	0.4449	105 / 105
KOH [m]	0.0107	0.0110	0.0270		

### 4.3 Baraj Çalışma Sahası YKN dağılım ve Analizi

Baraj çalışma sahasında YKN'ler için 6 farklı dağılım uygulanmış ve hata değerlerine bakılmıştır. Bu noktalar vadi tabanı (450 ile 530 m arasında değişen kotlarda 5 nokta), Sol sahil ve sağ sahil (Yaklaşık 700 ile 725 m arasında değişen kotlarda 8 nokta) ve en üstte sol sahil (775 m palye kotuna 6 nokta) olmak üzere düşeyde 3 sıra halinde yerleştirilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Baraj çalışma sahası yükseltiye göre YKN dağılımı

YKN'ler için uygulanan 6 farklı dağılım şu şekildedir;

- Baraj çalışma sahasına tesis edilen 20 adet noktadan homojen dağılıma sahip 11 tanesi YKN olarak, 9 tanesi ise test noktası olarak kullanılmış ve modelleme yapılarak ve hata değerlerine bakılmıştır.
- Sol sahil 775 m palye kotundaki YKN'ler esas alınarak yukarılardaki hata miktarlarına bakılmıştır.
- Vadi tabanındaki YKN'ler esas alınarak üst kotlardaki hata miktarlarına bakılmıştır.
- Vadi tabanındaki YKN'lere, Sol ve sağ sahilden nokta ilave edilerek ve hata miktarlarına bakılmıştır.



- Sol sahil ve Sağ sahildeki YKN'ler esas alınarak hata miktarlarına bakılmıştır.
- Çalışma sahasının yatayda ve düşeyde en dışında bulunan noktalar esas alınarak hata miktarlarına bakılmıştır.

#### 4.3.1 Homojen dağılım

Baraj çalışma sahasında homojen YKN dağılımı esas alınarak yapılan modellemede test noktalarının KOH'u Y ekseninde 2.20 cm, X ekseninde 1.32 cm, Z ekseninde 2.06 cm olduğu görülmüştür. Maksimum hatalara bakıldığında ise Y ekseninde 4.23 cm, X ekseninde 2.63 cm, Z ekseninde ise 4.80 cm olduğu görülmüştür. Test noktalarının hata miktarları Çizelge 4.19'da verilmiştir. Bu sonuçlara bakıldığında hata değerlerinin BÖHHBÜY'e göre kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu, İHA platformu ile fotogrametrik veri üretiminin, dağlık ve engebeli arazilerde de hassas sonuçlar verdiği görülmektedir.

Çizelge 4.19. Baraj çalışma sahası homojen YKN dağılımı hata miktarları

Test Noktası	Hata Y [m]	Hata X [m]	Hata Z [m]	Projeksiyon Hata [piksel]	Görüntü Sayısı
14	0.0093	-0.0156	0.0000	0.5245	22 / 22
17	-0.0324	0.0167	-0.0027	0.3981	21 / 21
4	-0.0173	0.0017	-0.0009	0.1782	5 / 5
5	-0.0124	0.0040	0.0249	0.1161	7 / 7
6	0.0036	0.0105	0.0089	0.2462	5 / 5
9	0.0236	-0.0121	-0.0278	0.5158	156 / 156
11	0.0124	-0.0263	0.0480	0.4053	85 / 85
20	0.0165	-0.0013	0.0024	0.3673	37 / 37
15	0.0423	-0.0090	0.0043	0.4011	44 / 44
KOH [m]	0.0220	0.0132	0.0206		

#### 4.3.2 Sol sahil 775 kotu dağılım

Sol sahilde, hava hattının bulunduğu 775 m palye kotuna tesis edilen 6 adet nokta (Şekil 4.4) YKN olarak kullanılmış geriye kalan 14 nokta ise test noktası olarak kullanılarak aşağılarda oluşacak hata miktarları incelenmiştir. Modelleme işleminin

ardından test noktalarının hata miktarlarına bakıldığında Y ekseninde 18.84 cm, X ekseninde 13.78 cm, Z ekseninde ise 35.36 cm KOH görülmüştür. Maksimum hata miktarlarına bakıldığında Y ekseninde 34.14 cm, X ekseninde 24.58 cm, Z ekseninde ise 54.18 cm olduğu görülmüştür. Çizelge 4.20'deki test noktalarının hata miktarları incelendiğinde YKN'lerden yatayda ve düşeyde uzaklaştıkça hata miktarlarının orantılı olarak arttığı görülmektedir. Test noktalarının hata miktarları Çizelge 4.20'deki gibidir.

Çizelge 4.20. Baraj sol sahil 775 kotu YKN dağılımı hata miktarları

Test Noktası	Hata Y [m]	Hata X [m]	Hata Z [m]	Projeksiyon Hata [piksel]	Görüntü Sayısı
14	0.0443	0.0184	0.5060	0.5136	22 / 22
18	0.0349	-0.0342	-0.0404	0.4653	27 / 27
17	0.0192	-0.0201	0.0293	0.3980	21 / 21
13	-0.0317	0.0580	0.5418	0.2695	21 / 21
1	0.0269	0.0232	0.5077	0.3571	20 / 20
8	0.3414	-0.2261	-0.5339	0.4238	205 / 205
9	0.2677	-0.1861	-0.3968	0.5120	156 / 156
10	0.2907	-0.2272	-0.3600	0.4388	87 / 87
11	0.2886	-0.2458	-0.3532	0.4004	85 / 85
12	0.2799	-0.2254	-0.4082	0.5497	139 / 139
19	0.0958	-0.0530	-0.1043	0.4780	34 / 34
20	0.0920	-0.0520	-0.1032	0.3671	37 / 37
16	0.0740	-0.0396	0.0502	0.3553	30 / 30
15	0.1853	-0.0658	0.2309	0.4076	44 / 44
KOH [m]	0.1884	0.1378	0.3536		

Sağ sahildeki 1, 13 ve 14 numaralı test noktalarının, sol sahildeki YKN'ler ile yakın yükseltide olmalarına rağmen vadi tabanındaki 8 numara ile düşeyde hemen hemen aynı hatayı vermeleri, YKN'lerden hem yatayda hem de düşeyde uzaklaştıkça hata miktarının arttığını göstermektedir.

### 4.3.3 Vadi tabanı dağılım

Vadi tabanı YKN dağılımı ile vadi tabanındaki noktalar (Şekil 4.4'te 450 ile 530 kotu arasındaki) YKN olarak kullanılmış ve üst kotlardaki hata miktarları araştırılmıştır. Yapılan modelleme ile test noktalarının KOH'u Y ekseninde 11.35 cm, X ekseninde 5.49 cm, Z ekseninde ise 14.77 cm olduğu görülmüştür. Maksimum hatanın ise Y ekseninde 13.86 cm, X ekseninde 7.62 cm, Z ekseninde ise 23.60 cm'ye kadar arttığı görülmüştür. Vadi tabanı YKN dağılımında hata miktarının homojen dağılıma göre önemli oranda arttığı tespit edilmiştir. Test noktası hata miktarları Çizelge 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Baraj çalışma sahası Vadi tabanı YKN dağılımı hata miktarları

Test Noktası	Hata Y [m]	Hata X [m]	Hata Z [m]	Projeksiyon Hata [piksel]	Görüntü Sayısı
14	-0.1386	0.0380	0.2360	0.5103	22 / 22
18	-0.0976	0.0420	0.0971	0.4653	27 / 27
17	-0.1021	0.0455	0.1364	0.3977	21 / 21
13	-0.1919	0.0594	0.2353	0.2713	21 / 21
1	-0.1612	0.0443	0.2266	0.3533	20 / 20
2	-0.0978	0.0605	0.1079	0.2679	6 / 6
3	-0.1381	0.0708	0.0899	0.2332	8 / 8
4	-0.1249	0.0681	0.0928	0.1801	5 / 5
5	-0.1273	0.0691	0.1106	0.1128	7 / 7
6	-0.0951	0.0762	0.1144	0.2361	5 / 5
7	-0.0960	0.0729	0.1138	0.4309	5 / 5
19	-0.0579	0.0410	0.0815	0.4776	34 / 34
20	-0.0610	0.0412	0.0805	0.3686	37 / 37
16	-0.0508	0.0266	0.1595	0.3524	30 / 30
15	-0.0551	0.0347	0.1785	0.4072	44 / 44
KOH [m]	0.1135	0.0549	0.1477		

#### 4.3.4 Vadi tabanı dağılıma sol ve sağ sahilden nokta ilavesi

Vadi tabanı YKN dağılımının üst kotlardaki hata miktarını önemli ölçüde artırdığı görülmüş, bunun üzerine vadi tabanı YKN dağılımına sol ve sağ sahilden nokta ilave edilerek hata miktarına nasıl bir etki yapacağı incelenmiştir.

Vadi tabanı YKN dağılımına sol ve sağ sahilden birer nokta (Şekil 4.4'te 3 ve 1 numara) eklendiğinde test noktalarının KOH'u Y ekseninde 3.02 cm, X ekseninde 0.95 cm, Z ekseninde 2.73 cm olduğu görülmüştür. Maksimum hata miktarlarına bakıldığında Y ekseninde 6.41 cm, X ekseninde 2.39 cm, Z ekseninde 5.19 cm olduğu görülmüştür. Bir önceki vadi tabanı YKN dağılımı ile karşılaştırıldığında, hata miktarının özellikle düşeyde önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Vadi tabanı YKN dağılımına üst sıradan nokta ilavesi sonucu oluşan hata miktarları Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Vadi tabanı YKN dağılımına nokta ilavesi hata miktarları

Test Noktası	Hata Y [m]	Hata X [m]	Hata Z [m]	Projeksiyon Hata [piksel]	Görüntü Sayısı
14	-0.0074	-0.0040	-0.0129	0.5125	22 / 22
18	0.0009	-0.0076	0.0036	0.4631	27 / 27
17	-0.0055	-0.0020	0.0164	0.3970	21 / 21
13	-0.0641	0.0239	-0.0519	0.2718	21 / 21
2	0.0264	-0.0064	0.0231	0.2699	6 / 6
4	0.0042	0.0007	0.0210	0.1795	5 / 5
5	0.0035	0.0037	0.0405	0.1142	7 / 7
6	0.0309	0.0078	0.0338	0.2349	5 / 5
7	0.0290	0.0042	0.0275	0.4323	5 / 5
19	0.0366	-0.0050	0.0210	0.4775	34 / 34
20	0.0333	-0.0048	0.0178	0.3679	37 / 37
16	0.0413	-0.0175	0.0353	0.3521	30 / 30
15	0.0320	0.0053	-0.0032	0.3988	44 / 44
KOH [m]	0.0302	0.0095	0.0273		

#### 4.3.5 Sağ ve sol sahil dağılım

Sağ ve sol sahil YKN dağılımında vadinin her iki tarafında 700 ile 725 m arası değişen kotlarda yerleştirilen noktalar (Şekil 4.4) YKN olarak kullanılmış, diğer noktalar ise test noktası olarak kullanılmıştır. Sağ ve sol sahil YKN dağılımı ile vadi tabanı ve vadinin üst noktalarında oluşacak hata miktarlarını incelemek amaçlanmıştır. Modelleme işleminin ardından test noktalarının KOH miktarlarına (Çizelge 4.23) bakıldığında Y ekeninde 2.49 cm, X ekseninde 5.53 cm, Z ekseninde ise 40.29 cm olduğu görülmüştür. Maksimum hata miktarlarına (Çizelge 4.23) bakıldığında ise Y ekseninde 4.06 cm, X ekseninde 12.21 cm, Z ekseninde ise 84.76 cm'ye varan hatalar görülmüştür.

Çizelge 4.23. Sağ ve sol sahil YKN dağılımı hata miktarları

Test Noktası	Hata Y [m]	Hata X [m]	Hata Z [m]	Projeksiyon Hata [piksel]	Görüntü Sayısı
2	0.0094	-0.0057	0.2115	0.2709	6 / 6
3	-0.0137	-0.0142	0.2686	0.2308	8 / 8
4	-0.0124	-0.0062	0.2377	0.1830	5 / 5
5	-0.0105	-0.0081	0.2644	0.1138	7 / 7
6	0.0127	0.0080	0.2371	0.2418	5 / 5
7	0.0118	0.0065	0.2279	0.4355	5 / 5
8	-0.0053	-0.0085	-0.8476	0.4229	205 / 205
9	-0.0082	-0.0290	-0.5928	0.5130	156 / 156
10	-0.0369	-0.1088	-0.4015	0.4388	87 / 87
11	-0.0407	-0.1221	-0.3527	0.4003	85 / 85
12	-0.0370	-0.0867	-0.4497	0.5498	139 / 139
15	0.0460	-0.0325	-0.1977	0.4099	44 / 44
KOH [m]	0.0249	0.0553	0.4029		

Çizelge 4.23'te YKN'lerden 60 m yukarıdaki noktalara (sol sahil 775 m palye kotu, 2, 3, 4, 5, 6 ve 7) bakıldığında düşeyde hata 23-24 cm civarlarında iken, 265 m aşağıda vadi tabanında (8, 9, 10, 11 ve 12 numaralı YKN'ler) hata miktarının 84 cm'ye



kadar çıktığı görülmektedir. Bu da YKN'lerden uzaklaştıkça hata miktarının arttığını göstermektedir. Test noktalarının hata miktarlarındaki artış Çizelge 4.23'te gösterilmiştir.

#### 4.3.6 Dış hat dağılım

Fotogrametrik modelin doğru bir şekilde ölçeklenebilmesi ve dönüklük etkisinin oluşmaması için, her üç boyutta (X, Y ve Z) mümkün olduğunca uzak noktalara ihtiyaç olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle çalışma sahasını üç boyutta da çevreleyen en dış noktalar (Şekil 4.4'te 1, 2, 3, 7, 8, 10, 13 ve 16) YKN olarak kullanılmış ve test noktalarının hata miktarları Çizelge 4.24'te irdelenmiştir.

Çizelge 4.24. Baraj çalışma sahası dış hat YKN dağılımı hata miktarları

Test N	Hata Y [m]	Hata X [m]	Hata Z [m]	Projeksiyon Hata [piksel]	Görüntü Sayısı
14	0.0135	-0.0164	0.0053	0.5233	22 / 22
18	-0.0212	0.0010	-0.0116	0.4685	27 / 27
17	-0.0343	0.0175	-0.0055	0.3968	21 / 21
4	-0.0140	-0.0006	-0.0000	0.1780	5 / 5
5	-0.0087	0.0019	0.0265	0.1130	7 / 7
6	0.0038	0.0081	0.0069	0.2403	5 / 5
9	0.0258	-0.0181	-0.0189	0.5157	156 / 156
11	0.0270	-0.0309	0.0615	0.4058	85 / 85
12	0.0311	-0.0262	0.0375	0.5544	139 / 139
19	0.0237	-0.0065	0.0107	0.4760	34 / 34
20	0.0198	-0.0056	0.0072	0.3716	37 / 37
15	0.0462	-0.0098	0.0147	0.4023	44 / 44
KOH [m]	0.0251	0.01522	0.0239		

Dış hat YKN dağılımı (Çizelge 4.24) ve homojen YKN dağılımı (Çizelge 4.19) hata miktarları incelendiğinde dış hat YKN dağılımında daha az YKN bulunmasına, iç kısımlarda hiç YKN bulunmamasına rağmen hata miktarlarının homojen dağılım ile neredeyse aynı olduğu görülmektedir. Bu sonuç iç kısımlarda homojen bir YKN

dağılımının yanı sıra, çalışma sahasının en dış sınırlarını yatayda ve düşeyde üç boyutlu olarak çevreleyen, arazinin topografik yapısını yansıtan bir YKN dağılımının gerekliliğini ortaya koymuştur.

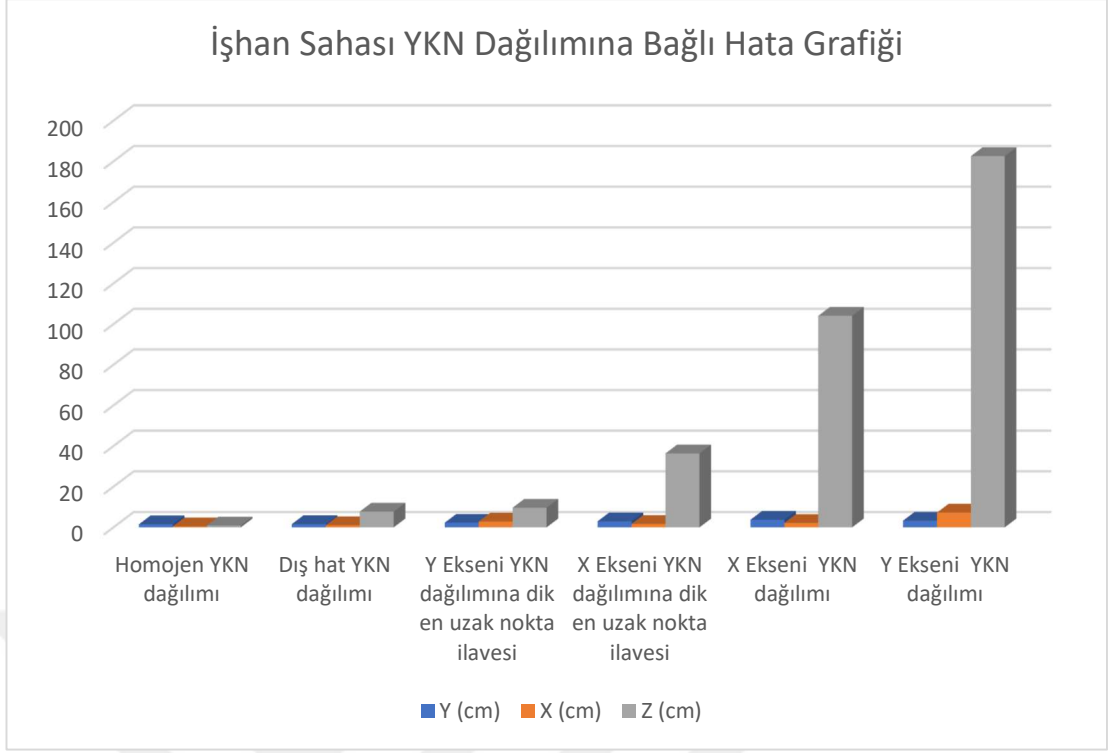
#### 4.4 Bölgelerin YKN Dağılımlarının Karşılaştırılması ve Grafik Gösterimi

##### 4.4.1 İşhan sahası YKN dağılımı karşılaştırma ve grafik gösterimi

Çizelge 4.25 ve Şekil 4.5'te işhan sahası YKN dağılımlarının karşılaştırması incelendiğinde homojen YKN dağılımı hata miktarlarının düşük seviyelerde olduğu, dış hat dağılımının ise buna yakın değerlerle olduğu görülmektedir. Yalnızca X eksenini veya yalnızca Y eksenini doğrultusunda yapılan YKN dağılımlarında ise düşeyde ciddi hata miktarları (182 cm) olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.25. İşhan çalışma sahası YKN dağılımına göre ve KOH miktarları

YKN DAĞILIMI	Y [m]	X [m]	Z [m]
Homojen YKN dağılımı	0.0150	0.0049	0.0093
Y Eksenini doğrultusunda YKN dağılımı	0.0328	0.0726	1.8259
Y eksenini YKN dağılımına dik doğrultuda en uzak nokta ilavesi	0.0227	0.0284	0.0967
X Eksenini doğrultusunda YKN dağılımı	0.0374	0.0217	1.0412
X eksenini YKN dağılımına dik doğrultuda en uzak nokta ilavesi	0.0297	0.0168	0.3642
Dış hat YKN dağılımı	0.0158	0.0103	0.0776



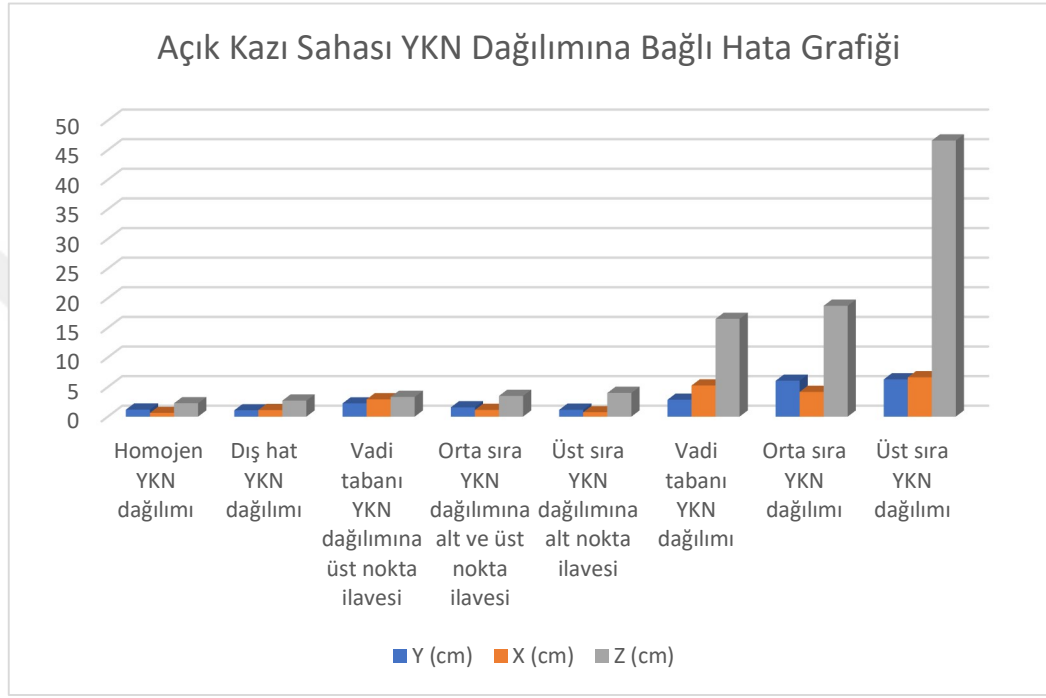
Şekil 4.5. İşhan çalışma sahası YKN dağılımına bağlı hata grafiği

Çizelge 4.25 ve Şekil 4.5'ten de anlaşılacağı üzere, yalnızca X veya yalnızca Y doğrultusunda yapılan YKN dağılımlarında dönüklük ortaya çıkmış ve bu durum düşeyde ciddi oranda hata artışlarına sebebiyet vermiştir. Bunu önlemek adına YKN hattına dik doğrultuda en uzak nokta YKN'ye dahil edilmiş ve sonuçlarda büyük oranda iyileşme görülmüştür. YKN hattına dik doğrultuda nokta eklenerek sonuçların iyileşmesi (Şekil 4.5) tek eksen üzerine (hat dağılımı) yapılan YKN dağılımlarında modelin diğer eksenlerde doğru ölçeklenemediğini veya başka bir ifadeyle doğru modellenemediğini göstermiştir.

#### 4.4.2 Açık kazı sahası YKN dağılımı karşılaştırma ve grafik gösterimi

Çizelge 4.26 ve Şekil 4.6'da açık kazı çalışma sahasındaki tüm YKN dağılımlarının karşılaştırılması incelendiğinde en düşük hata miktarının homojen YKN dağılımında olup bunu çok az bir fark ile dış hat YKN dağılımının takip ettiği görülmektedir. Vadi tabanı, orta sıra ve üst sıra YKN dağılımlarının ise en fazla hata miktarına sahip olduğu, ancak bu dağılımlara diğer sıralardan, yani farklı yükseltilerden nokta ilave edildiğinde doğruluklarının büyük oranda arttığı görülmüştür. Vadi tabanı, orta sıra ve üst sıra YKN dağılımlarına nokta ilavesinin sonuçları nasıl iyileştirdiği Çizelge 4.26.

ve Şekil 4.6’da görülmektedir. Yalnızca belirli bir yükseltideki YKN dağılımları veya çok geniş bir yükselti aralığını içermeyen (Vadi tabanı YKN dağılımı, orta sıra YKN dağılımı, üst sıra YKN dağılımı) gibi dağılımların modeli düşeyde doğru ölçekleyemediği, büyük hatalara sebebiyet verdiği anlaşılmaktadır. Bu türlü dağılımlara alt veya üst kotlardan nokta ilave edilerek doğruluğu büyük oranda artırılmıştır.



Şekil 4.6. Açık kazı çalışma sahası YKN dağılımına bağlı hata grafiği

Çizelge 4.26. Açık kazı çalışma sahası YKN dağılımı ve KOH miktarları

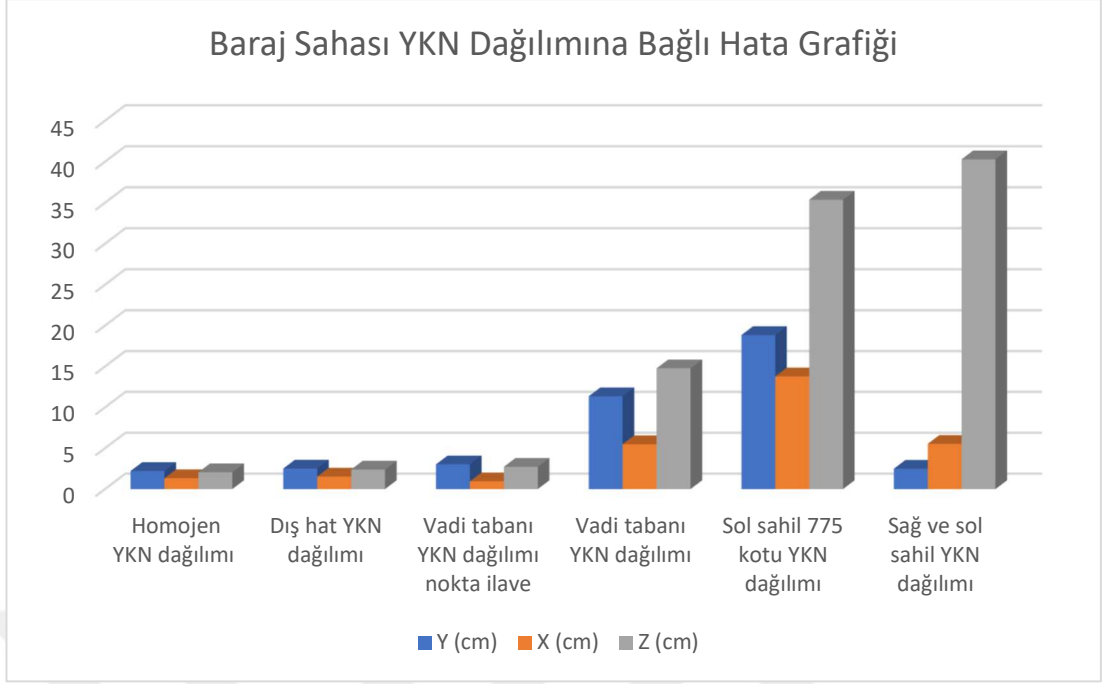
YKN DAĞILIMI	Y [m]	X [m]	Z [m]
Homojen YKN dağılımı	0.0118	0.0063	0.0226
Vadi tabanı YKN dağılımı	0.0285	0.0526	0.1651
Vadi tabanı YKN dağılımına üst nokta ilave	0.0223	0.0292	0.0332
Üst sıra YKN dağılımı	0.0629	0.0663	0.4661
Üst sıra YKN dağılımına alt nokta ilave	0.0115	0.0074	0.0400
Orta sıra YKN dağılımı	0.0606	0.0418	0.1871
Orta sıra YKN dağılımına alt ve üst nokta ilave	0.0157	0.0113	0.0350
Dış hat YKN dağılımı	0.0107	0.011	0.0270

#### 4.4.3 Baraj sahası YKN dağılımı karşılaştırma ve grafik gösterimi

Çizelge 4.27 ve Şekil 4.7’de baraj çalışma sahası YKN dağılımı ve karşılaştırması incelendiğinde en düşük hata miktarının açık kazı sahasında olduğu gibi homojen YKN dağılımında olup, bunu çok az bir fark ile dış hat YKN dağılımının takip ettiği görülmektedir. Vadi tabanı, sol sahil 775 kotu, sağ ve sol sahil YKN dağılımlarının ise en fazla hata miktarına sahip olduğu görülmektedir. Vadi tabanı YKN dağılımına en üst kotlardaki sağ ve sol sahilden nokta ilave edildiğinde doğruluğunun büyük oranda arttığı görülmüştür. Vadi tabanı YKN dağılımına üst kotlardan nokta ilavesinin sonuçları nasıl iyileştirdiği Çizelge 4.27 ve Şekil 4.7’de görülmektedir

Çizelge 4.27. Baraj çalışma sahası YKN dağılımı ve KOH miktarları

YKN DAĞILIMI	Y [m]	X [m]	Z [m]
Homojen YKN dağılımı	0.0220	0.0132	0.0206
Sol sahil 775 kotu YKN dağılımı	0.1884	0.1378	0.3536
Vadi tabanı YKN dağılımı	0.1135	0.0549	0.1477
Vadi tabanı YKN dağılımı nokta ilave	0.0302	0.0095	0.0273
Sağ ve sol sahil YKN dağılımı	0.0249	0.0553	0.4029
Dış hat YKN dağılımı	0.0251	0.0152	0.0239



Şekil 4.7. Baraj çalışma sahası YKN dağılımına bağlı hata grafiği

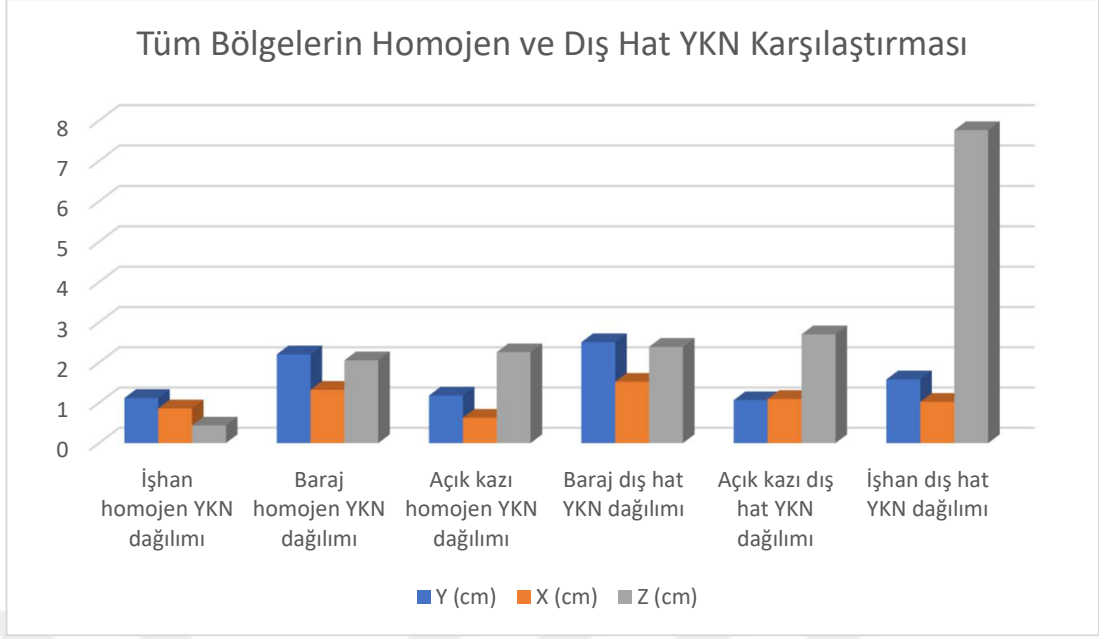
#### 4.4.4 Bölgeler arası karşılaştırma

Şekil 4.8 ve Çizelge 4.28’de verildiği gibi üç bölgeye ait test noktalarının KOH sonuçlarına bakıldığında yatayda ve düşeyde en az hata miktarı ve en güvenilir dağılımın homojen YKN dağılım olduğu açıkça görülmektedir.

Çizelge 4.28. Bölgeler arası homojen ve dış hat YKN dağılımı karşılaştırması

YKN DAĞILIMI	KOH Y [m]	KOH X [m]	KOH Z [m]
İşhan Homojen YKN dağılımı	0.0150	0.0049	0.0093
İşhan Dış hat YKN dağılımı	0.0158	0.0103	0.0776
Açık kazı Homojen YKN dağılımı	0.0118	0.0063	0.0226
Açık kazı Dış hat YKN dağılımı	0.0107	0.0110	0.0270
Baraj Homojen YKN dağılımı	0.0220	0.0132	0.0206
Baraj Dış hat YKN dağılımı	0.0251	0.0152	0.0239





Şekil 4.8. Çalışma bölgelerinde homojen ve dış hat YKN dağılımının karşılaştırılması

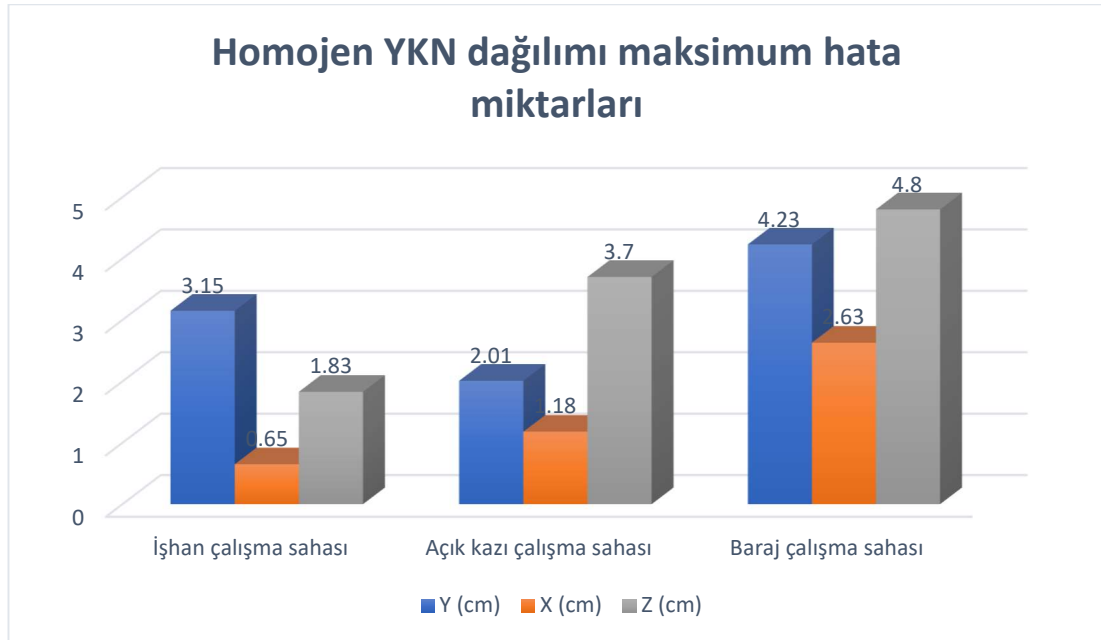
Dış hat YKN dağılımı diğer çalışma bölgelerinde homojen dağılım ile genellikle yakın sonuçlar vermekte iken bu durum düz bir arazi olan işhan sahasında düşeyde farklılık göstermiştir. İşhan sahasında düşey hata miktarının homojen dağılıma kıyasla fazla olduğu görülmüştür. Şekil 4.8 incelendiğinde dış hat YKN dağılımının, açık kazı sahası ve baraj sahası gibi dağlık arazilerde daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Dış hat YKN dağılımının baraj ve açık kazı sahasında daha iyi sonuç vermesinin nedeni çalışma sahasını çevreleyen sınırların yalnızca yatayda değil, düşeyde de gözetilmesinden, yani düşeyde de çalışma sahasının en dış sınırları baz alınarak YKN tesis edilmesindedir. Baraj ve açık kazı sahasında dış hat YKN dağılımında farklı yükseltilere (vadi tabanı ve vadinin üst yamaçları) YKN tesis edilmiş ancak düz bir arazi olan işhan sahasında bu mümkün olmamıştır. Bundan dolayıdır ki dış hat YKN dağılımı İşhan çalışma sahasında diğer bölgelerde olduğu kadar başarılı bir sonuç vermemiştir. Baraj ve açık kazı çalışmalarında olduğu gibi farklı yükseltilere YKN tesis edememeden dolayı model düşeyde iyi ölçeklenememiştir. Bundan dolayı düz arazilerde yapılacak çalışmalarda, arazi seviyesinin yanı sıra olabildiğince yüksek bina veya tepelere yerleştirilecek YKN'lerin ölçeklemeye yardımcı olacağı ve modellemenin daha iyi olmasını sağlayarak düşey hata miktarını azaltacağı düşünülmektedir.

#### 4.4.5 Tüm bölgelerin homojen YKN dağılım analizi

Çizelge 4.29 ve Şekil 4.9’da tüm bölgelerin homojen YKN dağılımına ait test noktalarından elde edilen maksimum hata ve KOH miktarları verilmiştir. Tüm bölgelerde maksimum hatanın Y, X ve Z eksenlerinde 5 cm’nin altında olduğu görülmektedir. KOH miktarlarının ise oldukça düşük, 1-2 cm seviyelerinde olduğu görülmektedir.

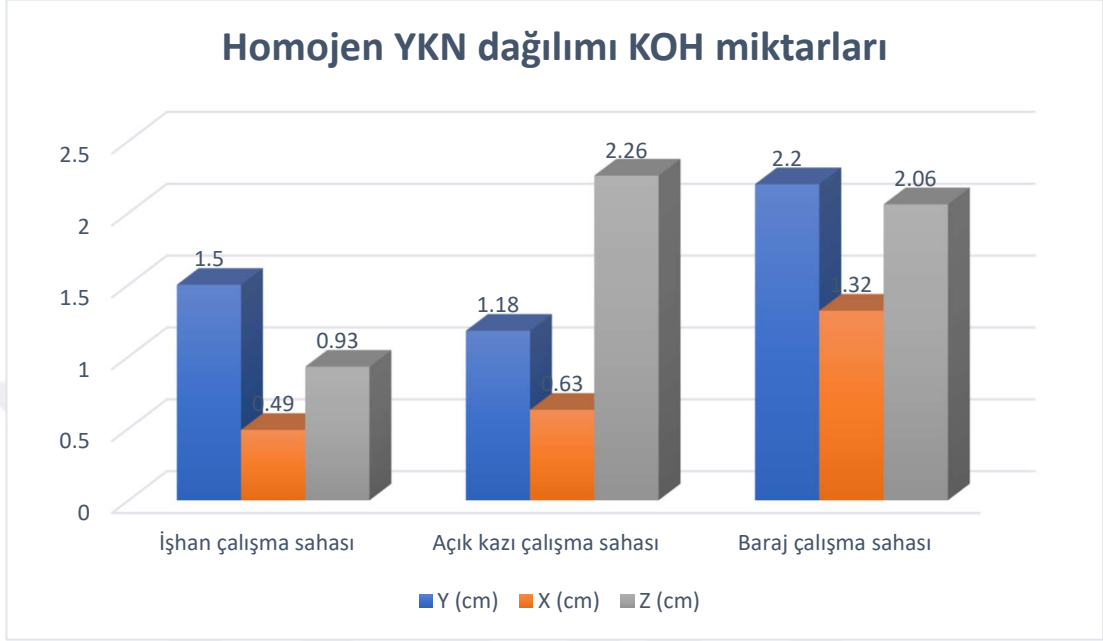
Çizelge 4.29. Bölgelerin homojen YKN dağılımına ait maksimum hata ve KOH miktarları

	Homojen YKN dağılımı					
	Maksimum hata miktarları (cm)			KOH (cm)		
	Y	X	Z	Y	X	Z
İşhan çalışma sahası	3.15	0.65	1.83	1.50	0.49	0.93
Açık kazı çalışma sahası	2.01	1.18	3.70	1.18	0.63	2.26
Baraj çalışma sahası	4.23	2.63	4.80	2.20	1.32	2.06



Şekil 4.9. Bölgelerin homojen YKN dağılımına ait maksimum hata miktarları

Şekil 4.10’da tüm bölgelerin homojen YKN dağılımına ait test noktalarından elde edilen KOH miktarları verilmiştir.



Şekil 4.10. Bölgelerin homojen YKN dağılımına ait KOH miktarları

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dağlık, kayalık, engebeli ve yüksek eğimli arazilerde klasik yersel ölçme yöntemler ile ölçüm yapmak çok zor bazen de imkansız olabilmektedir. Bu tez çalışması da böyle bir ihtiyaçtan doğmuş, dağlık, kayalık ve engebeli arazilerde fotogrametrik yöntemin doğruluğunu araştırmak ve de YKN'lerin konum doğruluğu üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yapılmıştır. Bu kapsamda ikisi dağlık ve engebeli, biri ise düz bir arazi olmak üzere üç farklı çalışma sahası üzerinde farklı YKN dağılımları uygulanmış ve sonuçları irdelenmiştir.

Çalışmaya önce düz araziden başlanmış olup dört farklı YKN dağılımı kullanılarak sonuçlara etkisi irdelenmiştir. İlk önce homojen bir dağılım uygulanmış ve maksimum hata miktarı 3 cm olan, oldukça yüksek bir doğruluk elde edilmiştir. İkinci olarak Y eksenine paralel bir hat boyunca YKN dağılımı kullanılmış ve modelleme yapılmıştır. Modelleme neticesinde YKN hattının bir tarafında düşeyde negatif, diğer tarafında ise pozitif hata değerleri aldığı ve bu hatanın YKN hattından dikey yönde uzaklaştıkça arttığı (düşeyde 3 m'ye varan hatalar) görülmüştür. Daha sonra SYM'den YKN hattı boyunca kesitler alınmış homojen YKN dağılımı ile elde edilen SYM arasında dönüklük olduğu tespit edilmiştir. Bunun sonucu olarak YKN hattından dikey yönde uzaklaştıkça artan hata miktarı tespit edilmiştir. Bu dönüklüğü gidermek için YKN hattına dik doğrultuda en uzak YKN modellemeye dahil edilmiş ve sonuçların büyük oranda iyileştiği, hata miktarlarının büyük ölçüde azaldığı (düşeyde maksimum hatanın 3 m'den 9.67 cm'ye düştüğü) görülmüştür. Aynı işlem X eksenini için de uygulanmış ve benzer sonuç alınmıştır. Düz arazi için son olarak arazinin en dış sınırlarındaki YKN'ler baz alınarak hata miktarları irdelenmiş, neticede homojen dağılımdan daha iyi olmayan ama yakın hata değerleri tespit edilmiştir. Düz arazilerde yer seviyesinin yanı sıra, olabildiğince yüksek bina veya tepelere YKN tesis etmenin düşey hata miktarını azaltacağı düşünülmektedir.

İkinci çalışma bölgesi (Açık kazı sahası) dağlık, kayalık, yükselti farkının fazla olduğu bir arazi olup genel olarak YKN'ler, vadi tabanı, orta sıra ve üst sıra olmak üzere üç farklı yükseltiye dağıtılmıştır. Bu bölgede 8 farklı YKN dağılımı uygulanmış ve sonuçları analiz edilmiştir. Yalnızca belirli bir yükseltinin (yalnızca vadi tabanı,

yalnızca orta sıra veya yalnızca üst sıra gibi) YKN dağılımları baz alındığında düşeyde ciddi hata miktarları (63 cm'ye kadar) alındığı, bu dağılıma diğer sıralardan yalnızca bir YKN ilave edildiğinde ise bu hatanın ciddi oranda azaldığı (6 cm'ye kadar düştüğü) görülmüştür. Sonuç olarak doğruluğu en yüksek homojen dağılım (maksimum hata 3.7 cm), buna en yakın olarak da çalışma sahasının en dış sınırlarını yatayda ve düşeyde çevreleyen dış hat YKN dağılımı olduğu tespit edilmiştir.

Üçüncü çalışma bölgesi (Yusufeli Barajı) ikinci bölgeye nazaran yükseklik farkının daha fazla olduğu bir bölge olup, burada da YKN'ler vadi tabanı, orta kısım ve üst sıra olmak üzere üç farklı yükseltide konumlandırılmıştır. Bu bölgede 6 farklı YKN dağılımı uygulanmış ve sonuçları analiz edilmiştir. İlk olarak homojen YKN dağılımı uygulanmış ve yüksek doğruluk (maksimum hata: 4.8 cm, KOH: 2 cm) elde edilmiştir. Daha sonra açık kazı çalışma bölgesindeki benzer şekilde yalnızca vadi tabanı, yalnızca orta sıra ve yalnızca üst sıra YKN dağılımları ve bunlara ilaveten farklı sıralardan YKN ilavesi yapılarak etkileri gözlenmiştir. Sonuç olarak, yalnızca belirli bir yükseltiye dağıtılan YKN'lere bağlı hata oranının büyük olduğu (54 cm'ye kadar), bu dağılıma diğer sıralardan (farklı yükseltilerden) YKN ilave edildiğinde ise hata miktarının büyük oranda düştüğü (5 cm'ye kadar) tespit edilmiş ve YKN'lerin düşeyde de çalışma sahasının sınırlarını çevreleyen, (en alçak ve en yüksek noktalar dahil edilerek) homojen bir yapıda tesis edilme gerekliliği açıkça ortaya koyulmuştur. Bu çalışma bölgesinde de diğer bölgelerde olduğu gibi homojen dağılıma en yakın değerler, çalışma bölgesinin yatayda ve düşeyde sınırlarını çevreleyen dış hat dağılımından elde edilmiştir.

Dış hat YKN dağılımı ve homojen YKN dağılımı hata miktarları incelendiğinde dış hat YKN dağılımında daha az YKN bulunmasına rağmen hata miktarlarının homojen dağılım ile neredeyse aynı olduğu görülmüştür. Bu sonuç, doğruluğun YKN sayısından ziyade YKN'lerin dağılımı ile alakalı olduğunu göstermiştir.

Sonuç olarak, hat tipi YKN dağılımından kaçınılması gerektiği, homojen YKN dağılımına en yakın hata değerlerinin dış hat YKN dağılımından alındığı, çalışma sahasının (dağlık yerlerde özellikle) mutlaka hem yatayda hem de düşeyde en dış sınırlarının dahil edildiği, arazinin topografik yapısını yansıtan, homojen bir YKN dağılımı uygulanması gerektiği sonucuna varılmıştır. Düz arazilerde ise düşeyde doğruluğu artırmak adına zemindeki YKN'lere ilave olarak mümkünse yüksek bina

veya tepelere YKN tesis edilmesi gerektiği düşünölmektedir. Çalışma bölgelerinin tümünde yatayda ve düşeyde homojen YKN dağılımı uygulandığında, maksimum hata miktarlarının 5 cm'nin altında olduğu görölmüşür. İHA ile fotogrametrik veri üretiminde hem düz, hem de dağlık ve engebeli arazilerde hassas sonuçlar elde edildiği, hata miktarının BÖHKBÜY'ün sınırları içinde kaldığı görölmüşür.





## KAYNAKLAR

- Agüera-Vega, F., Carvajal-Ramírez, F. and Martínez-Carricondo, P. 2016. Accuracy of Digital Surface Models and Orthophotos Derived from Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry. *Journal of Surveying Engineering*, 143:2, DOI: 10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000206.
- Arul, S. H., Sathyamoorthy, A. J., Patel, S., Otte, M., Xu, H., Lin, M. C. and Manocha, D. 2019. LSwarm: Efficient Collision Avoidance for Large Swarms with Coverage Constraints in Complex Urban Scenes. *arXiv preprint arXiv:1902.08379*, doi: 10.1109/LRA.2019.2929981.
- Ayyıldız, E., Özer, E., Özmüş, L., Erkek, B. and Bakıcı, S. 2015. İnsansız hava aracı (İHA) ve uçak platformlarından elde edilen görüntülerin ortofoto üretiminde karşılaştırılması. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği 8. Teknik Sempozyumu, 21-23 Mayıs, 36-40, Konya.
- Ayyıldız, E., Soylu, M., Cankurt, İ. and Sarı, N. İ. 2019. İnsansız Hava Aracı (İHA) Sistemleri İle Kadastral Detay Ölçmeleri Ve Kontrol Esasları Belirlenmesi Çalışması. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 17. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Boon, M., Greenfield, R. and Tesfamichael, S. 2016. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photogrammetry produces accurate high-resolution orthophotos, point clouds and surface models for mapping wetlands. *South African Journal of Geomatics*, 5:2, 186-200, DOI: 110.4314/sajg.v43i5i4312.4317.
- BÖHHBÜY. 2018. *Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgieri Üretim Yönetmeliği, İnsansız Hava Aracı (İHA) Sistemleri ile Kadastral Detay Ölçmeleri, Harita Üretimi ve Kontrol Esasları*. (37575733-170.99-E.4032591). Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Dereli, M., Polat, N. and Uysal, M. 2019. Düşük Maliyetli İHA ile Yüksek Çözünürlüklü SYM Üretimi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8:1, 56-62, doi: 10.17100/nevbiltek.448558.
- DJI. 2019. Phantom 4 Pro V2.0. Retrieved from <https://www.dji.com/phantom-4-pro-v2> (Erişim Tarihi: 12.10.2019)
- Ergün, S. and Sönmez, S. 2014. Terörle Mücadelede Yeni Güvenlik Teknolojileri Kullanımı Ve Entegrasyonu: İha'larda Terahertz Teknolojisi Kullanımı Modeli. Retrieved from [https://www.academia.edu/6882573/TER%C3%96RLE\\_M%C3%9CCADEL\\_EDE\\_YEN%C4%B0\\_G%C3%9CVENL%C4%B0K\\_TEKNOLOJ%C4%B0\\_LER%C4%B0\\_KULLANIMI\\_VE\\_ENTTEGRASYONU\\_%C4%B0HALARDA\\_A\\_TERAHERTZ\\_TEKNOLOJ%C4%B0S%C4%B0\\_KULLANIMI\\_MODE\\_L%C4%B0\\_The\\_Integration\\_and\\_Usage\\_of\\_New\\_Security\\_Related\\_Technologies\\_in\\_Counter-Terrorism](https://www.academia.edu/6882573/TER%C3%96RLE_M%C3%9CCADEL_EDE_YEN%C4%B0_G%C3%9CVENL%C4%B0K_TEKNOLOJ%C4%B0_LER%C4%B0_KULLANIMI_VE_ENTTEGRASYONU_%C4%B0HALARDA_A_TERAHERTZ_TEKNOLOJ%C4%B0S%C4%B0_KULLANIMI_MODE_L%C4%B0_The_Integration_and_Usage_of_New_Security_Related_Technologies_in_Counter-Terrorism) (Erişim Tarihi: 12.09.2019)

- Fidancı, Y. and Karabörk, H. 2019. İnsansız Hava Araçlarının Ormanlık Alanlardaki Karayolu Projelerinde Kullanımı. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9:3, 473-485, DOI: 410.17714/gumusfenbil.510018
- Fotografium. 2019. DJI Phantom 4 Pro V2 Drone Retrieved from <https://fotografium.com/urun/dji-phantom-4-pro-v2-drone-yeni-versiyon> (Erişim Tarihi: 14.10.2019)
- Gertler, J. 2012. US unmanned aerial systems, 03.01, Library of Congress Washington DC Congressional Research Service.
- Gül, Y. 2019. Açık Maden İşletmelerinde İnsansız Hava Aracı (İHA) Uygulamaları. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 62:1, 99-112, doi: 110.25288/tjb.519506.
- Jung, S. 2004. Design and development of a micro air vehicle (MAV): test-bed for vision-based control, Master's Thesis, . University of Florida, 56, Florida.
- Kapıcıoğlu, H. Ş. 2019. İnsansız Hava Aracı Fotogrametrisinde Yer Kontrol Noktalarının Konum Doğruluğuna Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, 65, Sivas.
- Kara, G. 2019. Geleneksel Fotogrametrik Yöntemle Üretilen Haritaların 3 Boyutlu Konum Doğruluğu Analizi: Çağlayan/Erzincan Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, 81, Zonguldak.
- Karaağaç, C. 2014. İHA sistemlerine genel bakış. *Academia. edu*. Retrieved from [https://www.academia.edu/8285152/%C4%B0HA\\_Sistemlerine\\_Genel\\_Bak\\_%C4%B1%C5%9F](https://www.academia.edu/8285152/%C4%B0HA_Sistemlerine_Genel_Bak_%C4%B1%C5%9F) (Erişim Tarihi: 10.09.2019)
- Karakış, S. 2012. İnsansız Hava Aracı Yardımıyla Büyük Ölçekli Fotogrametrik Harita Üretim Olanaklarının Araştırılması. *Harita Dergisi*, 147, 13-20.
- Karlı, F. 2015. Fotogrametrinin Optik ve Matematik Temelleri. *Fotogrametri 1*. Retrieved from [http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanamenajmani\\_fd41a.pdf](http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanamenajmani_fd41a.pdf) (Erişim Tarihi: 15.09.2019)
- Komarek, J., Kumhálová, J. and Kroulik, M. 2016. Surface Modelling based on Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry and its Accuracy Assessment. 15th International Scientific Conference Engineering for Rural Development, 25-27 May, Full text, 888-892, Jelgava, Latvia.
- Numan, A. B., Marangoz, A. M. and Karakış, S. 2019. Geleneksel Fotogrametri ile İnsansız Hava Aracı Verilerinin Kullanılan Kamera ve Sonuç Ürünleri Bakımından Karşılaştırılması. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 17. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 25-27 Nisan, Ankara.
- Özcan, O. 2017. İnsansız Hava Aracı (İHA) ile Farklı Yüksekliklerden Üretilen Sayısal Yüzey Modellerinin (SYM) Doğruluk Analizi. *Mühendislik ve Yer Bilimleri Dergisi*, 2:1, 1-7.

- Özemer, I. 2017. İnsansız hava aracı ile fotogrametrik veri üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, 140, İstanbul.
- Öztürk, O., Bilgilioğlu, B. B., Çelik, M. F., Bilgilioğlu, S. S. and Raşit, U. 2017. İnsansız Hava Aracı (İHA) Görüntüleri İle Ortofoto Üretiminde Yükseklik Ve Kamera Açısının Doğruluğa Etkisinin Araştırılması. *Geomatik Dergisi*, 2:3, 135-142.
- Pix4d. 2019. GSD calculator. Retrieved from <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202560249-TOOLS-GSD-calculator> (Erişim Tarihi: 19.09.2019)
- Rawat, K. and Lawrence, E. 2014. A mini-UAV VTOL Platform for Surveying Applications. *IAES International Journal of Robotics and Automation*, 3:4, 259-267, DOI: 210.11591/ijra.v11593i11594.15086.
- Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M. and Sarazzi, D. 2011. UAV photogrammetry for mapping and 3d modeling–current status and future perspectives. *International archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, 38:1, C22, 25-31, doi: 10.5194/isprsarchives-XXXVIII-5191-C5122-5125-2011.
- Şener, E. 2019. İnsansız Hava Araçları Kullanılarak Süleyman Demirel Üniversitesi Yerleşkesinin Yüksek Çözünürlüklü Ortofoto Haritasının Hazırlanması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7:2, 393-402, doi:310.21923/jesd.511561.
- Tercan, E. 2017. Karayolu Projelerinde İnsansız Hava Aracı ile Üretilen Sayısal Arazi Modelinin Değerlendirilmesi: Bucak-Kocaaliler Yolu Örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8:2, 172-183.
- Uysal, M., Toprak, A. S. and Polat, N. 2015. DEM generation with UAV Photogrammetry and accuracy analysis in Sahitler hill. *Measurement*, 73, 539-543, doi: 510.1016/j.measurement.2015.1006.1010.
- Yakar, M. and Yılmaz, H. M. 2008. Kültürel Miraslardan Tarihi Horozluhan'ın Fotogrametrik Rölöve Çalışması Ve 3 Boyutlu Modellenmesi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 23:2, 25-33.
- Yıldız, F. 2016. Kinematik GPS Destekli Uçuş Planlaması ve Uçuş Parametreleri. Retrieved from <https://slideplayer.biz.tr/slide/10131101/> (Erişim Tarihi: 14.04.2019)
- Yılmaz, V., Akar, A., Akar, Ö., Gungor, O., Karsli, F. and Gökalp, E. 2013. İnsansız hava aracı ile üretilen ortofoto haritalarda doğruluk analizi. *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu (TUFUAB'2013)*, 23-25 Mayıs, Trabzon, doi: 10.13140/13142.13141.12455.19688.

## ÖZ GEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Hanifi AVCI  
Doğum Yeri : Erzurum  
Doğum Tarihi : 05.08.1981  
Yabancı Dili : İngilizce

### Eğitim Durumu

Lise : Erzincan Anadolu Öğretmen Lisesi  
Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita  
Mühendisliği Bölümü (2016)  
Atatürk Üniversitesi K.K. Eğitim Fakültesi Fizik Öğretmenliği  
(2004)  
Yüksek Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita  
Mühendisliği Anabilim Dalı (2020)

### Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

UBM A.Ş Etüt ve Proje Kontrol Mühendisi (2016-2019)  
AKM Mira Yapı Taahhüt San. Tic. Ltd. Şti. Harita Mühendisi (2016)  
Karadeniz-Bilişim Harita Mühendislik Müşavirlik ve Taahhüt Ltd. Şti. (2014-2016)

### Yayımlar

Avcı H, Maraş E.E, 2019. Dağlık, Kayalık Ve Engelibeli Arazilerde Fotogrametrik Modellemenin Doğruluk Araştırması Ve Yusufeli Barajı Örneği. İKSAD 2.Uluslararası 19 Mayıs Yenilikçi Bilimsel Yaklaşımlar Kongresi, 27-29 Aralık 2019, Samsun, Türkiye.