




**T.C.**

**SELÇUK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# Farklı GPS/IMU Sistemlerinin Havai Nirengiye Etkisi

**Ahmet GÜNTEL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Harita Mühendisliği Anabilim Dalını**

**Ağustos-2015**

**KONYA**

**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Ahmet GÜNTEL

Tarih:27/08/2015

# ÖZET

## YÜKSEK LİSANS

## Farklı GPS/IMU Sistemlerinin Havai Nirengiye Etkisi

**Ahmet GÜNTEL**

**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**
**Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç.Dr.Hakan KARABÖRK**

**2015, 84 Sayfa**

**Jüri**
**Prof.Dr.Ferruh YILDIZ**
**Doç.Dr.Hakan KARABÖRK**
**Yrd.Doç.Dr.Serkan DOĞANALP**

Artış gösteren ivmeyle devam eden teknolojik gelişmeler, mesleğimizde şüphesiz ki uydu ve fotogrametri teknolojilerinde başarılara sebep olmuştur. Gelişen teknoloji, analog kamera sistemlerinden dijital hava kameralarının var olmasına ve dijital hava kameralarıyla GNSS/IMU sistemlerinin bütünleşik yapısıyla veri üretimine etken olmuştur. Bu veriler, GNSS ile kameranın konumu belirlenebilirken, IMU ile dönüklükler belirlenerek üretilmektedir.

Bütünleşik yapıda kullanılan bilen bu sistemlerin doğruluğu ve hassasiyeti oluşan sonuç ürünlerin doğruluğunu şüphesiz ki etkilemektedir. Bu araştırma da, DMCII-230 ve Ultracam XP kamerası, clas 5 ve clas 4 IMU'larıyla alınan verilerden yararlanılmıştır. Çalışma da amaç, yapılan arazi sınıflandırmalarında farklı sistemlere uygun en ideal jeodezik yapının ve fotogrametrik nirengi dengeleme doğruluğunun belirlenmesidir.

Tez çalışması kapsamında, üç tür arazi tipinde beşer deney düzeneği hazırlanmıştır. Hazırlanan bu deney düzeneklerinde, değişik konumlarda denetleme noktaları belirlenmiştir. Belirlenen bu noktalarda ki, maksimum,minumum, ortalama ve karesel ortalama farklar karşılaştırılmıştır.Deney düzeneklerindeki dengeleme sonuçları ise, teknik şartname ve BÖHHBÜY'de belirtilen kriterlere göre kıyaslanmıştır. Sonuç olarak tarım arazilerin meskun arazilere, meskun arazilerin ise orman alanlarına göre daha doğru sonuçlar verdiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Jeodezik Yapı, Doğruluk, GNSS/IMU, Dijital Hava Kamerası, Fotogrametrik Nirengi, BÖHHBÜY, maksimum, karesel ortalama hata,denetleme noktası

# ABSTRACT

## MS THESIS

## Effect of Different GPS/IMU Systems For Aireal Triangulation

**Ahmet GÜNTEL**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY**
**THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE / DOCTOR OF PHILOSOPHY IN MECHANICAL ENGINEERING**

**Advisor: Assoc. Prof.Dr. Hakan KARABÖRK**

**2015, 84 Pages**

**Jury**

**Advisor: Assoc. Prof.Dr. Hakan KARABÖRK**

**Prof.Dr.Ferruh YILDIZ**
**Assist.Prof..Serkan DOĞANALP**

Continue on the acceleration which increased by technological advances, our profession has led to success in no doubt that satellite and photogrammetry technology. Emerging technologies, with analog cameras to the existence of digital aerial cameras and digital aerial camera system and GNS/IMU system has been active in the production of the integrated data structure. This data can be determined from the location of the camera with the GNSS is produced by determining the introversion IMU.

The accuracy of these systems use integrated structure and precision sharpening undoubtedly affect the accuracy of the final product formed. In this study, DMCII-230 and Ultracam-XP-camera, clase clase has benefited from the data received by class 5 and 4 IMU. The study also aims, in accordance with the different systems of land classification made is to determine the optimal structure of geodetic and photogrammetric triangulation balancing accuracy.

In this thesis, five experimental setup was prepared in three types of terrain. Prepared in these experiments it was determined check points in various positions. Determined that at this point, maximum, minimum, average and root mean square difference results. Technical specifications and compared according to the criteria specified in BÖHHBÜY. As a result of agricultural land to residential land, it has been shown to give more accurate results than the residential land to the forest.

**Keywords:** Geodetic Network, Accuracy, GPS/IMU, Dijital Camera, Aireal Triangulation,RMS,Check points,maxmimum

# ÖNSÖZ

Yüksek lisans dönemimde farklı araştırma kaynaklarına ve konularına yönelmemi düşündüren, yaptığım çalışmaları ve araştırmalarımı destekleyip bilimsel açıdan bakmamı sağlayan danışman hocam Doç.Dr.Hakan KARABÖRK'e,

Bu dönemde bilgilerini ve tecrübelerini benimle paylaşmaktan kaçınmayan, mühendislik kavramını abi-kardeş ilişkisi içinde benimsememi sağlayan,desteğini üzerimden çekmeyen, gelişmemi gönülden isteyen Mescioğlu Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş. Fotogrametri Birim Müdürüm Yk.Hrt.Müh. Fatih ESİRTGEN'e ,

Çalışma yıllarımda edindiğim deneyimlerime katkı vermekten kaçınmayan ve akademik çalışmalarımı sürdürmemi teşvik eden başta Selçuk Üniversitesi Bölüm Başkanı Prof.Dr.Ferruh YILDIZ ve Dr.Lütfiye KARASAKA ALP olmak üzere üniversitemin değerli tüm öğretim üyelerine,

Mescioğlu Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş. çalışma arkaşlarım ve yönetim kuruluna,

Hayatımın her alanında maddi ve manevi eksikliklerini hiç hissettirmeyen sevgi dolu aileme, Merve DÖNMEZ ve Metehan Burak TÜRK'e minnettar olduğumu dile getirir,

Saygılarımı sunarım.

Ahmet GÜNTEL
KONYA-2015

## İÇİNDEKİLER

**ÖZET** ..... **iv**

**ABSTRACT** ..... **v**

**ÖNSÖZ** ..... **vi**

**İÇİNDEKİLER** ..... **vii**

**SİMGELER VE KISALTMALAR** ..... **viii**

**1. GİRİŞ** ..... **1**

**2. KAYNAK ARAŞTIRMASI** ..... **2**

**3. MATERYAL VE YÖNTEM** ..... **6**

3.1. Blok Planlaması ..... 7
3.2. Jeodezik Altyapı ve Ölçümlerin Değerlendirilmesi ..... 7
3.3. Uçuşda Kullanılan Sistemlerin Genel Tanımı ve Matematiksel Modeli ..... 8
3.4. Fotogrametrik Nirengi'de Doğruluk ..... 12
3.5. Dijital Hava Kameraları ..... 14
3.5.1.Uçuş Planlaması Yapılırken Dikkat Edilen Hususlar ..... 14
3.5.2. Kamera Seçimi ..... 15
3.6. GNSS/IMU Sistemleri ..... 18
3.7. Lever-Arm Düzeltmesi ..... 19
3.8. Boresight Kalibrasyonu ..... 23
3.9.Görüntü Alımı ..... 23
3.11. Yer Referans İstasyon Seçimi ..... 27

**4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA** ..... **28**

4.1. Dengeleme ve Versiyon Oluşturma Yöntemi ..... 32
4.1.1. Orman Blokları ..... 33
4.1.2. Meskun Blokları ..... 47
4.1.3. Tarım Blokları ..... 60

**5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER** ..... **77**

**KAYNAKLAR** ..... **83**

**ÖZGEÇMİŞ** ..... **92**

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Kısaltmalar

| | |
|---|---|
| **BÖHHBÜY:** | Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği |
| **C1:** | 1. Derece GPS Ağı |
| **C2:** | 2. Derece GPS Ağı |
| **C3:** | 3.Derece GPs Ağı |
| **DASK:** | Doğal Afet Sigortalar Kurumu |
| **DGPS:** | Diferansiyel Global Konumlama Sistemi |
| **DMCII-230:** | DMCII-230 Dijital Hava Kamerası |
| **DSİ:** | Devlet Su İşleri |
| **GNSS:** | Global Navigation Satellite Systems (Küresel Uydu Takip Sistemi) |
| **GPS:** | Global Positioning System ( Küresel Konumlama Sistemi) |
| **YÖA:** | Yer Örnekleme Aralığı |
| **IMU:** | Inertial Measurement Unit (İvme Ölçer) |
| **K.O.H:** | Karesel Ortalama Hata |
| **LPIS:** | Arazi Parsel Tanımlama Sistemi |
| **LPS:** | Leica Photogrametric Suit |
| **M5** | Bursa İl Sınırlarını Kapsayan 1/1000 ölçekli Sayısal Fotogrametrik Halihazır Harita ( Buski) |
| **MMŞ:** | Mescioğlu Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş. + Şah-kar Harita İnş. Müh.Taah. ve Tic. Ltd. Şti. + Mescioğlu Harita Dan. İnş. A.Ş. |
| **UCXp** : | Vexcel Ultracam XP Dijital Hava Kamerasıc |
| **cm. :** | Santimetre |
| μ : | Mikrometre |

# 1. GİRİŞ

Hava,kara,uzay ve deniz teknolojisindeki gelişmeler, günümüzde birbirine entegre sistemlerle çalışma prensibinin araştırılmasına sebep olmuştur. Bu sebepler ; fotogrametri alanında analog kamera sistemlerinden,dijital kameralara, bu kameralardan bütünleşik yapıda çalışabilen GNSS ve IMU sistemlerinin kullanılmasını sağlamıştır.

Dijital hava kameralarıyla görüntü alınabilirken,GNSS ile görüntü alınan yerinin konumu, IMU ile resim dönüklükler belirlenebilmektedir. Bütünleşik yapıda kullanılabilen bu sistemlerin doğruluğu , oluşan sonuç ürünlerin doğruluğunu şüphesiz ki etkilemektedir. Ayrıca bu sitemlerin yanında doğruluğu artırmak amacıyla jeodezik çalışmalarda önem kazanmış ve teknolojik gelişmelerde etkin yol almıştır.

Mühendislik çalışmalarında çoğu zman yüksek maliyette doğru sonuçlar alınamadığı gerçeği ülkemizde aşikardır. Mesleğimizi de bu açıdan değerlendirirsek fotogrametri projelerinde genel olarak jeodezik çalışmalar, fotogrametri projelerinde hem yüksek maliyette hem de çok fazla zaman dilimi içinde gerçekleştirilmektedir. Fotogrametri projelerinde bütünleşi,k sistemlerden doğru verilerin üretilmesi için, siste kalibrasyonun yanında doğru jeodezik sonuçlara varmak gerekir.

Bu araştırma da, DMCII-230 ve Ultracam XP kamerası, clas 5 ve clas 4 IMU'larıyla alınan verilerden arazi sınıflandırması yapılarak yararlanılmıştır. Çalışmada; fotogrametri projelerinin temelini oluşturan jeodezik çalışmaların etkin planlanması, farklı arazi sınıflarında fotogrametrik nirengi dengelemesinden beklenecek doğruluğun tespiti, farklı GNSS/IMU sistemleri arasındaki farkların karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Çalışmanın sonucunda varılacak sonuçların, ülkemizde yapılmaya başlanan ülkemiz sınırları içerisinde Tarım Arazilerinin Sınıflandırılması (LPIS) projesi başta olmak üzere, bir çok tarım alanlarında yapılacak fotogrametri projelerine ışık tutması beklenemektedir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Cramer 2000 ; “Direct Georeferencing Using GPS/Intertial Exterior Orientations For Photogrametric Applications ” isimli araştırmasını, Stuttgart yakınlarında 5*7 kilometrelik bir alanda gerçekleştirmiştir. Çalışmanın amacı ise, dış yöneltme parametrelerinin ölçümünde Applanix POS/DG310 sisteminin performansını değerlendirmektir. Uygulamada, 0-380 km arasında yer referans istasyonları 1000 ve 2000 metrelik farklı uçuş yükseklikleri test edilmiştir. Ayrıca standart sapmaları +/- 5 cm. olan 142 adet yer kontrol noktalarında doğruluk testi yapılmıştır. Sunulan sonuçlar, standart fotogrametrik ortamda son derece gelişmiş entegre GPS/IMU kullanarak doğrudan dış yöneltme ölçümlerinin kaliteli olduğunu kanıtlamış, ancak sistem kalibrasyonlarının çalışma bölgesinde yapılmasının gerekliliği ortaya konmuştur. Bu tezin sebebi ise, basınç, sıcaklık ve topografik yapıya atıfta bulunulmuştur.

Cramer 2000; “On the Use Of Direct Georeferencing In Airborne Photogrametrry” çalışmasında iki farklı GPS/IMU sistemiyle yapılan doğrudan yöneltilmesi karşılaştırılmıştır. Çalışma da POS/AV 510 ve AEROcontrol 2d sistemi kullanılmıştır. Uygulama Almanya’da gerçekleştirilmiştir. Boresight kalibrasyonun ve bütünleşik kalibrasyonların yapılması gerekliliği gelecek araştırımalarda odak noktası olması gerektiğini vurgulamıştır.

Honkavaara 2003; “Complete Photogrammetric System Calibration and Evalutaion In The Sjokulla Test Field-Case Study With DMC” isimli çalışmada, dijital fotogrametrisinde ki sistem bileşenlerinin kalibrasyonun önemi araştırılmış ve en uygun kalibrasyonun nasıl yapıalcağı ortaya konmuştur. Araştırma DMC hava kamerasıyla, farklı uçuş yükseklikleriyle yapılan kalibrasyon parametreleri incelenmiştir. GPS/IMU sistemleriyle birlikte görüntüleme sistemlerinin bütünleşik yapıda değerlendirilmesi gerektiğini ve kalibrasyonların da birlikte yapılması gerektiği vurgulanmıştır..

Honkavaara 2003; “In-Flight Camera Calibration For Direct Georeferencing” çalışmasında, doğrudan jeoreferanslamada temel adımın GPS/IMU sistem kalibrasyonun olduğunu, ancak yer kontrol noktası ihtiyacının var olması gerçeğine ulaşmıştır. Bu çalışmasında, Sjokulla yapılan 1:8000 ve 1:16000 resim ölçeğindeki uçuş verilerinden yararlanmıştır. Çalışmalarda 12 yer kontrol noktasına sahip,8 uçuş

kolonundan oluşan 10 farklı kalibrasyon bloğu incelenmiş, Kamera kalibrasyonu ile boresight kalibrasyonun gerekliliğini ortaya koymuştur.

Mostafa ve Schwarz 2000; "Dijital Image Georeferencing From A Multiple Camera System by GPS/INS" isimli çalışmada, GPS/IMU sistemleriyle birlikte görüntüleme sistemlerinin bütünleşik yapıda değerlendirilmesi gerektiğini ve kalibrasyonların da birlikte yapılması gerektiği vurgulanmıştır. Bu çalışmada, Canada Üniversitesinde gerçekleştirilen test uçuşundan yararlanılmıştır.

Yastıklı 2005; "Direct Sensör Orientation For Large Scale Mapping- Potential, Problems,Solutions" araştırmasında, büyük ölçekli harita yapımında direkt sensör parametrelerinin potansiyeli, sorunları ve çözümleri tartışılmıştır. Sistem kalibrasyon parametrelerinin ve geometrik kalibrasyonun önemi vurgulanmıştır.

Pinto 2005; "A Single Step Calibration Procedure For Gps/Imu In Aerial Photogrammetry" araştırmasında, entegre sistem kalibrasyonundan bahsetmiştir. Bu kalibrasyonda, IMU, GPS ve kamera framelerinin matematiksel modellerle hesaplanarak, düzeltme değerlerinin kalibrasyon parametrelerine getirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Uçuş yükseklikleri ve bindirme oranlarından dört versiyon oluşturup, CALGE adında bir program yardımıyla matematiksel modeller hesaplanmıştır.

Honkaavara 2006; "Theroretical And Empirical Evalutaion Of Geometric Performance Of Multi-Head Large Format Photogrametric Sensörs" isimli araştırmada, geniş formatlı DMC ve Vexcel Ultracam hava kameralarının geometrik performansı araştırılmıştır. Sonuçların dijital sensörlerde geometrik doğruluğunun yüksek potansiyele sahip olduğunu gösterdiği, ancak sensörlerin ek parametrelerle modellenmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Honkaavara 2002; "Calibration Block Structures For GPS/IMU/Camera- System Calibration" araştırmasında, kalibrasyon için blok geometrisinin önemi ve uygun geometrik yapı araştırılmıştır. Ayrıca;

- Sistem kalibrasyonlarının bütünleşik yapıda değerlendirilmesi,

- Blok geometrisiyle birlikte uçuş planın önemi vurgulanmıştır,
- Sistem kalibrasyonun haritalama alanında yapılmasının öenmli olacağı,
- GPS/IMU değerleri ile GCP lerin datum sisteminin aynı olması gerektiği tezinde bulunmuştur.

Alamus 2006; "Study On DMC Geometry" çalışmasında, dijital hava kameralarının ve etkinliğinin artmasıyla CCD düzeltmeleri ve matris üzerinde araştırma yapılmıştır. Self kalibrasyonun parametrelerinin DMC için doğruluk ve hassasiyeti artırdığını ortaya koymuştur. Aynı zamanda bu parametrelerin yüksek doğrulukta DEM üretimi sağladığı düşünülmektedir.

Burman 2000; "Calibration And Orientation Of Airborne Image And Lazer Scanner Data Using GPS and INS" isimli tezinde, aynı anda görüntü alımından dolayı ivmeölçerlerin öneminden bahsedilmiştir. Ayrıca nirengi noktalarının sistematik hataları giderdiği, görüntü eşleme tekniklerinin doğrudan jeoreferanslamadaki potansiyeli araştırılmıştır.

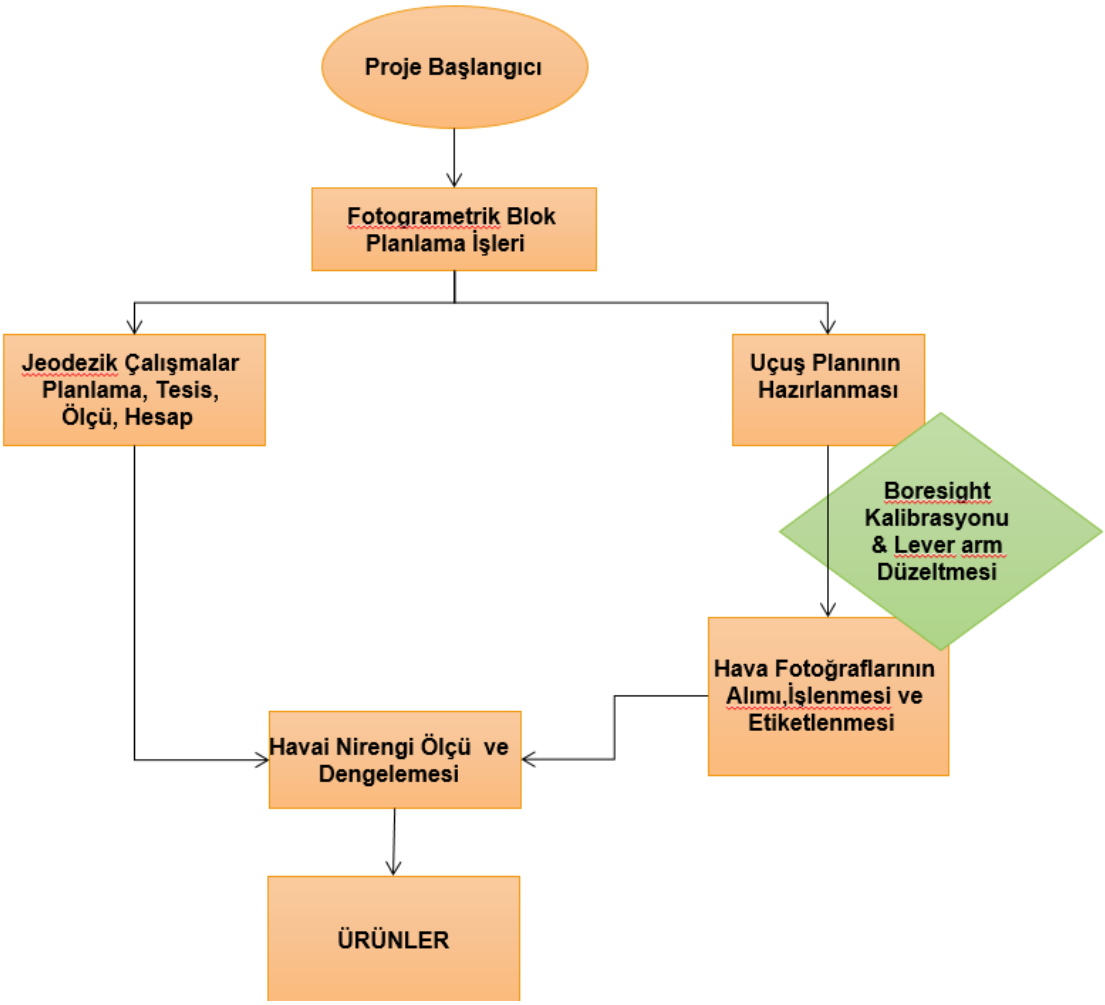
Çam ve Uysal 2013; " Kinematik GPS Destekli Fotogrametrik Nirengide Sabit Nokta Uzaklıkları ve Farklı GPS Çözümlerinin Yöneltme Doğruluğuna Etkileri" isimli çalışmada, VexcelUltracam X ile gerçekleştirilen uçuş verilerini değişik baz mesafesi ve çözümleriyle doğruluk analizi yapmışlardır. 1:100000 ölçekli harita üretimine yönelik nirengi noktası sayısı ve en uygun baz çözümü ortaya konmuştur. 1:25.000 ölçekli harita üretim çalışmalarında 43 cm yer örnekleme aralığına (GSD) sahip hava fotoğrafı kullanılması durumunda, tek sabit noktadan yararlanmanın ve nokta uzaklığını 150 km mesafeye kadar çıkarmanın veya PPP çözümü kullanmanın yöneltmenin doğruluğuna anlamlı bir etki etmediği görülmektedir. Ayrıca, yaklaşık 70 x 70 km boyutlarındaki 43 cm yer örnekleme aralığına (GSD) sahip hava fotoğraflarından oluşan bir fotogrametrik blokta sadece köşelerde birer adet YKN kullanmak yaklaşık yatayda ± 32 cm ve düşeyde ± 53 cm karesel ortalama hataya neden olmaktadır. Bu sonuç, 1:25.000 ölçekli topografik harita üretiminde oldukça yüksek bir doğruluktur.

Mekik ve arkadaşları 2011; "GPS/IMU Verilerinin TUSAGA-Aktif Sisteminin Sabit İstasyon Verileri İle Process Edilerek Resim Orta Noktası Koordinat Değerlerinin Belirlenmesi" isimli çalışmada, doğrudan jeoreferanslama yöntemiyle elde edilen resim

orta noktalarına, uçuş sırasında elde edilen GPS/IMU verilerinin değişik mesafe ve sayıdaki TUSAGA-Aktif istasyonlarıyla çözümünün etkisi araştırılmıştır. Fotogrametrik harita üretimi için yapılan uçuşlarda, uçuş anında önceden belirlenen yer kontrol noktalarının uçuş alanına mesafelerinin 50 km den daha az olması uygundur. Bu işlemler düşünüldüğünde, uçuştan önce arazide yer kontrol noktalarının ölçüme hazır durumda olması gereklidir. Arazinin topografik yapısına göre ulaşım durumları ve hava şartları, eş zamanlı yapılması gereken bu işlemin, zaman kaybına uğramasına ve ekonomik olarak maliyetinin artmasına sebep olmaktadır. Elde edilen resim orta noktası koordinat ve dönüklüklerine ait standart sapmalarının fotogrametrik harita üretimi için beklenilen doğruluğu sağladığı ve bu sonuçlara göre, TUSAGA-Aktif istasyonlarından bu doğrultu da faydalanılabileceği düşünülmektedir.

## 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışmasında; İstanbul Büyükşehir Belediyesi - İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı, Harita Müdürlüğü ile Mescioğlu Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş. + Şah-kar Harita İnş. Müh.Taah. ve Tic. Ltd. Şti. + Mescioğlu Harita Dan. İnş. A.Ş.(MMŞ) İş ortaklığı arasında 24 Temmuz 2012 tarihinde imzalanan "İstanbul İl Sınırları İçinde FotogrametrikYöntemle 1/1000 ve 1/5000 Ölçekli Revizyon Halihazır Harita ile 1/1000 Ölçekli Ortofoto Harita Üretim İşi" verileri kullanılmıştır. Bu projede işlem adımları genel olarak Şekil 3.1.'de verilmiştir.




**Şekil 3.1.** Proje işlem adımları

Tez çalışmasında, iki adet dijital hava kamerası ve iki farklı GNSS/IMU sistemi kullanılmıştır. Jeodezik ağın ölçülmesinde statik ölçme yöntemi tercih edilmiştir. Aynı zamanda projeler kapsamında fotogrametrik nirengi dengelemeleri Z/I,

Match-AT ve LPS yazılımlarında gerçekleştirilmiş ve sonuç ürün olarak 1/1000 ve 1/5000 ölçekli sayısal halihazır haritalar ve 1/1000 ölçekli ortofotolar üretilmiştir.

Tez çalışmasında, hava görüntülerinin ve kalibrasyon parametrelerinin elde edilmesinden sonra, benzer yapıya sahip fotogrametrik bloklar tespit edilip, sınıflandırma yapılmıştır. İki farklı sistemden elde edilen veriler fotogrametrik dengeleme sonrası aynı sınıflandırma içinde karşılaştırılmıştır..

### 3.1. Blok Planlaması

Proje sahasında blok planlaması yaparken,

- 2006 yılında gerçekleştirilen projedeki blok yapısına,
- Bölgenin topografik yapısına,
- Uçuş işleminin kısa sürede başarılı bir Şekilde tamamlanmasına dikkat edilmiştir.

### 3.2. Jeodezik Altyapı ve Ölçümlerin Değerlendirilmesi

İstanbul projesi kapsamında tamamlanan jeodezik nokta tesis kriterleri BÖHHBÜY ve Teknik şartanemeden belirlenmiştir. Bu kıstaslar yer kontrol nokta derecelerinin ön planda tutulduğunu göstermektedir.

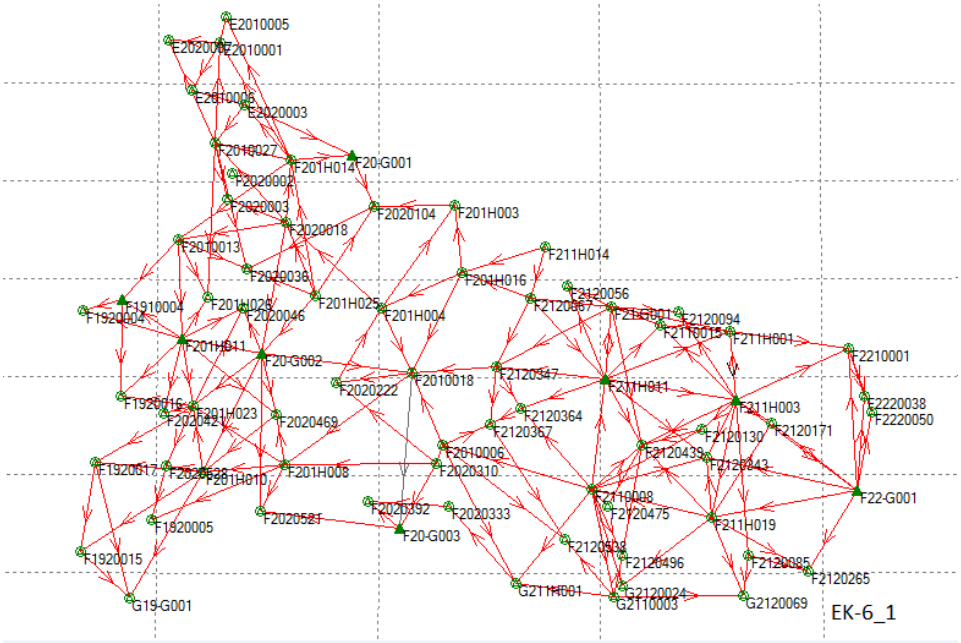



**Şekil 3.2.** Yer Kontrol Noktaları

Nokta tesis işleminden sonra, gerçekleştirilen ölçümlerde statik yöntemle gözlem yapılmıştır. Yapılan gözlemlerde; Leica AX1202 ve ATX1230 jeodezik GNSS alıcıları kullanılmıştır.

Yapılan gözlemler sonucunda, C1 ve C2 derece noktalar birlikte (Şekil 3.3) ve C3 derece noktalar ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

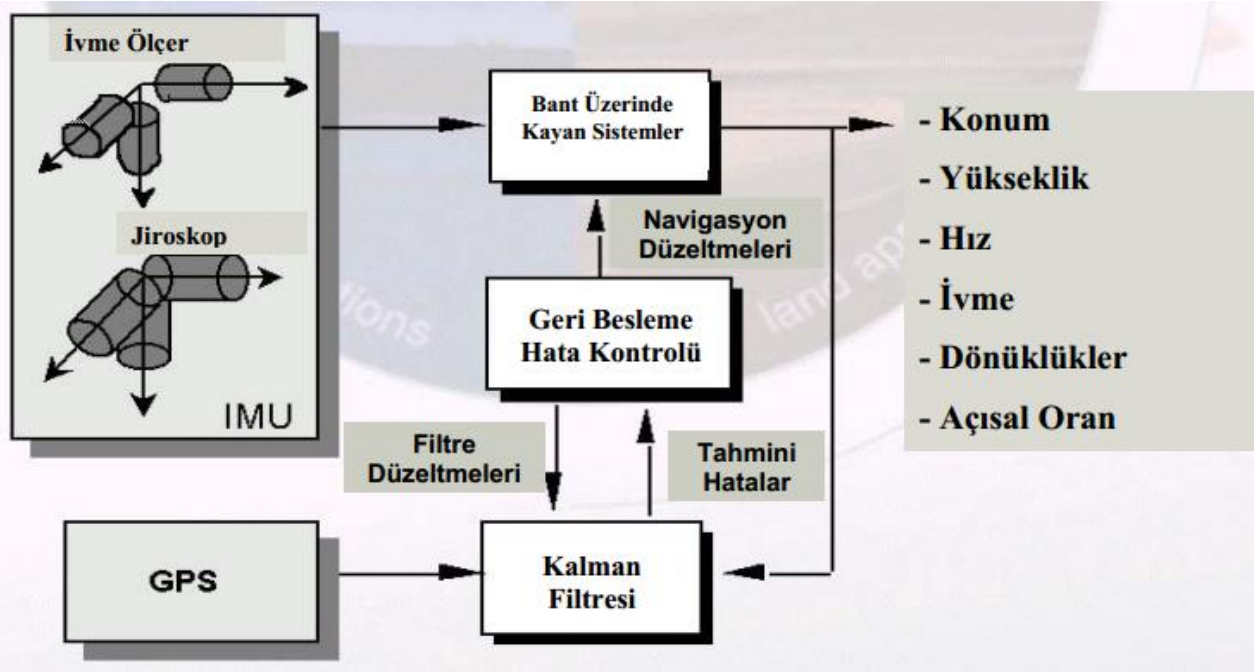
Yapılan tez araştırmasında, GNSS değerlendirmelerinin etkisini eşit kabul edebilmek için, fotogrametrik nirengide yer kontrol noktalarının standartması her blok ve/veya versiyonlarda x/y=0.03 cm, z=0.05 cm alınmıştır.




**Şekil 3.3.** AGA – SGA Ağ Görünümü

### 3.3. Uçuşda Kullanılan Sistemlerin Genel Tanımı ve Matematiksel Modeli

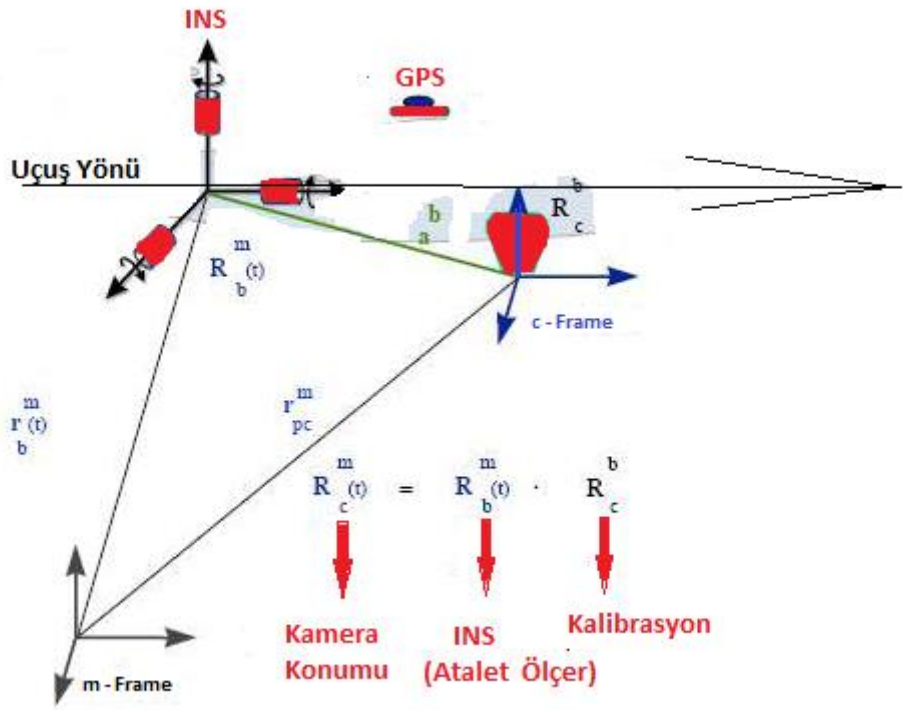
GPS'in atmosfer, yörünge ve sinyale bağlı hata kaynaklarını, referans istasyonda hesaplanacak düzeltmelerle gezici alıcıda gidermeyi öngören sisteme Diferansiyel Global Konumlama Sistemi (Differential Global Positioning System–DGPS) denir. DGPS'in IMU ile birlikte kullanımı sayesinde dış yöneltme parametrelerinin yaklaşık değerleri otomatik olarak belirlenir. Tez çalışmasında kullanılan uçuşlarda, Diferansiyel Konumlama sistemleri kullanılmıştır. Sistem bileşenleri Şekil 3.4'te verilmiştir.




**Şekil 3.4.** DGPS ve IMU Bileşeni

Diferansiyel konum belirleme işleminde temel prensip, kullanılan algılayıcı tipine bağlı olarak kayıt anında konum ve dönüklük bilgilerinin referans koordinat sisteminde belirlenmesidir. Kullanılan navigasyon sistemleri, konum ve dönüklük verilerinden oluşan bu bilgileri yeterli doğrulukta sağladığı takdirde bu amaç için kullanılabilir. Navigasyon sistemlerinin bu amaçla kullanılabilmesi için aşağıdaki üç şartı sağlaması gerekir. ( Skaloud, 1999b):

- Konum ve dönüklük verileri için navigasyon koordinat sistemi ile görüntü koordinat sistemi arasındaki ötelemenin yeterli doğrulukta belirlenmesi,
- Belirlenen bu ötelemenin sabit olması veya değişimlerinin modellenebilmesi,
- Bu amaçla kullanılan algılayıcıların yeterli doğrulukta senkronize edilmesidir.




**Şekil 3.5.** Diferansiyel Konum Belirleme Sistem Bileşenleri

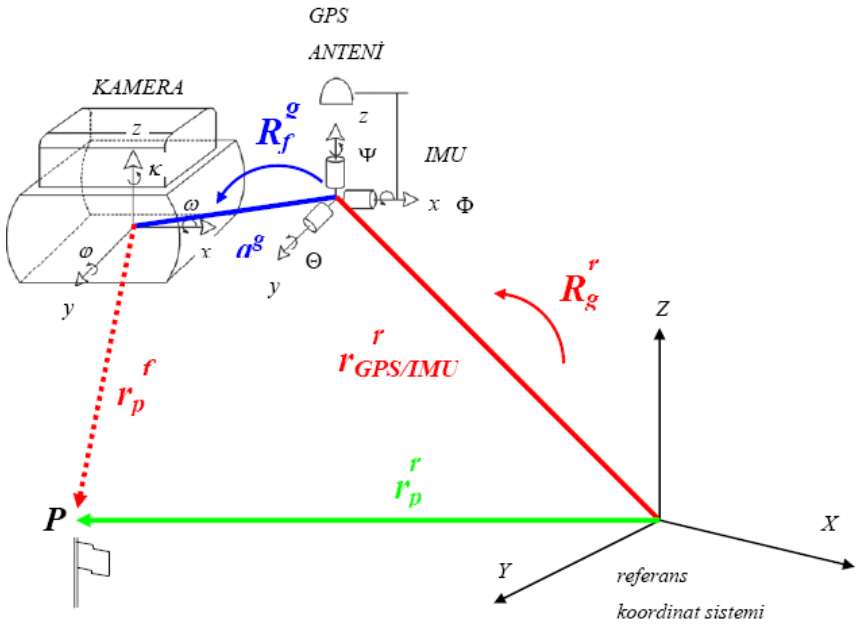
Bu sistemler, hareketli platformlardan (uçak, helikopter..) görüntü alımı sırasında konum ve dönüklük bilgilerinin doğrudan ölçülmesine olanak sağlar. Bu nedenle, hava görüntülerinin dış yöneltme elemanları yer kontrol noktalarına ihtiyaç duyulmadan elde edilebilir. Ancak üretilecek haritalardan beklenen doğruluk, yer kontrol noktaları ile elde edilen doğruluğa göre daha düşüktür. Tez kapsamında temn edilen veriler incelendiğinde, 1/1000 ölçekli haritalardan beklenen doğruluğu sağlamak için jeodezik yapının oluşturulmasına özn gösterildiği görülmüştür.

Konum ve dönüklük açılarının GNSS/IMU sistemi kullanılarak doğrudan ölçülmesi durumunda doğrudan yöneltme için eşitlik (Mostafa ve Schwarz 1995):

$$r^{r}_{p=}\ r^{r}_{GPS\backslash IMU}(t) + R^{r}_{g}(t)\ [a_p\, R^{r}_{f}\, r_p^{f}(t)+a^{g}\,]$$

| | |
|---|---|
| $r^{r}_{p}$ | P noktası için referans koordinat sisteminde koordinatları hesaplanacak koordinat vektörü |
| $r^{r}_{GPS\backslash IMU}(t)$ | IMU merkezinin referans koordinat sisteminde GPS\IMU ile belirlenen koordinat vektörü |
| $R^{r}_{g}(t)$ | GPS\IMU ile belirlenen , IMU platform koordinat sisteminden referans koordinat sistemine olan dönğklük matrisi, |
| $a_p$ | P noktası için görüntü koordinat sistemi ile referans koordinat sistemi arasındaki ölçek katsayısı, |
| $R^{r}_{f}$ | IMU platform koordinat sistemi ile görüntü koordinat sistemi arasındaki dönüklük matrisi, |
| $r_p^{f}(t)$ | P noktası için t anında görüntü koordinat sistemindeki koordinat vektörü |
| $a^{g}$ | IMU platform koordinat sisteminde görüntü koordinat sistemi ile IMU platform koordinat sistemi arasındaki öteleme vektörüdür. |

**Şekil 3.6.1.** Doğrudan Yöneltme İşleminin Matematiksel Modeli




**Şekil 3.6.2.** Matematiksel Modelinin Hava Kamerasıyla İlişkisi

Şekil 3.6.1'de belirtilen matematiksel modeller, Şekil 3.6.2'de belirtilen kamera sistemine göre uyarlanırsa Şekil 3.7'da verilen formule dönüşür.

$$\begin{pmatrix} X_P \\ Y_P \\ Z_P \end{pmatrix}_r = \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{pmatrix}_r + \boldsymbol{R}_g^r \begin{pmatrix} dx \\ dy \\ dz \end{pmatrix}_g + \alpha \boldsymbol{R}_g^r d\boldsymbol{R}_f^g \begin{pmatrix} x_p \\ y_p \\ -f \end{pmatrix}_f$$

**Şekil 3.7.** Matematiksel Modelinin Hava Kamerasıyla İlişkisi

### 3.4. Fotogrametrik Nirengi'de Doğruluk

Ülkemizde dijtal fotogrametri de beklenen doğruluk başta BÖHHBÜY olmak üzere teknik şartnamelere göre değişiklik gösterebilmektedir. Tez çalışması kapsamında;

- ❖ İstanbul Büyükşehir Belediyesi,
- ❖ DASK,
- ❖ Tapı Kadastro 5000'lik ortofoto ve sayısal halihazır harita üretim teknik Şartnameleri,
- ❖ Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi 1/1000 ve 1/5000 halihazır ve ortofoto Üretim teknik şartnamesi,
- ❖ Devlet Su İşleri Fotogrametrik işlerin teknik şartnameleri araştırılmıştır.

Bu kriterler Ek-1'de sunulmuştur. Bu kriterler incelendiğinde;

- Kullanılan Hava Kamerası
- Yer Örnekleme Aralığı
- Uçuş Yüksekliğinin temel aldığı görülmektedir.

Bu nedenlerden dolayı, tez çalışmasına kaynak olan Ultracam XP ve DMCII-230 hava kameraları ve yer örnekleme aralığı on santimetre olacak Şekilde uçuş yükseklikleri ve doğruluklar hesaplanmıştır. Çizelge 3.1 ve 3.2 'de kamerea özellikleri dikkate alınarak hesaplanan uçuş yüksekliği bilgisi mevcuttur.

**Çizelge 3.1.** DMCII- 230 İçin Uçuş Yüksekliği Hesabı

| **DMCII-230** | |
|---|---|
| Fotoğraf boy (pixel) | 15552 |
| Fotoğraf en (pixel) | 14144 |
| Pixel boyutu (µ) | 5.6 |
| Odak uzaklığı (mm) | 92 |
| Gerçek boyut boy (mm) | 87.0912 |
| Gerçek boyut en (mm) | 79.2064 |
| Yer Örnekleme Aralığı (cm) | 10 |
| Resim Ölçek | 17857 |
| Yer Yüzeyinden Uçuş yüksekliği (hagl) (m) | 1643 |
| Yer gerçek boyut (m) boyuna | 1555.2 |
| Yer gerçek boyut (m) enine | 1414.4 |
| **Resim Bindirme** | |
| Boyuna | 70 |
| Enine | 32 |
| a (boyuna baz) (m) | 424.32 |
| b (enine baz) (m) | 1057.536 |

**Çizelge 3.2.** Ultracam XP İçin Uçuş Yüksekliği Hesabı

| **Ultracam XP** | |
|---|---|
| Fotoğraf boy (pixel) | 17310 |
| Fotoğraf en (pixel) | 11310 |
| Pixel boyutu (µ) | 6 |
| Odak uzaklığı (mm) | 100.5 |
| Gerçek boyut boy (mm) | 103.86 |
| Gerçek boyut en (mm) | 67.86 |
| Yer Örnekleme Aralığı (cm) | 10 |
| Resim Ölçek | 16667 |
| Yer Yüzeyinden Uçuş yüksekliği (hagl) (m) | 1675 |
| Yer gerçek boyut (m) boyuna | 1731 |
| Yer gerçek boyut (m) enine | 1131 |
| **Resim Bindirme** | |
| Boyuna | 70 |
| Enine | 32 |
| a (boyuna baz) (m) | 339.3 |
| b (enine baz) (m) | 1177.08 |

**Çizelge 3.3.** Ultracam XP ve DMC İçin Fotogrametrik Nirengi Doğruluk Kriterleri

| **DASK & İBB TEKNİK ŞARTNAME** | | **Vexcel XP** | **DMC** |
|---|---|---|---|
| Konumda( 0.5 gsd) | 0.5 | 5.0 cm | 5.0 cm |
| Yükseklikte(0.00005*(hagl)) | 0.00005 | 8.4 cm | 8.2 cm |
| **M5 ŞARTNAME/tapu 5000** | | **Vexcel XP** | **DMC** |
| Konumda(8 mikron) | 8 | 13.3 cm | 14.3 cm |
| Yükseklikte (0.00005*(hagl)) | 0.00005 | 8.4 cm. | 8.2 cm |
| **DSİ & BÖHHBÜY TEKNİK ŞARTNAME** | | **Vexcel XP** | **DMC** |
| Konumda | 10 | 16.7 cm | 17.9 cm |
| Yükseklikte | 15 | 25.0 cm. | 26.8 cm |
| **ASPRS** | | **Vexcel XP** | **DMC** |
| Konum ve Yükseklikte | 1.0*Piksel Büyüklüğü | 10 cm | 10 cm |

(hagl = Yer yüzeyinden uçuş yüksekliği)

Çizelge 3.3'de belirtilen değerler dikkate alındığında fotogrametrik nirengi dengeleme kriterlerinin çok yüksek olduğu ve uygulamalara ters düştüğü görülmektedir. Günümüzde gelişen teknoloji ile daha hassas sonuçlara ulaşılmaktadır. Bu nedenle tez araştırmasına ışık tutan uygulamalarda, en hassas ve en doğru sonuçların araştırılması amaçlanmıştır.

## 3.5. Dijital Hava Kameraları

### 3.5.1.Uçuş Planlaması Yapılırken Dikkat Edilen Hususlar

Hava Fotoğrafı alımı amaçlı uçuş planlaması (Uçuş Planlaması) çalışmalarında dikkate alınan hususlar aşağıdaki gibidir.

- Bölgenin Topoğrafik yapısı ,
- Proje sahasının geometrik özellikleri ,
- Fotogrametrik blokların yapısı,
- GNSS/IMU (Kinematik GNSS) yönteminin kullanılıp kullanılmadığı ,
- Kullanılan Kamera Resim Çerçevesinin boyutları (Frame size : uçuş istikametine dik ve paralel doğrultudaki pixel Sayısı) ,
- Yer Örnekleme Aralığı (YÖA=GSD),
- Beklenilen ileri bindirme miktarına bağlı baz uzunluğu,
- İleri ve Yan bindirme miktarlarıdır.

Tezde kullanılan verilerde, yer örnekleme aralığının on santimetre olması, kullanılan DMCII-230 ve Ultracam XP hava kameralarının odak uzaklığının birbirne yakın olması sebebiyle ortalama uçuş yüksekliği 1650 metredir. Detaylı bilgiler, yukarda belirtilen Çizelge 3.1 ve 3.2'de gösterilmiştir.

### 3.5.2. Kamera Seçimi

Tez çalışmasında, görüntü alım işlemlerinde DMCII-230 ve Ultracam XP dijital hava kamereları kullanılmıştır. Kameralara ait teknik bilgiler alt başlıklar halinde aşağıda sunulmuştur.

#### 3.5.2.1. DMCII-230

DMCII-230 ait teknik özellikler Çizelge 3.4'de sunulmuştur.

**Çizelge 3.4.** DMCII- 230 Teknik Özellikleri

| | |
|---|---|
| **PAN (Siyah - Beyaz ) Uçuşa Dik Piksel Sayısı** | 15552 |
| **PAN (Siyah - Beyaz ) Uçuş Boyunca Piksel Sayısı** | 14144 |
| **PAN (Siyah - Beyaz ) Uçuşa Dik Görüş Açısı** | 50.7 $^0$ |
| **PAN (Siyah - Beyaz ) Uçuş Boyunca Görüş Açısı** | 46.6 $^0$ |
| **Pan Odak Uzaklığı** | 92 mm |
| **Pan Piksel Boyutu** | 5.6 µm |
| **B / H ( Baz / yükseklik Oranı )** | 0.34 |
| **Renk Kanalları** | R,G,B,NIR |
| **Radyometrik Çözünürlük** | 14 bit |
| **10 cm İçin Uçuş Yüksekliği** | 1650 m-5400 ft |
| **Pozlama Süresi** | 1.8 sn |

DMCII-230 kamerası ,

- Siyah beyaz frame'i (resim çerçevesi) tek parçadan oluşmakta,
- Bu yapısı ile fiziksel büyüklük ( En_Boy) ve uçuş istikametine dik ve paralel doğrultulardaki Piksel sayıları (15552:14144) olarak analog kamera resim çerçevesi özelliklerine en yakın çerçeve özelliğini taşımakta ,

- Ayrıca birden fazla alt çerçevenin bir araya getirilerek tek bir sanal çerçeve oluşturan kameralara göre; düşey yakını görüntülerin birleştirme işleminden kaynaklanan geometrik ve bindirme hataları doğrudan elimine edilmiş olmakta,

Bu değerler itibarı ile bakıldığında : YÖA aralığı 10cm olarak yapılacak bir hava fotoğrafı alım işleminde ; uçuş yüksekliği yer artı 1785 m , ±%10 sınırı dikkate alındığında ise ; 1600 ile 1960 metre arasında olabilmekte , bu da uçuş yüksekliğinde 360 metre gibi İstanbul proje sahası içerisinde doğu-batı doğrultusunda planlanan uçuşlarda aynı kolon içerisinde çok rastlanılmayacak , bir başka deyişle çok sık uçuş yüksekliği değiştirmeden uçuşa imkan verecek bir elastikiyet sağlamaktadır.

- Son olarak; 0.35 lik baz yükseklik oranı , mevcut diğer kameralara göre anlamlı bir yükseklik doğruluğu sağlamaktadır.



**Şekil 3.8.** DMCII-230 Dijital Hava Kamerası

### 3.5.2.2. Ultracam XP

Ultracam XP kamerasına ait teknik özellikler Çizelge 3.5'de sunulmuştur.

**Çizelge 3.5:** Ultracam Xp Teknik Özellikleri

| | |
|---|---|
| **PAN (Siyah - Beyaz ) Uçuşa Dik Piksel Sayısı** | 17310 |
| **PAN (Siyah - Beyaz ) Uçuş Boyunca Piksel Sayısı** | 11310 |
| **PAN (Siyah - Beyaz ) Uçuşa Dik Görüş Açısı** | $55^0$ |
| **PAN (Siyah - Beyaz ) Uçuş Boyunca Görüş Açısı** | $37^0$ |
| **Pan Odak Uzaklığı** | 100 mm |
| **Pan Piksel Boyutu** | 6 µm |
| **B / H ( Baz / yükseklik Oranı )** | 0.2 |
| **Renk Kanalları** | R,G,B,NIR |
| **Radyometrik Çözünürlük** | 14 bit |
| **10 cm İçin Uçuş Yüksekliği** | 1650 m-5400 ft |
| **Pozlama Süresi** | 2 sn |

Ultracam Xp kamerası;

- Uçuş istikametine dik ve paralel doğrultulardaki Piksel sayıları : 17310:11310
- Kamera odak uzaklığı 100 mm. ve bir piksel büyüklüğü 6 Mikron,
- Baz Yükseklik Oranı 0.20 dir
- Bu değerler itibarı ile bakıldığında : YÖA aralığı 10cm olarak yapılacak bir hava fotoğrafı alım işleminde ; uçuş yüksekliği yer artı 1666 m , ±%10 sınırı dikkate alındığında ise ; 1500 ila 1833 metre arasında olabilmektedir.




**Şekil 3.9.** Vexcel Ultracam XP Dijital Hava Kamerası

### 3.6. GNSS/IMU Sistemleri

Tez çalışmasında DMCII-230 ve DUSS 5 , Asya Yakasında ise Ultracam Vexcel XP ve NUSS 4 adı verilen GNSS sistemleri kullanılmıştır. Kullanılan sistemlere ait bilgiler Şekil 3.10'da belirtilmiştir. Bilgiler cihazların tanıtım kataloklarından temin edilmiştir.

Bu GNSS-IMU sistemleri ayrı kameralara monte edilebilir. Ancak ülkemizde beşinci sınıf sistemlerden daha hassas doğruluk veren sistemler sadece askeri amaç için kullanılmaktadır. GNSS-IMU sistemleri satın alınan ve/veya kiralanan kameralarda farklı özelliklere sahip olabilmektedir.

| IMU model type | | NUS4 | DUS5 | NUS5 | CUS6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Absolute accuracy after post-processing (RMS) | Position | 0.05 – 0.3 m | 0.05 – 0.3 m | 0.05 – 0.3 m | 0.05 – 0.3 m |
| | Velocity | 0.005 m/s | 0.005 m/s | 0.005 m/s | 0.005 m/s |
| | Roll & Pitch | 0.008 deg | 0.005 deg | 0.005 deg | 0.0025 deg[1] |
| | Heading | 0.015 deg | 0.008 deg | 0.008 deg | 0.005 deg[1] |
| Relative accuracy | Angular random noise | <0.05 deg/sqrt(hour) | <0.01 deg/sqrt(hour) | <0.01 deg/sqrt(hour) | <0.01 deg/sqrt(hour) |
| | Drift | <0.5 deg/hour | <0.1 deg/hour | <0.1 deg/hour | <0.01 deg/hour |
| IMU | High-performance gyros | 200 Hz Fiber-optic Gyro | 200 Hz Fiber-optic Gyro | 500 Hz Dry-tuned Gyro | 200 Hz Ring-laser Gyro |
| GNSS receiver | Internal in IPAS20 Control Unit | 54-channel GPS + GLONASS dual frequency low noise receiver (L1/L2), 20 Hz raw data, DGPS ready | | | |
| Real-time solution | | Deeply coupled GNSS/IMU solution | | | |

**Şekil 3.10:** GNSS/IMU Sistemlerini Doğruluk Değerleri (*URL1)

## 3.7. Lever-Arm Düzeltmesi

Proje kapsamında kullanılan kameralar kiralanmak sureti ile yurtdışından , uçak ise kiralanmak sureti ile yurtiçinden Mescioğlu Müh. Ve Müş. A.Ş. tarafından temin edilmiştir.

CESSNA 402B uçağı için DMCII-230 Kamera ve GNSS/IMU Sistemi Şekil 3.11.'de sunulmuştur.



**Şekil 3.11**. DMCII-230 Kamerası ile Uçuş Gerçekleştiren Uçak

CESSNA T 206H uçağı için Ultracam XP Kamera ve GNSS/IMU Şekil 3.12'de sunulmuştur.




**Şekil 3.12.** Ultracam Xp Kamerası ile Uçuş Gerçekleştiren Uçak

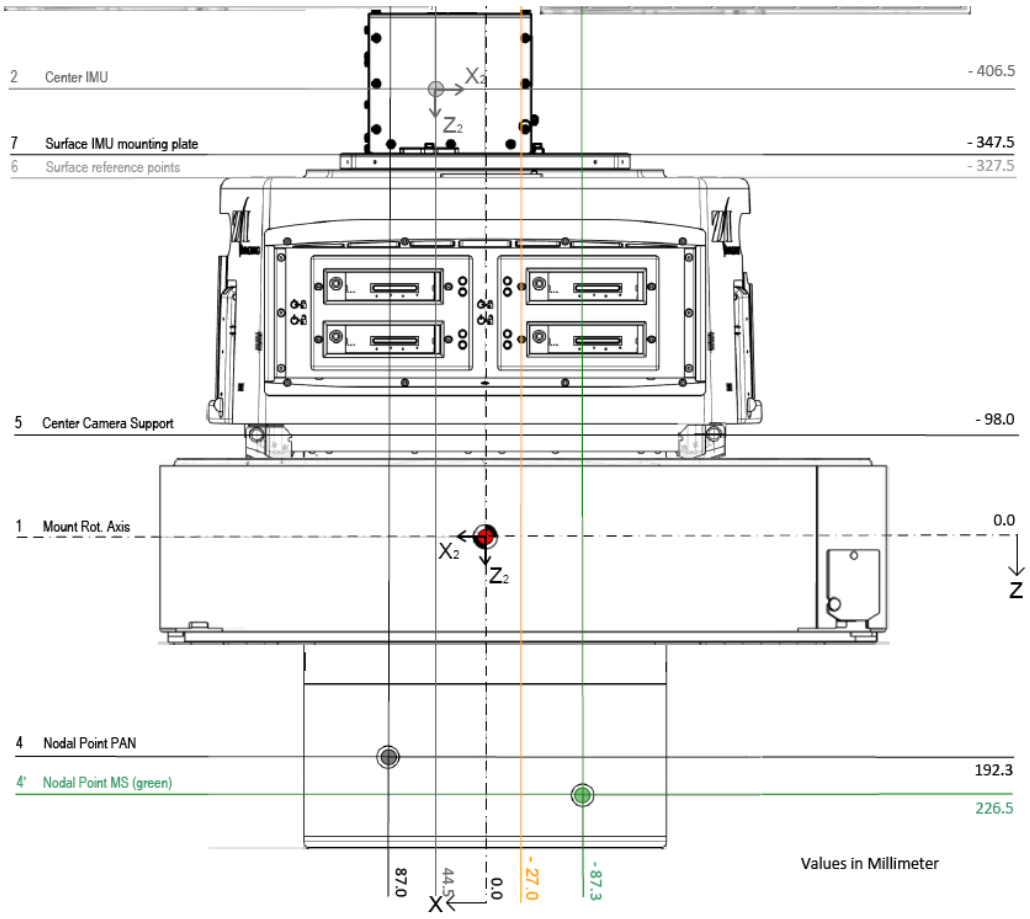
Lever-Arm ölçümleri, TOPCON 3107 N lazerli total station ile yapılmıştır. Ölçümler sonucunda, kamera ile GNSS anteni arasındaki fark vektörüne ulaşılmıştır. Görüntü alım işleminden sonra hesaplanan yaklaşık resim orta koordinatlarının (X,Y,Z) en doğru sonucu yansıtması için, Lever-ARM ölçümlerinin hassas ve doğru sonuçlandırılması gerekmektedir.

Ultracam XP için sonuçlandırılmış değerler Çizelge 3.6.'da sunulmuşltur.

**Çizelge 3.6:** Ultracam XP ve Cessna T206 için Lever-Arm Düzeltme Değerleri

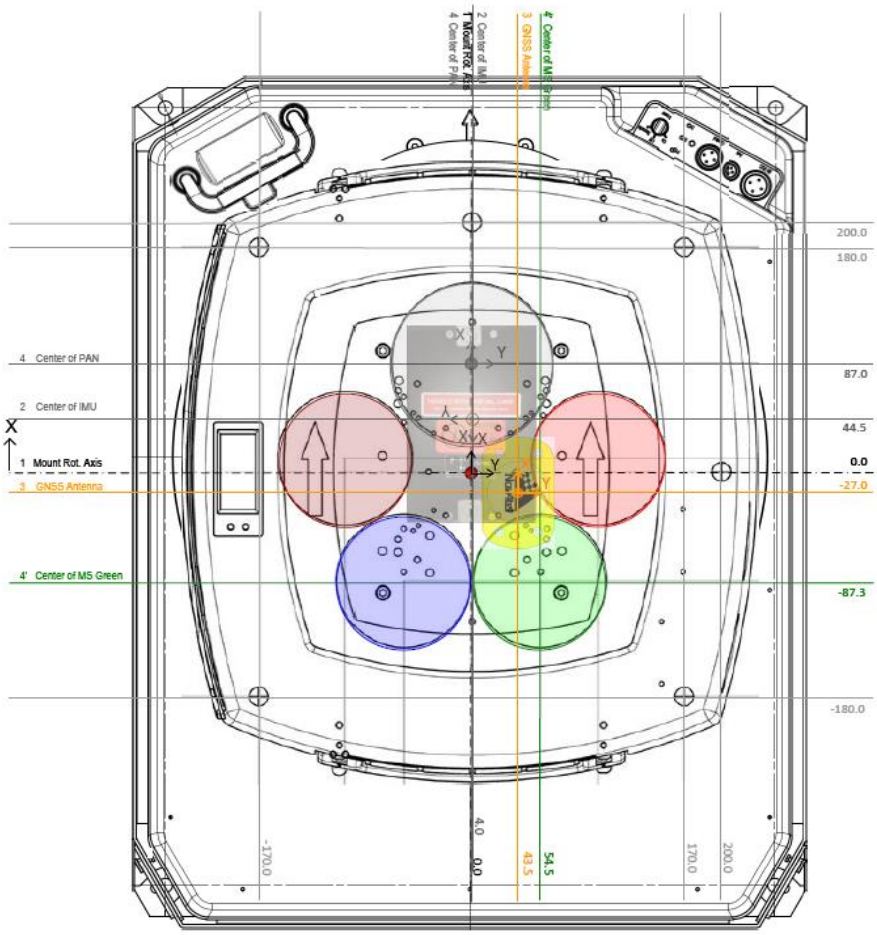
| X [m] | Y [m] | Z [m] |
|---|---|---|
| 0.0092 | 0.012 | -0.772 |

DMCII-230 hava kamerası için X ve Z yönünde kullanma kılavuzunda belirtilengragik Şekil 3.13‘de belirtilmiştir.




**Şekil 3.13.** DMCII-230 Örnek LeverARM( X ve Z yönünde)

DMCII-230 hava kamerası için X ve Y yönünde kullanma kılavuzunda belirtilengragik Şekil 3.14‘de belirtilmiştir.




**Şekil 3.14.** DMCII-230 LeverARM( X ve Y yönünde)

### 3.8. Boresight Kalibrasyonu

Kullanılan her iki kamera için ( DMCII-230 ve Ultracam XP) uçuşa başlamadan önce Silivri bölgesinde tespit edilen test alanında yapılan uçuşlar ile Boresigth kalibrasyon değerleri hesaplanmış ve fotogrametrik nirengi işlemleri sırasında kullanılmıştır.

Boresight kalibrasyonu hesaplama işleminde, Silivri bölgesinde yapılan 4 yatay kolon ve 4 düşey kolon sadece yer kontrol noktası ile dengelenmiştir. Bu dengeleme işlemiyle, resim orta noktalarının hesaplandığı koordinat değerleri arasında ilişkilendirme yapılmış ve değerler elde edilmiştir. DMCII-230 ve Ultracam XP kameraları için bulunan boresight kalibrasyon değerleri Çizelge 3.7'de sunulmuştur.

**Çizelge 3.7.** DMCII-230 ve Ultracam XP İçin Boresight Kalibrasyon Değerleri

| | **Omega** | **Phi** | **Kappha** |
|---|---|---|---|
| **DMC II-230 (derece)** | -0.0162 | -0.0776 | -0.3493 |
| **Ultracam XP (derece)** | 0.0307 | -0.3344 | 0.0121 |

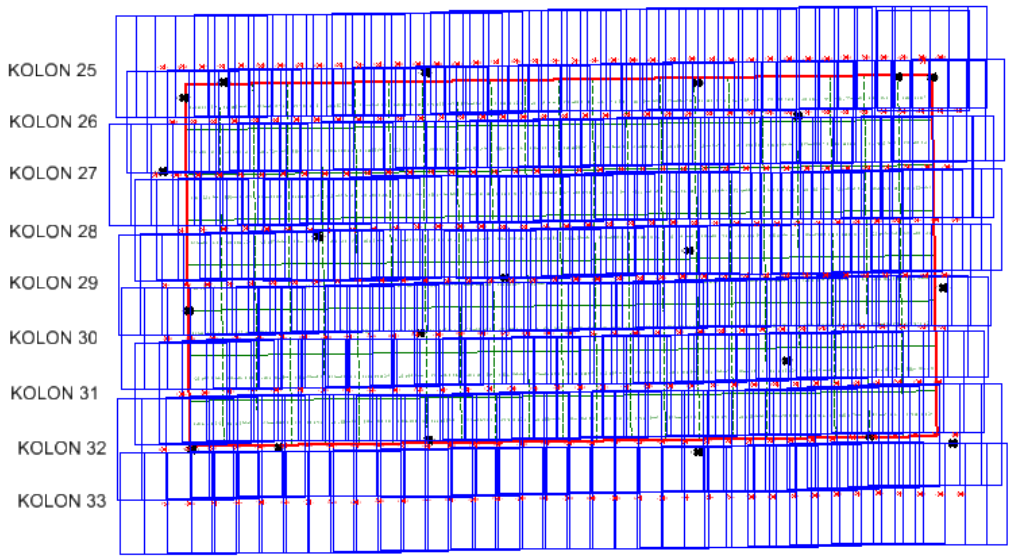
### 3.9.Görüntü Alımı

Proje kapsamında uçuş plânı 1/25000 ölçekli haritalar üzerinde ve sayısal ortamda hazırlanmıştır. Hazırlanan bu planda;

- Uçuş çizgileri doğu-batı doğrultusunda düzenlenmiş,
- Topoğrafik durum nedeni ile ortaya çıkabilecek bindirme sorunları uçuş plânının hazırlandığı altlık üzerinde denetlenerek gerekli önlemler alınmıştır.

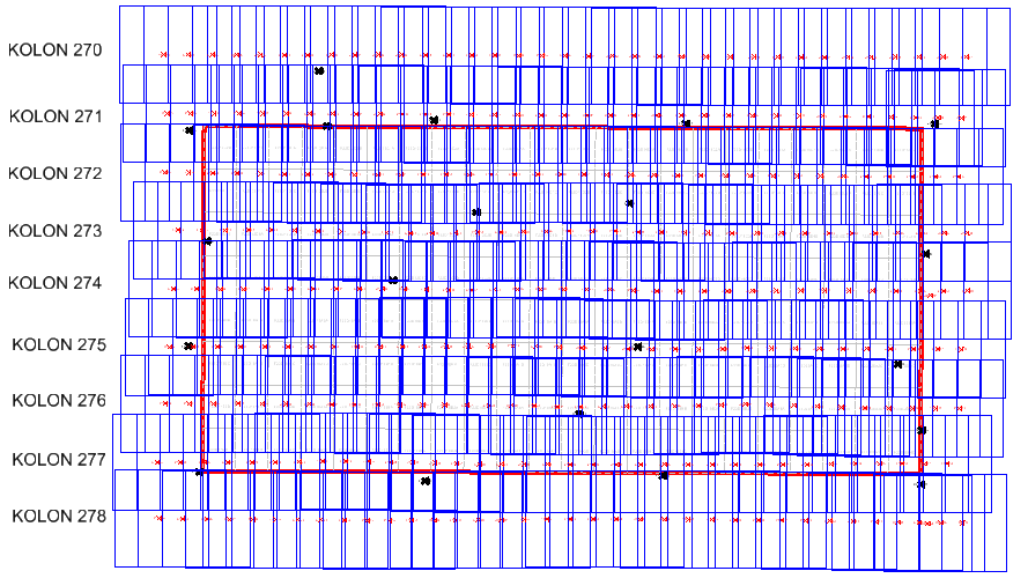
Proje kapsamında SRTM (30m) verilerinden yararlanarak uçuş yükseklikleri , bindirme oranları hesaplanmış, gerçekleştirilen görüntü alımında dikkat edilmiştir. Proje kapsamında gerçekleştirilen uçuış yüksekliği , 1650 metre (artı yer yüksekliği) dir.

Seçilen orman bloklarından; görüntü alımı DMCII-230 hava kemarası ile gerçekleştirilen Blok 9'a ait görüntü alım kanavası Şekil 3.15'de sunulmuştur. Görüntü alımı, 9 doğu-batı yönlü kolon ile gerçekleştirilmiştir.



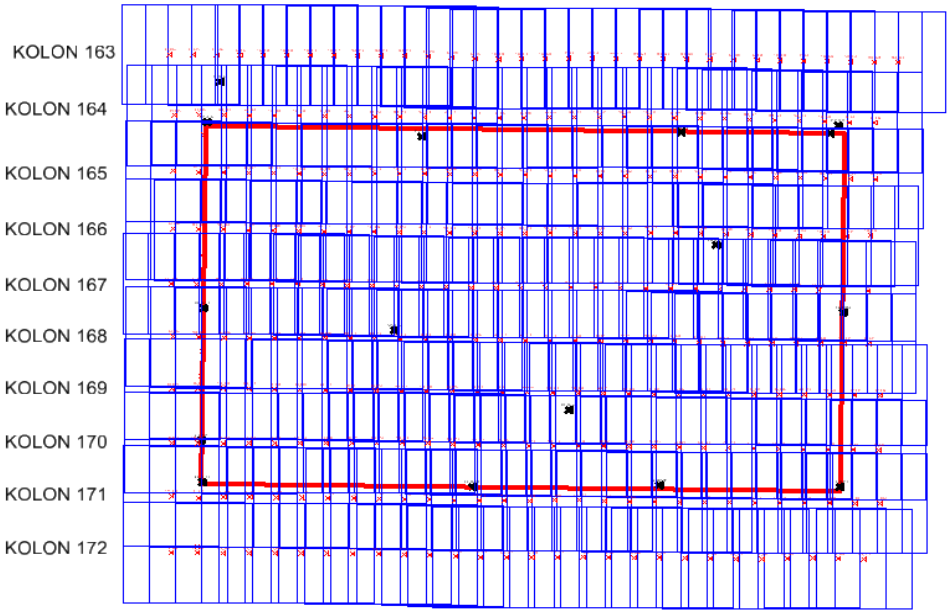

**Şekil 3.15.** Blok 9 Gerçekleştirilen Görüntü Alımı

Seçilen orman bloklarından; görüntü alımı Ultracam-XP hava kemarası ile gerçekleştirilen Blok 109'a ait görüntü alım kanavası Şekil 3.16'de sunulmuştur. Görüntü alımı, 9 doğu-batı yönlü kolon ile gerçekleştirilmiştir.



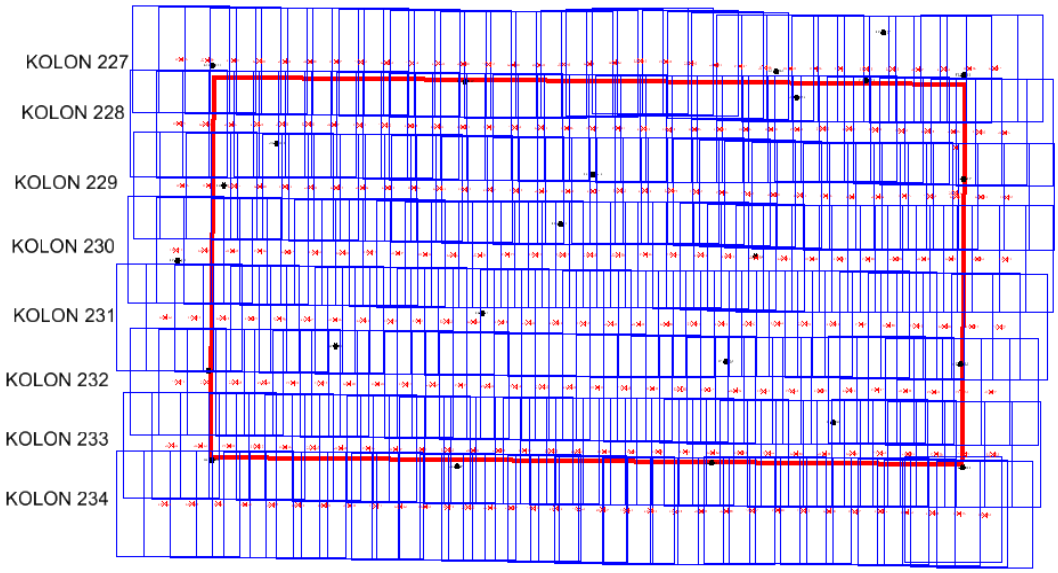

**Şekil 3.16.** Blok109 Gerçekleştirilen Görüntü Alımı

Seçilen meskun bloklarından; görüntü alımı DMCII-230 hava kemarası ile gerçekleştirilen Blok 73'a ait görüntü alım kanavası Şekil 3.17'de sunulmuştur. Görüntü alımı, 10 doğu-batı yönlü kolon ile gerçekleştirilmiştir.



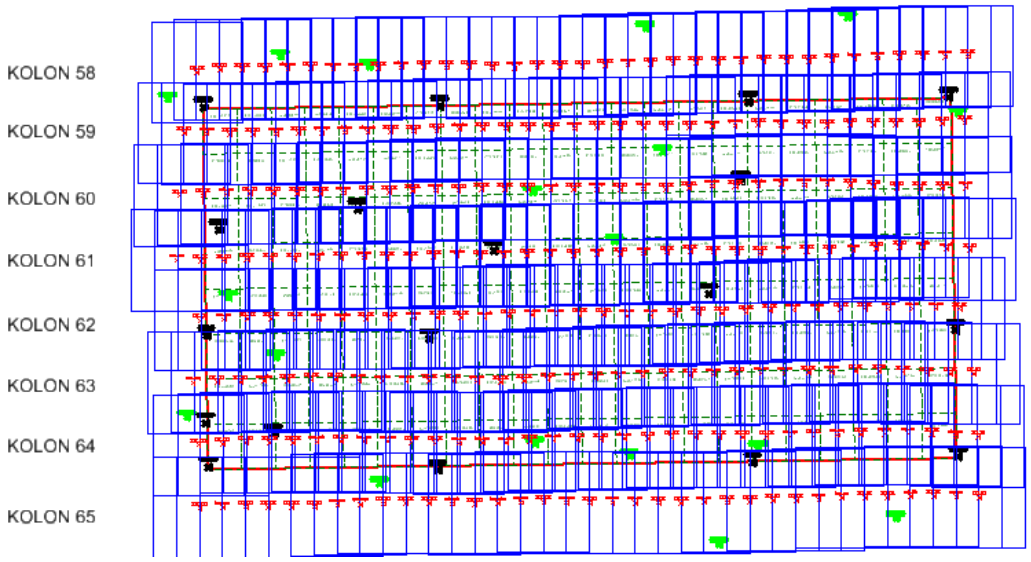

**Şekil 3.17.** Blok 73 Gerçekleştirilen Görüntü Alımı

Seçilen meskun bloklarından; görüntü alımı Ultracam-XP hava kemarası ile gerçekleştirilen Blok 86'a ait görüntü alım kanavası Şekil 3.18'de sunulmuştur. Görüntü alımı, 8 doğu-batı yönlü kolon ile gerçekleştirilmiştir.



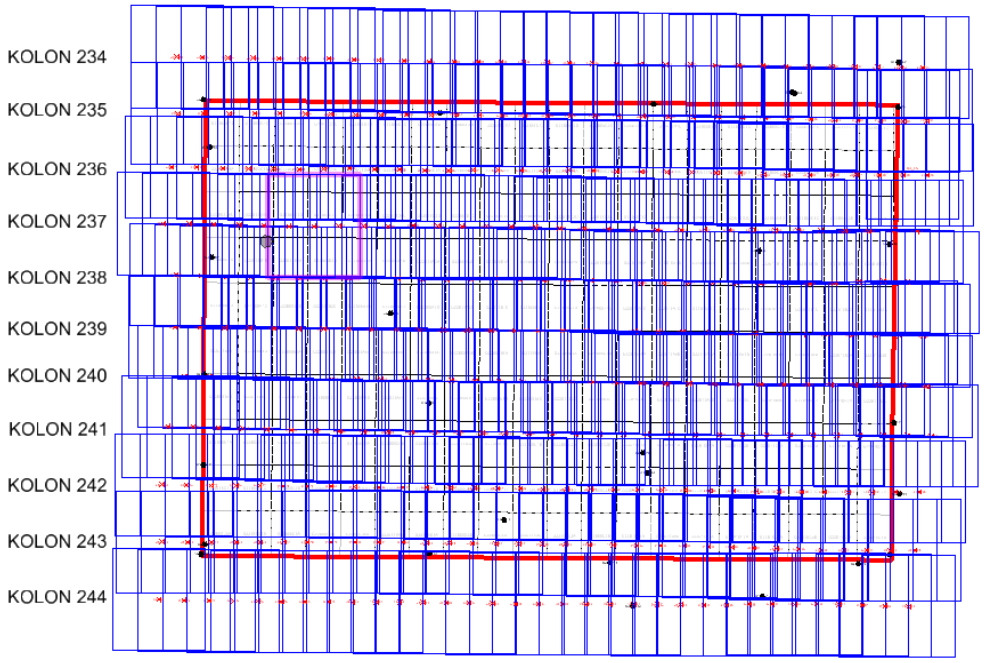

**Şekil 3.18.** Blok 86 Gerçekleştirilen Görüntü Alımı

Seçilen tarım bloklarından; görüntü alımı DMCII-230 hava kemarası ile gerçekleştirilen Blok 73'a ait görüntü alım kanavası Şekil 3.19'da sunulmuştur. Görüntü alımı, 8 doğu-batı yönlü kolon ile gerçekleştirilmiştir.




**Şekil 3.19.** Blok 33 Gerçekleştirilen Görüntü Alımı

Seçilen tarım bloklarından; görüntü alımı Ultracam-XP hava kemarası ile gerçekleştirilen Blok 103'a ait görüntü alım kanavası Şekil 3.20'd sunulmuştur. Görüntü alımı, 11 doğu-batı yönlü kolon ile gerçekleştirilmiştir.

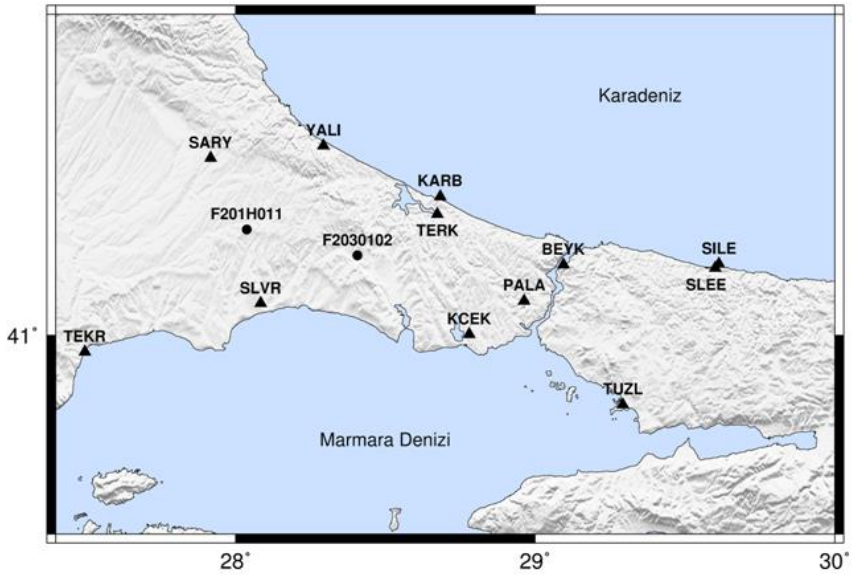



**Şekil 3.19.** Blok 103 Gerçekleştirilen Görüntü Alımı

### 3.11. Yer Referans İstasyon Seçimi

Kinematik destekli fotogrametri de, resim orta noktalarının konumlarını GNSS ile gözlemlenir. Bu gözlemlerin değerlendirilmesi için yer referans istasyonları gerekmektedir. Konumsal verilerin daha sağlıklı elde edilmesi için; yer referans noktasının uçağa olan uzaklığının; hiçbir halde 25 km.den daha fazla olmaması prensibine ve gözlemlerin değerlendirilmesinde hassas efemeris bilgilerin kullanılmasına dikkat edilmiştir.

Bu kapsamda TUSAGA Aktif İstasyonları 1s aralıklı GNSS kayıtlarına ek olarak güvenlik önlemi olarak yerde uçuş yapılacak alanın uygun yerlerinde iki adet yer referans noktası da tesis edilmiştir.




**Şekil 3.20. Yer Referans İstasyonları**

# 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Araştırma kapsamında çalışılacak bloklar yer kontrol nokta sayısı, arazi sınıfı ve büyüklüğüne göre sınıflandırılmıştır. Orman bloklarına ait kamera, uçuş zamanı ve blok geometri bilgileri Çizelge 4.1'de, blok uydu fotografları Şekil 4.1'de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Orman Bloklarına Ait Bilgiler

| **Arazi_Sınıfı** | **Blok_No** | 9 | 109 |
|---|---|---|---|
| **Orman** | **Bölge** | Avrupa | Asya |
| | **Kamera** | DMC 230 | Ultracam_XP |
| | **GNSS_IMU_System** | Class 5 | Class 4 |
| | **Blok_Alanı(km)** | 63.83 | 64.14 |
| | **Blok_Geometrisi** | Dikdörtgen | Dikdörtgen |
| | **YKN_Sayısı** | 22 | 20 |
| | **Fotograf_Alım_Zamanı** | 09.2012<br>07.2013 | 07.2013<br>08.2013 |



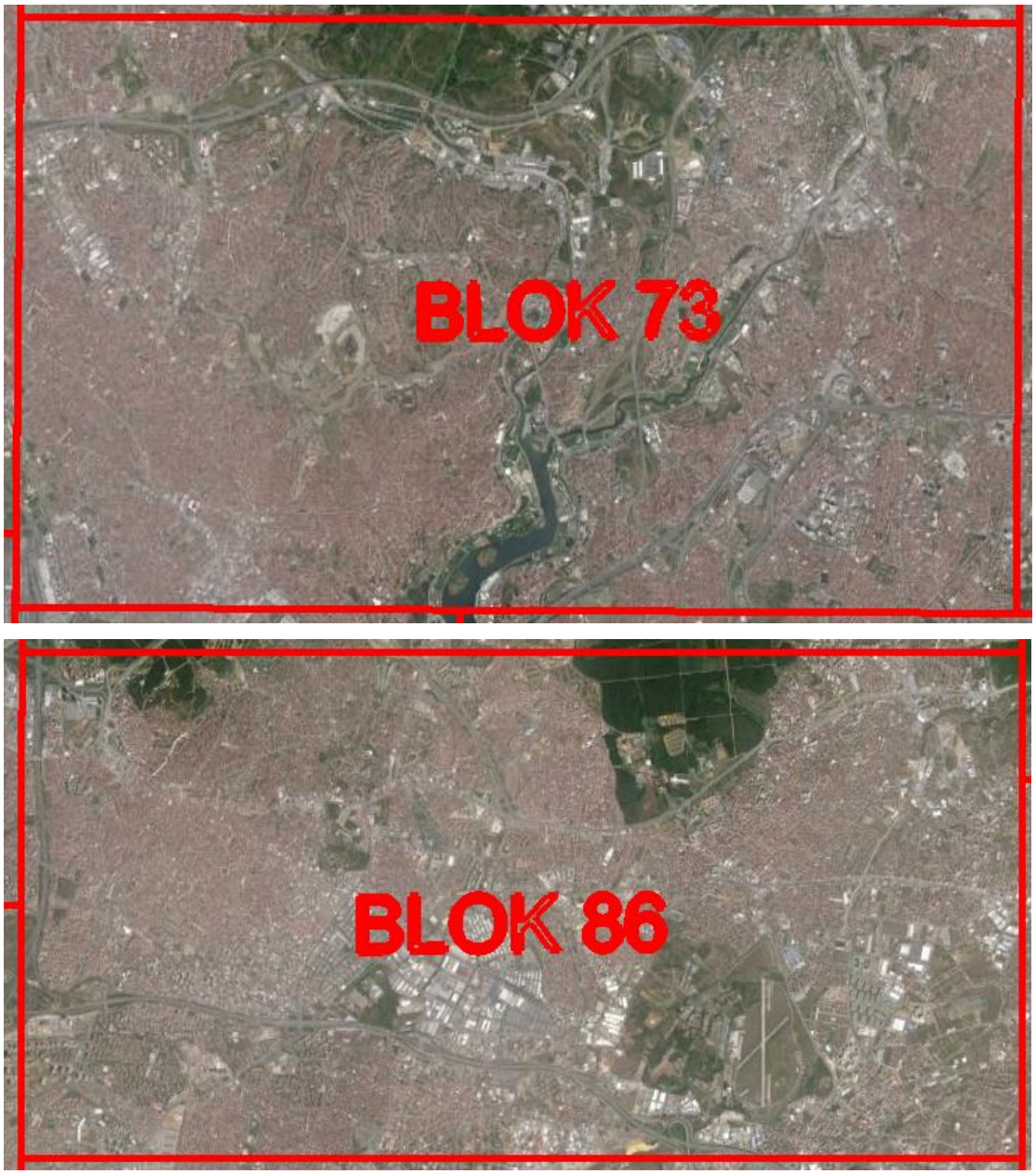



**Şekil 4.1.** Orman Blokları

Meskun bloklara ait kamera, uçuş zamanı ve blok geometri bilgileri Çizelge 4.2'de , blok uydu fotografları Şekil 4.2'de verilmiştir.

**Çizelge 4.2.** Meskun Bloklara Ait Bilgiler

| Arazi_Sınıfı | Blok_No | 73 | 86 |
|---|---|---|---|
| Meskun | Bölge | Avrupa | Asya |
| | Kamera | DMC 230 | Ultracam_XP |
| | GNSS_IMU_System | Class 5 | Class 4 |
| | Blok_Alanı(km) | 52.52 | 61.32 |
| | Blok_Geometrisi | Dikdörtgen | Dikdörtgen |
| | YKN_Sayısı | 16 | 24 |
| | Fotograf_Alım_Zamanı | 08.2013 | 08.2013 |




**Şekil 4.2.** Meskun Bloklar

Tarım bloklarınaa ait kamera, uçuş zamanı ve blok geometri bilgileri Çizelge 4.3'de , blok uydu fotografları Şekil 4.3'de verilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Tarım Bloklarına Ait Bilgiler

| **Arazi_Sınıfı** | **Blok_No** | 33 | 103 |
|---|---|---|---|
| **Tarım** | **Bölge** | Avrupa | Asya |
| | **Kamera** | DMC 230 | Ulrcam_XP |
| | **GNSS_IMU_System** | Class 5 | Class 4 |
| | **Blok_Alanı(km)** | 64.10 | 73.27 |
| | **Blok_Geometrisi** | Dikdörtgen | Dikdörtgen |
| | **YKN_Sayısı** | 36 | 27 |
| | **Fotograf_Alım_Zamanı** | 08.2013 | 08.2013 |






**Şekil 4.3.** Tarım Blokları

Blokların görüntü eşlemeleri Z/I Automatic triangulatin programında otomatik yapılmıştır. Otomatik (tie/pass) noktalarının toplanmasından sonra, relatif doğruluğu etkileyen noktalar temizlenmiştir. Blok içinde boş kalan yerler manuel eşleştirilmiştir. Tüm blokların fotogrametrik nirengi toplama işlemleri bu işlem adımlarıyla gerçekleştirilmiştir.

## 4.1. Dengeleme ve Versiyon Oluşturma Yöntemi

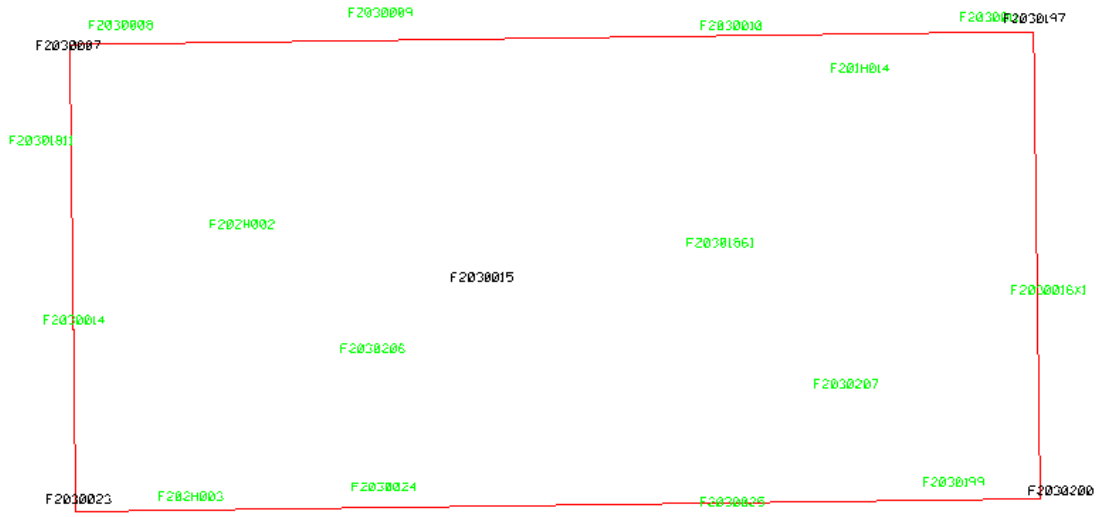
Tüm bloklar kendi sınıflandırması içerisinde aynı versiyonlarda dengelenmiştir. Bloklardan versiyonlar oluşturulurken, jeodezik yapıya önem verilmiştir. Genel yaklaşım staratejisi,

i. Blok Köşe Noktaları (Deney Düzeneği-1)
ii. Blok Düşey Kenarları (Deney Düzeneği-2)
iii. Blok Yatay Kenarları (Deney Düzeneği-3)
iv. Blok Ortaları (Deney Düzeneği-4)
v. Blok Köşe-Kenar ve Ortalarında (Deney Düzeneği-5) yer kontol noktası ağırlıklı olacak Şekilde versiyonlar oluşturulmuştur.

Seçilen yer kontrol noktalarının dışında, blokların değerlendirilmesi için kalan yer noktaları check noktası olarak seçilmiştir. Şekillerde ki , yeşil renkler denetleme noktalarını, siyah renklerde yer kontrol noktalarını temsil etmektedir.

### 4.1.1. Orman Blokları

Orman bloklarında eşleme noktalarının eksikliği nedeniyle self-calibration yapılmamıştır. Deney düzeneklerinden class 5 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 9 (1.1-A), 16 denetleme noktası ve 5 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.4'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,6 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.4'de gösterilmiştir.



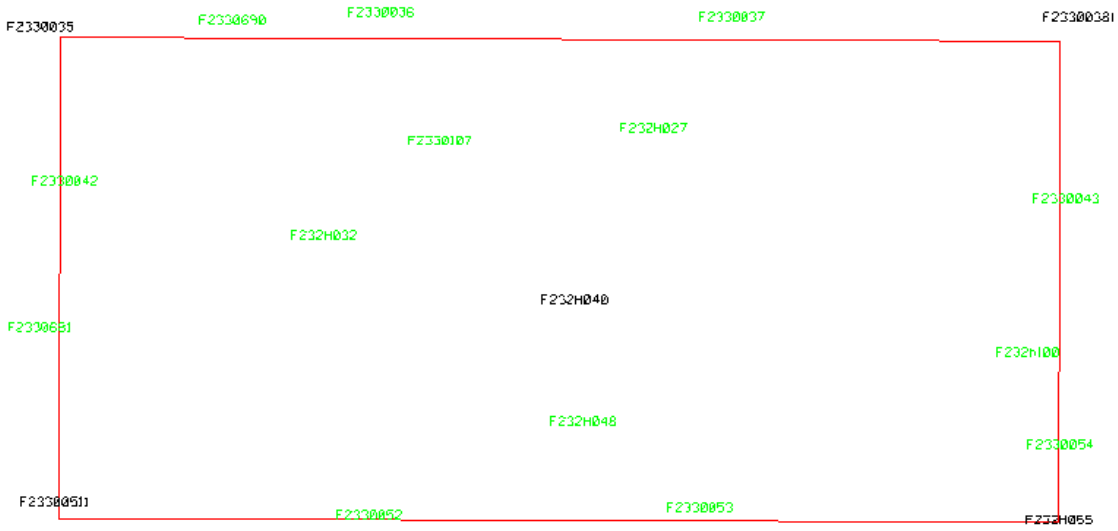

**Şekil 4.4:** Deney Düzeneği (1.1-A) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.4.** Deney Düzeneği 1.1-A'ya ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 1.1-A ( Blok 9) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.016 | 0.006 | 0.003 | 0.012 |
| RMS Check | 0.074 | 0.106 | 0.146 | 0.091 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.040 | |
| Max Ground Residual | 0.023 | 0.011 | 0.005 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.120 | |
| Mean Std Dev Object | 0.020 | 0.022 | 0.072 | |
| RMS Photo Position | 0.024 | 0.023 | 0.023 | |
| RMS Photo Attitude | 0.002 | 0.002 | 0.002 | |
| Std Dev Photo Position | 0.033 | 0.054 | 0.045 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.002 | 0.001 | 0.001 | |

| Sigma: | 1.6 um |
|---|---|

Deney düzeneklerinden class 4 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 109 (1.1-B), 14 denetleme noktası ve 5 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.5'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,9 µ'dir Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.5'de gösterilmiştir.




**Şekil 4.5:** Deney Düzeneği (1.1-B) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.5.** Deney Düzeneği 1.1-B'ya ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 1.1-B ( Blok 109) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| RMS Check | 0.062 | 0.056 | 0.145 | 0.059 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.050 | |
| Max Ground Residual | 0.001 | 0.000 | 0.000 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.150 | |
| Mean Std Dev Object | 0.021 | 0.025 | 0.082 | |
| RMS Photo Position | 0.026 | 0.029 | 0.022 | |
| RMS Photo Attitude | 0.001 | 0.001 | 0.001 | |
| Std Dev Photo Position | 0.035 | 0.056 | 0.047 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.002 | 0.001 | 0.001 | |

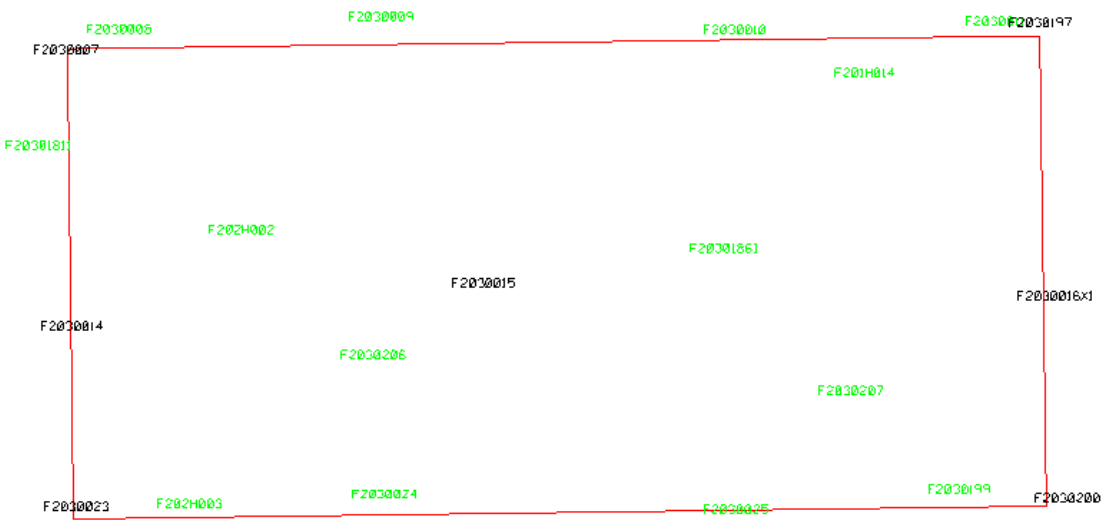
| Sigma: | 1.9 um |
|---|---|

Orman bloklarından oluşturulan deney düzeneklerinde 1.1'de, denetleme noktalarından elde edilen karesel ortalama hatalar ise Çizelge 4.6'de verilmiştir.

**Çizelge 4.6.** Deney Düzeneği 1.1'e ait karesel ortalama hatalar (K.O.H)

| **Deney Düzeneği 1.1-A** | **X** | **Y** | **Z** |
|---|---|---|---|
| K.O.H (m) | 0.076 | 0.110 | 0.151 |
| **Deney Düzeneği 1.1-B** | **X** | **Y** | **Z** |
| K.O.H (m) | 0.064 | 0.058 | 0.151 |

Deney düzeneklerinden class 5 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 9 (1.2-A), 14 denetleme noktası ve 7 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.6'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,6 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.7'de gösterilmiştir.



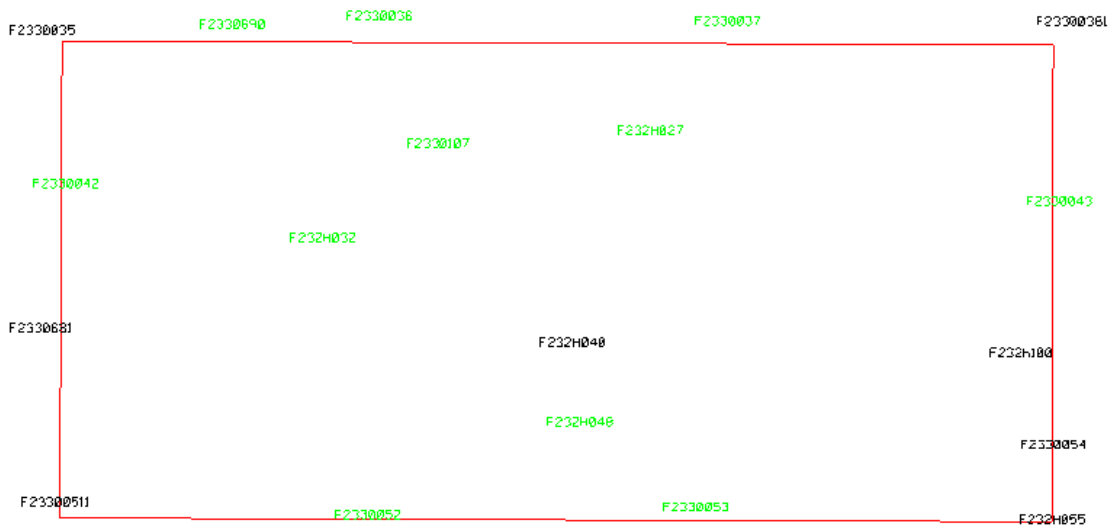

**Şekil 4.6:** Deney Düzeneği (1.2-A) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.7** Deney Düzeneği 1.2-A'ya ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 1.2-A ( Blok 9) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.016 | 0.009 | 0.005 | 0.013 |
| RMS Check | 0.086 | 0.106 | 0.132 | 0.097 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.040 | |
| Max Ground Residual | 0.025 | 0.020 | 0.009 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.120 | |
| Mean Std Dev Object | 0.019 | 0.020 | 0.067 | |
| RMS Photo Position | 0.024 | 0.023 | 0.023 | |
| RMS Photo Attitude | 0.002 | 0.002 | 0.002 | |
| Std Dev Photo Position | 0.031 | 0.052 | 0.038 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.002 | 0.001 | 0.001 | |

| Sigma: | 1.6 um |
|---|---|

Deney düzeneklerinden class 4 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 109 (1.2-B), 11 denetleme noktası ve 7 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.7'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,9 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.8'de gösterilmiştir




**Şekil 4.7.** Deney Düzeneği (1.2-B) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.8.** Deney Düzeneği 1.2-B'ya ait Dengeleme Sonuçları

| **Deney Düzeneği 1.2-B (Blok 109)** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 |
| RMS Check | 0.070 | 0.046 | 0.095 | 0.059 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.050 | |
| Max Ground Residual | 0.001 | 0.000 | 0.001 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.150 | |
| Mean Std Dev Object | 0.020 | 0.025 | 0.078 | |
| RMS Photo Position | 0.026 | 0.029 | 0.023 | |
| RMS Photo Attitude | 0.001 | 0.001 | 0.001 | |
| Std Dev Photo Position | 0.034 | 0.053 | 0.041 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.002 | 0.001 | 0.001 | |

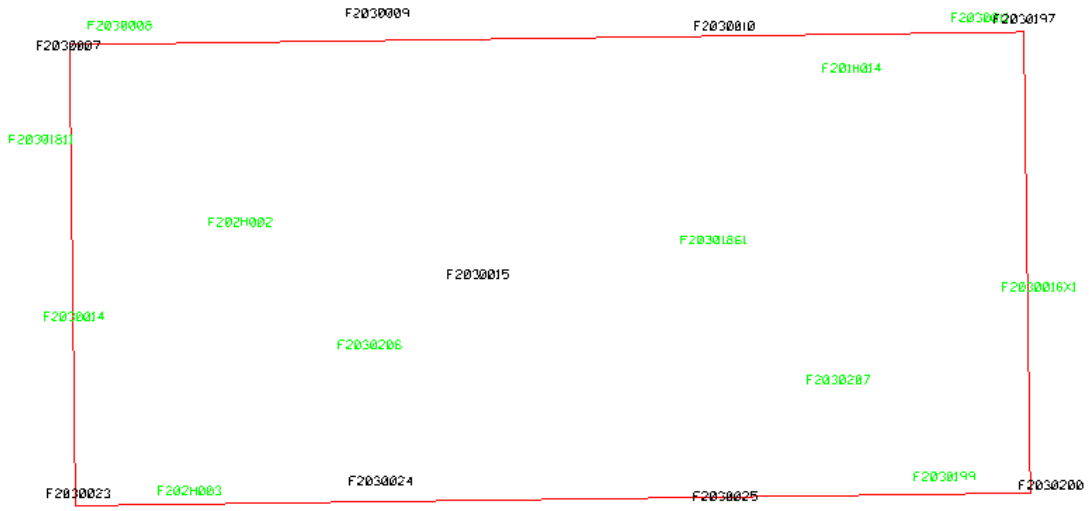
| | |
|---|---|
| Sigma: | 1.9 um |

Orman bloklarından oluşturulan deney düzeneklerinde 1.2'de, denetleme noktalarından elde edilen karesel ortalama hatalar ise Çizelge 4.9'da verilmiştir.

**Çizelge 4.9:** Deney Düzeneği 1.2'e ait karesel ortalama hatalar (K.O.H)

| **Deney Düzeneği 1.2-A** | **X** | **Y** | **Z** |
|---|---|---|---|
| K.O.H (m) | 0.089 | 0.110 | 0.137 |
| **Deney Düzeneği 1.2-B** | **X** | **Y** | **Z** |
| K.O.H (m) | 0.073 | 0.048 | 0.099 |

Deney düzeneklerinden class 5 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 9 (1.3-A), 12 denetleme noktası ve 9 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.8'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,6 μ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.10'de gösterilmiştir.



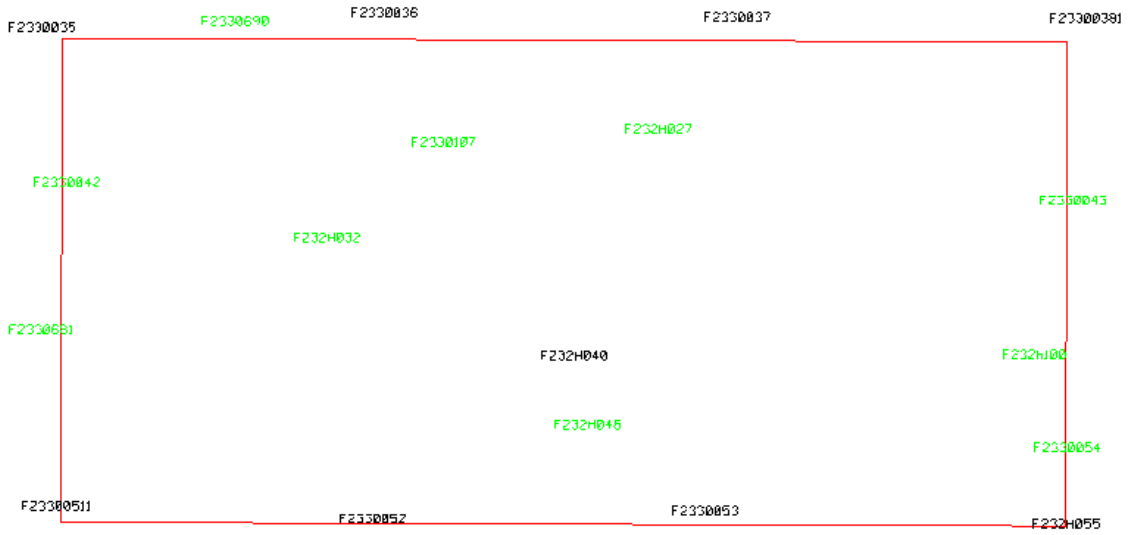

**Şekil 4.8.** Deney Düzeneği (1.3-A) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.10:** Deney Düzeneği 1.3-A'ya ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 1.3-A ( Blok 9) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.021 | 0.014 | 0.015 | 0.018 |
| RMS Check | 0.057 | 0.109 | 0.087 | 0.087 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.040 | |
| Max Ground Residual | 0.029 | 0.023 | 0.029 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.120 | |
| Mean Std Dev Object | 0.019 | 0.020 | 0.068 | |
| RMS Photo Position | 0.025 | 0.023 | 0.023 | |
| RMS Photo Attitude | 0.002 | 0.002 | 0.002 | |
| Std Dev Photo Position | 0.032 | 0.052 | 0.038 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.002 | 0.001 | 0.001 | |

| Sigma: | 1.6 um |
|---|---|

Deney düzeneklerinden class 4 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 109 (1.3-B), 10 denetleme noktası ve 9 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.9'da sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,9 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.11'de gösterilmiştir.




**Şekil 4.9.** Deney Düzeneği (1.3-B) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.11:** Deney Düzeneği 1.3-B'ye ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 1.3-B ( Blok 109) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| RMS Check | 0.049 | 0.064 | 0.164 | 0.057 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.050 | |
| Max Ground Residual | 0.001 | 0.000 | 0.001 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.150 | |
| Mean Std Dev Object | 0.019 | 0.024 | 0.079 | |
| RMS Photo Position | 0.026 | 0.029 | 0.022 | |
| RMS Photo Attitude | 0.001 | 0.001 | 0.001 | |
| Std Dev Photo Position | 0.034 | 0.054 | 0.043 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.002 | 0.001 | 0.001 | |

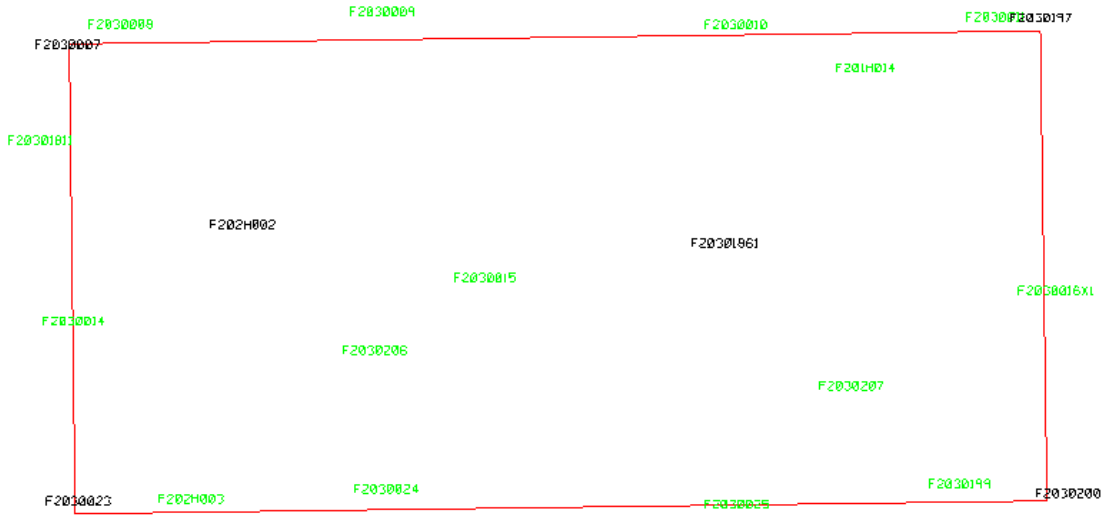
| Sigma: | 1.9 um |
|---|---|

Orman bloklarından oluşturulan deney düzeneklerinde 1.3'de, denetleme noktalarından elde edilen karesel ortalama hatalar ise Çizelge 4.12'de verilmiştir.

**Çizelge 4.12.** Deney Düzeneği 1.3'e ait karesel ortalama hatalar (K.O.H)

| **Deney Düzeneği 1.3-A** | **X** | **Y** | **Z** |
|---|---|---|---|
| K.O.H (m) | 0.059 | 0.113 | 0.090 |
| **Deney Düzeneği 1.3-B** | **X** | **Y** | **Z** |
| K.O.H (m) | 0.051 | 0.067 | 0.172 |

Deney düzeneklerinden class 5 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 9 (1.4-A), 15 denetleme noktası ve 7 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.10'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,6 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.13'de gösterilmiştir.




**Şekil 4.10.** Deney Düzeneği (1.4-A) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.13.** Deney Düzeneği 1.4-A'ya ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 1.4-A (Blok 9) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.018 | 0.007 | 0.005 | 0.014 |
| RMS Check | 0.075 | 0.102 | 0.144 | 0.089 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.040 | |
| Max Ground Residual | 0.028 | 0.010 | 0.008 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.120 | |
| Mean Std Dev Object | 0.020 | 0.021 | 0.069 | |
| RMS Photo Position | 0.024 | 0.023 | 0.023 | |
| RMS Photo Attitude | 0.002 | 0.002 | 0.002 | |
| Std Dev Photo Position | 0.032 | 0.053 | 0.041 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.002 | 0.001 | 0.001 | |

| Sigma: | 1.6 um |
|---|---|

Deney düzeneklerinden class 4sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 109 (1.4-B), 13 denetleme noktası ve 6 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.11'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,9 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.14'de gösterilmiştir.




**Şekil 4.11.** Deney Düzeneği (1.4-B) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.14.** Deney Düzeneği 1.4-B'ye ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 1.4-B (Blok 109) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| RMS Check | 0.065 | 0.051 | 0.148 | 0.059 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.050 | |
| Max Ground Residual | 0.001 | 0.000 | 0.000 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.150 | |
| Mean Std Dev Object | 0.020 | 0.025 | 0.080 | |
| RMS Photo Position | 0.026 | 0.029 | 0.022 | |
| RMS Photo Attitude | 0.001 | 0.001 | 0.001 | |
| Std Dev Photo Position | 0.034 | 0.055 | 0.046 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.002 | 0.001 | 0.001 | |

| Sigma: | 1.9 um |
|---|---|

Orman bloklarından oluşturulan deney düzeneklerinde 1.4'de, denetleme noktalarından elde edilen karesel ortalama hatalar ise Çizelge 4.15'de verilmiştir.

**Çizelge 4.15.** Deney Düzeneği 1.4'e ait karesel ortalama hatalar (K.O.H)

| **Deney Düzeneği 1.4-A** | **X** | **Y** | **Z** |
|---|---|---|---|
| K.O.H (m) | 0.078 | 0.105 | 0.148 |
| **Deney Düzeneği 1.4-B** | **X** | **Y** | **Z** |
| K.O.H (m) | 0.068 | 0.053 | 0.154 |

Deney düzeneklerinden class 5 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 9 (1.5-A), 7 denetleme noktası ve 12 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.12'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,6 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.16'da gösterilmiştir.




**Şekil 4.12.** Deney Düzeneği (1.5-A) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.16.** Deney Düzeneği 1.5-A'ya ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 1.5-A (Blok 9) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.022 | 0.027 | 0.012 | 0.025 |
| RMS Check | 0.069 | 0.076 | 0.086 | 0.072 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.040 | |
| Max Ground Residual | 0.044 | 0.070 | 0.027 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.120 | |
| Mean Std Dev Object | 0.018 | 0.019 | 0.064 | |
| RMS Photo Position | 0.024 | 0.023 | 0.022 | |
| RMS Photo Attitude | 0.002 | 0.001 | 0.002 | |
| Std Dev Photo Position | 0.031 | 0.050 | 0.032 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.002 | 0.001 | 0.001 | |

| Sigma: | 1.6 um |
|---|---|

Deney düzeneklerinden class 4 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 109 (1.5-B), 9 denetleme noktası ve 12 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.13'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,6 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.17'de gösterilmiştir.




**Şekil 4.13.** Deney Düzeneği (1.5-B) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.17.** Deney Düzeneği 1.5-B'e ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 1.5-B (Blok 109) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| RMS Check | 0.047 | 0.051 | 0.124 | 0.049 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.050 | |
| Max Ground Residual | 0.001 | 0.001 | 0.001 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.150 | |
| Mean Std Dev Object | 0.019 | 0.024 | 0.075 | |
| RMS Photo Position | 0.026 | 0.029 | 0.023 | |
| RMS Photo Attitude | 0.001 | 0.001 | 0.001 | |
| Std Dev Photo Position | 0.033 | 0.051 | 0.036 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.002 | 0.001 | 0.001 | |

| Sigma: | 1.9 um |
|---|---|

Orman bloklarından oluşturulan deney düzeneklerinde 1.5'de, denetleme noktalarından elde edilen, karesel ortalama hatalar Çizelge 4.18'de verilmiştir.

**Çizelge 4.18.** Deney Düzeneği 1.5'e ait karesel ortalama hatalar (K.O.H)

| **Deney Düzeneği 1.5-A** | **X** | **Y** | **Z** |
|---|---|---|---|
| K.O.H (m) | 0.072 | 0.080 | 0.091 |
| **Deney Düzeneği 1.5-B** | **X** | **Y** | **Z** |
| K.O.H (m) | 0.050 | 0.055 | 0.132 |

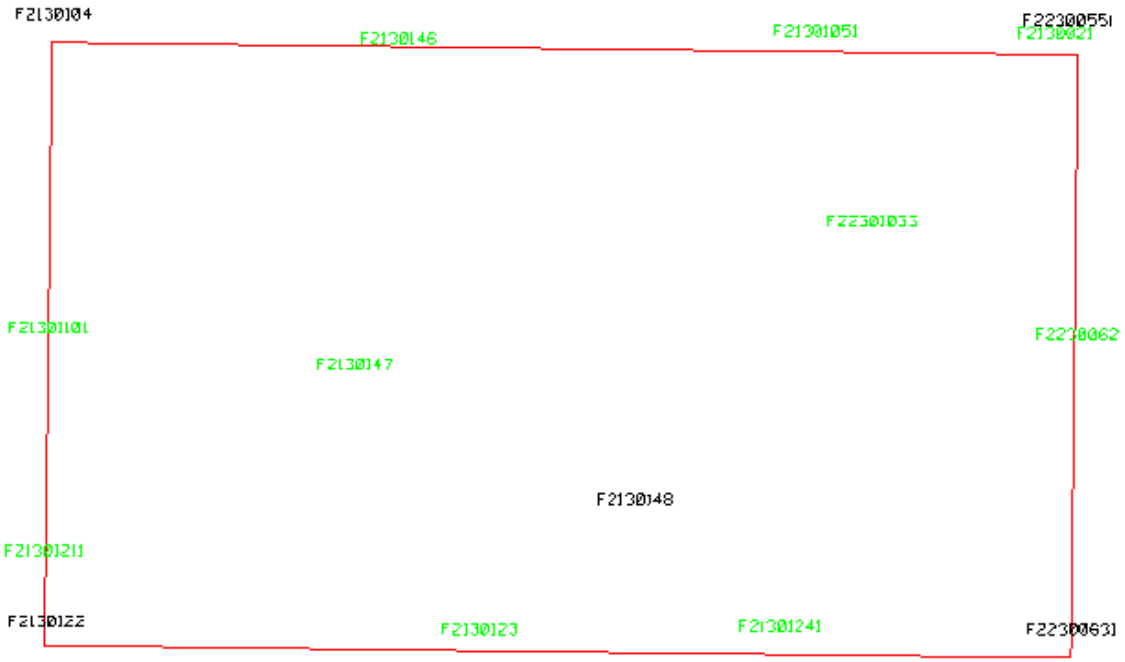
Deney düzeneği 1 grubuna ait dengeleme sonunda, denetleme noktalarına ait maksimum,mininmum ve mutlak ortalama hatalar Çizelge 4.19'da verilmiştir.

**Çizelge 4.19.** Deney Düzeneği 1'e ait Denetleme Noktalarındaki Maksimum,Minimum ve Mutlak Ortalama Farklar

| Deney Düzeneği | Maksimum (m) | | | Minimum(m) | | | Mutlak Ortalama(m) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X | Y | Z | X | Y | Z | X | Y | Z |
| **1.1-A** | 0.15 | 0.29 | 0.31 | -0.15 | -0.06 | -0.23 | 0.06 | 0.08 | 0.12 |
| **1.2-A** | 0.15 | 0.29 | 0.26 | -0.15 | -0.09 | -0.23 | 0.08 | 0.07 | 0.11 |
| **1.3-A** | 0.11 | 0.27 | 0.19 | -0.07 | -0.07 | -0.07 | 0.05 | 0.08 | 0.07 |
| **1.4-A** | 0.17 | 0.27 | 0.30 | -0.09 | -0.08 | -0.11 | 0.06 | 0.07 | 0.12 |
| **1.5-A** | 0.13 | 0.19 | 0.17 | -0.09 | -0.08 | -0.03 | 0.06 | 0.06 | 0.07 |
| | | | | | | | | | |
| **Deney Düzeneği** | **Maksimum (m)** | | | **Minimum(m)** | | | **Mutlak Ortalama(m)** | | |
| | **X** | **Y** | **Z** | **X** | **Y** | **Z** | **X** | **Y** | **Z** |
| **1.1-B** | 0.11 | 0.11 | 0.33 | -0.11 | -0.11 | -0.21 | 0.05 | 0.05 | 0.12 |
| **1.2-B** | 0.13 | 0.09 | 0.19 | -0.09 | -0.09 | -0.20 | 0.06 | 0.04 | 0.08 |
| **1.3-B** | 0.09 | 0.13 | 0.38 | -0.09 | -0.13 | -0.18 | 0.04 | 0.06 | 0.13 |
| **1.4-B** | 0.12 | 0.10 | 0.34 | -0.11 | -0.10 | -0.09 | 0.05 | 0.04 | 0.12 |
| **1.5-B** | 0.10 | 0.08 | 0.26 | -0.06 | -0.08 | -0.13 | 0.03 | 0.04 | 0.09 |

### 4.1.2. Meskun Blokları

Meskun blokların dengelenmesinde 12 parametreli self-calibration uygulanmış ve belirlenen jeodezik yaklaşım staratejisiyle fotogrametrik nirengi dengelemesi yapılmıştır. Deney düzeneklerinden class 5 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 73 (2.1-A), 10 denetleme noktası ve 5 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.14'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,3 μ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.20'de gösterilmiştir.




**Şekil 4.14.** Deney Düzeneği (2.1-A) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.20.** Deney Düzeneği 2.1-A'ya ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 2.1-A (Blok 73) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.001 |
| RMS Check | 0.020 | 0.024 | 0.094 | 0.022 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.040 | |
| Max Ground Residual | 0.000 | 0.001 | 0.001 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.120 | |
| Mean Std Dev Object | 0.016 | 0.017 | 0.059 | |
| RMS Photo Position | 1.109 | 1.054 | 0.950 | |
| RMS Photo Attitude | 0.005 | 0.007 | 0.006 | |
| Std Dev Photo Position | 0.026 | 0.039 | 0.033 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.001 | 0.001 | 0.000 | |

| Sigma: | 1.3 um |
|---|---|

Deney düzeneklerinden class 4 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 86 (2.1-B), 17 denetleme noktası ve 5 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.15'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,4 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.21'de gösterilmiştir.




**Şekil 4.15.** Deney Düzeneği (2.1-B) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.21.** Deney Düzeneği 2.1-B'ye ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 2.1-B (Blok 86) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.002 |
| RMS Check | 0.053 | 0.044 | 0.170 | 0.049 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.050 | |
| Max Ground Residual | 0.004 | 0.001 | 0.002 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.150 | |
| Mean Std Dev Object | 0.017 | 0.020 | 0.062 | |
| RMS Photo Position | 0.406 | 0.502 | 0.286 | |
| RMS Photo Attitude | 0.007 | 0.007 | 0.008 | |
| Std Dev Photo Position | 0.028 | 0.043 | 0.034 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.002 | 0.001 | 0.000 | |

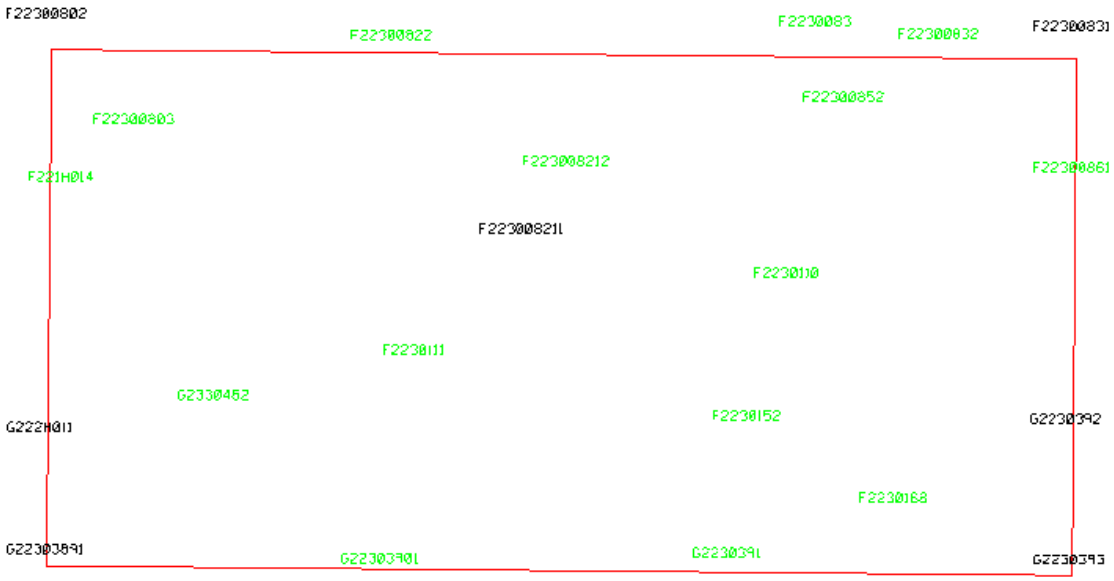
| Sigma: | 1.4 um |
|---|---|

Meskun bloklardan oluşturulan deney düzeneklerinde 2.1'de, denetleme noktalarından elde edilen, karesel ortalama hatalar Çizelge 4.22'de verilmiştir.

**Çizelge 4.22.** Deney Düzeneği 2.1'e ait karesel ortalama hatalar (K.O.H)

| **Deney Düzeneği 2.1-A** | **X** | **Y** | **Z** |
|---|---|---|---|
| K.O.H (m) | 0.020 | 0.025 | 0.099 |
| **Deney Düzeneği 2.1-B** | **X** | **Y** | **Z** |
| K.O.H (m) | 0.054 | 0.045 | 0.174 |

Deney düzeneklerinden class 5 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 73 (2.2-A), 15 denetleme noktası ve 7 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.16'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,3 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.23'de gösterilmiştir.



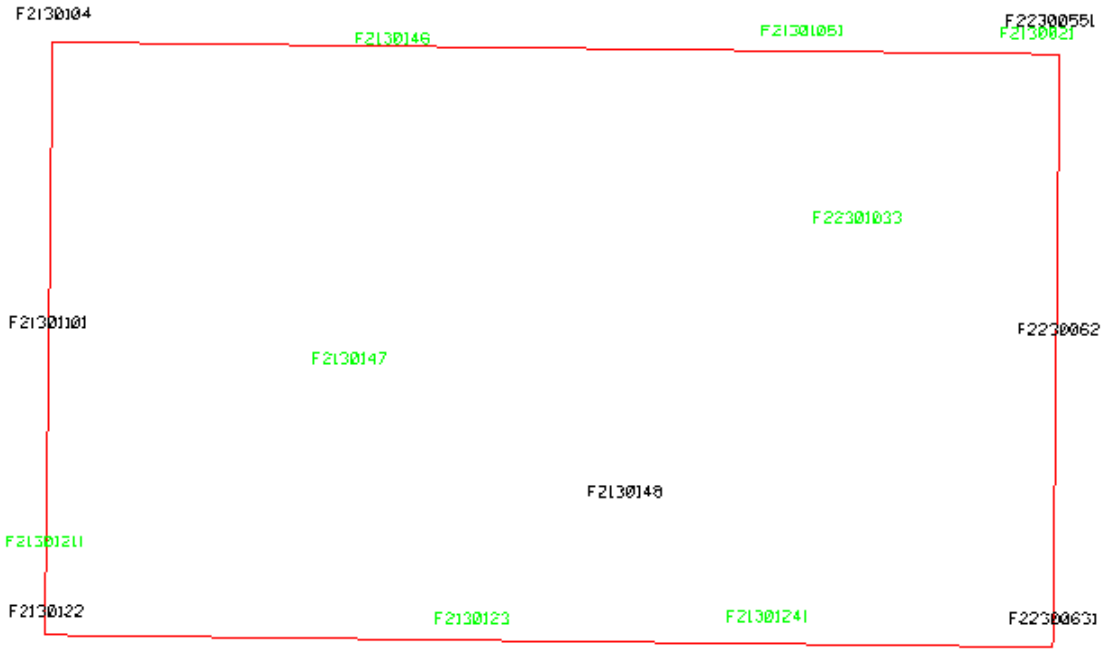

**Şekil 4.16.** Deney Düzeneği (2.2-A) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.23.** Deney Düzeneği 2.2-A'ya ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 2.2-A (Blok 73) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 |
| RMS Check | 0.023 | 0.027 | 0.150 | 0.025 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.040 | |
| Max Ground Residual | 0.000 | 0.001 | 0.001 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.120 | |
| Mean Std Dev Object | 0.016 | 0.017 | 0.062 | |
| RMS Photo Position | 1.086 | 1.013 | 0.877 | |
| RMS Photo Attitude | 0.006 | 0.007 | 0.006 | |
| Std Dev Photo Position | 0.026 | 0.040 | 0.034 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.001 | 0.001 | 0.000 | |

| Sigma: | 1.3 um |
|---|---|

Deney düzeneklerinden class 4 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 86 (2.2-B), 8 denetleme noktası ve 7 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.17'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,4 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.24'de gösterilmiştir.




**Şekil 4.17.** Deney Düzeneği (2.2-B) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.24.** Deney Düzeneği 2.2-B'ye ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 2.2-B (Blok 86) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.010 | 0.004 | 0.006 | 0.008 |
| RMS Check | 0.049 | 0.041 | 0.143 | 0.045 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.050 | |
| Max Ground Residual | 0.015 | 0.007 | 0.010 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.150 | |
| Mean Std Dev Object | 0.016 | 0.020 | 0.060 | |
| RMS Photo Position | 0.386 | 0.495 | 0.262 | |
| RMS Photo Attitude | 0.006 | 0.007 | 0.008 | |
| Std Dev Photo Position | 0.027 | 0.042 | 0.031 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.002 | 0.001 | 0.000 | |

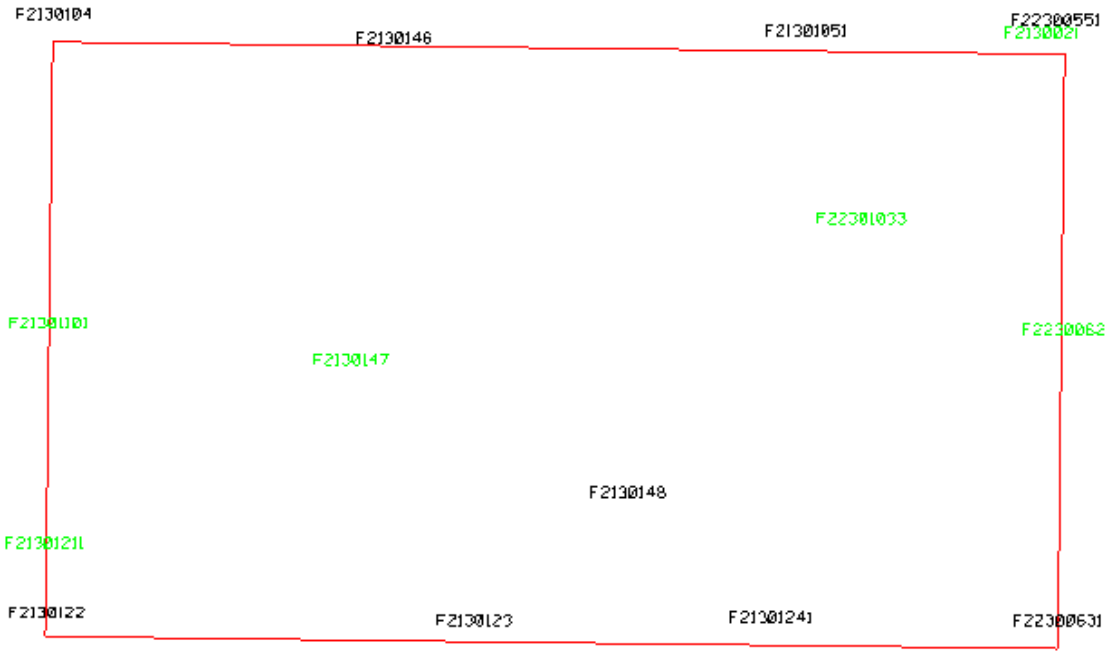
| Sigma: | 1.4 um |
|---|---|

Meskun bloklardan oluşturulan deney düzeneklerinde 2.2'de, denetleme noktalarından elde edilen, karesel ortalama hatalar Çizelge 4.25'de verilmiştir.

**Çizelge 4.25.** Deney Düzeneği 2.2'ye ait karesel ortalama hatalar (K.O.H)

| **Deney Düzeneği 2.2-A** | **X** | **Y** | **Z** |
|---|---|---|---|
| K.O.H (m) | 0.024 | 0.029 | 0.159 |
| **Deney Düzeneği 2.2-B** | **X** | **Y** | **Z** |
| K.O.H (m) | 0.051 | 0.042 | 0.147 |

Deney düzeneklerinden class 5 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 73 (2.3-A), 6 denetleme noktası ve 9 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.18'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,3 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.26'da gösterilmiştir.



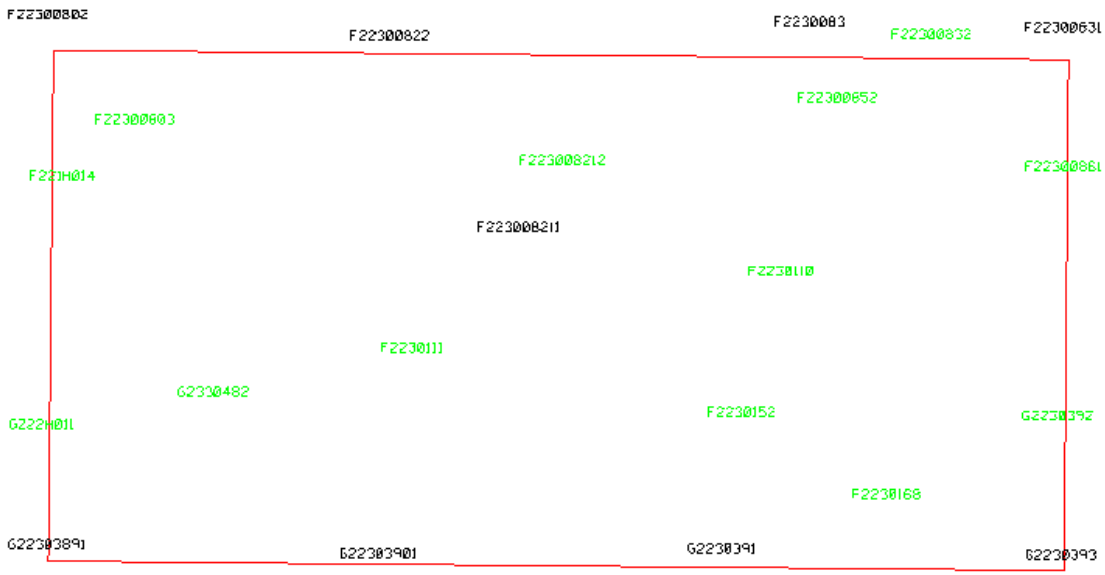

**Şekil 4.18.** Deney Düzeneği (2.3-A) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.26.** Deney Düzeneği 2.3-A'ya ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 2.3-A (Blok 73) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.000 | 0.001 | 0.003 | 0.000 |
| RMS Check | 0.019 | 0.035 | 0.086 | 0.028 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.040 | |
| Max Ground Residual | 0.001 | 0.001 | 0.006 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.120 | |
| Mean Std Dev Object | 0.015 | 0.016 | 0.055 | |
| RMS Photo Position | 1.104 | 1.043 | 0.945 | |
| RMS Photo Attitude | 0.005 | 0.007 | 0.006 | |
| Std Dev Photo Position | 0.024 | 0.038 | 0.026 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.001 | 0.001 | 0.000 | |

| Sigma: | 1.3 um |
|---|---|

Deney düzeneklerinden class 4 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 86 (2.3-B), 13 denetleme noktası ve 9 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.19'da sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,4 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.27'de gösterilmiştir.




**Şekil 4.19:** Deney Düzeneği (2.3-B) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.27.** Deney Düzeneği 2.3-B'ye ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 2.3-B (Blok 86) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.007 | 0.008 | 0.004 | 0.008 |
| RMS Check | 0.064 | 0.032 | 0.123 | 0.050 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.050 | |
| Max Ground Residual | 0.014 | 0.016 | 0.007 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.150 | |
| Mean Std Dev Object | 0.016 | 0.020 | 0.060 | |
| RMS Photo Position | 0.420 | 0.524 | 0.236 | |
| RMS Photo Attitude | 0.006 | 0.007 | 0.008 | |
| Std Dev Photo Position | 0.027 | 0.041 | 0.030 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.002 | 0.001 | 0.000 | |

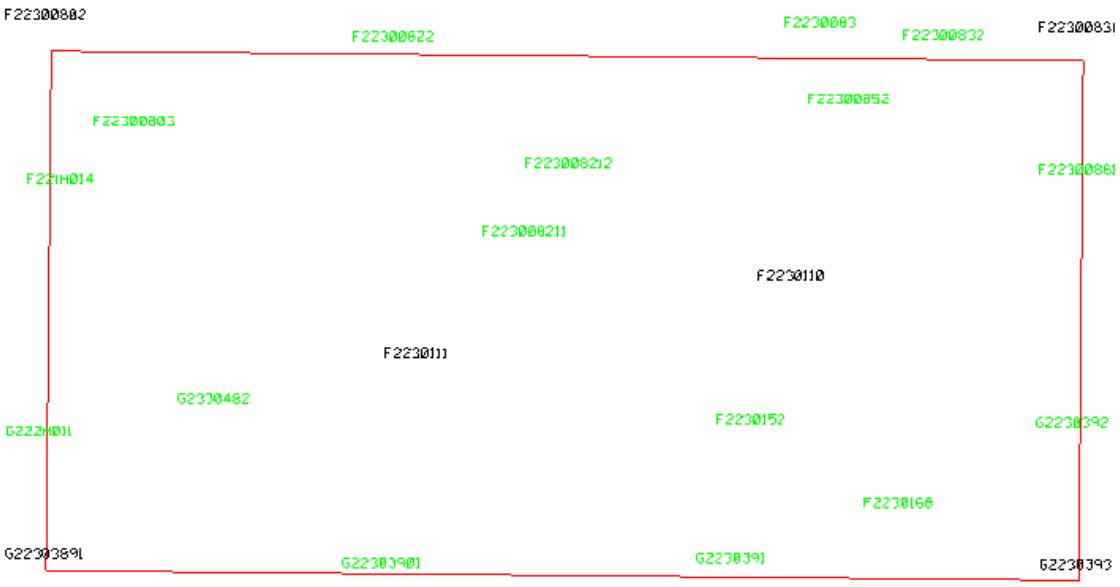
| Sigma: | 1.4 um |
|---|---|

Meskun bloklardan oluşturulan deney düzeneklerinde 2.3'de, denetleme noktalarından elde edilen, karesel ortalama hatalar Çizelge 4.28'de verilmiştir.

**Çizelge 4.28.** Deney Düzeneği 2.3'e ait karesel ortalama hatalar (K.O.H)

| **Deney Düzeneği 2.3-A** | **X** | **Y** | **Z** |
|---|---|---|---|
| K.O.H (m) | 0.020 | 0.033 | 0.081 |
| **Deney Düzeneği 2.3-B** | X | Y | Z |
| K.O.H (m) | 0.066 | 0.033 | 0.127 |

Deney düzeneklerinden class 5 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 73 (2.4-A), 16 denetleme noktası ve 6 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.20'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,3 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.29'da gösterilmiştir.



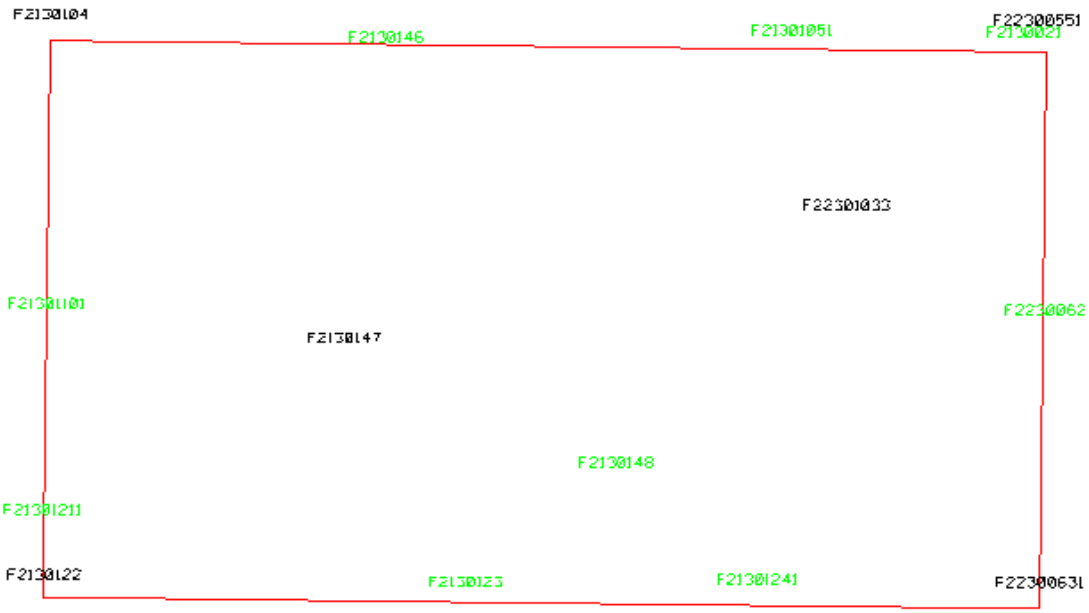

**Şekil 4.20.** Deney Düzeneği (2.4-A) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.29.** Deney Düzeneği 2.4-A'ya ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 2.4-A (Blok 73) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| RMS Check | 0.021 | 0.018 | 0.139 | 0.020 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.040 | |
| Max Ground Residual | 0.000 | 0.000 | 0.001 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.120 | |
| Mean Std Dev Object | 0.017 | 0.019 | 0.062 | |
| RMS Photo Position | 1.093 | 1.034 | 0.872 | |
| RMS Photo Attitude | 0.006 | 0.007 | 0.006 | |
| Std Dev Photo Position | 0.026 | 0.042 | 0.035 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.001 | 0.001 | 0.000 | |

| Sigma: | 1.3 um |
|---|---|

Deney düzeneklerinden class 4 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 86 (2.4-B), 9 denetleme noktası ve 6 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.21'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,4 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.30'da gösterilmiştir.




**Şekil 4.21.** Deney Düzeneği (2.4-B) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.30.** Deney Düzeneği 2.4-B'ye ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 2.4-B (Blok 86) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.006 | 0.002 | 0.004 | 0.004 |
| RMS Check | 0.050 | 0.041 | 0.104 | 0.046 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.050 | |
| Max Ground Residual | 0.009 | 0.002 | 0.007 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.150 | |
| Mean Std Dev Object | 0.017 | 0.021 | 0.066 | |
| RMS Photo Position | 0.396 | 0.520 | 0.238 | |
| RMS Photo Attitude | 0.006 | 0.007 | 0.008 | |
| Std Dev Photo Position | 0.028 | 0.045 | 0.039 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.002 | 0.001 | 0.000 | |

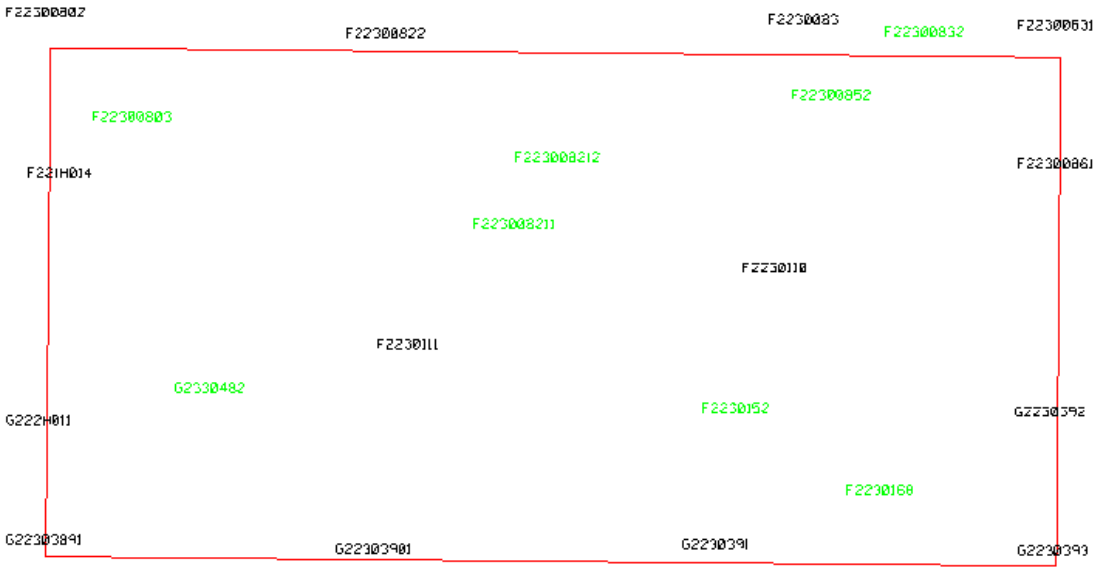
| Sigma: | 1.4 um |
|---|---|

Meskun bloklardan oluşturulan deney düzeneklerinde 2.4'de, denetleme noktalarından elde edilen, karesel ortalama hatalar Çizelge 4.31'de verilmiştir.

**Çizelge 4.31.** Deney Düzeneği 2.4'e ait karesel ortalama hatalar (K.O.H)

| **Deney Düzeneği 2.4-A** | **X** | **Y** | **Z** |
|---|---|---|---|
| K.O.H (m) | 0.022 | 0.019 | 0.147 |
| **Deney Düzeneği 2.4-B** | **X** | **Y** | **Z** |
| K.O.H (m) | 0.031 | 0.037 | 0.091 |

Deney düzeneklerinden class 5 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 73 (2.5-A), 8 denetleme noktası ve 14 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.22'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,3 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.32'de gösterilmiştir.



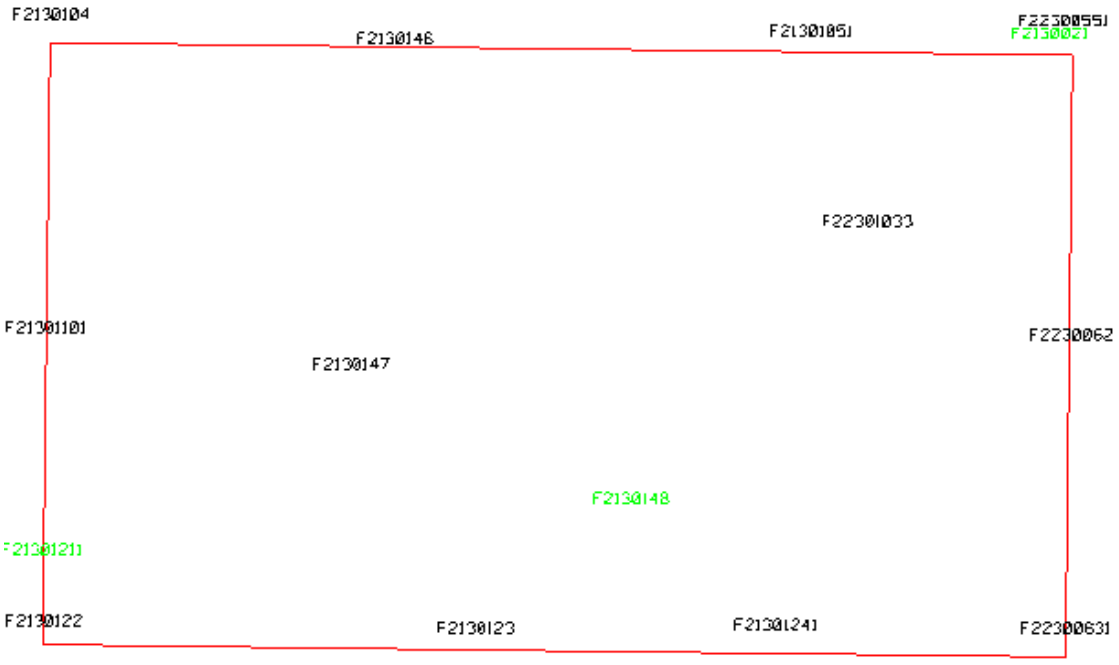

**Şekil 4.22.** Deney Düzeneği (2.5-A) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.32.** Deney Düzeneği 2.5-A'ya ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 2.5-A (Blok 73) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.000 | 0.001 | 0.003 | 0.001 |
| RMS Check | 0.024 | 0.020 | 0.022 | 0.022 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.040 | |
| Max Ground Residual | 0.001 | 0.002 | 0.007 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.120 | |
| Mean Std Dev Object | 0.015 | 0.016 | 0.052 | |
| RMS Photo Position | 1.095 | 1.064 | 0.920 | |
| RMS Photo Attitude | 0.004 | 0.007 | 0.006 | |
| Std Dev Photo Position | 0.023 | 0.035 | 0.021 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.001 | 0.001 | 0.000 | |

| Sigma: | 1.3 um |
|---|---|

Deney düzeneklerinden class 4 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 86(2.5-A), 3 denetleme noktası ve 12 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.23'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,4 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.33'de gösterilmiştir.




**Şekil 4.23.** Deney Düzeneği (2.5-B) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.33.** Deney Düzeneği 2.5-B'ye ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 2.5-B (Blok 86) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.013 | 0.009 | 0.006 | 0.011 |
| RMS Check | 0.031 | 0.037 | 0.091 | 0.034 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.050 | |
| Max Ground Residual | 0.024 | 0.016 | 0.013 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.150 | |
| Mean Std Dev Object | 0.015 | 0.019 | 0.058 | |
| RMS Photo Position | 0.395 | 0.535 | 0.199 | |
| RMS Photo Attitude | 0.005 | 0.007 | 0.008 | |
| Std Dev Photo Position | 0.026 | 0.040 | 0.026 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.002 | 0.001 | 0.000 | |

| Sigma: | 1.4 um |
|---|---|

Meskun bloklardan oluşturulan deney düzeneklerinde 2.5'de, denetleme noktalarından elde edilen, karesel ortalama hatalar Çizelge 4.34'de verilmiştir.

**Çizelge 4.34.** Deney Düzeneği 2.5'e ait karesel ortalama hatalar (K.O.H)

| **Deney Düzeneği 2.5-A** | **X** | **Y** | **Z** |
|---|---|---|---|
| K.O.H (m) | 0.027 | 0.023 | 0.025 |
| **Deney Düzeneği 2.5-B** | **X** | **Y** | **Z** |
| K.O.H (m) | 0.033 | 0.039 | 0.096 |

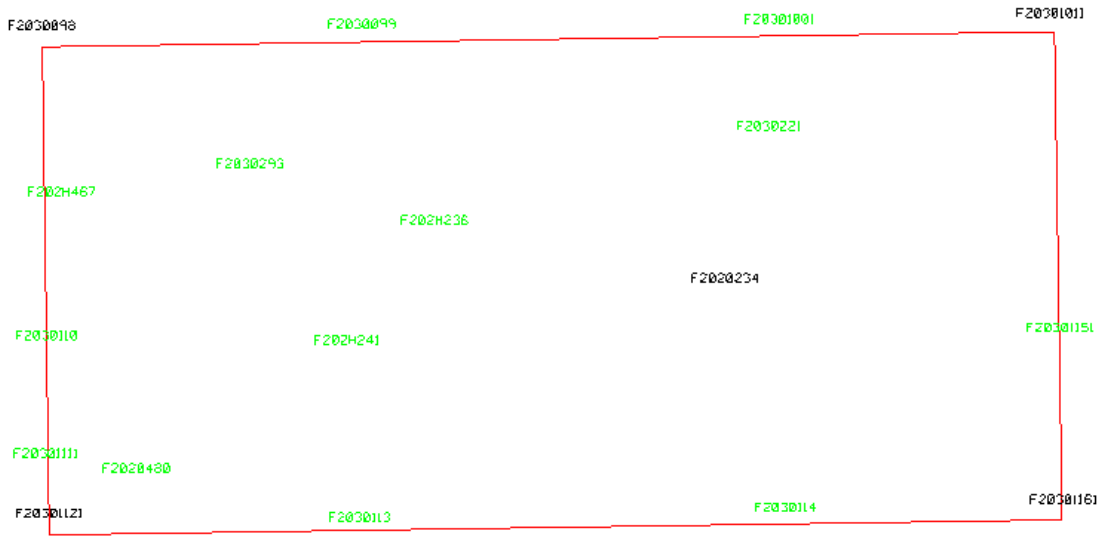
Deney düzeneği 2 grubuna ait dengeleme sonunda, denetleme noktalarına ait maksimum,minimum ve mutlak ortalama hatalar Çizelge 4.35'de verilmiştir.

**Çizelge 4.35.** Deney Düzeneği 2'ye ait Denetleme Noktalarındaki Maksimum,Minimum ve Mutlak Ortalama Farklar

| Deney Düzeneği | Maksimum (m) | | | Minimum (m) | | | Mutlak Ortalama (m) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X | Y | Z | X | Y | Z | X | Y | Z |
| **2.1-A** | 0.03 | 0.07 | 0.23 | -0.03 | -0.01 | -0.10 | 0.02 | 0.01 | 0.07 |
| **2.2-A** | 0.03 | 0.07 | 0.32 | -0.02 | 0.00 | -0.11 | 0.02 | 0.02 | 0.10 |
| **2.3-A** | 0.04 | 0.08 | 0.19 | -0.02 | -0.01 | -0.04 | 0.02 | 0.02 | 0.06 |
| **2.4-A** | 0.04 | 0.04 | 0.32 | -0.04 | -0.12 | 0.04 | 0.02 | 0.01 | 0.09 |
| **2.5-A** | 0.04 | 0.03 | 0.04 | -0.03 | -0.03 | -0.04 | 0.02 | 0.01 | 0.02 |
| | | | | | | | | | |
| **Deney Düzeneği** | **Maksimum (m)** | | | **Minimum (m)** | | | **Mutlak Ortalama (m)** | | |
| | **X** | **Y** | **Z** | **X** | **Y** | **Z** | **X** | **Y** | **Z** |
| **2.1-B** | 0.12 | 0.08 | 0.32 | -0.08 | -0.08 | 0.01 | 0.04 | 0.04 | 0.15 |
| **2.2-B** | 0.10 | 0.08 | 0.22 | -0.09 | -0.08 | -0.01 | 0.04 | 0.03 | 0.12 |
| **2.3-B** | 0.14 | 0.06 | 0.21 | -0.05 | -0.06 | -0.10 | 0.05 | 0.03 | 0.11 |
| **2.4-B** | 0.06 | 0.07 | 0.16 | -0.06 | -0.07 | -0.16 | 0.03 | 0.03 | 0.08 |
| **2.5-B** | 0.06 | 0.07 | 0.16 | -0.06 | -0.07 | -0.016 | 0.03 | 0.03 | 0.08 |

### 4.1.3. Tarım Blokları

Tarım blokların dengelenmesinde 12 parametreli self-calibration uygulanmış ve belirlenen jeodezik yaklaşım staratejisiyle fotogrametrik nirengi dengelemesi yapılmıştır. Deney düzeneklerinden class 5 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 33 (3.1-A), 13 denetleme noktası ve 5 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.24'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,3 μ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.36'da gösterilmiştir.



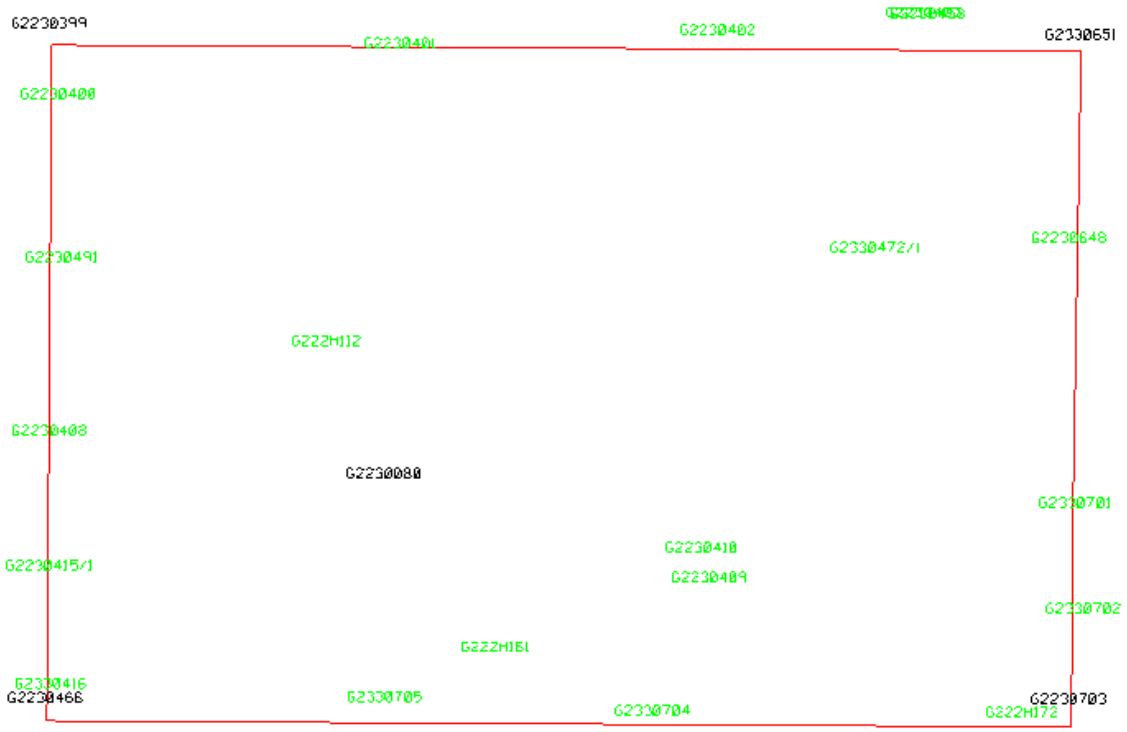

**Şekil 4.24.** Deney Düzeneği (3.1-A) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.36.** Deney Düzeneği 3.1-A'ya ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 3.1-A (Blok 33) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.005 | 0.001 | 0.001 | 0.004 |
| RMS Check | 0.027 | 0.030 | 0.051 | 0.029 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.040 | |
| Max Ground Residual | 0.008 | 0.002 | 0.002 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.120 | |
| Mean Std Dev Object | 0.016 | 0.016 | 0.051 | |
| RMS Photo Position | 0.614 | 0.267 | 0.652 | |
| RMS Photo Attitude | 0.003 | 0.005 | 0.008 | |
| Std Dev Photo Position | 0.025 | 0.041 | 0.027 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.001 | 0.001 | 0.000 | |

| Sigma: | 1.3 um |
|---|---|

Deney düzeneklerinden class 4 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 103 (3.1-B), 20 denetleme noktası ve 5 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.25'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,5 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.37'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.25.** Deney Düzeneği (3.1-B) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.37.** Deney Düzeneği 3.1-B'ye ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 3.1-B (Blok 103) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.014 | 0.011 | 0.012 | 0.013 |
| RMS Check | 0.039 | 0.040 | 0.152 | 0.039 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.050 | |
| Max Ground Residual | 0.028 | 0.021 | 0.023 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.150 | |
| Mean Std Dev Object | 0.016 | 0.018 | 0.054 | |
| RMS Photo Position | 0.558 | 0.637 | 0.228 | |
| RMS Photo Attitude | 0.008 | 0.008 | 0.008 | |
| Std Dev Photo Position | 0.027 | 0.035 | 0.033 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.001 | 0.001 | 0.000 | |

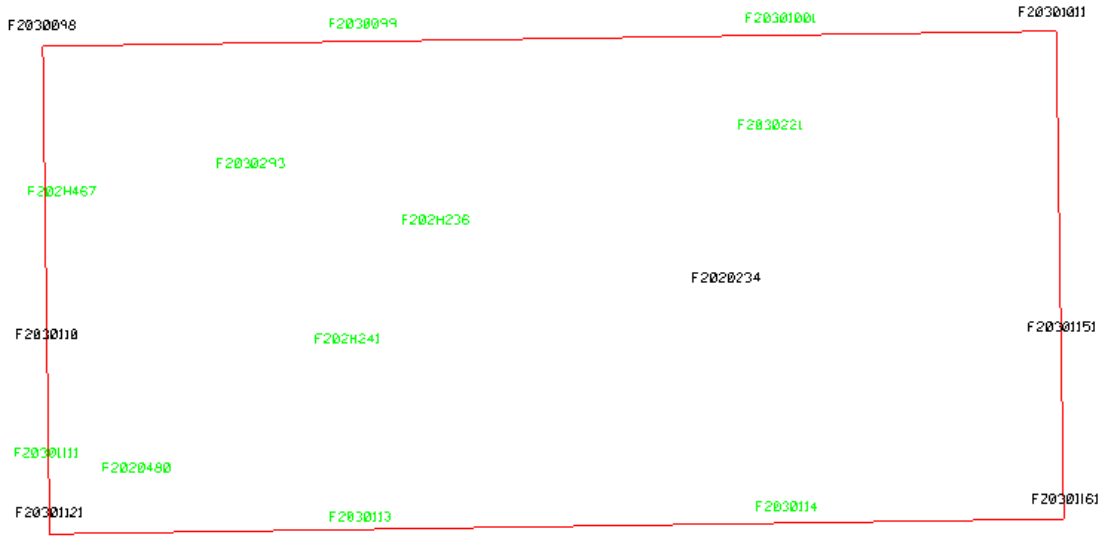
| Sigma: | 1.5 um |
|---|---|

Tarım bloklarından oluşturulan deney düzeneklerinde 3.1'de, denetleme noktalarından elde edilen, karesel ortalama hatalar Çizelge 4.38'de verilmiştir.

**Çizelge 4.38.** Deney Düzeneği 3.1'e ait karesel ortalama hatalar (K.O.H)

| **Deney Düzeneği 3.1-A** | **X** | **Y** | **Z** |
|---|---|---|---|
| K.O.H (m) | 0.027 | 0.023 | 0.025 |
| **Deney Düzeneği 3.1-B** | **X** | **Y** | **Z** |
| K.O.H (m) | 0.033 | 0.039 | 0.096 |

Deney düzeneklerinden class 5 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 33 (3.2-A), 11 denetleme noktası ve 7 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.26'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,3 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.39'de gösterilmiştir.



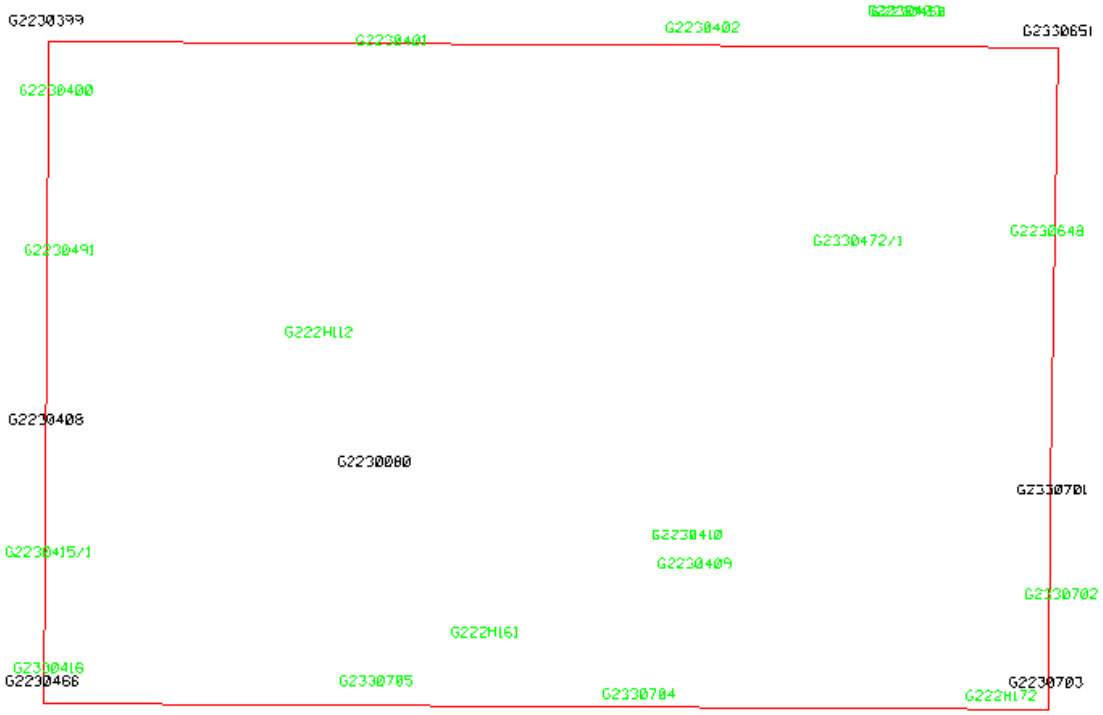

**Şekil 4.26.** Deney Düzeneği (3.2-A) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.39.** Deney Düzeneği 3.2-A'ye ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 3.2-A (Blok 33) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.013 | 0.010 | 0.009 | 0.012 |
| RMS Check | 0.043 | 0.043 | 0.135 | 0.043 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.050 | |
| Max Ground Residual | 0.022 | 0.017 | 0.013 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.150 | |
| Mean Std Dev Object | 0.016 | 0.017 | 0.053 | |
| RMS Photo Position | 0.547 | 0.635 | 0.224 | |
| RMS Photo Attitude | 0.008 | 0.008 | 0.008 | |
| Std Dev Photo Position | 0.026 | 0.034 | 0.031 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.001 | 0.001 | 0.000 | |

| Sigma: | 1.5 um |
|---|---|

Deney düzeneklerinden class 4 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 33 (3.2-B), 18 denetleme noktası ve 7 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.27'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,5 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.40'de gösterilmiştir.




**Şekil 4.27.** Deney Düzeneği (3.2-B) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.40.** Deney Düzeneği 3.2-B'ye ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 3.2 -B (Blok 103) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.013 | 0.010 | 0.009 | 0.012 |
| RMS Check | 0.043 | 0.043 | 0.135 | 0.043 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.050 | |
| Max Ground Residual | 0.022 | 0.017 | 0.013 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.150 | |
| Mean Std Dev Object | 0.016 | 0.017 | 0.053 | |
| RMS Photo Position | 0.547 | 0.635 | 0.224 | |
| RMS Photo Attitude | 0.008 | 0.008 | 0.008 | |
| Std Dev Photo Position | 0.026 | 0.034 | 0.031 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.001 | 0.001 | 0.000 | |

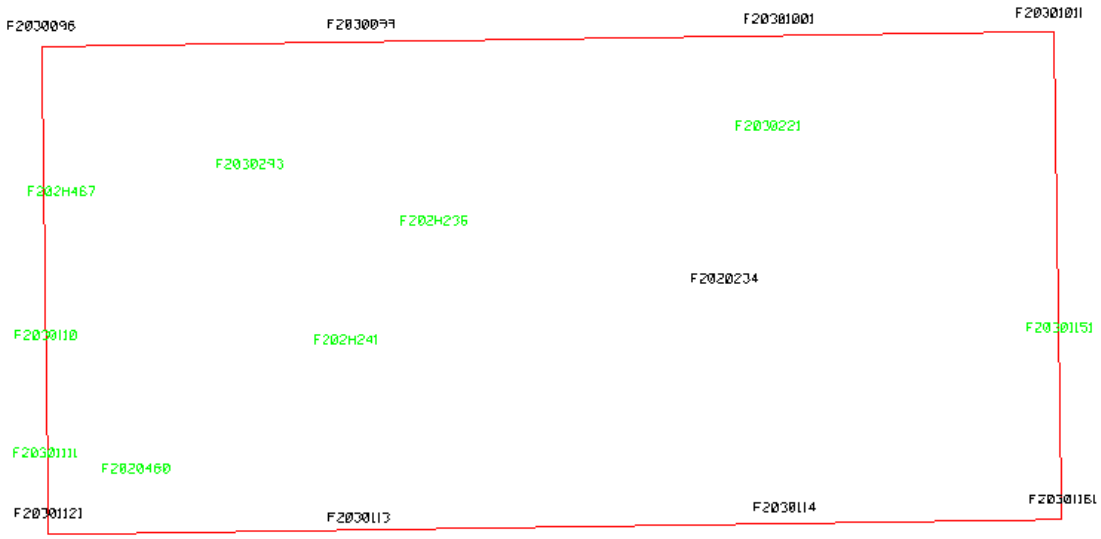
| Sigma: | 1.5 um |
|---|---|

Tarım bloklarından oluşturulan deney düzeneklerinde 3.2'de, denetleme noktalarından elde edilen, karesel ortalama hatalar Çizelge 4.41'de verilmiştir.

**Çizelge 4.41.** Deney Düzeneği 3.2'e ait karesel ortalama hatalar (K.O.H)

| **Deney Düzeneği 3.2-A** | **X** | **Y** | **Z** |
|---|---|---|---|
| K.O.H (m) | 0.027 | 0.019 | 0.057 |
| **Deney Düzeneği 3.2-B** | **X** | **Y** | **Z** |
| K.O.H (m) | 0.041 | 0.038 | 0.095 |

Deney düzeneklerinden class 5 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 33 (3.3-A), 9 denetleme noktası ve 9 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.28'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,3 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.42'de gösterilmiştir.



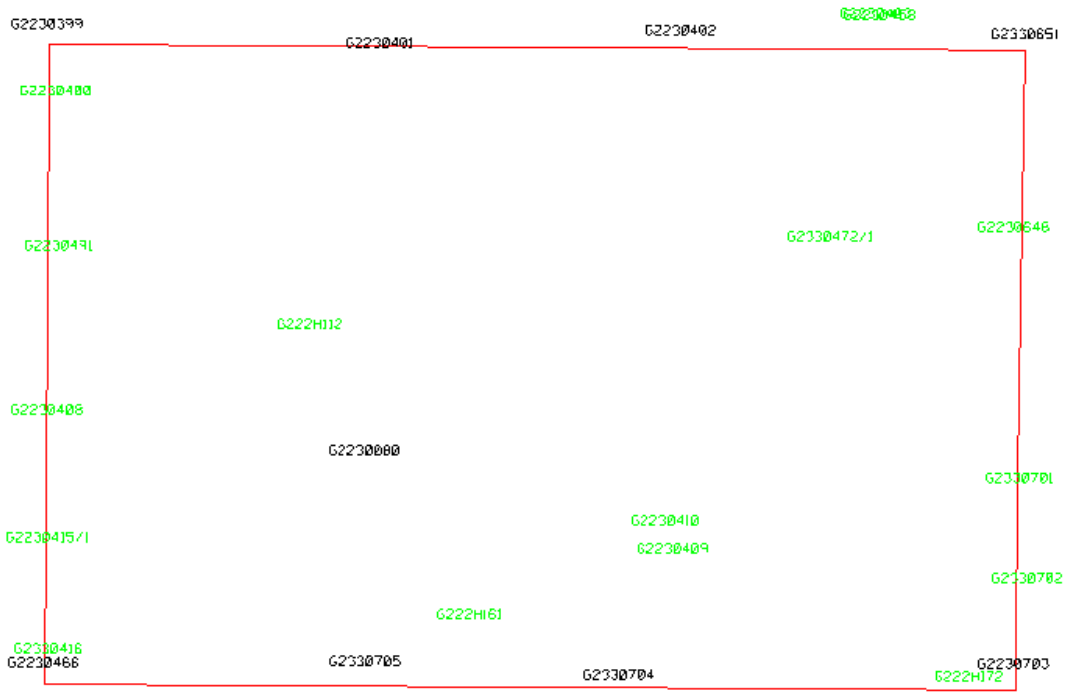

**Şekil 4.28.** Deney Düzeneği (3.3-A) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.42.** Deney Düzeneği 3.3-A'ya ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 3.3-A (Blok 33) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.010 | 0.005 | 0.006 | 0.008 |
| RMS Check | 0.020 | 0.024 | 0.058 | 0.022 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.040 | |
| Max Ground Residual | 0.018 | 0.010 | 0.013 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.120 | |
| Mean Std Dev Object | 0.015 | 0.015 | 0.048 | |
| RMS Photo Position | 0.612 | 0.260 | 0.650 | |
| RMS Photo Attitude | 0.003 | 0.005 | 0.008 | |
| Std Dev Photo Position | 0.024 | 0.040 | 0.023 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.001 | 0.001 | 0.000 | |

| Sigma: | 1.3 um |
|---|---|

Deney düzeneklerinden class 4 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 33 (3.3-B), 16 denetleme noktası ve 9 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.29'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,5 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.43'de gösterilmiştir.




**Şekil 4.29.** Deney Düzeneği (3.3-B) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.43.** Deney Düzeneği 3.3-B'ye ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 3.3-B (Blok 103) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.005 | 0.010 | 0.010 | 0.008 |
| RMS Check | 0.045 | 0.035 | 0.128 | 0.040 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.050 | |
| Max Ground Residual | 0.008 | 0.028 | 0.024 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.150 | |
| Mean Std Dev Object | 0.015 | 0.017 | 0.051 | |
| RMS Photo Position | 0.565 | 0.665 | 0.213 | |
| RMS Photo Attitude | 0.008 | 0.008 | 0.008 | |
| Std Dev Photo Position | 0.026 | 0.034 | 0.029 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.001 | 0.001 | 0.000 | |

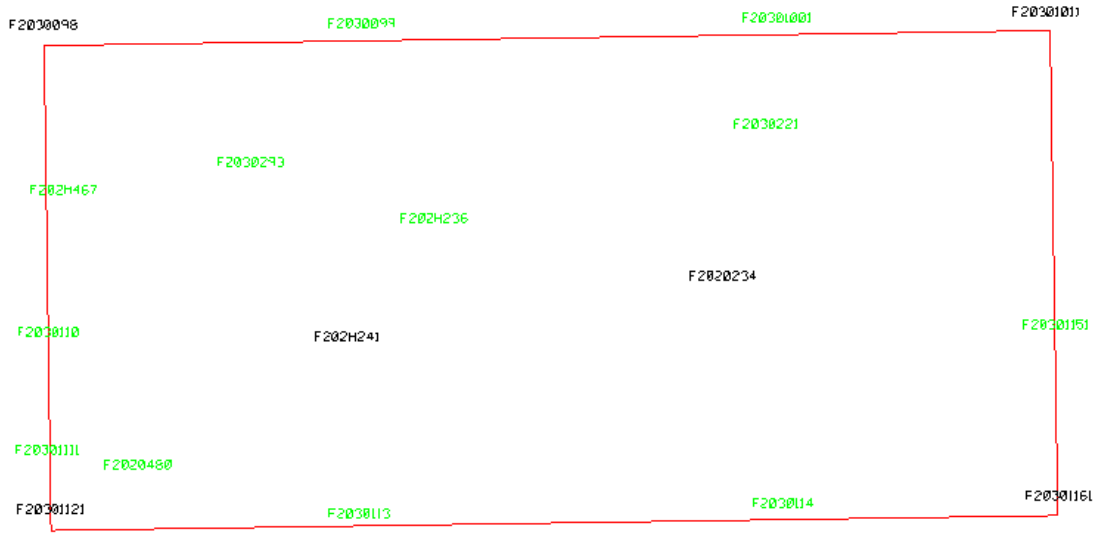
| Sigma: | 1.5 um |
|---|---|

Tarım bloklarından oluşturulan deney düzeneklerinde 3.3'de, denetleme noktalarından elde edilen, karesel ortalama hatalar Çizelge 4.44'de verilmiştir.

**Çizelge 4.44.** Deney Düzeneği 3.3'e ait karesel ortalama hatalar (K.O.H)

| **Deney Düzeneği 3.3-A** | **X** | **Y** | **Z** |
|---|---|---|---|
| K.O.H (m) | 0.021 | 0.024 | 0.059 |
| **Deney Düzeneği 3.3-B** | **X** | **Y** | **Z** |
| K.O.H (m) | 0.046 | 0.036 | 0.132 |

Deney düzeneklerinden class 5 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 33 (3.4-A), 12 denetleme noktası ve 6 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.30'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,3 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.45'de gösterilmiştir.



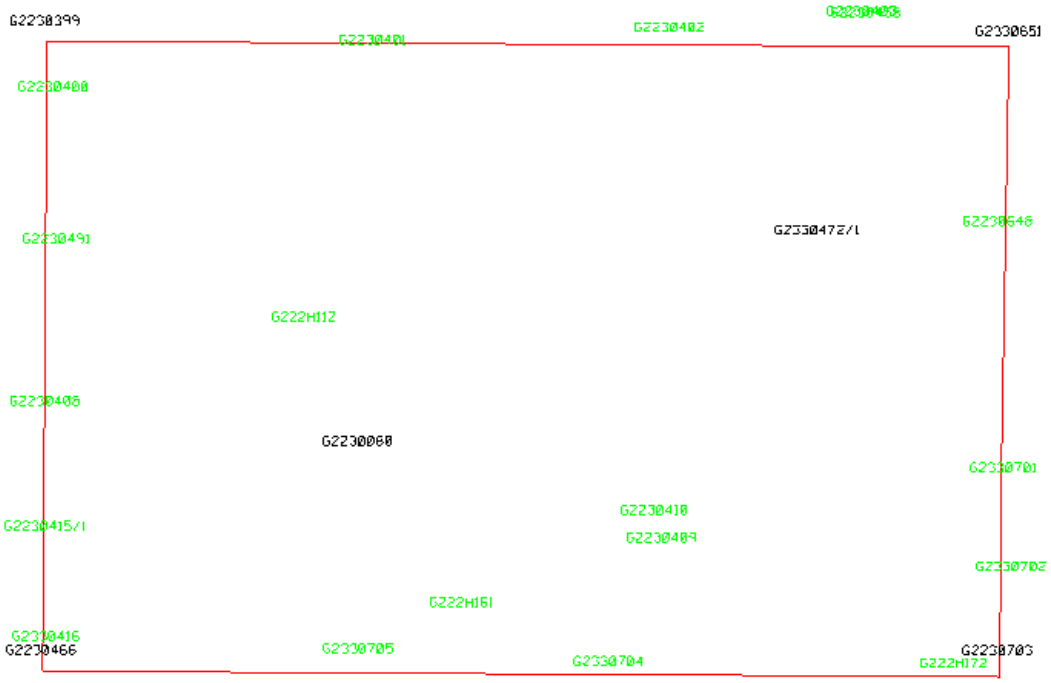

**Şekil 4.30.** Deney Düzeneği (3.4-A) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.45.** Deney Düzeneği 3.4-A'ya ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 3.4-A (Blok 33) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.007 | 0.004 | 0.006 | 0.006 |
| RMS Check | 0.028 | 0.028 | 0.055 | 0.028 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.040 | |
| Max Ground Residual | 0.016 | 0.007 | 0.013 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.120 | |
| Mean Std Dev Object | 0.015 | 0.015 | 0.049 | |
| RMS Photo Position | 0.623 | 0.261 | 0.648 | |
| RMS Photo Attitude | 0.003 | 0.005 | 0.008 | |
| Std Dev Photo Position | 0.025 | 0.040 | 0.025 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.001 | 0.001 | 0.000 | |

| Sigma: | 1.3 um |
|---|---|

Deney düzeneklerinden class 4 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 33 (3.4-B), 19 denetleme noktası ve 6 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.31'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,5 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.46'de gösterilmiştir.




**Şekil 4.31.** Deney Düzeneği (3.4-B) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.46.** Deney Düzeneği 3.4-B'ye ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 3.4-B (Blok 103) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.009 | 0.011 | 0.011 | 0.010 |
| RMS Check | 0.044 | 0.036 | 0.122 | 0.040 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.050 | |
| Max Ground Residual | 0.024 | 0.027 | 0.021 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.150 | |
| Mean Std Dev Object | 0.015 | 0.017 | 0.051 | |
| RMS Photo Position | 0.575 | 0.665 | 0.222 | |
| RMS Photo Attitude | 0.007 | 0.008 | 0.008 | |
| Std Dev Photo Position | 0.026 | 0.034 | 0.028 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.001 | 0.001 | 0.000 | |

| Sigma: | 1.5 um |
|---|---|

Tarım bloklarından oluşturulan deney düzeneklerinde 3.4'de, denetleme noktalarından elde edilen, karesel ortalama hatalar Çizelge 4.47'de verilmiştir.

**Çizelge 4.47.** Deney Düzeneği 3.4'e ait karesel ortalama hatalar (K.O.H)

| **Deney Düzeneği 3.4-A** | **X** | **Y** | **Z** |
|---|---|---|---|
| K.O.H (m) | 0.028 | 0.029 | 0.057 |
| **Deney Düzeneği 3.4-A** | **X** | **Y** | **Z** |
| K.O.H (m) | 0.041 | 0.038 | 0.095 |

Deney düzeneklerinden class 5 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 33 (3.5-A), 6 denetleme noktası ve 12 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.32'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,3 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.48'de gösterilmiştir.



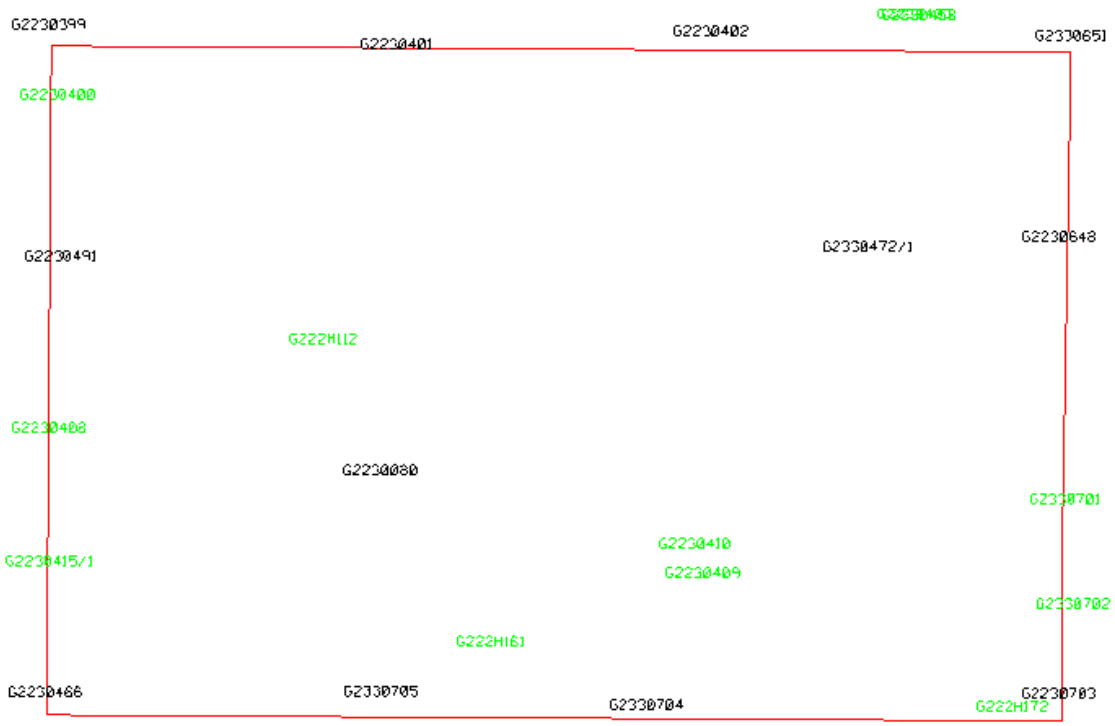

**Şekil 4.32.** Deney Düzeneği (3.5-A) Jeodezik Yapı

**Çizelge 4.48.** Deney Düzeneği 3.5-A'ya ait Dengeleme Sonuçları

| Deney Düzeneği 3.5-A (Blok 33) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.008 | 0.010 | 0.005 | 0.009 |
| RMS Check | 0.017 | 0.019 | 0.062 | 0.018 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.040 | |
| Max Ground Residual | 0.017 | 0.023 | 0.012 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.120 | |
| Mean Std Dev Object | 0.014 | 0.014 | 0.047 | |
| RMS Photo Position | 0.609 | 0.256 | 0.652 | |
| RMS Photo Attitude | 0.003 | 0.005 | 0.008 | |
| Std Dev Photo Position | 0.024 | 0.039 | 0.021 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.001 | 0.001 | 0.000 | |

| Sigma: | 1.3 um |
|---|---|

Deney düzeneklerinden class 4 sistemiyle görüntü alımı gerçekleştirilen Blok 33 (3.5-B), 12 denetleme noktası ve 12 yer kontrol noktasından oluşmaktadır.Blok kanavası Şekil 4.33'de sunulmuştur. Blok dengelemesinde sigma değeri 1,5 µ'dir. Blok dengeleme sonuçları Çizelge 4.49'de gösterilmiştir.




**Şekil 4.33.** Deney Düzeneği (3.5-B) Jeodezik Yapı

| Deney Düzeneği 3.5-B (Blok 103) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **X/Omega** | **Y /Phi** | **Z / Kappa** | **XY** |
| RMS Control | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 |
| RMS Check | 0.039 | 0.036 | 0.092 | 0.038 |
| RMS Limits | 0.040 | 0.040 | 0.050 | |
| Max Ground Residual | 0.001 | 0.000 | 0.001 | |
| Residual Limits | 0.120 | 0.120 | 0.150 | |
| Mean Std Dev Object | 0.014 | 0.015 | 0.048 | |
| RMS Photo Position | 0.556 | 0.655 | 0.227 | |
| RMS Photo Attitude | 0.007 | 0.008 | 0.008 | |
| Std Dev Photo Position | 0.025 | 0.032 | 0.023 | |
| Std Dev Photo Attitude | 0.001 | 0.001 | 0.000 | |

| Sigma: | 1.5 um |
|---|---|

**Çizelge 4.49.** Deney Düzeneği 3.5-B'ye ait Dengeleme Sonuçları

Tarım bloklarından oluşturulan deney düzeneklerinde 3.5'de, denetleme noktalarından elde edilen, karesel ortalama hatalar Çizelge 4.50'de verilmiştir.

**Çizelge 4.50.** Deney Düzeneği 3.5'e ait karesel ortalama hatalar (K.O.H)

| **Deney Düzeneği 3.5-A** | **X** | **Y** | **Z** |
|---|---|---|---|
| K.O.H (m) | 0.017 | 0.019 | 0.063 |
| **Deney Düzeneği 3.5-A** | **X** | **Y** | **Z** |
| K.O.H (m) | 0.041 | 0.038 | 0.095 |

Deney düzeneği 3 grubuna ait dengeleme sonunda, denetleme noktalarına ait maksimum,mininmum ve mutlak ortalama hatalar Çizelge 4.51'de verilmiştir.

**Çizelge 4.51.** Deney Düzeneği 3'e ait Denetleme Noktalarındaki Mutlak Maksimum,Minimum ve Ortalama Farklar

| **Deney Düzeneği** | **Maksimum (m)** | | | **Minimum (m)** | | | **Mutlak Ortalama (m)** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **X** | **Y** | **Z** | **X** | **Y** | **Z** | **X** | **Y** | **Z** |
| **3.1-A** | 0.06 | 0.10 | 0.10 | -0.06 | -0.10 | -0.09 | 0.02 | 0.02 | 0.04 |
| **3.2-A** | 0.07 | 0.06 | 0.11 | -0.05 | -0.03 | -0.07 | 0.03 | 0.03 | 0.08 |
| **3.3-A** | 0.05 | 0.08 | 0.12 | -0.03 | -0.08 | -0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.10 |
| **3.4-A** | 0.06 | 0.08 | 0.11 | -0.06 | -0.08 | -0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.08 |
| **3.5-A** | 0.04 | 0.04 | 0.12 | -0.03 | -0.03 | -0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.08 |
| | | | | | | | | | |
| **Deney Düzeneği** | **Maksimum (m)** | | | **Minimum (m)** | | | **Mutlak Ortalama (m)** | | |
| | **X** | **Y** | **Z** | **X** | **Y** | **Z** | **X** | **Y** | **Z** |
| **3.1-B** | 0.09 | 0.08 | 0.39 | -0.09 | -0.08 | -0.17 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| **3.2-B** | 0.09 | 0.07 | 0.22 | -0.03 | -0.06 | -0.15 | 0.03 | 0.03 | 0.08 |
| **3.3-B** | 0.08 | 0.08 | 0.32 | -0.06 | -0.04 | -0.08 | 0.04 | 0.03 | 0.10 |
| **3.4-B** | 0.09 | 0.07 | 0.22 | -0.03 | -0.06 | -0.08 | 0.03 | 0.03 | 0.08 |
| **3.5-B** | 0.09 | 0.07 | 0.22 | -0.03 | -0.06 | -0.08 | 0.03 | 0.03 | 0.08 |

Blok dengelemesinde kontrol kriteri bloktaki konum ve yükseklik ortalama hatasıdır. Bu nedenle denetleme noktalarına gelen karesel ortalama hatalar konum ve yükseklik için dengeleme sonunda ayrı ayrı tekrar hesaplanmıştır. Orman blokları için oluşturulan deney düzeneklerinde denetleme noktalarındaki hataların konum ve yükseklikteki karesel ortalama hataları Çizelge 4.52'de verilmiştir.

**Çizelge 4.52.** Deney Düzeneği 1'e ait Konum ve Yükseklikteki Karesel Ortalama Hatalar

| Deney Düzeneği Numarası | Konumdaki Karesel Ortalama Hata (m) | Yükseklikteki Karesel Ortalama Hata (m) |
|---|---|---|
| **1.1-A** | 0.13 | 0.15 |
| **1.1-B** | 0.09 | 0.15 |
| **1.2-A** | 0.14 | 0.14 |
| **1.2-B** | 0.09 | 0.10 |
| **1.3-A** | 0.08 | 0.09 |
| **1.3-B** | 0.08 | 0.17 |
| **1.4-A** | 0.13 | 0.15 |
| **1.4-B** | 0.09 | 0.15 |
| **1.5-A** | 0.11 | 0.09 |
| **1.5-B** | 0.11 | 0.13 |

Meskun bloklar için oluşturulan deney düzeneklerinde denetleme noktalarındaki hataların konum ve yükseklikteki karesel ortalama hataları Çizelge 4.53'de verilmiştir.

**Çizelge 4.53.** Deney Düzeneği 2'ye ait Konum ve Yükseklikteki Karesel Ortalama Hatalar

| Deney Düzeneği Numarası | Konumdaki Karesel Ortalama Hata (m) | Yükseklikteki Karesel Ortalama Hata (m) |
|---|---|---|
| **2.1-A** | 0.03 | 0.10 |
| **2.1-B** | 0.07 | 0.17 |
| **2.2-A** | 0.04 | 0.16 |
| **2.2-B** | 0.07 | 0.15 |
| **2.3-A** | 0.07 | 0.08 |
| **2.3-B** | 0.07 | 0.13 |
| **2.4-A** | 0.03 | 0.15 |
| **2.4-B** | 0.05 | 0.09 |
| **2.5-A** | 0.04 | 0.03 |
| **2.5-B** | 0.04 | 0.10 |

Tarım blokları için oluşturulan deney düzeneklerinde denetleme noktalarındaki hataların konum ve yükseklikteki karesel ortalama hataları Çizelge 4.54'de verilmiştir.

**Çizelge 4.53.** Deney Düzeneği 3'e ait Konum ve Yükseklikteki Karesel Ortalama Hatalar

| Deney Düzeneği Numarası | Konumdaki Karesel Ortalama Hata (m) | Yükseklikteki Karesel Ortalama Hata (m) |
|---|---|---|
| **3.1-A** | 0.03 | 0.10 |
| **3.1-B** | 0.07 | 0.17 |
| **3.2-A** | 0.03 | 0.06 |
| **3.2-B** | 0.06 | 0.10 |
| **3.3-A** | 0.06 | 0.06 |
| **3.3-B** | 0.06 | 0.13 |
| **3.4-A** | 0.04 | 0.06 |
| **3.4-B** | 0.06 | 0.10 |
| **3.5-A** | 0.03 | 0.06 |
| **3.5-B** | 0.03 | 0.10 |

# 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan tez çalışmasında arazi sınıflarına göre seçilen üç bloktan, toplam on beş adet deney düzeneği hazırlanmıştır. Hazırlanan bu deney düzeneklerinde, temel kriterler GNSS/IMU sistemlerinin farklılığı ve yer kontrol noktalarının konumlarıdır. İki farklı kamera ve GNSS/IMU sistemi ile yapılan dengelemeler karşılaştırılmış, Çizelge 3.3'de belirtilen kriterlerle deney düzenekleri incelenmiştir.

Deney düzeneği 1.1-A'da konumdaki karesel ortalama hata 0.13 metre ve deney düzeneği 1.1-B'de ise 0.09 metredir. Her iki deney düzeneğinde ise 0.15 metredir. Çizelge 3.3'de verilen doğruluk kriterlerine göre karşılaştırma yapıldığında, Deney düzeneği 1.1-A ve 1.1-B konumsal sonuçların; TKGM 1/5000 ve Bursa(M5) teknik şartnamesinde belirtilen konumda 13.3 ve 14.3 cm.'den küçük olduğu, DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamelerine ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 16.7 ve 17.9 cm.'den küçük olduğu görülmektedir. Ancak oluşturulan bu deney düzeneklerinin yükseklikteki doğruluk kriterlerinden sadece DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamesi ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 25 ve 26.8 cm'den küçük olması şartlarını sağlamaktadır.

Deney düzeneği 1.2-A'da konumdaki karesel ortalama hata 0.14 metre ve yükseklikte ise 0.14 deney düzeneği 1.2-B'de ise konumdaki karesel ortalama hata 0.09 metre ve yükseklikte ise 0.10 metredir. Çizelge 3.3'de verilen doğruluk kriterlerine göre karşılaştırma yapıldığında, Deney düzeneği 1.2-A ve 1.2-B konumsal sonuçların; TKGM 1/5000 ve Bursa(M5) teknik şartnamesinde belirtilen konumda 13.3 ve 14.3 cm.'den küçük olduğu, DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamelerine ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 16.7 ve 17.9 cm.'den küçük olduğu görülmektedir. Ancak oluşturulan bu deney düzeneklerinin yükseklikteki doğruluk kriterlerinden sadece DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamesi ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 25 ve 26.8 cm'den küçük olması şartlarını sağlamaktadır.

Deney düzeneği 1.3-A'da konumdaki karesel ortalama hata 0.08 metre ve yükseklikte ise 0.09 metre deney düzeneği 1.3-B'de ise konumdaki karesel ortalama hata 0.08 metre ve yükseklikte ise 0.17 metredir. Çizelge 3.3'de verilen doğruluk kriterlerine göre karşılaştırma yapıldığında, Deney düzeneği 1.3-A ve 1.3-B konumsal

sonuçların; TKGM 1/5000 ve Bursa(M5 teknik şartnamesinde belirtilen konumda 13.3 ve 14.3 cm.'den küçük olduğu, DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamelerine ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 16.7 ve 17.9 cm.'den küçük olduğu görülmektedir. Ancak oluşturulan bu deney düzeneklerinin yükseklikteki doğruluk kriterlerinden sadece DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamesi ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 25 ve 26.8 cm'den küçük olması şartlarını sağlamaktadır.

Deney düzeneği 1.4-A'da konumdaki karesel ortalama hata 0.13 metre ve 1.4-B'de ise konumdaki karesel ortalama hata 0.09 metredir. Her iki deney düzeneğinin yükseklikteki karesel ortalama hatası ise 0.15 metredir. Çizelge 3.3'de verilen doğruluk kriterlerine göre karşılaştırma yapıldığında, Deney düzeneği 1.3-A ve 1.3-B konumsal sonuçların; TKGM 1/5000 ve Bursa(M5 teknik şartnamesinde belirtilen konumda 13.3 ve 14.3 cm.'den küçük olduğu, DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamelerine ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 16.7 ve 17.9 cm.'den küçük olduğu görülmektedir. Ancak oluşturulan bu deney düzeneklerinin yükseklikteki doğruluk kriterlerinden sadece DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamesi ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 25 ve 26.8 cm'den küçük olması şartlarını sağlamaktadır.

Deney düzeneği 1.5-A ve deney düzeneği 1.5-B'de konumdaki karesel ortalama hata 0.11 metredir. Deney düzeneği 1.5-A'da yükseklikte karesel ortalama hata 0.09 ve deney düzeneği 1.5-B'de ise yükseklikteki karesel ortalama hata 0.13 metre ve yükseklikte ise 0.17 metredir. Çizelge 3.3'de verilen doğruluk kriterlerine göre karşılaştırma yapıldığında, Deney düzeneği 1.3-A ve 1.3-B konumsal sonuçların; TKGM 1/5000 ve Bursa(M5 teknik şartnamesinde belirtilen konumda 13.3 ve 14.3 cm.'den küçük olduğu, DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamelerine ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 16.7 ve 17.9 cm.'den küçük olduğu görülmektedir. Ancak oluşturulan bu deney düzeneklerinin yükseklikteki doğruluk kriterlerinden sadece DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamesi ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 25 ve 26.8 cm'den küçük olması şartlarını sağlamaktadır.

Deney düzeneği 2.1-A'da konumdaki karesel ortalama hata 0.03 metre ve yükseklikte ise 0.10 metre deney düzeneği 2.1-B'de ise konumdaki karesel ortalama hata 0.07 metre ve yükseklikte ise 0.17 deney metredir. Çizelge 3.3'de verilen doğruluk kriterlerine göre karşılaştırma yapıldığında, Deney düzeneği 2.1-A ve 1.1-B konumsal

sonuçları, Çizelge 3.3'de belirtilen minimum 8.2'den küçüktür. Ancak oluşturulan bu deney düzeneklerinin yükseklikteki doğruluk kriterlerinden sadece DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamesi ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 25 ve 26.8 cm'den küçük olması şartlarını ve ASPRS'de belirtilen yükseklikte 10 cm.'den küçük olması şartlarını sağlamaktadır.

Deney düzeneği 2.2-A'da konumdaki karesel ortalama hata 0.04 metre ve yükseklikte ise 0.16 metre deney düzeneği 2.2-B'de ise konumdaki karesel ortalama hata 0.07 metre ve yükseklikte ise 0.15 metredir. Çizelge 3.3'de verilen doğruluk kriterlerine göre karşılaştırma yapıldığında, Deney düzeneği 2.2-A ve 2.2-B konumsal sonuçların; TKGM 1/5000 ve Bursa(M5 teknik şartnamesinde belirtilen konumda 13.3 ve 14.3 cm.'den küçük olduğu, DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamelerine ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 16.7 ve 17.9 cm.'den küçük olduğu görülmektedir. Ancak oluşturulan bu deney düzeneklerinin yükseklikte, sadece DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamesi ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 25 ve 26.8 cm'den küçük olması şartlarını sağlamaktadır.

Deney düzeneği 2.3-A'da konumdaki karesel ortalama hata 0.07 metre ve yükseklikte ise 0.08 metre deney düzeneği 2.3-B'de ise konumdaki karesel ortalama hata 0.07 metre ve yükseklikte ise 0.13 metredir.. Çizelge 3.3'de verilen doğruluk kriterlerine göre karşılaştırma yapıldığında, Deney düzeneği 2.3-A ve 2.3-B konumsal sonuçların; TKGM 1/5000 ve Bursa(M5 teknik şartnamesinde belirtilen konumda 13.3 ve 14.3 cm.'den küçük olduğu, DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamelerine ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 16.7 ve 17.9 cm.'den küçük olduğu görülmektedir. Ancak oluşturulan bu deney düzeneklerinden 2.3-A yükseklikte çizelgede belirtilen minimum 8.2 cm'den küçük olma şartını , 2.3-B ise doğruluk kriterlerinden sadece DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamesi ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 25 ve 26.8 cm'den küçük olması şartlarını sağlamaktadır.

Deney düzeneği 2.4-A'da konumdaki karesel ortalama hata 0.03 metre ve yükseklikte ise 0.15 metre deney düzeneği 2.4-B'de ise konumdaki karesel ortalama hata 0.05 metre ve yükseklikte ise 0.09 metredir.. Çizelge 3.3'de verilen doğruluk kriterlerine göre karşılaştırma yapıldığında, Deney düzeneği 2.4-A ve 2.4-B konumsal sonuçlar; Çizelge 3.3'de belirtilen minimum 8.2'den küçüktür. Yükseklik sonuçları ise

doğruluk kriterlerinden sadece DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamesi ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 25 ve 26.8 cm'den küçük olması şartlarını sağlamaktadır. Ayrıca Deney düzeneği 2.4-B ise yükseklikte ASPRS doğruluk krititeri olan 10 cm.'den küçük olma şartını sağlamaktadır.

Deney düzeneği 2.5-A'da konumdaki karesel ortalama hata 0.04 metre ve yükseklikte ise 0.03 metre deney düzeneği 2.5-B'de ise konumdaki karesel ortalama hata 0.04 metre ve yükseklikte ise 0.10 metredir.. Çizelge 3.3'de verilen doğruluk kriterlerine göre karşılaştırma yapıldığında, Deney düzeneği 2.5-A ve 2.5-B konumsal sonuçlar; Çizelge 3.3'de belirtilen minimum 8.2'den küçüktür. Yükseklik sonuçları ise deney düzeneği 2.5-A'de Çizelge 3.3'de belirtilen minimum 8.2'den küçük ancak deney düzeneği 2.5-B'de ise doğruluk kriterlerinden sadece DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamesi ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 25 ve 26.8 cm'den küçük olması şartlarını, ASPRS doğruluk kriteri olan 10 cm'den küçük olma şartını sağlamaktadır.

Deney düzeneği 3.1-A'da konumdaki karesel ortalama hata 0.03 metre ve yükseklikte ise 0.10 metre deney düzeneği 3.1-B'de ise konumdaki karesel ortalama hata 0.07 metre ve yükseklikte ise 0.17 metredir.. Çizelge 3.3'de verilen doğruluk kriterlerine göre karşılaştırma yapıldığında, Deney düzeneği 3.1-A ve 3.2-B konumsal sonuçlar; TKGM 1/5000 ve Bursa(M5 teknik şartnamesinde belirtilen konumda 13.3 ve 14.3 cm.'den küçük olduğu, DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamelerine ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 16.7 ve 17.9 cm.'den küçük olduğu görülmektedir. Ayrıca Deney düzeneği 3.1-A ise yükseklikte ASPRS doğruluk krititeri olan 10 cm'den küçük olma şartını sağlamaktadır.

Deney düzeneği 3.2-A'da konumdaki karesel ortalama hata 0.03 metre ve yükseklikte ise 0.06 metre deney düzeneği 3.2-B'de ise konumdaki karesel ortalama hata 0.06 metre ve yükseklikte ise 0.10 metredir.. Çizelge 3.3'de verilen doğruluk kriterlerine göre karşılaştırma yapıldığında, Deney düzeneği 3.2-A Çizelge 3.3'de belirtilen minimum 8.2'den küçük, deney düzeneği 3.2-B ise TKGM 1/5000 ve Bursa(M5 teknik şartnamesinde belirtilen konumda 13.3 ve 14.3 cm.'den küçük olduğu, DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamelerine ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 16.7 ve 17.9 cm.'den küçük olduğu görülmektedir. Yükseklik sonuçları ise

deney düzeneği 3.2-A'de belirtilen minimum 8.2 cm'den küçük olma şartını ancak deney düzeneği 3.2-B'de ise doğruluk kriterlerinden doğruluk kriterlerinden sadece DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamesi ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 25 ve 26.8 cm'den küçük olması şartlarını, ASPRS kriteri olan 10 cm'den küçük olma şartını sağlamaktadır.

Deney düzeneği 3.3-A'da konumdaki karesel ortalama hata 0.06 metre ve yükseklikte ise 0.06 metre deney düzeneği 5.3-B'de ise konumdaki karesel ortalama hata 0.06 metre ve yükseklikte ise 0.13 metredir.. Çizelge 3.3'de verilen doğruluk kriterlerine göre karşılaştırma yapıldığında, Deney düzeneği 3.3-A Çizelge 3.3'de belirtilen minimum 8.2'den küçük, deney düzeneği 3.2-B ise TKGM 1/5000 ve Bursa(M5 teknik şartnamesinde belirtilen konumda 13.3 ve 14.3 cm.'den küçük olduğu, DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamelerine ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 16.7 ve 17.9 cm.'den küçük olduğu görülmektedir. Yükseklik sonuçları ise deney düzeneği 3.3-A'de belirtilen minimum 8.2 cm'den küçük olma şartını, ancak deney düzeneği 3.3-B'de ise doğruluk kriterlerinden doğruluk kriterlerinden sadece DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamesi ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 25 ve 26.8 cm'den küçük olması şartlarını, ASPRS kriteri olan 10 cm'den küçük olma şartını sağlamaktadır.

Deney düzeneği 3.4-A'da konumdaki karesel ortalama hata 0.04 metre ve yükseklikte ise 0.06 metre deney düzeneği 3.4-B'de ise konumdaki karesel ortalama hata 0.06 metre ve yükseklikte ise 0.10 metredir. Çizelge 3.3'de verilen doğruluk kriterlerine göre karşılaştırma yapıldığında, Deney düzeneği 5.4-A Çizelge 3.3'de belirtilen minimum 8.2'den küçük, deney düzeneği 5.4-B ise TKGM 1/5000 ve Bursa(M5 teknik şartnamesinde belirtilen konumda 13.3 ve 14.3 cm.'den küçük olduğu, DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamelerine ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 16.7 ve 17.9 cm.'den küçük olduğu görülmektedir. Yükseklik sonuçları ise deney düzeneği 3.4-A'de belirtilen minimum 8.2 cm'den küçük olma şartını, ancak deney düzeneği 3.4-B'de ise doğruluk kriterlerinden sadece DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamesi ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 25 ve 26.8 cm'den küçük olması şartlarını, ASPRS kriteri olan 10 cm'den küçük olma şartını sağlamaktadır.

Deney düzeneği 3.5-A'da konumdaki karesel ortalama hata 0.03 metre ve yükseklikte ise 0.06 metre deney düzeneği 3.5-B'de ise konumdaki karesel ortalama hata 0.063metre ve yükseklikte ise 0.10 metredir. Çizelge 3.3'de verilen doğruluk kriterlerine göre karşılaştırma yapıldığında, Deney düzeneği 3.5-A Çizelge 3.3'de belirtilen minimum 8.2'den küçük, deney düzeneği 5.5-B ise ise TKGM 1/5000 ve Bursa(M5 teknik şartnamesinde belirtilen konumda 13.3 ve 14.3 cm.'den küçük olduğu, DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamelerine ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 16.7 ve 17.9 cm.'den küçük olduğu görülmektedir. Yükseklik sonuçları ise deney düzeneği 3.5-A'de Çizelge 3.3'de belirtilen minimum 8.2 cm'den küçük olma şartını, ancak deney düzeneği 3.5-B'de ise doğruluk kriterlerinden sadece DSİ sayısal fotogrametrik harita üretim teknik şartnamesi ve BÖHHBÜY'nde belirtilen 25 ve 26.8 cm'den küçük olması şartlarını, ASPRS kriteri olan 10 cm'den küçük olma şartını sağlamaktadır.

Sonuç olarak; kamera odak uzaklıklarının birbirine yakın olması, uçuş yüksekliğinin aynı değerde olması, yer örnekleme aralığının DMCII-230 ve Ultracam XP kamerası ile alınan görüntülerde aynı olması, farklı GNSS/IMU sistemlerinin elde edilecek sonuçta etkili olduğu söylenebilir. Bunun yanında yer kontrol noktalarının fotogrametrik blok içindeki sayısı ve dağılımı da elde edilecek doğruluk sonuçlarıyla etkilidir. Ayrıca büyük ölçekli harita ve harita üretim yönetmeliği ve şartnamelerde belirtilen ilave parametreli blok dengelemesinin önemli ölçüde iyileşitirici etkisi yoktur. Blok dengelemesinde, tez çalışmasındaki blokların küçük ve uçuş yüksekliğinin düşük olması (yaklaşık 1650 metre) sebebiyle 12 parametreli self-calibration dengelemesinin yeterli olduğu görünmektedir.

**KAYNAKLAR**

Michael Cramer “Direct Georeferencing Using GPS/Intertial Exterior Orientations For Photogrametric Applications” (2000),

Michael Cramer; “On the Use Of Direct Georeferencing In Airborne Photogrammetry” (2000),

E. Honkavaara; “In-Flight Camera Calibration For Direct Georeferencing” (2003),

E. Honkavaara; “Complete Photogrammetric System Calibration and Evalutaion In The Sjokulla Test Field-Case Study With DMC” (2003)

Mohomed M.R. Mostafa, P.Schwarz ; “Dijital Image Georeferencing From A Multiple Camera System by GPS/INS” (2000);

Naci Yastıklı; “Direct Sensör Orientation For Large Scale Mapping- Potential, Problems,Solutions” (2005),

L.Pinto “A Single Step Calibration Procedure For Gps/Imu In Aerial Photogrammetry” (2005)

E. Honkavaara ;“ Theroretical And Empirical Evalutaion Of Geometric Performance Of Multi-Head Large Format Photogrametric Sensörs” (2006)

E. Honkavaara;“Calibration Block Structures For GPS/IMU/Camera- System Calibration” (2002),

R.Alamus “Study On DMC Geometry” (2006),

Helen Burman; “ Calibration And Orientation Of Airborne Image And Lazer Scanner Data Using GPS and INS” (2000),

Ahmet Çam, Murat Uysal; “ Kinematik GPS Destekli Fotogrametrik Nirengide Sabit Nokta Uzaklıkları ve Farklı GPS Çözümlerinin Yöneltme Doğruluğuna Etkileri”(2013)

Çetin Mekik; “GPS/IMU Verilerinin TUSAGA-Aktif Sisteminin Sabit İstasyon Verileri İle Process Edilerek Resim Orta Noktası Koordinat Değerlerinin Belirlenmesi” (2011)

Jan Skaloud;”Optimizing Georeferencing of Airborne Survey System by INS\DGPS (1999)

url1: http://www.novatel.com/products/span-gnss-inertial-systems/

# EKLER

# Ek-1 : Fotogrametrik Nirengi Dengeleme Kriterleri

## 1. TKGM 1/5000 Ortofoto Üretim İşi



**Fotogrametrik Nirengi Noktalarının Seçimi**
**Madde 40.**

Resimlerin ve blokların ortak alanlarında bulunan bağlantı noktaları ile fotogrametrik nirengi yöntemi ile bu şartnameye göre sıklaştırılacak yeni noktalar olarak tanımlanan "Fotogrametrik Nirengi" noktaları;

a) Otomatik olarak yazılım tarafından toplattırılabilir.

b) Her resmin orta düşeyinde, GRUBER noktalarına yakın, kolay tanınabilen ve iyi yorumlanabilen detay noktalarından en az 3'er ve her model alanında en az 6 bağlantı noktası seçilir. Bu noktaların komşu model ve kolonlarla ortak alanda bulunması ve bağlantıları güvence altına alması şarttır.

c) Model bağlama noktalarının GRUBER noktalarına yakın yerlerde olmak ve kolon bağlamalar, her modelde yapılmak kaydıyla, otomatik korelasyon ile fotogrametrik nirengi uygulanabilir. Bunun için korelasyonun 0.20 piksel'i geçmemesi gerekir.

d) Fotogrametrik nirengi ölçmeleri, kullanılan fotogrametrik sistemin sağladığı olanaklara göre tam otomatik, yarı otomatik yapılabileceği gibi doğrudan operatör tarafından da yapılabilir.

**Fotogrametrik Ölçmeler**

**Yöneltme**
**Madde 41.** Tüm kaba ve sistematik hatalar dengelemeden önce ayıklanacak, dengeleme sonucu hata sınırını aşan ölçmeler yinelenecektir.

**Blok Dengeleme**
**Madde 42.** Her blok, önce biri birinden bağımsız olarak dengelenecek ve;

**a)** Kullanılacak blok dengeleme yazılımı, kaba ve sistematik hataları otomatik olarak test ve irdeleme niteliğine sahip olacaktır.

**b)** Atmosferik kırılma, yer küreselliği, objektif distorsiyon hatası ve görüntü deformasyonu gibi sistematik hatalar dengeleme aşamasında giderilecektir.

**c)** Işın demetleriyle dengelemede, ek parametre sayısı uygun biçimde seçilerek işverenin onayı alınacaktır.

**d)** Dengelemede, dengeleme öncesi doğruluk ölçütü (a priori) olarak resim noktaları için 1/5 piksel boyutunu, yer kontrol noktaları için ise jeodezik ağın dengelemesi sonucu ulaşılan karesel ortalama hata değerlerini aşmayacak değerler verilecektir.

**e)** Biri birinden bağımsız olarak dengelenen blokların ortak noktalarının koordinatları arasındaki aykırılıklar konum koordinatlarında 10 mikronu, yükseklikte ise uçuş yüksekliğinin %0.01'ini geçmemelidir. Bu durumda, Fotogrametrik Noktalarının iki blokta bulunan koordinatlarının ortalamaları alınarak tek anlamlı duruma getirilmesi sağlanacaktır.

**f)** Dengeleme sonucunda, bağlantı noktalarına getirilecek düzeltmelerden hesaplanacak karesel ortalama hata, konum koordinatlarında (resim ölçeğinde) ± 8 mikrometre; yükseklikte ± 0.00005xh (h= uçuş yüksekliği) değerini aşmayacaktır. Kalıntı hataları ise, bu değerlerin üç katından daha büyük olmayacaktır.

**g)** Ölçülmekte olan bir fotogrametrik blok'a komşu olan bloklarda fotogrametrik nirengi ölçümü yapılmış ise, ölçülen blok ile ölçülmüş blok'un komşu kolon bağlamaları yapılır. Her iki blok'ta da ölçülen yer kontrol noktaları ve fotogrametrik nirengi noktalarının koordinatları karşılaştırılacaktır.

## 2. BUSKİ 1/1000 Ölçekli Halihazır Harita Üretim İşi ( M5 Projesi)

**Fotogrametrik Nirengi**

**Madde 49** – Proje alanı, arazi yapısına ve yer kontrol noktalarının konumuna bağlı olarak ayrı ayrı, mümkün olduğu kadar kare ya da düzgün dikdörtgen biçimli alt bloklara ayrılacaktır. Bloktaki görüntü sayısı idarenin onayından sonra kesinleşecektir.

Komşu bloklar arasında, uçuş yönünde en az 1 kolonluk, buna dik doğrultuda da 2-3 modellik ortak alan bulunacaktır. Ortak alanda yer kontrol noktaları bulunacaktır. Blokların belirlenmesinde İdarenin onayı alınacaktır.

Kinematik GNSS ile belirlenen izdüşüm merkezlerinin koordinatları blok dengelemede kullanılır.

Görüntü alımı anında GNSS-IMU (Inertial Measurement Unit) ve benzeri uydu ölçüm tekniklerine dayalı "direct georeferencing" veya "sensor orienteering system" vb. yöntemler kullanılarak, görüntü dış yöneltme parametrelerinin doğrudan belirlenmesi durumunda, fotogrametrik nirengi ölçüm ve hesap yöntemleri kullanılmaksızın oluşturulacak modelde, denetleme noktalarında yapılacak ölçümlerin konum ve yükseklik doğruluğu görüntü ölçeğinde ±30 µm'yi geçmemelidir.

**Fotogrametrik Nirengi Noktalarının Seçimi**

**Madde 50** – Görüntülerin ve blokların ortak alanlarında bulunan bağlantı noktaları ile fotogrametrik nirengi yöntemi ile bu şartnameye göre sıklaştırılacak yeni noktalar olarak tanımlanan "Fotogrametrik Nirengi" noktaları;

a) Her görüntünün orta düşeyinde, GRUBER noktalarına yakın, kolay tanınabilen ve iyi yorumlanabilen detay noktalarından en az 3'er ve her model alanında en az 6 bağlantı noktası seçilir. Bu noktaların komşu model ve kolonlarla ortak alanda bulunması ve bağlantıları güvence altına alması şarttır.
b) Model bağlama noktalarının GRUBER noktalarına yakın yerlerde olmak ve kolon bağlamalar, her modelde yapılmak kaydıyla, otomatik korelasyon ile fotogrametrik nirengi uygulanabilir. Bunun için korelasyonun 0,20 pikseli geçmemesi gerekir.
c) Fotogrametrik nirengi ölçmeleri, kullanılan fotogrametrik değerlendirme sisteminin sağladığı olanaklara göre tam otomatik, yarı otomatik yapılabileceği gibi doğrudan operatör tarafından da yapılabilir.

**Fotogrametrik Ölçmeler**

**Yöneltme**

**Madde 51** –Tüm kaba ve sistematik hatalar dengelemeden önce ayıklanacak, dengeleme sonucu hata sınırını aşan ölçmeler yinelenecektir.

**Blok Dengeleme**

**Madde 52** – Her blok, önce birbirinden bağımsız olarak dengelenecek ve;

a) Kullanılacak blok dengeleme yazılımı, kaba ve sistematik hataları otomatik olarak test ve irdeleme niteliğine sahip olacaktır.

b) Atmosferik kırılma, yer küreselliği, objektif distorsiyon hatası ve görüntü deformasyonu gibi sistematik hatalar dengeleme aşamasında giderilecektir.

c) Işın demetleriyle dengelemede, ek parametre sayısı uygun biçimde seçilerek İdarenin onayı alınacaktır.

d) Dengelemede, dengeleme öncesi doğruluk ölçütü (a priori) olarak görüntü noktaları için 1/5 piksel boyutunu, yer kontrol noktaları için ise jeodezik ağın dengelemesi sonucu ulaşılan karesel ortalama hata değerlerini aşmayacak değerler verilecektir.

e) Birbirinden bağımsız olarak dengelenen blokların ortak noktalarının koordinatları arasındaki aykırılıklar konum koordinatlarında 10 mikronu, yükseklikte ise uçuş yüksekliğinin %0.01'ini geçmemelidir. Bu durumda, Fotogrametrik Noktalarının iki blokta bulunan koordinatlarının ortalamaları alınarak tek anlamlı duruma getirilmesi sağlanacaktır.

f) Dengeleme sonucunda, bağlantı noktalarına getirilecek düzeltmelerden hesaplanacak karesel ortalama hata, konum koordinatlarında (görüntü ölçeğinde) ± 8 mikrometre; yükseklikte ± 0.00005xh (h= uçuş yüksekliği) değerini aşmayacaktır. Kalıntı hataları ise, bu değerlerin üç katından daha büyük olmayacaktır.

g) Ölçülmekte olan bir fotogrametrik bloğa komşu olan bloklarda fotogrametrik nirengi ölçümü yapılmış ise, ölçülen blok ile ölçülmüş bloğun komşu kolon bağlamaları yapılır. Her iki blokta da ölçülen yer kontrol noktaları ve fotogrametrik nirengi noktalarının koordinatları karşılaştırılacaktır.

**Madde 53** – Blok dengeleme hesabı çıktısında;

- Dengelemeye giren yer kontrol noktalarının ve fotogrametrik noktaların ölçü değerleri, dengelenmiş arazi koordinatları, konum ve yükseklik için karesel ortalama hataları ve hata analizleri,
- Proje alanındaki tüm noktaların koordinat özetleri,

## 3. İstanbul Büyükşehir Belediyesi 1/1000 Ölçekli Halihazır Harita Üretim İşi

### Madde 56 – Fotogrametrik nirengi

Proje alanı, arazi yapısına, yer kontrol noktalarının konumuna bağlı olarak mümkün olduğu kadar kare ya da düzgün dikdörtgen biçimli alt bloklara ayrılacaktır. Yer kontrol noktalarının dağılımı ve sıklığı, kinematik airborne GPS tekniğine uygun olacaktır.
Komşu bloklar arasında, uçuş yönünde en az 1 kolonluk, buna dik doğrultuda da 2-3 modellik ortak alan bulunacaktır. Ortak alanda yer kontrol noktaları bulunacaktır. Blokların belirlenmesinde İdare'nin onayı alınacaktır.

Kinematik GPS ile belirlenen izdüşüm merkezlerinin koordinatları blok dengelemede kullanılacaktır.

Hava fotoğrafı alımı anında GPS-IMU (Inertial Measurement Unit) ve benzeri uydu ölçüm tekniklerine dayalı "direct georeferencing" veya "sensor orienteering system" vb. yöntemler kullanılarak, resim dış yöneltme parametrelerinin doğrudan belirlenmesi durumunda, fotogrametrik nirengi ölçüm ve hesap yöntemleri kullanılmaksızın oluşturulacak modelde, denetleme noktalarında yapılacak ölçümlerin konum ve yükseklik doğruluğu 1.5xGSD'yi geçmemelidir.

### Madde 57 – Fotogrametrik nirengi ölçmeleri

Fotogrametrik nirengi ölçmeleri, kullanılan fotogrametrik sistemin sağladığı olanaklara göre tam otomatik, yarı otomatik yapılabileceği gibi doğrudan operatör tarafından da yapılabilir.
Karşılıklı yöneltme en az 8 nokta ile gerçekleştirilir. Yöneltme sonunda bulunacak ortalama hatalar 5 mikrometreyi, hiçbir noktada 8 mikrometreyi geçmemelidir.
Modellerin ve kolonların birbirine bağlanması için ikisi modelin kenarında biri ortasında olmak üzere en az üç bağlama noktası alınır.
Çapraz ve dik kolonlar, her modelde en az dört nokta olmak üzere, bağlantı noktaları ile ilgili kolonlara bağlanır.
Model alanındaki bağlama noktaları ile birlikte varsa kontrol noktalarının ve uygulama noktalarının da koordinatları ölçülür.

### Madde 58 - Fotogrametrik nirengi dengelemesi

Her blok, önce biri birinden bağımsız olarak dengelenecek ve;

**a)** Kullanılacak blok dengeleme yazılımı, kaba ve sistematik hataları otomatik olarak test ve irdeleme niteliğine sahip olacaktır.
**b)** Atmosferik kırılma, yer küreselliği, objektif distorsiyon hatası ve film deformasyonu gibi sistematik hatalar dengeleme aşamasında giderilecektir.
**c)** Işın demetleriyle dengelemede, ek parametre sayısı uygun biçimde seçilerek İdare'nin onayı alınacaktır.
**d)** Biri birinden bağımsız olarak dengelenen blokların ortak noktalarının koordinatları arasındaki aykırılıklar konum koordinatlarında 0.5xGSD'yi, yükseklikte ise uçuş yüksekliğinin %0.01'ini geçmemelidir. Bu durumda, Fotogrametrik Noktalarının iki blokta bulunan koordinatlarının ortalamaları alınarak tek anlamlı duruma getirilmesi sağlanacaktır.
**e)** Dengeleme sonucunda, bağlantı noktalarına getirilecek düzeltmelerden hesaplanacak karesel ortalama hata, konum koordinatlarında ± 0.5xGSD; yükseklikte

± 0.00005xh (h= uçuş yüksekliği) değerini aşmayacaktır. Kalıntı hataları ise, bu değerlerin üç katından daha büyük olmayacaktır.

**f)** Ölçülmekte olan bir fotogrametrik blok'a komşu olan bloklarda fotogrametrik nirengi ölçümü yapılmış ise, ölçülen blok ile ölçülmüş blok'un komşu kolon bağlamaları yapılır.

**h)** Blok dengeleme hesabı çıktısında;

1. Dengelemeye giren yer kontrol noktalarının ve fotogrametrik noktaların ölçü değerleri, dengelenmiş arazi koordinatları, konum ve yükseklik için karesel ortalama hataları ve hata analizleri,
2. Proje alanındaki tüm noktaların koordinat özetleri,
3. Dengelemedeki iterasyon sayısı, iterasyon ölçütü,
4. Ayıklanan noktaların numarası ve sayısı,
5. Her model için yöneltme bilgileri ve yöneltme elemanları karesel ortalama hataları,

bulunacaktır.

## 4. DSİ Fotogrametrik Halihazır Harita Üretim İşi ( M5 Projesi)

**Fotogrametrik nirengi ölçmeleri**

**Madde 77**-Fotogrametrik nirengi ölçmeleri, kullanılan fotogrametrik sistemin sağladığı olanaklara göre tam otomatik veya yarı otomatik yapılabileceği gibi, doğrudan operatör tarafından da yapılabilir.

İç yöneltmede en az dört çerçeve işaretinin ölçüsü yapılır. Piksel koordinatlarından fotoğraf koordinat sistemine dönüşüm, afin dönüşümü yöntemi ile çerçeve işaretlerinin kalibrasyon raporunda verilen koordinatlar kullanılarak yapılır. Dönüşümün ortalama hatası 7 mikrometreyi, hiçbir noktadaki artık hata 10 mikrometreyi geçmemelidir.

Karşılıklı yöneltme en az 8 nokta ile gerçekleştirilir. Yöneltme sonunda bulunacak hata hiçbir noktada 8 mikrometreyi, bu hataların ortalaması da 5 mikrometreyi geçmemelidir.

Modellerin ve kolonların birbirine bağlanması için ikisi modelin kenarında biri ortasında olmak üzere en az üç bağlama noktası alınır.

Çapraz ve dik kolonlar, her modelde en az dört nokta olmak üzere, bağlantı noktaları ile ilgili kolonlara bağlanır.

Otomatik ya da yarı otomatik eşleştirme algoritmaları en az piksel büyüklüğünün üçte biri oranında eşleştirme işlemini gerçekleştirmelidir.

Model alanındaki bağlama noktaları ile birlikte varsa kontrol ve uygulama noktalarının da koordinatları ölçülür.

Analitik fotogrametri uygulanması durumunda bağlantı noktalarının koordinatları üç mikrometre doğruluğundaki analitik aletlerde ölçülür.

**Fotogrametrik nirengi değerlendirmesi**

**Madde 78**-Fotogrametrik nirengi ölçüleri bloklar hâlinde dengelenerek fotoğrafların dış yöneltme elemanları bulunur. Blok dengeleme ışın demetleri yöntemine göre yapılır. Blok dengelemede sonuçları iyileştirici ek parametreler de kullanılabilir. Analitik fotogrametri durumunda bağımsız model yöntemine göre de dengeleme yapılabilir.

Blok dengeleme sonunda elde edilecek koordinat ortalama hataları 8 mikrometreyi geçmemelidir. Bağımsız model yöntemine göre yapılacak blok dengeleme sonucunda da, konum ortalama hatası 10 mikrometreyi, yükseklik ortalama hatası ise 15 mikrometreyi geçmemelidir.

Blok dengelemesi sonunda hazırlanacak bir indeks haritada kontrol noktaları, izdüşüm merkezleri, fotoğrafların ve kolonların konumları gösterilir. Bu indekste gerçekleşen ileri ve yan bindirmeler, komşu bloklar ile bağlantıyı sağlayacak denetim noktaları gösterilir. Fotogrametrik nirengi dengelemesinden, varsa çıkarılan noktalar da bu kanavada gösterilir.

## 5. Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği

**Madde 62:** Fotogrametrik nirengi ölçmeleri, kullanılan fotogrametrik sistemin sağladığı olanaklara göre tam otomatik veya yarı otomatik yapılabileceği gibi, doğrudan operatör tarafından da yapılabilir. İç yöneltmede en az dört çerçeve işaretinin ölçüsü yapılır. Piksel koordinatlarından fotoğraf koordinat sistemine dönüşüm, afin dönüşümü yöntemi ile çerçeve işaretlerinin kalibrasyon raporunda verilen koordinatlar kullanılarak yapılır. Dönüşümün ortalama hatası 7 mikrometreyi, hiçbir noktadaki artık hata 10 mikrometreyi geçmemelidir. Karşılıklı yöneltme en az 8 nokta ile gerçekleştirilir. Yöneltme sonunda bulunacak hata hiçbir noktada 8 mikrometreyi, bu hataların ortalaması da 5 mikrometreyi geçmemelidir. Modellerin ve kolonların birbirine bağlanması için ikisi modelin kenarında biri ortasında olmak üzere en az üç bağlama noktası alınır. Çapraz ve dik kolonlar, her modelde en az dört nokta olmak üzere, bağlantı noktaları ile ilgili kolonlara bağlanır. Otomatik ya da yarı otomatik eşleştirme algoritmaları en az piksel büyüklüğünün üçte biri oranında eşleştirme işlemini gerçekleştirmelidir. Model alanındaki bağlama noktaları ile birlikte varsa kontrol ve uygulama noktalarının da koordinatları ölçülür.
Analitik fotogrametri uygulanması durumunda bağlantı noktalarının koordinatları üç mikrometre doğruluğundaki analitik aletlerde ölçülür.

**Madde 63:** Fotogrametrik nirengi ölçüleri bloklar hâlinde dengelenerek fotoğrafların dış yöneltme elemanları bulunur. Blok dengeleme ışın demetleri yöntemine göre yapılır. Blok dengelemede sonuçları iyileştirici ek parametreler de kullanılabilir. Analitik fotogrametri durumunda bağımsız model yöntemine göre de dengeleme yapılabilir. Blok dengeleme sonunda elde edilecek koordinat ortalama hataları 8 mikrometreyi geçmemelidir. Bağımsız model yöntemine göre yapılacak blok dengeleme sonucunda da, konum ortalama hatası 10 mikrometreyi, yükseklik ortalama hatası ise 15 mikrometreyi geçmemelidir. Blok dengelemesi sonunda hazırlanacak bir indeks haritada kontrol noktaları, izdüşüm merkezleri, fotoğrafların ve kolonların konumları gösterilir. Bu indekste gerçekleşen ileri ve yan bindirmeler, komşu bloklar ile bağlantıyı sağlayacak denetim noktaları gösterilir. Fotogrametrik nirengi dengelemesinden, varsa çıkarılan noktalar da bu kanavada gösterilir.

## 6. ASPRS

| Horizontal Data Accuracy Class | $RMSE_x$ and $RMSE_y$ | Orthophoto Mosaic Seamline Maximum Mismatch | Aerial Triangulation or INS-based $RMSE_x$ $RMSE_y$ and $RMSE_z$ |
|---|---|---|---|
| I | Pixel size x 1.0 | Pixel size x 2.0 | Pixel size x 0.5 |
| II | Pixel size x 2.0 | Pixel size x 4.0 | Pixel size x 1.0 |
| III | Pixel size x 3.0 | Pixel size x 6.0 | Pixel size x 1.5 |
| ... | | | |
| N | Pixel size x N | Pixel size x 2N | Pixel size x 0.5N |

# ÖZGEÇMİŞ

## KİŞİSEL BİLGİLER


| | | |
|---|---|---|
| **Adı Soyadı** | **:** | Ahmet GÜNTEL |
| **Uyruğu** | **:** | T.C. |
| **Doğum Yeri ve Tarihi** | **:** | Mersin – 26.10.1989 |
| **Telefon** | **:** | 0 539 206 16 45 |
| **Faks** | **:** | - |
| **e-mail** | **:** | aguntel@gmail.com |


## EĞİTİM

| **Derece** | | **Adı, İlçe, İl** | **Bitirme Yılı** |
|---|---|---|---|
| Lise | : | **19 Mayıs Süper Lisesi, Toroslar, MERSİN** | **2007** |
| Üniversite | : | **Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, KONYA** | **2013** |
| Yüksek Lisans | : | **Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, KONYA** | **2015** |
| Doktora | : | | |

## İŞ DENEYİMLERİ

| **Yıl** | **Kurum** | **Görevi** |
|---|---|---|
| 2013-…. | **Mescioğlu Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş.** | **Harita Mühendisi** |

**UZMANLIK ALANI :** Fotogrametrik Nirengi , GPS Çözümlemeleri, Coğrafi Bilgi Sistemi, Ortofoto Harita Üretimi, Uçuş Planlaması,

**YABANCI DİLLER İngilizce**

## YAYINLAR

- Mekansal Veri Katalogları ve Konya İli için Mekansal Veri Portalının Oluşturulması (Ali ERDİ, Fatih SARI, Ahmet GÜNTEL, 2011)
- Kentsel Risk Bölgelerinin Belirlenmesi Amaçlı Web Tabanlı Veri Giriş Arayüzü ve Adresleme Çalışmaları (Ali ERDİ, Fatih SARI, Ahmet GÜNTEL, 2012)
- En Uygun Acil Durum Müdahale İstasyon Yerlerinin Belirlenmesi Ve En Kısa Süre için Ağ Tasarımı (Ali ERDİ, Fatih SARI, Asuman ILGAZ, Ahmet GÜNTEL, 2012)
- Farklı Dijital Kamera ve GNSS/IMU Sistemlerinin Tarım Arazilerinde Fotogrametrik Nirengiye Etkisi ( Ahmet GÜNTEL, Hakan KARABÖRK, 2015)