



**T. C.
SIVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNSANSIZ HAVA ARACI FOTOGRAMETRİSİNDE YER
KONTROL NOKTALARININ KONUM DOĞRULUĞUNA
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

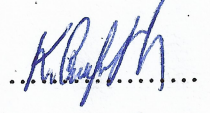
**Hacer Şura KAPICIOĞLU
(20169249021)**

**Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Doç. Dr. Kemal Özgür HASTAOĞLU**

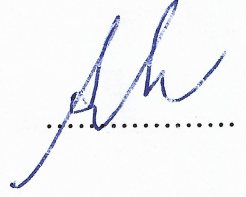
**SIVAS
NİSAN 2019**

Hacer Şura KAPICIOĞLU'nun hazırladığı "İNSANSIZ HAVA ARACI FOTOGRAFETRİSİNDE YER KONTROL NOKTALARININ KONUM DOĞRULUĞUNA ETKİSİNİN İNCELENMESİ" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

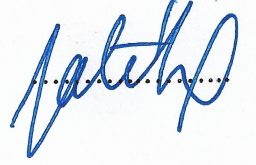
Tez Danışmanı Doç. Dr. Kemal Özgür HASTAOĞLU
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi



Jüri Üyesi Doç. Dr. Burak AKPINAR
Yıldız Teknik Üniversitesi



Jüri Üyesi Doç. Dr. Fatih POYRAZ
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi



Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. İsmail ÇELİK
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.





Bütün hakları saklıdır.

Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

© Hacer Şura KAPICIOĞLU, 2019

ETİK

Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

17.04.2019

Hacer Şura KAPICIOĞLU

ÖZET

İNSANSIZ HAVA ARACI FOTOGRAMETRİSİNDE YER KONTROL NOKTALARININ KONUM DOĞRULUĞUNA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Hacer Şura KAPICIOĞLU

Yüksek Lisans Tezi

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Kemal Özgür HASTAOĞLU

2019, 65 + xiv sayfa

İnsansız Hava Aracı (İHA) fotogrametrisinde, yer kontrol noktasının geometrisi ve sayısı doğrudan üretilen nokta bulutunun konum doğruluğunu etkilemektedir. Yer kontrol noktaları (YKN), yersel jeodezik yöntemlerle uçuştan önce çalışma bölgesine tesis edilen ve hava fotoğraflarında değerlendirme esnasında seçilebilen noktalardır. Hem fotogrametride hem de uzaktan algılamada fotoğrafların ve görüntülerin, görüntü koordinat sistemi ile yer koordinat sistemi arasındaki ilişkinin kurulmasını sağlamaktadır.

Bu çalışmamızda, İHA fotogrametrisinde yer kontrol noktalarının dağılımı, geometrisi ve sayısının üretilen nokta bulutu ve konum doğruluğuna etkisi incelenmeye çalışılmıştır. Bu çalışma için topoğrafik özellikleri ve geometrisi farklı üç farklı çalışma bölge seçilmiştir. Seçilen bölgelerde yer kontrol noktalarının dağılımı, geometrisi ve sayısı değiştirilerek analizler gerçekleştirilmiştir. Bu analizler sonucunda hata miktarları değerlendirilerek yer kontrol nokta tasarımı ile konum doğruluğu arasındaki ilişki incelenmiştir. İncelemeler sonucunda İHA Fotogrametri yönteminde konum doğruluğunu artırmak için YKN sayısından ziyade ağ dizaynının daha önemli olduğu gözlenmiştir. Bunun yanı sıra YKN ağ dizaynında çalışma sahası topoğrafik değişimi, geometrik yapısı ve YKN'ler arası mesafenin en önemli faktörler olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: İHA, YKN, Fotogrametri, Konum Doğruluğu.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF GROUND CONTROL POINTS ON POSITION ACCURACY IN UNMANNED AERIAL VEHICLES PHOTOGRAMMETRY

Hacer Şura KAPICIOĞLU

Master of Science Thesis,

Department of Geomatic Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Kemal Özgür HASTAOĞLU

2019, 65 + xiv pages

In Unmanned Aerial Vehicles (UAV) photogrammetry, the geometry and number of the ground control point (GCP) directly affect the position accuracy of the generated point cloud. Ground control points are points that can be selected during the processing in the aerial photographs, which are installed in the working area before the flight by terrestrial geodetic methods. It enables the relationship between the image coordinate system and the ground coordinate system in both photogrammetry and remote sensing.

In this study, the effect of the distribution, geometry and number of ground control points on point cloud and position accuracy in UAV photogrammetry were investigated. For this study, three different fields with topographic characteristics and geometry were selected. Analyzes were carried out by changing the distribution, geometry and number of ground control points in selected areas. As a result of these analyzes, the error amounts were evaluated and the relationship between ground control point design and position accuracy were examined. As a result of this investigation, it has been observed that network design of GCP is more important than account of GCP in order to increase position accuracy in UAV Photogrammetry method. On the other hand, it was determined that the topographic change, geometric structure and distance between GCPs were the most important factors in GCP network design.

Keywords: UAV, GCP, Photogrammetry, Accuracy of Position

TEŞEKKÜR

Bilgi ve deneyimlerinden sürekli yararlandığım, tezin her aşamasında yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Kemal Özgür HASTAOĞLU' na çok teşekkür ederim.

Yoğun ve stresli çalışmalarında benden sabrını ve desteğini esirgemeyen aileme ve tezimle ilgili genel bilgilerimi tamamlayan ağabeyim sayın Arş. Gör. Abdullah KAPICIOĞLU' na da ayrıca sonsuz şükranlarımı sunarım.

Son olarak verilerin elde edilmesi ve işlenmesi sırasında desteklerini esirgemeyen Geomine Arge Mühendislik Danışmanlık Yazılım Ltd. Şti.' ne ve Doç. Dr. Fatih POYRAZ ve Dr. Öğr. Üyesi Yavuz GÜL' e çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vi
ABSTRACT.....	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
SİMGELER DİZİNİ.....	xiii
KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve Kapsam.....	2
1.2. Önceki Çalışmalar	2
2. İHA FOTOGRAMETRİSİ.....	5
2.1. İHA Fotogrametrisi Tanımı.....	5
2.2. İHA Fotogrametrisi Kısa Tarihçesi	5
2.3. İHA Fotogrametrisinin Avantajları	9
2.4. İHA ile Fotogrametrik Veri Toplama ve Üretim Yöntemleri	10
2.5. İHA Fotogrametrisi Kullanım Alanları	11
3. İHA FOTOGRAMETRİSİNDE KONUM DOĞRULUĞUNU ETKİLEYEN FAKTÖRLER	12
3.1. Uçuş Yüksekliği	12
3.1.1. Yer örnekleme mesafesi (YÖM)	12
3.1.2. Belirli bir YÖM için uçuş yüksekliğini hesaplama	13
3.2. Kamera Özellikleri	15
3.2.1. Kamera ayarları	15
3.2.2. Kamera stabilizasyonu	16
3.3. Meteorolojik Koşullar	16
3.3.1. Farklı hava şartlarında hava aracı fotoğraf çekimi	16
3.3.2. Uçuş Gerçekleştirilemeyen Durumlar	17
3.4. Uçuş Planı.....	17
3.4.1. Görüntü alma planını tasarlama	17
3.4.1.1. Verilen bindirme için görüntü hızının hesaplanması.....	22
3.4.2. Yükseklik değişimleri olan arazi için görüntü elde etme planı	23
4. YER KONTROL NOKTA DİZAYNI.....	25
4.1. Yer Kontrol Noktası	25
4.2. Yer Kontrol Nokta Sayısı ve Dağılımı	25
4.3. Yer Kontrol Noktası ile Kontrol Noktası Arasındaki Fark	26
5. UYGULAMA.....	27
5.1. Çalışma Alanı	27
5.1.1. Birinci çalışma bölgesi	27
5.1.2. İkinci çalışma bölgesi	28
5.1.3. Üçüncü çalışma bölgesi.....	29
5.2. Arazi Çalışması	31
5.3. Büro Çalışması	33
5.4. Analizler	34

5.4.1.Çalışma bölgeleri analiz sonuçları: birinci bölge	34
5.4.2.Çalışma bölgeleri analiz sonuçları: ikinci bölge	36
5.4.3.Çalışma bölgeleri analiz sonuçları: üçüncü bölge	39
6. SONUÇLAR	41
KAYNAKLAR	42
EKLER	47
EK-1 Birinci Bölge Ağ Dizaynı.....	47
EK-2 İkinci Bölge Ağ Dizaynı	53
EK-3 Üçüncü Bölge Ağ Dizaynı	59
ÖZGEÇMİŞ	65



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1	1868 yılında Gaspard Felix Touracho tarafından çekilmiş Paris fotoğrafı [20].	6
Şekil 2.2	A. Batut'un orta kısma kamera monte edilen uçurtması [20].	6
Şekil 2.3	1888 yılında uçurtma ile A. Batut tarafından çekilen bir görüntü (Labruguiere, Fransa) [20].	7
Şekil 2.4	Julius Neubranner'in taşıyıcı güvercine monte ettiği kamera görüntüsü [24].	8
Şekil 2.5	Güvercinler tarafından çekilen hava fotoğrafı [20].	8
Şekil 2.6	Wester-Ebbinghaus tarafından kullanılan telsiz kontrollü İHA [26].	9
Şekil 3.1	Yer örnekleme mesafesinin yüksekliğe bağlı olarak değişimi.	13
Şekil 3.2	Yer örnekleme mesafesi hesabı değişkenleri [37].	14
Şekil 3.3	İdeal görüntü toplama planı (genel durum).	18
Şekil 3.4	İdeal görüntü alma planı (bina).	19
Şekil 3.5	Koridor haritalaması için çift hat görüntü elde etme planı.	20
Şekil 3.6	Tek hat uçuşu.	20
Şekil 3.7	Uçuş arasında bindirme.	21
Şekil 3.8	Uçuş için önerilen görüntü toplama planı [37].	21
Şekil 3.9	Çift ızgara görüntü toplama planı.	22
Şekil 3.10	YÖM'ler için çekim hızı bileşenleri.	22
Şekil 3.11	Arazi yüksekliği değişimlerini takip eden tek uçuş.	23
Şekil 3.12	Farklı yüksekliklerde çoklu uçuş.	24
Şekil 3.13	Sabit uçuş yüksekliği.	24
Şekil 4.1	YKN'lerin dağılımı.	26
Şekil 5.1	Birinci çalışma bölgesi.	28
Şekil 5.2	İkinci çalışma bölgesi.	29
Şekil 5.3	Üçüncü çalışma bölgesi.	30
Şekil 5.4	Yer kontrol noktasının belirlenmesi.	32
Şekil 5.5	DJI Zenmuse X5 kamera ile DJI Matrice 600 Pro drone.	32
Şekil 5.6	Sony A7R II kamera ve DJI Ronin-M dengeleme halkası ile DJI Matrice 600 Pro drone.	33
Şekil 5.7	Çalışma bölgelerinden elde edilen farklı ağ tasarımlarına göre RMS miktarları.	40

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 5.1 Uçuş Bilgileri	31
Çizelge 5.2 Birinci bölge için RMS tablosu	36
Çizelge 5.3 İkinci bölge için RMS tablosu.....	38
Çizelge 5.4 Üçüncü bölge için RMS tablosu.....	40



SİMGELER DİZİNİ

D	Uçuş Yönünde Bir Görüntü ile Zeminde Kaplanan Mesafe
D_w	Genişlik Yönünde Bir Görüntü ile Zeminde Kaplanan Mesafe
f	Objektif Odak Uzaklığı
FR	Gerçek Odak Uzaklığı
H	Uçuş Yüksekliği
imW	Görüntü genişliği
od	Uçuş Yönündeki İki Resim Arasındaki Bindirme
px	Pikselin Doğrusal Boyutu
Sw	Gerçek Sensör Genişliği
t	İki Resim Arasında Geçen Mesafe
v	Uçuş Hızı
x	Uçuş Yönünde İki Kamera Konumu Arasındaki Mesafe
$yöm$	İstenen YÖM

KISALTMALAR DİZİNİ

GNSS	Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (Global Navigation Satellite System)
GPS	Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System)
ISO	Uluslar Arası Standartlık Örgütü
İHA	İnsansız Hava Aracı
KN	Kontrol Noktası
RMS	Karesel Ortalama Hata (Root Mean Square)
RTK	Gerçek Zamanlı Kinematik (Real Time Kinematic)
SAM	Sayısal Arazi Modeli
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
YKN	Yer Kontrol Noktası
YÖM	Yer Örnekleme Mesafesi

1. GİRİŞ

Hava fotogrametrisi, belirli bir yükseklikten hava araçları yardımıyla elde edilen fotoğrafları kullanan fotogrametri tekniği olup ihtiyaca bağlı haritalamada yaygın bir yöntem olarak kullanılmaktadır [1]. Bu alanda kullanılan hava araçlarının arasında İHA'lar da bulunmaktadır. İHA'lar ile hava fotogrametrisi tekniğinin birlikte kullanımına İHA fotogrametrisi adı verilmektedir. Adından da anlaşılacağı üzere İHA'lar içerisinde pilot bulundurmayan, uzaktan operatör yönlendirmesi ya da operatör tarafından belirlenen plana göre uçuş gerçekleştiren araçlardır. İHA'ların bu alanda kullanımını operasyonel kolaylık, düşük yatırım ve işletim maliyeti, yüksek konum doğruluğu gibi avantajlar sağlamak ve elde edilen haritanın genel doğruluğunu büyük ölçüde artırmaktadır.

Hava fotogrametrisinde kullanılan önemli araçların başında Yer Kontrol Noktaları (YKN) gelmektedir. YKN koordinatları jeodezik yöntemler ile elde edilmekte ve haritadaki herhangi bir nokta koordinatlarının gerçek yer merkezli jeodezik koordinatlarına tam olarak karşılık gelmesine yardımcı olmaktadır [2]. YKN'lerin elde edilmesi, uzaktan algılanan görüntülerin geometrik düzeltilmesinde temel ve önemli bir adımdır. Özellikle, YKN'lerin mekânsal dağılımı, görüntü düzeltmesinin doğruluğunu ve kalitesini etkileyebilmektedir. YKN'lerin sayısı ve geometrik dağılımı fotogrametrik ürünlerin konum doğruluğunu da doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle özellikle İHA fotogrametrisi çalışmalarında, YKN sayısının ve yerlerinin çalışma öncesinde doğru olarak belirlenmesi gerekmektedir. YKN'lerin sayısı doğrudan emek, zaman, iş gücü ve maliyet değerlerini etkilediğinden uygun YKN tasarımı çalışmalarda oldukça fazla avantaj sağlamaktadır.

Son yıllarda Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) sistemine sahip İHA'ların yaygınlaşması ile ihtiyaç duyulan YKN sayısı azalmış olsa da YKN ihtiyacı tamamen ortadan kalkmamıştır. Buna karşın az sayıda da olsa YKN'lerin geometrik dağılımı RTK'lı İHA'lardan elde edilen ürünlerin konum doğruluğunu etkilemektedir. Bunun yanı sıra RTK'lı İHA'ların maliyetleri çok yüksek olması sebebiyle halen çalışmalarda nispeten maliyeti daha uygun olan RTK'sız İHA sistemleri tercih edilmektedir. Bu tercihte hâlihazırda birçok YKN kullanımına sebep olmaktadır.

Bu tez çalışmasında YKN noktalarının sayısı ve dağılımının, İHA fotogrametri yöntemi ile üretilen nokta bulutu konum doğruluğunu nasıl etkilediği araştırılmıştır. Çalışma, üç farklı bölgede on farklı YKN ağ tasarımı ve farklı YKN sayıları uygulanarak

gerçekleştirilmiş olup, YKN dağılımının ve sayısının konum doğruluğu üzerindeki etkisi belirlenmiştir.

1.1. Amaç ve Kapsam

Bu tez çalışmasında üç farklı çalışma bölgesi seçilerek İHA fotogrametrisinde YKN'lerin dağılımı, geometrisi ve sayısının üretilen nokta bulutu konum doğruluğuna etkisi incelenmiştir. Seçilen çalışma bölgelerinin topoğrafik yapılarının, değişim oranlarının, geometrik şekil ve alanlarının birbirinden bağımsız ve farklı olmasına dikkat edilmiştir. Bölgelerin her birine topoğrafyanın değişimi göz önünde bulundurularak düzenli aralıklarla minimum konum hataları elde edilecek şekilde en uygun YKN dağılımı yapılmış ve YKN'ler tesis edilmiştir. Ayrıca YKN dağılım geometrisi ve sayıları değiştirilerek on farklı YKN ağı oluşturulmuştur.

Çalışma bölgelerine tesis edilmiş YKN'ler, eğim farkları göz önünde bulundurularak en fazla 400m aralıkla tüm çalışma bölgesine homojen olarak dağıtılmış ve bu noktalarda Gerçek Zamanlı Ulusal Sabit Küresel Konumlama Uydu Sistemleri (GNSS CORS) gözlemleri gerçekleştirilmiştir. Her çalışma bölgesi için YKN ağlarından nokta bulutları elde edilmiş ve bölgelerde bulunan Kontrol Noktaları (KN), GNSS CORS yöntemi ile ölçülmüştür. Ayrıca her çalışma bölgesindeki YKN sayısı ve geometrisi değiştirilerek KN'lerin konum doğrulukları da incelenmiştir. Sonuç olarak KN konum doğrulukları karşılaştırılarak her bölge için en uygun YKN tasarımı belirlenmeye çalışılmıştır.

1.2. Önceki Çalışmalar

Ham uzaktan algılanan görüntüler genellikle uzaktan algılama platformundan, sensörden, atmosferden ve/veya Dünyadan kaynaklanan geometrik bozulmaları içerir [3]. Bu nedenle bu görüntüler coğrafi bilgi sisteminde doğrudan harita tabanlı ürünlerle kullanıma uygun değildir [4]. Önceki araştırmalar, YKN sayısının, kesinliğinin ve mekânsal örüntüsünün düzeltilmiş görüntünün doğruluğunu ve güvenilirliğini etkilediğini göstermiştir [5]–[10]

YKN'lerin elde edilmesi, uzaktan algılanan görüntülerin geometrik olarak düzeltilmesinde temel ve önemli bir adımdır. Literatürde YKN'lerin mekânsal dağılımının, görüntü düzeltilmesinin doğruluğunu ve kalitesini etkilediğini belirten çalışmalar bulunmakta olup, yapılan bazı çalışmalar şu şekilde özetlenebilir:

Son yıllarda RTK' lı sistemlerin çıkması ile YKN kullanılan sistemler ile YKN kullanmayan sistemlerin karşılaştırılmasına yönelik çalışmalarda gerçekleştirilmiştir. Forlani vd. [11], uçuş planını değiştirmeden, üç farklı yöntemi bir test alanı üzerinde gözlemlemiştir. Bu yöntemlerde; yalnızca YKN, yalnızca RTK verileri ve RTK verileri ile bir YKN kullanmıştır. Sonuçta RTK modundan bağımsız olarak, birinci ve üçüncü yapılandırmaların en iyi Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) iç tutarlılığını sağladığını gözlenmiştir. Sadece RTK verileri kullanıldığında doğruluğun neredeyse iki kat daha kötüleştiği gözlenmiştir. Stöcker vd. [12] ise, konum hataların RTK sistemlerine ek dört YKN' eklenmesiyle azaltılabileceğini belirtmiştir.

Rabah vd. [13]' nin çalışması, klasik YKN kullanan yöntemin, doğrudan coğrafi Geo-referanstan (DG) daha doğru olduğunu göstermiştir. Doğrudan Geo-referanslama yöntemi, Sanal referans istasyonu Doğrudan Geo-referanslama (VRS-DG) ve RTK-DG için elde edilen doğruluklar düşey Karesel Ortalama Hata (RMS) için 0.029 ve 0.034 yatay RMS ve 0.026 ve 0.029 m'dir. Diğer taraftan, klasik YKN kullanan yöntemde ise yatay RMS'nin doğruluğu 0.014 m ve 0.013 m dikey RMS olarak belirlemiştir.

Yukarıdaki çalışmalardan anlaşılacağı gibi, YKN' lerin kullanılması, Doğrudan Coğrafi referanslama yönteminden daha doğru sonuçlar vermektedir. RTK konumlandırma özelliğine sahip yerleşik alıcıları olan uçaklar kullanılsa da, doğru sonuçlar almak için YKN' ye ihtiyacınız vardır.

Wang vd. [14] uzaktan algılanan görüntülerin geometrik düzeltmesindeki YKN seçimi ile örnekleme tasarımının ilişkisini araştırmak amacıyla hem bir simülasyon deneyi hem de gerçek görüntü analizleri gerçekleştirmiştir. Çalışmada basit rastgele örnekleme, uzaysal kapsama örnekleme ve evrensel kriging model tabanlı örnekleme karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, örnekleme tasarımının YKN' lerdeki geometrik düzeltmenin doğruluğunu güçlü bir şekilde etkilediğini göstermektedir. Ayrıca çalışmaya göre evrensel kriging model tabanlı örnekleme YKN optimizasyonu, hem simülasyon hem de gerçek görüntü deneylerinde en iyi sonucu ortaya koymuştur. Bu sonuçlara ek olarak çalışmada, YKN' lerin daha dağınık olmasının geometrik düzeltme doğruluğunu artırdığı belirtilmiştir.

Ruzgiene vd. [15] İHA görüntü dönüşümü için kullanılan YKN sayısının haritalama sonuçlarını nasıl etkilediğini araştırmıştır. Çalışmaya göre İHA görüntü düzeltmesi, YKN' ler kullanılmadan sadece projeksiyon merkez koordinatları kullanılarak gerçekleştirildiğinde 3 m'ye kadar önemli bozulmalara sahip olduğu fakat iyi dağıtılmış

5 YKN noktasıyla bu bozulmaların ihmal edilebilir düzeyde indiği belirlenmiştir. Sonuç olarak çalışmada, uygun sayıda YKN kullanımının, İHA fotogrametri ürününün kalitesini arttırdığı belirtilmiştir.

Aguera-Vega vd. [16] sayısal yüzey modelinde koordinatlandırma için kullanılan YKN'nin sayısının ve İHA fotogrametrisi ile elde edilen ortofoto doğruluklarının etkisini incelemiştir. Zemin seviyesinden 120 m yükseklikte, yaklaşık 17 hektarlık alanda gerçekleştirilen çalışmada, bölge yüzeyinin 160 adet fotoğrafı çekilmiş ve farklı YKN noktalarını dikkate alan fotogrametrik proje yapılmıştır. Çalışmada doğruluk ölçüm yöntemi olarak RMS kullanılmıştır. Sonuçlar, kullanılan YKN sayısı arttıa hem yatay hem de dikey doğruluğun arttığını göstermiştir.

Sanz-Ablanedo vd. [17] bir Structure From Motion (SFM) fotogrametrik değerlendirmenin kalitesini, oklu YKN kombinasyonları ile doğruluklarını hesaplayarak incelemiştir. Çalışma, 1200 hektarlık bir alanda 2500'den fazla fotoğraf ve 102 YKN kullanılarak gerçekleştirilmiş ve doğruluklar Yer rnekleme Mesafesi (YM) ile ilişkilendirilmiştir. Sonuçlar, belirli bir YKN sayısı için, optimum dağıtım kullanılarak elde edilen doğruluğun, YKN'lerin kötü dağılması durumundan iki kat daha iyi olacağını gösterilmiştir. Ayrıca büyük projelerde, yüksek sayıda YKN ile yüksek hassasiyet elde edilebileceği belirtilmiştir.

Gerçekleştirilen bu tez çalışmasında yukarıdaki çalışmalara ek olarak farklı on ağ dizaynı ile YKN nokta sayısının ve geometrik dağılımının konum doğruluğuna etkisi araştırılmıştır.

2. İHA FOTOGRAMETRİSİ

2.1. İHA Fotogrametrisi Tanımı

Kısaca tanımlamak gerekirse İHA; pilot kullanılmayan hava aracı düzenidir. İHA iskelet, kanat, pervane, motor ve bataryadan oluşan bir ana gövdeye sahiptir ve İHA kontrol birimi elektronik algılayıcılar, haberleşme elektroniği ve GNSS' den oluşur [18]. Ayrıca İHA'lar kullanım amacına uygun olarak sensör, kamera vb. algılayıcılar ile donatılmaktadırlar.

Hava fotogrametrisi ise belirli bir yükseklikteki hava araçlarıyla elde edilen fotoğrafların kullanıldığı fotogrametri tekniği olup özellikle büyük alanların haritalanmasında yaygın olarak kullanılan harita üretim yöntemidir. Ayrıca bu hava fotoğrafları, harita üretimi dışında yer yüzeyinin yapısı ya da bitki örtüsü hakkında bilgi toplamak, bilgi sistemleri oluşturmak gibi amaçlarla da kullanılmaktadır [1].

2.2. İHA Fotogrametrisi Kısa Tarihçesi

Taşınabilir fotoğraf makinelerinin icadından itibaren hava fotoğrafçılığı, pratik ve estetik nedenlerden ötürü insanlarda istek uyandırmış fakat gelişiminin ilk yarım yüzyılında yüksek maliyet ve barındırdığı riskler nedeniyle çok az kullanılmıştır. Hava fotoğraflarını çekmek için bilinen ilk girişim 1849 yılında uçurtma ve balonlarla denemeler yapan Fransız Ordusu Mühendisler Birliği'nden Albay Aimé Laussedat tarafından yapılmış fakat denemeler başarısız olmuştur [19]. İlk belgelenen hava fotoğrafı 1858 yılında Gaspard Felix Touracho tarafından çekilmesine rağmen günümüze kadar ulaşmamıştır [20]. Günümüzde mevcut en eski hava fotoğrafı 1860 yılında James Wallace Black tarafından çekilen Boston kentine ait hava fotoğrafıdır [21], [22]. Ayrıca Amerikan iç savaşı (1861-1865) döneminde düşman konumlarını gözlemek amacıyla hidrojen dolu balonlar yardımıyla da başarılı hava fotoğrafları çekilmiştir [22].

İlk hava fotoğrafını çeken Touracho, hava fotoğrafçılığı çalışmalarına sonraki yıllarda da devam etmiş ve 1868 yılında bağlı bir balon yardımıyla birkaç yüz metre yükseklikten Paris'in eğik fotoğraf çekimlerini gerçekleştirmiştir (Şekil 2.1) [23].



Şekil 2.1 1868 yılında Gaspard Felix Touracho tarafından çekilmiş Paris fotoğrafı [23].

19. yüzyılın sonlarına kadar balonlar yardımıyla çekilen hava fotoğrafları, 1887 yılında kamera deklanşörünü serbest bırakmak için küçük bir patlayıcı şarj ünite kullanılmasının icadıyla uçurtma ile çekilebilir hale gelmiş ve Arthur Batut tarafından uçurtma kullanılarak ilk hava fotoğrafı 1888 yılında çekilmiştir [24], [25]. Şekil 2.2’de Batut tarafından kullanılan kameralı uçurtma sistemi, Şekil 2.3’te Fransa’da çektiği ilk hava fotoğrafı gösterilmiştir.



Şekil 2.2 A. Batut’un orta kısma kamera monte edilen uçurtması [23].



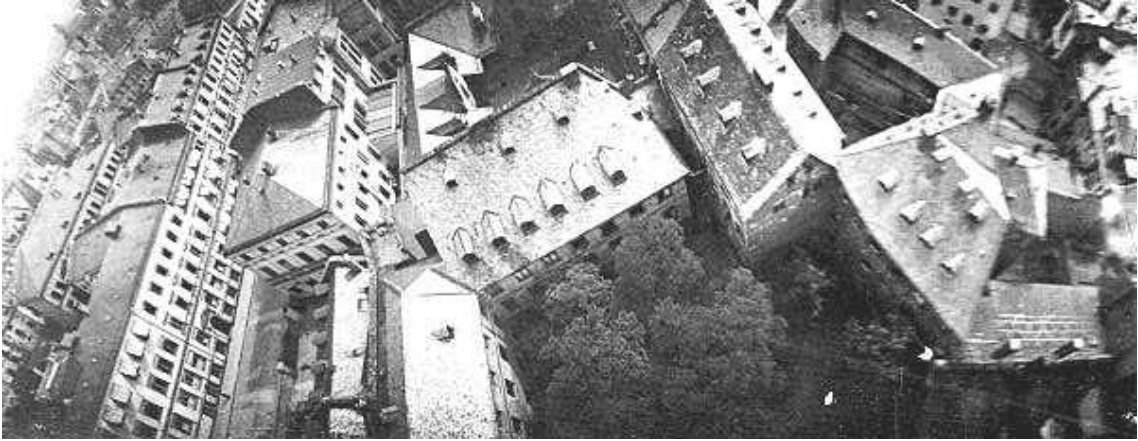
Şekil 2.3 1888 yılında uçurtma ile A. Batut tarafından çekilen bir görüntü (Labruguiere, Fransa) [23].

Aynı yıl, bir başka Fransız olan Emile Wenz, uçurtma hava fotoğrafçılığı yapmaya başlamış ve Batut ve Wenz, uzun yıllar süren yakın bir çalışma ilişkisi geliştirmiştir. İkisinin yaptığı çalışmalar basında büyük ilgi görmüş ve hava fotoğrafları çekiminin diğer ülkelerde de kullanılmasına vesile olmuştur. Amerika Birleşik Devletleri'nde ilk uçurtma hava fotoğrafları 1895'te çekilmiş ve ilerleyen yıllarda birçok teknolojik yenilikle birlikte, uçurtmalar ile hava fotoğrafı çekimi hızla gelişmiştir [26]. 20. yüzyılın ilk on yılında, uçurtma ile hava fotoğrafçılığı, bilimsel araştırmalar, askeri uygulamalar ve Dünya yüzeyinin genel olarak izlenmesinde faydalı bir yöntem olarak kullanılmıştır [26].

Aynı yıllarda fotoğrafçılık meraklısı Julius Neubranner, taşıyıcı güvercinler için güvercinlerin göğüs kısmına monte edilebilen bir hava kamerası tasarlamış ve 1908 yılında patentini almıştır [23]. Yalnızca 70 gram ağırlığında olan kamera, uçuş hattı boyunca 30 saniye aralıklarla otomatik pozlamalar almıştır [23]. Şekil 2.4'te güvercin üzerine yerleştirilmiş kamera ve Şekil 2.5'te güvercinler tarafından çekilmiş hava fotoğrafı gösterilmiştir.



Şekil 2.4 Julius Neubranner'in taşıyıcı güvercine monte ettiği kamera görüntüsü [27].



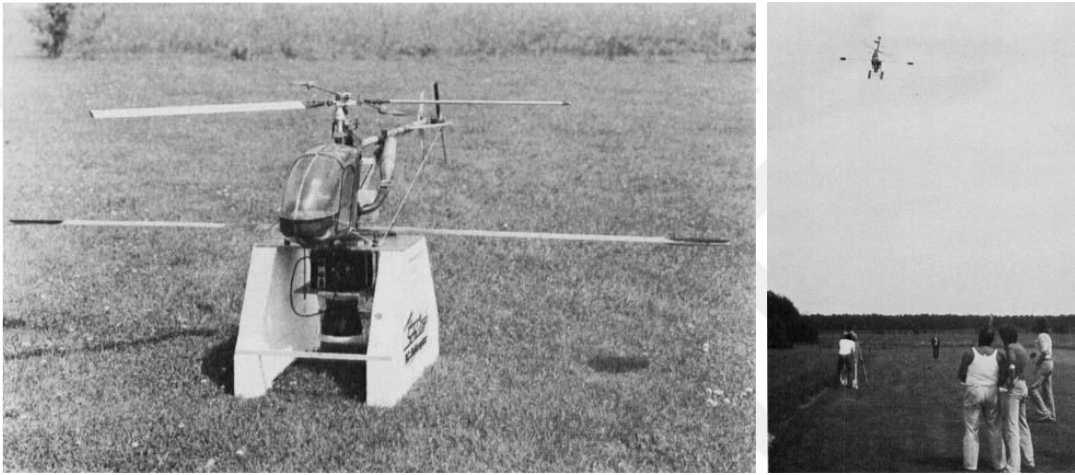
Şekil 2.5 Güvercinler tarafından çekilen hava fotoğrafı [23].

1920 ve 1930 yılları arasında hava fotoğrafçılığının sivil ve ticari kullanımı haritacılık, mühendislik, ormancılık, toprak çalışmaları ve diğer uygulamalar için yaygınlaşmıştır. Alman coğrafyacı Carl Troll, özellikle peyzaj ekolojisi olarak adlandırdığı çalışmalar için havadan fotoğrafçılığın potansiyeline dair önemli bir makale yayınlamış, bilimsel çalışmalarda bu yöntemin kullanılmasını şiddetle savunmuştur [20].

II. Dünya Savaşı'nın başlaması, havadaki ve denizdeki askeri birlikleri kovuşturmak amacıyla hava fotoğrafçılığını hızlı bir gelişim içine sokmuş, araştırılmasını, test edilmesini ve geliştirilmesini teşvik etmiştir [28]. Hava fotoğrafçılığı, II. Dünya

Savaşı'ndan hemen sonra, askeri fotoğrafçıların ve fotoğraf tercümanlarının sivil hayata döndüğü ve bu alanda kullanılan fazladan ekipmanların satılmasıyla sivil alanda gelişim göstermiştir [20].

1979 yılında, sabit kanatlı İHA'ların fotogrametrik amaçlı ilk denemeleri Przybilla ve Wester-Ebbinghaus tarafından yapılmıştır. İlk testler Hegi model uçak şirketi ile birlikte manuel kontrollü sabit kanatlı İHA kullanılarak 150 m yükseklikte ve 11 m/s hız ile gerçekleştirilmiştir. 1980 yılında Wester-Ebbinghaus, döner kanatlı İHA'ları fotogrametrik amaçla kullanmıştır (Şekil 2.7) [1].



Şekil 2.6 Wester-Ebbinghaus tarafından kullanılan telsiz kontrollü İHA [29].

İHA'nın sivil hayatta kullanımı, 2000'li yılların başından itibaren ABD NASA, İsviçre ETHZ ve akademik-araştırmacıların başlatmış olduğu çalışmalar ile hız kazanmış ve fotogrametri, kent çalışmaları, daha geniş kapsamıyla yer bilimi ve diğer alanları içeren birden fazla uygulama alanında kendine yer edinmiştir [18].

Günümüzde de İHA sistemleri çok farklı şekil, ebat, konfigürasyon ve karakterde üretilmekte ve aynı şekilde çok farklı amaçlarla kullanılmaktadır.

2.3. İHA Fotogrametrisinin Avantajları

Gelişen teknoloji ile birlikte İHA'lar, başta askeri uygulamalar olmak üzere, arkeolojik alan incelemesi, meteorolojik ve jeolojik araştırmalar, doğal afet yönetimi, ulusal veya uluslararası sınır devriyesi, orman yangını tespiti, yeryüzünün haritalanması vb. gibi alanlarda etkin ve verimli bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır [30]–[34]. Fotogrametri yöntemi de bu teknolojik gelişimden nasibini almış ve İHA sistemlerinin fotogrametri

alanında kullanılması bize birçok avantajlar sağlamıştır. Bu avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- ✓ Mevsimsel koşullardan daha az etkilenme,
- ✓ Ulaşılamaz ve riskli görülen bölgelere ulaşabilme,
- ✓ Operasyonel kolaylık,
- ✓ Düşük yatırım ve işletim maliyeti,
- ✓ Yüksek konum doğruluğu,
- ✓ Hızlı veri işleme,
- ✓ Ölçeklenebilirlik.

Fakat sağladığı avantajlar yanında bir takım kullanım sınırlamaları da bulunmaktadır. Havada kalma süresi, doğruluk ve resim kalitesini azaltan bu sınırlamalar şu şekilde sıralanabilir [35];

- ✓ Rüzgâr hızının arttığı durumlar,
- ✓ Toz bulutu,
- ✓ Puslu ve yağmurlu havalar,
- ✓ Limitli yükleme kapasitesi,
- ✓ Manyetik, sıcaklık vb. batarya ömrünü etkileyecek faktörler.

2.4. İHA ile Fotogrametrik Veri Toplama ve Üretim Yöntemleri

Fotoğrafın bulunmasından önceye dayanan fotogrametrik çalışmalar fotoğraf makinelerinden sayısal görüntü elde edilmesiyle hız kazanmıştır. Fotoğraf makinelerinin boyutlarında, lens yapısında ve görüntünün kaydedildiği sensörlerde yaşanan gelişmelerin öncesinde bu makineler uçurtmalara, model uçaklara ve helikoptere entegre edilmeye çalışılmıştır. Günümüzde ise bu araçların yerini sabit kanatlı uçaklar, sabit kanatlı veya döner kanatlı hava araçları gibi İHA'lar almıştır. Halihazırda bu araçlar operatör yönlendirmesi ya da operatör tarafından belirlenen uçuş planına göre görüntü alabilmektedir [36]. Ayrıca İHA fotogrametrisi üç boyutlu nesne geri çatımı oluşturmasıyla verimliliği arttırmakta ve var olan tüm veriyi kullanarak lokal çözüm ve optimizasyon ile geleneksel fotogrametrinin ışın demeti dengelemesi gibi modellemelerden yararlanmaktadır [18].

2.5. İHA Fotogrametrisi Kullanım Alanları

İHA'ların kullanım alanları fotogrametri ve uzaktan algılama ile sınırlı değildir. Daha önce de belirtildiği üzere askeri uygulamalar, arkeolojik alan incelemesi, meteorolojik ve jeolojik araştırmalar, doğal afet yönetimi, ulusal veya uluslararası sınır devriyesi, orman yangını tespiti, yeryüzünün haritalanması vb. gibi alanlarda etkin ve verimli bir şekilde kullanılmaktadır [30]–[34]. Ayrıca İHA'nın uygulama imkanları konusunda birden fazla kurum, firma ve araştırmacının; doğruluk, uygunluk, ölçülebilirlik açısından çalışmaları sürmektedir [18].



3. İHA FOTOGRAMETRİSİNDE KONUM DOĞRULUĞUNU ETKİLEYEN FAKTÖRLER

3.1. Uçuş Yüksekliği

3.1.1. Yer örnekleme mesafesi (YÖM)

Yer Örnekleme Mesafesi (YÖM), yer üzerinden alınan her örneğin merkez noktaları arasındaki mesafedir. Daha basit bir ifadeyle, YÖM her pikselin yer üzerindeki büyüklüğüdür [37].

Görüntünün YÖM sayısı büyüdükçe, görüntünün uzamsal çözünürlüğü düşer ve görünür detaylar azalır. Ayrıca YÖM, uçuş yüksekliği ile de bağlantılı olup uçuş yüksekliğinin artmasına paralel olarak artar [38].

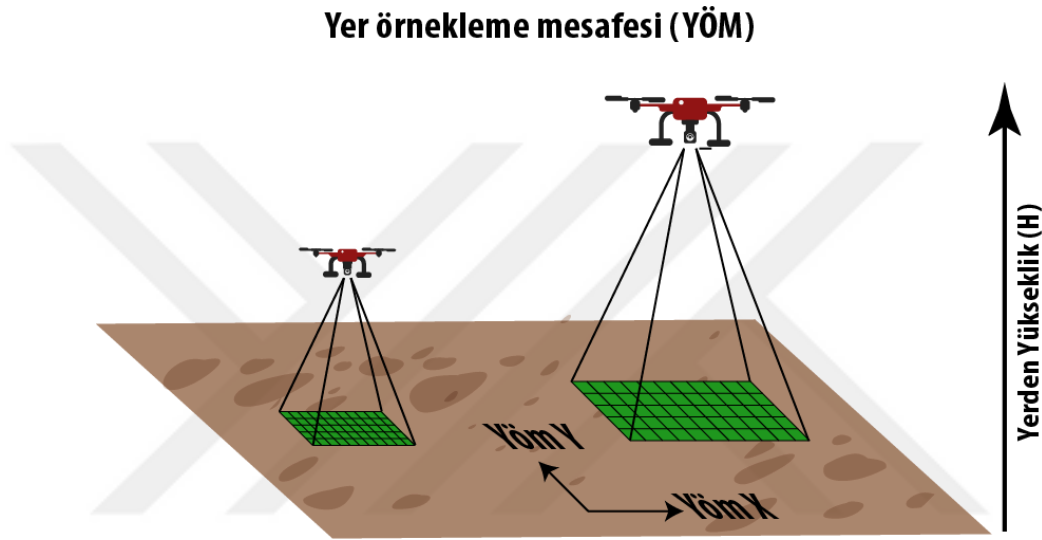
Arazi yükseklik farkları ve kamera açısındaki değişikliklere bağlı olarak sabit bir yükseklikte uçulsa bile, bir projenin görüntüleri aynı YÖM' e sahip olmayabilir. Ortomozaik, üç boyutlu nokta bulutu ve kamera konumları kullanılarak oluşturulduğundan, ortalama bir YÖM hesaplanarak kullanılır [39].

YÖM belirlemede yardımcı faktörler, hava aracının yerden yüksekliği, kameranın piksel boyutu ve merceğin odak uzaklığı olarak sıralanabilir. Hava aracı yere ne kadar yakınsa, yer çözünürlüğü o kadar yüksek olur. Optikte ise, daha küçük bir odak uzaklığı, zemin çözünürlüğünü azaltacaktır. Ayrıca piksel boyutu ne kadar küçük olursa, yer çözünürlüğü de o kadar yüksek olacaktır. Diğer bir ifadeyle uçuş yüksekliği ve pikselin doğrusal boyutunun artması YÖM'ü artırmakta, odak uzaklığının artması ise YÖM'ü azaltmaktadır. Bu durum matematiksel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilir [40];

$$YÖM = \frac{H \cdot px}{f} \quad [3.1]$$

$YÖM$: Yer Örnekleme Mesafesi
 H : Uçuş yüksekliği
 px : Pikselin doğrusal boyutu
 f : Objektif odak uzaklığı

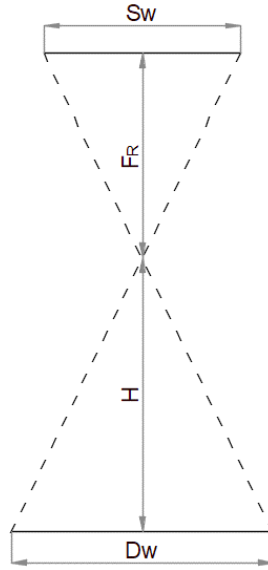
Hava aracının incelenecek alan üzerindeki operasyonel yüksekliği, fiziksel tasarımı ya da yönetmeliklere göre ayarlanabilirken, kamera ve mercek, gerekli YÖM'e ulaşmanıza yardımcı olacak şekilde seçilmektedir. Bir kamera seçerken, sadece piksel boyutu değil hassasiyet, dinamik aralık ve okuma gürültüsünün dikkate alınması gerekmektedir [41]. Denklem 3.1'de belirtildiği üzere YÖM yüksekliğe bağlı olarak değişmekte, yani düşük yükseklik, düşük zemin örnekleme mesafesi anlamına gelmektedir [37]. YÖM'ün yükseklikle değişim örneği Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Yer örnekleme mesafesinin yüksekliğe bağlı olarak değişimi.

3.1.2. Belirli bir YÖM için uçuş yüksekliğini hesaplama

Daha önce de değinildiği üzere uçuş yüksekliği, YÖM sonuçlarının doğruluğunu, kalitesini ve son ortomozaikte görünen detayları etkilemektedir. Belirli bir YÖM'ü elde etmek için gereken uçuş yüksekliği (H) hesaplanabilmekte ve kamera odak uzaklığına, kamera sensör genişliğine ve görüntü genişliğine bağlı olarak değişmektedir [39]. YÖM hesabı değişkenleri Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2 Yer örneklem mesafesi hesabı değişkenleri [39].

- S_w : Gerçek sensör genişliği [mm]
 F_R : Gerçek odak uzaklığı [mm]
 H : Uçuş yüksekliği [m]
 D_w : Genişlik yönünde bir görüntü ile zemine kaplanan mesafe [m]

Şekil 3.2 de verilen değişkenler kullanılarak uçuş yüksekliği aşağıda verilen denklem takımları kullanılarak hesaplanabilir;

$$\frac{H}{F_R} = \frac{D_w}{S_w} \quad [3.2]$$

$$H = \frac{D_w \cdot F_R}{S_w} \quad [3.3]$$

$$D_w = \frac{imW \cdot yöm}{100} \quad [3.4]$$

$$H = \frac{imW \cdot yöm \cdot F_R}{S_w \cdot 100} \quad [3.5]$$

Burada verilen;

- imW : görüntü genişliği [piksel]
 $yöm$: istenen YÖM [cm/piksel]

3.2. Kamera Özellikleri

3.2.1. Kamera ayarları

Kamera ayarları yapılırken öncelikli olarak obtüratör hızı, diyafram açıklığı ve ISO otomatik olarak ayarlanmalıdır. Resimler bulanık veya gürültülü ise, bu parametrelerin manuel olarak ayarlanması önerilmektedir. Bilindiği üzere obtüratör hızı, açıklık ve ISO duyarlılığı arasında bir denge bulunmaktadır. Çekilen görüntülerin işlenebilmesi için görüntülerin keskin olup en az miktarda gürültüye sahip olması gerekmektedir.

Kamera ayarların düzgün olarak yapılmış olmasının yanında görüntü alınacak ortamında yeterli aydınlatmaya sahip olması gerekmektedir. Yeterli aydınlatma olmaması durumunda, görüntüler daha gürültülü ve daha az keskin olacak bu durum ise sonuçların doğruluğunu azaltacaktır.

Görüntü almadaki temel kural, enstantane hızının sabitlenmesi, ISO'nun gürültülü görüntüler üretmeyen düşük bir değere ayarlanması ve açıklığın alandaki değişen parlaklık seviyelerine göre otomatik olarak ayarlanması olarak sıralanabilir. Ayrıca deklanşör hızı sabit olmalı ve bulanık görüntüler oluşturmayacak kadar hızlı olmalıdır. Görüntülerin % 5'inden fazlası yön bulanıklığına sahipse, enstantane hızı biraz arttırılmalıdır ve ISO mümkün olduğunca düşük olarak ayarlanmalıdır. Yüksek ISO ayarları genellikle görüntülere gürültüye neden olmakta ve sonuçların kalitesini büyük ölçüde azaltmaktadır.

Açıklık minimum ve maksimum değerleri lense bağlıdır ve yüksek diyafram açıklığı düşük sayılara çevrilmektedir. Hem deklanşör hızı hem de ISO ayarlanmışsa, açıklığın otomatik olarak açık bırakılması daha iyi olmaktadır. Önerilen odak modu, sonsuzlukta manuel odaklamadır. Karasal projeler için, uzun bir odak uzaklığı kullanılırsa, bu mod muhtemelen odak dışı sonuçlara yol açacaktır [39].

Yanlış kamera parametreleri veya yetersiz donanım nedeniyle görüntülerle ilgili sorunlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- ✓ Düşük enstantane hızı nedeniyle bulanıklık,
- ✓ Yüksek ISO duyarlılığı nedeniyle gürültü,
- ✓ Fazla pozlanmış veya az pozlanmış (yanlış diyafram ve / veya enstantane hızı),
- ✓ Elektronik veya mekanik görüntü sabitleme nedeniyle oluşan bozulmalar,

- ✓ Panjur nedeniyle bozulmalar.

3.2.2. Kamera stabilizasyonu

Dengeleme halkası, etrafındaki hareketten bağımsız olarak nesnenin yatay kalmasını sağlayan bir destek sistemidir ve kameranın hava aracının hareketinden bağımsız olarak belirli bir konumda kalmasını sağlamaktadır. Ayrıca dengeleme halkası, hava aracının motorlarının ürettiği titreşimi azaltmaya yardımcı olmaktadır [42].

Hava araçları için dengeleme halkaları iki eksenli veya üç eksenli olarak değişmektedir. İki eksenli dengeleme halkası yalpalamayı telafi edemediğinden dolayı görüntülerde bozulma olabilmektedir. Üç eksenli dengeleme halkaları ise yalpalamayı da telafi edebilmektedir. Dengeleme halkası belirli kameralar göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Çoklu kompakt kamera türlerini destekleyen bazı referanslarda bulunmaktadır. Önceden ayarlanmış ve basit bir şekilde takıp çalıştırmaya hazır hale gelen bir dengeleme halkası, düzenleme ve çalıştırmanın en hızlı ve en kolay yoludur. Özel olarak hava araçları için üretilmiş dengeleme halkalarını önceden kalibre edilmiş olarak almak, keskin görüntüler edilmesini büyük ölçüde artırmaktadır [42].

3.3. Meteorolojik Koşullar

3.3.1. Farklı hava şartlarında hava aracı fotoğraf çekimi

Açık ve güneşli bir havada yeryüzünde çeşitli sayıda gölgeler görülecek ve bu görülen gölgeler çekimin yapıldığı saate bağlı olarak farklılık gösterecektir. Gün ortasındaki gölge boyları en kısa olacağından gölge nesnenin yakınına vuracak ve bu durum sonucunda da en canlı ve parlak görüntülere ulaşmak mümkün olacaktır [43].

Parçalı bulutlu günlerde, arazide bulutlardan kaynaklanan büyük gölgeler görülebilmektedir. Bu durum renklerde kontrast sağlar ve görüntüde iyi bir derinlik hissi verir ancak büyük gölgeler hava aracı kamerasının düzgün şekilde pozlandırılmasını zorlaştırabilmektedir [41].

Gökyüzünün tamamen bulutlarla kaplı olduğu havalarda, ufuk hattı pek belirgin olmayacak, sadece bulutlar içine aldığı güneş ışığını yayacaktır. Bu durum yüksek doygunluk ve düşük kontrast sağlar. Fakat kapalı havalarda ufuk görüntüsü azaltıldığında güzel görüntüler de elde edilebilir [41].

Rüzgar çekimleri oldukça etkilemektedir. Özellikle darbeli rüzgârlar birden bire oluşurlar ve güçlü darbeler şeklinde eserler. Hafif ve küçük hava araçlarının rüzgâra karşı hassas olmasından ve rüzgârdan fazlaca etkilenmesinden dolayı bu tür havalarda kullanımdan kaçınılmalıdır. Ayrıca genel olarak hava aracının uçabileceği azami rüzgâr limitinin geçilmemesine dikkat edilmelidir [43]. Rüzgârlı havalarda uçmaktan kaçınmak en doğru seçim olmasına rağmen, uçuşun gerçekleştirilmesi gereken durumlarda yüksek hassasiyetli ve başarılı dengeleme halkaları ile ihtiyaç duyulan görüntüler elde edilebilir.

3.3.2. Uçuş Gerçekleştirilemeyen Durumlar

Yağmurlu, puslu ve yoğun sisli havalarda uçuş gerçekleştirmekten kaçınılmalıdır. Özellikle soğuk havalarda sis içinde uçmaktan kaçınılması gerekmekte çünkü bu durum kanatlar üzerinde buzlanmaya, bu buzlanma da kaldırma gücünü azaltarak iyi bir uçuş gerçekleştirilememesine sebebiyet vermektedir [43]. Aynı zamanda sıcaklığın yüksek olduğu havalarda da batarya ömrünü hızla azaltmaktadır.

3.4. Uçuş Planı

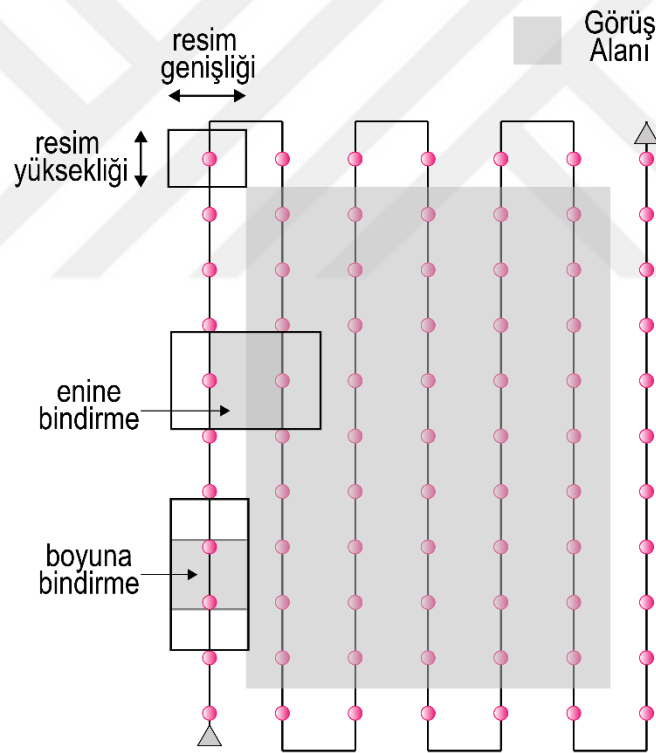
3.4.1. Görüntü alma planını tasarlama

Görüntü toplama planını tasarlarken dikkate alınması gereken bazı durumlar söz konusudur. Bunlar; görüntü edinme planı, YÖM ve bindirmedir. Otomatik olarak yüksek doğrulukta sonuçlar almak için, görüntüler arasında yüksek bir bindirme olması ve görüntü elde etme planının dikkatli bir şekilde tasarlanması gerekmektedir. Düzgün bir şekilde tasarlanmamış görüntü elde etme planı, yanlış sonuçlara veya işlem başarısızlığına yol açacağından görüntü edinme planı, proje şartnamesinin gerektirdiği YÖM'e ve yeniden inşa edilecek arazi tipine bağlı olmalıdır. Proje şartnamesinin gerektirdiği YÖM, resimlerin çekilmesi için gereken mesafeyi yani uçuş yüksekliğini de belirleyecektir. Bindirme ise eşlenen alanın türüne bağlıdır ve görüntülerin çekilmesi gereken oranı belirlemektedir. Aksi takdirde görüntülerin yeniden elde edilmesi gerekecektir [39].

Günümüzde kullanılan yazılımlar, görüntüler arasında otomatik olarak binlerce ortak nokta bulmaya dayanan görüntü işleme yazılımlarıdır. Bir görüntüde bulunan her karakteristik noktaya kilit nokta denir. İki farklı görüntüdeki 2 kilit nokta aynı olduğu zaman bunlar kilit noktalarla eşleştirilir ve her doğru şekilde eşleştirilen önemli nokta

grubu bir 3B noktası oluşturur. İki görüntü arasında yüksek bindirme olduğunda, yakalanan ortak alan daha büyüktür ve daha fazla kilit nokta birlikte kullanılabilir. Kilit noktalar ne kadar fazlaysa, 3B noktalar da o kadar doğru hesaplanabilir. Bu nedenle, ana kural görüntüler arasında yüksek bindirme sağlamaktır. Görüntü elde etme planının, sonuçların kalitesi üzerinde büyük bir etkisi olduğundan dikkatle tasarlanması önemlidir [39].

İdeal görüntü elde etme planı, yeniden yapılandırılacak alanın türüne bağlıdır. Çoğu durumda önerilen bindirme, en az % 75 enine bindirme ve en az % 60 boyuna bindirmedir. Kamera, istenen YÖM'ü sağlamak için arazi üzerinde sabit bir yükseklikte mümkün olduğunca korunmalıdır [39]. Genel bir durum için ideal görüntü toplama planının şematik görünümü Şekil 3.3'te verilmiştir.

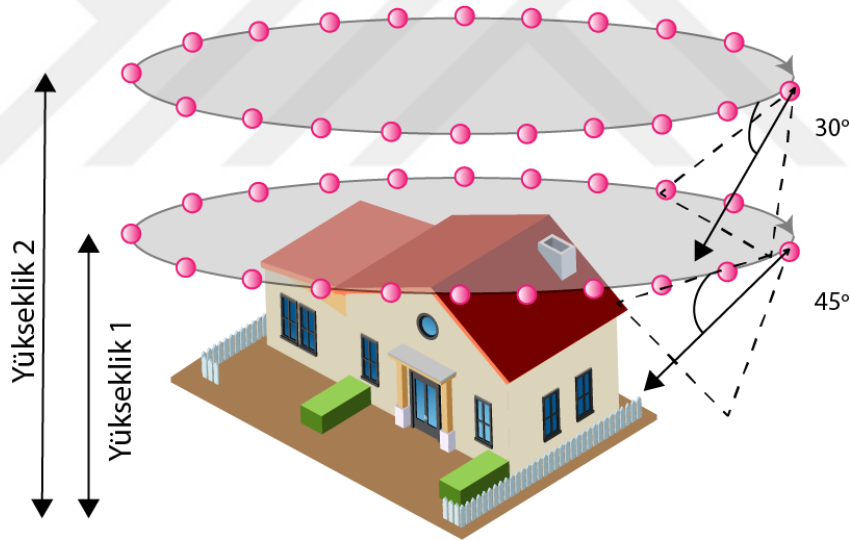


Şekil 3.3 İdeal görüntü toplama planı (genel durum).

Ağaçlar ve yoğun bitki örtüsü bulunan alanlarda genellikle üst üste binen görüntüler arasında binlerce dal ve yaprak olması nedeniyle çok farklı görünüme sahip olabilmektedir. Bu nedenle, görüntüler arasında ortak kilit noktalar çıkarmak zorlaşmaktadır. Bu gibi alanlarda görüntüler arasında bindirme, en az % 85 enine bindirme ve en az % 70 boyuna bindirme oranına yükseltilmelidir. Ayrıca yüksek rakımda

daha az perspektif bozulma olacağından uçuş yüksekliği de artırılmalıdır. Arazinin tarım alanları gibi homojen görsel içerikli ve düz olduğu durumlarda, görüntüler arasında ortak kilit noktalar çıkarmak zordur. Bu alanlarda da yoğun bitki örtüsünün bulunduğu alanlardaki gibi yüksek bindirme oranı ve uçuş yüksekliği kullanmak kilit noktaları bulmayı kolaylaştırmaktadır [39].

Üç boyutlu binaları yeniden modellemek için belirli bir görüntü toplama planı gerekmektedir. Öncelikli olarak binanın etrafında 45° kamera açısı ile ilk uçuş gerçekleştirilmelidir. Binanın etrafında ikinci ve üçüncü kez uçulduğunda, uçuş yüksekliği artırılmalı ve her turda kamera açısı azaltılmalıdır. Nesnenin boyutuna ve mesafeye bağlı olarak, yeterli bindirme sağlamak için her 5-10 derecede bir görüntü alınması önerilmektedir. Daha kısa mesafe ve daha büyük nesnelere daha az derecede görüntü gerektirmektedir [39]. Bir bina için ideal görüntü alma planının şematik görünümü Şekil 3.4'te verilmiştir.

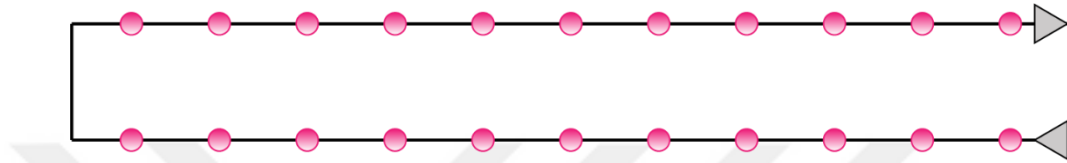


Şekil 3.4 İdeal görüntü alma planı (bina).

Karlı veya kumlu alanlar gibi özel durumları olan arazilerin haritalanması oldukça zordur. Bu gibi alanlar birbirini benzer görsel içeriğe sahip olabilmektedir. Bu nedenle bu alanlarda yüksek üst üste bindirme kullanılmalıdır. Ayrıca her görüntüde mümkün olduğunca kontrast elde etmek için pozlama ayarları uygun şekilde ayarlanmalıdır [39]. Su yüzeyleri, geniş düzgün alanlardan dolayı neredeyse hiçbir görsel içeriğe sahip olmayıp bu alanlardaki güneş yansıması da görsel eşleştirme için kullanılamamaktadır.

Bu nedenle okyanusları yeniden modellemek mümkün değildir. Fakat nehirler veya göller gibi diğer su yüzeylerini arazi özelliklerine sahip olması şartıyla yükseğe uçuş gerçekleştirerek daha fazla arazi özelliği eklenerek yeniden oluşturulabilir [39].

Demiryolları, yollar veya nehirler gibi harita koridorları en az 2 uçuş hattı gerektirmektedir. Ayrıca çift yol için en az % 85 enine bindirme ve en az % 60 boyuna bindirme kullanılması önerilmektedir [39]. Bir koridor haritalaması için çift hat görüntü elde etme planı Şekil 3.5'te verilmiştir.



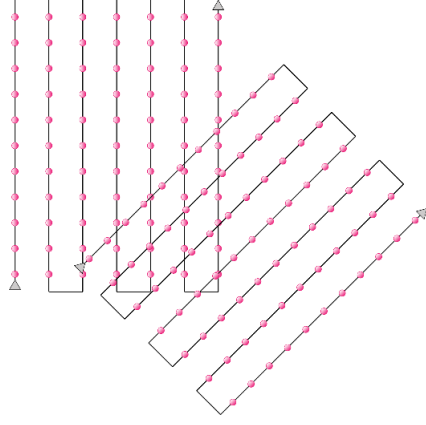
Şekil 3.5 Koridor haritalaması için çift hat görüntü elde etme planı.

Çift hat görüntü elde etme planı mümkün olmadığı durumlarda yüksek bindirme oranıyla tek hat görüntü elde etme planı kullanılabilir [39]. Tek hat uçuş planı Şekil 3.6'da verilmiştir.

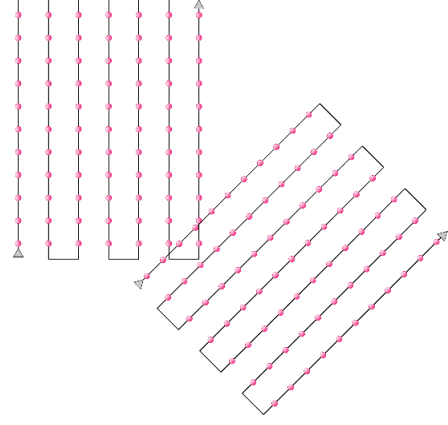


Şekil 3.6 Tek hat uçuşu.

Farklı görüntü elde etme planlarını tasarlanırken dikkat edilmesi gereken hususlar bulunmaktadır. Her plan görüntüleri, bindirmeli şekilde çekilmeli ve iki görüntü edinme planı arasında yeterince bindirme olmalıdır. Farklı planlar mümkün olduğunca aynı koşullar altında alınmalıdır [39]. Şekil 3.7'de bindirme şematik çizimi, Şekil 3.8'de gerçek zamanlı bindirme örneği gösterilmiştir.

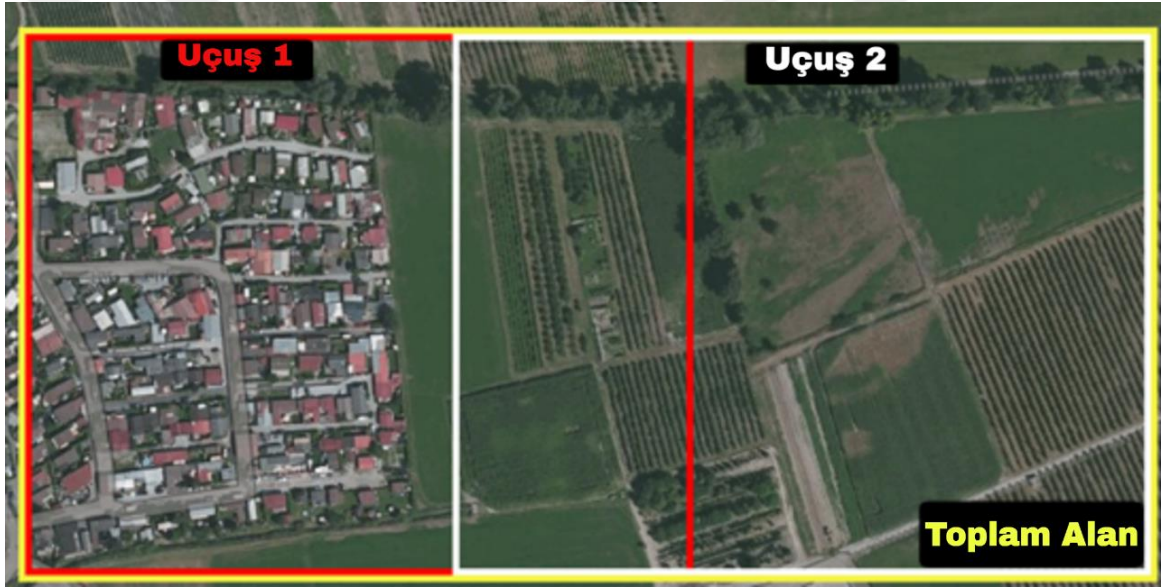


İki uçuş arasında yeterli bindirme



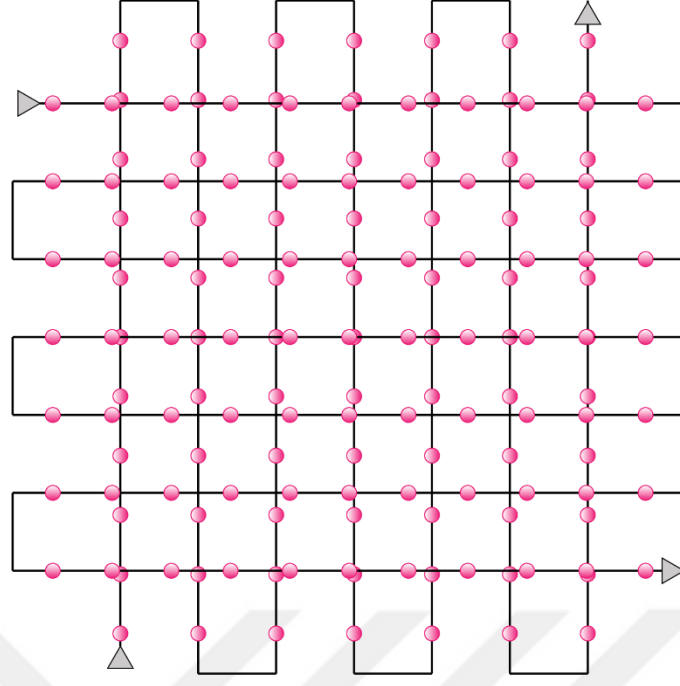
İki uçuş arasında yeterli bindirme yok

Şekil 3.7 Uçuş arasında bindirme.



Şekil 3.8 Uçuş için önerilen görüntü toplama planı [39].

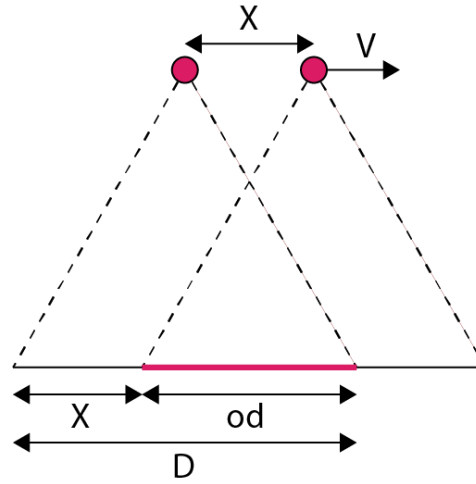
Kentsel alanların üç boyutlu rekonstrüksiyonu çift ızgaralı bir görüntü toplama planı gerektirmektedir. Böylece binaların tüm cepheleri (kuzey, batı, güney, doğu) görüntüler üzerinde görülebilmektedir. Bu alanlarda bindirme, genel durumdaki ile aynı olmalı ve cephelerin görünür olması için, görüntüler 10° ile 35° arasında bir açıyla çekilmelidir. Çok fazla ayrıntıya ihtiyaç duyulduğu takdirde havadan ve karadan görüntüler birleştirilmelidir [39]. Şekil 3.9'da çift ızgara görüntü toplama planı şematik görünümü verilmiştir.



Şekil 3.9 Çift ızgara görüntü toplama planı.

3.4.1.1. Verilen bindirme için görüntü hızının hesaplanması

Belirli bir üst üste binme elde etmek için görüntü çekim hızı; görüntüleme yapan aracın uçuş hızına, YÖM'e ve kameranın piksel çözünürlüğüne bağlı olmaktadır. YÖM'ler için çekim hızı bileşenleri Şekil 3.10'da şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.10 YÖM'ler için çekim hızı bileşenleri.

Şekil 3.10'da verilen;

- D : Uçuş yönünde bir görüntü ile zeminde kapsanan mesafe [m],
- od : Uçuş yönündeki iki resim arasında bindirme [m],
- x : Uçuş yönünde iki kamera konumu arasındaki mesafe [m],
- v : Uçuş hızı [m/s]'dir.

Şekil 3.10’da verilen bileşenler kullanılarak çekim hızı aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$od = by \times D \quad [3.6]$$

$$x = D - od \quad [3.7]$$

$$t = \frac{x}{v} \quad [3.8]$$

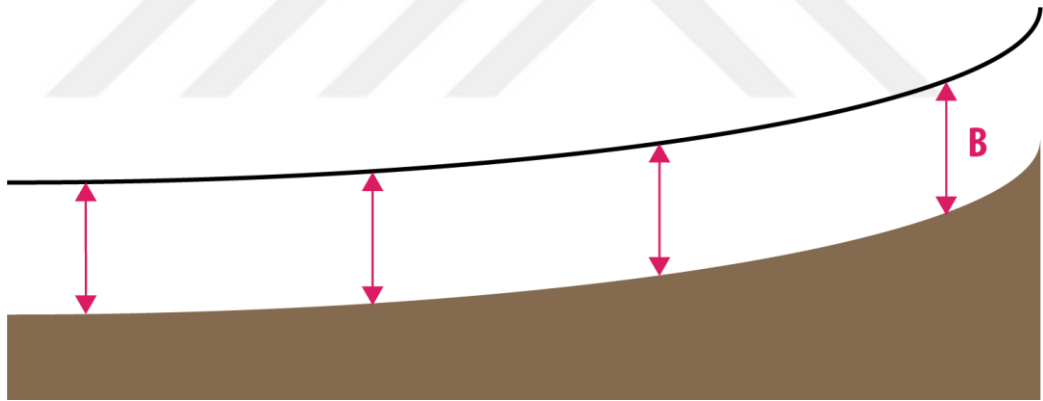
Burada verilen

by : İki resim arasında istenen boyuna bindirme yüzdesi [%],

t : çekim hızı [s]’dir.

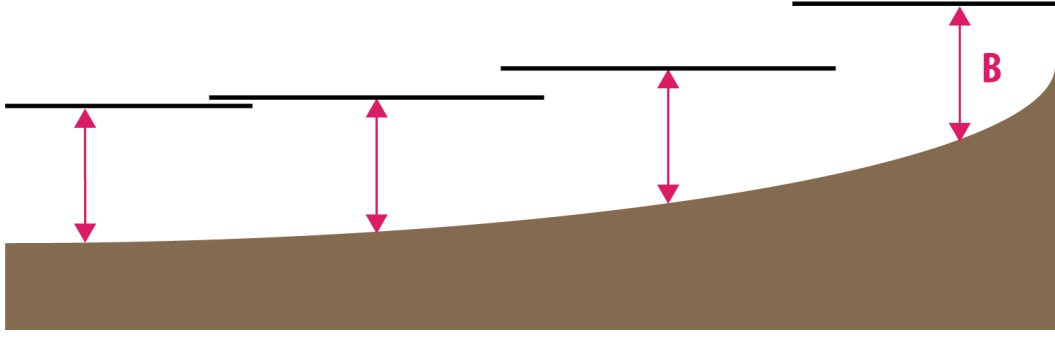
3.4.2. Yükseklik değişimleri olan arazi için görüntü elde etme planı

Arazi yükseklik değişimini takip eden tek uçuş, İHA ile arazi arasındaki yükseklik farkı korunduğundan YÖM proje için önerilen yöntemdir [39]. Şekil 3.11’de belirli bir arazi üzerinde tek uçuş örneği gösterilmiştir.



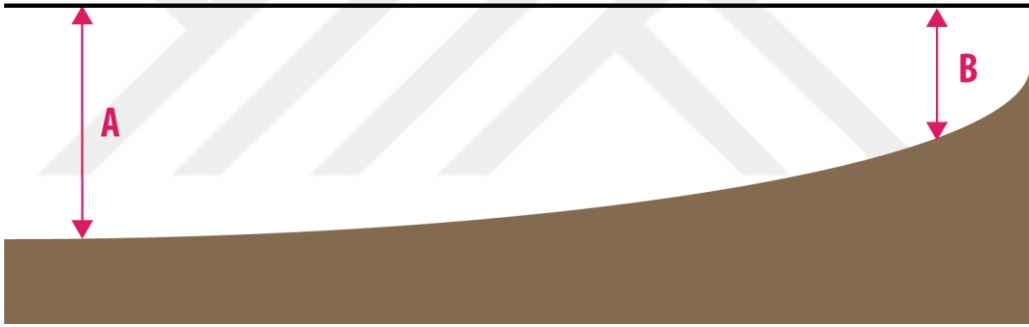
Şekil 3.11 Arazi yüksekliği değişimlerini takip eden tek uçuş.

Çoklu uçuşun gerektiği durumlarda arazi üzerindeki yükseklik sabit tutulmalı ve uçuşlar arasında bindirme olmasına dikkat edilmelidir. Şekil 3.12’de belirli bir arazi üzerinde çoklu uçuş örneği olarak gösterilmiştir. Burada B uçuş yüksekliğini ifade etmektedir.



Şekil 3.12 Farklı yüksekliklerde çoklu uçuş.

İHA ile arazi arasında yükseklik farkı korunmazsa YÖM bu durumdan etkilenecektir. Şekil 3.13'te gösterilen sabit uçuş yüksekliğinde, A'da elde edilen YÖM B'de daha az çözünürlüğe sahiptir ve üst üste binme etkilenmektedir. Görüntü hızı korunuyorsa üst üste binme B üst noktasında daha düşük olacaktır. Alt ve üst nokta arasındaki yükseklik farkı YÖM'den iki kat veya daha fazla yüksekse yeniden yapılanmayı etkilemekte ve başarısız sonuçlar doğurmaktadır [39].



Şekil 3.13 Sabit uçuş yüksekliği.

4. YER KONTROL NOKTA DİZAYNI

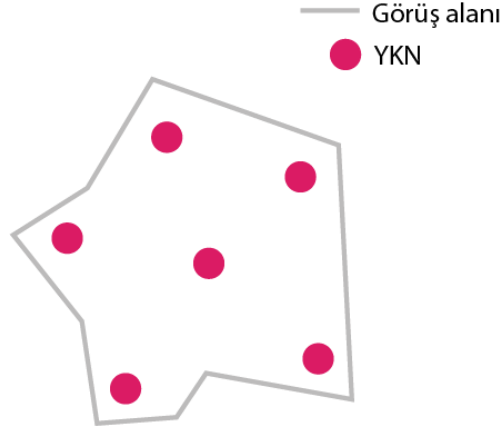
4.1. Yer Kontrol Noktası

YKN' ler, stratejik olarak ilgilenilen alan boyunca yerleştirilen, yerdeki büyük işaretli ve görüntülerde kolayca seçilebilir nitelikte hedeflerdir. Bu YKN' ler haritadaki herhangi bir noktanın enlemini ve boylamını, gerçek yermerkezli koordinatlarına tam olarak karşılık gelmesini sağlamaya yardımcı olmaktadır. YKN' ler doğru kullanıldığında üretilen haritanın genel doğruluğu da büyük ölçüde artmaktadır. Bu durum hassas haritalamanın ve doğruluğun gerekli olduğu durumlarda oldukça önemlidir[2].

4.2. Yer Kontrol Nokta Sayısı ve Dağılımı

YKN dizaynındaki en önemli parametre YKN sayısı ve dağılımıdır. Genel olarak incelenecek alana en az üç YKN yerleştirilmesi ve her birinin en az iki resimde işaretlenmesi gerekmektedir. Fakat ölçüm yanlışlıklarını en aza indirmek ve YKN' leri yerleştirirken ortaya çıkabilecek hataları tespit etmeye yardımcı olmak için her biri beş görüntüde tanımlanmış en az beş YKN kullanılması önerilmektedir. Büyük projeler için 5 - 10 arasında YKN genellikle yeterli olmakta, YKN sayısını çoğaltmak doğruluğu arttırmada önemli bir katkı yapmamaktadır [39]. Fakat topoğrafyanın karmaşık olduğu alanlarda daha fazla sayıda YKN kullanılabilir.

YKN' lerin dağılımının belirlenmesindeki önemli hususların başında YKN' lerin ilgi alanına homojen bir şekilde dağıtılması gelmektedir. Bölge üzerinde tüm noktalar aynı yere yerleştirildiğinde doğruluk sağlanamayacaktır. Ayrıca rekonstrüksiyonun kalitesini daha da artırmak için alanın ortasına bir YKN yerleştirilmesi önerilmektedir [39]. Ölçek ve oryantasyondaki hatayı en aza indirmek için YKN' ler yatay olarak eşit bir şekilde dağıtılmalı ve tam olarak alan kenarlarına yerleştirilmemelidir. YKN' leri tam köşelere yerleştirilmesi, resimlerde YKN' lerin görünürlüğünü önemli ölçüde azaltmaktadır [39]. Şekil 4.1'de örnek bir YKN dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 4.1 YKN'lerin dağılımı.

4.3. Yer Kontrol Noktası ile Kontrol Noktası Arasındaki Fark

YKN'ler projede göreceli ve mutlak doğruluğu geliştirmek için kullanılırken, KN ise mutlak doğruluğu değerlendirmek ve üç boyutlu konumu ve işaretlemelerdeki olası hataları tahmin etmek için kullanılmaktadır. Bir projede doğru ölçeklendirmek, döndürmek ve konumlandırmak için gerekenden daha fazla YKN varsa, YKN'lerin bazıları projenin doğruluğunu değerlendirmek için KN olarak kullanılabilir. KN'lerin başlangıçtaki ve hesaplanan konumları arasındaki fark mutlak doğruluğu tahmin etmeye yardımcı olmakta ve bu fark proje kalite raporunda verilmektedir [39].

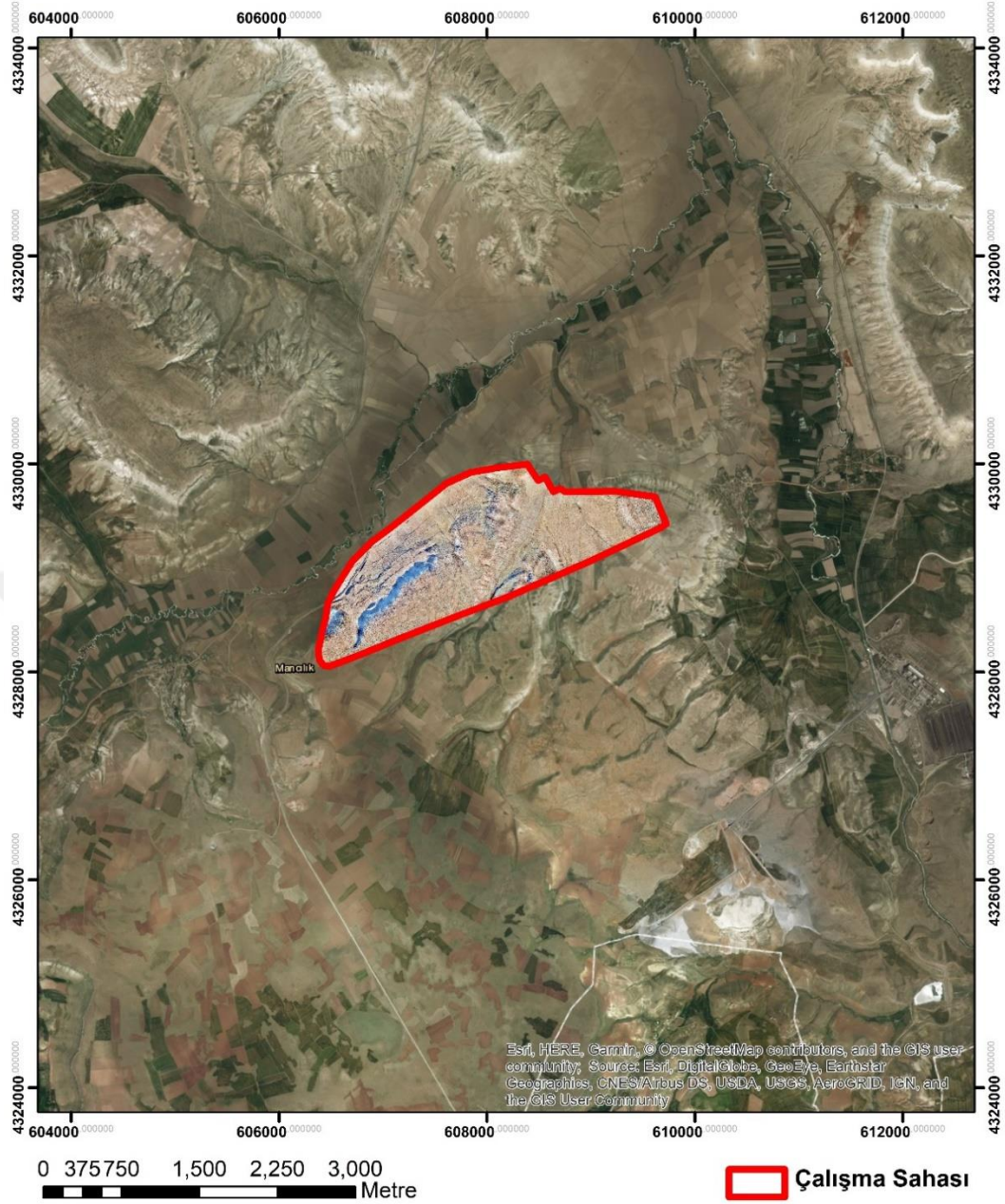
5. UYGULAMA

5.1. Çalışma Alanı

Bu çalışma, üç farklı bölgede on farklı YKN ağ tasarımı ve farklı YKN sayıları uygulanarak gerçekleştirilmiş olup, YKN dağılımının ve sayısının konum doğruluğu üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Çalışma alanı olarak seçilen bu bölgelerinin topoğrafik ve geometrik yapılarının ve alanlarının farklı olmasına dikkat edilmiştir. Seçilen bölgeler ikisi Sivas İli Kangal ilçesinde bir diğeri ise Gaziantep ili Nizip ilçesinde bulunmaktadır. Bu çalışma bölgeleri birinci, ikinci ve üçüncü çalışma bölgesi olarak adlandırılmıştır.

5.1.1. Birinci çalışma bölgesi

Birinci çalışma bölgesi, yaklaşık 160 hektar büyüklüğünde olup topoğrafik olarak genelde düzgün bir yapıya sahip olmasına rağmen özellikle iç kısımlarda, çizgisel bir hat biçimde eğimlidir. Bu çalışma bölgesine, topoğrafyanın değişimi göz önünde bulundurularak düzenli aralıklarla minimum konum hataları elde edilecek şekilde 46 YKN tesis edilmiştir. Ayrıca YKN'lerin konum doğruluğuna etkisini araştırmak için, çalışma bölgesinde 122 adet KN tesis edilmiş ve bu noktaların konum bilgileri GNSS CORS yöntemi ile üretilmiştir. Sonuçta Pix4D fotogrametrik değerlendirme yazılımıyla elde edilen konum bilgileri ile GNSS yöntemiyle elde edilen konum bilgileri karşılaştırılarak bu noktalara ait konum doğruluğu RMS değerleri bulunmuştur.

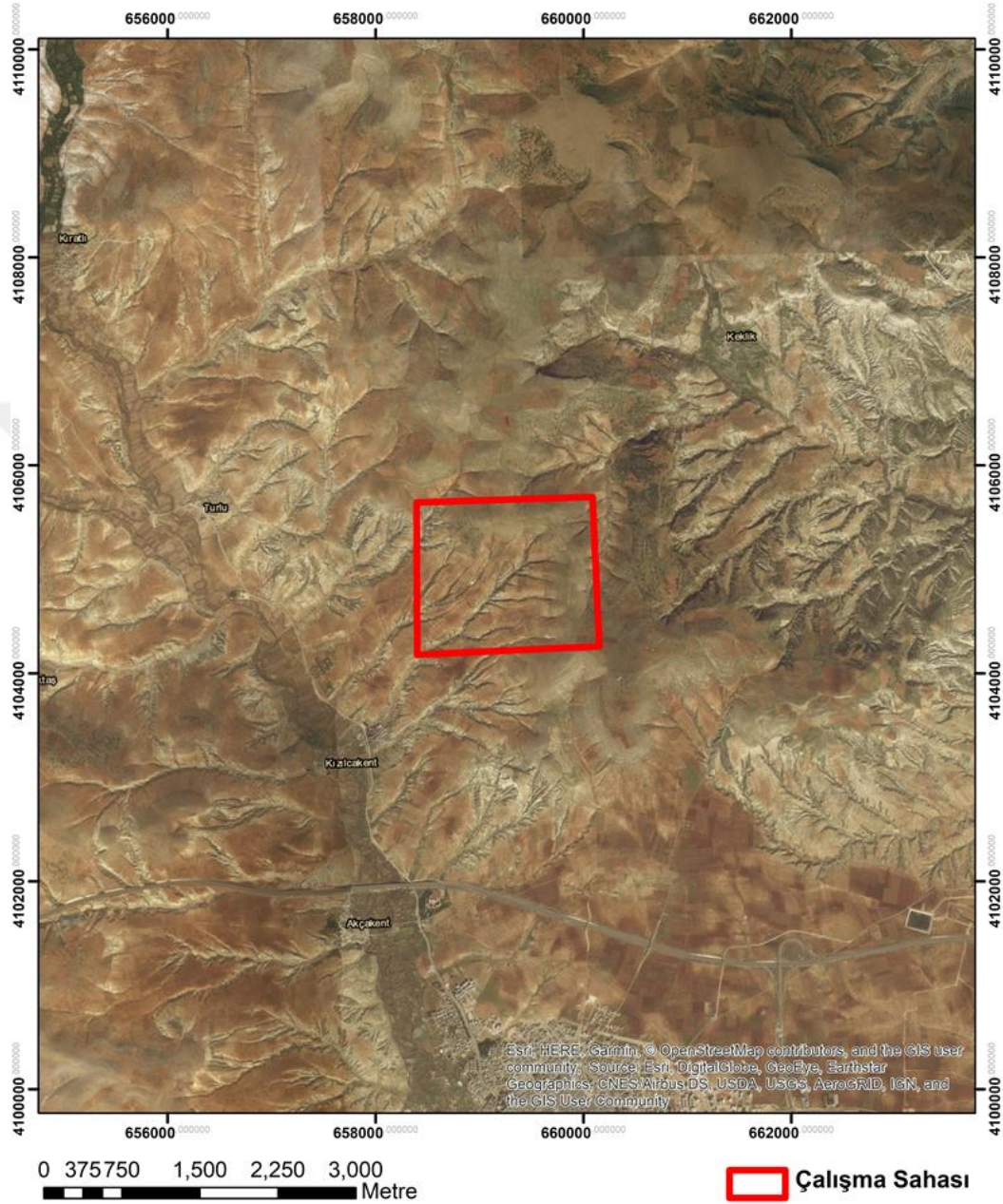


Şekil 5.1 Birinci çalışma bölgesi.

5.1.2. İkinci çalışma bölgesi

Nizipte bulunan ikinci çalışma bölgesi, yaklaşık 231 hektar büyüklüğünde olup topoğrafik yapı bakımından özellikle bölgenin orta ve dış çerçeve kısımlarında eğimli, ara kısımlarda düzgün bir yapıya sahiptir. Birinci çalışma bölgesinde olduğu gibi bu çalışma bölgesine de topoğrafyanın değişimi göz önünde bulundurularak düzenli aralıklarla minimum konum hataları elde edilecek şekilde en uygun dağılımı 52 adet YKN tesis edilmiştir. YKN' lerin konum doğruluğuna etkisini araştırmak için, çalışma

bölgesinde 126 adet GNSS KN tesis edilmiş ve GNSS CORS yöntemi ile bu noktaların konum bilgileri üretilmiştir.

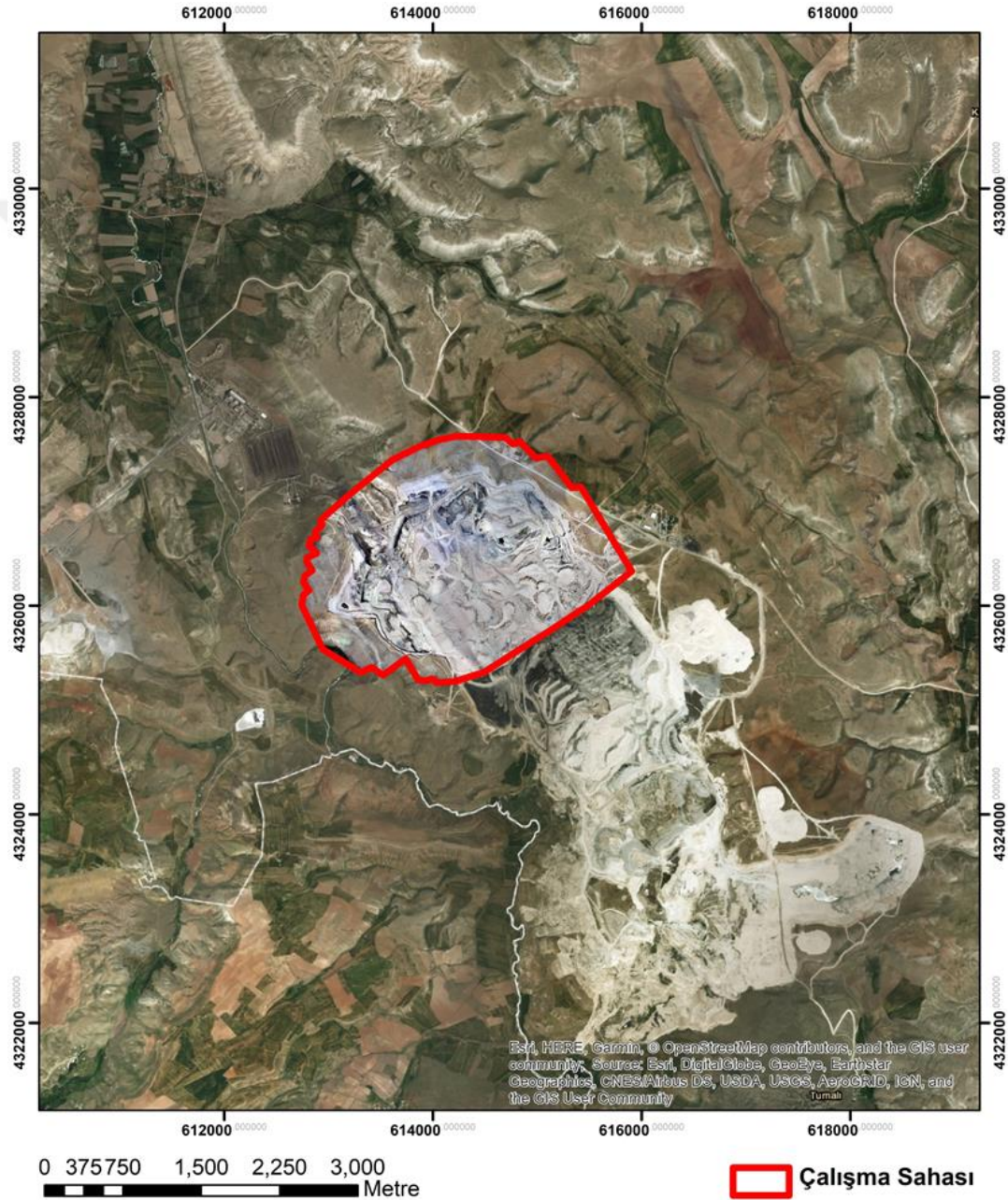


Şekil 5.2 İkinci çalışma bölgesi

5.1.3. Üçüncü çalışma bölgesi

Üçüncü çalışma bölgesi, 440 hektar büyüklüğünde olup, topoğrafik yapı bakımından bölgenin iç kısımlarına doğru eğimli, dış kısımlarında ise düzgün bir yapıya sahiptir. Bu çalışma bölgesinde topoğrafya basamak şeklinde değişmektedir. Diğer iki çalışma

bölgesinde olduğu üzere bu çalışma bölgesinde de, topoğrafyanın değişimi göz önünde bulundurularak düzenli aralıklarla minimum konum hataları elde edilecek şekilde en uygun dağılımlı 33 YKN tesis edilmiştir. YKN'lerin konum doğruluğuna etkisini araştırmak için, çalışma bölgesinde 109 adet KN tesis edilmiş ve GNSS CORS yöntemi ile bu noktaların konum bilgileri üretilmiştir. Bu GNSS noktaları KN olarak kullanılmıştır.



Şekil 5.3 Üçüncü çalışma bölgesi.

5.2. Arazi Çalışması

Arazi çalışmalarında hava aracı, kamera, uçuş yüksekliği, bindirme oranı ve fotoğraf sayısı oldukça önemlidir. Çalışma bölgesindeki topoğrafyanın değişimi göz önünde bulundurularak önceden yerleri belirlenen düzenli aralıklı YKN' ler ve bu YKN' lerin konum doğruluğuna etkisini araştırmak için GNSS CORS yöntemi ile KN' ler tesis edilmiştir. Uçuş öncesi hazırlanan uçuş planı doğrultusunda uçuşun gerçekleşeceği çalışma bölgesinin orta kısmı üzerinde hava aracı (drone) kurularak uçuş gerçekleştirilmiştir.

Tüm çalışma bölgelerinde hava aracı olarak DJI Matrice 600 Pro kullanılmıştır. Birinci çalışma bölgesi ve ikinci çalışma bölgesi için DJI Zenmuse X5 kamera kullanılmıştır. Üçüncü çalışma bölgesinde ise Sony A7R II kamera ve DJI Ronin-M dengeleme halkası kullanılmıştır. Birinci çalışma bölgesinde 170 m uçuş yüksekliğinde 912 fotoğraf, ikinci çalışma bölgesinde 200 m uçuş yüksekliğinde 842 fotoğraf ve son olarak üçüncü çalışma bölgesinde 250 m uçuş yüksekliğinde 989 fotoğraf çekilmiştir. Tüm çalışma bölgeleri için %80 enine bindirme, %60 boyuna bindirme uygulanmıştır (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1 Uçuş Bilgileri

Uçuş Konfigürasyonu	1.Bölge	2. Bölge	3. Bölge
Ortalama uçuş yüksekliği (m)	170	200	250
Otomotik pilot	Evet	Evet	Evet
Kamera özellikleri	DJI Zenmuse	DJI Zenmuse	Sony A7R II
Görüntü biçimi	4608 × 3456	4608 × 3456	7360 × 4912
Piksel boyutu (in)	2.06	2.86	1.61
Odak uzaklığı (mm)	12	12	35
Uçuş Hızı (m/s)	8.7	9.3	9.8
YÖM (cm)	5.23	7.26	4.09
Bindirme (%)	80/60	80/60	80/60
Görüntü sayısı	912	843	989
Çalışma alanı (ha)	160	231	440



Şekil 5.4 Yer kontrol noktasının belirlenmesi.



Şekil 5.5 DJI Zenmuse X5 kamera ile DJI Matrice 600 Pro drone.



Şekil 5.6 Sony A7R II kamera ve DJI Ronin-M dengeleme halkası ile DJI Matrice 600 Pro drone.

5.3. Büro Çalışması

Çalışma bölgeleri topoğrafik yapıları, yüzölçümü ve geometrik şekilleri bakımından birbirinden bağımsız üç bölgedir. İlk olarak seçilen bu bölgelere tesis edilen tüm YKN'ler kullanılarak değerlendirmeler gerçekleştirilmiş, daha sonra aşağıda ayrıntıları verilen on farklı YKN ağ dizaynı kullanılarak değerlendirmeler yapılmıştır. Ağ dizaynları şu şekilde özetlenebilir;

TÜM ağı; çalışma bölgesinde topoğrafyanın değişimi göz önünde bulundurularak düzenli aralıklarla minimum konum hataları elde edilecek şekilde en uygun dağılımı yapılmış ve tüm bölgeyi kapsayan YKN'lerden oluşan ağ dizaynıdır. (Ek 1, Ek 11, Ek 21)

İÇ ağı; çalışma bölgesinin dış hattını çevreleyen YKN'ler dışında, çalışma bölgesinin iç kısmında kalan YKN'lerden oluşan ağ dizaynıdır. (Ek 2, Ek 12, Ek 22)

EĞİM VE DIŞ ağı; çalışma bölgesinde topoğrafyanın değişim gösterdiği eğimli yüzey üzerinde bulunan ve çalışma bölgesinin dış hattını çevreleyen YKN'lerin alındığı ağ dizaynıdır. (Ek 3, Ek 13, Ek 23)

EĞİM ağı; çalışma bölgesinde topoğrafyanın değişim gösterdiği eğimli yüzey üzerinde bulunan YKN'lerin alındığı ağ dizaynıdır. (Ek 4, Ek 14, Ek 24)

SEYREK ağı; çalışma bölgesinde bulunan YKN'lerin belirli bir kriter gözetilmeden ara ara seyreltilerek ve YKN'ler arasındaki mesafenin 400 m'nin üzerinde olduğu ağ dizaynıdır. (Ek 5, Ek 15, Ek 25)

YOĞUN EN ağı; çalışma bölgesinin düşey düzlemi üzerindeki başlangıç ve bitişinde yer alan ikişer YKN ile iç kısmında enine yoğun olacak şekilde bulunan YKN'lerden oluşan ağ dizaynıdır. (Ek 6, Ek 16, Ek 26)

EĐİMDİŐİ ağı; çalışma bölgesinde topoğrafyanın değişim gösterdiği eğimli yüzey üzerinde bulunan YKN'ler dışında kalan noktaların kullanıldığı ağ dizaynıdır. (Ek 7, Ek 17, Ek 27)

YOĞUN BOY ağı; çalışma bölgesinin yatay düzlemi üzerindeki başlangıç ve bitişinde yer alan ikişer YKN ile iç kısmında boyuna yoğun olacak şekilde bulunan YKN'lerden oluşan ağ dizaynıdır. (Ek 8, Ek 18, Ek 28)

DIŞ ağı; çalışma bölgesinin dış hattını vreleyen YKN'lerin alındığı ağ dizaynıdır. (Ek 9, Ek 19, Ek 29)

HAT ağı; çalışma bölgesinin ortasından geçecek bir hat belirlenerek, belirlenen hat doğrultusunda yer alan YKN'lerin alındığı ağ dizaynıdır. (Ek 10, Ek 20, Ek 30)

5.4. Analizler

Tüm alışma bölgeleri için on farklı ağ dizaynına göre değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. Bu değerlendirmeler, KN ve YKN noktaları için elde edilen karesel ortalama hatalar ile KN noktalarının kaç fotoğraftan görüldüğü ve kullanılan YKN sayılarına ilişkin değerleri içermektedir.

5.4.1. Çalışma bölgeleri analiz sonuçları: birinci bölge

Birinci bölge için tüm bölgenin genelinde yer alan en uygun dağılıma sahip 46 adet YKN bulunmaktadır. Tüm YKN'ler dikkate alındığında KN'ler için hata miktarı 1,47 cm'dir. Çalışma bölgesine belirli bir kriter gözetilmeden ara ara seyreltilerek oluşturulmuş 32 YKN'nin dikkate alındığı seyrek ağ dizaynı uygulandığında hata miktarı 3,48 cm olmuştur. Burada YKN sayısı yaklaşık %30 azaltılmış fakat RMS iki katına çıkarılmıştır.

Çalışma bölgesinde topoğrafyanın değişim gösterdiği eğimli yüzey üzerinde bulunan 30 YKN'nin dikkate alındığı eğim ağ dizaynı uygulandığında hata miktarı 3,50 cm'dir. Bu sonuç seyrek ağ dizaynı ile hemen hemen benzer olup, bu iki ağ dizaynı arasındaki fark

0,02 cm'dir. Ağ dizaynlarında kullanılan YKN sayıları göz önünde alındığında sadece 2 YKN fark ile yaklaşık olarak aynı sonucu vermesi tesadüfi olacağı gibi, çalışma bölgesinin yapısı göz önünde bulundurulduğunda en uygun iki dağılım şekli olduğu da düşünülebilir.

Çalışma bölgesinde topoğrafyanın değişim gösterdiği eğimli yüzey üzerinde bulunan YKN' ler ve çalışma bölgesinin dış hattını çevreleyen toplam 35 YKN dikkate alındığı eğim ve dış ağ dizaynında hata miktarının 3.54 cm olarak belirlenmiştir. Seyrek ve eğim ağ dizaynından sonra en iyi sonucu veren eğim ve dış ağ dizaynıdır. Ancak seyrek ve eğim ağ dizaynı ile karşılaştırıldığında hem YKN sayısında artış, hem de hata miktarında azda olsa bir yükselme söz konusudur. Sonuç olarak çalışma alanının dışını çerçeveleyen noktaların alınması herhangi bir artı sağlamamıştır.

Çalışma bölgesinin dış hattını çevreleyen YKN' ler dışında, çalışma bölgesinin iç kısmında kalan YKN' lerin dikkate alındığı iç ağ dizaynında 33 YKN ile elde edilen hata miktarı 6.52 cm'dir. Bu ağ dizaynı seyrek ağ dizaynı ile yaklaşık olarak aynı YKN sayısına sahip olmasına rağmen, iç ağ dizaynının hata miktarına göre iki kat hatalı sonuç ortaya koymuştur. Bu hata miktarının genel olarak noktaların homojen değil içeride yoğun olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışma bölgesinin dış çevresinde bulunan YKN' ler tek hat şeklinde dikkate alındığında, çalışma bölgesinin alanı bakımından yeterli YKN sayısı sağlanamadığı ve analiz sonuçlarından sağlıklı bir hata miktarı elde edilemeyeceği görülmüştür. Dış çerçeveyi oluşturan YKN sayısı dış kısmı çevreleyen iki hat şeklinde alınarak yeterli sayıda YKN ile dış ağ dizaynı gerçekleştirilmiştir. Dış ağ dizaynında kullanılan 24 YKN ile elde edilen hata miktarı 6.83 cm'dir. Bu sonucunda YKN' lerin homojen dağılımın sağlanmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. İç ağ dizaynı ile karşılaştırıldığında 9 YKN azaltılarak elde edilen dış ağ dizaynının hata miktarı 0.31 cm'dir daha kötüdür.

Çalışma bölgesinin düşeydeki başlangıç ve bitişinde yer alan ikişer YKN ile iç kısmında enine yoğun olacak şekilde bulunan 24 YKN' nin dikkate alındığı yoğun en ağ dizaynı hata miktarı 8.15 cm'dir. Şu ana kadar yapılmış olan ağ dizaynlarından hata miktarı en yüksek olan dış ağ dizaynına göre 2 YKN farkla hata miktarının 1,2 cm arttığı görülmektedir.

Çalışma bölgesinin yataydaki başlangıç ve bitişinde yer alan ikişer YKN ile iç kısmında boyuna yoğun olacak şekilde bulunan 25 YKN' nin dikkate alındığı yoğun boy ağ

dizaynında hata miktarı 14.32 cm'dir. Bu ağ dizaynı, kullanılan YKN sayısına göre yoğun en ağ analiziyle aynı nokta sayısına sahip olmasına rağmen, hata miktarında 1.8 kat artışa neden olmuştur. Sonuç olarak çalışma bölgesini sadece enine yada boyuna yoğun bir ağ dizaynı sonuçları kötüleştirmektedir.

Çalışma bölgesinin ortasından geçecek bir hat belirlenerek, belirlenen hat doğrultusunda yer alan 24 YKN' nin dikkate alındığı hat ağ dizaynında hata miktarı 22.3 cm'dir. Kullanılan YKN sayısı göz önünde alındığında yoğun en ve yoğun boy ağ dizaynlarıyla aynı YKN sayısına sahiptir. Fakat yoğun en ağ dizaynı göre 3 kat, yoğun boy ağ dizaynı göre 1,5 kat hata miktarında artış görülmektedir. Sonuç olarak hat şeklinde oluşturulan ağ dizaynı YKN sayısı aynı olsa bile sonuçları oldukça kötüleştirmektedir.

Sonuç olarak tüm YKN' lerin kullanıldığı sonuçlara en yakın sonucu YKN sayısının yaklaşık % 30 azaltıldığı eğim ve seyrek ağ dizaynları vermektedir. Bu ağ dizaynlarında üç boyutlu konum RMS değeri yaklaşık 3.5 cm olarak bulunmuştur.

Birinci bölge tüm ağ dizaynları için birleştirilmiş RMS tablosu Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2 Birinci bölge için RMS tablosu

	1. Bölge (YÖM 5,23 cm (2,06 in))			
	RMS (cm)		Ortalama YKN Görüntü sayısı	YKN sayısı
	Alım	YKN		
Tüm	1,47	4,34	13	46
İç	6,52	5,46	13	33
Eğim ve dış	3,54	5,30	12	35
Eğim	3,50	6,30	13	30
Seyrek	3,48	5,55	12	32
Yoğun En	8,15	7,12	12	24
Eğim dışı	10,80	5,81	12	25
Yoğun Boy	14,32	14,63	13	25
Dış	6,83	6,57	12	24
Hat	22,34	5,33	12	24

5.4.2. Çalışma bölgeleri analiz sonuçları: ikinci bölge

İkinci bölge için tüm bölgenin genelinde yer alan en uygun dağılıma sahip 52 adet YKN bulunmaktadır. Tüm YKN' ler dikkate alındığında hata miktarı 0,92 cm'dir.

Çalışma bölgesinin dış hattını çevreleyen YKN' ler dışında, çalışma bölgesinin iç kısmında kalan 35 YKN' nin dikkate alındığı iç ağ dizaynı göre hata miktarı 2,48 cm'dir. Bu sonuç, %32 YKN sayısı azalışı ile 2.7 kat hata miktar artışı ortaya koymuştur.

Çalışma bölgesinde topoğrafyanın değişim gösterdiği eğimli yüzey üzerinde bulunan 37 YKN' nin dikkate alındığı eğim ağ dizaynında hata miktarı 2.73 cm'dir. İç ağ dizaynına göre 2 YKN daha fazla olmasına rağmen, eğim ağ dizaynında 0.25 cm' lik bir hata artışı görülmektedir. Çalışma bölgesinde genel eğim değişimlerinin bölgenin iç kısımlarında daha fazla olduğu göz önünde bulundurulduğunda bu bölge için iç ve eğim ağları birbirine çok benzemektedir. Sonuç olarak yaklaşık aynı sonuçları vermesi de doğaldır.

Çalışma bölgesinde topoğrafyanın değişim gösterdiği eğimli yüzey üzerinde bulunan YKN' ler ve çalışma bölgesinin dış hattını çevreleyen toplam 42 YKN dikkate alındığı eğim ve dış ağ dizaynında hata miktarı 2.53 cm olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar ile iç ağ dizaynı arasında 0,05 cm'lik bir hata farkı söz konusudur. Fakat nokta sayıları göz önüne alındığında eğim ve dış ağ dizaynındaki 8 YKN' lik artışın, bu değere yaklaşmasındaki önemi büyüktür. Aynı şekilde eğim ağ dizaynıyla karşılaştırıldığında 0.20 cm fark ile eğim ağı analizinden daha iyi sonuç gösterdiği görülmektedir ancak yine nokta sayısı düşünüldüğünde eğim ağı dizaynından 6 YKN fazla olması bu sonuçta etkili olmuştur. Sonuç olarak çalışma bölgesi dış çerçevesinden eklenen 6 nokta, konum doğruluğunu çok fazla etkilememiştir.

Çalışma bölgesinde bulunan YKN' lerin belirli bir kriter gözetilmeden ara ara seyreltilerek dikkate alındığında 38 YKN' den oluşan seyrek ağ dizaynında hata miktarı 4.38 cm'dir. Nokta sayıları göz önünde bulundurulduğunda yaklaşık olarak eğim ağ dizaynıyla aynı YKN (+1 YKN) sayına sahip olmasına rağmen 1.6 katlık hata artışı söz konusudur. Bunun sebebi olarak seyrek ağ dizaynına düşen noktaların çalışma bölgesindeki genel eğim değişimlerini iyi yansıtmaması olduğu düşünülmektedir.

Çalışma bölgesinin düşeydeki başlangıç ve bitişinde yer alan ikişer YKN ile iç kısmında enine yoğun olacak şekilde bulunan 29 YKN' nin dikkate alındığı yoğun en ağ dizaynının hata miktarı 6.30 cm'dir. Nokta sayıları göz önünde bulundurulduğunda seyrek ağ dizaynına göre 8 YKN az kullanılmasına rağmen hata miktarı 1.4 kat artış göstermiştir.

Çalışma bölgesinde topoğrafyanın değişim gösterdiği eğimli yüzey üzerinde bulunan YKN dışında kalan 30 YKN dikkate alındığında hata miktarı 6.49 cm'dir. Yoğun en ağ

dizaynı ile karşılaştırıldığında aynı YKN nokta sayılarına sahip olmasına rağmen 0.19 cm hata artışı görülmektedir.

Çalışma bölgesinin yataydaki başlangıç ve bitişinde yer alan ikişer YKN ile iç kısmında boyuna yoğun olacak şekilde bulunan 28 YKN' nin dikkate alındığı yoğun boy ağ dizaynında hata miktarı 7.04 cm'dir. Yoğun en ve eğim dışı ağ dizaynları ile karşılaştırıldığında nokta sayısı bakımından 2 YKN daha az kullanılarak dağılım yapılmıştır. Hata miktarı ise yaklaşık 0.30 cm artış göstermiştir.

Çalışma bölgesinin dış hattını çevreleyen 30 YKN' nin dikkate alındığı dış ağ dizaynının hata miktarı 8.38 cm'dir. Yoğun en ve eğim dışı ağ analizleriyle aynı YKN sayısına sahip olmasına rağmen hata miktarı yaklaşık 1.3 kat artış gösterdiği görülmektedir.

Çalışma bölgesinin ortasından geçecek bir hat belirlenerek, belirlenen hat doğrultusunda yer alan 26 YKN' nin dikkate alındığı hat ağ dizaynının hata miktarı ise 13.16 cm'dir. Sonuçlara göre bu dizayna en yakın nokta sayısına sahip yoğun boy ağ dizaynından yaklaşık 2 kat daha fazla hata miktarı ortaya koymuştur.

Özetle, çalışma bölgesinde en uygun sonuçları YKN sayısının 35 YKN' ye düşürülerek 2.48 cm hata elde edilen iç ağ dizaynı ile YKN sayısının 42 YKN' ye düşürülmesiyle 2.53 cm hata miktarı elde edilen eğim ve dış ağ dizaynı vermektedir.

İkinci bölge tüm ağ dizaynları için birleştirilmiş RMS tablosu Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.3 İkinci bölge için RMS tablosu

	2. Bölge (YÖM 7,26 cm (2,89 in))		Ortalama YKN Görüntü sayısı	YKN sayısı
	Alım	RMS (cm)		
Tüm	0,92	5,46	10	52
İç	2,48	4,40	11	35
Eğim ve dış	2,53	6,78	10	42
Eğim	2,73	8,68	10	37
Seyrek	4,38	13,74	10	38
Yoğun En	6,30	13,89	11	29
Eğim dışı	6,49	10,78	10	30
Yoğun Boy	7,04	11,72	11	28
Dış	5,43	6,23	9	30
Hat	13,16	13,26	11	26

5.4.3. Çalışma bölgeleri analiz sonuçları: üçüncü bölge

Üçüncü bölge için tüm bölgenin genelinde yer alan en uygun dağılıma sahip 41 adet YKN bulunmaktadır. Tüm YKN' ler alındığında hata miktarı 0,26 cm'dir.

Çalışma bölgesinde topoğrafyanın değişim gösterdiği eğimli yüzey üzerinde bulunan 28 YKN dikkate alındığında eğim ağ dizaynının hata miktarı 1.34 cm'dir.

Çalışma bölgesinin düşeydeki başlangıç ve bitişinde yer alan ikişer YKN ile iç kısmında enine yoğun olacak şekilde bulunan 24 YKN' nin dikkate alındığı yoğun en ağ dizaynındaki hata miktarı ise 1.39 cm'dir. Eğim ağ dizaynı ile karşılaştırıldığında 4 nokta azaltılarak elde edilen yoğun en dağılımında hata miktarı 0,05 cm artış göstermiştir.

Çalışma bölgesinde topoğrafyanın değişim gösterdiği eğimli yüzey üzerinde bulunan YKN' ler ve çalışma bölgesinin dış hattını çevreleyen toplam 33 YKN' nin dikkate alındığı eğim ve dış ağ dizaynında hata miktarı 1.40 cm'dir. Yoğun en ağ dizaynı ile karşılaştırıldığında 9 YKN nokta artışı olmasına rağmen yaklaşık aynı hata miktarı elde edilmiştir.

Çalışma bölgesinde bulunan YKN' lerin belirli bir kriter gözetilmeden ara ara seyreltilerek alındığı 24 YKN' den oluşan seyrek ağ dizaynında hata miktarı 1.78 cm'dir. YKN sayısı göre karşılaştırma yapıldığında 24 YKN kullanılarak yapılan yoğun en ağ dizaynına göre 0.39 cm bir hata artışı ortaya çıkmıştır.

Çalışma bölgesinin dış hattını çevreleyen 26 YKN' nin dikkate alındığı dış ağ dizaynının hata miktarı 1.81 cm'dir. Seyrek ağ dizaynı göre 2 YKN arttırılmış olup 0,03 cm hata artışı görülmektedir.

Çalışma bölgesinin dış hattını çevreleyen YKN' ler dışında, çalışma bölgesinin iç kısmında yer alan 26 YKN' nin dikkate alındığı iç ağ dizaynında hata miktarı 2.53 cm'dir. Nokta sayısı düşünüldüğünde yaklaşık olarak yoğun en ve seyrek ağ dizaynından 2 YKN noktası fazla kullanılmasına rağmen yaklaşık 2 katı bir hata artışı olmuştur.

Çalışma bölgesinin yataydaki başlangıç ve bitişinde yer alan ikişer YKN ile iç kısmında boyuna yoğun olacak şekilde bulunan 21 YKN' nin dikkate alındığı yoğun boy ağ dizaynı hata miktarı 7.37 cm'dir.

Çalışma bölgesinde topoğrafyanın değişim gösterdiği eğimli yüzey üzerinde bulunan YKN' ler dışında kalan 22 YKN alındığında hata miktarı 9.22 cm'dir.

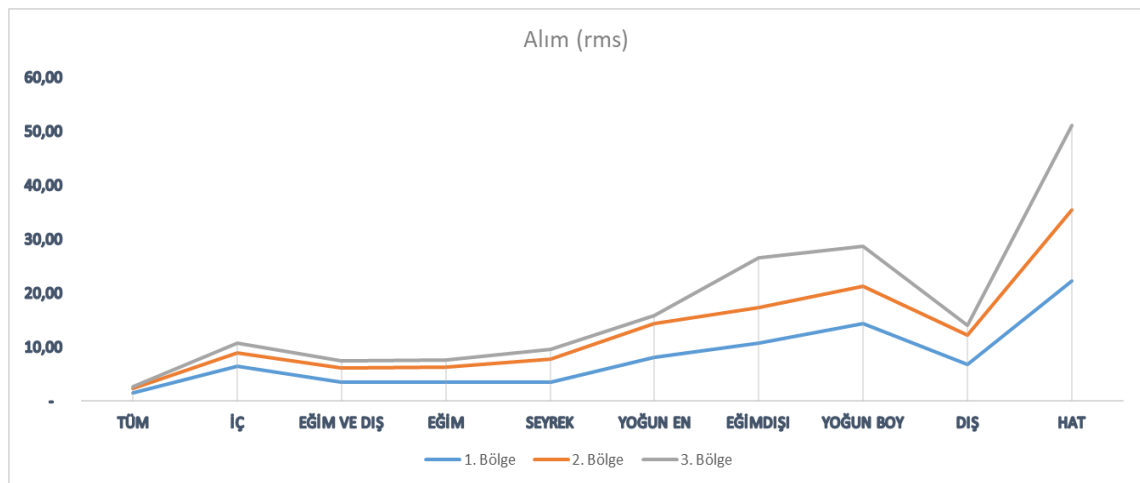
Çalışma bölgesinin ortasından geçecek bir hat belirlenerek, belirlenen hat doğrultusunda yer alan 23 YKN' nin alındığı hat ağ dizaynı hata miktarı 15.64 cm'dir.

Sonuç olarak tüm YKN' lerin kullanıldığı sonuçlara en yakın sonucu, %31.7 YKN sayısı azaltılarak 1.34 cm hata veren eğim ağ dizaynı ile tüm YKN sayısından %41.5 azaltılarak 1.39 cm hata miktarı veren yoğun en ağ dizaynı ile elde edilmiştir.

Üçüncü bölge tüm ağ dizaynları için birleştirilmiş RMS tablosu Çizelge 5.4'de verilmiştir. Çalışma bölgelerimizden elde edilen ağ yapısına göre RMS miktarları Şekil 5.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.4 Üçüncü bölge için RMS tablosu

	3. Bölge (YÖM 4,09 cm (1,61 in))		Ortalama YKN Görüntü sayısı	YKN sayısı
	RMS (cm)			
	Alım	YKN		
Tüm	0,26	1,7	11	41
İç	1,80	3,7	12	31
Eğim ve dış	1,40	1,7	11	33
Eğim	1,34	1,7	11	28
Seyrek	1,78	1,8	11	24
Yoğun En	1,39	1,7	10	24
Eğim dışı	9,22	9,7	10	22
Yoğun Boy	7,37	1,8	11	21
Dış	1,81	2,1	9	26
Hat	15,64	16,3	12	23



Şekil 5.7 Çalışma bölgelerinden elde edilen farklı ağ tasarımlarına göre RMS miktarları.

6. SONUÇLAR

Yapılan analizlerin bir sonucu olarak, İHA fotogrametrisi projelerde elde edilen doğruluğu en üst düzeye çıkarmak için YKN'lerin konumları hakkında ayrıntılı çalışma yapılmasının gerekli olduğu açıktır. Çalışma alanına yerleştirilen YKN'lerin dağılımının, çalışma alanına yerleştirilen YKN sayısından daha önemli olduğu yapılan analizler sonucunda görülmüş olup, YKN'lerin yoğunluğu arttıkça, sonuçların iyileşmediği ancak uygun dağılım sonucunda doğruluğun arttığı gözlemlenmiştir.

Özellikle hat şeklinde arazinin genel geometrik yapısını yansıtmayan YKN tasarımlarının sonuçları olumsuz yönde etkilediği açıkça gözlenmiştir. Bunun yanı sıra YKN dağılımının çalışma sahasının enine veya boyuna yoğun şekilde tasarlanması ile de sonuçlar kötüleşmektedir. Ayrıca çalışma sahasının iç bölgelerinde yeterince YKN noktası tesis edilmeyip sadece saha sınırlarına yakın YKN'lerden oluşan ağ dizaynında doğruluğu olumsuz yönde etkilediği gözlenmiştir.

Tüm bunların yanı sıra İHA Fotogrametrisi ile elde edilen konum doğruluğun artırılması için, YKN dizaynı planlanırken noktaların çalışma sahasının genel geometrik yapısını yansıtmamasının çok önemli olduğu belirlenmiştir. Özetle dizayn edilen YKN lerin çalışma sahası genel geometrisinin yansıtması gerekmektedir. Özellikle YKN'ler arası mesafe 400 m' nin üzerinde (Seyrek ağ) konum doğruluğunun azaldığıda gözlenmiştir. Bunun yanı sıra konum doğruluğun artırılması için diğer ve en önemli faktörün topoğrafya olduğu açıkça gözlenmiştir. YKN noktaları dizayn edilirken çalışma sahası genel topoğrafyası göz önünde bulundurulmalı ve eğim değişiminin fazla olduğu bölgelerde muhakkak YKN tesis edilmelidir.

Özetle İHA Fotogrametri yönteminde en iyi konum doğruluğuna ulaşmak için , YKN dizaynında , çalışma bölgesinin topoğrafik değişimlerini, genel geometrik yapısını ve sınırlarını yansıtan bir ağ dizaynı oluşturulmalıdır. Oluşturulan bu ağ tasarımında YKN'ler arası mesafenin de yaklaşık 400m' yi geçmemesine dikkat edilmelidir. Belirtilen kriterler göz ardı edilerek sadece YKN sayısının artırılması ile konum doğruluğunun artırılmayacağı çalışmamızda açıkça gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] **Toprak, A. S.** (2014). Fotogrametrik tekniklerin insansız hava araçları ile mühendislik projelerinde kullanılabilirliğinin araştırılması, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Yüksek Lisans Tezi). 48s, Konya.
- [2] **Dronedeploy.** (2017). What Are Ground Control Points (GCPs) and How Do I Use Them?,” *dronedeploy*, (<https://blog.dronedeploy.com/what-are-ground-control-points-gcps-and-how-do-i-use-them-4f4c3771fd0b>). Erişim Tarihi: 28.03.2019.
- [3] **Jensen, J. R., Lulla, K.** (1987). *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*. Taylor & Francis,.
- [4] **Toutin, T.** (2004). Geometric processing of remote sensing images: models, algorithms and methods, *Int. J. Remote Sens.*, vol. 25, no. 10, pp. 1893–1924.
- [5] **Orti, F.** (1981). Optimal distribution of control points to minimize Landsat image registration errors, *Photogramm. Eng. Remote Sensing*, vol. 47, pp. 101–110.
- [6] **Labovitz, M. L., Marvin, J. W.** (1986). Precision in geodetic correction of TM data as a function of the number, spatial distribution, and success in matching of control points: a simulation, *Remote Sens. Environ.*, vol. 20, no. 3, pp. 237–252.
- [7] **Mather, P. M.** (1995). Map-image registration accuracy using least-squares polynomials, *Int. J. Geogr. Inf. Syst.*, vol. 9, no. 5, pp. 543–554.
- [8] **Zhou, G., Li, R.** (2000). Accuracy evaluation of ground points from IKONOS high-resolution satellite imagery, *Photogramm. Eng. Remote Sensing*, vol. 66, no. 9, pp. 1103–1112.
- [9] **Wang, J., Di, K., Li, R.** (2005). Evaluation and improvement of ge positioning accuracy of IKONOS stereo imagery, *J. Surv. Eng.*, vol. 131, no. 2, pp. 35–42.
- [10] **Sertel, E., Kutoglu, S. H., Kaya, S.** (2007). Geometric correction accuracy of different satellite sensor images: application of figure condition, *Int. J. Remote Sens.*, vol. 28, no. 20, pp. 4685–4692.

- [11] **Forlani, G., Dall’Asta, E., Diotri, F., di Cella, U. M., Roncella, R., Santise M.**, (2018). Quality Assessment of DSMs Produced from UAV Flights Georeferenced with On-Board RTK Positioning, *Remote Sens.*, vol. 10, no. 2, p. 311.
- [12] **Stöcker, C., Nex, F., Koeva, M., Gerke, M.** (2017). Quality Assessment of Combined IMU/GNSS Data for Direct Georeferencing in the Context of Uav-Based Mapping, *ISPRS - Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, vol. XLII-2/W6, pp. 355–361.
- [13] **Rabah, M., Basiouny, M., Ghanem, E., Elhadary, A.** (2018). Using RTK and VRS in direct geo-referencing of the UAV imagery, *NRIAG J. Astron. Geophys.*, vol. 7, no. 2, pp. 220–226.
- [14] **Wang, J., Gea, Y., Heuvelink, G. B. M., Zhou, C., Brus, D.** (2012). Effect of the sampling design of ground control points on the geometric correction of remotely sensed imagery, *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, vol. 18, no. 1, pp. 91–100.
- [15] **Ruzgienė, B., Berteška, T., Gečyte, S., Jakubauskienė, E., Aksamitauskas, V. Č.** (2015). The surface modelling based on UAV Photogrammetry and qualitative estimation, *Measurement*, vol. 73, pp. 619–627.
- [16] **Agüera-Vega, F., Carvajal-Ramírez, F., Martínez-Carricondo, P.** (2017). Assessment of photogrammetric mapping accuracy based on variation ground control points number using unmanned aerial vehicle, *Measurement*, vol. 98, pp. 221–227.
- [17] **Sanz-Ablanedo, E., Chandler, J. H., Rodríguez-Pérez, J. R., Ordóñez C.** (2018). Accuracy of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) and SfM photogrammetry survey as a function of the number and location of ground control points used,” *Remote Sens.*, vol. 10, no. 10.
- [18] **Torun, A.** (2017). İnsansız hava aracı (İHA) sektörü ve İHA fotogrametrisinin ölçme bağlamında konumlandırılması, *16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*.
- [19] **Wolf, P. R. Dewitt, B. A.** (2000). *Elements of photogrammetry: with applications in GIS*, vol. 3. McGraw-Hill New York,

- [20] **Colwell, R. N.** (1997). History and place of photographic interpretation,” *Man. Photogr. Interpret.*, vol. 2, pp. 33–48.
- [21] **Güngör, O.** (2015). Uzaktan algılamanın temel prensipleri, *Karadeniz Teknik Üniversitesi*.
- [22] **Jensen, J. R.** (2009). Remote sensing of the environment: An earth resource perspective 2/e. *Pearson Education India*.
- [23] **Baumann, P. R.** (2014) History of remote sensing, aerial photography,” https://www.oneonta.edu/faculty/baumanpr/geosat2/RS_History_I/RS-History-Part-1.htm. Erişim Tarihi: 28.03.2019.
- [24] **Hart, C.** (1982). Kites, an historical survey. *Paul P Appel Pub.* 210 s.
- [25] **Tielkes, E.** (2003). *L’oeil du cerf-volant: Evaluation et suivi des états de surface par photographie aérienne sous cerf-volant*. Margraf Verlag.
- [26] **Beauffort, G. Dusariez, M.** (1995). *Aerial photographs taken from a kite: yesterday and today*. KAPWA-Foundation Pub.,.
- [27] **Hemphill, J.** (2001). The Bavarian pigeon corps, *University of California, Santa Barbara*,. <http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/history/pigeonremotesensing.html>. Erişim Tarihi: 28.03.2019.
- [28] **Aber, J. S., Marzloff, I., Ries, J. B.** (2010). Introduction to Small-Format Aerial Photography, *Small-Format Aerial Photography*, Elsevier, pp. 1–13.
- [29] **Wester-Ebbinghaus, W.** (1980). Aerial Photography By Radio, vol. 92, no. April, pp. 85–92.
- [30] **Xiang, H., Tian, L.** (2011). Development of a low-cost agricultural remote sensing system based on an autonomous unmanned aerial vehicle (UAV), *Biosyst. Eng.*, vol. 108, no. 2, pp. 174–190.
- [31] **Mozas-Calvache, A. T., Pérez-García, J. L., Cardenal-Escarcena, F. J., Mata-Castro, E., Delgado-García, J.** (2012). Method for photogrammetric surveying of archaeological sites with light aerial platforms, *J. Archaeol. Sci.*, vol. 39, no. 2,

pp. 521–530.

- [32] **Niethammer, U., James, M. R., Rothmund, S., Travelletti, J., Joswig, M.** (2012). UAV-based remote sensing of the Super-Sauze landslide: Evaluation and results, *Eng. Geol.*, vol. 128, pp. 2–11.
- [33] **Ollero, A., Martínez-de-Dios, J. R., Merino L.** (2006). Unmanned aerial vehicles as tools for forest-fire fighting, *For. Ecol. Manage.*, vol. 234, p. S263.
- [34] **Okuyama, S.** (2005). Development of a remote radiation monitoring system using unmanned helicopter, *Int. Congr. Ser.*, vol. 1276, pp. 422–423.
- [35] **Gençerk, E. Y.** (2016). İnsansız hava aracı fotogrametrisi uygulaması ile inşaat projesi imalat durumunun araştırılması, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek lisans tezi), 101 s., İstanbul.
- [36] **Atak, B.** (2018). İnsansız hava aracı yardımıyla kadastral harita üretiminin incelenmesi,” Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek lisans tezi), 73 s, Konya.
- [37] **Leachtenauer J. C., Driggers, R. G.** (2001). Surveillance and reconnaissance imaging systems: modeling and performance prediction. *Artech House*. 399 p.
- [38] **Base aerial survey,** (2019). What is GSD? Ground Sampling Distance., *aerial survey base*. <https://www.aerial-survey-base.com/gsd-calculator/what-is-gsd/>. Erişim Tarihi: 28.03.2019.
- [39] **Pix4D,** (2019). “Pix4D capture - Manual.” <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/204010419--iOS-Pix4Dcapture-Manual>. Erişim Tarihi: 28.03.2019.
- [40] **Lumenera, T.** (2019). The most important camera parameters for aerial imaging,” *Lumenera Corporation White Paper Series*, 2019.
- [41] **Corporation, L. (2018).** Aerial imaging: how to achieve the correct ground resolution, *Lumenera Corporation White Paper Series*. Lumenera Corporation, Ottawa, pp. 1–6.
- [42] **LaFay, M.** (2015). Drones for dummies. *John Wiley & Sons*. 288 s, Kanada.

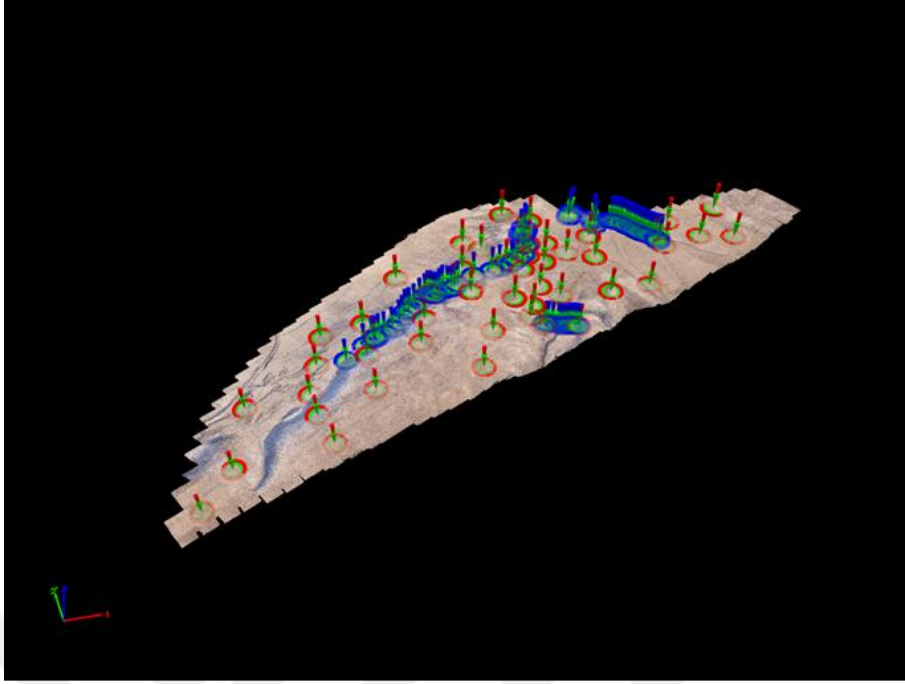
- [43] **Sarı, F. D.** (2017). Farklı Hava Şartlarında Drone Video Çekimi, <https://www.droneturk.com.tr/farkli-hava-sartlarinda-drone-video-cekimi/>.
Erişim Tarihi: 28.03.2019.



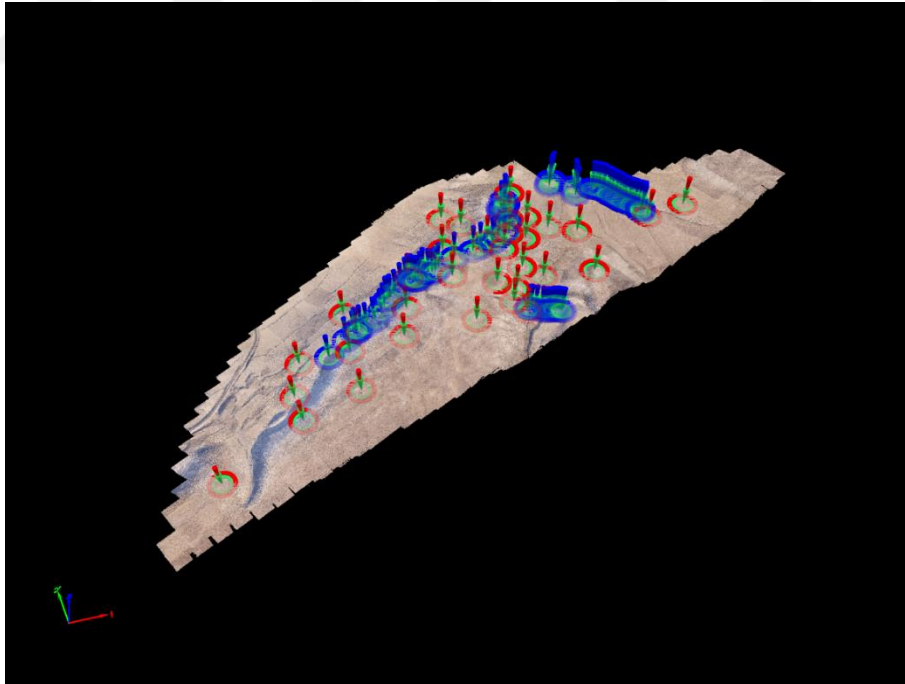


EK-1

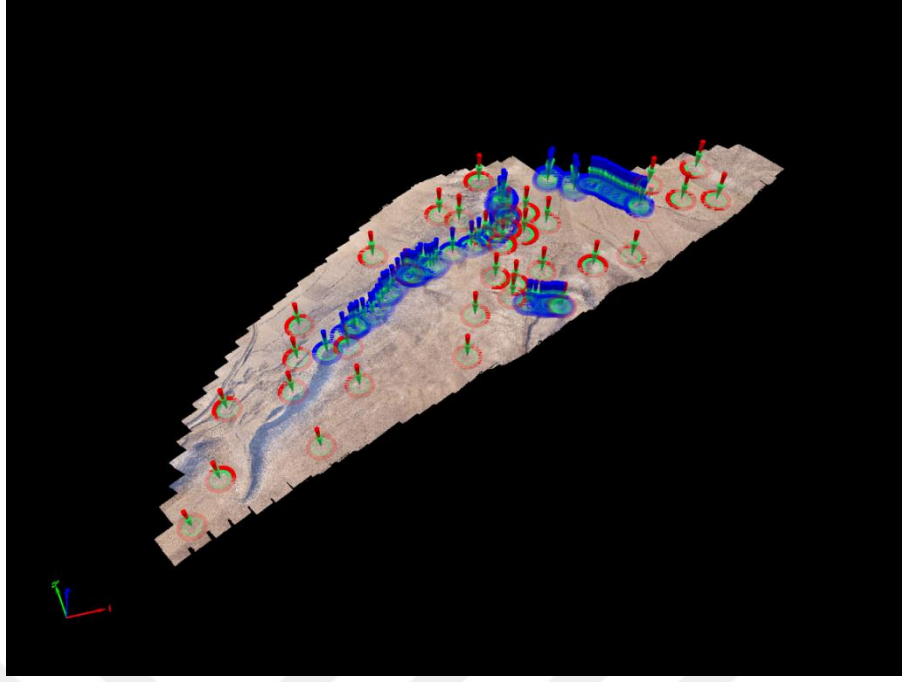
BİRİNCİ BÖLGE AĞ DİZAYNI



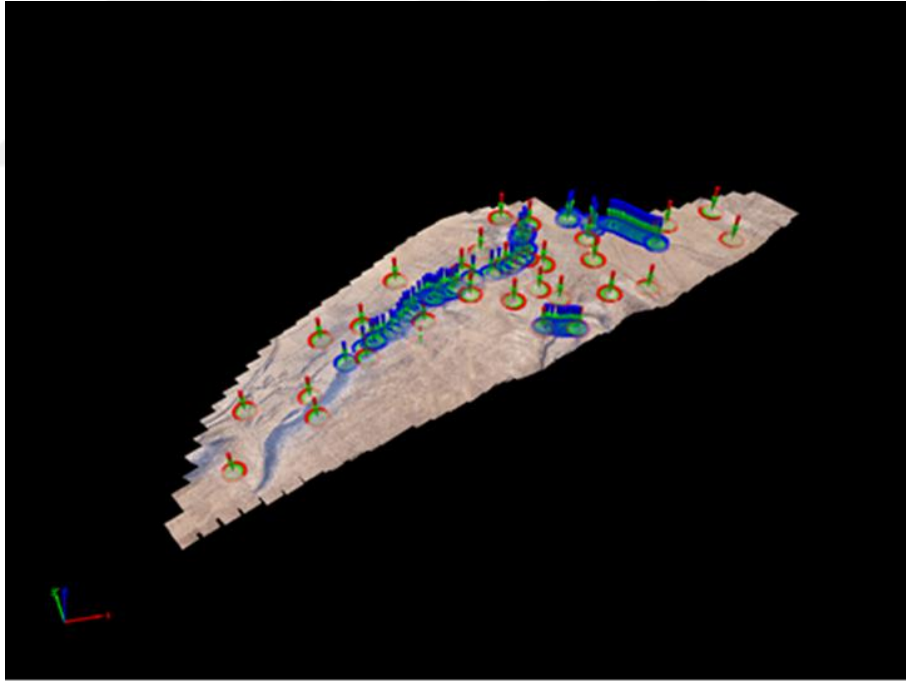
Ek 1 Birinci bölge için Tüm ağ dizaynı



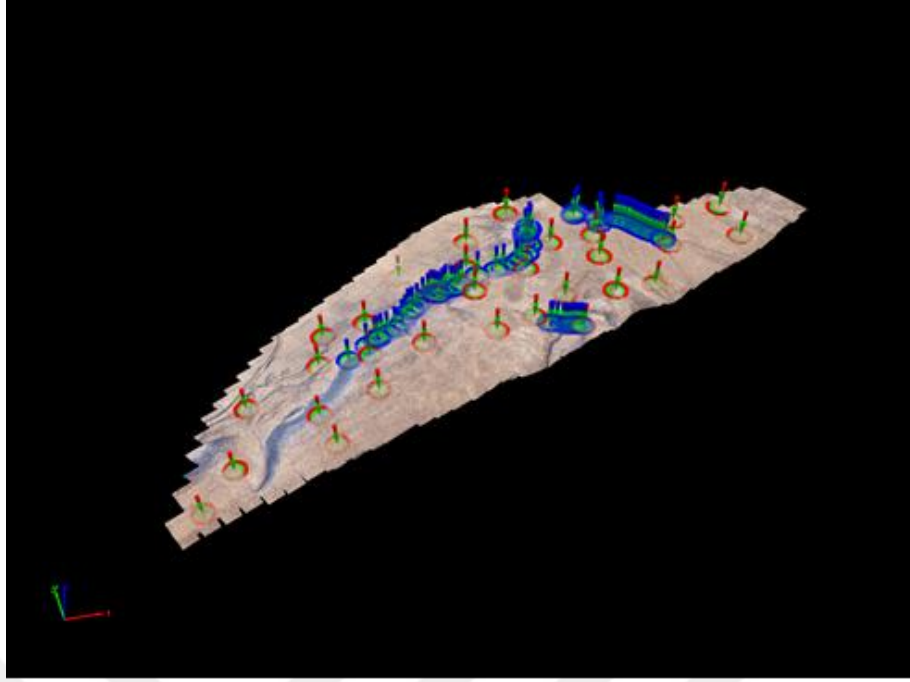
Ek 2 Birinci bölge için iç ağ dizaynı



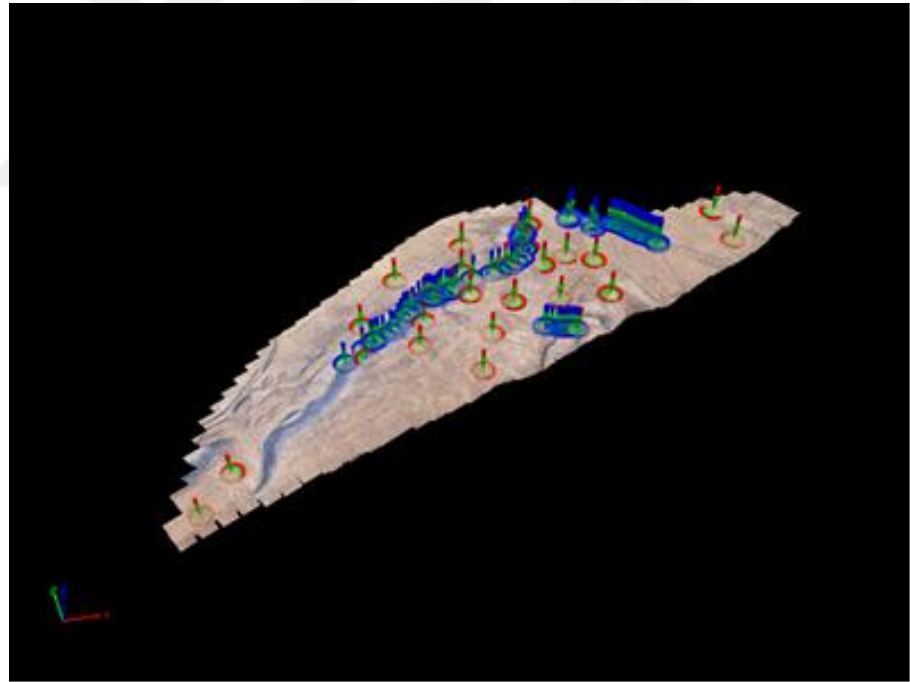
Ek 3 Birinci bölge için eğim ve dış ağ dizaynı



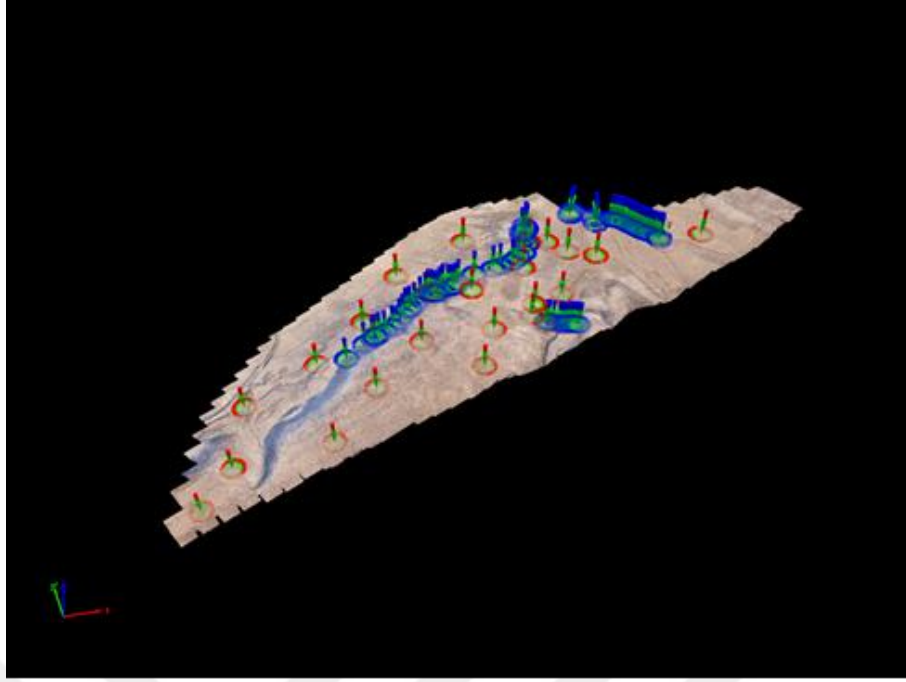
Ek 4 Birinci bölge için eğim ağ dizaynı



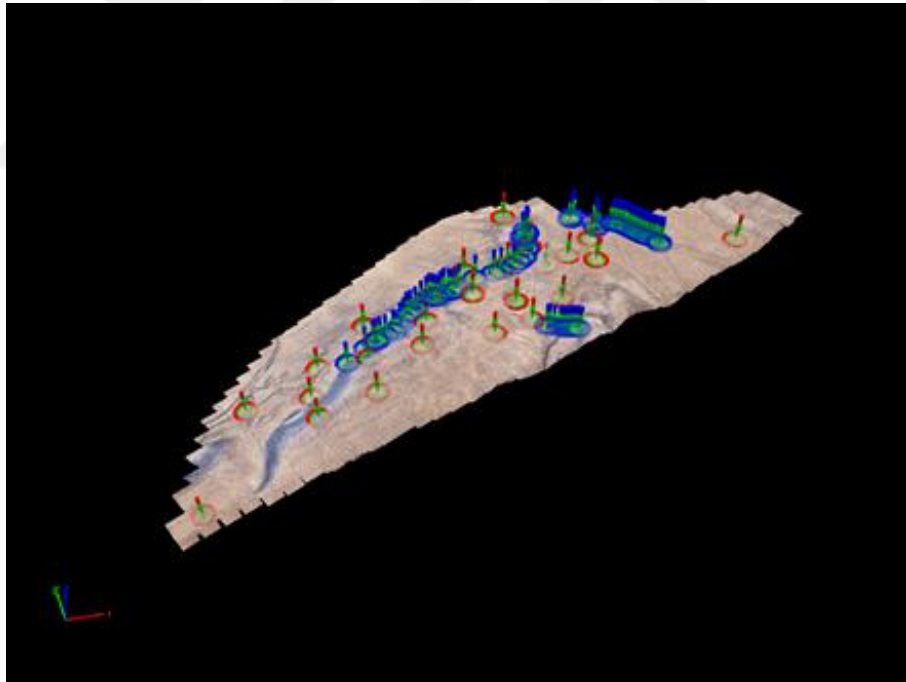
Ek 5 Birinci bölge için seyrek ağ dizaynı



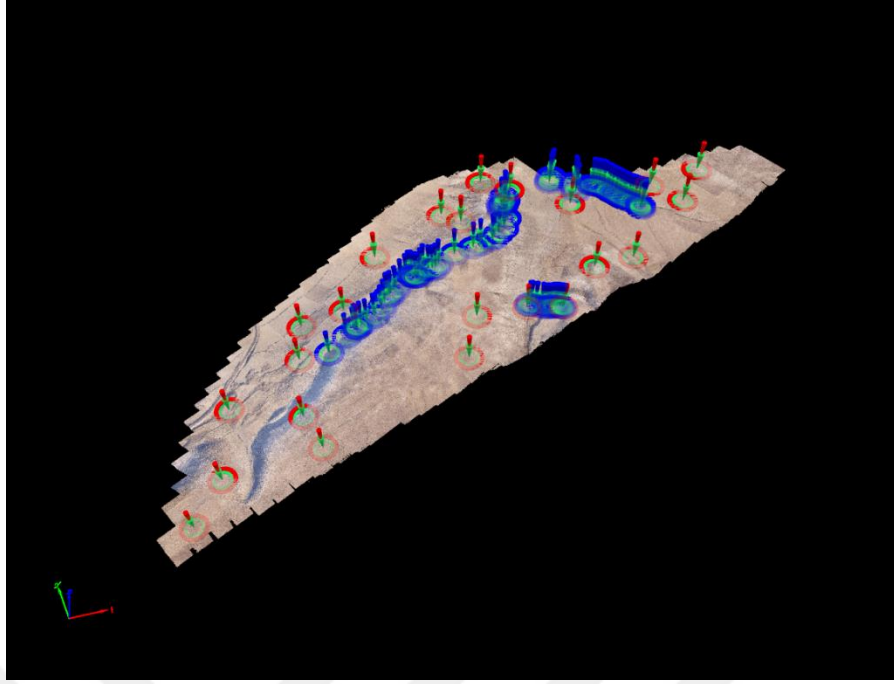
Ek 6 Birinci bölge için yoğun en ağ dizaynı



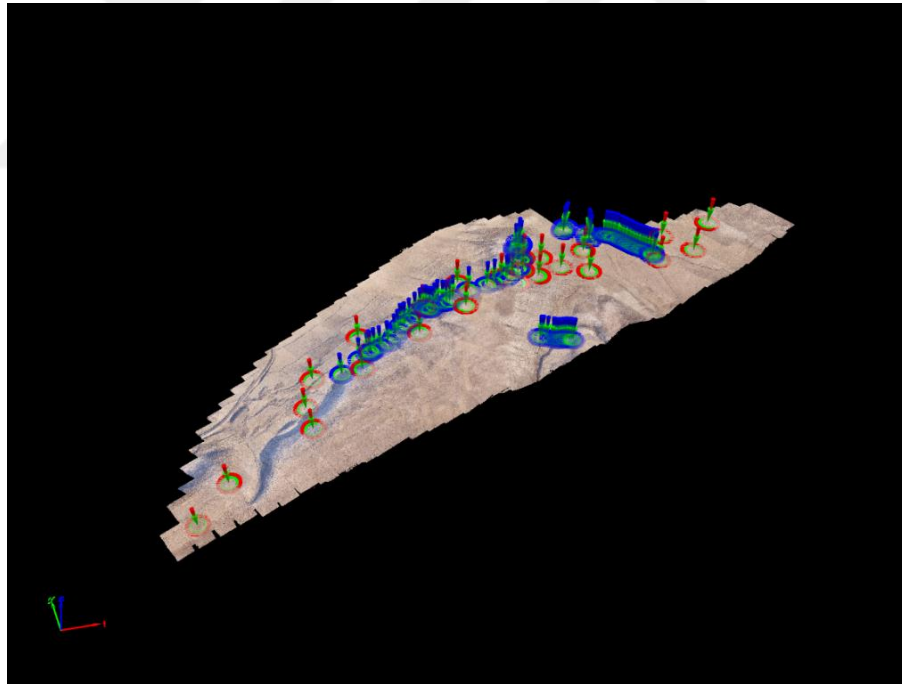
Ek 7 Birinci bölge için eğim dışı ağ dizaynı



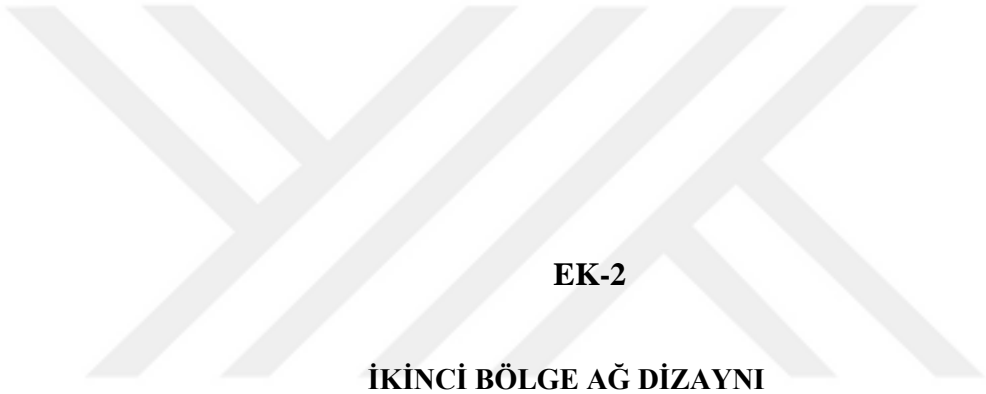
Ek 8 Birinci bölge için yoğun boy ağ dizaynı



Ek 9 Birinci bölge için dış ağ dizaynı

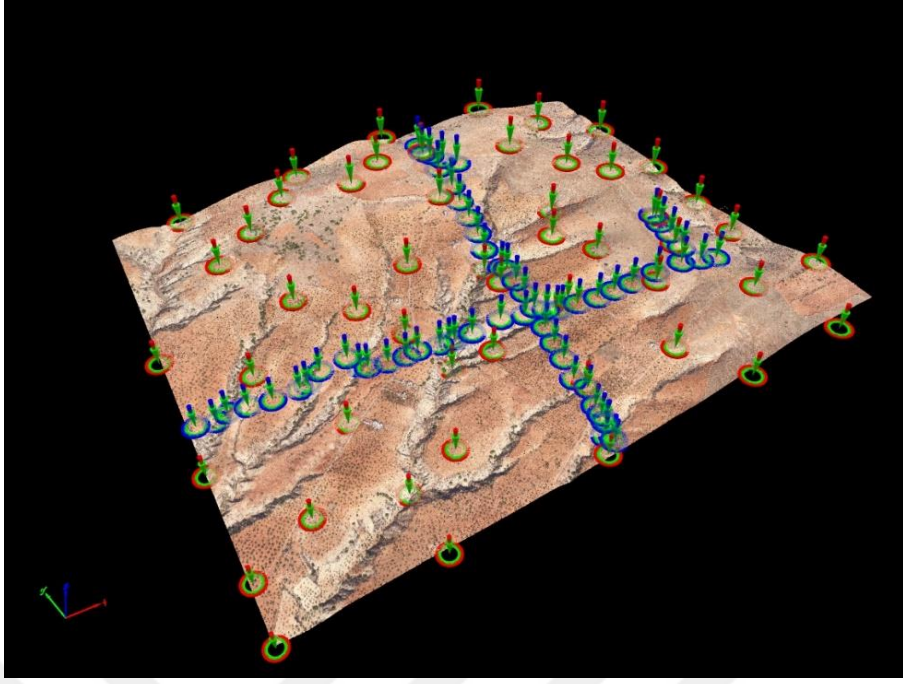


Ek 10 Birinci bölge için hat ağ dizaynı

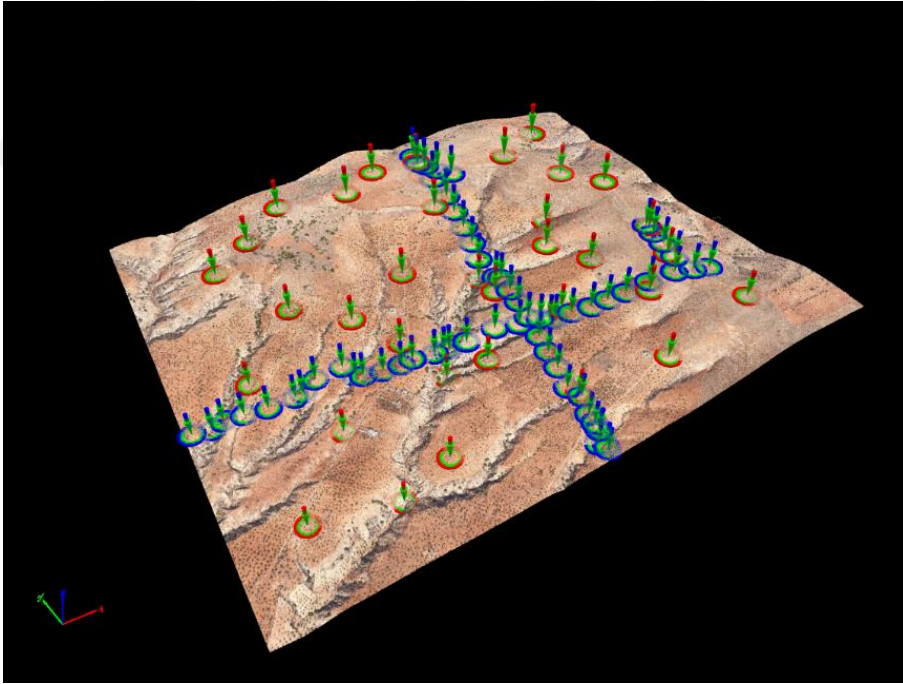


EK-2

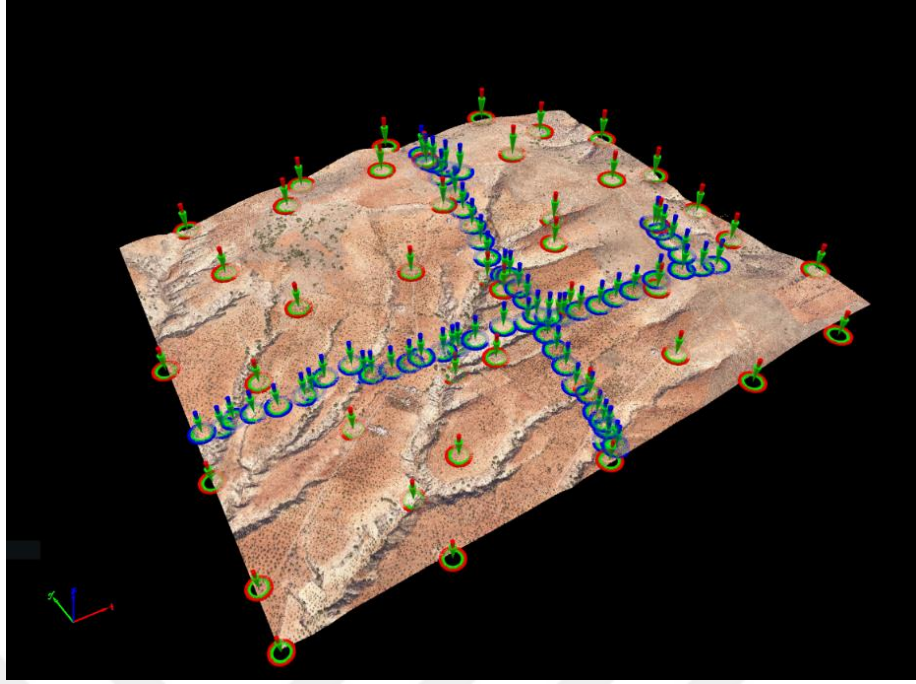
İKİNCİ BÖLGE AĞ DİZAYNI



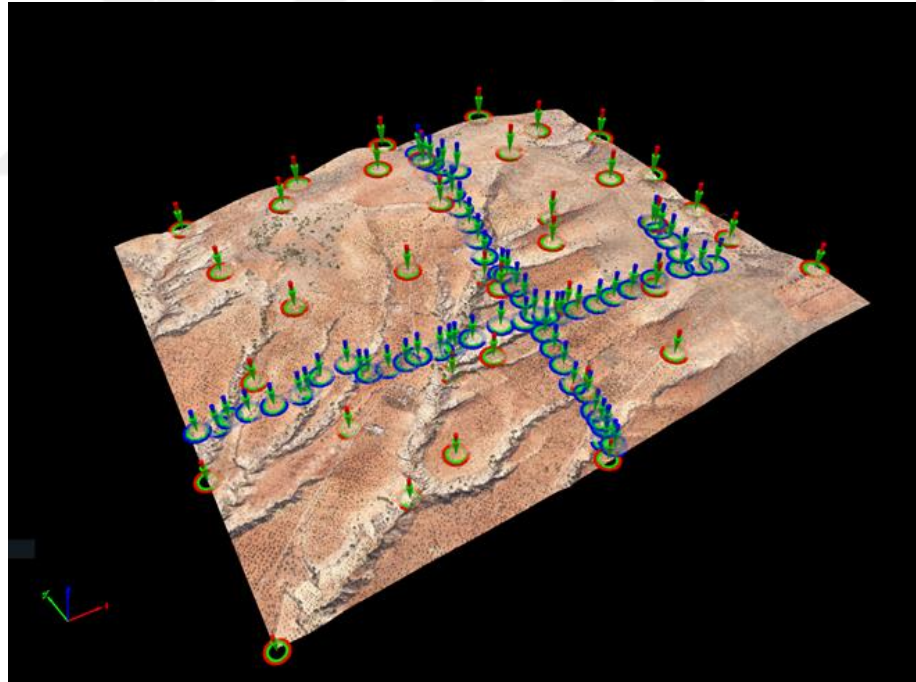
Ek 11 İkinci bölge için tüm ağ dizaynı



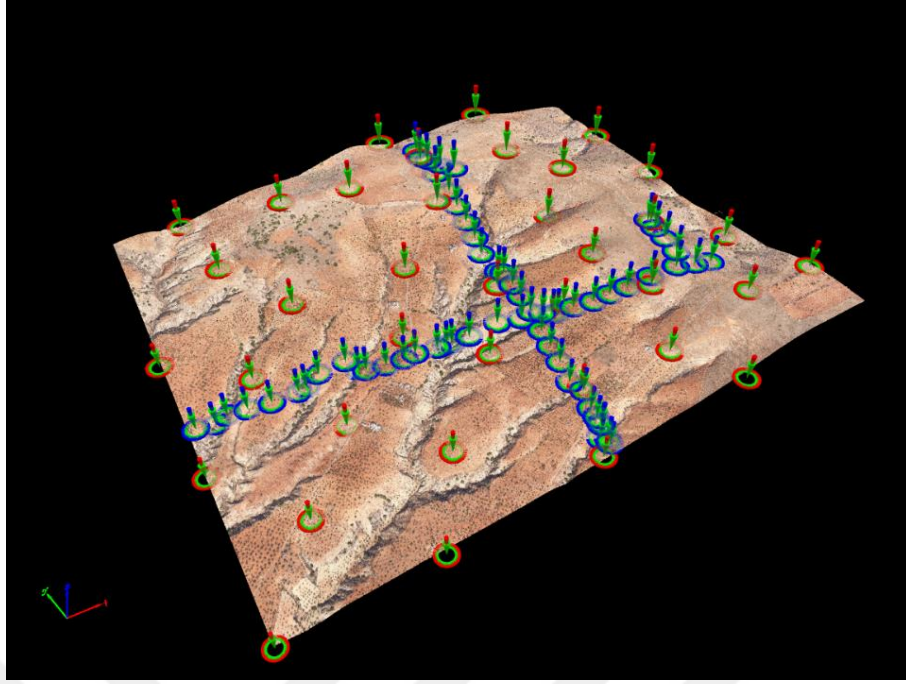
Ek 12 İkinci bölge için iç ağ dizaynı



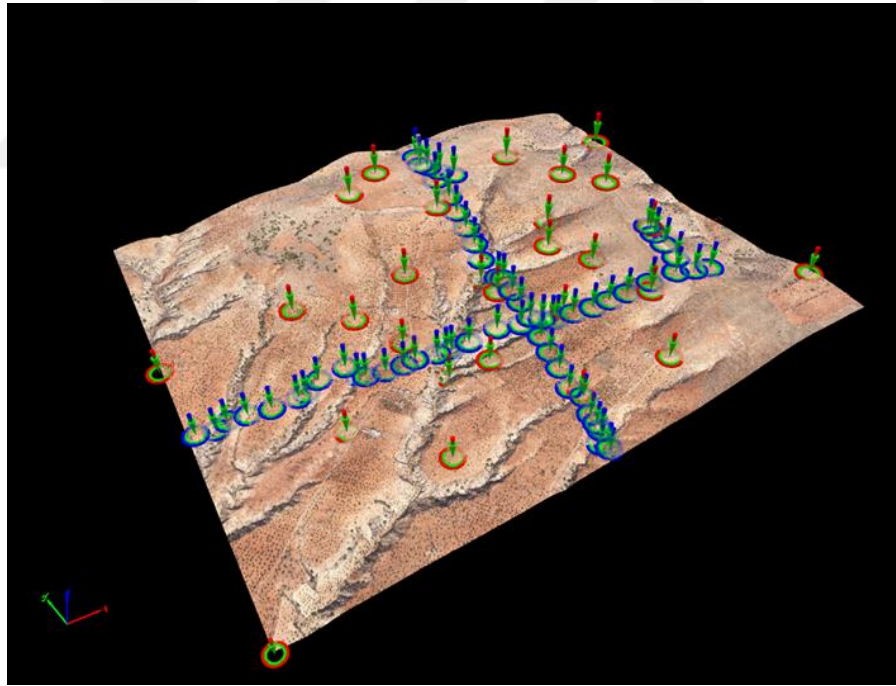
Ek 13 İkinci bölge için eğim ve dış ağ dizaynı



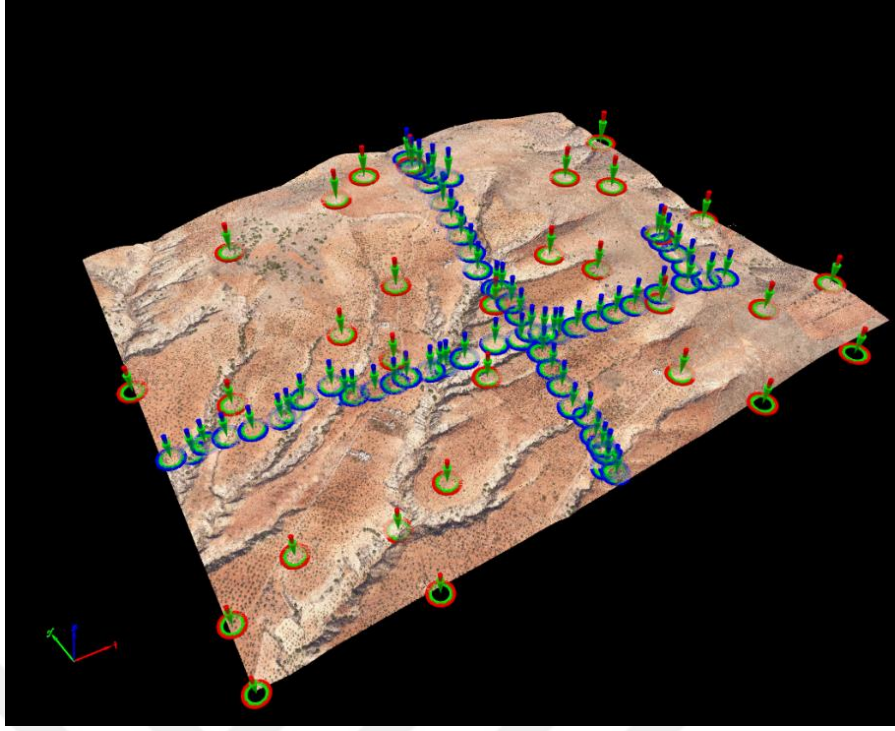
Ek 14 İkinci bölge için eğim ağ dizaynı



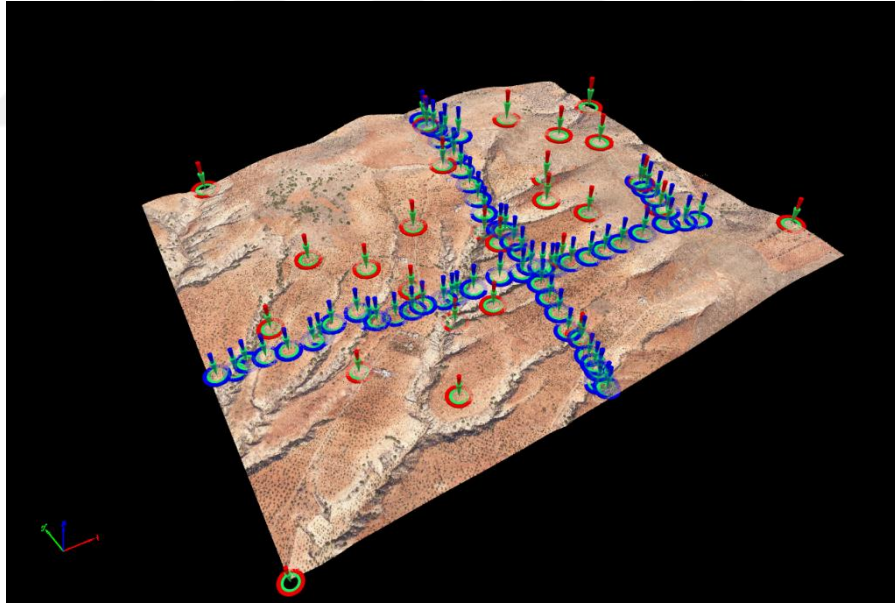
Ek 15 İkinci bölge için seyrek ağ dizaynı



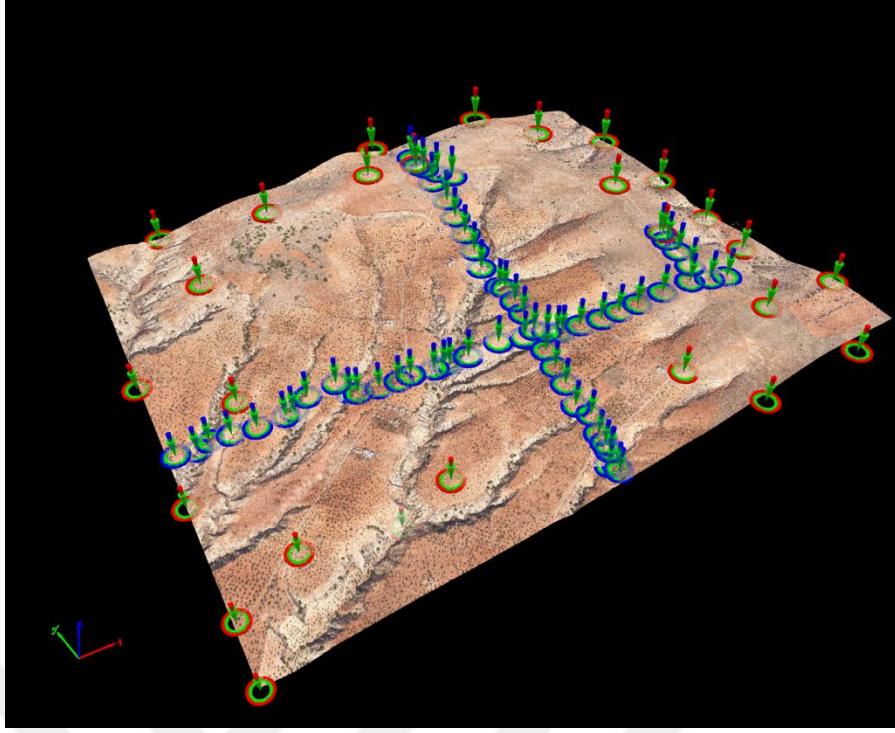
Ek 16 İkinci bölge için yoğun en ağ dizaynı



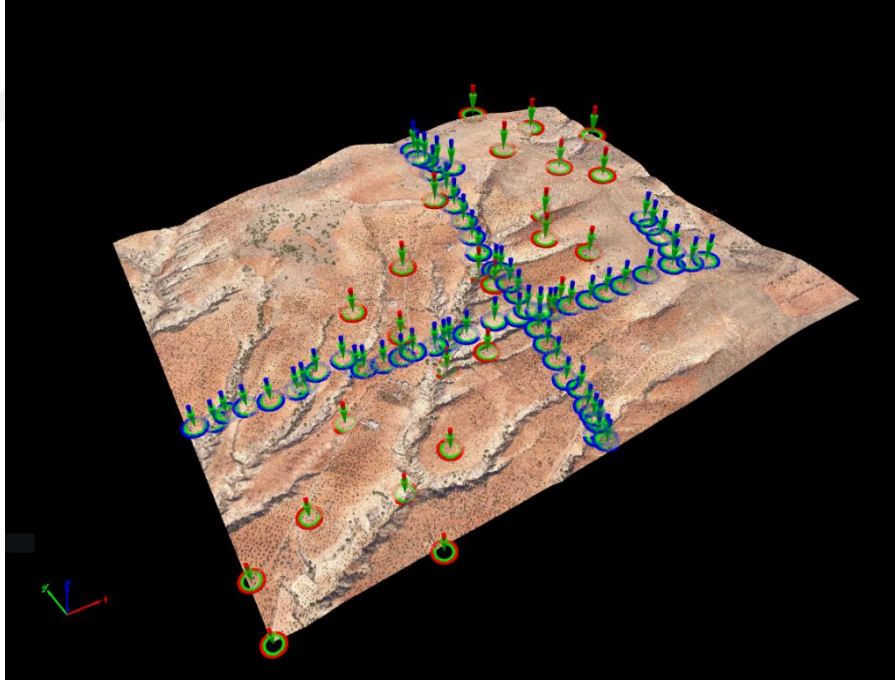
Ek 17 İkinci bölge için eğim dışı ağ dizaynı



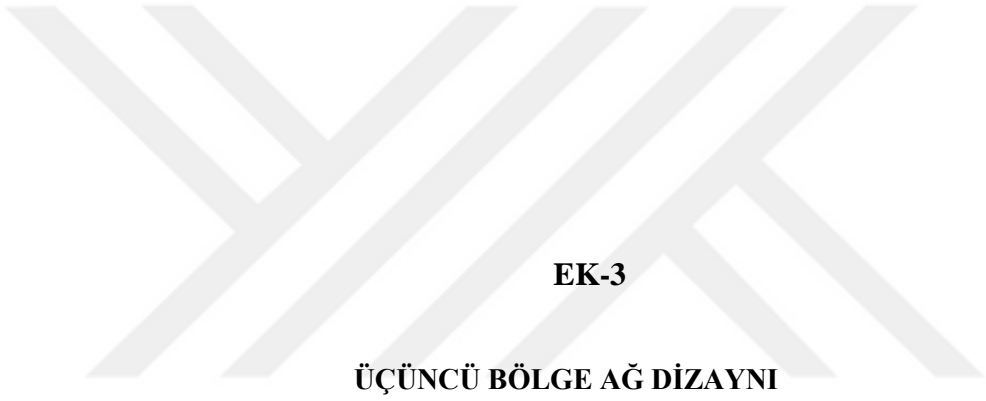
Ek 18 ikinci bölge için yoğun boy ağ dizaynı



Ek 19 İkinci bölge için dış ağ dizaynı

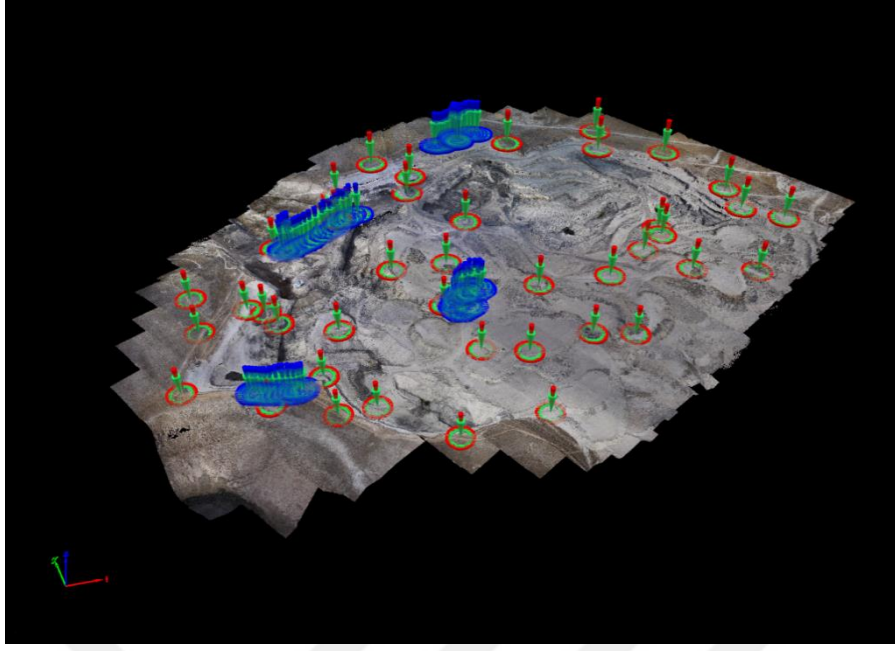


Ek 20 İkinci bölge için hat ağ dizaynı

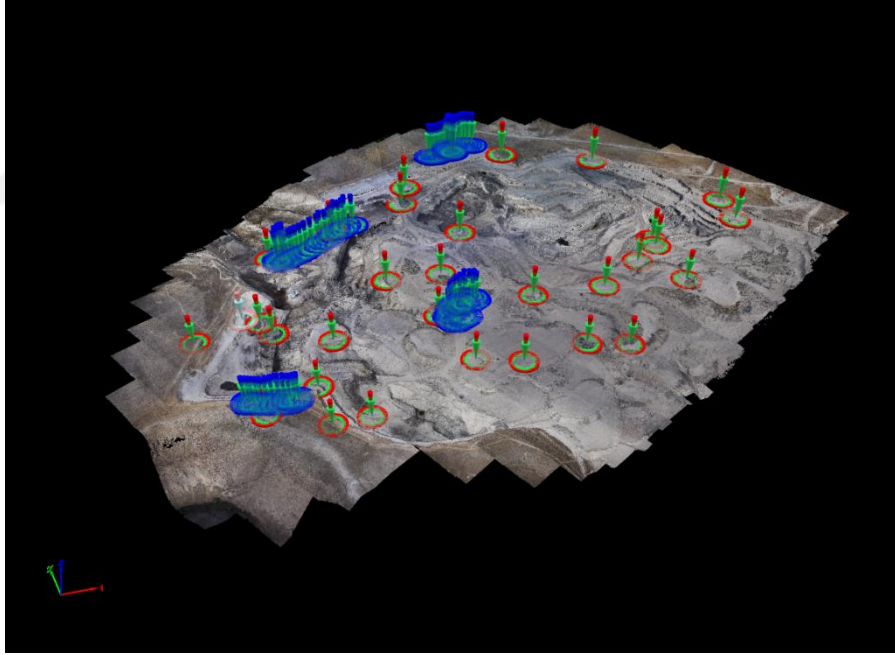


EK-3

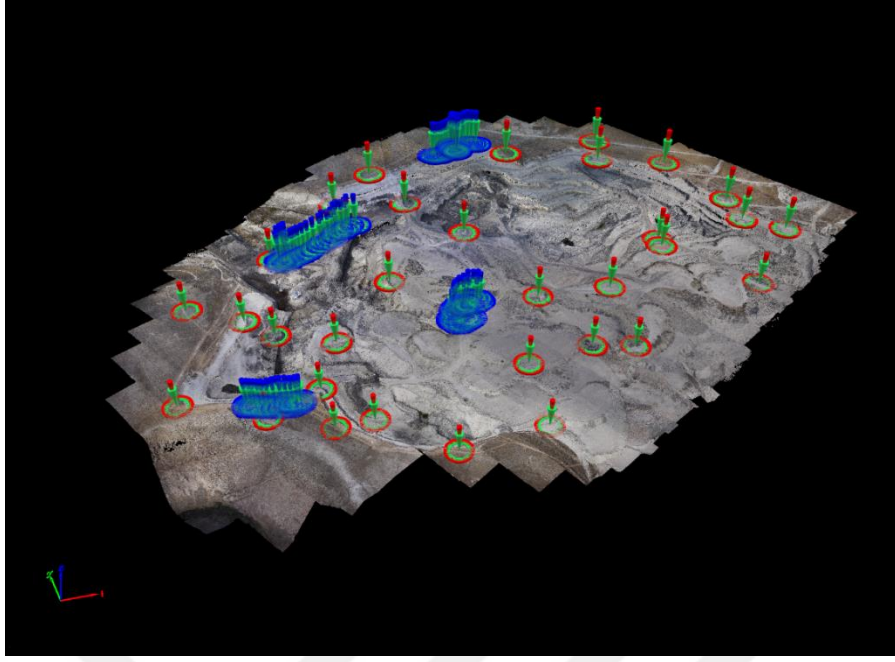
ÜÇÜNCÜ BÖLGE AĞ DİZAYNI



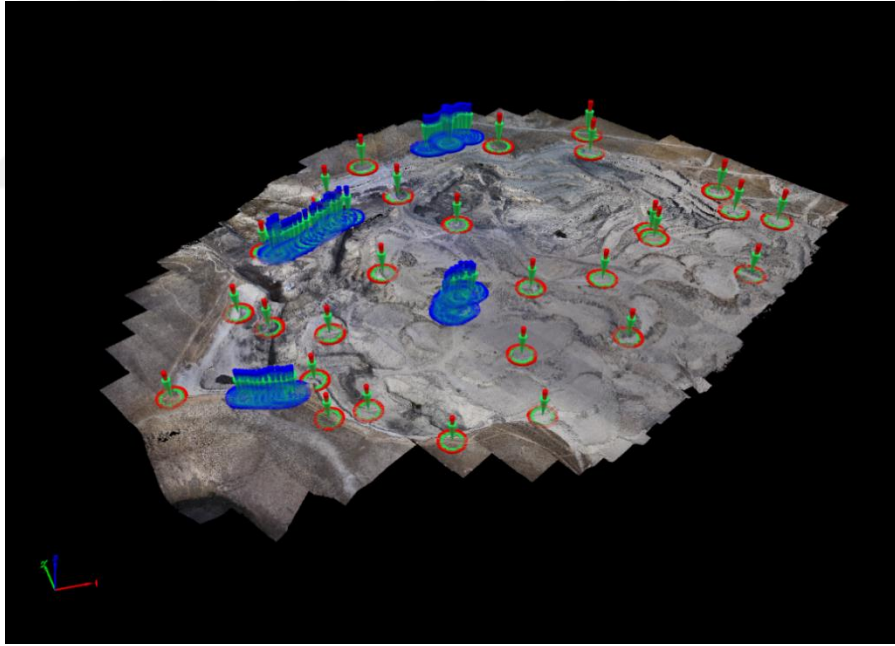
Ek 21 Üçüncü bölge için tüm ağ dizaynı



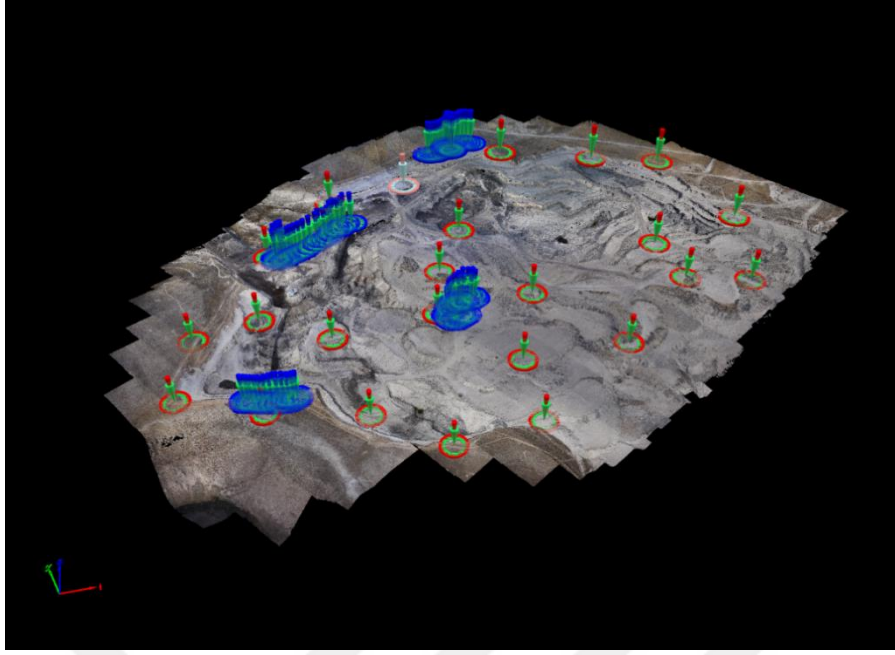
Ek 22 Üçüncü bölge için iç ağ dizaynı



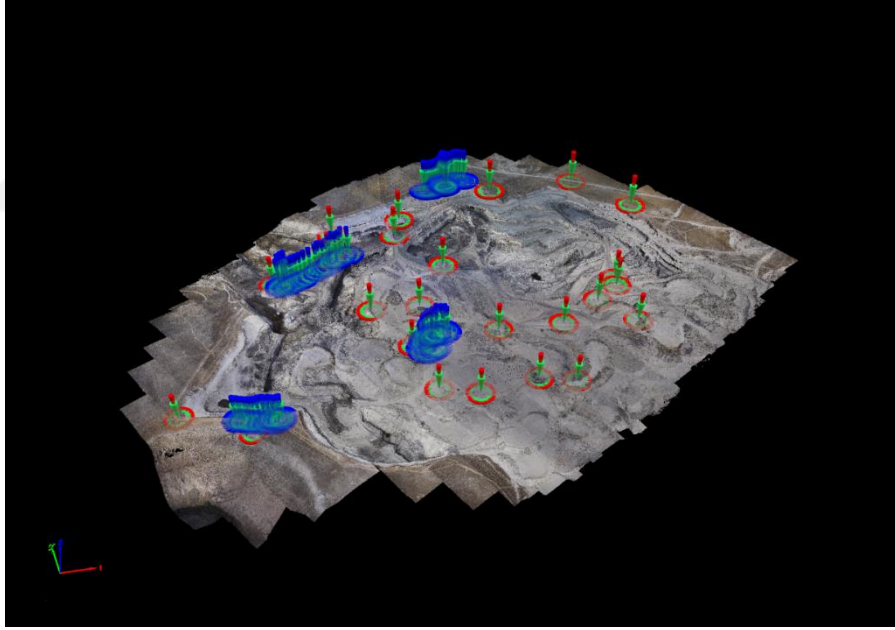
Ek 23 Üçüncü bölge için eğim ve dış ağ dizaynı



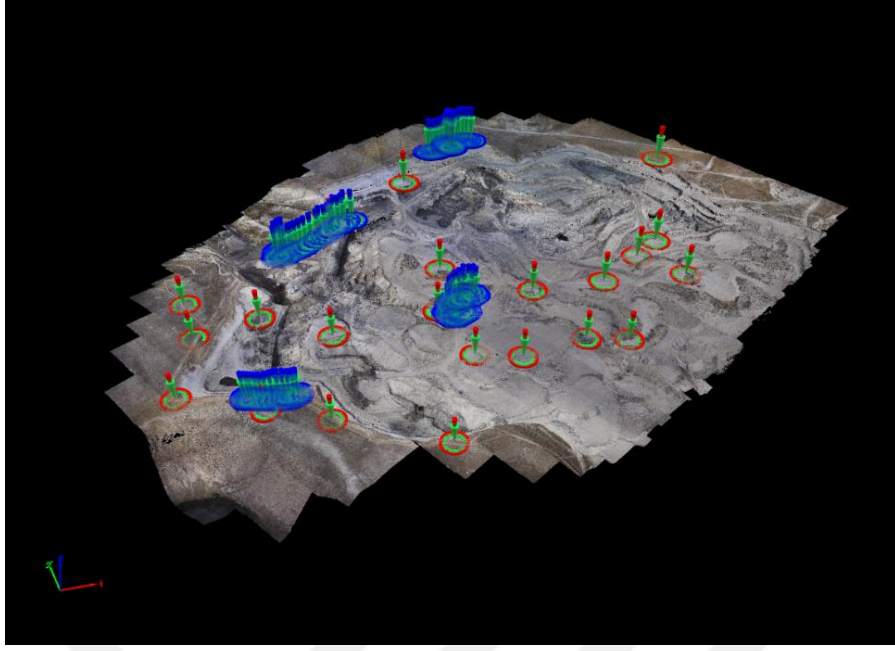
Ek 24 Üçüncü bölge için eğim ağ dizaynı



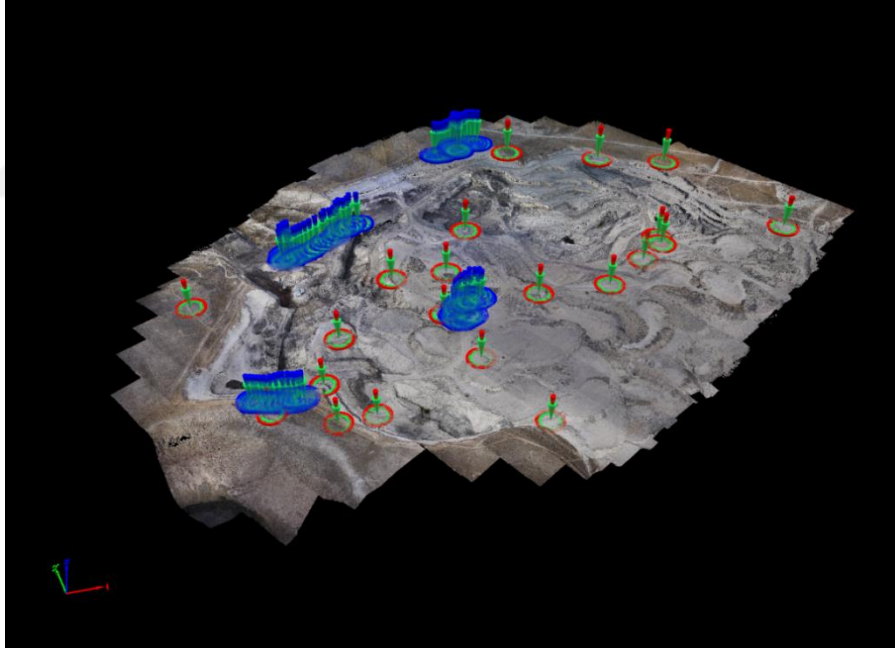
Ek 25 Üçüncü bölge için seyrek ağ dizaynı



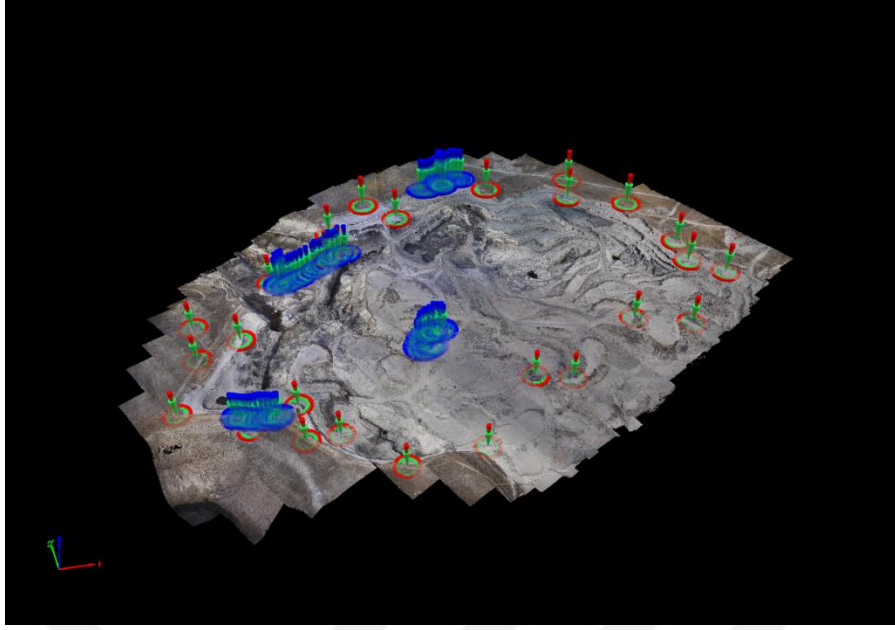
Ek 26 Üçüncü bölge için yoğun en ağ dizaynı



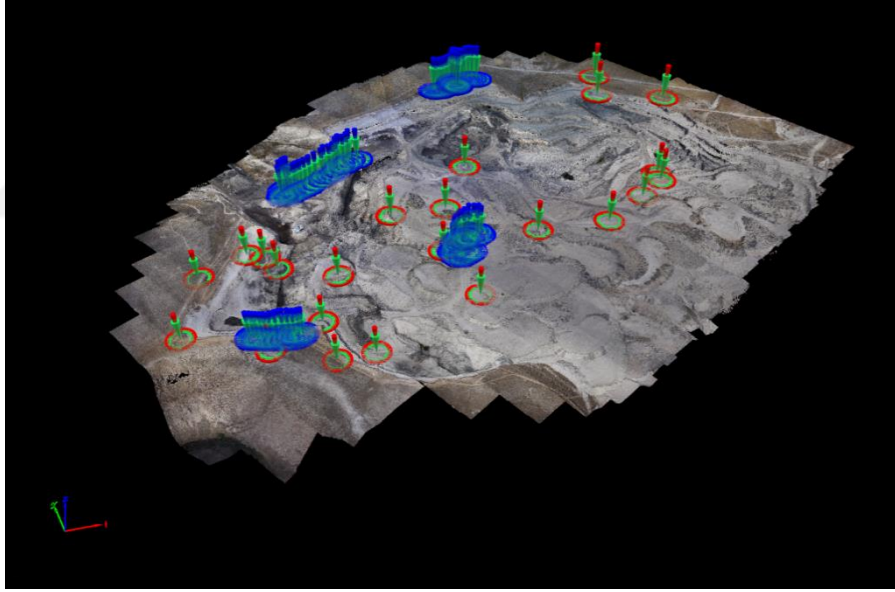
Ek 27 Üçüncü bölge için eğim dışı ağ dizaynı



Ek 28 Üçüncü bölge için yoğun boy ağ dizaynı



Ek 29 Üçüncü bölge için dış ağ dizaynı



Ek 30 Üçüncü bölge için hat ağ dizaynı

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı	Hacer Şura Kapıcıoğlu
Doğum Yeri ve Tarihi	Ordu/Ünye, 14.02.1994
Medeni Hali	Bekar
Yabancı Dil	İngilizce
İletişim Adresi	
E-posta Adresi	surakapicioglu@gmail.com



Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Mehmet Refik Güven Anadolu Öğretmen Lisesi, 2012
Lisans	Gaziosmanpaşa Üniversitesi, 2016
Yüksek Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi

İş Tecrübesi

Yayımlar

Ulusal
Uluslararası

Kongreler ve Bildiriler

Ulusal
Uluslararası

Kapıcıoğlu, H. S., Hastaoğlu, K. O., Poyraz, F., Gül Y.
(2018). Investigation of Topographic Effect In Gcp Selection In Uav Photogrammetry: Gaziantep/ Nizip. *International Conference on Innovative Engineering Applications*, 20-22 September, Sivas, Turkey.

Ödüller, Teşvikler ve Üvelikler