



**T.C.  
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İNSANSIZ HAVA ARACI (İHA) VE YERSEL ÖLÇÜM YÖNTEMİ İLE HALİHAZIR  
HARİTALARIN ÜRETİLMESİ VE DOĞRULUK ANALİZİNİN İRDELENMESİ:  
BATMAN İLİ, ŞİRİNEVLER MAHALLESİ KENTSEL DÖNÜŞÜM BÖLGESİ  
ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Veysel YILDIZ**

**DANIŞMAN**

**Dr. Öğr. Üyesi Aydan YAMAN**

**EYLÜL 2024**

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 222306704 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Veysel YILDIZ tarafından hazırlanan “(İNSANSIZ HAVA ARACI (İHA) VE YERSEL ÖLÇÜM YÖNTEMİ İLE HALİHAZIR HARİTALARIN ÜRETİLMESİ VE DOĞRULUK ANALİZİNİN İRDELENMESİ: BATMAN İLİ, ŞİRİNEVLER MAHALLESİ KENTSEL DÖNÜŞÜM BÖLGESİ ÖRNEĞİ)” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Harita Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Aydan YAMAN**

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.....

**Üye: Doç. Dr. Ali ULVİ**

Mersin Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum .....

**Üye: Prof. Dr. Ferruh YILMAZTÜRK**

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum .....

Tez Savunma Tarihi: 23/09/2024

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....  
Prof. Dr. Mehmet Ali HINIS  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinallliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

**Veysel YILDIZ**

## TEŞEKKÜR

**“İNSANSIZ HAVA ARACI (İHA) VE YERSEL ÖLÇÜM YÖNTEMİ İLE HALİHAZIR HARİTALARIN ÜRETİLMESİ VE DOĞRULUK ANALİZİNİN İRDELENMESİ: BATMAN İLİ, ŞİRİNEVLER MAHALLESİ KENTSEL DÖNÜŞÜM BÖLGESİ ÖRNEĞİ”** konulu yüksek lisans tez sürecimde değerli katkılarını ve desteklerini benden esirgemeyen eğitimime ve çalışmalarına katkı sağlayan Danışman Hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Aydan YAMAN’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca her zaman yanımda olan, desteğini ve sabrını esirgemeyen sevgili eşim İlknur YILDIZ’a ve çok sevdiğim oğlum Mert ve yeğenim Aren’e teşekkür ederim.

Son olarak, bugünlere gelmemde büyük emekleri olan ve maddi/manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen sevgili aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Veysel YILDIZ  
AKSARAY, 2024

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                                                |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| TEŞEKKÜR .....                                                                                                 | i    |
| İÇİNDEKİLER .....                                                                                              | iii  |
| ÖZET.....                                                                                                      | iv   |
| ABSTRACT .....                                                                                                 | v    |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                                                                          | vi   |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                                                                        | vii  |
| SİMGELER VE KISALTMALAR .....                                                                                  | viii |
| 1. GİRİŞ .....                                                                                                 | 1    |
| 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....                                                                                 | 4    |
| 3. İHA (İNSANSIZ HAVA ARACI) .....                                                                             | 11   |
| 3.1. İHA Teknolojisinin Tarihçesi.....                                                                         | 11   |
| 3.2. İHA Sistemleri.....                                                                                       | 13   |
| 3.2.1 İHA'ların Temel Öğeleri .....                                                                            | 13   |
| 3.2.2 İHA'ların Uçuş Prensipleri .....                                                                         | 14   |
| 3.2.3 İHA'ların Kullanım Alanları .....                                                                        | 15   |
| 3.2.4 İHA'ların Sınıflandırılması.....                                                                         | 17   |
| 3.2.5 İHA Görüntülerinin Elde Edilmesi ve İşlenmesi.....                                                       | 17   |
| 3.2.6 İHA Teknolojisinin Haritacılık Sektöründe Kullanımı .....                                                | 19   |
| 4. HALİHAZIR HARİTA ÜRETİMİ .....                                                                              | 20   |
| 4.1 Fotogrametrik Yöntemler .....                                                                              | 22   |
| 4.1.1 Klasik Fotogrametri Yöntemi ile Halihazır Üretilmesi .....                                               | 27   |
| 4.1.2 İnsansız Hava Aracı Uçuşu ile Halihazır Üretilmesi .....                                                 | 29   |
| 4.2 Yersel Yöntemleri .....                                                                                    | 30   |
| 4.2.1. Yersel Ölçüm Yöntemleri ile Halihazır Harita Üretilmesi .....                                           | 33   |
| 5. MATERYAL VE YÖNTEM .....                                                                                    | 35   |
| 5.1 Materyal .....                                                                                             | 35   |
| 5.1.1 Kullanılan Yazılımlar .....                                                                              | 35   |
| 5.1.2 Kullanılan Donanımlar .....                                                                              | 35   |
| 5.1.3 İş Akış Diyagramı.....                                                                                   | 39   |
| 5.1.4 Çalışma Bölgesinin Belirlenmesi .....                                                                    | 40   |
| 5.2 Yöntem .....                                                                                               | 41   |
| 5.2.1 Yer Kontrol Noktalarının Tesisi .....                                                                    | 41   |
| 5.2.2 Yer Kontrol Noktalarının GPS ile Ölçülmesi.....                                                          | 43   |
| 5.2.3 Uçuş Planı Hazırlanması.....                                                                             | 43   |
| 5.2.4 Hava fotoğraflarının değerlendirilmesi ile halihazır harita üretimi .....                                | 45   |
| 5.2.5 Yersel Ölçüm Yöntemi Kullanılarak GNSS-GPS ile Halihazır Harita Üretimi .....                            | 50   |
| 6. BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER .....                                                                          | 59   |
| 6.1 Fotogrametrik Nirengi Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....                                                 | 60   |
| 6.1.1 Denetleme Noktalarının Karesel Ortalama Hatası .....                                                     | 60   |
| 6.1.2 Yer Kontrol Noktalarının ve Karesel Ortalama Hatası.....                                                 | 62   |
| 6.1.3 Detay Noktaları ve Karesel Ortalama Hatası.....                                                          | 63   |
| 6.2 İnsansız Hava Aracı ve GNSS-GPS İle Üretilen Haritaların Birbirlerine Göre Avantaj Ve Dezavantajları ..... | 66   |
| 7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....                                                                                      | 68   |
| 8. KAYNAKLAR .....                                                                                             | 71   |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                                                                                  | 78   |

## YÜKSEK LİSANS TEZİ

# İNSANSIZ HAVA ARACI (İHA) VE YERSEL ÖLÇÜM YÖNTEMİ İLE HALİHAZIR HARİTALARIN ÜRETİLMESİ VE DOĞRULUK ANALİZİNİN İRDELENMESİ: BATMAN İLİ, ŞİRİNEVLER MAHALLESİ KENTSEL DÖNÜŞÜM BÖLGESİ ÖRNEĞİ

Veysel YILDIZ

Aksaray Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Aydan YAMAN

## ÖZET

İnsansız Hava Aracı (İHA); içinde pilotu ve yolcusu olmayan, sadece amaca uygun ekipman (video kamera, fotoğraf makinesi, GNSS, lazer tarama cihazı, vb.) taşıyan, uzaktan kumandalı otomatik uçabilme özelliğine sahip içerisinde uçuş ekibi (pilot) olmadan hareket eden araçlardır. Geçmişte zaman ve maliyet gerektiren veri temini işlemi teknolojinin gelişmesiyle birlikte daha kolay, hızlı ve pratik bir şekilde yapılabilmektedir. Birçok alanda olduğu gibi mühendislik çalışmalarında da veri toplama işlemi önemli süreçlerdendir. İHA'lar düşük maliyetli, hızlı ve yüksek hassasiyete sahip veri sağlamaktadır. Haritacılık faaliyetleri ile ilgili uygulamalarda kullanılan halihazır haritalardaki geometrik doğruluk ve hassasiyet oldukça önem taşımaktadır. Yapılan çalışmada Batman İli'nde bulunan Şirinevler Mahallesi kentsel dönüşüm bölgesi seçilmiştir ve bu bölgede hem İHA ile hem de yersel ölçüm teknikleri kullanılarak halihazır haritalar üretilip doğruluk araştırması yapılmış olup, çalışma alanının yüksek çözünürlüklü ortofoto haritası, sayısal yükseklik modeli, nokta bulutu verisi gibi veriler Pix4D yazılımında BÖHHBÜY'e uygun olarak halihazır harita üretimi ve haritanın paftalara ayrılması gibi işlemler ise Leica Photogrammetry Suite ve Microstation Pro600 yazılımları kullanılarak elde edilmiştir.

Üretilen bu sayısal verilerin İHA ile üretilmiş halihazır haritası ve yersel ölçüm yöntemleri ile elde edilen verilerle karşılaştırılması yapılmıştır. Sonuç olarak, İHA kullanımının halihazır harita üretiminde BÖHHBÜY'e uygun olarak yeterli doğruluğu sağlama, daha az zaman ve maliyet hususlarında alana katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Doğruluk, Halihazır Harita, İnsansız Hava Araçları, Yersel Ölçüm Teknikleri

Eylül, 2024; 78 sayfa

**M.Sc. THESIS**

**PRODUCTION OF CURRENT MAPS WITH UNMANNED AERIAL  
VEHICLE (UAV) AND TERRESTRIAL MEASUREMENT METHOD AND  
EXAMINATION OF ACCURACY ANALYSIS: EXAMPLE OF BATMAN  
PROVINCE, ŞİRİNEVLER DISTRICT, URBAN TRANSFORMATION  
ZONE**

**Veysel YILDIZ**

**Aksaray University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Geomatics Engineering**

**Supervisor: Asst. Prof. Dr. Aydan YAMAN**

**ABSTRACT**

Unmanned aerial vehicles (UAVs) are vehicles that lack a pilot or passenger, carry only equipment appropriate to the intended purpose (e.g. a video camera, camera, GNSS, laser scanning device, etc.), and have the capacity to fly either remotely or automatically. Data acquisition, which in the past required time and cost, can now be done more easily, quickly and practically with the development of technology. As in many fields, data collection is an important process in engineering studies. In this context, UAVs provide low-cost, fast and high-precision data. Geometric accuracy and precision in current maps used in applications related to geomatics activities are very important. In this study, Şirinevler District, urban transformation zone, located in Batman Province, was selected as the study area. Data such as high-resolution current map of the study area, digital elevation model, and point cloud were produced in Pix4D software. In addition, the current map production process was carried out in Leica Photogrammetry Suite ve Microstation Pro600 software. Thus, in the study area, current maps were produced using both UAV and terrestrial measurement techniques, accuracy research was carried out, and the advantages of both methods and the resulting accuracy were compared. As a result, it has been seen that the use of UAV provides sufficient accuracy in the production of current maps in accordance with the regulation (BÖHKBÜY) and provides advantages in terms of time and cost.

**Keywords:** Accuracy, Current Map, Unmanned Aerial Vehicles, Terrestrial Measurement Techniques

**September, 2024; 78 pages**

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.1. İnsansız hava araçları.....                                               | 11 |
| Şekil 3.2. İHA'ların yıllara göre değişimi (Rice, 2018) .....                        | 12 |
| Şekil 3.3. Günümüzde çeşitli İHA'larla yapılan çalışmalar.....                       | 12 |
| Şekil 3.4. İHA kontrol eksenleri ve yüzeyleri (Çallı, 2021). ....                    | 14 |
| Şekil 3.5. Enine ve boyuna bindirme durumu. ....                                     | 18 |
| Şekil 4.1. Fotogrametrinin matematiksel modeli ( Marangoz, 2002).....                | 23 |
| Şekil 4.2. Yersel fotogrametrik izdüşüm modeli (Marangoz, 2002). ....                | 23 |
| Şekil 4.3. Kaynak görüntü ve kaynak görüntü içerisinde aranacak nesne.....           | 26 |
| Şekil 4.4. 2014 yılı fotogrametrik uçuş ile üretilen halihazır harita. ....          | 28 |
| Şekil 4.5. 2019 yılı İHA ile üretilen halihazır harita.....                          | 30 |
| Şekil 4.6. Uydularının yörüngeleri üzerindeki durumları.....                         | 32 |
| Şekil 4.7. Uzak bölümü, kontrol bölümü ve kullanıcı bölümü arasındaki ilişki. ....   | 32 |
| Şekil 4.8. 2014 yılına ait yersel ölçüm yöntemi ile üretilmiş halihazır harita. .... | 33 |
| Şekil 5.1. Matrice 300 Rtk (İnsansız hava aracı, kontrol kumandası ve piller).....   | 35 |
| Şekil 5.2. CHCNAV İ83 GNSS-GPS alıcısı.....                                          | 36 |
| Şekil 5.3. Uygulamaya ait iş akış diyagramı.....                                     | 39 |
| Şekil 5.4. Çalışma bölgesi: Batman İli Merkez İlçesi Şirinevler Mahallesi .....      | 40 |
| Şekil 5.5. YKN ve denetleme noktalarının çalışma bölgesine dağılımı. ....            | 41 |
| Şekil 5.6. Yer kontrol noktaları tesisi. ....                                        | 42 |
| Şekil 5.7. YKN'lerin hava fotoğraflarındaki görünümü .....                           | 42 |
| Şekil 5.8. Yer kontrol noktalarının GPS ile ölçülmesi .....                          | 43 |
| Şekil 5.9. Çalışma bölgesine ait uçuş planlaması. ....                               | 44 |
| Şekil 5.10. Hava fotoğraflarının eklenmesi ve proje parametreleri seçimi. ....       | 46 |
| Şekil 5.11. Birincil process parametreleri.....                                      | 47 |
| Şekil 5.12. Nokta bulutu ve mesh parametreleri .....                                 | 48 |
| Şekil 5.13. Noktaların stereo değerlendirilmesi.....                                 | 50 |
| Şekil 5.14. Ortofoto ve gerçek ortofoto. ....                                        | 50 |
| Şekil 5.15. Yersel yöntemle halihazır üretimine ait iş akış şeması.....              | 53 |
| Şekil 5.16. Yersel yöntemlerle halihazır haritası üretilecek 3 bölge. ....           | 54 |
| Şekil 5.17. 1. Bölgeden seçilen 20 tane detay noktası. ....                          | 54 |
| Şekil 5.18. 2. Bölgeden seçilen 16 tane detay noktası. ....                          | 55 |
| Şekil 5.19. 3. Bölgeden seçilen 15 tane detay noktası. ....                          | 56 |
| Şekil 5.20. 1. Bölgeye ait halihazır harita.....                                     | 57 |
| Şekil 5.21. 2. Bölgeye ait halihazır harita.....                                     | 57 |
| Şekil 5.22. 3. Bölgeye ait halihazır harita.....                                     | 58 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 3.1. İHA'nın uygulama alanları .....                                                                                                          | 16 |
| Çizelge 5.1. Matrice 300 Rtk markalı İHA'nın özellikleri .....                                                                                        | 36 |
| Çizelge 5.2. CHCNAV İ83 GNSS-GPS alıcısının özellikleri .....                                                                                         | 37 |
| Çizelge 5.3. DJI Zenmuse P1 kamerasının başlıca özellikleri. ....                                                                                     | 38 |
| Çizelge 5.4. Çalışma bölgesine ait uçuş parametreleri. ....                                                                                           | 44 |
| Çizelge 6.1. Denetleme noktalarının kesin ve hesaplanan koordinat değerleri ile<br>bu koordinatların cm cinsinden farkları.....                       | 61 |
| Çizelge 6.2. Denetleme noktalarının karesel ortalama hatası .....                                                                                     | 61 |
| Çizelge 6.3. YKN'lerin kesin ve hesaplanan koordinat değerleri ile bu<br>koordinatların cm cinsinden farkları.....                                    | 62 |
| Çizelge 6.4. YKN'lerin karesel ortalama hatası .....                                                                                                  | 63 |
| Çizelge 6.5. Detay noktalarının kesin ve hesaplanan koordinat değerleri ile bu<br>koordinatların cm cinsinden farkları.....                           | 64 |
| Çizelge 6.5. (devam)Detay noktalarının kesin ve hesaplanan koordinat değerleri<br>ile bu koordinatların cm cinsinden farkları.....                    | 64 |
| Çizelge 6.6. Detay noktalarının karesel ortalama hatası.....                                                                                          | 65 |
| Çizelge 6.7. İHA ve yersel ölçüm yöntemi kullanılarak elde edilen halihazır<br>haritaların maliyet, zaman ve iş gücü yönünden karşılaştırılması ..... | 66 |

## KISALTMALAR VE SİMGELER

|                |                                                                                                                    |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>3B</b>      | Üç Boyutlu                                                                                                         |
| <b>BÖHHBÜY</b> | Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği                                                        |
| <b>CNN</b>     | Convolution Neural Network (Evrişimli Sinir Ağı)                                                                   |
| <b>DGPS</b>    | Differential GPS- Ayrımsal Küresel Konumlama Sistemi                                                               |
| <b>GNSS</b>    | Global Navigation Satellite System- Küresel Konum Belirleme Sistemi                                                |
| <b>GPS</b>     | Global Positioning System-Küresel Konumlama Sistemi                                                                |
| <b>GSD</b>     | Ground Sampling Distance- Yer Örnekleme Aralığı                                                                    |
| <b>IHA</b>     | İnsansız Hava Aracı                                                                                                |
| <b>IHAS</b>    | İnsansız Hava Aracı Sistemleri                                                                                     |
| <b>IMU</b>     | Inertial Measurement Unit (Ataletsel Ölçü Birimi)                                                                  |
| <b>ISPRS</b>   | International Society for Photogrammetry and Remote Sensing- Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği |
| <b>ITRF96</b>  | International Terrestrial Reference Frame 1996- Uluslararası Yersel Referans Sistemi                               |
| <b>NASA</b>    | National Aeronautics and Space Administration Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi                                     |
| <b>PPK</b>     | Post-Processing Kinematics-Hassas Konumlandırma Teknolojisi                                                        |
| <b>PPM</b>     | Pixel Per Meter-Bir Metreye Düşen Piksel Sayısı                                                                    |
| <b>RCNN</b>    | Recurrent Convolution Neural Network (Tekrarlayan Evrişimli Sinir Ağı)                                             |
| <b>RTK</b>     | Real Time Kinematic- Gerçek Zamanlı Kinematik                                                                      |
| <b>RS</b>      | Kotları belli olan hassas nokta                                                                                    |
| <b>RMS</b>     | Root Mean Square                                                                                                   |
| <b>SAM</b>     | Sayısal Arazi Modeli                                                                                               |
| <b>SYM</b>     | Sayısal Yükseklik Modeli                                                                                           |
| <b>SHGM</b>    | Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü                                                                                    |
| <b>TDK</b>     | Türk Dil Kurumu                                                                                                    |
| <b>TUSAGA</b>  | Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı                                                                                      |
| <b>UAS</b>     | Unmanned Aerial Systems- İnsansız Hava Aracı                                                                       |
| <b>UAV</b>     | Unmanned Aerial Vehicle- İnsansız Hava Aracı                                                                       |
| <b>UTM</b>     | Universal Transverse Mercator- Evrensel Enlem Merkatörü                                                            |
| <b>YKN</b>     | Yer Kontrol Noktası                                                                                                |
| <b>YÖA</b>     | Yer Örnekleme Aralığı                                                                                              |

## KISALTMALAR VE SİMGELER

|                 |                                  |
|-----------------|----------------------------------|
| <b>cm</b>       | Santimetre                       |
| <b>m</b>        | metre                            |
| <b>Km</b>       | kilometre                        |
| <b>mm</b>       | milimetre                        |
| <b>Kg</b>       | Kilogram                         |
| $\omega$        | Enine Eğiklik Açısı              |
| $\phi$          | Boyuna eğiklik açısı             |
| $\chi$          | Dönüklük açısı                   |
| $X_0, Y_0, Z_0$ | İzdüşüm merkezinin üç koordinatı |



## 1.GİRİŞ

İnsansız Hava Araçlarına (İHA), monte edilen kameralar sayesinde yeryüzünün belli açılarda fotoğraflarının çekilmesi ve sahip oldukları bataryaların uçuş sürelerine göre otonom veya sahip oldukları pillerin uçuş sürelerine bağlı olarak yarı otonom olarak uçuş yapmalarında yersel ölçüm tekniklerinden daha iyi performans gösterdikleri görülmüştür. İHA'lara monte edilen kameralar sayesinde oluşturulan görüntüler, insanların ulaşamayacağı tehlikeli bölgeler ya da zor olabilecek alanlarda ölçümler yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. İHA'ların yeryüzüne ait haritaların üretilmesi sırasında kullanılması, diğer fotogrametrik yöntemlere kıyasla çok yüksek konumsal ve zamansal çözünürlükte görüntülerin kısa sürede ve düşük maliyetle oluşturulmasını sağlamaktadır. İHA'lar, son teknoloji haritalama, modelleme ve izleme fırsatları sunan uzaktan algılama platformları olsa da uydu ve yersel ölçekleri arasında bir köprü görevi görerek hem zamansal hem de uzamsal çözünürlüklü uydu görüntülerinin yerine geçmektedir (Özcan ve Akay, 2016).

İnsansız Hava Araçları Sisteminin (İHAS) kullanımı sonucu ortaya çıkan ürünlerden birisi de ortofoto haritalardır. Ortofoto harita, hava araçlarından çekilen görüntülerde yeryüzüne ait 3 boyutlu koordinat (x, y, z) sistemi bilgisini içeren hava fotoğraflarının, dönüklük, yükseklik hataları giderilerek, ölçekli ve mevcut deformasyon hatalarının giderilmesi ile yeniden düzenlenerek elde edilen harita türüdür. Ortofoto haritalar kamu kurum ve kuruluşları veya özel sektör tarafından hazırlanıp uygulanan projelerde altlık olarak kullanılabileceği gibi akademik ve bilimsel anlamda yapılan çalışmalara kaynak olmaktadır. Bu sebeple ortofoto haritaların yapılacak çalışmanın niteliğine uygun çözünürlükte ve doğrulukta üretilebilmesi, akademik ve bilimsel çalışmaların veya projelerin sağlıklı ve verimli bir şekilde yürütülmesine yardımcı olacaktır (Kadı, 2021).

İHAS ile halihazır harita üretilmesi yersel ölçü yöntemleri ve uzaktan algılama teknikleri ile halihazır harita yapımı usul ve esasları arasında kompoze edilmiş bir yöntemdir. Haritası yapılacak alanda detay alımını gerektiren her türlü ölçü takımları uydu veya uçaktan farklı olarak düşük irtifada uçuş yapan İHA'lara entegre edilmektedir. Konumsal verilerin bütünü yer kontrol noktaları dahil olmamakla birlikte gök yüzünden güvenli bir şekilde gerçekleştirilmektedir (Ağca M vd., 2020).

Son yıllarda, İHA'ya daha hassas bir GNSS alıcısı sağlayan RTK İHA olarak bilinen yeni bir konsept ortaya çıkmıştır. Konum belirleme için uygulanan yöntemler bir modelden diğerine farklılık gösterse de genel olarak bu yöntemlerin amacı pozlama anında kameranın yüksek doğruluklu konumunu bulmaktır. Bu da teoride herhangi bir yer kontrol noktası kullanma ihtiyacını ortadan kaldırarak operatöre doğrudan yöneltme yapma imkanını sağlamaktadır (Thiab, 2022).

Halihazır haritalar, 30.04.2018 tarihinde Bakanlar Kurulu tarafından yürürlüğe konan ve Kanun Numarası 2018/11962 olan ‘Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği’ne (BÖHHBÜY) uygun olarak hazırlanır. Bu yönetmelik, kökenini 22.04.1925 tarihli ve 657 sayılı kanundan alır. Yani, halihazır harita üretimi ile ilgili yönetmeliklerin 1925 yılına dayanması, o tarihlerden bu yana teknik projelerde halihazır haritaların temel altlık olarak kullanılma gereğinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca, halihazır haritalar, 3194 sayılı İmar Kanunu’nun 7/a maddesi çerçevesinde onaylanmaktadır (BÖHHBÜY, 2018).

Halihazır haritalar ile ilgili 3194 Sayılı İmar Kanunu’nun 7/a maddesinde “Halihazır harita ve imar planlarının yapılmasında halihazır haritası bulunmayan yerleşim yerlerinin halihazır haritaları belediyeler veya valiliklerce yapılır veya yaptırılır. Bu haritaların tasdik mercii belediyeler ve valilikler olup tasdikli bir nüshası bakanlığa, diğer bir nüshası da ilgili tapu dairesine gönderilir.” ibaresi yer aldığından dolayı iş ve işlemler bu hüküm çerçevesinde yapılmalıdır (BÖHHBÜY, 2018).

Harita, yeryüzünün tümünün ya da bir parçasının belirli oranlarda küçültülmüş bir şekilde bir düzlem üzerinde gösterimidir. Haritanın temel işlevi, bölgenin topografyası ya da ilişkili diğer konularda, jeolojisi, jeomorfolojisi, iklimi, trafiği, yeraltı kaynakları, değişik bakış açılarından ekonomisi vb. hakkında bilgi vermektir. Halihazır içinde bulunulan durum anlamına gelmektedir.

Halihazır harita; araziye ait gözle görülebilen nirengi noktaları, poligon noktaları, RS (Yardımcı Nivelman Noktaları) noktaları, binaları ve binaların kat adedini, kaldırımları, yolları, sokakları, ağaçlar, elektrik direkleri, ada-parcel numaraları, dere, tepe, nehir gibi doğal, karayolu, demiryolu, her türlü yapı ve tesis, kanal gibi suni unsurları gösteren haritalardır. Halihazır haritalar genellikle 1/1000 ve 1/5000 ölçekli düzleme aktarılan haritalardır.

Yapılan alışma, İHA fotogrametrisinde konum doğruluğu ve hassasiyetinin en az hatayla belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiş olup, İHA ve yersel ölçüm yöntemi kullanarak üretilen halihazır haritalarda yer alan detay noktalarının koordinatları birbirleri ile karşılaştırılarak konum doğrulukları araştırılmıştır. Batman Belediyesinden tez konusu kapsamında doğruluk ve hassasiyet irdelemesi yapılmak üzere bölgeye ait hava fotoğrafları ve yer kontrol noktaları temin edilmiştir.



## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

İHA'lar özellikle son yıllarda farklı teknolojik gelişmelerden etkilenmiş ve hemen hemen bütün sektörlerde çeşitli amaçlarla kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle haritalama amaçlı Büyük Ölçekli Harita ve Harita Yapım Yönetmeliği'ne konu olan fotogrametrik harita yapımının yönetmelikte kabulü ile İHA yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır.

İnsansız hava araçları (İHA), içerisinde uçuş ekibi (pilot) olmadan, aerodinamik uçuş prensiplerine göre aralıksız olarak otomatik ya da yarı otomatik uçabilme özelliğine sahip araçlardır (Saripalli, 2003). İHA kullanımında yer ile irtibatı sağlayan tümleşik otomasyon sistemleri İnsansız Hava Aracı Sistemleri (İHAS) olarak tanımlanmaktadır. İHA kullanımının ilk örnekleri I. Dünya Savaşı sırasında ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda İHA'lar askeri amaçlar doğrultusunda taarruz, izleme, keşif, gözetleme ve haritalama görevlerinde kullanılmıştır (Remondino vd., 2011). Geomatik uygulamalar için gerçekleştirilen ilk sivil çalışma ise Przybilla ve Wester-Ebbinghaus (1979) tarafından yapılmıştır.

Günümüzde teknolojinin gelişimine paralel olarak İHA'ların; başta askeri uygulamalar olmak üzere, jeolojik ve meteorolojik araştırmalar, arkeolojik alanların incelenmesi, radyasyon seviyesinin incelenmesi, heyelanların incelenmesi, doğal afet yönetimi, uluslararası sınır devriyesi, orman yangını tespiti, deformasyon analizi, yeryüzünün haritalanması ve üç boyutlu şehir veya arazi modelleme gibi kullanım alanları bulunmaktadır (Okuyama vd., 2005; Ollero vd., 2006; Niethammer vd., 2012; Chang-chun vd., 2011; Chiabrando vd., 2011; Xiang ve Tian, 2011; Xiaofeng vd., 2012; Mozas-Calvache vd., 2012; Malet ve Bogaard, 2012; Yılmaz vd., 2013).

Uzaktan algılama çalışmalarında, diğer ülkelerde olduğu gibi, algılayıcı sistemlerin İHA'lar aracılığıyla kullanılması, veri toplama sürecinde daha düşük maliyetlerle yüksek hassasiyette veri elde etme olanağı sağlamaktadır (Wing vd., 2014).

İHA'lar kullanılarak yapılan çok alçak uçuşlarda elde edilen yüksek hassasiyetli görüntüler, geleneksel hava fotogrametrisiyle sağlanan görüntülere oranla daha düşük maliyetlerle üretilmektedir (Esposito vd., 2014).

Başta askeri amaçlı olarak ortaya çıkan İHA sistemleri, günümüzde üzerine eklenen farklı özellikler ile farklı amaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır. Bu bağlamda İHA'lar doğal kaynak yönetiminde ve ormanlık alanlarda görüntüleme, değerlendirme ve yönetim amaçlı birçok farklı kullanım amacına hizmet etmektedir. Mera alanların sınıflandırılması ve değerlendirilmesi (Rango vd., 2009; Laliberte vd., 2009; Laliberte vd., 2010), bitkilerdeki biomass ve nitrojen miktarının hesaplanması (Hunt vd., 2005), vejetasyon değişiminin izlenmesi (Berni, 2009), tepe çapı genişliği ve ağaç yüksekliğinin belirlenmesi (Lisein vd., 2013; Zarco vd., 2014), bölmeden çıkarma çalışmaları sonucunda oluşan toprak zararının belirlenmesi (Pierzchala, 2014), yollardaki deformasyon oranının belirlenmesi (Zhang ve Elaksher, 2012), orman yangınların takibi ve yangın sonrası konumsal durum değerlendirmesi (Ambrosia vd., 2003; Horcher ve Visser, 2004) gibi farklı çalışma alanlarında kullanılmaktadır. Toprak (2014), İHA'ların çeşitli mühendislik disiplinlerindeki kullanımları üzerine araştırmalar gerçekleştirmiştir. Bu çalışmalar sonucunda, İHA'lar kullanılarak Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği'nde belirtilen hassasiyet ve doğrulukta veriler elde etmiştir.

Kılınçoğlu (2016), yapmış olduğu çalışmada İHA fotogrametrisi ile farklı özelliklerdeki İHA'ların aynı uygulama alanında kullanılabilirliği üzerine çalışmalar yapmıştır. Bu doğrultuda 3 farklı İHA kullanmıştır. Birinci İHA için uçuş yüksekliğini 80 m, ikinci İHA için uçuş yüksekliğini 100 m ve üçüncü İHA için uçuş yüksekliğini 300 m olacak şekilde belirlemiştir. Çalışma neticesinde YKN'lere ait karesel ortalama hataların; 80 m yüksekliğinde uçuş yapan İHA için 9,6 cm, 100 m uçuş yüksekliğindeki İHA için 7,9 cm ve 300 m uçuş yüksekliğindeki İHA için 50,3 cm olduğu belirtilmiştir.

Tükenmez (2021) yaptığı çalışmada, karayolu projelerinin hazırlanmasında kullanılan halihazır haritaların üretimi, karayolu güzergahlarının planlanması ve kübaj hesaplarının yapılması konularında araştırmalar gerçekleştirmiştir. Teknik olarak yersel yöntemler ve İHA teknolojilerini kullanarak halihazır haritalar üretmiştir. Çalışmanın sonucunda, İHA ile üretilen sayısal halihazır haritalar ve sayısal arazi modelinin, diğer yersel yöntemlerle elde edilen haritalara kıyasla istenilen hassasiyeti sağladığı ve zaman ile maliyet açısından avantajlar sunduğunu tespit etmiştir.

Ajayi ve Oruma (2022) yapmış oldukları çalışmada yersel yöntemler ile İHA'ları kullanılarak elde ettikleri halihazır haritaların doğruluk, hassasiyet, zaman ve maliyet yönünden karşılaştırılması yapılmıştır. Bu çalışma neticesinde İHA'nın yersel yöntemlere göre 2,5 kat daha hızlı ve 9 kat daha ucuz olduğunu gösteren maliyet ve zaman analizinin yanı sıra, otomatik olarak çıkarılan sınırlar ve arazi parsellerinin alanı da zemin etüdü yaklaşımı kullanılarak üretilen etüt planlarıyla karşılaştırılmış ve sonuç, mülklerin otomatik olarak çıkarılan mekânsal bilgilerinin yaklaşık %99'unun kabul edilebilir doğruluk aralığında olduğunu göstermiştir. Elde edilen sonuçlar, İHA-fotogrametri ve otomatik özellik çıkarma entegrasyonunun kadastral haritalamada uygulanabilir olduğunu ve proje süresi ve maliyeti açısından önemli avantajlar sunduğunu kanıtlamıştır.

Selek (2019) yaptığı çalışmada, yersel yöntemler ve İHA'lar kullanarak envanter verisi toplama, ağaç sayısı ve boyunu belirleme ve farklı arazi modellerine sahip bölgelerin topoğrafya modellemesi konularında araştırmalar yapmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, İHA'ların ormancılık faaliyetlerinde yönetim ve planlama süreçlerinde yeterli doğruluğu sağladığı, ayrıca zaman ve maliyet açısından önemli avantajlar sunduğunu ortaya koymuştur.

Yılmaz vd. (2013) yapmış oldukları çalışmada İHA kullanılarak elde edilen ortofoto haritanın konum hassasiyetini irdemişlerdir. Değerlendirmeler sonucunda üretilen ortofoto haritanın hassasiyetinin yatayda yaklaşık 7-8 cm civarında olduğu belirlenmiştir.

Yılmaz vd. (2018) yapmış oldukları çalışmada yersel yöntemler ile İHA teknolojisi kullanılarak Aksaray Üniversitesi kampüsünün halihazır haritasını yaparak düşük maliyet ve risk ile herhangi bir insanı, tehlikeli durumlara veya tehlikeli bölgelere sokmadan ulaşılması mümkün olmayan veya tehlikeli bölgelere ulaşılması olanağı irdelenmiştir. Bu çalışma neticesinde klasik hava fotogrametrisine kıyasla küçük alanların halihazır haritalarının, sayısal arazi modellerinin, sayısal yükseklik modellerinin ve birçok disiplin tarafından kullanılan ortofoto haritaların İHA kullanılarak uygun konum ve yükseklik hatalarına sahip, daha kısa sürede ve daha ekonomik olarak üretilbileceği sonucuna varılmıştır.

Mahmod (2017) yapmış olduğu çalışmada İHA verileri ile Aksaray Üniversitesi kampüs camiiinin 3B modelini 50 ve 100 m irtifadan iki farklı çözünürlükteki kamera kullanarak, hangi uçuş yüksekliğinde camiiinin uygun doğrulukta üç boyutlu modelinin oluşturulması olanağı irdelenmiştir. Bu çalışma neticesinde 50 m uçuş yüksekliğinde toplam ortalama hatayı 4,85 cm, 100 m uçuş yüksekliği için ise 5,16 cm olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca kullanılan İHA'nın eğik resim çekememesi nedeniyle camiiinin minaresinin tam olarak modellenemeyeceğini tespit etmiştir. Ancak, İHA'yla uygun şekilde resim çekilmesi durumunda, bu tür yapıların doğru bir şekilde üç boyutlu modellenebileceği sonucuna varılmıştır.

Shamta (2023) yapmış olduğu çalışmada İHA ile orman yangınlarının erken tespiti, tespit edilen alanın yangın görüntülerini ve koordinatlarını gösteren yapay zekâ teknoloji ile nesne sınıflandırma ve nesne algılayıcı programların entegrasyonunun yapılması konusunda çalışmalar yapmıştır. Bu çalışma neticesinde, orman yangınlarının erken tespit edilebilmesi için derin öğrenme teknolojilerinin kullanılabileceğini, ayrıca bu tür doğal afetlerin etkilerini minimum seviyeye indirgenebileceğini göstermektedir.

Erdoğan (2016) gerçekleştirdiği çalışmada, aynı platform kullanılarak farklı yüksekliklerde yapılan uçuşların jeodezik ölçümlerle karşılaştırılması yoluyla, karayolu projelerinde İHA'nın kullanılabilirliğini irdemiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda İHA ile yapılan haritaların, yersel yöntemle yapılan haritalara göre daha az maliyetli olduğu ve daha kolaylık sağladığı sonucuna varılmıştır.

Çallı (2021) yapmış olduğu çalışmada GNSS-RTK nitelikli İHA ile bu özelliği bulunmayan İHA kullanarak eşit şartlarda elde etmiş olduğu hava fotoğraflarını Pix4D Mapper ve Agisoft Metashape fotogrametri yazılımlarını kullanarak, üretilen ortofotoların doğruluklarını karşılaştırmıştır. Uygulama sonucunda elde edilen verilere göre GNSS-RTK özellikli İHA verilerinin diğer İHA verisine göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. GNSS-RTK özelliğine sahip olmayan İHA ile elde edilen veri setlerinin yatay konum doğruluğunda Agisoft Metashape yazılımının daha iyi sonuçlar sağladığı, düşey konum doğruluğunda ise Pix4D Mapper yazılımının daha iyi performans gösterdiği belirtilmiştir.

Özcan (2017) yapmış olduğu çalışmada İHA ile farklı uçuş yüksekliklerinden elde edilen görüntüler ile SYM ve nokta bulutu oluşturulmuştur. Elde edilen ortofoto haritaların doğruluk analizi için YKN koordinatları DGPS (Differential-GPS) yöntemiyle ölçülmüş ve karşılaştırmada kullanılmıştır. Ortofoto haritaların doğrulukları yatayda yaklaşık 5-6 cm civarında, düşeyde ise 9 cm'e varan değerler olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca çalışmada topografyada meydana gelen ani yükseklik değişimlerinin ürün doğruluklarına olumsuz etki ettiği belirtilmiştir.

Karkınlı vd. (2015) gerçekleştirdikleri çalışmada, 48 hektarlık bir alanda İHA ile uçuş yapmışlardır. Çalışmanın amacı, İHA'nın yatay ve düşey konum bilgilerinin doğruluk analizini yapmak olmuştur. 100 metre yükseklikten yapılan uçuş sırasında, %70 enine ve %25 boyuna bindirme oranlarıyla toplam 720 hava fotoğrafı elde edilmiştir. Veri işleme yazılımı ile 5 tane YKN ile dengelenmiştir. Yapılan analizler neticesinde yatay doğruluk 6,6 cm, düşey doğruluk 8,5 cm olarak hesaplanmıştır. Saptanan doğruluk değerlerine göre İHA'nın mühendislik faaliyetlerinde kullanılabileceği belirtilmiştir.

Yaman (2018), Farklı Yüksekliklerden Kayıt Edilen Sayısal Hava Görüntülerinden Üretilen Ortofotolarda Doğruluk Araştırması isimli çalışmasında üç farklı yer örnekleme aralığında çekilen dijital hava görüntülerini kullanarak Aksaray Üniversitesi kampüs bölgesinin üç farklı ortofoto mozaik görüntüsünü üretmiştir. Her bir ortofoto mozaik görüntüden elde edilen konumsal verilerin doğruluk analizi yapılmış ve 7 cm YÖA ile çekilen dijital hava görüntülerinden elde edilen ortofoto mozaikte  $\pm 19,37$  cm, 15 cm YÖA ile çekilen dijital hava görüntülerinden elde edilen ortofoto mozaikte  $\pm 19,43$  cm, ve 25 cm YÖA ile çekilen dijital hava görüntülerinden elde edilen ortofoto mozaikte  $\pm 19,61$  cm karesel ortalama hata bulunmuştur. 20 cm ve üzeri doğruluk gerektiren projelerde bu ortofoto mozaiklerin kullanılabileceği belirlenmiş, bu durumun hem avantaj hem maliyet açısından hem de üretim hızı bakımından kullanıcılara önemli kolaylıklar sağlayacağını tespitini yapmıştır.

Tercan (2018), Karayolu Ölçmelerinde İnsansız Hava Araçlarının Kullanılması: Okurcalar Şehir Merkezi Örneği isimli çalışmasında İHA ile çekilen hava fotoğraflarını kullanarak 700 metrelik karayolu koridorunun 4,9 cm yer örnekleme aralığında ortofoto görüntüsü ve nokta bulutunu elde etmiş ve doğruluğunu test etmiştir. Çalışma bölgesine CORS-RTK yöntemi ile 7 tane yer kontrol noktası tesis etmiş ve bu noktaların karesel ortalama hatalarını (RMS) my:0.0388 m, my:0,0018 m

ve  $mz:0,0389$  m olarak hesaplamıştır. Sonuç olarak toprak zeminde 7,32 cm ve sert zeminde 3,96 cm düşey doğruluk elde etmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, İHA sistemlerinin, topografik olarak düz karayolu koridorlarında ve bitki örtüsü az veya hiç bulunmayan açık alanlarda ortofoto görüntü, sayısal yükseklik verisi ve arazi modeli üretiminde etkili bir şekilde kullanılabileceğini tespit etmiştir.

Arslanbek (2009), “Farklı kaynaklardan elde edilen sayısal yükseklik modellerinin ortofoto doğruluğuna etkilerinin araştırılması” başlıklı çalışmada yer örnekleme aralığı 43 cm olan hava fotoğraflarını kullanarak, 2,5 m ve 10 m aralıklarında sayısal yükseklik modellerini ortaya koymuş ve doğruluğunu irdelemiştir. Sonuç olarak, sayısal yükseklik modellerinin karesel ortalama hatalarının 0.3 m ile 0.5 m arasında değiştiği, ortofotoların doğruluğunun ise 0.25 m ile 0.60 m arasında olduğunu tespit etmiştir.

Uysal vd., (2015), yapmış oldukları çalışmada İHA fotogrametrisi ile üretilen SYM'nin doğruluğunu irdelemişlerdir. Uçuş yüksekliği 60 m olan hava fotoğraflarından üretilen SYM'nin 30 tane kontrol noktası ile karşılaştırılması sonucunda yükseklik bileşeninde 6,62 cm düşey doğruluk elde etmişlerdir. Böylelikle, İHA fotogrametrisi kullanılarak elde edilen haritaların, mühendislik uygulamalarında düşük maliyet, zamandan kazanç, minimum saha çalışması avantajları ile kullanılması sonucuna ulaşmışlardır.

İzci (2024), yapmış olduğu çalışmada yer kontrol nokta (YKN) sayısı ve dağılımının harita üretim hassasiyetine etkisini incelemiştir. Çalışma alanı 722 ha olup, uçuş yüksekliği 428 m ve  $YÖA=5,13$  olarak belirlenmiştir. YKN sayısının ve dağılımının  $RMSE_{xy}$  ve  $RMSE_z$  değerleri üzerindeki etkisinin sonuçlarını dört farklı senaryoda test etmiştir. Birinci senaryoda kenar dağıtım yöntemi baz alınarak, YKN sayısı kombinasyonlarına (4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40 YKN) göre  $RMSE_{xy} = 6.20-3.20$  cm ve  $RMSE_z = 7.20-4.70$  cm aralığında hassasiyet elde edilmiştir. İkinci senaryoda merkez dağıtım yöntemi baz alınarak, YKN sayısı kombinasyonlarına (4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40 YKN) göre  $RMSE_{xy} = 15.00-6.70$  cm ve  $RMSE_z = 24.90-13.30$  cm aralığında hassasiyet elde edilmiştir. Üçüncü senaryoda homojen dağıtım yöntemi baz alınarak, YKN sayısı kombinasyonlarına (4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40 YKN) göre  $RMSE_{xy} = 7.50-4.80$  cm ve  $RMSE_z = 6.80-4.00$  cm aralığında hassasiyet elde edilmiştir. Dördüncü senaryoda köşeden merkeze çapraz

dağıtım yöntemi baz alınarak, YKN sayısı kombinasyonlarına (4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40 YKN) göre  $RMSE_{xy} = 14.70-6.00$  cm ve  $RMSE_z = 24.10-12.90$  cm aralığında hassasiyet elde edilmiştir. Değerlendirmeler sonucu YKN sayısındaki artışın yatayda ve düşeyde doğruluğun arttığını göstermiştir. Ancak  $RMSE_{xy}$  değeri için en hassas yöntemin kenar dağıtım yöntemi olduğu,  $RMSE_z$  değeri için ise homojen dağıtım yöntemi olduğu ortaya konulmuştur.

Yapılan çalışma sonucunda, İHA ile elde edilen halihazır harita verilerinin yersel ölçüm yöntemleri ile üretilen halihazır haritalara göre; hızlı ölçülebilmesi, veri işleme hızı, daha az iş gücü, ölçekli çalışma, maliyet ve zaman açısından kazanç sağlamakla birlikte, doğruluk ve hassasiyet açısından birbirlerine yakın sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

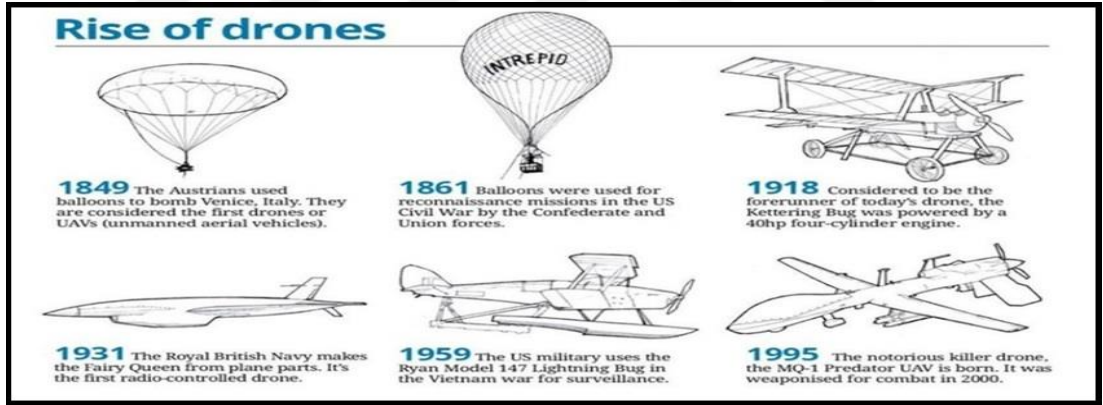
Halihazır harita üretme çalışmaları son yıllarda kullanılan yeni teknikler sayesinde daha kolay, hassas, ekonomik ve kısa sürede yapılmaktadır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde halihazır harita üretimi çalışmalarının çoğunlukla yersel ölçüm yöntemleri ile yapıldığı görülmektedir. İHAS ile üretilen halihazır haritaların bilimsel ve akademik anlamda belirli doğruluk ve hassasiyet gibi standartları yakaladığı görülmektedir.

Son zamanlarda fotogrametrik ölçüm yöntemleri ve İHA ile yapılan çalışmalar bulunmakla birlikte, doğruluk ve hassasiyet karşılaştırmaların yetersizliği sebebi ile literatürdeki bu boşluğun doldurularak ileride yapılacak çalışmalar için de altlık olması amaçlanmaktadır. Ayrıca bu çalışma ile İHA fotogrametrisinin halihazır harita üretimine katkısı da araştırılmış olacaktır.



İHA'lar 19'uncu yüzyılın başlarında üretilmeye başlanmış, teknolojinin gelişimi ile askeri amaçla geliştirilmiştir. Savaşlardaki pilot kayıplarını asgari seviyeye indirmek, keşif, gözlem ve istihbarat bilgileri toplamak amacıyla pilotsuz hava araçları üretilmeye başlanmıştır. İnsansız hava aracının askeri amaç dışında kullanımı ikinci dünya savaşından sonra gelişme göstermiş, NASA tarafından yapılan bilimsel çalışmalar neticesinde hızla ilerleyerek sektörde bir ivme kazanmıştır. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte sürekli ilerleme kaydeden ve kullanımı birçok sektörde yaygınlaşan İHA sistemleri, orta ve büyük ölçekli projelerde yersel ölçüm yöntemleri ile geleneksel fotogrametrik yöntemlere kıyasla daha kısa sürede, maliyet ve iş gücü kazanımı açısından daha iyi sonuçlar elde edilen teknolojik bir ürün olarak ortaya çıkmıştır (Kadı, 2021).

İHA'ların tarihçesi, askeri keşiften başlayarak, günümüzde geniş bir kullanım yelpazesine yayılan bir evrim sürecini kapsar (Şekil 3.2. ve Şekil 3.3.). İlk olarak savaş alanlarında keşif ve saldırı amacıyla geliştirilen bu araçlar, bugün ticari ve sivil alanda birçok uygulamada kullanılmaktadır.



Şekil 3.2. İHA'ların yıllara göre değişimi (Rice, 2018).



Şekil 3.3. Günümüzde çeşitli İHA'larla yapılan çalışmalar.

### 3.2 İHA Sistemleri

İHA'ların en önemli ve olmazsa olmaz bileşeni, yer tabanlı uçuş pilotu ile uçak arasında bir iletişim sistemi olmasıdır.

İnsansız hava araçları sistemleri (İHAS), uçak iniş-kalkış bölgesi, görev bileşenleri, hava-yer bileşenleri ve yer sistemlerinin tamamının yanında görevin gerçekleşmesine yönelik bileşenlerin bütününe içine alan sistemlerdir (Karaağaç, 2016). Bütünleşik bir sistem olarak tasarlanan uzaktan kumandalı İHA'lar, dört temel yapı tipinde üretilir. Bunlar, operatör tarafından kullanılan verici-alıcı kontrol kumandası, çeşitli tasarımlara sahip ve yük taşıyabilen hava aracı, kontrol kumandası ile hava aracı arasındaki koordineli iletişimi sağlayan bir radyo kontrol iletişim sistemi ve destek ünitesi biriminden oluşur. İhtiyaca bağlı olarak, hava aracına çeşitli kamera sistemleri (video, termal, kızıl ötesi kameralar) ve farklı algılayıcılar entegre edilebilmektedir (Gürbüz, 2016).

Çalışma prensibi olarak insansız hava araçları, insanlar tarafından kontrolü sağlanan ya da bilişim sistemi yardımı ile dış kaynaklı bir bilgisayar vasıtası ile kontrol edilebilen uçan bir platform olarak tanımlanabilmektedir. Uzaktan kontrolü sağlanan, yapay zekâya veya otonom sürüş sistemine sahip bir yöntem olarak nitelendirilir. Teknolojik anlamda, yerleşik sensörler ve GPS ile çalışan, yazılım ile bütünleştirilen uçabilen bir araçtır. Farklı sektörlerde İHA teknolojilerinin kullanılmaya başlanması ile benzer tanımların arttırılması muhtemeldir (Çallı, 2021).

#### 3.2.1 İHA'ların temel öğeleri

İnsansız hava araçlarının temel bileşenleri;

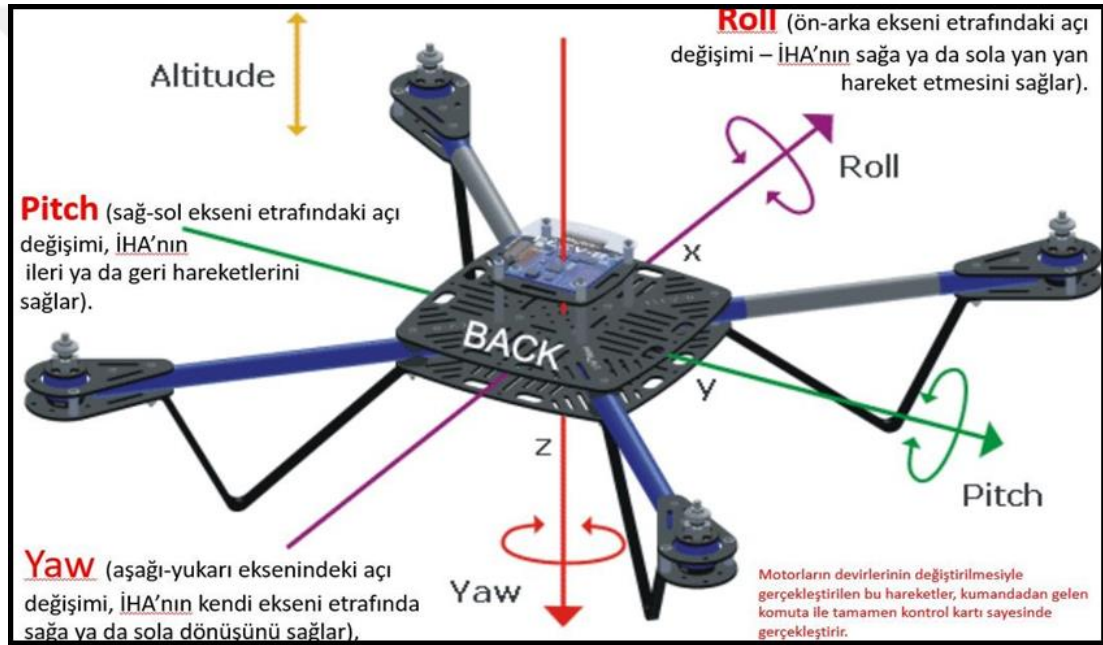
1. Ana gövdeyi oluşturan iskelet, kanat, pervane, motor ve batarya.
2. Kontrol ünitesini oluşturan elektronik algılayıcılar, haberleşme elektroniği, GNSS.
3. Kullanım amacına yönelik sensör, kamera gibi algılayıcılar ile İHA planlama, uçuş ve yönetimi amaçlı haberleşme, yazılım ve donanımdan meydana gelmektedir.

İHA'lar kullanılacak amaçlara özel olarak üretilmektedirler. Dolayısıyla fotoğraf ve video çekimi için tasarlanmış bir İHA ile taşımacılık için kullanılacak İHA'lar arasında

teknik anlamda ciddi farklar olabilmektedir. Ancak temelde bu ürünler; gövde, kontrol kartı, motor, pervaneler, batarya, alıcı ve uzaktan kumandayı barındırmaktadır. Ayrıca kumandalar üzerindeki LCD ekranlar sayesinde sürüş sırasında çekimler de eşzamanlı olarak görüntülenebilmektedir.

### 3.2.2 İHA'ların uçuş prensipleri

İnsansız hava araçları x, y, z eksenleri olmak üzere üç eksen de hareket kabiliyetine sahiptirler. Sabit kanatlı ya da döner kanatlı İHA'lar Şekil 3.4.' te gösterilen hareketlerin tamamını uzaktan kumanda sinyalleriyle yapabilme kabiliyetlerine sahiptir (Çallı, 2021).



Şekil 3.4. İHA kontrol eksenleri ve yüzeyleri (Çallı, 2021).

Radyo frekansları ile çalışan ve “Radyo Control (RC)” olarak adlandırılan sistem kumanda aracılığıyla İHA'ların uçuşulması ve yönlendirilmesi için kullanılırlar. Kumandalar üzerinde bulunan stikler ve tuşlar yardımıyla İHA'ların aşağı-yukarı, sağa-sola ve ileri-geri hareketini ve kendi etrafında dönüşlerini sağlarlar.

Uçuş kontrol kartı, İHA'nın kontrolünde kullanıcıdan aldığı komut sinyallerini uçuş kontrol kartı üzerindeki alıcıdan alarak düzenler. Uçuş kontrol kartı, sensörlerden aldığı bilgiler aracılığıyla İHA'nın hareket etmesini sağlayan bir devre kartıdır. Sensörler tıpkı bir sinir sistemi gibidir ve uçuş kartları için çok önemlidir. Neredeyse

tüm uçuş kontrol kartlarında jiroskop (gyro) ve ivme ölçer bulunur. Gelişmiş uçuş kontrol kartlarında GPS, compas, mesafe sensörü ve barometre gibi sensörler vardır.

### **3.2.3 İHA'ların kullanım alanları**

İHA tehlikeli ya da ulaşılması zor bölgelerde çalışma imkanına sahiptir. İHA aynı zamanda hem hızlı bir görüntüleme tekniğini hem de bir bölgenin ayrıntılı olarak bütün detaylarını ortaya koyma olanağı sağlayabilir. Başarılı bir İHA uçuşu gerçekleştirmek için gereken koşul iyi bir görev planının yapılmasına bağlıdır (Eisenbeiss, 2009).

İnsansız hava aracı sistemleri ile görüntüleme tekniği yardımı sayesinde dokulu 3B model çıkarma, tehlikeler ya da çevre felaketleri, bina çökmesi, uçak kazaları, arama ve kurtarma operasyonları, yangın ile mücadele, bitki zarar, heyelan ve volkan patlaması ve acil müdahale yöntemleri gibi durumlarda olayları koordine etmek amacıyla kullanılabilir (Eisenbeiss, 2009).

İnsansız hava araçları; askeri keşif ve gözetim, jeolojik araştırmalar, yangın söndürme, arama kurtarma, çevre koruma, tarım, madencilik, trafik denetleme, yaban hayatı koruma, ormancılık, güvenlik ve ticari amaçlar gibi çeşitli alanlarda kullanılır. İHA'lar, komuta merkezinden uzaktan kumanda edilebilir veya önceden programlanmış rota takip sistemlerine sahiptirler.

İHA kullanılarak yapılabilecek uzaktan algılama çalışmalarına ait literatür incelenmiş olup, temel başlıklar altında yapılabilecek farklı uzaktan algılama işlemleri detaylandırılarak Çizelge 3.1.'de belirtilmiştir.

**Çizelge 3.1. İHA'nın uygulama alanları.**

| <b>İHA Uygulama Alanları</b>            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Uygulama Alanları Başlıkları</b>     | <b>Alt Uygulama Alanları</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Tarım ve Ormancılık</b>              | Ormancılık uygulamaları, Zirai ilaçlama, toprak yapısına göre ekim, biyokütle çıkarımı, bitki boyu ölçümleri, bitki sulama planlaması, toprak nem ve sıcaklık ölçümleri, hastalık teşhisi, indeks haritası oluşturma, su stresi ölçümleri, klorofil yoğunluk ölçümleri, mineral eksikliği teşhisi, rekolte tahmini, bitki sınıflandırma, olta atma ve ağ serme uygulamaları, nitrojen yoğunluğu ölçümleri, bitki gelişimi izleme, bitki/ağaç sayımı, çiftlik hayvanları izleme ve denetleme, balık yemi atma uygulamaları, çiftlik hayvanları sayımı |
| <b>Adli Faaliyetleri</b>                | Kundaklama, kaza, trafik kazası analizi, hırsızlık, şüpheli tespiti ve takibi, cinayet                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Harita Mühendislik Faaliyetleri</b>  | CBS (coğrafi bilgi sistemleri), Sayısal arazi modeli üretimi, yüksek yoğunluklu nokta bulutu üretimi, sayısal yükseklik modeli üretimi, mekânsal referanslama sayısal yüzey modeli üretimi, hiperspektral haritalama, ortofoto üretimi, tematik haritaların üretimi, 3B harita üretimi, oblik haritalama, koridor haritalama, multispektral haritalama, yazılımları için altlık harita oluşturma                                                                                                                                                     |
| <b>Atmosferik</b>                       | Gözlem, hava analizi ve kirlilik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Kentsel Uygulama</b>                 | İzleme, denetleme, yol bilgisi, kent düzeni, cephe analizi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Doğal Afet Faaliyetleri</b>          | Yangın izleme ve söndürme çalışmaları, heyelan riski hesaplama, sel tahmini ve hasar tespiti, heyelan sonrası hasar tespiti, arama-kurtarma faaliyetleri, deprem sonrası hasar tespiti                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Emniyet ve Güvenlik Faaliyetleri</b> | Kavşak izleme ve denetleme, trafik izleme ve denetleme, nükleer, kimyasal ve biyolojik kaza izleme, hız kontrol uygulamaları, mayın tespiti ve temizleme uygulamaları                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Madencilik Faaliyetleri</b>          | Maden sahasının hassas haritalanması, fizibilite çalışmaları, gaz ölçümleri, hacim hesaplama uygulamaları, kapalı alan haritalama, patlatma faaliyetlerinin izlenmesi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Lojistik Faaliyetleri</b>            | İlaç taşıma, sipariş teslimat, taksi uygulamaları, organ taşıma                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

### 3.2.4 İHA'ların sınıflandırılması

İHA sistemleri için farklı değerlendirme kriterleri baz alınarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Günümüzde İHA'ların gelişiminin hızla devam etmesi sebebi ile bu sistemler birçok etmene göre sınıflandırılabilir.

Yapılan bir sınıflandırmada İHA'lar türlerine göre dört ana kategoride değerlendirilmektedir. Bunlar; sabit kanatlı İHA, döner kanatlı İHA, keşif balonları ve çırpan kanatlı İHA'lardır (Limnaios vd., 2012).

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) tarafından yayımlanan İnsansız Hava Araçları Talimatı (SHT-İHA) kapsamında İHA azami kalkış ağırlıkları göz önünde bulundurularak dört ayrı kategoride ele alınmış ve her bir kategori için farklı kurallar getirilmiştir.

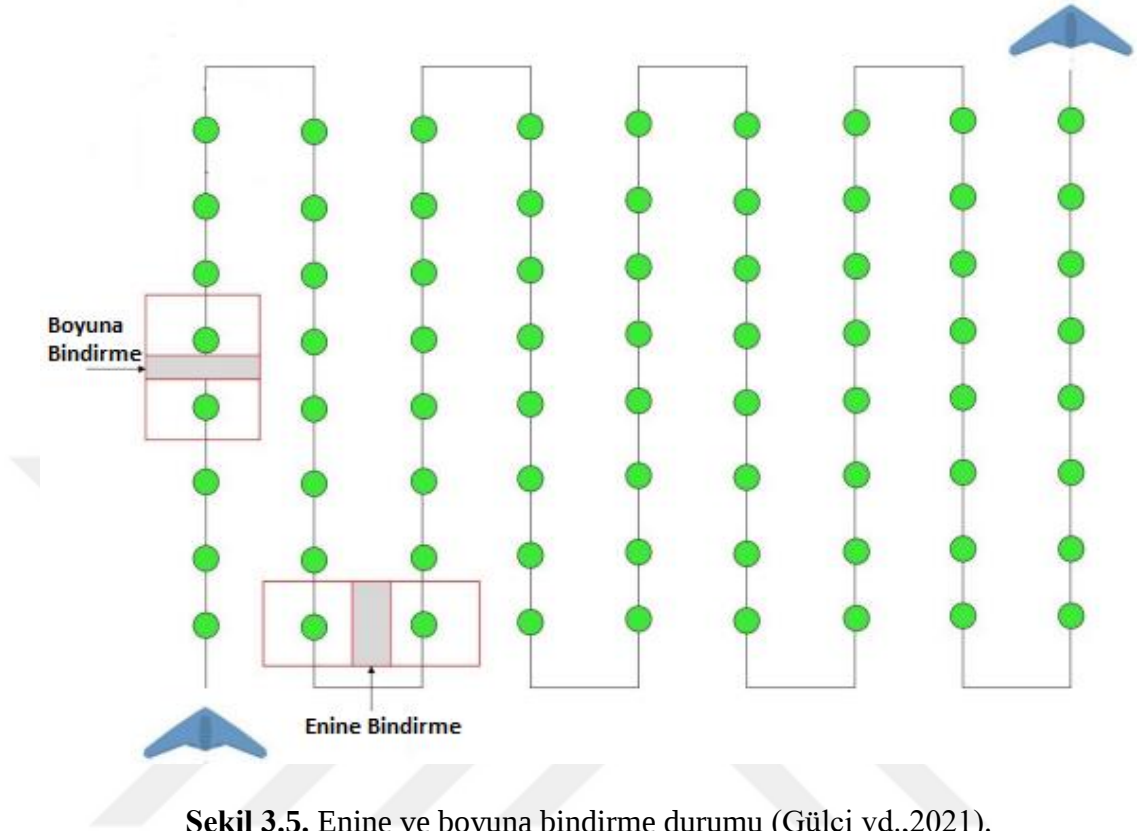
- a) İHA0: Azami kalkış ağırlığı 0.5 kg (dâhil) – 4kg aralığında olan İHA'lar
- b) İHA1: Azami kalkış ağırlığı 4 kg (dâhil) – 25 kg aralığında olan İHA'lar
- c) İHA2: Azami kalkış ağırlığı 25 kg (dâhil) – 150 kg aralığında İHA'lar
- d) İHA3: Azami kalkış ağırlığı 150 kg (dâhil) ve daha fazla olan İHA'lar

### 3.2.5. İHA görüntülerinin elde edilmesi ve işlenmesi

Görüntü işleme, dijital görüntüler üzerinde bilgisayar algoritmaları ve matematiksel işlemler uygulayarak verileri analiz etmek ve anlamlı sonuçlar elde etmek için kullanılan bir tekniktir. Dijital görüntü işlemedeki amaç görüntüyü elde etmek ve görüntü kalitesini artırmaktır. Görüntü işleme tekniği farklı türlerde birçok işlemi içerebilir. Görüntü işleme yöntemiyle; görüntü kalitesi artırılabilir, görüntüyü parçalara ayırabilir, görüntüdeki nesneleri algılama gibi işlemler gerçekleştirilebilir.

Fotoğraf ölçekleri kapsamında; sayısal (dijital) kameralarda 1 (bir) piksel çözünürlük arazide ortalama 8 cm'ye karşılık gelecektir. Analitik, sayısal (dijital) kameralarla resim çekimlerinde boyuna bindirme oranı en az %80, enine bindirme oranı en az %60 olmalıdır. Uçuşun planlanan bindirme oranlarından sapması bu oranların %10'unu

geçemez (Tercan, 2017). Şekil 3.5.'te İHA enine ve boyuna bindirme durumları gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Enine ve boyuna bindirme durumu (Gülci vd.,2021).

Dijital görüntü işlemenin ilk dönemlerinde, temel amaç görüntü kalitesini artırmaktı. Bu alandaki ilk başarılı örneklerden biri, ABD'nin Jet Propulsion Laboratory (JPL) tarafından gerçekleştirilmiştir. 1964 yılında, Ay'dan gönderilen binlerce fotoğraf üzerinde Güneş ve Ay'ın mevcut konumlarını dikkate alarak geometrik düzeltme, gradyan transformasyonu ve gürültü giderme gibi teknikler kullanarak Ay'ın yüzeyini haritalamayı başarmışlardır. Ardından, 100.000 fotoğraf üzerinde daha kapsamlı bir görüntü işleme yapılarak Ay'ın topografik haritası, renk haritası ve panoramik mozaigi elde edilmiştir. Bu çalışmalar, ilk insanlı Ay görevleri için kritik bir öneme sahip olmuştur (Gonzalez vd., 2009).

İnsansız hava araçlarından elde edilen dijital görüntüler fotogrametrik yazılımlar veya bilgisayar destekli görüntü işleme yöntemleri ile değerlendirilebilir. İHA ile klasik fotogrametrik yöntemlerin ortak özelliği görüntü elde etmektir. Ancak İHA görüntülerinin kendine özgü özellikleri nedeniyle, klasik programların bire bir aynı şekilde kullanılabilmesi mümkün değildir. İHA görüntülerinin klasik fotogrametri

işlemleri ve matematiksel teoriler çerçevesinde değerlendirilmesinde, platforma bağlı çeşitli farklılıklar söz konusudur (Çetin, 2019).

Görüntü işlemenin endüstri, sanat, mühendislik, tıp, eğlence ve askeri faaliyetlerde geniş kullanımı bulunmaktadır.

### **3.2.6 İHA teknolojisinin haritacılık sektöründe kullanımı**

Teknolojinin gün geçtikçe gelişmesi özellikle mühendislik disiplinlerinde hızlı, hassas ve detaylı bir şekilde üretilen haritalara gereksinimi arttırmaktadır. Harita mühendisliğinde uzaktan algılama ve fotogrametrik algılayıcı platformlar kullanılarak görüntü alımı işlemi gerçekleştirilmektedir. İnsansız hava araçları zaman ve maliyet bakımından görüntü alımı yapmak için ideal bir yöntemdir. Mühendislik projelerinde yapılacak çalışmalar spesifik özellikler taşıdığından dolayı hassasiyet ve doğruluk ölçütleri değişkenlik göstermektedir. Bu sebeple projenin gerekliliğine göre uygun ölçme yöntemi ve tekniği kullanılmalıdır. İHA'ların geleneksel fotogrametrik yöntemler ve yersel ölçüm yöntemlerine göre maliyet, zaman, çözünürlük, iş gücü anlamında avantaj sağladığından dolayı haritacılık çalışmalarında sıkça kullanılan bir araç haline gelmiştir. İnsansız hava aracı yöntemi ile elde edilen milyonlarca koordinattan oluşan nokta bulutu verisi yüzeyce geniş alanların haritalanmasında büyük avantaj sağlamaktadır. Haritacılık sektöründe İHA'ların kullanım alanları genel olarak; SYM (sayısal yükseklik modeli) üretimi, SAM (sayısal arazi modeli) üretimi, halihazır harita ve ortofoto oluşturma, inşaat alanlarının ve maden ocaklarının izlenmesi ve baraj havzalarının ölçümü ile haritalaması, tarihi yapıların tespiti vb. çalışma alanlarında sıklıkla kullanılmaktadır (Hernández vd., 2020).

#### 4. HALİHAZIR HARİTA ÜRETİMİ

İnsansız hava aracı ile yapılan uçuş sonrasında sayısal arazi modeli ve ortofoto harita ortaya koymak için farklı türlerde fotogrametrik yazılım programları bulunmaktadır. Bu yazılımların aktif olarak en fazla kullanılanları; Agisoft Metashape, Pix4D Mapper, DroneDeploy 3D Mapping, 3D Survey, AutoDesk ReCap vb. yazılımlarıdır (Çallı, 2021).

Fotogrametrik uygulamalarda değerlendirme işlemlerini yapabilmek için resimlere ait yöneltmeler yapılmaktadır. Yöneltme, resimlerin konumlarının çekim yaparken ki hale getirilmesidir. Yöneltmeler ile arazi koordinatlarına geçiş işlemi analog veya analitik yöntemler kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir. Analog yöntemde karşılıklı ve mutlak yöneltmeler stereo değerlendirme aletleri ile yapılır ve sonucunda arazi koordinatlarına geçiş sağlanır. Analitik yöntemde ise doğrusallık ve eş düzlemsellik şartı ile arazi koordinatlarına geçiş yapılabilmektedir (Öztürk vd., 2011).

Resimlerde yöneltme işlemleri iç yöneltme ve dış yöneltme olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. İç yöneltme parametreleri piksel boyutu, odak uzaklığı, asal noktanın konumu, distorsiyon gibi parametreler bütünüdür. Dış yöneltme parametreleri ise resimlerin çekim anındaki resim orta noktasının koordinatlarını ( $\phi$ ,  $\omega$ ,  $\kappa$ ) ifade etmektedir (İlhan, 2023).

İHA ile toplanan veriler fotogrametri teknikleri kullanılarak analiz edilebilir ve bu analiz sonuçları, çalışma gereksinimlerine göre SYM, nokta bulutu veya raster formatlarında sunulabilir. Ayrıca, hava fotoğraflarının düzeltilmesi ve topoğrafik farklılıkların neden olduğu hataların giderilmesiyle elde edilen ortofotolar, çalışma alanının detaylı görüntülerini sunduğundan, yer etütlerinden elde edilen doğrusal haritalardan daha fazla bilgi sağlar. Ortofoto haritaların yanı sıra, fotogrametri yöntemleri kullanılarak sayısal arazi modelleri oluşturulabilir ve bu modellerden yüksek çözünürlüklü kontur haritaları ile insan yapımı (tarla, yol, bina vb.) ve doğal (orman, göl, nehir vb.) özellikler detaylandırılabilir. Üç boyutlu görüntüler belirli istifleme oranlarıyla alındığında, bilgisayar ortamında değerlendirme yapmak için yazılımsal fotogrametri veya dijital fotogrametri sistemleri gerekmektedir (Akgül vd., 2016).

Fotogrametri bilimi zamanla değişip gelişmiş olsa da, temel matematiksel modeli sabit kalmıştır. Fotogrametrinin temel matematiksel modeli merkezi izdüşümdür. Merkezi izdüşüm, matematiksel ve geometrik özellikler kullanılarak fotoğraftaki nesnelerin şekil, konum, büyüklük ve görünüş gibi özelliklerinin kolayca belirlenmesini sağlar (Kılınçoğlu, 2016).

İHA fotogrametri tekniği, hava fotogrametrisine benzer bir iş akışına sahiptir. İHA fotogrametri işlem adımlarını;

- Hava görüntülerinin elde edilmesi,
- Fotoğraf niteliklerini ortaya çıkarma (feature extract),
- Demet dengelemesi,
- Nokta bulutu oluşturma,
- Geometrik dönüşüm (Rektifikasyon),
- Yüzey modeli oluşturma ve
- Görselleştirme olarak sıralayabiliriz (Atak, 2018).

Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği’ne göre *ortofoto* “Arazi topoğrafyasındaki yükseklik farklarından kaynaklanan yer değiştirmeler ile algılayıcı yöneltme hatası, mercek bozulmaları ve yeryüzünün küreselliğinden kaynaklanan hataların giderildiği yer referanslı ortogonal görüntüleri” olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca BÖHHBÜY’nde *gerçek ortofoto*; Ortofotodaki hata kaynaklarına ilave olarak topoğrafya üzerindeki nesnelerin (binalar, köprüler ve benzeri) yüksekliklerinden kaynaklanan hataların giderilerek nesnelerin gerçek düzlemsel konumlarında gösterildiği ortofotoları şeklinde ifade edilmiştir.

Ortofoto üretimi; uçuş planı hazırlama, veri toplama, kalibrasyon ve görüntü işleme adımları içermektedir ve bütün bu aşamalarda meydana gelen hatalar sonuç ürünün doğruluğunu ve hassasiyetini etkilemektedir. Bu sebeple üretilen ortofotonun doğruluğu irdelenmelidir (Güngör vd., 2022).

Fotogrametrik yöntem ya da İHA ile alınan görüntüler; araziye ait topoğrafya, dünyanın geometrik şekli, kameraların görüntü alımı sırasında konumu gibi çeşitli nedenlerden dolayı geometrik bozulmalar meydana gelmektedir. Bu hataların giderilmesi ile ham fotoğraflardan doğruca ortofoto üretim işlemi ortorektifikasyon

olarak adlandırılmaktadır. Bir diğer ifade ile ortorektifikasyon işlemi; fotoğraf veya görüntülerde farklı nedenlerden ötürü oluşan geometrik hataların tamamen giderilmesi işlemi olarak tanımlanır. Bu işlem sonucunda, arazinin coğrafi konumu, uzunluklar, açılar ve alanların doğrudan ölçülebildiği, planimetrik olarak doğru bir ortofoto elde edilmektedir (Yaman, 2018).

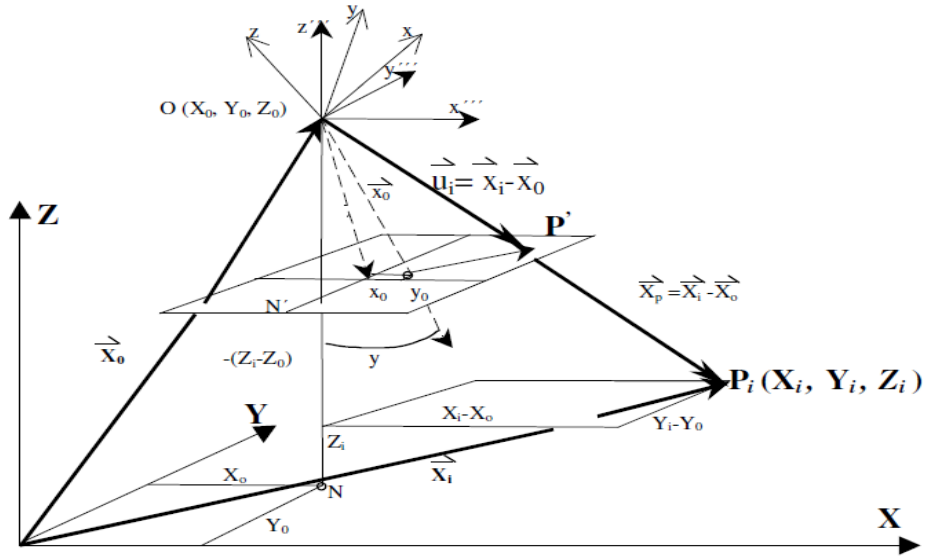
Halihazır haritalar, bir bölgenin mevcut durumunu detaylı bir şekilde gösteren ve üzerinde binalar, yollar, elektrik hatları, su yolları gibi yapay ve doğal unsurların yanı sıra arazi kullanımı, yükseklik eğrileri ve diğer önemli verilerin yer aldığı dijital haritalardır. Bu haritalar, şehir plancıları, mühendisler ve mimarlar tarafından bölgenin mevcut durumunu anlamak ve gelecekteki projeler için doğru planlamalar yapılması için altlık oluşturmaktadır.

Harita Mühendisliğinde halihazır haritalar; imar uygulamaları, yol projeleri, enerji projeleri, mühendislik uygulamaları, kentsel dönüşüm projeleri, kamulaştırma projeleri, maden projeleri, vektörel ve tematik vb. haritaların hazırlanması kapsamında önem taşımaktadır. Sayısal halihazır haritaların kullanımı, projelerin daha hızlı, ekonomik ve doğru bir şekilde tamamlanmasını sağlayarak, şehir ve bölge planlamasının yanı sıra, mühendislik ve tasarım süreçlerine öncülük etmektedir.

Halihazır haritalar; fotogrametrik yöntemler, yersel ölçüm yöntemleri ve İHA teknikleri kullanılarak yapılmaktadır.

#### **4.1. Fotogrametrik Yöntemler**

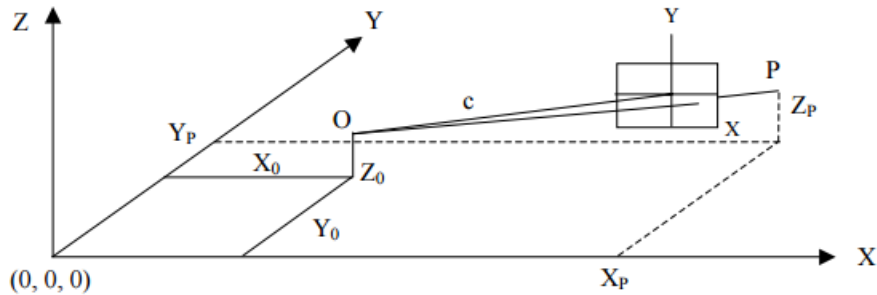
Fotogrametrinin temel matematiksel modeli merkezi izdüşümdür. Merkezi izdüşüm modeli, geometrik ve matematiksel özellikleri kullanılarak fotoğraftaki nesnelerin; konum, şekil, görünüş, büyüklük gibi özelliklerinin ortaya konulmasını sağlamaktadır. Fotogrametri geçmişten günümüze ileri düzeyde gelişim göstermiş olsa bile bu bilimin temel matematiksel modeli Şekil 4.1.'de gösterildiği gibi değişmemiştir.



**Şekil 4.1.** Fotogrametrinin matematiksel modeli (Marangoz, 2002).

Cisim uzayındaki noktaları temsil eden ışınlar, resim çekme makinesinin izdüşüm merkezinden gerçek resim düzlemine doğru bir doğrultuda kolinearite koşuluna göre izdüşürülür. İzdüşümü yapılan görüntülerin yeniden konumlandırılması için iç ve dış yöneltme parametrelerinin hesaplanması gerekmektedir (Kılınçoğlu, 2016).

Bu iki adımın amacı, ilk olarak resim çekme makinesinin iç yöneltme parametrelerini, yani ana nokta uzunluğu ve ana nokta koordinatlarını belirlemek, ardından ise X<sub>0</sub>, Y<sub>0</sub> ve Z<sub>0</sub> koordinatlarına sahip bir istasyon noktasından, ω, φ ve χ dönüklük değerleri kullanarak çekilen resimlerin cisim uzay koordinat sistemindeki koordinatlarını hesaplamaktır (Arpacı, 2013). Resim koordinat sisteminde p noktasının konumunu belirleyen resim vektörü, Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.2.** Yersel fotogrametrik izdüşüm modeli (Marangoz, 2002).

Resim ve cisim uzay koordinat sistemleri arasındaki açısal ilişki, koordinat eksenleri arasındaki doğrultu kosinüslerinin oluşturduğu (3x3) ortogonal dönüşüm matrisi ile tanımlanır ve eşitlik (4.1)'de gösterilmiştir.

$$P = \begin{bmatrix} x_p - x_0 \\ y_p - y_0 \\ 0 - c \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

Burada  $x_0, y_0$  ana nokta koordinatları,  $c$  odak uzaklığıdır. Resim çekme makinesi sonsuza odaklanmadıkça ana nokta uzaklığı, odak uzaklığına eşit değildir. Bu durumda ana nokta uzunluk değeri odak uzaklığında  $\Delta f$  kadar sapma değerine sahiptir ve eşitlik (4.2)'de gösterilmiştir.

$$c = f + \Delta f \quad (4.2)$$

Cisim uzay koordinat sisteminde P'nin konum vektörü eşitlik (4.3)'te gösterilmiştir.

$$P = \begin{bmatrix} X_p - X_0 \\ Y_p - Y_0 \\ Z_p - Z_0 \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

olur. Kolinearite eşitliğine göre, P cisim ve p resim vektörleri ile ilişkili matematiksel bağıntı eşitlik (4.4) ve (4.5)'te gösterilmiştir.

$$p = k.D.P \quad (4.4)$$

$$p = \begin{bmatrix} x_p - x_0 \\ y_p - y_0 \\ 0 - c \end{bmatrix} = k.D. \begin{bmatrix} X_p - X_0 \\ Y_p - Y_0 \\ Z_p - Z_0 \end{bmatrix} \quad (4.5)$$

Bişiminde ifade edilmektedir.  $k$  ölçek faktörü olup eşitlik (4.6)'da gösterilmiştir.

$$k = \frac{p}{P} \quad (4.6)$$

Olarak ifade edilir. Resim koordinatlarının bilinen değerler olması durumunda cisim koordinatları eşitlik (4.7) ve (4.8)'de gösterilmiştir.

$$k = \frac{1}{p}.P.D^T \quad (4.7)$$

$$\begin{bmatrix} x_p - x_0 \\ y_p - y_0 \\ 0 - c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_p - X_0 \\ Y_p - Y_0 \\ Z_p - Z_0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ D^T \\ k \end{bmatrix} \quad (4.8)$$

olarak elde edilir. K ölçek faktörü, kolinearite eşitliklerinde her bir ışın için ayrı ayrı belirlenmelidir. Bu durumda, matematiksel ifadelerden k ölçek faktörü yok edildiğinde eşitlik (4.9)'da gösterildiği gibi,

$$f_1 = x - x_0 + c \frac{a_{11}(X-X_0)+a_{12}(Y-Y_0)+a_{13}(Z-Z_0)}{a_{31}(X-X_0)+a_{32}(Y-Y_0)+a_{33}(Z-Z_0)} \quad (4.9)$$

Matematiksel ifadeleri elde edilir.

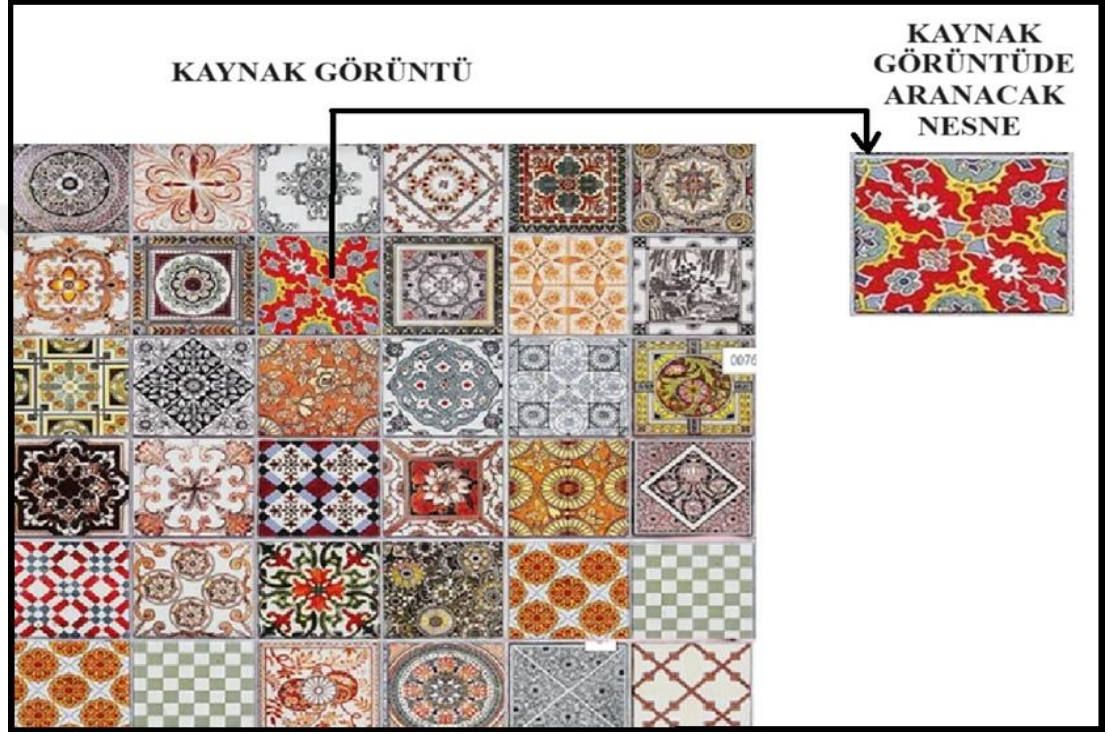
İç yöneltme elemanları; asal noktanın  $(x_0, y_0)$  fotoğraf koordinat sistemindeki yeri ve odak uzaklığı  $(c)$  parametrelerinden oluşmaktadır. İç yöneltme elemanları fotogrametrik kameradaki asal uzaklık (odak) mesafesinin ve asal nokta koordinatlarının iki boyutlu olarak çözümlenmesi sonucu elde edilir. Başka bir ifade ile fotogrametrik görüntüleme sisteminde kullanılan kameranın, kalibrasyon raporunda yer alan parametre bilgilerinin sisteme tanıtılması şeklinde açıklanabilir.

Dış yöneltme elemanları; İzdüşüm merkezinin (O noktasının) koordinatları  $(X_0, Y_0, Z_0)$  ve bu üç eksen etrafındaki dönüklükleri  $(\omega, \varphi, \kappa)$  parametrelerinden oluşmaktadır. Dış yöneltme elemanları iç yöneltme parametrelerinin hesaplanmasından sonra, iz düşüm merkezinin  $(X_0, Y_0, Z_0)$  3 Boyutlu koordinatları ve bu üç eksen etrafındaki dönüklükleri  $(\omega, \varphi, \kappa)$  parametrelerinin çözümlenmesi ile elde edilmiş olur.

Dijital fotogrametrik yöntemlerde, otomatik stereo yöneltme işleminin yapılabilmesi ve SAM yaratma faaliyetlerinde görüntü eşlemeye gereksinim duyulmaktadır. Otomatik stereo yöneltmede sıkça karşılaşılan problemlerden biri de bindirmeli iki görüntüde yer alan eşlenik noktaları tespit etmektir. Problem genellikle iki aşamalı bir şekilde çözülmektedir. Çözümün birinci adımında, görüntülerin aynı noktada kesişmesi ile kesişen alanlar arasında kaba bir eşleme yapılarak belirtilir. Çözümün ikinci adımında ise kesişen alanlar arasında çok hassas bir nokta eşleme işleminin takibi ile son bulur. Genellikle, ilk adımda şekil tabanlı görüntü eşleme yöntemleri, ikinci

adımında ise daha yüksek hassasiyet gerektiren alan tabanlı görüntü eşleme yöntemleri kullanılmaktadır (Varlık vd., 2009).

Görüntü eşleme işleminde, kaynak görüntüde aranacak objeye ait görüntü matrisi oluşturulur. Ardından bu nesne, kaynak görüntüde aranarak benzer objelerin görüntüde yer alıp almadığı tespit edilir. Kaynak görüntü ve kaynak görüntü içerisinde aranacak nesne Şekil 4.3.'te gösterilmiştir.



**Şekil 4.3.** Kaynak görüntü ve kaynak görüntü içerisinde aranacak nesne.

Kaynak görüntü ve kaynak görüntüde aranacak nesneye ait öznitelikleri birbirine benzer olmalıdır. Bu sayede, benzerlik sonucu görüntülerin eşleşmesi ile eşleşen bölümün yer tespiti yapılır.

Görüntülerin eşleştirilebilmesi için, detay noktalarının stereo görüntüler üzerinde seçilmeli ve eşlenik noktaların en doğru bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir (Acar, 2012). Bu sebepten dolayı görüntü eşleme için çeşitli yöntemlere başvurulmuştur. Bu yöntemler; Alan tabanlı görüntü eşleme, nesne-detay tabanlı görüntü eşleme ve ilişkisel görüntü eşleme yöntemleridir.

Alan tabanlı görüntü eşleme; karşılaştırılan iki görüntü için piksel değerlerine dayanarak çeşitli benzerlik ölçütleri kullanılarak uygulanan yöntemlerden biri olarak

karşımıza çıkmaktadır (Çavdaroglu, 2013). Çapraz korelasyon eşleştirmesi ve en küçük kareler yöntemiyle eşleştirme yöntemleri alan tabanlı görüntü eşlemede kullanılan yöntemlerdir. Bu uygulamayı yapabilmek için çok hassas olarak resim bilinmeyenlerinin bulunması gerekir.

Nesne-detay tabanlı görüntü eşleme yönteminde; Alan tabanlı görüntü işlemede olduğu gibi görüntüdeki piksel değerleri baz alınır. Farklı olarak, nokta, kenar ve alan gibi detayların baz alınarak değerlendirildiği görüntü eşleme tekniğidir. Düşük kontrastlı görüntülerde, eşikleme, bölümlene ve kenar bulma gibi algoritmalar kullanılarak çeşitli öznitelikler çıkarılır. Bu özniteliklerin çıkarılması, görüntü eşlemenin en kritik aşamalarından biridir. Elde edilen özniteliklerin ayırt edici ve yeterli sayıda olması, eşleme sürecinin daha kolay, doğru ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanır (Çavdaroglu, 2013).

İlişkisel görüntü eşleme yönteminde; kenar, nokta, alan ve köşe gibi resimlerden elde edilen detaylara ait özniteliklerin birbirleriyle olan yapısal ilişkilerinin kullanıldığı bir yöntemdir. Bu yöntem, özniteliklerin bir bütün olarak değerlendirildiği ve eşleme işleminin bu bütünsel yaklaşım temelinde gerçekleştirildiği bir yaklaşımdır (Çavdaroglu, 2013).

#### **4.1.1 Klasik fotogrametri yöntemi ile halihazır üretilmesi**

Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing) 1910 yılında, fotogrametri ve uzaktan algılama alanlarındaki uygulamalarda iş birliği yapma amacıyla kurulmuştur (Önder, 2019).

Ülkemizde uzaktan algılama sistemleri ile ilgili çalışmalar; fotogrametrik yöntemlerin ekonomik olarak fazla yatırım gerektirmesi, kalifiye personel yetersizliği ve mevzuattaki esaslar uygulanmasındaki yetersizlikler sonucunda uygulamalara 1956 yılında başlanabilmektedir (Solak, 2010).

Harita bilgileri üretiminde bilgisayar teknolojisinin fotogrametrik alana girmesiyle topografya üzerindeki değişimler daha kolay izlenebilir hale gelmiştir (Solak, 2010).

2014 yılında fotogrametrik yöntemlerle üretilen, Batman İli Merkez İlçesine ait halihazır haritaya ait M46A-13B-4C paftası Şekil 4.4.'te gösterilmiştir.



**Şekil 4.4.** 2014 yılı fotogrametrik uçuş ile üretilen halihazır harita.

Fotogrametrik yöntemler kullanılarak; halihazır haritası yapılacak alanda uçuş planına uygun olarak yer kontrol noktası (YKN) tesisi yapılmalıdır. Halihazır haritası yapılacak bölgenin büyüklüğüne ve işin gerekliliğine göre uçak ile harita üretimine uygun, havadan fotoğraf alımı ve video çekimi işlemleri gerçekleştirilmelidir. Uçak ile alınan hava fotoğraflarının yöneltme parametreleri fotogrametrik nirengi yöntemi

ile BÖHHBÜY’de belirtilen kriterlere uygun olarak elde edilmelidir. Hava fotoğrafları kullanılarak oluşturulan üç boyutlu modeller üzerinden kıymetlendirme iş ve işlemleri yapılmalıdır. Üç boyutlu modeller üzerinden elde edilen hassas yükseklik modelleri ve yöneltme parametreleri yardımı ile bölgenin harita üretim doğruluğunda ortofoto haritalarının üretimi yapılmalıdır. Yapılan işlem sonrası oluşturulan paftalar ulusal pafta bölümlleme sistemine uygun olarak üretilir. Elde edilen veriler mutlak vaziyette BÖHHBÜY verilen doğruluk kriterlerini sağlamalıdır.

#### **4.1.2 İnsansız hava aracı uçuşu ile halihazır üretilmesi**

BÖHHBÜY’de yapılan düzenlemeye istinaden harita dairesi başkanlığınca hazırlanan İHA ile detay verilerinin üretimine ve kontrolüne ilişkin esaslar doğrultusunda, detay ölçmelerinde İHA tekniği kullanılabileceği belirtilmiştir. Bu sayede kadastral detay ölçmeleri, harita üretimi ve kontrol esaslarına uyulmak suretiyle çalışmaların yapılabileceği belirtilmiştir (TKGM, 2018).

İHA’lar istenilen zamanda hava şartlarının uygun olması koşulu ile çalışma alanına ait yüksek çözünürlüklü görüntü elde ederek klasik ölçme yöntemlerine ve uydu sistemlerine göre maliyet ve zamandan tasarruf sağlamaktadır. Gelişen teknoloji ile İHA’lara gelişmiş konumlandırma sistemleri de monte edilebilmektedir. Dolayısıyla gerçek zamanlı kinematik (RTK-Real Time Kinematic) İHA’lar ya da alınan görüntülerle beraber yapılacak yersel ölçüm yöntemleri ile konumsal doğrulukları yüksek ortofoto haritaların üretimi sağlanmaktadır (Özcan, 2017).

İnsansız hava araçları, fotogrametrik yöntemler ve uydu görüntüleri ile gerçekleştirilen uzaktan algılamaya göre düşük maliyet ve alçak irtifadan uçuş gerçekleştirmesi sebebi ile yüksek çözünürlük sağlamaktadır ve kullanımı her geçen gün artmaktadır (Özemir ve Uzer, 2016).

İnsansız hava araçlarına, projelerden beklenen hassasiyet değerleri doğrultusunda yüksek çözünürlüklü kameraların entegre edilmesi, farklı navigasyon sistemleri yardımıyla erişilmesi güç ya da imkânsız olan bölgelerde kolaylıkla ölçüm gerçekleştirmesi, gereksinim duyulan hızda ve yüksekliklerde uçuş imkânı sağlamaktadır. Bu sebeple yapılan ölçü duyarlılığı yönünden klasik ölçü yöntemlerine yakın sonuçlar verdiğinden dolayı, İHA ile harita yapımının yersel ölçü yöntemleri ile

klasik hava fotogrametrisi arasını doldurmaya aday olduğu ifade edilebilir (Yakar ve Mirdan, 2017).

Batman İlinde 2019 yılında İHA ile üretilen M46A-13C-4A paftasına ait halihazır harita Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5. 2019 yılı İHA ile üretilen halihazır harita.

## 4.2 Yersel Yöntemler

Bu bölümde Küresel navigasyon uydu sistemi (GNSS) ile ilgili genel bilgiler yer almaktadır.

Küresel navigasyon uydu sistemleri (GNSS) farklı ülkelere ait uydu sistemlerinin ortak adı olup GPS (ABD), GALİLEO (AVRUPA BİRLİĞİ), GLONASS (RUSYA), İRNSS/GAGAN (HİNDİSTAN), QZSS (JAPONYA) ve BEIDOU/COMPASS (ÇİN) gibi uydu sistemlerinin ortak adıdır. Bu sisteme ait uydulardan gönderilen konum ve zaman verileri GNSS alıcılarının konumunun belirlenmesinde kullanılmaktadır. Konum hassasiyetleri ise değerlendirmede kullanılan algoritmalar ve uygulama alanlarındaki duyarlılık beklentilerine göre değişiklik göstermektedir.

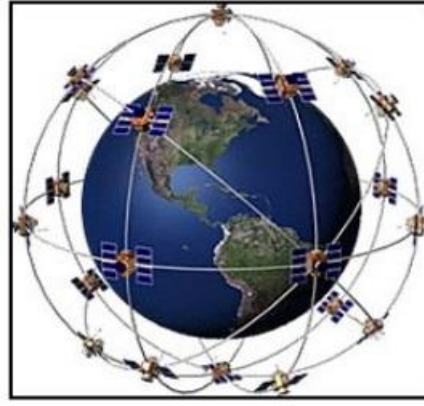
GNSS (Global Navigation Satellite Systems), GNSS alıcısı ile bir kullanıcının, değişken hava koşullarında, herhangi bir yerde ve zamanda, uydu sinyalleri yardımıyla, yüksek duyarlılıkta, global bir koordinat sisteminde, sürekli ve anlık hız, konum ve zaman tespitine olanak sağlayan, dünyanın her yerinde yaygın olarak kullanılan bir radyo navigasyon sistemidir (Kahveci, 2014).

GNSS çalışmalarında kod gözlemleri ve faz gözlemleri olmak üzere iki farklı ölçme yöntemi tercih edilmektedir. Kod gözlemlerine bağlı ölçülerden doğruluğu düşük navigasyon bilgisi elde edilirken, taşıyıcı faz gözlemlerine bağlı ölçüler ile daha hassasiyeti yüksek konum bilgisine sahip olunmaktadır (Akar, 2021).

Küresel navigasyon uydu sistemlerinin askeri, sivil ve bilimsel amaçlı kullanım alanları; kara, deniz ve hava araçlarının navigasyonu, jeodezik ve jeodinamik amaçlı ölçmeler, kadastro ölçmeleri, askeri amaçlar, yer kabuğu hareketlerinin izlenmesi, deprem büyüklüğünün belirlenmesi, araç takip sistemleri şeklinde sıralanabilir.

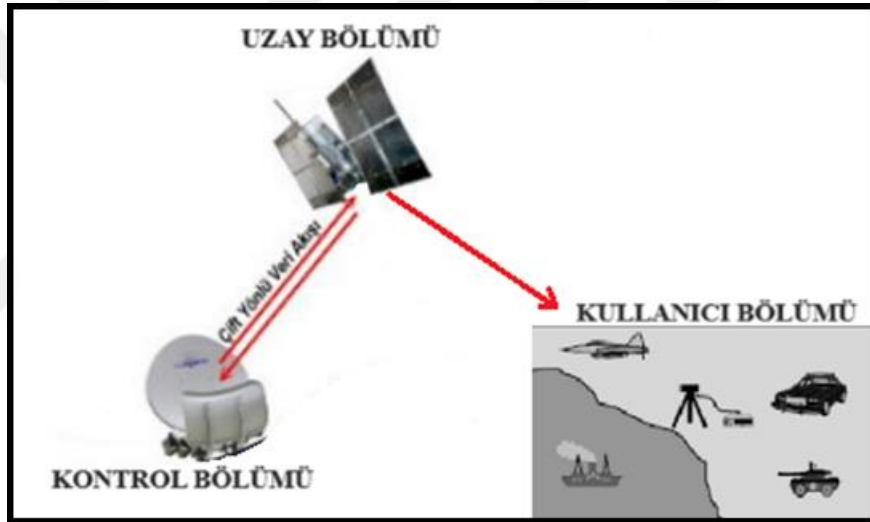
Konum ve zaman ölçümünde temel olarak bilinmeyen dört adet değişken bulunmaktadır. Bunlar yatay konum ( $x$ ), düşey konum ( $y$ ), yükseklik ( $z$ ) ve zamandır ( $t$ ). Bu değişkenleri hesaplamak için en az dört adet uydudan alınacak sinyallere ihtiyaç bulunmaktadır. Bir başka ifade ile bir noktanın 3B konumunun belirlenebilmesi, (konum ve zaman bilgilerinin hesaplanabilmesi) için en az dört adet uydudan yeterli seviyede sinyal alınması gerekmektedir.

Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı bünyesinde kurulan ve askeri kullanım amacıyla geliştirilen Global Positioning System (GPS) ilk küresel navigasyon uydu istemidir. 1980'li yıllarda sivil halkın kullanımına açılan bu sistemde toplamda 31 adet opsiyonel uydu yer almaktadır (Kadı, 2021). GPS uydulardan yayınlanan radyo sinyalleri yardımıyla her türlü hava koşullarında, gece ve gündüz, süratli, doğru ve ekonomik olarak, noktalar arası görüş gereği olmaksızın üç boyutta konum belirleme sistemidir. Navigasyon ihtiyacına yönelik olarak tasarlanan sistem, konumlamanın yanı sıra çok duyarlı zaman ve hız belirleme olanağına sahiptir. GPS uydularının yörüngeleri üzerindeki durumları Şekil 4.6.'da gösterilmiştir.



**Şekil 4.6.** GPS uydularının yörüngeleri üzerindeki durumları.

GPS; uzay bölümü, kontrol bölümü ve kullanıcı bölümlerinin bulunduğu üç ana bölümü Şekil 4.7.'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.7.** Uzay bölümü, kontrol bölümü ve kullanıcı bölümü arasındaki ilişki.

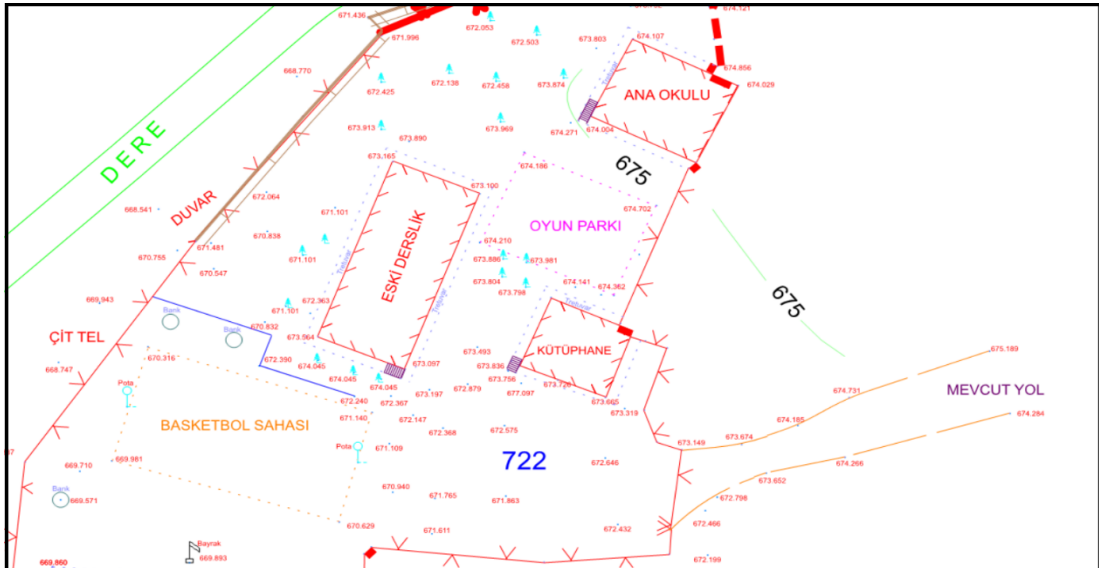
CORS-TR sistemi 2006 yılında TÜBİTAK desteği ile İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ), Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) ve Harita Genel Müdürlüğü (HGM) iş birliği ile kurulmuştur. CORS-TR sistemi HGM, TKGM ve 146 adet sabit istasyon noktasından oluşmaktadır. Bu sistem aracılığı ile bir GNSS alıcısının konumu anlık, hızlı, ekonomik ve hassas olarak belirlenebilmektedir (Selek, 2019). Yani Cors sistemi Türkiye’de belirli koordinatları kapsayan referans istasyonlarından alınan GNSS alıcı ölçümlerini kullanmaktadır. Alınan veriler kontrol merkezi tarafından hesaplanır ve konum gerçek zamanlı olarak GNSS alıcısına gönderilir (Kahveci, 2009).

#### 4.2.1. Yersel ölçüm yöntemleri ile halihazır harita üretilmesi

Yersel ölçüm yöntemleri kullanılarak üretilen halihazır haritalar; Detay alımı yapılacak çalışma alanında arazinin topoğrafyasının erişilebilir olmasına, uygun iklim şartlarına ve arazide çalışacak personelin kalifiye olmasına bağlıdır. Bu değişken parametreler ise çok fazla insan çalışmasına, maliyetin yükselmesine ve zaman kaybına sebebiyet vermektedir (Tercan, 2017).

Halihazır haritası yapılacak alanda Total Station veya GPS (Global Positioning System) gibi ölçüm cihazları kullanılabilir. Çalışma bölgesinde bulunan bütün yapay ve doğal unsurların koordinatı ve yükseklik değerleri arazide ölçülmektedir. Detayların tek tek ölçülmesi, bu detayların krokiye çalışma anında çizilmesi gerekmektedir. Arazide kullanılan ölçüm cihazından bilgisayara veri aktarımı yapılarak, ilgili yazılım programları (NetCAD) yardımıyla verilerin kıymetlendirilmesi yapılmaktadır. Kıymetlendirme işlemi neticesinde halihazır haritalar üretilmektedir.

Batman İlinde 2014 yılında GNSS-GPS yardımıyla yersel ölçüm yapılarak üretilen Batman İli Kozluk İlçesi Yeniçağlar Köyü İlköğretim Köyü'ne ait halihazır Şekil 4.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. 2014 Yılına ait yersel ölçüm yöntemi ile üretilmiş halihazır harita.

Yersel ölçüm yöntemlerinde sıklıkla tercih edilen Global Positioning System kısaca GPS veya Türkçe karşılığıyla Küresel Konumlama Sistemi sistemleridir. Dünya'daki

ve dünya yakınındaki GPS alıcılarına, en az dört GPS uydusunu görebilmeleri şartıyla coğrafi konum ve saat bilgisi sağlamaktadır. Uydular bir tür radyo sinyali yayarlar ve yeryüzündeki GPS alıcıları bu sinyalleri alıp yorumlayarak konum belirlenmesini gerçekleştirir.

## 5. MATERYAL VE YÖNTEM

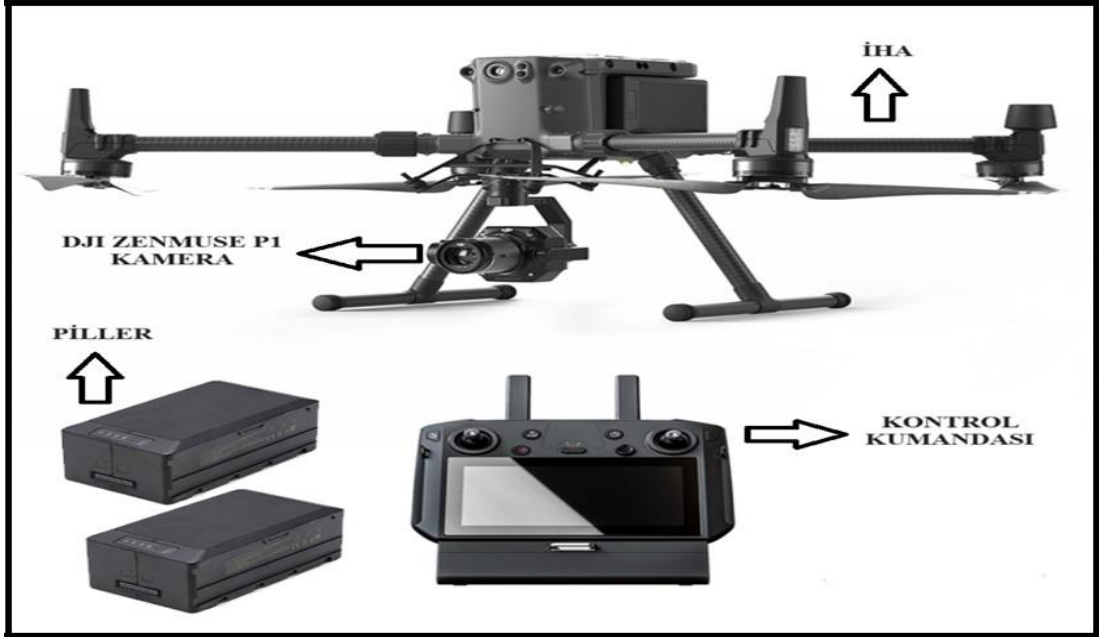
### 5.1 Materyal

#### 5.1.1. Uygulamada kullanılan yazılımlar

Çalışma bölgesinde, uçuş planı hazırlanırken Matrice 300 Rtk cihazından alınan verilerin işlenmesi için Firmware V3 yazılımı kullanılmaktadır. Yer kontrol noktalarının işaretlenmesi ve ölçümlerinin yapıldıktan sonra verilerin bilgisayar ortamında işlenmesi amacıyla, NetCAD 8.5 yazılımı kullanılmaktadır. Hava fotoğraflarının stereo değerlendirilmesinde Leica Photogrammetry Süite ve Microstation Pro600 yazılım programlarından yararlanılmıştır.

#### 5.1.2. Uygulamada kullanılan donanımlar

Bu çalışma kapsamında, tamamen otomatik uçuş kabiliyetine sahip özellikte olan DJI firması tarafından üretilen Matrice 300 Rtk isimli İHA, Zenmuse P1 kamera ve CHCNAV İ83 marka Jeodezik GNSS alıcısı kullanılmıştır. Kullanılan cihazlara ait; görüntüler Şekil 5.1. ve Şekil 5.2.'de özellikleri ise Çizelge 5.1., Çizelge 5.2. ve Çizelge 5.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Matrice 300 Rtk (İnsansız hava aracı, kontrol kumandası ve piller).

**Çizelge 5.1.** Matrice 300 rtk markalı İHA'nın özellikleri.

| <b>MATRİCE 300 RTK SİSTEMİNİN BAŞLICA ÖZELLİKLERİ</b> |                                       |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>ÖZELLİK</b>                                        | <b>İÇERİK</b>                         |
| Maksimum Uçuş Süresi                                  | 55 Dakika                             |
| Kullanım Mesafesi                                     | 8 km (Avrupa/Türkiye)-15 Km (Amerika) |
| Rüzgâr Direnci                                        | 15-23 m/s Aralığında                  |
| Maksimum Uçuş Yüksekliği                              | 7 km                                  |
| Cihazın Çalışma Sıcaklığı                             | -20°C ve +50°C Aralığında             |
| Yük Taşıma Kapasitesi                                 | Maksimum 2,7 kg                       |
| Ağırlık                                               | Maksimum 9 kg                         |

Çalışma kapsamında detay alımları ve yer kontrol noktalarının koordinatlarının ölçülmesi için Şekil 5.2.'de görülen CHCNAV İ83 marka Jeodezik GNSS alıcısı kullanılmıştır.



**Şekil 5.2.** CHCNAV İ83 GNSS-GPS alıcısı.

**Çizelge 5.2. CHCNAV İ83 GNSS-GPS alıcısının özellikleri.**

| <b>CHCNAV İ83 GNSS-GPS ALICISI ÖZELLİKLERİ</b> |                                |                                                                                |
|------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>GNSS Performansı</b>                        | Kanallar                       | 1408 Kanal                                                                     |
|                                                | GPS                            | L1 C/A, L2C, L2P, L5                                                           |
|                                                | GLONASS                        | L1, L2                                                                         |
|                                                | Galileo                        | E1, E5a, E5b, E6                                                               |
|                                                | BeiDou                         | B1I, B2I, B3I, B1C, B2A, B2B *                                                 |
|                                                | SBAS                           | L1                                                                             |
|                                                | QZSS                           | L1, L2, L5, L6 *                                                               |
| <b>GNSS Hassasiyetleri</b>                     | Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) | Yatay: 8 mm + 1 ppm RMS<br>Dikey: 15 mm + 1 ppm RMS                            |
|                                                | Kinematik (PPK)                | Yatay: 3 mm + 1 ppm RMS<br>Dikey: 5 mm + 1 ppm RMS                             |
|                                                | Son işlem statik               | Yatay: 2.5 mm + 0.5 ppm RMS<br>Dikey: 5 mm + 0.5 ppm RMS                       |
| <b>Donanım</b>                                 | Çalışma Süresi                 | RTK baz istasyonu olarak 8 saat<br>GNSS RTK ağ gezgini 18 saat                 |
|                                                | Ağırlık                        | 1,15 kg (2,54 lb)                                                              |
| <b>İletişim</b>                                | SIM Kart Türü                  | Entegre 4G modem, LTE (FDD): B1, B2, B3, B4, B5, B7, B8, B20                   |
|                                                | Veri Formatları                | HCN, HRC, RINEX2.11, 3.02<br>NMEA0183 çıkışlı NTRIP<br>İstemcisi, NTRIP Kaster |

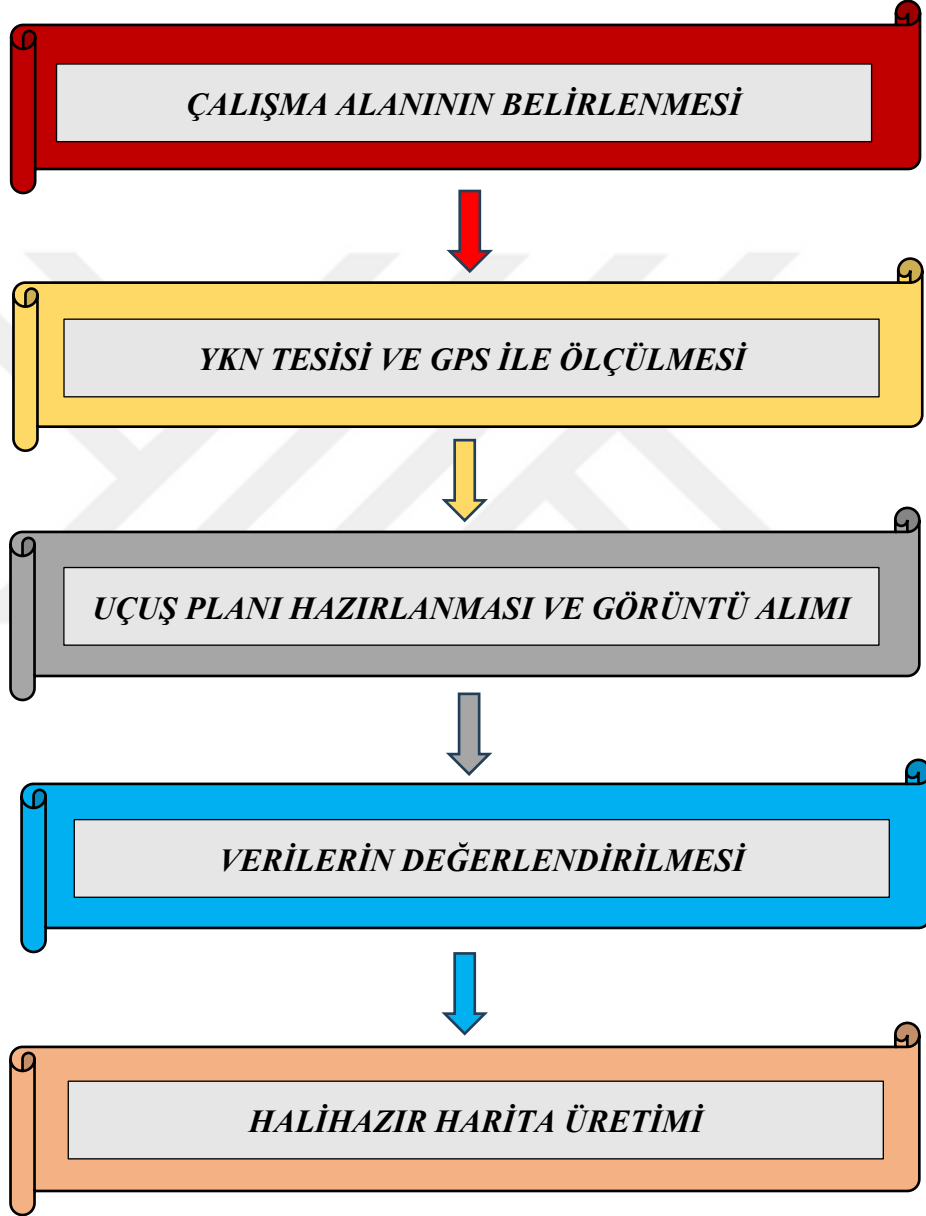
**Çizelge 5.3.** Dji zenmuse P1 kameranın başlıca özellikleri.

| <b>DJI ZENMUSE P1 KAMERANIN BAŞLICA ÖZELLİKLERİ</b>      |                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ÖZELLİK</b>                                           | <b>İÇERİK</b>                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Kameranın Boyutları                                      | 198×166×129 mm                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Ağırlık                                                  | 800 Gr                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Desteklenen Uçak Tipi                                    | Matris 300 RTK                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Çalışma Sıcaklığı                                        | -20° ila 50° C (-4° ila 122° F)                                                                                                                                                                                                                                               |
| Depolama Sıcaklığı                                       | -20° ila 60° C (-4° ila 140° F)                                                                                                                                                                                                                                               |
| Mutlak Doğruluk                                          | Yatay 3 cm, Dikey 5 cm                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Bindirme Oranı                                           | Enine Bindirme %75, Boyuna Bindirme %55                                                                                                                                                                                                                                       |
| (Gsd:Ground Sampling Distance= Yer<br>Örnekleme Aralığı) | 3 cm                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Uçuş Hızı                                                | 15 m/s                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Sensör Boyutu (Fotoğraf)                                 | 35,9×24 mm (Tam çerçeve)                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Etkin Pikseller                                          | 45 MP                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Piksel Boyutu                                            | Piksel boyutu: 4,4 µm                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Desteklenen Lensler                                      | -Dji DL 24mm F2.8 LS ASPH (parasoley ve<br>dengeleme halkası/filtresi ile), FOV 84°<br><br>-Dji DL 35mm F2.8 LS ASPH (parasoley ve<br>dengeleme halkası/filtresi ile), FOV 63.5°<br><br>-Dji DL 50mm F2.8 LS ASPH (parasoley ve<br>dengeleme halkası/filtresi ile), FOV 46,8° |
| Fotoğraf Boyutu                                          | 3:2 (8192×5460)                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Minimum Fotoğraf Aralığı                                 | 0,7 sn                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Deklanşör Hızı                                           | Mekanik Obtüratör Hızı: 1/2000-1 s<br><br>Elektronik Obtüratör Hızı: 1/8000-1 s                                                                                                                                                                                               |
| Açıklık Değeri                                           | f/5,6'dan büyük değil                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Diyafram Aralığı                                         | f/2,8-f/16                                                                                                                                                                                                                                                                    |

### 5.1.3 İş akış diyagramı

İHA’larda yüksek çözünürlüklü görüntü alımını sağlayan kamera sistemlerinin kullanılması ile son yıllarda halihazır harita yapımında yersel ölçüm yöntemleri ile fotogrametrik yöntemler yerine, İHA fotogrametrisi kullanılmaya başlanmıştır.

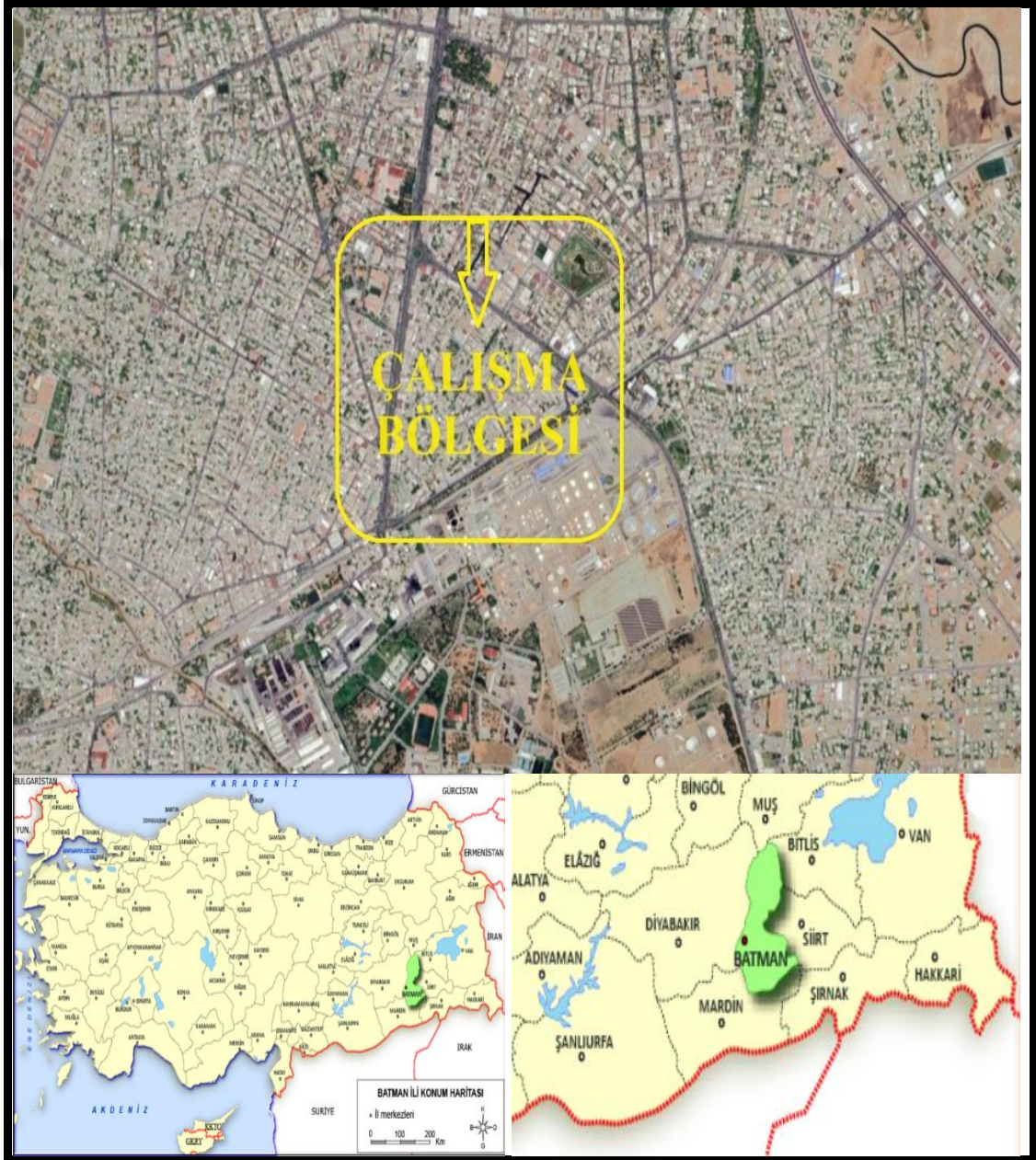
Uygulamaya ait iş akış diyagramı Şekil 5.3.’te gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Uygulamaya ait iş akış diyagramı.

#### 5.1.4 Çalışma bölgesinin belirlenmesi

Çalışma bölgesi olarak Batman İli Merkez İlçesi Şirinevler Mahallesi Kentsel Dönüşüm Bölgesi seçilmiştir. Çalışma alanı içerisinde tez konusuna uygun olarak doğruluk ve hassasiyet analizinin yapılacağı bina, yol, park gibi unsurlar bulunmaktadır. Çalışma bölgesi Şekil 5.4.'te gösterilmiştir.



Şekil 5.4. Çalışma bölgesi: Batman İli Merkez İlçesi Şirinevler Mahallesi.

## 5.2 Yöntem

### 5.2.1 Yer kontrol noktalarının tesisi

Yer Kontrol Noktası (YKN); Harita yapımında dayanak noktası olarak kullanılan, koordinatları ve kotları hassas olarak tespit edilmiş, yeryüzünde fiziksel olarak belli işaretlerle belirlenmiş noktalardır. YKN seçimi ve sayısı ile ilgili BÖHHBÜY 52.Maddesinde belirtilen hususlar göz önünde bulundurulmuştur. Yer kontrol noktaları, çalışma alanının genelinde homojen bir şekilde dağıtılmalıdır. Hem merkezi alanlarda hem de çalışma alanının sınırlarında yer almalıdır. Özellikle köşe ve kenar kısımlarına YKN yerleştirilmesi, projedeki geometrik doğruluk açısından önem arz etmektedir.



**Şekil 5.5.** YKN ve denetleme noktalarının çalışma bölgesine dağılımı.

Tez çalışması kapsamında çalışma bölgesinde Şekil 5.5.'te gösterildiği gibi uçuş yapılacak bölgede 14 tane yer kontrol noktası ve 5 tane denetleme noktası yerleşimi dikkatli bir şekilde yapılmıştır. BÖHHBÜY göre YKN sayısının en az %30'u kadar ve bu sayının dört taneden az olmaması koşuluna bağlı olarak 5 tane denetleme noktası tesis edilmiştir.

Yer kontrol noktası tesisi yapılırken hava şartlarının çalışmayı olumsuz yönde etkilemeyeceği zaman dilimi seçilmiş ve YKN'lerin sabitleme işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.6.). Yer kontrol noktalarını sabitlemek için spreyl boya ve muşamba materyalleri tercih edilmiş olup, YKN'ler İHA ile yapılacak uçuştan sonra hava fotoğraflarında belirgin olması maksadıyla zeminde kırmızı-beyaz olarak işaretlenmiştir.



Şekil 5.6. Yer kontrol noktaları tesisi.

İHA ile uçuş planı hazırlanan alanda üretilecek haritanın nitelikleri göz önünde bulundurularak ve uygun uçuş irtifasına bağlı olacak şekilde hava fotoğraflarında net olarak görülebilecek boyutta Şekil 5.7.'de gösterildiği gibi yer noktaları tesis edilmiştir.



Şekil 5.7. YKN'lerin hava fotoğraflarındaki görünümü.

### 5.2.2 Yer kontrol noktalarının GPS ile ölçülmesi

14 tane YKN ve 5 tane denetleme noktası belirleme işlemleri sonrasında bu noktaların koordinatları; CHCNAV i83 GNSS-GPS alıcısının TUSAGA aktif ağına bağlanılarak GRS80 Elipsoidi, UTM (Universal Transverse Mercator) 3 derece, ITRF96 (International Terrestrial Reference Frame 1996) ve 42 dilim orta meridyeninde hassas bir şekilde yatay ve düşey yönde 10 epok şeklinde okuma yapılarak ölçülmüştür. Yer kontrol noktalarının GNSS-GPS ile ölçülmesi Şekil 5.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 5.8. Yer kontrol noktalarının GPS ile ölçülmesi.

### 5.2.3 Uçuş planı hazırlanması

Çalışma bölgesine ait uçuş planlaması halihazır haritası yapılacak alana göre belirlenmiştir. Şekil 5.9.'da İHA'nın görüntü alımı yapacağı bölge ve hazırlanan uçuş güzergahı yer almaktadır. Uygulama sahası 8 adet kolona bölünmüştür. Çalışma bölgesinde İHA'nın pil süresi dikkate alınarak yapılacak uçuş 2 aşamalı gerçekleştirilecektir. İki aşamalı yapılacak uçuş parametrelerinde herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. İHA ile uçuş rotası takip edilerek çalışma bölgesine ait görüntü alma işlemi tamamlanmış olacaktır.



**Şekil 5.9.** Çalışma bölgesine ait uçuş planlaması

Çalışma bölgesine ait uçuş parametreleri Çizelge 5.4.'te gösterilmiştir.

**Çizelge 5.4.** Çalışma bölgesine ait uçuş parametreleri.

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| Kamera Odak uzaklığı       | 35.010 mm |
| Enine Bindirme Oranı       | %70       |
| Boyuna Bindirme Oranı      | %80       |
| Kolon Sayısı               | 8 Adet    |
| Kolonlar Arası Mesafe      | 65 metre  |
| Hava Fotoğrafları Sayısı   | 586 Adet  |
| Yer Kontrol Noktası Sayısı | 14 Adet   |
| Denetleme Noktası Sayısı   | 5 Adet    |
| Test Noktası Sayısı        | 51 Adet   |
| Uçuş İrtifası              | 200 metre |
| Uçuş Hızı                  | 10 m/s    |

Hava fotoğrafları, hazırlanacak bir uçuş planına uygun olacak şekilde çekilir. Uçuş planları sayısal ortamda hazırlanır. Bu planlarda bindirme oranlarının ve ölçek farklılıklarının denetlenebilmesi için sayısal arazi modelleri kullanılır. Uçuş planlarında aynı blok içerisindeki yer örnekleme aralığı farklılıklarının  $\pm 10\%$ 'u geçmesine izin verilmez.  $\pm 10\%$ 'u geçmesi durumunda o kolon bölünerek yeni bir kolon oluşturulur. Uçaktaki ve sabit yer istasyonunda bulunan GNSS alıcıları en az çift frekanslı (L1 ve L2) olması gerekmektedir ve bu alıcılar ile gerçekleştirilecek GNSS ölçüleri eş zamanlı olarak gerçekleştirilmelidir. Sabit yer istasyonun da bulunan GNSS ölçümleri, hava resimleri çekiminden en az 30 dakika önce başlamalı ve çekim işlemleri tamamlandıktan en az 30 dakika sonra sona ermelidir. Uçaktaki GNSS alıcısı, hava fotoğrafı çekimine başlamadan en az 15 dakika önce aktif olmalıdır. Hem uçaktaki hem de yer istasyonundaki GNSS alıcılarının veri toplama sıklığı bir saniyeyi aşmamalıdır (BÖHHBÜY, 2018).

Yapılacak çalışmada görüntü alımı; İHA'nın irtifası, uçuşun hangi hızda yapılacağı, ne kadar zaman aralığında fotoğraf çekimi yapılacağı, çalışma bölgesinin belirlenmesi için kaç kolonun gerekli olduğu, kolon başına kaç fotoğraf çekileceği uçuş planlama aşamasında belirlenmelidir. Bu sebeple uçuş planının hazırlanması yapılacak çalışmanın en önemli aşamalarından biridir (Şenkal, 2018).

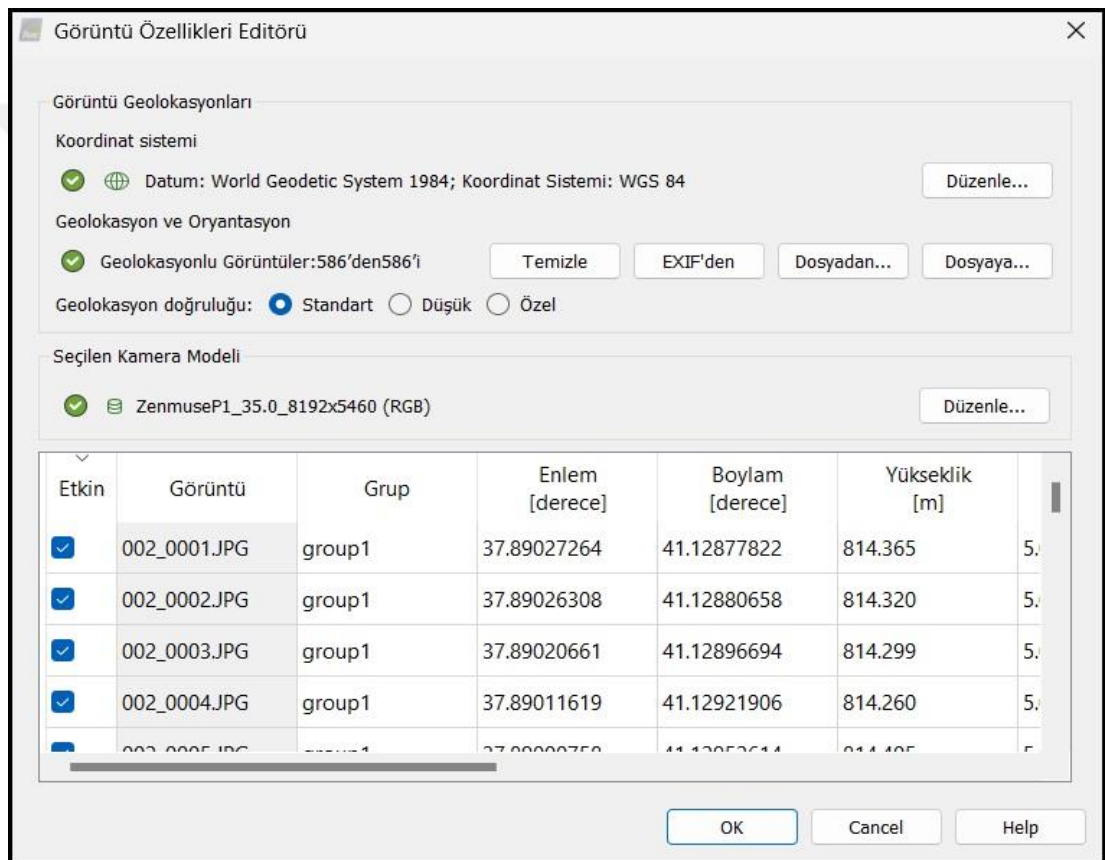
İnsansız hava araçlarının özelliklerine göre uçuş planı hazırlanırken farklı programlar kullanılabilir. Google Earth programı yardımıyla uçuş alanının görüntüsü doğru bir şekilde tespit edilebilir. Çalışma alanı belirlenmiş, uçuş yüksekliğine ve İHA'ya entegre edilmiş kameranın niteliğine göre fotogrametrik uçuş için görüntü alımı yapılacak güzergahı belirleyen kolonlar oluşturulur. Belirlenen ileri ve yan bindirme oranlarına bağlı olarak bu kolonlarda belirli aralıklarda fotoğraflar çekilir ve çekilen bu fotoğraflar SD karta kaydedilir (Çallı, 2021).

#### **5.2.4 Hava fotoğraflarının değerlendirilmesi ile halihazır harita üretimi**

DJI Matrice 300 RTK'da IMU teknolojisi sayesinde, drone'un hareketini ve yönünü algılar, böylece uçuş sırasında yüksek hassasiyet ve güvenilirlik sağlar. Bu sayede İHA'nın görüntü alımı sırasındaki konumunu belirten dış yöneltme parametreleri, GPS ile ölçülmüş olur. Çalışma kapsamında toplam 586 adet hava fotoğrafı kullanılmıştır. Yer örnekleme aralığı (GSD=Ground Sampling Distance) 2.65 cm'dir. Kameranın

sensör genişliği 35.010 mm ve sensör uzaklığı 23.32 mm'dir. Görüntü çözünürlüğü ise 8192x5460 pikseldir.

Uygulamaya ait tüm verilerin depolanacağı bir klasör oluşturulur. Bu klasörde uçuş sonrası elde edilen hava fotoğraflarının tamamı eklenmiştir. Pix4D Mapper programı ara yüzünden “Görüntüleri Ekle” sekmesi aracılığı ile çalışma bölgesine ait hava fotoğraflarının tamamı seçilerek programa eklenmiştir. Projeye ait datum, fotoğraf sayısı, geolokasyon doğruluğu ve kamera modeli gibi parametreler Şekil.5.10'da gösterilmiştir.



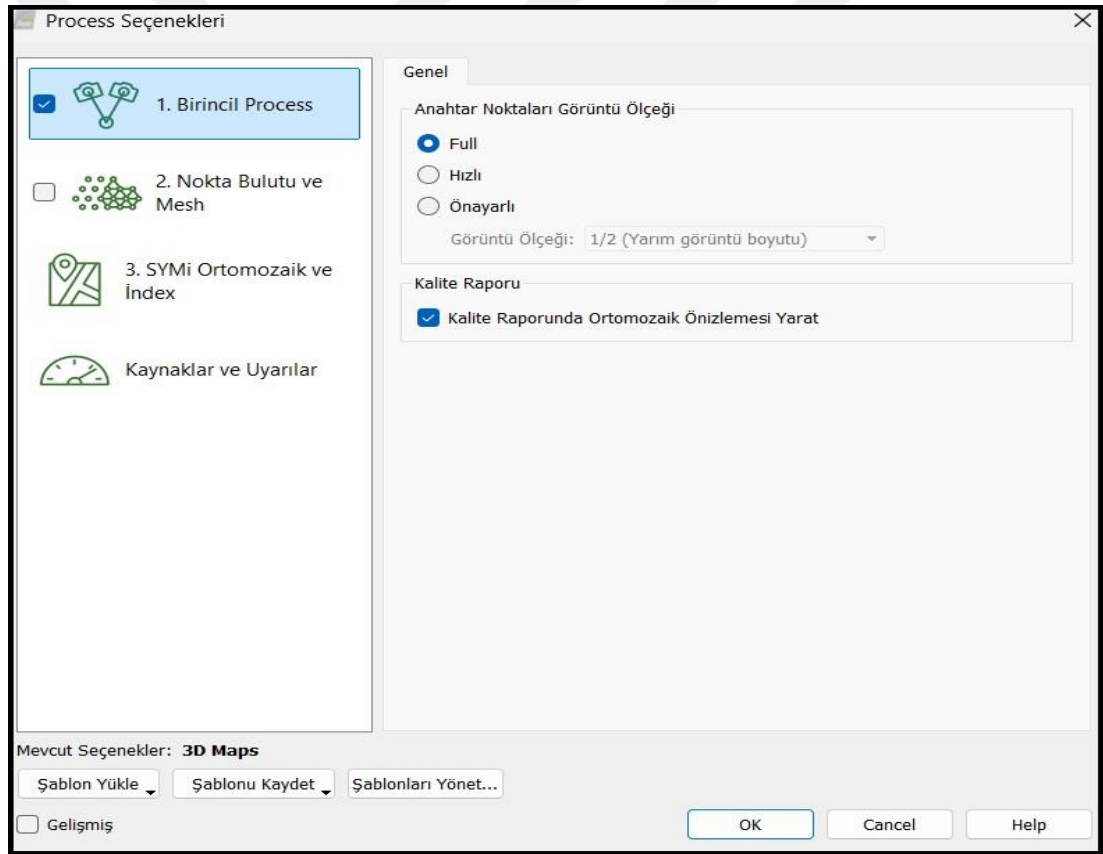
**Şekil 5.10.** Hava fotoğraflarının eklenmesi ve proje parametreleri seçimi.

Saha çalışmasında GNSS-GPS alıcısı ile ITRF/TM42 datumunda ölçülen YKN ve denetleme noktalarının koordinatları YKN.NCN uzantılı dosyada saklanmakta ve Pix4D Mapper programı YKN/MTP Yöneticisi sekmesinden içe aktarımı yapılarak eklenmektedir. Hava fotoğraflarından YKN noktalarının işaretlemesi yapılırken, YKN3'e ait hava fotoğrafında bir motosikletin kaldırılma park etmesinden dolayı okuma işlemi gerçekleştirilemediğinden dolayı, toplamda 13 nokta YKN olarak

kullanılmıştır. Bu noktalara ait Datum Turkish National Reference Frame ve koordinat sistemi olarak TUREF/TM42 olarak seçilmiştir.

Pix4D mapper programı üç ana aşamadan oluşmaktadır. Bunlar; 1. Birincil process, 2.Nokta bulutu ve mesh ve 3. SYMi ortomozaik ve index aşamalarıdır.

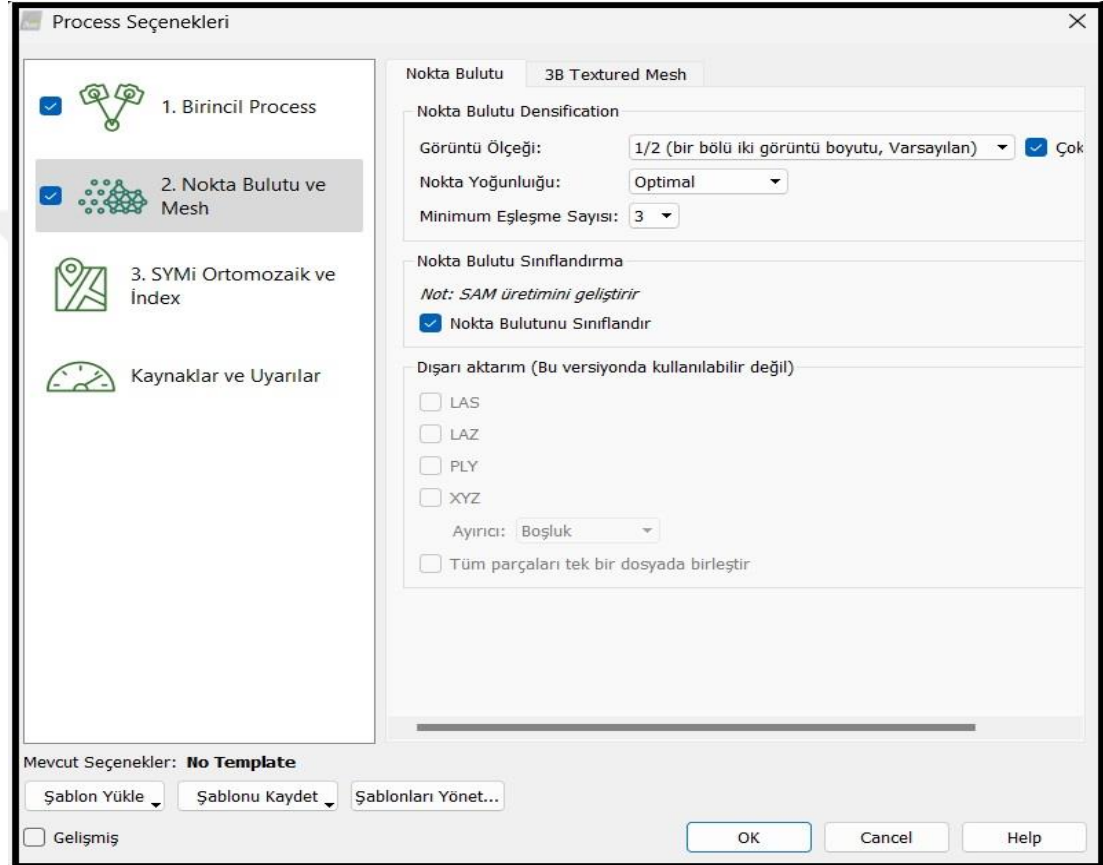
Pix4D mapper yazılımının birinci aşamasında; Projeye ait parametreler seçildikten sonra program arayüzünden 1. Aşama Birincil Process işlemi başlatılır. Bu aşamada; görüntü kalibrasyonu, görüntü eşleme, iç yönelme ve dış yöneltme parametrelerinin hesaplanması ve nokta bulutu oluşturma işlemlerinden oluşmaktadır. Sonuç itibari ile Birincil Process aşaması, dengeleme işlemi yapılmış olup, detaylı modelleme ve haritalama işlemlerine geçilmesine olanak sağlanmaktadır. Tez kapsamında bu parametreler Şekil.5.11 ‘de gösterildiği gibi işaretlemiştir.



Şekil 5.11. Birincil process parametreleri.

Pix4D mapper yazılımının ikinci aşamasında: Nokta bulutu ve mesh; seçilen parametreler doğrultusunda program tarafından otomatik bir şekilde nokta bulutu işlemleri ve mesh işlemleri tamamlanır. Nokta bulutu işlemleri; nokta bulutu düzenleme, nokta bulutu sınıflandırması, yoğunlaştırılmış nokta bulutu işlemleri ile

tamamlanmış olur. Mesh işlemleri ise; üçgenleme, üçgen ağının düzeltilmesi, görüntülere ait doku kaplama ve renkli nokta bulutu ile mesh oluşturma işlemlerinden oluşur. Bu işlemler, proje için detaylı ve doğru bir 3B model oluşturulmasını sağlar. Nokta bulutu, gerçek dünya yüzeyinin detaylı bir temsilini sunarken, mesh bu noktaları birbirine bağlayan yüzeyleri oluşturur. Doku kaplama ise bu yüzeylere gerçekçi görünümler kazandırır. Bu sayede, yüksek kaliteli 3B modeller elde edilir. Tez kapsamında bu aşamadaki parametreler Şekil.5.12 'de gösterilmiştir.



**Şekil 5.12.** Nokta bulutu ve mesh parametreleri.

Pix4D mapper yazılımının üçüncü aşamasında: SYM, ortomozaik ve indeks oluşturma işlemleri gerçekleşir. Sonuç olarak bu aşamada, verilerin görselleştirilmesi ve analitik değerlendirme yapılabilmektedir.

SfM (Structure from Motion) algoritması, bir nesnenin farklı açılardan çekilmiş iki boyutlu (2B) görüntülerinden ortak noktalarını algılaması sonucu üç boyutlu (3B) yapısını ve hareketini çıkaran ve stereo görüntüleme tekniğini kullanan geleneksel bir fotogrametri yöntemidir (Çelik vd., 2020). Algoritmanın temel amacı, kamera hareketini ve sahnedeki nesnelerin üç boyutlu yapılarını birlikte tahmin etmektir. SfM

algoritmasının çalışma prensibi, birden fazla görüntüden elde edilen özelliklerin eşleştirilmesi ve bu eşleşmelerden hareketle üç boyutlu yapının tahmin edilmesine dayanır. SfM algoritması; görüntü alımı, belirgin özellik noktalarının tespiti, özellik eşleştirme, kamera hareketlerinin tahmini ve üç boyutlu yoğun nokta bulutu elde edilmesi ile tamamlanır. SfM algoritması, sadece hava fotoğraflarına dayalı olarak karmaşık üç boyutlu yapıları çıkarabilmesi sebebi ile güçlü ve yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Algoritma, görüntülerin kalitesine ve özellik eşleştirmelerinin doğruluğuna bağlıdır.

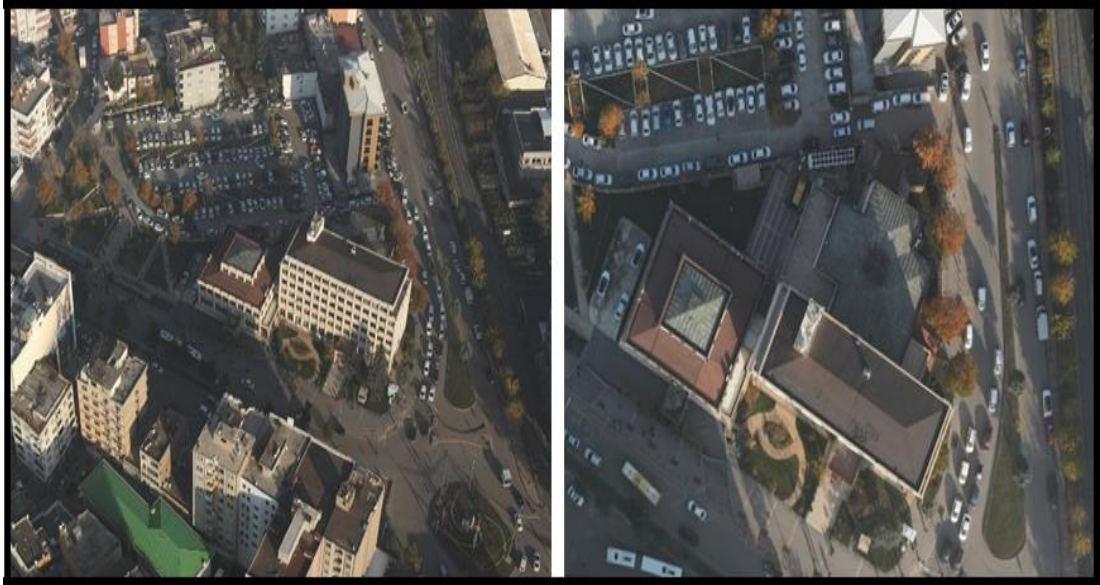
Nesne boyutuna göre görüntü hizalama kalitesi seçilir. Görüntüler hizalandıktan sonra ölçekleme ve referanslandırma işlemi yapılır. Havadan taranan yüzey ve objelere ait (XYZ) koordinat ve yükseklik değerleri içeren nokta bulutu Pix4D Mapper veri işleme programı tarafından otomatik olarak oluşturulur. Son olarak seçilen parametreler doğrultusunda sayısal arazi modeli (SAM) ve yüksek çözünürlüklü ortofoto elde edilmektedir.

Stereo fotoğraflardan koordinat okuma işlemi, fotogrametrinin temel tekniklerinden biridir ve genellikle hava fotoğrafları veya uydu görüntüleri kullanılarak yapılır. Bu yöntem, iki farklı açıdan çekilmiş hava fotoğrafının bir arada değerlendirilmesiyle, bir bölgenin üç boyutlu koordinatlarını çıkarmak için kullanılır. Fotoğrafları stereo olarak inceleyebilmek için özel bir yazılım veya stereo görüntüleme cihazı kullanılır. Yapılan çalışmada Leica photogrammetry suite ve pro 600 yazılımları kullanılmıştır. Leica photogrammetry suite yazılım programına, Pix4D mapper programı kullanılarak elde edilen hava fotoğrafları eklenir. Pix4D mapper programında hesaplanan iç ve dış yöneltme parametreleri, fotoğrafların çekim açıları, fotoğrafların çekim yükseklikleri ve kamera koordinat bilgileri sisteme tanıtılır. Bu sayede hava fotoğrafları işaretlenir ve işaretlenen fotoğraflara ait parametreler sisteme girilir. Parametre tanımlamasının ardından koordinatlı hava fotoğrafları bindirmeli bir şekilde ekrana gelmiş olur. Bu sayede bu program iki fotoğrafı üst üste bindirip, derinlik algısını geliştirmek için kullanılır. Elde edilen veriler yeni bir proje şeklinde .blk uzantısı ile kayıt edilir. Blk formatı ile kayıt edilen dosya, Microstation pro600 yazılım programında açılarak, stereo operatörü çalışma alanında yer alan bütün detayları 3B olacak şekilde oluşturur (Şekil 5.13).



**Şekil 5.13.** Noktaların stereo değerlendirilmesi.

Stereo görüntüler üzerinden çizim yapılması ile kıymetlendirme işlemleri tamamlanarak halihazır haritalar elde edilmiş olur. Şekil 5.14.'te çalışma bölgesine ait ortofoto görüntüden bir kesit gösterilmiştir.



**Şekil 5.14.** Ortofoto ve gerçek ortofoto.

#### **5.2.5 Yersel ölçüm yöntemi kullanılarak GNSS-GPS ile halihazır harita üretimi**

Yersel ölçme tekniği, geleneksel bir ölçüm yöntemi olarak bilinir ve arazi üzerindeki tüm detayların koordinat ve kot değerlerinin, Totalstation ve Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS) gibi cihazlar kullanılarak arazide doğrudan ölçülmesini kapsar. Arazide elde edilen bu veriler, bilgisayara aktarıldıktan sonra yazılım programları (CAD veya

GIS) aracılığıyla işlenerek, halihazır haritalar oluşturulmaktadır. Bu sayede istenilen ölçekte halihazır haritaların paftaları elde edilmiş olur.

Yersel yöntemlerle üretilen halihazır haritalar, arazi yüzeyinin topoğrafyasına, yani detayların erişilebilir olmasına, hava şartlarına ve kalifiye arazi takımının oluşturulması gibi parametrelere bağlıdır. Bu parametreler ise fazlaca insan gücü gereksinimine, zaman kaybına ve artan maliyetlerle sonuçlanır (Tercan, 2017). Bu nedenle, yersel ölçüm yöntemlerinin bu dezavantajları göz önüne alındığında, sürekli değişen arazi yüzeyindeki detayların haritalara eklenmesi ve haritaların güncel tutulması zorlaşmaktadır.

Halihazır harita paftalarında;

-Yüzey Şekilleri: Arazinin eğimlerini ve topoğrafik yapısını göstermek için eş yükselti eğrileri (konturlar) kullanılır. Bu eğriler, topoğrafik detayları ifade ederek mühendislik çalışmalarında zemin koşullarının analiz edilmesine yardımcı olur.

-Bina ve Yapılar: Mevcut binalar, yapılar ve diğer sabit yapılar ölçeğe uygun olarak gösterilir. Bina köşeleri, yükseklikleri ve diğer mimari detaylar paftalarda yer alır.

-Altyapı: Yol, su, kanalizasyon, elektrik ve telekomünikasyon hatları gibi altyapı unsurları detaylı bir şekilde işlenir. Bu veriler, yeni projelerin planlanmasında kritik rol oynar.

-Arazi Kullanımı: Tarım arazileri, parklar, ormanlık alanlar gibi farklı arazi kullanım türleri belirlenir ve sınıflandırılır.

-Sınırlar: Kadastro sınırları, parsel sınırları, mülkiyet hakları gibi yasal sınırlar harita üzerinde net bir şekilde gösterilir.

-Doğal Unsurlar: Ağaçlar, su kaynakları, dere yatakları gibi doğal unsurlar da paftalarda belirtilir.

Halihazır paftalar, kentsel alanlarda detaylı planlama ve mühendislik çalışmaları için kritik önem taşır. Bu paftalar, mevcut durumun hassas bir şekilde analiz edilmesine ve gelecekteki projelerin doğru planlanmasına olanak sağlar.

Halihazır haritaların kullanım alanları;

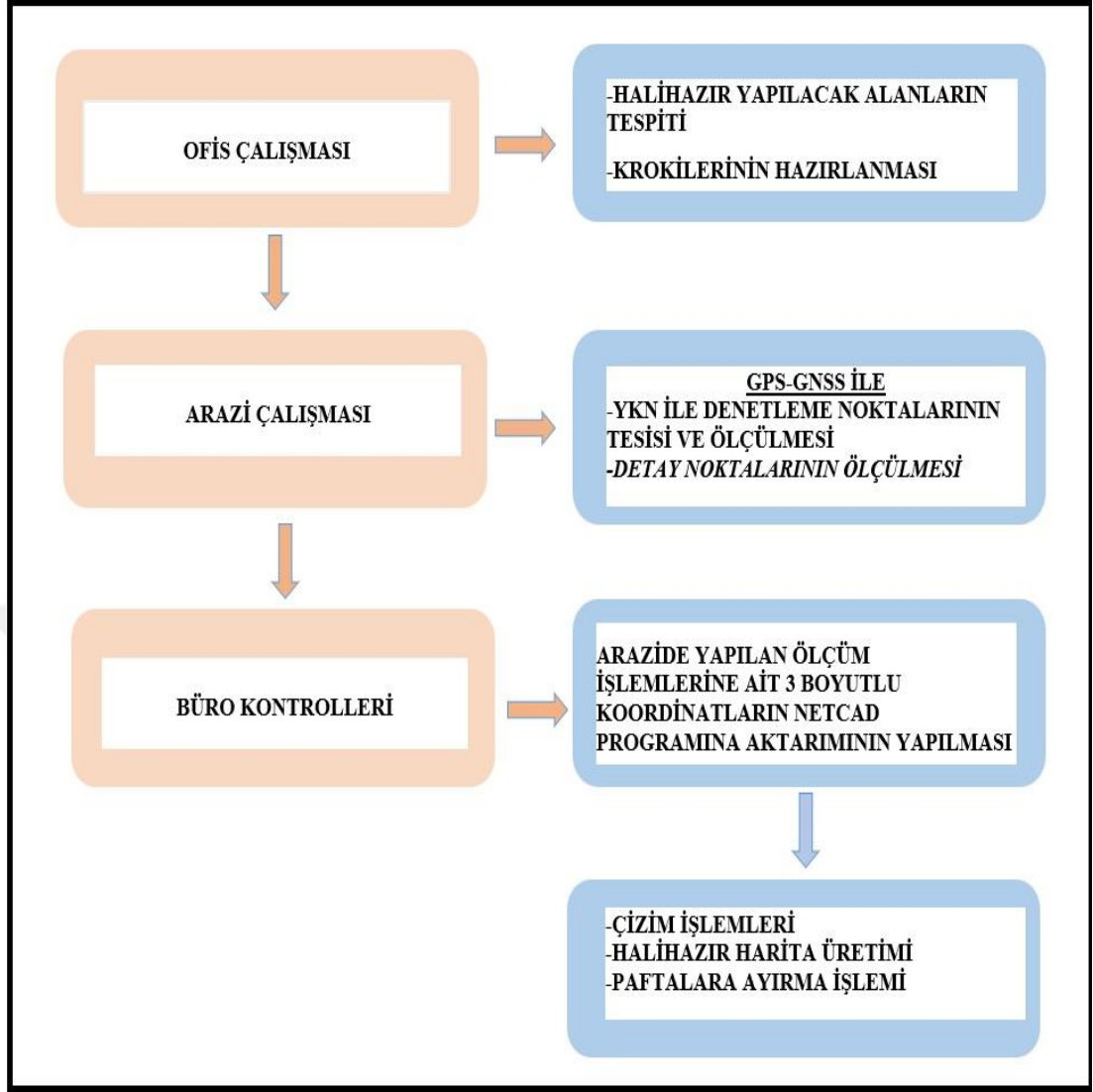
-Kentsel Planlama: Şehirlerde imar planlarının hazırlanması, kentsel dönüşüm projeleri ve altyapı planlaması gibi çalışmalar için temel veri kaynağıdır.

-Mühendislik Projeleri: Yol, köprü, tünel gibi mühendislik projelerinde detaylı zemin verileri sağlar. Bu ölçek, inşaat projeleri için uygundur.

-Kadastro ve Mülkiyet: Mülkiyet haklarının belirlenmesi ve arazi kullanım kararlarının verilmesi için kullanılır.

-Altyapı Planlaması: Su, kanalizasyon, elektrik, doğalgaz gibi altyapı projelerinin tasarımı ve uygulanması için referans alınır.

Yapılan çalışmada halihazır harita üretimine ait iş akış şeması Şekil 5.15.'te gösterilmiştir.



**Şekil 5.15.** Yersel yöntemle halihazır üretimine ait iş akış şeması.

Arazi çalışmalarında detay alımlarına ait ölçüm işlemleri CHCNAVİ83 marka GPS-GNSS alıcısı ile tamamlanmıştır. Netcad yazılım programı ile veriler işlenmiş olup, halihazır harita üretimi gerçekleştirilmiş ve sonuç ürünü olarak 1/1000 ölçekte paftalar elde edilmiştir.

Çalışma alanında yersel ölçüm yöntemi ile halihazır haritası yapılmak üzere belirlenen 3 bölge Şekil 5.16.'da gösterilmiştir. Bu bölgelerde yer alan; binalar, bahçe duvarları, yollar, kanalizasyon bacaları, elektrik direkleri, telekomünikasyon bacaları, ağaçlar, gibi doğal ve yapay unsurların tamamına ait ölçümler yapılmıştır.



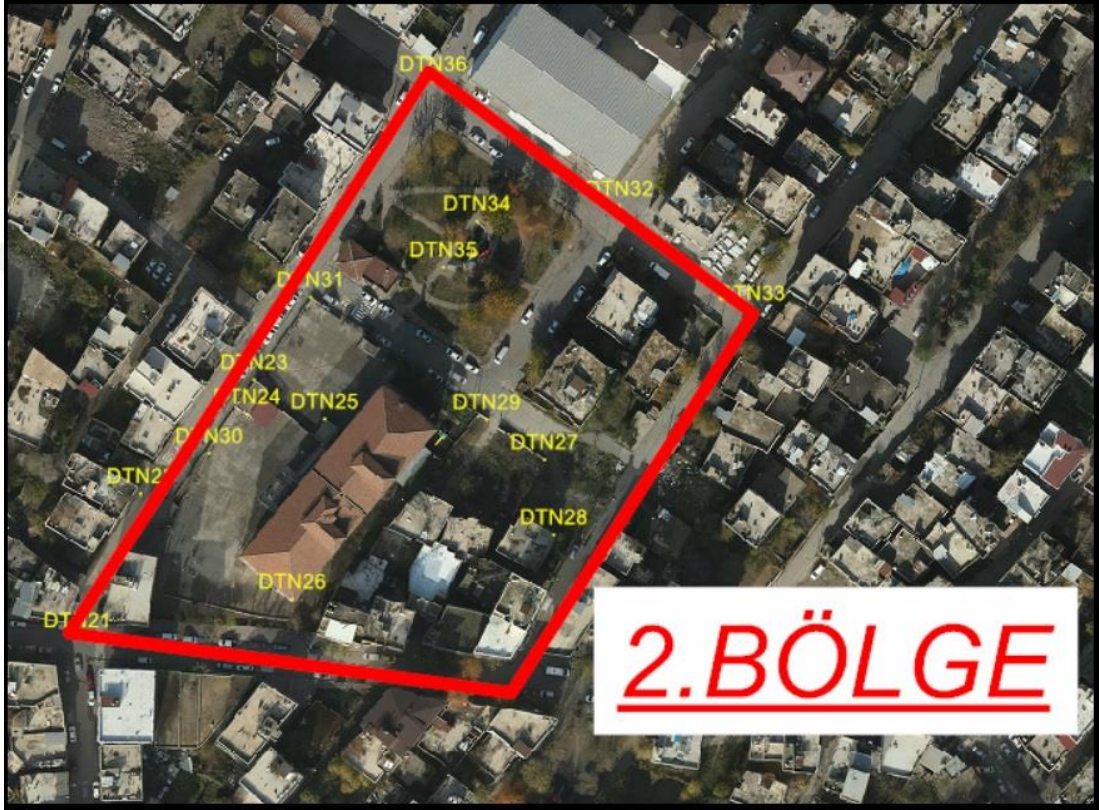
Şekil 5.16. Yersel yöntemlerle halihazır haritası üretilecek 3 bölge.

Şekil 5.17.'de görüldüğü gibi 1. Bölgede yer alan yapay ve doğal unsurlara ait detay alımı gerçekleştirilmiştir. Detay noktalarının koordinatları arazide CHCNAV İ83 GNSS-GPS alıcısı ile 10 epokta ölçülmüştür. Bu noktalar ve stereo görüntülerden elde edilen koordinatlardan faydalanılarak karesel ortalama hatalar hesaplanacak olup, doğruluk ve hassasiyet analizinde kullanılacaktır.



Şekil 5.17. 1. Bölgeden seçilen 20 tane detay noktası.

Şekil 5.18.'de 2. Bölgede yer alan yapay ve doğal unsurlara ait detay alımı gerçekleştirilmiştir. Detay noktalarının koordinatları arazide CHCNAV İ83 GNSS-GPS alıcısı ile 10 epokta ölçülmüştür. Alım noktalarından 16 tane detay noktası işaretlenmiştir. Bu noktalar ve stereo görüntülerden elde edilen koordinatlardan faydalanılarak karesel ortalama hatalar hesaplanacak olup, doğruluk ve hassasiyet analizinde kullanılacaktır.



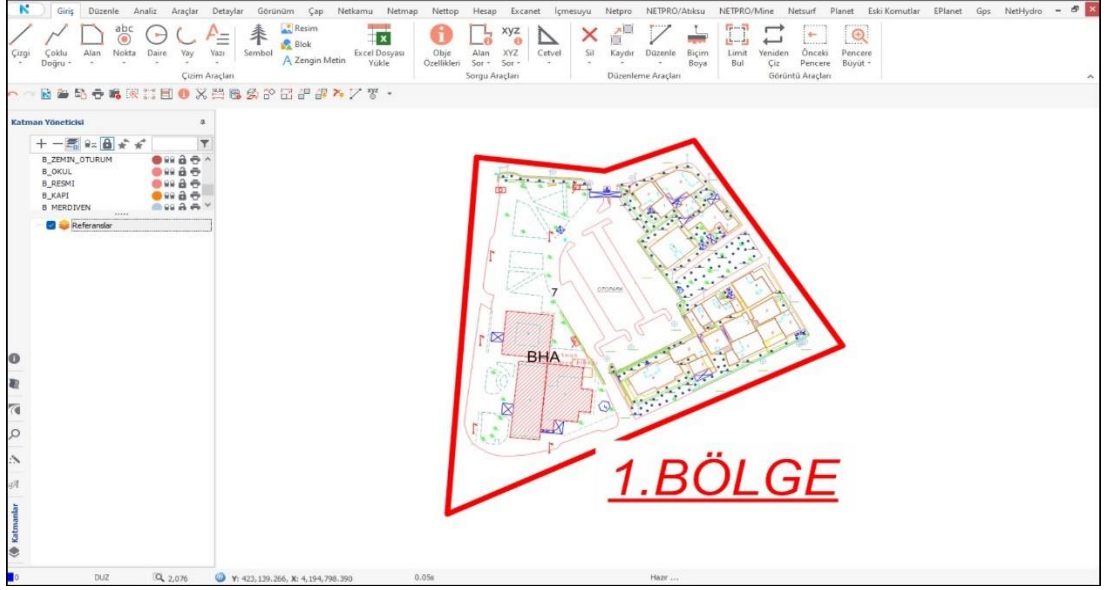
**Şekil 5.18.** 2. Bölgeden seçilen 16 tane detay noktası.

Şekil 5.19.'da 3. Bölgede yer alan yapay ve doğal unsurlara ait detay alımı gerçekleştirilmiştir. Detay noktalarının koordinatları arazide CHCNAV İ83 GNSS-GPS alıcısı ile 10 epokta ölçülmüştür. Alım noktalarından 15 tane detay noktası işaretlenmiştir. Bu noktalar ve stereo görüntülerden elde edilen koordinatlardan faydalanılarak karesel ortalama hatalar hesaplanacak olup, doğruluk ve hassasiyet analizinde kullanılacaktır.

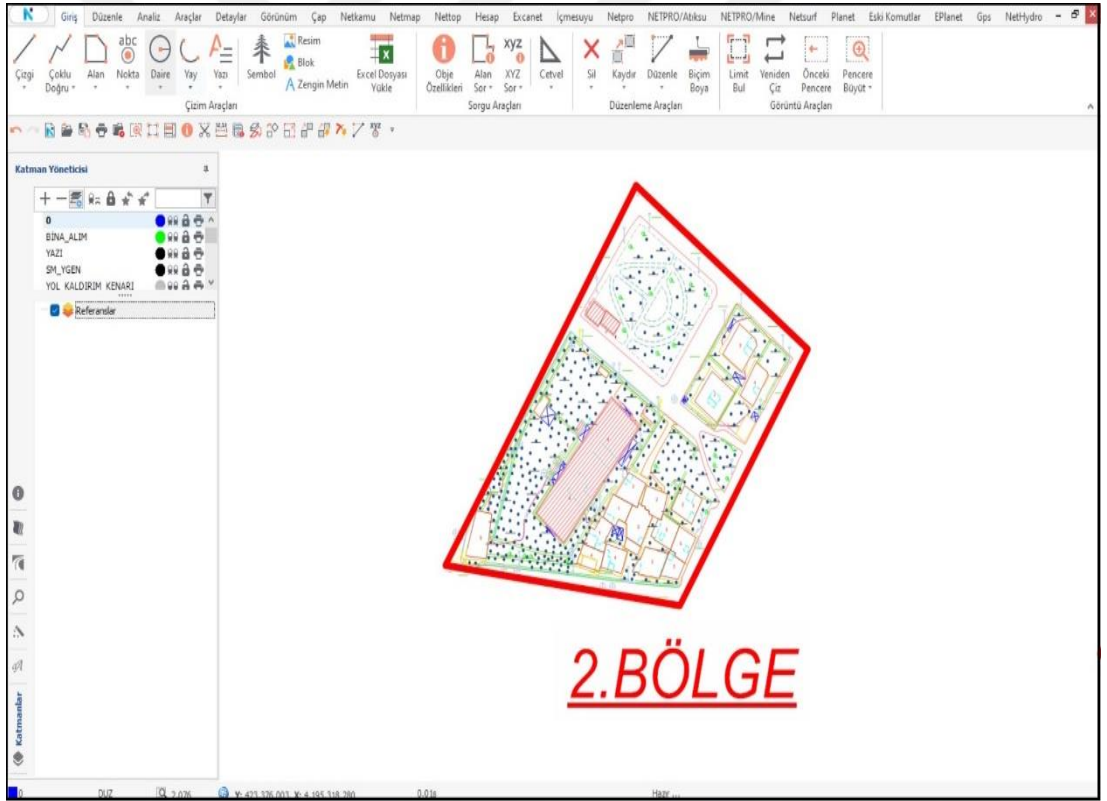


**Şekil 5.19.** 3. Bölgeden seçilen 15 tane detay noktası.

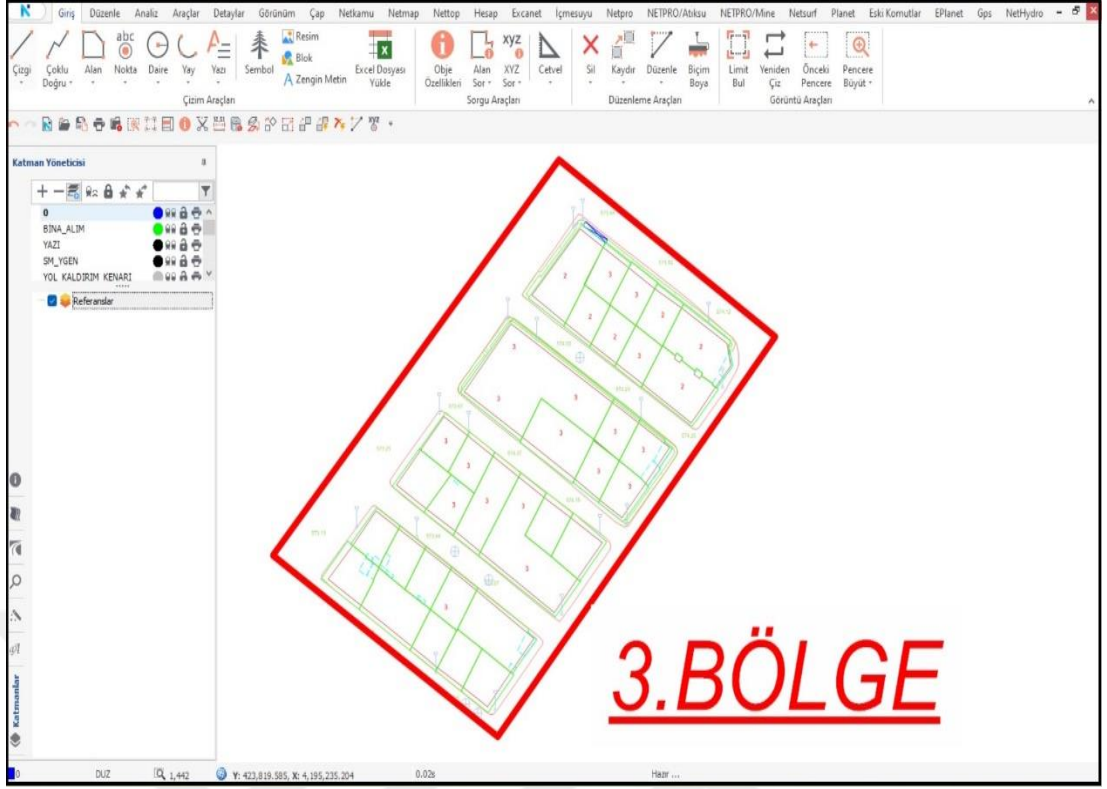
Çalışma bölgesinde belirlenen; 1.Bölge, 2.Bölge ve 3.Bölgede yer alan detaylara ait (yollar, binalar, trafo merkezleri, elektrik direkleri, alt yapıya ait rögarlar, gibi) ölçüm işlemleri yapılmıştır. Detay alımı yapılan noktaların kaydedildiği klasörler bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Bu seviyede NetCAD yazılımına aktarılan ve çalışma sahasını temsil eden her detay alımına bir numara verilmiştir. Daha sonra Leica Photogrammetry Suite ve Microstation Pro600 yazılımı ile veriler işlenmiş ve Şekil 5.20., Şekil 5.21. ve Şekil 5.22’de gösterildiği gibi halihazır haritalar üretilmiştir.



Şekil 5.20. 1. bölgeye ait halihazır harita.



Şekil 5.21. 2. bölgeye ait halihazır harita.



Şekil 5.22. 3. bölgeye ait halihazır harita.

Elde edilen halihazır haritaların kullanım alanlarına göre Büyük Ölçekli Harita ve Harita Üretim Yönetmeliği'nin (BÖHHBÜY) altıncı bölümünde yer alan çizim işleri esaslarına göre paftalama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu sonuçla 1. bölgede yer alan halihazır harita M46-A-13-B-4-A paftasında, 2. bölgede yer alan halihazır harita M46-A-13-B-4-A ile M46-A-13-B-4-B paftalarında ve 3. bölgede yer alan halihazır harita M46-A-13-B-4-A paftasında M46-A-13-B-4-B paftasında yer almaktadır.

## 6. BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER

Çalışma sahası sınırları içinde belirlenen 13 YKN ve 5 adet denetleme noktası ve 51 tane detay noktasının arazide ölçülen koordinat değerleri *kesin koordinat değerleri* olarak kabul edilmiştir. Fotoğraf analizine dayalı veri işleme programlardan biri olan Microstation Pro600 yazılımı ile stereo görüntülerden elde edilen koordinatlar ise *hesaplanan koordinat değerleri* olarak kabul edilmiştir. Kesin koordinat değerleri ile hesaplanan koordinat değerleri arasındaki ilişki (6.1)-(6.2)-(6.3) eşitliklerinde belirtilmiştir.

$$V_Y = Y_H - Y_K \quad (6.1)$$

$$V_X = X_H - X_K \quad (6.2)$$

$$V_Z = Z_H - Z_K \quad (6.3)$$

Yukarıdaki eşitliklerde;

$V_X, V_Y, V_Z$  : X, Y ve Z (Ortometrik yükseklik değeri) arasındaki koordinat farklarını,

$X_H, Y_H, Z_H$  : Stereo görüntülerden elde edilen koordinatları (hesaplanan koordinat değerini) ifade etmektedir.

$X_K, Y_K, Z_K$  : Arazide GNSS-GPS alıcısı ile yapılan ölçümler sonucunda elde edilen koordinatları (kesin koordinat değerleri) ifade etmektedir.

Karesel Ortalama Hata (KOH), ölçülerin doğruluk derecesi hakkında en isabetli fikri verir. Karesel Ortalama Hata formülü (6.4) eşitliğinde belirtilmiştir.

$$m = \pm \sqrt{\frac{V_1^2 + V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_n^2}{(n-1)}} \quad (6.4)$$

m: Karesel ortalama hata,

V: Hesaplanan değer ile kesin değer arasındaki koordinat farklarını,

n: Ölçü sayısı belirtmektedir.

Harita doğruluğu KOH ile hem yatay (konum) hem de düşey olarak test edilir. Konumsal doğruluk, X ve Y koordinatlarının yüksek hassasiyetli yatay kontrol noktası kullanılarak analiz edilirken, düşey doğruluk, Z değeri yüksekliği temsil eden iyi tanımlanmış bir noktanın düşey verisi kullanılarak hesaplanır (Kılınçoğlu, 2016).

Yer örnekleme aralığı ile ilgili BÖHKBÜY 61.Maddesi (2) nolu bendinde; Blok dengeleme sonucunda, denetleme noktalarının karesel ortalama hataları üretilecek harita veya ortofoto ölçeği için gerekli bu yönetmeliğin 54'üncü maddesinde belirtilen yer örnekleme aralığı cinsinden; X ve Y koordinatlarında  $\pm 0.75 \times Y\ddot{O}A$  (dahil)'dan ve Z koordinatında  $\pm 1 \times Y\ddot{O}A$  (dahil)'dan küçük olmalıdır. Denetleme noktalarında maksimum farklar; X ve Y koordinatlarında  $\pm 1.5 \times Y\ddot{O}A$  (dahil)'dan ve Z koordinatında  $\pm 2 \times Y\ddot{O}A$  (dahil)'dan küçük olması gerektiği belirtilmiştir.

Detay ölçme doğruluğu ile ilgili BÖHKBÜY 46. Maddesinin (1) nolu bendinde; detay noktalarının izdüşüm koordinatları ve yükseklikleri, elektronik takeometre, GNSS, LİDAR veya diğer teknik ve yöntemler kullanılarak; yatay konum doğruluğu  $(sx^2+sy^2)^{1/2} \pm 7$  cm (dahil)'den daha iyi ve helmert ortometrik yükseklik doğruluğu (sH)  $\pm 7$  cm (dahil)'den daha iyi sonuçlar vermesi gerektiği belirtilmiştir. Aynı maddenin (4) nolu bendinde ise detay alımının başlangıç ve bitiminde en az bir adet yer kontrol noktasına ölçü yapılır. Koordinat farkları (dx, dy, dH)  $\pm 15$  cm (dahil)'den küçük olması gerektiği belirtilmiştir.

## **6.1 Fotogrametrik Nirengi Sonuçlarının Değerlendirilmesi**

### **6.1.1 Denetleme noktaları ve karesel ortalama hatası**

Denetleme noktalarına ait kesin koordinat değerleri Çizelge 6.1'de gösterilmiştir. Kesin koordinat değerleri ve hesaplanan koordinat değerlerinin farkları alınarak cm cinsinden  $V_Y$ ,  $V_X$  ve  $V_Z$  değerleri bulunmuştur. Çizelge 6.1'de 5 tane denetleme noktası incelenmiş  $V_Y$ ,  $V_X$  ve  $V_Z$  bileşenlerindeki en büyük hata değerleri sırasıyla 1.8 cm, 1.9 cm ve 3.0 cm olduğu tespit edilmiştir. Karesel ortalama hata değerleri (6.4) eşitliği kullanılarak  $m_Y$ ,  $m_X$  ve  $m_Z$  değerleri hesaplanmıştır.

**Çizelge 6.1.** Denetleme noktalarının kesin ve hesaplanan koordinat değerleri ile bu koordinatların cm cinsinden farkları.

| Nokta No | Hesaplanan Koordinat Değerleri |             |         | Kesin Koordinat Değerleri |             |         | Farklar (cm) |       |       |
|----------|--------------------------------|-------------|---------|---------------------------|-------------|---------|--------------|-------|-------|
|          | Y                              | X           | Z       | Y                         | X           | Z       | $V_Y$        | $V_X$ | $V_Z$ |
| 1        | 423520.308                     | 4195227.460 | 569.825 | 423520.322                | 4195227.445 | 569.810 | -1.4         | 1.5   | 1.5   |
| 2        | 423912.051                     | 4195158.093 | 581.928 | 423912.069                | 4195158.080 | 581.898 | -1.8         | 1.3   | 3.0   |
| 3        | 423767.441                     | 4194975.096 | 582.833 | 423767.434                | 4194975.079 | 582.807 | 0.7          | 1.7   | 2.6   |
| 4        | 423336.455                     | 4194761.769 | 570.880 | 423336.439                | 4194761.762 | 570.900 | 1.6          | 0.7   | -2.0  |
| 5        | 423351.346                     | 4195097.576 | 571.045 | 423351.335                | 4195097.557 | 571.065 | 1.1          | 1.9   | -2.0  |

Denetleme noktalarına ait kesin koordinat değerleri ve hesaplanan koordinat değerlerinin farklarının kareleri ( $VV_Y$ ), ( $VV_X$ ) ve ( $VV_Z$ ) değerleri sırası ile 9.46 cm, 10.93 cm ve 26.01 cm olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin ölçü sayısının bir eksiğine bölünmesi ile karesel ortalama hata değerleri ( $m_Y$ ,  $m_X$  ve  $m_Z$ ) değerleri hesaplanmış olur. Hesaplanan karesel ortalama hata değerleri ( $m_Y$ ,  $m_X$  ve  $m_Z$ ) Çizelge 6.2’de gösterilmiştir.

**Çizelge 6.2.** Denetleme noktalarının karesel ortalama hatası.

|                                       |  |                             |                             |                              |       |
|---------------------------------------|--|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------|
|                                       |  |                             |                             | $\Sigma \text{cm } (VV_Y)$   | 9.46  |
|                                       |  |                             |                             | $\Sigma \text{cm } (VV_X)$   | 10.93 |
|                                       |  |                             |                             | $\Sigma \text{cm } (VV_Z)$   | 26.01 |
| <b>Karesel Ortalama Hata Değeri</b>   |  |                             |                             |                              |       |
| <b>Denetleme Nokta Sayısı Toplamı</b> |  | <b><math>m_Y</math>(cm)</b> | <b><math>m_X</math>(cm)</b> | <b><math>m_Z</math> (cm)</b> |       |
| 5                                     |  | ±1.54                       | ±1.65                       | ±2.55                        |       |

BÖHHBÜY 61.Maddesi (2) nolu bendine göre; denetleme noktalarının X ve Y koordinatlarının karesel ortalama hata değeri  $\pm 0.75 \times \text{YÖA}$  göre  $\pm 0.75 \times 2.65 = 1.99$  cm’den küçük olmalıdır. Z koordinatının karesel ortalama hatası  $\pm 1 \times \text{YÖA}$  göre  $\pm 1 \times 2.65 = 2.65$  cm’den küçük olmalıdır. Çizelge 6.2’te bulunan değerler incelendiğinde karesel ortalama hata değerlerinin, yönetmelikte belirtilen sınır değerlerinden küçük olduğu görülmektedir. Koordinat değerleri arasındaki maksimum farklar ise; X ve Y koordinatlarında  $\pm 1.5 \times \text{YÖA}$  göre  $\pm 1.5 \times 2.65 \text{cm} = 3.98$  cm’den küçük olmalı ve Z koordinatında  $\pm 2 \times \text{YÖA}$  göre  $\pm 2 \times 2.65 \text{cm} = 5.30$  cm’den küçük olmalıdır. Çizelge 6.1’de bulunan değerlere göre X, Y ve Z koordinat değerleri arasındaki farkların yönetmelikte belirtilen sınır değerlerinden küçük olduğu tespit edilmiştir.

### 6.1.2 Yer kontrol noktalarının karesel ortalama hatası

Yer kontrol noktalarına ait kesin koordinat değerleri Çizelge 6.3'te gösterilmiştir. Kesin koordinat değerleri ve hesaplanan koordinat değerlerinin farkları alınarak cm cinsinden  $V_Y$ ,  $V_X$  ve  $V_Z$  değerleri bulunmuştur. Çizelge 6.3'te 13 tane yer kontrol noktası incelenmiş  $V_Y$ ,  $V_X$  ve  $V_Z$  bileşenlerindeki en büyük hata değerleri sırasıyla 2.2 cm, 2.5 cm ve 3.4 cm olduğu tespit edilmiştir. Karesel ortalama hata değerleri (6.4) eşitliği kullanılarak  $m_Y$ ,  $m_X$  ve  $m_Z$  değerleri hesaplanmıştır.

**Çizelge 6.3.** YKN'lerin kesin ve hesaplanan koordinat değerleri ile bu koordinatların cm cinsinden farkları.

| Nokta No | Hesaplanan Koordinat Değerleri |             |         | Kesin Koordinat Değerleri |             |         | Farklar (cm) |       |       |
|----------|--------------------------------|-------------|---------|---------------------------|-------------|---------|--------------|-------|-------|
|          | Y                              | X           | Z       | Y                         | X           | Z       | $V_Y$        | $V_X$ | $V_Z$ |
| 1        | 423544.972                     | 4195499.848 | 591.711 | 423544.954                | 4195499.827 | 591.745 | 1.8          | 2.1   | -3.4  |
| 2        | 423416.895                     | 4195580.298 | 568.755 | 423416.873                | 4195580.318 | 568.730 | 2.2          | -2.0  | 2.5   |
| 3        | 423371.599                     | 4195334.411 | 576.659 | 423371.583                | 4195334.386 | 576.633 | 1.6          | 2.5   | 2.6   |
| 4        | 423738.832                     | 4195357.972 | 574.832 | 423738.846                | 4195357.993 | 574.799 | -1.4         | -2.1  | 3.3   |
| 5        | 423984.981                     | 4195229.802 | 574.980 | 423984.964                | 4195229.796 | 575.008 | 1.7          | 0.6   | -2.8  |
| 6        | 424131.265                     | 4195148.330 | 577.605 | 424131.254                | 4195148.319 | 577.582 | 1.1          | 1.1   | 2.3   |
| 7        | 423992.037                     | 4195053.806 | 576.036 | 423992.018                | 4195053.818 | 576.007 | 1.9          | -1.2  | 2.9   |
| 8        | 423692.471                     | 4194854.473 | 573.705 | 423692.481                | 4194854.456 | 573.683 | -1.0         | 1.7   | 2.2   |
| 9        | 423494.723                     | 4194863.446 | 572.218 | 423494.720                | 4194863.451 | 572.229 | 0.3          | -0.5  | -1.1  |
| 10       | 423348.839                     | 4194679.409 | 571.242 | 423348.844                | 4194679.411 | 571.256 | -0.5         | -0.2  | -1.4  |
| 11       | 423268.263                     | 4194675.672 | 570.712 | 423268.275                | 4194675.674 | 570.690 | -1.2         | -0.2  | 2.2   |
| 12       | 423276.922                     | 4194927.712 | 570.510 | 423276.910                | 4194927.692 | 570.490 | 1.2          | 2.0   | 2.0   |
| 13       | 423418.269                     | 4195013.284 | 580.675 | 423418.254                | 4195013.275 | 580.690 | 1.5          | 0.9   | -1.5  |

Yer kontrol noktalarına ait kesin koordinat değerleri ve hesaplanan koordinat değerlerinin farklarının kareleri ( $VV_Y$ ), ( $VV_X$ ) ve ( $VV_Z$ ) değerleri sırası ile 26.78 cm, 30.11 cm ve 76.10 cm olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin ölçü sayısının bir eksiğine bölünmesi ile karesel ortalama hata değerleri ( $m_Y$ ,  $m_X$  ve  $m_Z$ ) değerleri hesaplanmış olur. Hesaplanan karesel ortalama hata değerleri ( $m_Y$ ,  $m_X$  ve  $m_Z$ ) Çizelge 6.4'te gösterilmiştir.

**Çizelge 6.4.** YKN'lerin karesel ortalama hatası.

|                                            |  |  |                             |                             |                              |
|--------------------------------------------|--|--|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
|                                            |  |  |                             | $\Sigma \text{cm} (VV_y)$   | 26.78                        |
|                                            |  |  |                             | $\Sigma \text{cm} (VV_x)$   | 30.11                        |
|                                            |  |  |                             | $\Sigma \text{cm} (VV_z)$   | 76.10                        |
| <b><i>Karesel Ortalama Hata Değeri</i></b> |  |  |                             |                             |                              |
| <b>YKN Sayısı Toplamı</b>                  |  |  | <b><math>m_y</math>(cm)</b> | <b><math>m_x</math>(cm)</b> | <b><math>m_z</math> (cm)</b> |
| 13                                         |  |  | $\pm 1.49$                  | $\pm 1.58$                  | $\pm 2.52$                   |

BÖHHBÜY 46. Maddesinin (4) nolu bendinde; ölçüm işleminin başlangıcında ve bitiminde en az bir yer kontrol noktasının ölçümünün yapılması ve koordinat farkları ( $dx, dy, dH$ )  $\pm 15$  cm'yi aşmaması gerektiği ifade edilmiştir. Tez çalışması kapsamında YKN 10 ve YKN 11 noktalarına ait ilk ve ikinci ölçümler yapılmıştır. 10 nolu YKN için ilk ve son koordinat farkları;  $Y=0.9$  cm,  $X= 1$  cm ve  $Z= 4.20$  cm olarak ölçülmüştür. 11 nolu YKN için koordinat farkları;  $Y=1.8$  cm,  $X=1.7$  cm ve  $Z=3.3$  cm olarak ölçülmüştür. Tez çalışması kapsamında YKN'nin koordinatlarının yönetmelikte belirtilen 15 cm sınır değerinin altında kaldığı tespit edilmiştir.

Detay noktalarına ait kesin koordinat değerleri Çizelge 6.5.'te gösterilmiştir. Kesin koordinat değerleri ve hesaplanan koordinat değerlerinin farkları alınarak cm cinsinden  $V_y$  ,  $V_x$  ve  $V_z$  değerleri bulunmuştur. Çizelge 6.5'te 51 tane detay noktası incelenmiş  $V_y$  ,  $V_x$  ve  $V_z$  bileşenlerindeki en büyük hata değerleri sırasıyla 4.3 cm, 5.4 cm ve 5.9 cm olduğu tespit edilmiştir. Karesel ortalama hata değerleri (6.4) eşitliği kullanılarak  $m_y$  ,  $m_x$  ve  $m_z$  değerleri hesaplanmıştır.

**Çizelge 6.5.** Detay noktalarının kesin ve hesaplanan koordinat değerleri ile bu koordinatların cm cinsinden farkları.

| Nokta No | Hesaplanan Koordinat Değerleri |             |         | Kesin Koordinat Değerleri |             |         | Farklar (cm)   |                |                |
|----------|--------------------------------|-------------|---------|---------------------------|-------------|---------|----------------|----------------|----------------|
|          | Y                              | X           | Z       | Y                         | X           | Z       | V <sub>y</sub> | V <sub>x</sub> | V <sub>z</sub> |
| 1        | 423310.251                     | 4194783.064 | 571.276 | 423310.268                | 4194783.042 | 571.250 | -1.7           | 2.2            | 2.6            |
| 2        | 423288.795                     | 4194662.744 | 571.249 | 423288.777                | 4194662.756 | 571.229 | 1.8            | -1.2           | 2.0            |
| 3        | 423344.608                     | 4194764.176 | 571.268 | 423344.593                | 4194764.160 | 571.289 | 1.5            | 1.6            | -2.1           |
| 4        | 423338.753                     | 4194740.534 | 571.287 | 423338.736                | 4194740.511 | 571.259 | 1.7            | 2.3            | 2.8            |
| 5        | 423285.765                     | 4194717.746 | 570.864 | 423285.793                | 4194717.777 | 570.818 | -2.8           | -3.1           | 4.6            |
| 6        | 423271.484                     | 4194715.360 | 570.748 | 423271.462                | 4194715.384 | 570.715 | 2.2            | -2.4           | 3.3            |
| 7        | 423288.315                     | 4194741.811 | 570.608 | 423288.283                | 4194741.844 | 570.560 | 3.2            | -3.3           | 4.8            |
| 8        | 423312.325                     | 4194739.348 | 570.742 | 423312.302                | 4194739.380 | 570.700 | 2.3            | -3.2           | 4.2            |
| 9        | 423285.426                     | 4194784.663 | 570.634 | 423285.411                | 4194784.685 | 570.608 | 1.5            | -2.2           | 2.6            |
| 10       | 423288.868                     | 4194814.147 | 570.601 | 423288.878                | 4194814.126 | 570.579 | -1.0           | 2.1            | 2.2            |
| 11       | 423330.163                     | 4194811.642 | 570.799 | 423330.148                | 4194811.633 | 570.782 | 1.5            | 0.9            | 1.7            |
| 12       | 423340.222                     | 4194715.261 | 571.101 | 423340.215                | 4194715.272 | 571.077 | 0.7            | -1.1           | 2.4            |
| 13       | 423379.641                     | 4194747.318 | 571.187 | 423379.627                | 4194747.300 | 571.170 | 1.4            | 1.8            | 1.7            |
| 14       | 423353.349                     | 4194689.447 | 571.315 | 423353.326                | 4194689.418 | 571.282 | 2.3            | 2.9            | 3.3            |
| 15       | 423359.389                     | 4194728.740 | 571.571 | 423359.368                | 4194728.718 | 571.596 | 2.1            | 2.2            | -2.5           |
| 16       | 423439.428                     | 4194723.273 | 571.825 | 423439.439                | 4194723.261 | 571.811 | -1.1           | 1.2            | 1.4            |
| 17       | 423420.833                     | 4194713.938 | 571.776 | 423420.850                | 4194713.919 | 571.754 | -1.7           | 1.9            | 2.2            |
| 18       | 423356.102                     | 4194780.904 | 571.353 | 423356.083                | 4194780.882 | 571.380 | 1.9            | 2.2            | -2.7           |
| 19       | 423312.405                     | 4194819.057 | 571.136 | 423312.389                | 4194819.078 | 571.162 | 1.6            | -2.1           | -2.6           |
| 20       | 423341.662                     | 4194811.153 | 570.829 | 423341.688                | 4194811.179 | 570.795 | -2.6           | -2.6           | 3.4            |
| 21       | 423453.936                     | 4195151.868 | 570.425 | 423453.955                | 4195151.890 | 570.400 | -1.9           | -2.2           | 2.5            |
| 22       | 423471.307                     | 4195191.421 | 570.046 | 423471.284                | 4195191.439 | 570.023 | 2.3            | -1.8           | 2.3            |
| 23       | 423502.446                     | 4195222.689 | 569.877 | 423502.465                | 4195222.665 | 569.852 | -1.9           | 2.4            | 2.5            |
| 24       | 423500.593                     | 4195213.271 | 569.980 | 423500.561                | 4195213.245 | 569.950 | 3.2            | 2.6            | 3.0            |
| 25       | 423521.803                     | 4195211.934 | 569.724 | 423521.832                | 4195211.908 | 569.758 | -2.9           | 2.6            | -3.4           |
| 26       | 423512.936                     | 4195162.561 | 570.522 | 423512.976                | 4195162.528 | 570.581 | -4.0           | 3.3            | -5.9           |
| 27       | 423582.252                     | 4195200.779 | 570.329 | 423582.225                | 4195200.755 | 570.356 | 2.7            | 2.4            | -2.7           |
| 28       | 423584.809                     | 4195180.247 | 570.716 | 423584.766                | 4195180.201 | 570.768 | 4.3            | 4.6            | -5.2           |
| 29       | 423566.354                     | 4195211.711 | 569.734 | 423566.343                | 4195211.726 | 569.720 | 1.1            | -1.5           | 1.4            |
| 30       | 423490.105                     | 4195202.433 | 570.034 | 423490.097                | 4195202.454 | 570.010 | 0.8            | -2.1           | 2.4            |
| 31       | 423517.930                     | 4195245.312 | 570.072 | 423517.919                | 4195245.296 | 570.094 | 1.1            | 1.6            | -2.2           |
| 32       | 423602.854                     | 4195270.225 | 569.868 | 423602.835                | 4195270.242 | 569.838 | 1.9            | -1.7           | 3.0            |
| 33       | 423639.061                     | 4195241.571 | 570.124 | 423639.086                | 4195241.593 | 570.099 | -2.5           | -2.2           | 2.5            |
| 34       | 423563.686                     | 4195266.187 | 570.761 | 423563.699                | 4195266.165 | 570.736 | -1.3           | 2.2            | 2.5            |
| 35       | 423554.427                     | 4195253.546 | 570.783 | 423554.443                | 4195253.524 | 570.756 | -1.6           | 2.2            | 2.7            |
| 36       | 423551.675                     | 4195304.376 | 569.501 | 423551.661                | 4195304.395 | 569.525 | 1.4            | -1.9           | -2.4           |
| 37       | 423801.925                     | 4195114.672 | 574.048 | 423801.938                | 4195114.659 | 574.031 | -1.3           | 1.3            | 1.7            |
| 38       | 423810.712                     | 4195110.531 | 574.057 | 423810.747                | 4195110.567 | 574.010 | -3.5           | -3.6           | 4.7            |
| 39       | 423870.644                     | 4195072.896 | 574.174 | 423870.681                | 4195072.854 | 574.122 | -3.7           | 4.2            | 5.2            |
| 40       | 423856.222                     | 4195118.622 | 573.968 | 423856.205                | 4195118.631 | 573.942 | 1.7            | -0.9           | 2.6            |

**Çizelge 6.5.** (devam) Detay noktalarının kesin ve hesaplanan koordinat değerleri ile bu koordinatların cm cinsinden farkları.

| Nokta No | Hesaplanan Koordinat Değerleri |             |         | Kesin Koordinat Değerleri |             |         | Farklar |       |       |
|----------|--------------------------------|-------------|---------|---------------------------|-------------|---------|---------|-------|-------|
|          | Y                              | X           | Z       | Y                         | X           | Z       | $V_Y$   | $V_X$ | $V_Z$ |
| 41       | 423892.392                     | 4195100.863 | 574.310 | 423892.363                | 4195100.899 | 574.259 | 2.9     | -3.6  | 5.1   |
| 42       | 423909.958                     | 4195120.721 | 574.247 | 423909.983                | 4195120.756 | 574.294 | -2.5    | -3.5  | -4.7  |
| 43       | 423852.668                     | 4195157.234 | 573.805 | 423852.630                | 4195157.196 | 573.858 | 3.8     | 3.8   | -5.3  |
| 44       | 423834.826                     | 4195137.603 | 573.959 | 423834.792                | 4195137.568 | 573.909 | 3.4     | 3.5   | 5.0   |
| 45       | 423859.321                     | 4195164.432 | 573.875 | 423859.295                | 4195164.452 | 573.920 | 2.6     | -2.0  | -4.5  |
| 46       | 423877.009                     | 4195184.083 | 574.059 | 423876.972                | 4195184.137 | 574.003 | 3.7     | -5.4  | 5.6   |
| 47       | 423934.298                     | 4195147.923 | 574.453 | 423934.276                | 4195147.949 | 574.488 | 2.2     | -2.6  | -3.5  |
| 48       | 423941.346                     | 4195155.667 | 574.241 | 423941.377                | 4195155.633 | 574.276 | -3.1    | 3.4   | -3.5  |
| 49       | 423955.649                     | 4195171.764 | 574.359 | 423955.677                | 4195171.738 | 574.330 | -2.8    | 2.6   | 2.9   |
| 50       | 423954.266                     | 4195178.263 | 574.383 | 423954.290                | 4195178.240 | 574.348 | -2.4    | 2.3   | 3.5   |
| 51       | 423901.531                     | 4195211.336 | 574.226 | 423901.552                | 4195211.305 | 574.178 | -2.1    | 3.1   | 4.8   |

Detay noktalarına ait kesin koordinat değerleri ve hesaplanan koordinat değerlerinin farklarının kareleri ( $VV_Y$ ), ( $VV_X$ ) ve ( $VV_Z$ ) değerleri sırası ile 290.79 cm, 352.71 cm ve 602.83 cm olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin ölçü sayısının bir eksiğine bölünmesi ile karesel ortalama hata değerleri ( $m_Y$ ,  $m_X$  ve  $m_Z$ ) değerleri hesaplanmış olur. Detay noktalarına ait karesel ortalama hata değerleri Çizelge 6.6'da gösterilmiştir.

**Çizelge 6.6.** Detay noktalarının karesel ortalama hatası.

|                                       |  |            |            |                           |        |
|---------------------------------------|--|------------|------------|---------------------------|--------|
|                                       |  |            |            | $\Sigma \text{cm} (VV_Y)$ | 290.79 |
|                                       |  |            |            | $\Sigma \text{cm} (VV_X)$ | 352.71 |
|                                       |  |            |            | $\Sigma \text{cm} (VV_Z)$ | 602.83 |
| <b>Karesel Ortalama Hata Değeri</b>   |  |            |            |                           |        |
| <b>Detay Noktaları Sayısı Toplamı</b> |  | $m_Y$ (cm) | $m_X$ (cm) | $m_Z$ (cm)                |        |
| 51                                    |  | ±2.41      | ±2.66      | ±3.47                     |        |

BÖHHBÜY 46. Maddesinin (1) nolu bendinde; detay noktalarının yatay koordinatları ve yüksekliklerinin, elektronik takeometre, GNSS, LİDAR gibi teknolojiler veya diğer yöntemlerle ölçülmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu ölçümlerin yatay konum doğruluğu, ±7 cm (dahil) sınırından daha iyi olmalı ve yükseklik doğruluğu da ±7 cm (dahil) sınırından daha iyi olması gerektiği yer almaktadır. Çizelge 6.5'te X, Y ve Z koordinatlarının, yatay konum hatası ve yükseklik hatası belirtilen ±7 cm sınırlarının içerisinde yer aldığı gözlemlenmektedir. Bu da ölçümün kabul edilebilir doğrulukta olduğunu göstermektedir.

İHA ile halihazır harita üretimi ve yersel ölçüm yöntemine göre halihazır harita üretiminin zaman, maliyet ve iş gücüne ait değerlendirilmesi Çizelge 6.7’de ve gösterilmiştir.

**Çizelge 6.7.** İHA ve yersel ölçüm yöntemi kullanılarak elde edilen halihazır haritaların maliyet, zaman ve iş gücü yönünden karşılaştırılması.

| <i>İHA ile Halihazır Harita Üretimi Verileri</i> |                                                                                                        | <i>GPS-GNSS Alıcısı ile Halihazır Harita Üretimi Verileri</i>                                       |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Hektar</i>                                    | 45 Hektar                                                                                              | 45 Hektar                                                                                           |
| <i>Maliyet</i>                                   | 100.000 TL-120.000 TL Aralığı                                                                          | 200.000TL-220.000 TL Aralığı                                                                        |
| <i>Zaman</i>                                     | 12-15 Gün                                                                                              | 50-55 Gün                                                                                           |
| <i>İş Gücü</i>                                   | En az 2 personel (1 Adet Drone Operatörü, 1 Adet Harita Mühendisi Çizim Operatörü)                     | En az 3 personel (1 Adet alet Operatörü Harita Mühendisi, Jalonu tutacak personel, Kroki personeli) |
| <i>Kullanılan Araç ve Gereçler</i>               | Drone, Kamera, Bilgisayar (1 Adet)                                                                     | Total Station, GPS, Bilgisayar(1 Adet)                                                              |
| <i>Kullanılan Programlar</i>                     | Pix4d Mapper, Agisoft Metashape, NetCAD,Word, Excel, Leica Photogrammetry Süite ve Microstation Pro600 | NetCAD, Word, Excel                                                                                 |

## 6.2 İnsansız Hava Aracı ve GNSS-GPS İle Üretilen Haritaların Birbirlerine Göre Avantaj Ve Dezavantajları

İHA ile harita hazırlamanın avantajları;

- Geniş alanları kısa sürede taramak,
- Yüksek çözünürlük kameralar ile ortofoto üretmek,
- İnsan erişiminin zor olduğu bölgelerde haritalama yapmak,
- Hızlı veri toplama olanağı,
- 3D Modelleme olanağı,
- Koordinatlı veri toplamanın yanı sıra görsel veri toplamak.

İHA ile harita hazırlamanın dezavantajları;

- Kötü hava koşullarında (yağmur, rüzgâr, vb.) uçuş gerçekleştirememesi,
- Bataryalarından dolayı uçuş sürelerinin kısa olması,
- Uçuş izni alma sorunları,
- Büyük alanların işlenmesi için güçlü bilgisayarlar ve yazılım maliyeti, Şeklinde sıralanabilir.

GNSS-GPS ile harita hazırlamanın avantajları;

- Yerinde konum bilgisi sağlamak,
- Hava koşullarına daha az bağımlılık,

- Basit kullanım ve ekonomik olması,
- Kanun ve yönetmeliklerde yasal kısıtlama güçlüğünün az olması,
- Taşıma kolaylığı,

GNSS-GPS ile harita hazırlamanın dezavantajları;

- Geniş arazilerde veri toplama zorluğu,
- Sadece koordinat bilgisi sağlamak,
- Erişilmesi zor ve tehlikeli alanlarda çalışma güçlüğü,
- Yoğun inşaat ve ağaçlık alanlarda sinyal sorunları,
- 3D modelleme için uygun olmaması,

Şeklinde sıralanabilir.

Netice itibari ile İHA'ların, geniş alanların hızlı ve detaylı bir şekilde haritalanması gerektiğinde, özellikle de görsel verilerin önemli olduğu projelerde daha avantajlı olduğu söylenebilir. GPS ise yüksek doğruluğun kritik olduğu, küçük alanların haritalandığı ya da İHA kullanılamayan durumlarda daha uygun olduğu söylenebilir. Bu iki yöntem, projenin özelliklerine göre birbirini tamamlayıcı olarak da kullanılabilir.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez kapsamında elde edilen veriler doğrultusunda çalışma alanının halihazır haritaları, yapılan uçuş ile hava fotoğraflarının fotogrametrik olarak değerlendirilmesiyle üretilmiştir.

Pix4DMapper yazılımı kullanılarak üretilen halihazır haritanın doğruluğunu değerlendirmek için, çalışma alanında toplamda 69 nokta kullanılmıştır. Bu noktalar arasında 13 tane YKN (Yerel Kontrol Noktası), 5 tane denetleme noktası ve GNSS-GPS RTK ölçüm tekniğiyle elde edilen 51 adet detay noktası bulunmaktadır. 51 adet detay noktaların belirlenmesinde çalışma sahasında mevcut bina köşeleri, duvar köşeleri, rögar kapakları, yol ile kaldırım birleşim detayları gibi noktalar kullanılmıştır. Kesin koordinat değeri olarak kabul edilen bu noktalar araziden GNSS-GPS ile ölçülmüş ve NetCAD programına aktararak üretilmiştir. Hesaplanan koordinat değerleri ise Microstation pro600 yazılımı ile stereo fotoğraflardan ölçülen koordinatlardan üretilmiştir. Bu sayede İHA ile uçuş yapılarak elde edilen halihazır harita ve GNSS-GPS alıcısı ile yapılan yersel ölçüler yöntemi kullanılarak elde edilen halihazır haritaların koordinatların doğruluğu ve hassasiyetleri karşılaştırılmıştır.

BÖHHBÜY'nin 54.Maddesinde çekilecek hava fotoğraflarının yer örnekleme aralığı, harita ve ortofoto ölçeğinin 1/1000 olması durumunda 10 cm'den fazla olamayacağı belirtilmiştir. Çalışma kapsamında ortofoto haritanın yer örnekleme aralığı (YÖA) 2.65 cm'dir. YÖA yerdeki bir pikselin boyutunu temsil ettiğinden dolayı, görüntülerin mekânsal çözünürlüğünü de etkilemektedir. Üretilcek haritanın kullanım amacına göre (YÖA=GSD) belirlenmesi gerekmektedir.

Çalışma bölgesinde yer alan ve tez kapsamında kullanılan noktaların arazide ölçülen koordinat değerleri *kesin koordinat değerleri* stereo fotoğraflardan elde edilen koordinatları ise *hesaplanan koordinat değerleri* olacak şekilde işleme konu edilmiştir.

Çizelge 6.1.'de 5 tane denetleme noktasının kesin koordinat değerleri ve hesaplanan koordinat değerleri farkları  $V_Y$  ,  $V_X$  ve  $V_Z$  bileşenlerindeki en büyük hata değerleri sırasıyla 1.8 cm, 1.9 cm ve 3.0 cm olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 6.2.'de belirtilen Y, X ve Z eksenlerine ait karesel ortalama hata değerleri  $m_Y=\pm 1.54$  cm,  $m_X=\pm 1.65$  cm

ve  $m_z = \pm 2.55$  cm olarak hesaplanmıştır. BÖHHBÜY'nin 61.Maddesinin (2) bendine göre incelenmiştir. X ve Y koordinatları için karesel ortalama hata değeri  $\pm 0.75 \times Y\ddot{O}A$  göre  $\pm 0.75 \times 2.65 = 1.99$  cm'ye eşit veya daha küçük olmalıdır. Z koordinatının karesel ortalama hatası  $\pm 1 \times Y\ddot{O}A$  göre  $\pm 1 \times 2.65 = 2.65$  cm'den küçük olması gerekmektedir. Koordinat değerleri arasındaki maksimum farklar ise; X ve Y koordinatlarında  $\pm 1.5 \times Y\ddot{O}A$  göre  $\pm 1.5 \times 2.65 \text{ cm} = 3.98$  cm'den küçük olmalı ve Z koordinatında  $\pm 2 \times Y\ddot{O}A$  göre  $\pm 2 \times 2.65 \text{ cm} = 5.30$  cm'den küçük olmalıdır. Çalışma neticesinde elde edilen verilerin yönetmeliğe uygun olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.3.'de 5 tane YKN'lere ait kesin koordinat değerleri ve hesaplanan koordinat değerleri farkları  $V_Y$ ,  $V_X$  ve  $V_Z$  bileşenlerindeki en büyük hata değerleri sırasıyla 2.2 cm, 2.5 cm ve 3.4 cm olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 6.4.'de belirtilen Y, X ve Z eksenlerine ait karesel ortalama hata değerleri  $m_Y = \pm 1.49 \text{ cm}$ ,  $m_X = \pm 1.58 \text{ cm}$  ve  $m_Z = \pm 2.52 \text{ cm}$  olarak hesaplanmıştır. YKN'ler BÖHHBÜY 46. Maddesinin (4) nolu bendine göre incelendiğinde koordinat farkları ( $dx$ ,  $dy$ ,  $dH$ )  $\pm 15$  cm'yi geçemeyeceği belirtilmiştir. 10 nolu YKN için ilk ve son koordinat farkları;  $Y=0.9$  cm,  $X=1$  cm ve  $Z=4.20$  cm ve 11 nolu YKN için koordinat farkları;  $Y=1.8$  cm,  $X=1.7$  cm ve  $Z=3.3$  cm olarak ölçülmüş ve bulunan değerler yönetmelikte belirtilen sınır değerler içerisinde olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 6.5.'te 51 tane detay noktasının kesin koordinat değerleri ve hesaplanan koordinat değerleri farkları  $V_Y$ ,  $V_X$  ve  $V_Z$  bileşenlerindeki en büyük hata değerleri sırasıyla 4.3 cm, 5.4 cm ve 5.9 cm olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 6.6.'da belirtilen Y, X ve Z eksenlerine ait karesel ortalama hata değerleri  $m_Y = \pm 2.41 \text{ cm}$ ,  $m_X = \pm 2.66 \text{ cm}$  ve  $m_Z = \pm 3.47 \text{ cm}$  olarak hesaplanmıştır. BÖHHBÜY 46. Maddesinin (1) nolu bendine göre incelendiğinde yatay konum doğruluğu ve yükseklik hatasının  $\pm 7$  cm'yi geçemeyeceği belirtilmiştir. Elde edilen veriler analiz edildiğinde yatay konum doğruluğu ve yükseklik hatasının  $\pm 7$  cm geçmediği tespit edilmiştir.

İHA ile halihazır harita üretimi ve yersel ölçüm yöntemine göre halihazır harita üretiminin zaman, maliyet ve iş gücüne ait değerlendirilmesi Çizelge 6.7'de gösterildiği üzere İHA ile zaman, maliyet ve iş gücünden tasarruf edilmektedir. Yapılan piyasa araştırması minimum sayıda personel ve cihaza kullanılması esasına göre hazırlanmıştır.

İHA ile yüksek çözünürlüklü görüntü elde etme sonucunda üretilen halihazır haritalar; daha az maliyetle ve daha hızlı ulaşma kolaylığı ve elde edilen bu görüntülerin veri işleme programlarında değerlendirilmesi neticesinde, yapılacak proje ürünlerinin kısa sürede elde edilmesi, erişilmesi güç ya da imkânsız bölgelerde kolaylıkla ölçüm gerçekleştirmesi, veriyi işleme hızı, daha az iş gücü, ölçekli veri üretimi, maliyet ve zaman açısından kazanç sağlamakla birlikte, doğruluk ve hassasiyet açısından değerlendirildiğinde yersel ölçüm yöntemlerine kıyasla avantaj sağlamaktadır. Yine yersel ölçümler sırasında, unutulmuş ya da ölçümü yapılmayan detay noktalarının tekrar elde edilmesi hem zaman hem maliyet yönünden bir kayıp iken İHA ile elde edilen hava fotoğraflarından nokta üretimi kolaylıkla yapılabilir. Sürekli güncel olması beklenen ve projelere altlık oluşturan halihazır haritaların İHA ile üretilmesi ve beklenen doğruluk değerlerini sağlaması sebebi ile mühendislik faaliyetlerinde rahatlıkla kullanılması gerektiği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Acar, H., 2012. Nokta Belirleme Algoritmaları ile Otomatik Görüntü Eşleştirme, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ağca, M., Kaya E., Yılmaz, H., 2020. Yersel ve Fotogrametrik Yöntemler ile KayaBloklerinin Hacimlerinin Hesaplanması: Selime Örneği, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20, 465-471.
- Ajayi, O. G. ve Oruma, E., 2022. On The Applicability Of Integrated UAV Photogrammetry And Automatic Feature Extraction For Cadastral Mapping. Advances In Geodesy And Geoinformation, e19-e19.
- Akar, A. U., 2021. GNSS Gözlemlerindeki Troposferik Gecikmenin Destek Vektör Makineleri Algoritması ile Kestirimi, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Konya.
- Akgül, M., Yurtseven H., Demir M., Akay A.E., Gülci S., Öztürk T., 2016. İnsansız Hava Araçları ile Yüksek Hassasiyette Sayısal Yükseklik Modeli Üretimi ve Ormancılıkta Kullanım Olanakları, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 66(1): 104-118
- Ambrosia, V.G., Wegener, S.S., Sullivan, D.V., Buechel, S.W., Dunagan, S.E., Brass, J.A., Stoneburner, J., Schoenung, S.M., 2003. Demonstrating UAV-acquire dreal-time thermal data overfires. Photogrammetric Engineering Remote Sensing 69(4): 391-402.
- Arslanbek, L., 2009. Farklı kaynaklardan elde edilen sayısal yükseklik modellerinin ortofoto doğruluğuna etkilerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Atak, H., 2018. İnsansız Hava Araçları Kullanarak Ortofoto Harita Üretimi ve Doğruluk Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Bemis, S. P., Mickelthwaite S., T. D., & James M. R., Akciz S., Thiele S. T., B. H. A., 2014. "Ground-based and UAV Based Photogrammetry: A Multi-Scale, High Resolution Mapping Tool For Structural Geology And Paleoseismology." Journal Of Structural Geology, 69.
- Berni, J., Zarco-Tejada, P.J., Suárez, L., Fereres, E., 2009. Thermal And Narrow Band Multispectral Remote Sensing For Vegetation Monitoring From An Unmanned Aerial Vehicle. IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing, 47(3): 722-738.
- Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği, 2018. <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/3.5.201811962.pdf>, Erişim tarihi: 26.08.2024.

- Chang-Chun, L., Guang-sheng, Z., Tian-jie, L., A-du, G., 2011. Quickimage-Processing Method of UAV Without Control Points Data İn Earthquake Disaster Area. Transactions Of Nonferrous Metals Society Of China 21: 523-528.
- Chiabrande, F., Nex, F., Piatti, D., Rinaudo, F., 2011. UAV and RPV Systems For Photogrammetric Surveys İn Archaeologicalareas: Twotests İn The Piedmont Region (Italy). Journal Of Archaeologica Science 38: 697-710.
- Çelik, M. Ö., Yakar, İ., Hamal, S. N. G., Oğuz, G. M. ve Kanun, E., 2020. SfM tekniği ile oluşturulan 3B modellerin kültürel mirasın belgelenmesi çalışmalarında kullanılması: Gözne Kalesi örneği, Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 2, 1, 22-27.
- Çetin, O., 2019. Hava Fotoğrafları ve İnsansız Hava Aracı Görüntülerinden Arazi Topoğrafyası Ölçümü, Sonuçların Analizi ve Karşılaştırması (Haymana Yeşilyurt Köyü Uygulaması), Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.
- Çallı, R., 2021. İHA Sistemleri ile Elde Edilen Ortofoto Haritaların Doğruluk Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tokat.
- Çavdaroglu, G. Ç., 2013. Smart Facial Feature Regions And Facial Feature Points. J Eng Nat Sci, Sigma, 31, 246-261.
- Eisenbeiss, H., 2009, "UAV Photogrammetry" Doctor of Sciences.
- Ekmekcioğlu, A., Yıldız M., 2018 İnsansız Hava Araçlarının Askeri Ve Sivil Alanlarda Kullanımı: ABD ve Türkiye Örnekleri ve Bazı Politika Önerileri, Türk İdare Dergisi 486 Sayısı, s.179-180
- Erdoğan, A., 2016. Şeritvari Haritaların İHA ile Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Esposito, S., Fallavollita, P., Wahbeh, W., Nardinocchic, C., ve Balsia, M., 2014. Performance Evaluation Of UAV Photogrammetric 3D Reconstruction. In 2014 IEEE Geoscience And Remote Sensing Symposium (Pp. 4788-4791). IEEE.
- Gonzalez, R. C., Woods, R. E., & Masters, B. R. 2009. Digital Image Processing, Third Edition. Journal of Biomedical Optics.
- Gülci, S., Yurtseven, H., & Akgül, M. 2021. Düşük Maliyetli İnsansız Hava Araçları İçin Uçuş Öncesi Blok Planlamanın Değerlendirilmesi. Turkish Journal of Forest Science, 5(1): 114-126.
- Güngör, R., M. Uzar, B. Atak, O. S. Yılmaz and E. Gümüş, 2022. "Orthophoto Production And Accuracy Analysis With UAV Photogrammetry," Mersin Photogrammetry Journal, Vol. 4, No. 1, Pp. 1-6,
- Gürbüz, M. F., 2016. Kentsel Alanlarda İHA Görüntülerinden Ortofoto Oluşturma ve

Otomatik Ağaç Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Hernández, J. J. Carrera, G. Levresse & P. Lacan 2020. Is UAV-Sfm Surveying Ready To Replace Traditional Surveying Techniques?, International Journal Of Remote Sensing, 41:12, 4820-4837,

Horcher, A., Visser, R.J., (2004). Unmanned Aerial Vehicles: Applications For Natural Resource Management And Monitoring. Council On Forest Engineering Proceedings 2004: Machines And People, The Interface.

Hunt, E.R., Cavigelli, M., Daugherty, C.S.T., McMurtrey III, J., Walthall, C.L., 2005. Evaluation of digital photography from model aircraft for remote sensing of crop biomass and nitrogen status. Precision Agriculture 6: 359–378.

İlhan, S., 2023. İHA Görüntülerinden Yararlanarak Fotogrametrik Yöntemlerle Taşkın Analizinin Yapılması: Çan (Kocabaş) Çayı Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çanakkale.

İzci, V., 2024. Yer Örneklem Aralığına (Yöa) Bağlı Olarak Yer Kontrol Nokta (Ykn) Sayısı ve Dağılımının Harita Üretim Hassasiyetine Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.

Kadı, A. D., 2021. İha ile Ortofoto Harita Üretimi ve Duyarlılığın İrdelenmesi: Ktü Kampüs Alanı, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Kahveci, M., 2009. Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları. Zerpa Turizm Yayıncılık Basımevi, Ankara.

Kahveci, M., 2014. Uydularla Konum Belirleme Sistemleri GNSS'nin Hassas Tarımda Kullanımı ve Sağladığı Katkılar, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 6 (2), 35-48.

Karaağaç, C., 2016. İHA Sistemleri Yol Haritası Geleceğin Hava Kuvvetleri (2016-2050). Savunma Sanayi Müsteşarlığı, STM Mühendislik Teknoloji Danışmanlık, Ankara.

Karkınlı, A. E., Kesikoğlu, A., Kesikoğlu, M. H., Atasever, U. H., Ozkan, C., Çivicoğlu, P., ve Beşdok, E., 2015. İnsansız hava araçları ile sayısal arazi modeli üretimi, (TUFUAB) VIII. Teknik Sempozyumu, Konya, Bildiriler Kitabı, 255-259.

Kılınçoğlu, D. B., 2016. Farklı İnsansız Hava Araçları İle Elde Edilen Görüntülerin otomatik Fotogrametrik Yöntemlerle Değerlendirilmesi Ve Doğruluk Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Korchenko, A.G., Illyash, O. S., 2013, “The Generalized Classification of Unmanned Air Vehicles”, 2013. IEEE 2nd International Conference “Actual Problems of

- Marangoz, A. M., 2002. Sayısal Kameralarla Tarihsel Yapıların Rölelerinin Çıkarılması Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Laliberte, A.S., Rango, A., 2009. Textureandscale İn Object-Based Analysis Of Sub-Decimeter Resolution Unmanned Aerial Vehicle (UAV) İmagery. IEEE Transactions On Geoscienceand Remote Sensing 47(3):761–770
- Laliberte, A.S., Herrick, J.E., Rango, A., Winters, C., 2010. Acquisition, Ortho Rectification, And Object-Based Classification Of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) İmagery For Rangeland Monitoring. Photogrammetric Engineering Remote Sensing 76(6): 661-672.
- Limnaiois, G, Tsourveloudis, N. ve Valavanis K.P., 2012. Introduction. Plamen Angelov (Ed.), Sense and Avoid in UAS: Research and Applications. John Waley&Sons Ltd: New Jersey, 4-31.
- Lisein, J., Pierrot-Deseilligny, M., Bonnet, S., Lejeune, P., 2013. A Photogrammetricworkflow For The Creation Of A Forest Canopy Height Model From Small Unmanned Aerial System İmagery. Forests 4(4): 922-944.
- Mahmod, A. A., ve Yılmaz, H. M., 2018. İnsansız Hava Aracı ile Dik Konumda Çekilen Resimlerle Üç Boyutlu Model Oluşturma: Aksaray Üniversitesi Kampüs Camii, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Malet, J. P., ve Bogaard, T. A., 2012. 'Integration Of Technologies For Landslide Monitoring And Quantitative Hazard Assessment'. Engineering Geology, 128, 1-1.
- Mozas-Calvache, A. T., Pérez-García, J. L., Cardenal-Escarcena, F. J., Mata-Castro, E., Ve Delgado-García, J., 2012. Method For Photogrammetric Surveying Of Archaeological Sites With Light Aerial Platforms. Journal Of Archaeological Science, 39(2), 521-530.
- Niethammer, U., James, M. R., Rothmund, S., Travelletti, J., Ve Joswig, M., 2012. UAV-Based Remote Sensing Of The Super-Sauze Landslide: Evaluation And Results. Engineering Geology, 128, 2-11.
- Okuyama, S., Torii, T., Nawa, Y., Kinoshita, I., Suzuki, A., Shibuya, M., & Miyazaki, N., 2005. Development Of A Remote Radiation Monitoring System Using Unmanned Helicopter. In International Congress Series (Vol. 1276, Pp. 422-423). Elsevier.
- Ollero, A. ve Merino, L., 2006. Unmanned Aerial Vehicles As Tools For Forest-Fire Fighting. Forest Ecology And Management, 234(1), S263.
- Önder, M., 2019. Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (Isprs)’Nin

Xx Nci Kongresi 2004 Yılında Türkiye’de Yapılacak. 10.

Özcan, O. ve Akay, S.S., 2016. İnsansız hava aracı (İHA) ile farklı yüksekliklerden üretilen sayısal yüzey modellerinin (SYM) doğruluk analizi, 6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu, Adana.

Özcan, O., 2017. İnsansız hava aracı (İHA) ile Farklı Yüksekliklerden Üretilen Sayısal Yüzey Modellerinin (SYM) Doğruluk Analizi. Mühendislik ve Yer Bilimleri Dergisi, 2(1), 1–7.

Özemir I., ve Uzar M., 2016. İHA ile Fotogrametrik Veri Üretimi, 6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu, 5-7 Ekim 2016, Adana, Türkiye, 245-253.

Pierzchała, M., Talbot, B., Astrup, R., 2014. Estimating Soil Displacement From Timber Extraction Trails In Steep Terrain: Application Of An Unmanned Aircraft For 3D Modelling. Forests 5(6): 1212-1223.

Rango, A., Laliberte, A., Herrick, J.E., Winters, C., Havstad, K., Steele, C., Browning, D., 2009. Unmanned Aerial Vehicle Based Remote Sensing For Rangeland Assessment, Monitoring, And Management. Journal Of Applied Remote Sensing 3(1): 033542-033542.

Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F. C., Scaioni, M. ve Sarazzi, D., 2011. UAV Photogrammetry For Mapping And 3D Modeling: Current Status And Future Perspectives. In Proceedings Of The International Conference On Unmanned Aerial Vehicle In Geomatics (UAV-G): 14-16 September 2011, Zurich, Switzerland (Pp. 25-31). International Society For Photogrammetry And Remote Sensing (ISPRS).

Rice, M., 2018. Trust By Design. <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1057673.pdf> (06.01.2024).

Saripalli, S., Montgomery, J. F., ve Sukhatme, G. S., 2003. Visually Guided Landing Of An Unmanned Aerial Vehicle. IEEE Transactions On Robotics And Automation, 19(3), 371-380.

Selek, E., 2019. İHA İle Üretilmiş Ortofoto, Sayısal Arazi Ve Yüzey Modeli Performanslarının İncelenmesi: Bursa İli Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.

Shamta, İ., 2023. İHA Kullanılarak Orman Yangınlarının Tespiti ve Görüntülenmesi İçin Derin Öğrenme Tabanlı Gözetleme Sisteminin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük.

Solak, Y., 2010. 1/5000 Ölçekli Standart Topografik Kadastral (STK) Haritaların Kullanılabilirliğinin Araştırılması: Kastamonu-Taşköprü Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.

- Şenkal, E., 2018. İnsansız Hava Aracı ile elde edilen görüntülerden üretilen ortomozaik ve sayısal yüzey modellerinin doğruluğunun araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Tercan, E., 2017. Karayolu Projelerinde İnsansız Hava Aracı ile Üretilen Sayısal Arazi Modelinin Değerlendirilmesi: Bucak-Kocaeliler Yolu Örneği. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(2), 172-183.
- Tercan, E., 2018. Karayolu ölçmelerinde İHANın kullanılması: Okurcalar şehir merkezi örneği, Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7 (2): 649-660.
- Thiab, W. M. A., 2022. Accuracy Assessment Of Direct And Indirect Georeferencing Of Uav Based Images, Master's Thesis, Istanbul Technical University, Graduate School of Education, İstanbul.
- TKGM, 2018. İHA kullanım esasları [online], <https://www.tkgm.gov.tr/harita-db/iha-kullanım-esasları>
- Toprak, A. S., 2014. Fotogrametrik tekniklerin İHA ile mühendislik projelerinde kullanılabilirliğinin araştırılması (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, Türkiye, pp: 173).
- Tükenmez, F., 2021. Harita mühendisliğinde İHA ile karayolu projelendirme. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 3(2), 53-61.
- Uysal, M., Toprak, A.S., Polat, N., 2015. İnsansız Hava Araçları ile Sayısal Arazi Modeli Üretimi. TUFAB VIII. Teknik Sempozyumu, Konya, Bildiriler Kitabı, 275-277.
- Varlık A. Uysal M., Karalar F., Can C., 2009. Dijital Fotogrametride Alana Dayalı Görüntü Eşleme Yöntemleri, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt: 1, No: 3, 2009 (21-33)
- Wing, M. G., Burnett, J., Johnson, S., Akay, A. E. ve Sessions, J., 2014. A low-cost unmanned aerial system for remote sensing of forested landscapes. International Journal of Remote Sensing Applications, 4(3), 113-120.
- Xiang, H. ve Tian, L., 2011. Development of a low-cost agricultural remote sensing system based on an autonomous unmanned aerial vehicle (UAV). Biosystems engineering, 108(2), 174-190.
- Xiaofeng, L. I. U., Zhongren, P., Zhang, L. ve Li, L. I., 2012. Unmanned aerial vehicle route planning for traffic information collection. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 12(1), 91-97.
- Yakar M., Mırdan Ö., 2017. Tarihi Eserlerin İnsansız Hava Aracı İle Modellenmesinde Karşılaşılan Sorunlar, Geomatik Dergisi, 2 (3): 118-125.

- Yaman, A. 2018. Farklı Yüksekliklerden Kayıt Edilen Sayısal Hava Görüntülerinden Üretilen Ortofotolarda Doğruluk Araştırması, Doktora Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Aksaray.
- Yılmaz, V., Akar, A., Akar, Ö., Güngör, O., Karşlı, F. ve Gökalp, E., 2013. İnsansız Hava Aracı İle Üretilen Ortofoto Haritalarda Doğruluk Analizi. Türkiye Ulusal Fotogrametri Ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB) VII. Teknik Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, Trabzon.
- Yılmaz, H. M., Mutluoğlu, Ö., Ulvi, A., Yaman, A. Ve Bilgilioğlu, S. S., 2018. İnsansız Hava Aracı İle Ortofoto Üretimi Ve Aksaray Üniversitesi Kampüsü Örneği. Geomatik, 3(2), 129-136.
- Zarco-Tejada P.J., Diaz-Varela R., Angileria C., Loudjania V.P., 2014. Tree Height Quantification Using Very High Resolution Imagery Acquired From An Unmanned Aerial Vehicle (UAV) And Automatic 3D Photo-Reconstruction Methods. European Journal Of Agronomy 55: 89-99.
- Zhang, C., Elaksher, A., (2012). An Unmanned Aerial Vehicle-Based Imaging System for 3D Measurement of Unpaved Road Surface Distresses. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering 27(2): 118-129

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı ve Soyadı** : Veysel YILDIZ

### EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

**Lisans** : Ondokuz Mayıs Üniversitesi, 2008-2012

**Yüksek Lisans** : Aksaray Üniversitesi, 2022-2024

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. 2011-2012 Batman Kadastro Müdürlüğü / Yaz Stajı
2. 2012-2013 Demyol İnşaat / Harita Mühendisi
3. 2013-2018 Eksen Harita Mühendislik / Harita Mühendisi
4. 2018- Batman Belediyesi / Harita Mühendisi

### TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

4.Uluslararası Mühendislik ve Doğa Bilimleri Çalışmaları Kongresinde Production of Current Maps with Unmanned Aerial Vehicle (uav) and Terrestrial Measurement Method And Examination Of Accuracy Analysis: Example Of Batman Province, Şirinevler District, Urban Transformation Zone Bildirisi