



T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

KADASTRO ÇALIŞMALARINDA İHA, GNSS VE KLASİK
ÖLÇÜLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatma KARATAŞ

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Servet YAPRAK

TOKAT- 2022

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Dr. Öğr. Üyesi Servet YAPRAK danışmanlığında hazırlamış olduğum “Kadastro Çalışmalarında İHA, GNSS ve Klasik Ölçülerin Karşılaştırılması” adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

01/12/2022

Fatma KARATAŞ

ÖN SÖZ

Bu tezin oluşmasında büyük emeği geçen, bilgi, belge ve tecrübelerini esirgemeyip rehberlik ederek çalışmam sırasında katkıda bulunan ve hoşgörüsünü hiçbir zaman eksik etmeyen değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Servet YAPRAK' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın uygulama aşamasında her türlü donanım ve yazılım desteği sağlayan Tokat Yapar Harita Mimarlık Mühendislik İnşaat Taahhüt SAN. ve TİC. LTD. ŞTİ yöneticisi Harita Müh. Fatih YAPAR' a verdiği desteklerden dolayı çok teşekkür ederim.

Tez çalışmasına yönelik verilerin temininde; Tokat Kadastro Müdürlüğü personeli Harita Teknikeri Harun AKTAŞ' a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Yüksek Lisans' a birlikte başladığım, eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerini hiçbir zaman esirgemeyip bana destek olan Yük. Müh. Rüştü ÇALLI' ya çok teşekkür ederim.

Çalışma hayatım boyunca karşılaştığım sorunların çözümünde desteğini, bilgisini hiçbir zaman esirgemeyen, tezimin uygulama aşamasında destek sağlayarak yanımda olan Harita Mühendisi Aydın BEKTAŞ' a çok teşekkür ederim.

Çalışmamın uygulama aşamasında destek sağlayarak yanımda olan arkadaşlarım Harita Mühendisi Furkan BÖĞREK' e, Harita Teknikerleri Emre ÇELİK ve Ali AKCAN' a yapmış oldukları yardımlardan dolayı çok teşekkür ederim.

Eğitim ve öğretim hayatımda dâhil üzerimdeki en büyük paya sahip, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyerek her zaman yanımda olan aileme sonsuz teşekkür ederim.

ÖZET

KADASTRO ÇALIŞMALARINDA İHA, GNSS VE KLASİK ÖLÇÜLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Karataş, Fatma

Yüksek Lisans, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Servet Yaprak

Aralık 2022, xi + 114 sayfa

Harita Mühendisliği teknolojik gelişmelerden en çok etkilenen mühendislik disiplinlerinin başında gelmektedir. Son yıllarda bilgisayar, elektronik ve yazılım teknolojisindeki çok hızlı gelişmeler doğal olarak Harita Mühendisliği disiplinini de çok büyük oranda etkilemiştir.

Başlangıçta takeometrik ölçü ve analog grafik pafta üretiminden sonrası ile Elektronik Takeometre sonra GNSS ölçüleri ve bugün İnsansız Hava Araçları (İHA) teknolojisi ile haritacılık faaliyetleri, dolayısı ile kadastro çalışmaları yürütülmektedir. Daha önce elle, logaritma ve pons cetvelleri ile büyük emek, bilgi ve çaba ile yapılan hesaplamalar aynı şekilde günümüzde insan hatasını minimize eden yazılımlarla bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. Benzer şekilde, daha önce tek tek elle astrolon paftalara tersim edilen kadastro parselleri günümüzde artık dijital veri minimum hata ile ekranda görülmekte ve bilgisayarımızda bir dosya olarak kaydedilebilmektedir. Bu süreçte üretilen kadastro verileri sonrası ile mevzi koordinat sistemi, ED50 datumu ve ITRF datumu gibi üç datum değişikliğini zorunlu olarak yaşamak durumunda kalmışlardır.

Yukarıda çok kısaca özetlenmiş olan bu süreç; doğal olarak geçmişte büyük emek, bilgi ve çaba ile üretilen verilerle, uygulanan teknoloji ve datum değişiklikleri nedeni ile günümüzde üretilen aynı bölgeye ait veriler arasında konumsal olarak bir kısım değişikliklere/farklılıklara neden olmuştur.

Bu nedenle günümüzde yeni üretilen verilerle daha önce üretilip güncel datuma dönüştürülen veriler arasında kaçınılmaz farklılıklar doğmaktadır.

Kadastro verilerinde görülen geçmişteki verilerle günümüz verileri arasındaki farklılıklar bugün uygulamada çeşitli sorunlara sebebiyet vermektedir. Ülkemizde henüz ülke bütününe kapsayan ikinci kadastronun yeni tekniklerle yapılamamış olması bu sorunun temel kaynağıdır.

Bu çalışmada İHA ile yapılan kadastro ölçmeleri çeşitli yönleri ile uydularla konum belirleme (GNSS) ve total station gibi yersel ölçü yöntemleri ile karşılaştırılmıştır. Uygulama alanına ait mevcut parsel konum bilgileri ile üç yöntemden elde edilen konumsal değerler karşılaştırılmıştır. Üç yöntemin uygulamada avantaj ve dezavantajları ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İHA, GNSS, Yersel ölçme, Kadastro, Uydu sistemleri

ABSTRACT

COMPARISON OF UAV, GNSS AND CLASSIC MEASUREMENTS IN CADASTRE STUDIES

Karataş, Fatma

Master's Thesis, Department of Surveying Engineering

Advisor: Assist. Prof. Dr. Servet Yaprak

December 2022, xi + 114 pages

Survey Engineering is one of the engineering disciplines most affected by technological developments. In recent years, very rapid developments in computer, electronics and software technology have naturally affected the discipline of Surveying Engineering to a great extent.

Initially, tachometric measurement and analog graphic sheet production, respectively Electronic Tachometer, then GNSS measurements, and today, cartography activities and cadastral studies are carried out with Unmanned Aerial Vehicles technology. The calculations that were previously made by hand, with logarithm and pons rulers, with great effort, knowledge, and effort, are transferred to the computer environment in the same way today with software that minimizes human error. Similarly, cadastral plots, which were previously converted to astrolon maps one by one, are now displayed on the screen with minimum error and can be saved as a file on our computer.

The cadastral data produced in this process had to experience three datum changes, such as the local coordinate system, the ED50 datum and the ITRF datum, respectively.

This process, which was briefly summarized above, naturally caused some spatial changes/differences between the data produced with great effort, knowledge, and effort in the past, and the data belonging to the same region produced today due to the applied technology and datum changes. For this reason, there are inevitable differences between the newly produced data and the data previously produced and converted to current datum. The differences between the past data and today's data seen in the cadastral data cause various problems in practice today. The main source of this problem is the fact that the second cadastre covering the whole country has not yet been made with a new technician in our country.

In this study, cadastral measurements made by Unmanned Aerial Vehicles (UAV) were compared in various aspects with terrestrial measurement methods such as satellite positioning (GNSS) and total station. The existing parcel location information of the application area and the spatial values obtained from the three methods were compared. The advantages and disadvantages of the three methods in practice have been tried to be revealed.

Keywords: UAV, GNSS, Terrestrial measurement, Cadastre, Satellite systems

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖN SÖZ.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti.....	2
2. KADASTRO	6
2.1 Giriş.....	6
2.2 Kadastronun Tarihsel Geçmişi	8
2.2.1 Osmanlı İmparatorluğu'nda Kadastro	9
2.2.2 Türkiye Kadastro.....	12
2.3 Geçmişten Günümüze Kadastro Çalışmalarında Kullanılan Yöntemler	14
2.3.1 Grafik yöntem	15
2.3.2 Kutupsal yöntem.....	15
2.3.3 Prizmatik yöntem.....	17
2.3.4 Fotogrametrik yöntem	18
2.3.5 Sayısal yöntem	20
2.4 Koordinat Sistemleri	21
2.4.1 Mevzi Koordinat Sistemi	23
2.4.2 Avrupa Datumu	23
2.4.3 Dünya Jeodezik Sistemi Datumu	25
2.4.4 Uluslararası Yersel Referans Ağı	25
3. UYDULARLA KONUM BELİRLEME SİSTEMLERİ (GNSS)	27
3.1 Giriş.....	27
3.2 GPS/GNSS	29
3.3 GLONASS.....	33
3.4 GALILEO.....	34

3.5 BEIDOU / BDS	36
3.6 QZSS	36
3.7 IRNSS	38
3.8 GNSS ile Konum Belirleme Yöntemleri.....	38
3.9 Diferansiyel Konum Belirleme	41
3.10 Statik Ölçü Yöntemi.....	41
3.11 Hızlı Statik Ölçü Yöntemi	41
3.12 Tekrarlı Ölçü Yöntemi	42
3.13 Dur-Git (Stop and Go) Ölçü Yöntemi.....	42
3.14 Kinematik Ölçü Yöntemi	43
3.15 Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) Ölçü Yöntemi	44
3.16 Ağ-RTK (CORS) Ölçü Yöntemi	45
3.17 Hassas Nokta Konum Belirleme Yöntemi	46
3.18 GNNSS ile Konum Belirlemede Hata Kaynakları.....	47
3.18.1 Atmosferik gecikme.....	47
3.18.2 Sinyal yansıması (Multipath) etkisi.....	48
3.18.3 Taşıyıcı dalga faz belirsizliği ve faz kesiklikleri.....	49
3.18.4 Uydu efemeris hataları.....	49
3.18.5 Uydu saati hataları	49
3.18.6 Alıcı anteni faz merkezi hatası	50
3.18.7 Seçimli doğruluk erişimi.....	50
4. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI (İHA)	51
4.1 Giriş.....	51
4.2 İHA Teknolojisinin Tarihsel Gelişimi	54
4.3 İHA'ların Sınıflandırılması	55
4.4 İHA'ların Avantajları.....	56
4.5 İHA'ların Dezavantajları	57
4.6 İHA'ların Kullanım Alanları.....	57
5. KADASTRO UYGULAMA ALANLARI	59
5.1 22/A Kadastro Güncelleme Çalışmaları.....	59
5.2 Orman Kadastro	60
5.3 Altyapı Kadastro.....	63

5.4 Üç Boyutlu Kadastro.....	65
6. UYGULAMA	67
6.1 Uygulama Alanı.....	67
6.2 Kullanılan Donanımlar ve Özellikleri.....	69
6.3 Kullanılan Yazılımlar ve Özellikleri.....	70
6.4 Arazi Çalışması.....	70
6.5 Büro Çalışması.....	73
6.5.1 Yersel ölçülerin değerlendirilmesi	73
6.5.2 GNSS ölçülerinin değerlendirilmesi.....	78
6.5.3 İHA ölçülerinin değerlendirilmesi.....	83
6.6 Ölçülerden Oluşan Farkların Değerlendirilmesi.....	92
7. SONUÇ ve ÖNERİLER	99
KAYNAKÇA.....	102
EKLER	109
ÖZGEÇMİŞ	114

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil No	Sayfa
Şekil 2.1 Osmanlı İmparatorluğu tapu tahrir defteri	11
Şekil 2.2 Osmanlı İmparatorluğu ve Cumhuriyetin ilk dönemlerine ait tapu örneği.....	12
Şekil 2.3 Elviye-i Selasiye Kanunu uyarınca Artvin'de yapılmış tahrir harita örneği	13
Şekil 2.4 Grafik pafta örneği.....	16
Şekil 2.5 Takeometrik ölçü çizelgesi	16
Şekil 2.6 Prizmatik yöntem ile elde edilen ölçü krokisi	17
Şekil 2.7 Poligon noktası koordine hesabı çizelgesi	18
Şekil 2.8 1/5000 Fotogrametrik pafta örneği	19
Şekil 3.1 Yerküre ve GPS sistemi uydu ağı.....	30
Şekil 3.2 GPS kontrol istasyonları	30
Şekil 3.3 Yerküre ve GLONASS sistemi uydu ağı	34
Şekil 3.4 QZSS uydu yörünge rotası	37
Şekil 3.5 Uydularla konum belirleme sistemleri.....	39
Şekil 3.6 Mutlak ve Bağıl konum belirleme yöntemi	40
Şekil 4.1 İnsansız Hava Araçları.....	52
Şekil 4.2 İHA'ların tarihsel gelişimi	55
Şekil 4.3 İHA sistemleri sınıflandırması	56
Şekil 5.1 Altyapı tesisleri semboloji örneği.....	64
Şekil 5.2 İki boyutlu ve üç boyutlu kadastro gösterim örneği	65
Şekil 6.1 Tokat İli, Merkez İlçesi, Günevi Köyü	67
Şekil 6.2 Uygulama alanının 1/5000'lik kadastro paftasında yerleşimi	68
Şekil 6.3 Çalışma kapsamında kullanılan donanımlar	69
Şekil 6.4 Referans koordinatlarına sabitlenen obje noktası örneği	71
Şekil 6.5 Yersel ölçüler sırasında arazide karşılaşılan engeller	71
Şekil 6.6 Yer kontrol noktalarında kullanılan ölçü markaları	72
Şekil 6.7 3D Survey yazılımında uygulama alanı uçuş planı	73
Şekil 6.8 Referans alınan parsel köşe nokta konumları.....	76
Şekil 6.9 Uçuş sonrası elde edilen fotoğrafların 3D Survey yazılımında açılması	83
Şekil 6.10 3D Survey yazılımında uçuş veri bilgi yükleme ekranı.....	84

Şekil 6.11 3D Survey yazılımında uçuş veri tablosu	84
Şekil 6.12 3D Survey yazılımında fotoğraf birleştirme adımı	85
Şekil 6.13 3D Survey yazılımında görüntü eşleştirme için geçen süre adımı	85
Şekil 6.14 3D Survey yazılımında seyrek nokta bulut görüntüsü.....	86
Şekil 6.15 3D Survey yazılımında dengeleme adımı	86
Şekil 6.16 3D Survey yazılımında YKN veri yükleme adımı	87
Şekil 6.17 3D Survey yazılımında YKN koordinatlarının görüntüsü	87
Şekil 6.18 3D Survey yazılımında YKN dengeleme özet rapor çıktısı.....	88
Şekil 6.19 3D Survey yazılımında nokta bulutu adımı	88
Şekil 6.20 Uygulama alanı ortofoto görüntüsü	89
Şekil 6.21 3D Survey yazılımında uygulama alanı yükseklik harita görüntüsü	89

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo No	Sayfa
Tablo 2.1 Toprağa Bakış ve Kadastronun Evrimi.....	7
Tablo 3.1 GPS uyduları ve özellikleri	32
Tablo 3.2 Uydu sayısı ve ölçü süresi arasındaki ilişki	42
Tablo 3.3 GPS ölçü yöntemlerinde elde edilebilecek doğruluklar	44
Tablo 6.1 Kutupsal ölçü ve hesap çizelgesi.....	74
Tablo 6.2 Referans noktaları ve yersel ölçü noktaları arasındaki fark çizelgesi	76
Tablo 6.3 GNSS ölçü nokta koordinatları	79
Tablo 6.4 Referans noktaları ve GNSS ölçü noktaları arasındaki fark çizelgesi.....	81
Tablo 6.5 Referans noktaları ve İHA ile edilen koordinat fark çizelgesi	91
Tablo 6.6 Referans noktaları ve yapılan ölçüler arasındaki fark çizelgesi	93
Tablo 6.7 Kadastro ölçüleri ile Total station/ GNSS/ İHA konum farkları.....	95
Tablo 6.8 Kadastro ölçüleri ile Total station/ GNSS/ İHA konum farkları grafik tablosu	97

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

M	Metre
Cm	Santimetre
Mm	Milimetre
Km	Kilometre
µm	Mikrometre
Dk	Dakika

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

AYKOME: Altyapı Koordinasyon Merkezi

BÖHHBÜY: Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği

CBS: Coğrafi Bilgi Sistemleri

CDMA: Code Division Multiple Access

DGNSS: Diferansiyel Küresel Navigasyon Uydu Sistemi

DMA: Defence Mapping Agency

ED50: Avrupa Datumu 1950

ESA: European Space Agency

FIG: Uluslararası Haritalar Birliği

FKP: Alan Düzeltme Parametresi

FOC: Tam Operasyonel Kapasite

GEO: Jeostatik Yörünge

GNSS: Küresel Navigasyon Uydu Sistemi

GLONASS: Global Navigation Satellite System

GPS: Küresel Konumlandırma Sistemi (Global Positioning System)

HEO: Highly Elliptical Yörünge

HGK: Harita Genel Komutanlığı

IRNSS: Indian Regional Navigation Satellite System

ITRF: Uluslararası Yersel Referans Çerçevesi

IERS: Uluslararası Yer Dönme ve Referans Sistemleri Servisi

ISRO: Hindistan Uzay Araştırmaları Kurumu

IOV: Yörünge İçi Doğrulama

IGSO: Eğik Jeosenkron Yörünge

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ (DEVAM)

İHA: İnsansız Hava Araçları
İETT: İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri
JAXA: Japonya Uzay Araştırma Ajansı
MEO: Orta Dünya Yörüngesi
NaVIC: Navigation Indian Constellation
NIMA: National Imagery and Mapping Agency
NGA: National Geospatial-Intelligence Agency
OGM: Orman Genel Müdürlüğü
OTF: On The Fly
PPP: Hassas Nokta Konumlama (Precise Point Positioning)
PPK: Post Processing Kinematic
QZSS: Quasi-Zenith Satellite System
QIF: Quasi Ionosphere Free
RTK: Gerçek Zamanlı Kinematik (Real Time Kinematic)
SA: Selective Availability
SSCB: Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği
SHGM: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
STFH: Standart Topoğrafik Fotogrametrik Harita
STFKH: Standart Topoğrafik Fotogrametrik Kadastral Harita
TAKBİS: Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi
TKGM: Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü
TSK: Türk Silahlı Kuvvetleri
TMK: Türk Medeni Kanunu
TUCBS: Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi
TUTGA: Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı
TUREF: Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi
UKUA: Ulusal Konumsal Veri Altyapısı
USDOD: ABD Savunma Bakanlığı
YKN: Yer Kontrol Noktası
YÖA: Yer Örnekleme Aralığı

1. GİRİŞ

Ülkemizde belirli bir temele dayandırılarak yapılan kadastro çalışmaları Cumhuriyetin kuruluşundan sonra 1925 yılında yürürlüğe giren 658 sayılı Kadastro Kanunu ile Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) bünyesinde başlamış, günümüzde ise 5304 sayılı kanunla değişik 3402 sayılı Kadastro Kanunu'nun öngördüğü hükümlerle TKGM tarafından devam ettirilmektedir. Kadastro, taşınmaz mülkiyetlerin cinsini, yüzölçümünü, sınırlarını ve hukuki durumunun devlet tarafından tespit edilerek kayıt altına alma çalışmalarını içerir. Yapılan kadastro ölçülerinin en önemli dayanağı doğru konum bilgisinin elde edilmesidir. Konum bilgilerinin hızlı ve hassas olarak elde edilmesi için yapılan ölçü çalışmaları yıllardır birçok farklı yöntem ile gerçekleştirilmiştir. İlk kadastro çalışmalarında pusula ve çelik şerit metreyle ölçü gerçekleştirildiği görülürken ilerleyen zamanlarda prizma, takeometre, elektronik takeometre, total station gibi yersel ölçme yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir. 2000'li yıllara gelindiğinde ise uydularla konum belirleme sistemlerinin gelişmesiyle birlikte GNSS ölçüleri hız kazanmıştır. Teknolojik gelişmeleri yakından takip ederek uygulayan TKGM, 26 Haziran 2018 tarih 30460 mükerrer sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY) ile İnsansız Hava Araçları (İHA) gibi yeni teknolojik yöntemlerin kadastro çalışmalarında kullanılmasının yolu açılmıştır. Farklı ölçme yöntemleri uygulanarak gerçekleştirilen ölçülerden farklı konumsal doğruluk elde etmek elbette ki kaçınılmaz olmuştur.

Kadastronun devamlılık gerektiren bir hizmet olması, toplumun sosyo-ekonomik yapısındaki gelişmelere paralel olarak güncel halde bulunması gerekliliği, zaman içerisinde kadastral verilerinin güncelliğini kaybetmesinden dolayı bilgilerin günün koşullarına uygun hale getirilmesi, ilgili olduğu zemini birebir yansıtması gerekliliği ya da başka bir ifadeyle yenilenmesi gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır (DPT, 2001). TKGM tarafından, kadastro çalışmalarının tamamlanmasına rağmen kesin koordinatı olmayan veya teknik olarak yetersiz olan bölgelerde kadastro güncelleştirme ve sayısallaştırma çalışmaları yapılmaktadır. Yenileme çalışmaları 2009 tarih 3402 sayılı Kadastro Kanunu'nun 22-a maddesi hükümlerine göre devam ederken, günümüzde bu

alışmalar TKGM tarafından 2018 tarihli 30576 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Kadastro Güncelleme Yönetmeliği hükümleri doğrultusunda yapılmaktadır.

Günümüze kadar yapılan kadastro çalışmaları parsellerin iki boyutlu konum bilgilerini temel almaktadır. Hızla gelişen kentsel yaşamla birlikte iki boyutlu kadastro sistemi beklentileri karşılamakta zorlanmaktadır. Kadastro nun artan ihtiyaçlara daha hızlı ve güvenilir şekilde yanıt verebilmesi ve mülkiyeti etkili bir biçimde hukuki güvenceye alabilmesi için mülkiyetin düşey boyuttaki konumsal unsurlarını da yönetilebilmesi gerekmektedir. Bu durum son zamanlarda üç boyutlu kadastroya olan ilginin artmasına sebep olmuştur.

1.1 Literatür zeti

Yaprak (1998), yaptığı çalışmada detay lmelerinde GPS Dur ve Git yöntemi ile takeometrik alım yöntemi karşılaştırılmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre GPS Dur ve Git yönteminde uydu sinyallerini kesen (bina, ağaç, vb.) engellerin olmadığı ve noktaların birbirine yakın olduğu alanlarda doğruluk ve zaman açısından iyi sonuçlar verdiği fakat yoğun bina ve ağaçların bulunduğu bölgelerde bu yöntemle ölçü yapmanın olanaksız olduğunu belirtmektedir. Detay alımlarında birbirini gören sabit noktalar tesis etme zorunluluğu olmaması, meteorolojik koşullardan (sis, yağmur, vb.) klasik ölçüler kadar etkilenmediğinden dolayı GPS Dur ve Git l yönteminin avantajlı olduğunu belirtmektedir.

Deveci (2006), çalışmasında kadastro ölçmelerinde gerçek zamanlı GPS (RTK GPS) yöntemi ile elektronik lme yöntemini karşılaştırmıştır. RTK GPS kullanım kolaylığı, anlık konum belirleyebilme yeteneği ve ekonomik bir yöntem olması sebebiyle birçok sektörde total station lme aletlerinin yerini almaya başlamıştır. RTK GPS yöntemi ile nokta konumları ve yükseklikleri anlık olarak belirlenmekte ve yatayda 2-3 santimetre (cm), düşeyde 4-5 cm seviyesinde hassasiyet sağlamaktadır. Uzaklığın artmasıyla total station ile yapılan ölçülerde konum hassasiyetinin azaldığı, RTK GPS lme tekniğinde ise daha avantajlı olduğu belirlenmiştir. RTK GPS lme tekniğinin emek, zaman ve maliyet açısından büyük bir hız kazandırdığı çalışma sonucunda belirlenmiştir. Fakat yapılaşmış alanlarda, özellikle şehir içerisindeki kadastral çalışmalarda, RTK GPS

ölçme yöntemi yerine total station ile ölçü ve aplikasyon yapılması durumunda daha doğru sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Tut (2009), çalışmasında GPS ile bağıl konum belirleme yöntemlerinden biri olan Hızlı Statik ölçülerin kalitesini incelemek, kaliteli çözümler elde etmek için uygun uyşumsuz ölçü ayıklama yöntemini belirleyerek bu yöntem ile doğru konum bilgisi için minimum oturum süresinin ne olması gerektiği konusuna katkı sağlamayı amaçlamıştır. Çalışma sonucunda, medyan operatörü uyşumsuz ölçülerin ayıklanmasında en basit ve başarılı yöntem olarak belirlenmiş, duyarlı sonuçlar elde edebilmek için 15 dakika ve üzeri gözlem süresine sahip olmak gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Alçay (2010), çalışmasında uydu konum belirleme sistemlerinden biri olan GLONASS ile konum belirlemenin kullanılabilirliğini araştırmıştır. GPS/GLONASS gözlemleri kullanılarak ayrı ayrı ölçüler gerçekleştirmiştir. Elde ettiği sonuçlara göre uzun süreli oturumlardaki GLONASS gözlemlerinde özellikle ağ yaklaşımında kullanılabileceği ancak GLONASS uydu sinyallerinden meydana gelen hatalarda ise tek başına yeterli olamayacağı sonucuna varılmış ama GLONASS sisteminin tam kapasiteyle çalışması halinde GPS'e alternatif bir sistem olacağı ve birlikte kullanıldığı zamanlarda daha iyi sonuçların elde edileceği düşünülmektedir.

Yıldız (2013), yapmış olduğu doktora çalışmasında; Türkiye kadastrounun en büyük problemleri, kadastro verilerinin farklı standartlarda üretilmiş olması, çok amaçlı olmayışı, henüz tamamlanmamış olması ve güncelleştirme sorunlardır. Ülke kadastrounun kendinden beklentiyi karşılayabilmesi için çağdaş kadastro tekniklerini araştırıp uygulaması gerekir. Bunlar; çok amaçlı kadastro ve kadastro bilgi sistemi olabilir öngörüsünde bulunmuştur.

Kahveci (2014), çalışmasında hassas tarım yönetim sistemi kavramı, gerekliliği ve bileşenleri hakkında bilgi vermekte, tarım uygulamalarında GNSS kullanımının önemini açıklamakta ve Türksat A.Ş. tarafından Ceylanpınar (Şanlıurfa)'da kurulmuş olan sistem hakkında bilgi vermektedir.

Bülbül ve ark., (2015), hazırladıkları çalışmalarında detay noktalarının konumları GPS/GNSS ölçü yöntemlerinden, Hızlı statik, GZK ve Ağ-GZK teknikleri, yersel ölçme yöntemlerinden ise total station ile kutupsal yöntem tekniği kullanılarak veriler elde edilmiştir. Hızlı statik yöntemle belirlenen koordinatlar referans alınarak diğer yöntemlerin doğrulukları araştırılmıştır. Değerlendirme sonucunda; total station verileri ile hızlı statik verilerinin birbirine daha yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

Koca ve Ceylan (2018), yaptıkları araştırmada, günümüzde kullanılmakta olan veya yapım aşamasında olan küresel ve bölgesel uydu konum belirleme sistemlerindeki (GPS, GLONASS, GALILEO, BeiDou, IRNSS, QZSS) güncel gelişmeler hakkında ve ileriki yıllarda bu sistemlerin hangi kullanım alanlarına sahip olacağı konusunda detaylı bilgi verilmektedir.

Altınışik (2019), yaptığı çalışmada kadastro güncelleme işlemlerinde doğrudan yapılan ölçü yöntemlerine alternatif olarak İHA ile elde edilen verilerin kullanılabilirliğini araştırmıştır. Uygulama sonucunda İHA'nın, doğrudan yapılan arazi ölçülerine göre hem zaman hem personel bakımından avantajlı olduğu ayrıca parsellerin geometrik yapısını oluşturduğu detay noktalarının daha doğru belirlendiği gözlemlenmiştir.

Mutlu (2019), tarafından hazırlanan araştırmada GNSS ile belirlenen konum, zaman ve hız verilerini olumsuz yönde etkileyen hata kaynaklarından olan uydu geometri etkisi tez çalışmasının ana konusunu oluşturmaktadır. Sayısal uygulama sonucu elde ettiği verilere göre, uzun süreli statik GNSS ölçülerinde meydana gelen (diğer hataların tamamen giderildiği kabul edilerek) uydu geometri etkisinin sonuç koordinatlarında birkaç cm'yi geçmediği, sonuçlarda çok önemli sayılacak hatalara sebebiyet vermediği ancak Ağ-RTK ölçülerinde uydu geometri etkisinin daha fazla hataya sebep olduğu belirlenmiştir.

Uçarlı ve ark., (2021), tarafından hazırlanan çalışmada farklı uydu gözlem özelliklerine ait noktalar tesis edilerek, çoklu-GNSS uydularının statik PPP nokta konum doğruluğuna etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda PPP ölçü yöntemi ile elde edilen doğrulukların ölçümü gerçekleştirilen noktadaki uydu sayısına, uyduların geometrik yapısına ve fiziki koşullara göre değişiklik gösterdiği ifade edilmektedir. Yapılan

ölçmelerde birden fazla uydu sistemlerinin beraber kullanılması sonucunda özellikle uydu görünürlüğünün sınırlı olduğu noktalarda gerçekleştirilen ölçülerde sonuç verilerinin iyileştirici bir rol oynadığı belirtilmektedirler.

Karataş ve Gençler (2021), yapmış oldukları çalışmada Ülkemizde TKGM tarafından 3402 sayılı Kadastro Kanunu'nun Ek-1 maddesi kapsamında yapılan sayısallaştırma çalışmalarını incelemişler ve pafta sayısallaştırma işlemlerinde afin dönüşümünden kaynaklanan hataların 3402 sayılı Kadastro Kanunu'nun Ek-1 maddesi kapsamında sayısallaştırma çalışmalarında dikkate alınmadığını saptamışlardır.

Çallı (2021), çalışmasında GNSS-RTK özellikli İHA ile bu özelliğe sahip olmayan İHA kullanarak aynı koşullarda elde ettiği resimleri Pix4D Mapper ve Agisoft FotoScan fotogrametri yazılımlarını kullanarak, üretilen ortofotoların doğruluklarını karşılaştırmıştır. Uygulama sonucu elde edilen verilere göre GNSS-RTK özellikli İHA verilerinin diğer İHA verisine göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. GNSS-RTK özellikli olmayan İHA odaklı veri setlerinin yatay konum doğrulukları konusunda Agisoft FotoScan yazılımının daha iyi sonuç verdiği, düşey konum doğruluğunda ise Pix4D Mapper yazılımının daha iyi sonuç verdiği belirtilmektedir.

Pırtı ve ark., (2022), yaptığı araştırmada uydu konum belirleme sistemlerinden bölgesel sistem olarak tasarlanmış QZSS uydu sisteminin genel özellikleri, sinyal yapısı ve kullanım amacının ne olduğu hakkında bilgiler verilmektedir. Ayrıca bu sisteme benzer özellik gösteren diğer sistemlerle arasındaki farklılıklar belirtilmiştir.

2. KADASTRO

2.1 Giriş

Kadastro; tüm ülke sınırları içerisinde taşınmaz gayrimenkuller için gerçekleştirilen bir işlem olması ile beraber bir taşınmazın cinsini, yüzölçümünü, sınırlarını ve hukuki durumunun devlet tarafından belirlenerek kayıt altına alma çalışmalarının bütünüdür (Şahin, 2015).

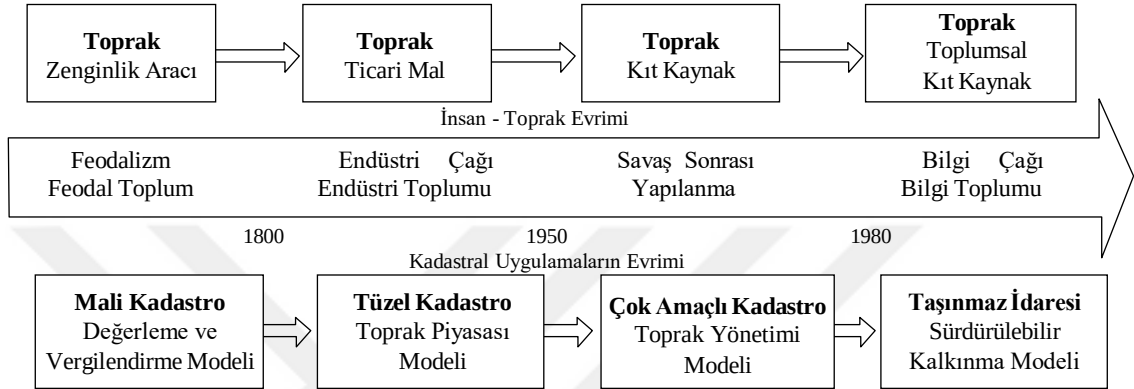
18.10.1982 tarihinde kabul edilerek yürürlüğe giren Türkiye Cumhuriyeti Anayasası'nın 35. maddesinde "Herkes, mülkiyet ve miras haklarına sahiptir. Bu haklar, ancak kamu yararı amacıyla kanunla sınırlanabilir. Mülkiyet hakkının kullanılması toplum yararına aykırı olamaz." ibaresi Türkiye'de mülkiyet ediniminin temel hukuki dayanağını oluşturmaktadır. Günümüz Tapu Sicili'nin hukuki dayanağı 4 Ekim 1926 tarihli Türk Medeni Kanun (TMK)'dur. TMK'nun 705. maddesinde "Taşınmaz mülkiyetinin kazanılması tescille olur" ibaresi tapu kayıtlarını belirtmekte olup 997. maddesinde yer alan "Taşınmazlar üzerindeki hakları göstermek üzere tapu sicili tutulur" ibaresi ise yapılacak işlemlerin nedenini açıklamaktadır. TMK'nun 719. maddesi "Taşınmazın sınırları, tapu planları ve arz üzerindeki sınır işaretleriyle belirlenir" ifadesi sınırların belirlenmesi konusunda kadastroyu işaret etmektedir. 2644 sayılı Tapu Kanunu ile tapu kayıtlarının oluşturulması güvence altına alınmıştır. Taşınmaz malların sınırlarının belirlenerek kayıt altına alınması ise 3402 sayılı Kadastro Kanunu ile garanti altına alınmıştır (Yomralıoğlu, 2006).

Kadastro işleminin en önemli amacı taşınmaz malların sınırlarını ve yüzölçümlerini belirleyip kaydedilerek kontrol altına alınması ve kadastro haritalarının yapılmasıdır. Bu işlem sayesinde tapuya kaydedilmemiş ve tapusuz olarak adlandırılan taşınmazlar tapulu hale getirilir. Taşınmazların gerçek hak sahiplerinin kimler olduğu tespit edilerek ortaya çıkabilecek olası anlaşmazlık ve uyumsuzlukların önüne geçilmiş olur. Hukuki ve teknik durumları tespit edilen taşınmazlar tapu ve kadastro bilgi sisteminin temelini oluşturur. Taşınmazlarda meydana gelen herhangi bir değişiklik sistemde kayıtların güncellenmesiyle daha sonradan oluşabilecek sorunların çözülmesine katkı sağlar (Anonim, 2021a).

Her geçen gün toprağa ve kadastroya olan bakış önemli ölçüde değişmektedir. İlk zamanlar tarımsal amaçlı bir zenginlik aracı olarak karşımıza çıkan toprak, önemi

arttıkça ticari mal özelliği kazanarak mali boyutuyla öne çıkmaya başlamıştır. Toprak yönetiminin en önemli mali aracı vergilendirme hem taşınmaz piyasasını düzenleyici hem de yönetim birimlerine gelir getiren bir araç olarak taşınmaz idare sisteminin mali kadastro boyutunu oluşturmuştur (Çağdaş & Gür, 2003).

Tablo 2.1 Toprağa Bakış ve Kadastronun Evrimi (Enemark, 2001)



Kadastronun başlangıçta ortaya çıkışı vergilendirme ve sınırlandırma amaçlı olmuştur. Fransa'da Napolyon'un 1807 yılında başlattığı taşınmazların vergilendirilmesi amacını taşıyan kadastro çalışmaları vergi kadastronun ilk gerçekçi örneği olarak karşımıza çıkmaktadır (Yomralıoğlu, 2019).

Zaman içerisinde meydana gelen ekonomik, teknolojik ve bilimsel süreçlerin etkisiyle kadastrodan beklentiler de değişmiştir (Yomralıoğlu, 2006). Günümüzde birçok ülkede kadastroya sürdürülebilir kalkınmanın ve sürdürülebilir kentlere ulaşmanın önemli bir unsuru olarak bakılmaktadır (Çağatay, 2012). Kadastro bu hedeflerin gerçekleştirilmesine altlık oluşturarak, tarihi süreçte gelişim göstermesi, vergi ve hukuki kadastro aşamalarından geçerek çağdaş ve çok amaçlı kadastro kapsamına kavuşmuştur (Özen, 1980).

Çağdaş kadastro; sadece kişilere ait taşınmaz malları değil, kamu taşınmaz mallarının da güvence ve denetiminden sorumludur. İnsanların faydasına yönelik bir mülkiyet anlayışından kaynaklanan, ülkede bulunan doğal kaynakların en verimli şekilde kullanılmasını amaçlayan, merkezi ve taşra yönetimlerin ihtiyaç duydukları bilgileri içeren, bilgi teknolojisindeki gelişmeleri jeodezi uygulamalarına adapte eden, ayrıntılı arazi bilgi sistemlerinin oluşturulmasına altlık sağlayan, verilerin sürekli yenilenmesine olanak sunan sistemli bir olgudur (Özen, 1980).

Genel anlamda taşınmazların teknik ve hukuki işlevlerinin yanı sıra kentsel alan planlaması, toprağa bağlı işlemler, mühendislik projelerinin hazırlanması ve zemine uygulanmasında kadastro büyük öneme sahiptir. (Çağatay, 2012).

2.2 Kadastronun Tarihsel Geçmişi

Kadastronun tarihsel geçmişi, milattan önce beş binli yıllarda Mısır, Babil uygarlıklarında kullanıldığına dair bilgiler bulunmaktadır (Alandağlı, 2019). O dönemlerde sınır tespiti amacıyla yapılan işlemler daha sonra Roma ve Bizans döneminde vergi toplamak amacıyla gerçekleştirilmiştir (Çağatay, 2012). Kadastronun başlangıcı tam olarak bilinmemekle birlikte Fransızların arşivinde bulunan 1370 tarihli belgelerden dolayı Fransız kökenli olduğu düşünülmektedir. Kadastro çalışmalarına XVIII. yüzyıl Avrupa'sında vergi adaletinin sağlanması amacıyla başlanmıştır (Alandağlı, 2019). 19. yüzyılda özel mülkiyetin önem kazanması sonucu arazi sahipliğine teminat sağlayan kadastral sistem yapısına geçiş şart olmuştur. Arazi kayıt sistemleri gün geçtikçe hız kazanmış ve mülkiyete ait grafik bilgiler de arazi kayıt sisteminin bir parçası haline gelmiştir. Bu dönemde İngiltere dışında diğer tüm Avrupa ülkelerinde en az bir kere kadastro uygulamalarının yapıldığı gözlenmektedir. Böylece kadastro sadece vergilendirme sistemi boyutu ile değil hukuki boyutuyla da kendinden söz ettirmeye başlamıştır (Çete & Yomralıoğlu, 2006).

20. yüzyılda tüm dünyayı etkileyen savaşların meydana getirdiği yıkımların sonucundaki gelişmeler kadastroya olan gereksinimi artırmıştır. Savaş sonrası kazanılan veya kaybedilen toprakların sonucunda yeni sınırların tespit edilmesi ve belirlenmesi için dünyayı yeniden dizayn etme ve kayıt altına alma süreci başlamıştır (Alandağlı, 2019). Toplumsal ve siyasi bir olgu olarak karşımıza çıkan kadastro, değişiklik gösteren toplum özelliklerine ve dünya ihtiyaçlarına göre biçimlenip gelişerek günümüz modern yapısına kavuşmuştur (Alandağlı, 2019).

2.2.1 Osmanlı İmparatorluğu'nda Kadastro

Osmanlı İmparatorluğu döneminde yapılan arazi kaydı çalışmalarına bakıldığında ilk tapu kayıtlarının Orhan Gazi'ye dayandığı bilinse de bu kayıtlara rastlanılamamıştır. Ancak daha sonra gerçekleştirilen kayıt işlemlerinde "Defter'i Köhne" (Eski Defter) adı verilen kayıtlarda bu tapulara atıflar yapıldığı tespit edilmiştir (Yıldız, 2013).

Osmanlı Devleti toprak sistemi üç yüz yıllık bir kuruluş, gelişme ve olgunlaşmanın ürünü olarak değerlendirilmektedir (Doğan, 1977).

Birçok Türk tarihçisi Osmanlı İmparatorluğunda toprağın sahibinin devlet olduğunu yani arazinin "miri arazi" olduğunu söylemişlerdir. Osmanlı İmparatorluğunda miri arazi sistemi merkezi devlet olgusu desteğinde gelişim göstererek, askeri ve mali rejimin temelini teşkil etmesiyle Osmanlı arazi sistemi tamamen devlet mülkü şeklinde anlaşılmış ve büyük yanlışlara sebebiyet vermiştir. Arazi ile ilgili tüm ferman, fetva ve kanunlar II. Selim döneminde defterdar Mehmet Çelebi tarafından derlenmiş ve bu bilgiler doğrultusunda Osmanlı arazi rejiminin temel ilkeleri ortaya çıkmıştır. Bu bilgilere göre başlangıçta Müslümanların fethettikleri topraklar, Multeka'da belirtildiği gibi, gaziler arasında "ganaim" olarak dağıtılıyor ya da eski sahiplerine vergi karşılığı terk ediliyordu ve bu araziler "haraç arazi" olarak adlandırılıyordu. Gazilerin arazileri ise "uşr" verdikleri için "uşr arazi" adını alıyordu. Kısaca arazi ikiye ayrılıyordu ve miri araziden söz edilmesi mümkün değildi. Osmanlı hukuk tarihini araştıran tarihçiler "yenen ve yenilenler arasında paylaştırılan arazilerin dışında kalan miri arazi, daha sonraları kesinlikle saptanması çok güç olan bir dönemde ortaya çıkmıştır" diyorlardı. Kanuni Sultan Süleyman döneminde, Ebussuud Efendi'nin fetvaları ile duruma göreli bir açıklık getirilmiştir. Hazırlanmasında önemli ölçüde katkı sağladığı Budin Kanunnamesiyle ilgili bir sorunda, Ebussuud Efendi yalnız ev ve bahçelik toprakların mülk olabileceğini, bunun dışında bütün ekilebilir toprağın miri arazi olduğunu ve bunların sadece kullanım hakkının çiftçilere verilebileceğini, fetva olarak öne sürmüştür (Timur, 1979).

Osmanlı orduları bir ülkenin fethini gerçekleştirdikten hemen sonra oraya hükümet tarafından yazıcılar gönderilir, arazi yazılır, tahrir edilir, tımar dağıtımı için kadastro yapıldı (Doğan, 1977). Tımar sistemi, Osmanlı'da artan fetih hareketleri doğrultusunda fethedilen topraklarda yapılan arazi tahrirleri ile geliştirilmiştir (Timur, 1979).

Tahrir defterlerinin amacı tahsis edilen arazinin sınırlarını tanımlamak ve yaklaşık yüzölçümlerini belirlemektir (Yaşayan ve ark., 2011). Tımar kayıtları İstanbul'da Defterhane-i Hakani'de bulunur ve bu durumun idarecisine Defterhane Emmini denirdi. Eyaletlerdeki tımar kayıtlarının bir nüshası "Defterhane-i Hakani'de koruma altına alınırdı. İllerde ise tımar kayıtları Defter kâhyası ve Tımar defterdarı denilen memurlar, tarafından yapıldı. Bu memurların ellerinde icmal, mufassal ve ruzname olmak üzere üç çeşit defter bulunurdu. (Doğan, 1977).

Osmanlı Devleti fetih hareketleri sonucu kazandıkları bölgelerdeki feodal ilişkileri, miri arazi sistemi ile kontrol altına almaya çalışmıştır. Tımar sisteminin oluşturabileceği feodal ilişkileri de uyguladıkları iskân politikasıyla önlem almışlardır. Uyguladığı sistemli tımar politikası sayesinde miri arazi sistemi devlet sınırları içinde özel mülkiyet aleyhinde gelişme göstermiştir (Timur, 1979).

Osmanlı Devleti, gerileme döneminin sarsıntıları içinde toprak düzenini yenileyemeyince, tımar sisteminin geçerliliğini kaldırdı. Tımar rejiminin ilgasından sonra yeni bir sistem getirilmediğinden boşluk ve karışıklık oluştu. Bu yüzden "Hayırlı Düzenleme" (Tanzimat-ı Hayriye) den 19 yıl ve Islahat Fermanı'ndan 2 yıl sonra (1858) hayırlı düzenlemeler döneminin en hayırlı düzenlemelerinden biri sayılan "Arazi Kanunnamesi" çıkarıldı. Arazi Kanunnamesi; Ahmed Cevdet Paşa ve Mehmet Rüştü Paşa, Arif ve Tahsin Bey'lerden kurulu heyet, tercümeye başvurmadan, eski kanunnameler, fetvalar, gelenek ve göreneklerden hareket ederek bir kanunname hazırladılar. Arazi Kanunu ile İslam mülkiyet hukuku kaidelerine dayanılarak, o zaman ülkede var olan fiili durum hukuki esaslara bağlanmış oldu. Kanunname'de bulunan arazi bölümleri; Arazi-i Memlûke (Mülk arazi), Arazi-i Mürîyye (Beylik arazi, devlet arazisi), Arazi-i Metrûke (Kamu yararına bırakılmış arazi) ve Arazi-i Mevat (Sahipsiz, işlenmemiş arazi)' olarak sınıflandırılmıştır. Arazi Kanununun uygulanması iç ve dış baskılar sonucu kısıtlı olmuş ve devlete ait miri arazinin çeşitli yollarda mülk haline geçmesi önlenememiştir (Doğan, 1977).

Osmanlı'dan günümüze ulaşan ilk kayıtlar 1534-1634 yıllarında Kanuni Sultan Süleyman tarafından yaptırılmış Kuyud-u Kadime'dir. Bu kayıtlar günümüzde TKGM arşivinde bulunmaktadır. Kuyud-u Kadime tapu tahrir kayıtlarında miri vakıf arazileri belirtilerek birçok soruna çözüm olmuştur. Ancak bu kayıtlarda özel mülkiyet kayıtlarına rastlanılmamıştır (Altınışik, 2019).

Kuyud-u Kadime'de tutulan defter kayıtları o dönemin çok amaçlı coğrafi bilgi sistemi özelliğini taşımaktadır (Şahin, 2015). Miri arazilerinin kayıt altına alındığı tahrir defterlerinin kapsadığı bilgiler kadastroya ait ilk örnek olarak gösterilebilir (Alandağlı, 2019).

1847 tarihli "Tapu Hakkında İcra Olunacak Nizamât gereğince Defterhane (Tapu İdaresi) tarafından Osmanlı İmparatorluğunda tapu işlemleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bu idare Defter-i Hakan Emirliği adını almıştır. 1847 yılından itibaren tapu belgeleri Defterhane'den verilmiş 1874 yılında köylerde Yoklama adı verilen tapu tahrirleri yapılarak taşınmazlara senet verilmiştir. Bu nedenle TKGM'nin resmi kuruluş tarihi 21 Mayıs 1847 olarak benimsenmiştir (Yıldız, 2013).



Şekil 2.1 Osmanlı İmparatorluğu tapu tahrir defteri (Işık ve ark., 2012)

Osmanlı döneminde plana bağlı taşınmazların kıymet ve gelirinin tespitine ait kadastro çalışmalarının yapılmasını kapsayan ilk kadastro kanunu, 5 Şubat 1912 tarih ve 1384 sayılı Emval-i Gayrimenkulenin Tahdit ve Tahrir-i Hakkında Kanun-u Muvakkat

Defter-i Hakani Nazırı Mahmut Esat Efendi'nin gayretleriyle yürürlüğe konulmuştur (Şahin, 2015). Bu kanuna dayanarak Konya ilinin Çumra ilçe merkezi ve köylerinde bir deneme niteliğinde olmak üzere çalışmalara başlanmış ancak art arda gelen savaşlar nedeniyle çalışmalara ara verilmiştir (Yıldız, 2013).

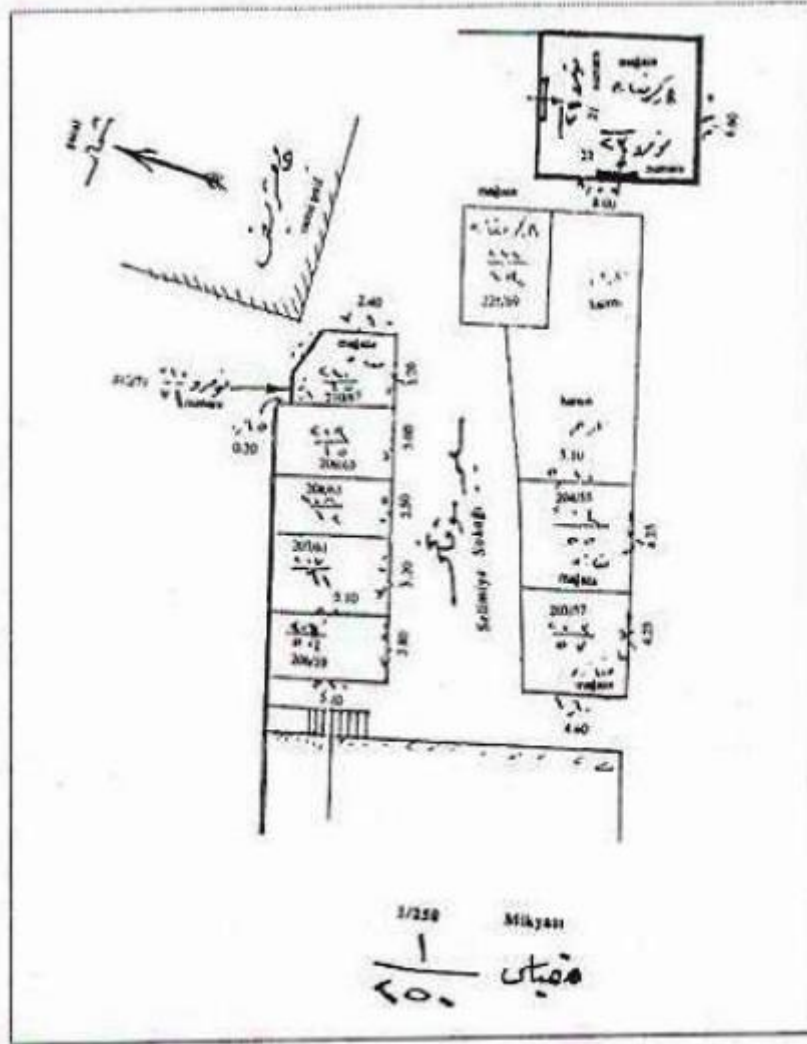


Şekil 2.2 Osmanlı İmparatorluğu ve Cumhuriyetin ilk dönemlerine ait tapu örneği (Anonim, 2019c)

2.2.2 Türkiye Kadastro

Cumhuriyetin kuruluşundan sonra ilk kadastro çalışmaları Moskova Antlaşması gereği 1924 tarihli 474 sayılı Artvin, Ardahan, Kars vilayetleri ile Kulp, Iğdır Kazaları ve Hopa Kazası'nın Kemalpaşa Nahiyesi'ndeki Araziler Hakkında Tasarrufa ait Kanun uyarınca yeniden başlamıştır (Atak & Durduran, 2015). Söz konusu kanunun birinci maddesinde, toprak tasarruf edenlere, zilyedlere bu toprakların tapusunun verileceği belirtilmekte, ikinci maddesinde ise bu alan dışındaki arazilerin göçmenlere verileceği belirtilmektedir. Böylece Rus işgalindeki fiili durumun onaylandığı görülmektedir (Doğan, 1977).

Bu yasanın amacı belirtilen yerlerdeki taşınmaz gayrimenkullerin saptanması, değer ve gelirlerinin tespit edilmesi ile geometrik konumlarının ölçülmesidir. Fakat gerçekleştirilen bu çalışmaların kroki olması, tek kopya olarak düzenlenmesi ve Genel Müdürlüğün merkez arşivinde bulunmaması nedeniyle TKGM kadastro çalışması kapsamına almamıştır (Şahin, 2015).



Şekil 2.3 Elviye-i Selasiye Kanunu uyarınca Artvin'de yapılmış tahrir harita örneği (Şahin, 2015)

Cumhuriyet döneminde belirli bir temele dayalı toprakların tamamını kapsayan ilk çalışmalar 1925 tarih 658 sayılı Kadastro Kanunu ile TKGM bünyesinde gerçekleştirilmiştir (Yıldız, 2013). Bu kanuna göre; Ankara, İstanbul, İzmir, Konya, Bursa gibi büyük illerde kadastro çalışmaları yapılmış, bu bölgelerdeki taşınmaz

malların mülkiyetleri belirlenmiştir. Mülkiyetlerin konum ve ekonomik değerlerine bakılarak sınırların tespiti amaçlanmıştır (Altınışik, 2019).

Mülkiyet ve özel olarak toprak mülkiyeti ile ilgili hükümler Medeni Kanun'un aynı haklar (eşya hukuku) bölümünde yer almaktadır. Söz konusu kanunun 618. maddesinde mülkiyet hakkının kapsamı belirtilmektedir. Medeni Kanun'la miri arazi sistemi, hukuki olarak son bulmakta ve tek tip özel mülkiyet devri başlamaktadır (Doğan, 1977).

1926 yılında yürürlüğe konulan Medeni Kanun kararlarına göre tapu sicilleri oluşturmak amacıyla 1934 yılında 2613 sayılı Kadastro ve Tapu Tahrir Kanunu çıkarılmıştır. Bu kanun ilk dönemlerde şehirlerde ve köylerde uygulanırken ilerleyen zamanlarda amaçlanan kırsal kalkınma politikalarının etkisiyle 1966 yılında 766 sayılı Tapulama Kanunu çıkartılmıştır (Çağatay, 2012). Kadastro çalışmaları 2613 sayılı kanun ile kentlerde, 766 sayılı kanun ile kırsal alanlarda sürdürülmekteydi. Şehirlerde ve köylerde bu ikiliğin ortadan kaldırılması, ortaya çıkan olumsuzlukların giderilmesi amaçlanarak 1987 tarihinde 3402 sayılı Kadastro Kanunu'nun yürürlüğe girmesiyle yurt genelinde yapılacak kadastro işlemleri tek bir yerde toplanmış ve sayısal kadastro faaliyetleri hız kazanmıştır (Yıldız, 2013).

Günümüzde faaliyet gösteren 3402 sayılı Kadastro Kanunu, 5304 sayılı kanunla 2005 yılında birtakım değişiklik ve eklemeler yapılarak mevcut haline kavuşmuş ve kanunun öngördüğü bilgilerle halen kadastro çalışmalarına devam edilmektedir (Altınışik, 2019).

2.3 Geçmişten Günümüze Kadastro Çalışmalarında Kullanılan Yöntemler

Kadastro çalışmalarından günümüz koşullarına cevap verecek şekilde faydalanılması için verilerin doğru, hassasiyeti yüksek, standart hale getirilmesi, ortak jeodezik sistemde toplanması gerekmektedir. Bunun yollarından biri de sayısallaştırma çalışmaları olup kadastro çalışmalarına başlandığı günden bugüne zamanın ölçü teknikleri uygulanarak farklı ölçeklerde ve duyarlılıklarda kadastro altlıkları üretilmesidir (Yıldız, 2013).

Geçmişten günümüze çalışmalarda kullanılan yöntemleri; grafik yöntem, kutupsal yöntem, fotogrametrik yöntem, sayısal yöntem olarak ayırabiliriz.

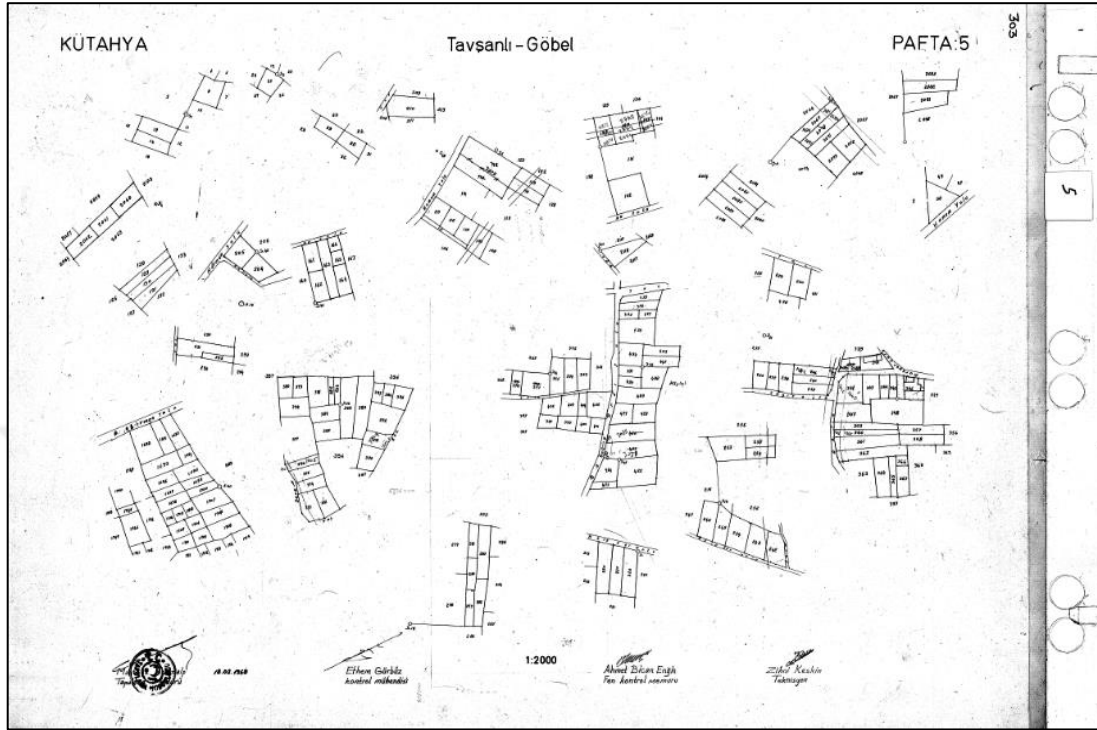
2.3.1 Grafik yöntem

Ülkemizde kadastro çalışmaları ilk grafik yöntem kullanılarak yapılmıştır. Bu yöntemde tanımlanmış herhangi bir koordinat sistemi olmadığından araziye poligon atılıp bu poligonlar yardımıyla bütün detayların mesafe ölçümü, çelik şerit metre veya mira ile açı ölçümü takeometre ile gerçekleştirilmiştir. Kadastro sırasında tesis edilmiş poligon noktalarının, bir koordinat sistemi ve koordinatı olmadığından zeminde bulunma olasılığı çok düşüktür (Gül, 2016). 1/500, 1/1000, 1/2000 ölçeklerindeki grafik paftalar kentsel alanlarda, 1/2000, 1/2500, 1/5000, 1/10000 ölçeklerindeki grafik paftalar ise kırsal alanlarda üretilmiş ve her biri kendi içerisinde lokal çalışma olarak değerlendirilmiştir (Yıldız, 2013). Bu yöntem kullanılarak oluşturulan haritaların pafta çizimleri çoğunlukla standart boyutlara sahip olmayan kâğıt ve karton altlıklara yapılmıştır. Çizimler minkale ve duble desimetre kullanılarak yapılmıştır. Bu sistemde paftaların numaralandırılması ve isimlendirilmesinde herhangi bir sistem bulunmamaktadır. Paftalar oluşukça birbirini takip eden numaralar alır (Pafta1, Pafta2, Pafta3,...vb.) (Şekil 2.4). Pafta çizimleri yapılırken; insan kaynaklı hatalar, mürekkepleme hataları, hesaplama hataları, paftaların zamanla deforme olmasından kaynaklı hatalar oluşmaktadır. Altlıklarda meydana gelen bu hatalar sonucunda zemin ve pafta arasında uyumsuzluklar görülmektedir (Gül, 2016). Grafik pafta altlıkları kullanılarak imar uygulaması, aplikasyon, kamulaştırma gibi işlemlerinin yapılması oldukça güçtür. Bu yöntemin kullanıldığı yerlerde kadastro çalışmalarının yapılabilmesi için paftaların sayısallaştırılması diğer bir ifade ile koordinatlı haritalara çevrilmesi gerekmektedir (Yıldız, 2013). Günümüzde çözüm yolu olarak kadastro kanununun 22-a maddesi kapsamında güncelleme çalışmaları yürütülmektedir.

2.3.2 Kutupsal yöntem

Kutupsal alım yöntemi prizmatik yöntemle beraber kullanılmıştır. Yerleşim alanlarında prizmatik, yerleşim olmayan alanlarda kutupsal yöntem tercih edilmiştir. Dönemin gelişen teknolojisiyle takeometre, mira, total station, reflektör gibi aletlerle ölçüler gerçekleştirilmiştir. Belirli bir koordinat sisteminde (mevzi, imar, ülke koordinat sistemi) araziye koordinatı belli poligon, nirengi gibi noktalar tesis edilerek detayların açı ve mesafeleri okunarak ölçüler yapılmıştır. Okunan değerler takeometre ölçü

çizelgelerine yazılmıştır. Pafta çizimleri kâğıt, karton veya alüminyum altlıklara yapılmıştır.



Şekil 2.4 Grafik pafta örneği (TKGM, 2021)

Boşluk No. : 65

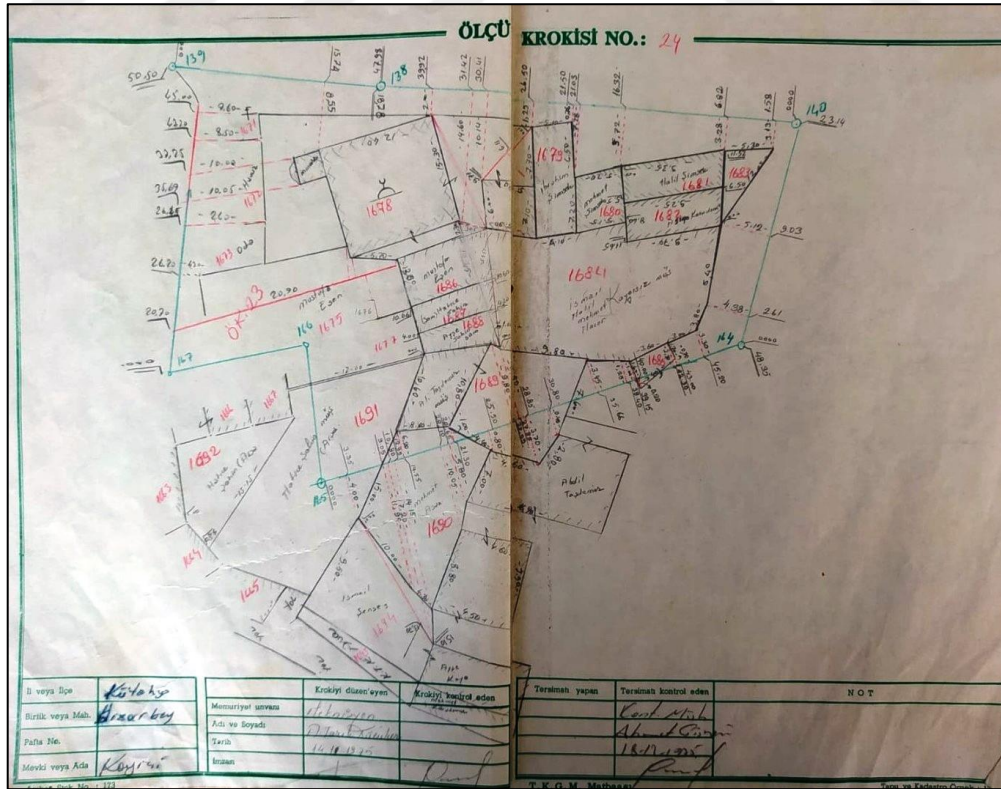
TAKAOMETRİK										ÖLÇÜ ÇİZELGESİ		Operator	
İş										Yazın		Tarih	
Mühür										Olu		Olu	
Bölge										Alanın cins ve No.		Alanın cins ve No.	
Durulan Nokta No. ve Alın	Alın	Mira ölçümü	Mira ölçümü	Eğilim	Ölçüm	Düğü	Yatay açı	Yatay	Düğü	Yatay	Düğü	Yatay	Düğü
				m. cm.	m. cm.	m. cm.	m. cm.	m. cm.	m. cm.	m. cm.	m. cm.	m. cm.	m. cm.
103	66	100	115	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		115	130	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		130	145	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		145	160	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		160	175	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		175	190	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		190	205	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		205	220	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		220	235	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		235	250	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		250	265	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		265	280	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		280	295	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		295	310	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		310	325	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		325	340	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		340	355	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		355	370	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		370	385	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		385	400	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		400	415	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		415	430	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		430	445	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		445	460	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		460	475	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		475	490	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		490	505	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		505	520	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		520	535	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		535	550	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		550	565	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		565	580	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		580	595	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		595	610	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		610	625	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		625	640	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		640	655	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		655	670	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		670	685	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		685	700	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		700	715	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		715	730	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		730	745	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		745	760	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		760	775	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		775	790	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		790	805	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		805	820	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		820	835	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		835	850	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		850	865	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		865	880	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		880	895	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		895	910	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		910	925	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		925	940	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		940	955	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		955	970	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		970	985	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		985	1000	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1000	1015	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1015	1030	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1030	1045	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1045	1060	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1060	1075	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1075	1090	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1090	1105	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1105	1120	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1120	1135	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1135	1150	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1150	1165	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1165	1180	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1180	1195	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1195	1210	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1210	1225	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1225	1240	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1240	1255	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1255	1270	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1270	1285	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1285	1300	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1300	1315	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1315	1330	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1330	1345	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1345	1360	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1360	1375	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1375	1390	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1390	1405	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1405	1420	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1420	1435	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1435	1450	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1450	1465	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1465	1480	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1480	1495	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1495	1510	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1510	1525	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1525	1540	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1540	1555	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1555	1570	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1570	1585	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1585	1600	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1600	1615	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1615	1630	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1630	1645	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1645	1660	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1660	1675	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1675	1690	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1690	1705	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1705	1720	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1720	1735	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1735	1750	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1750	1765	45	31	101	31	1	31	31	31	31	31
		1765	1										

2.3.3 Prizmatik yöntem

Kadastro uygulamalarında özellikle meskûn yerlerde günümüze kadar genellikle tercih edilen ölçü yöntemidir. Takeometrik yöntem sonucu parsellerin veya yapıların köşe noktalarının koordinatı elde edilemediğinde prizmatik yöntem kullanılır. Araziye poligon, nirengi gibi belirli bir koordinat sistemine sahip noktalar tesis edilerek detayların dik ayak- dik boy yöntemi ile prizma ile gerçekleştirilen bir yöntemdir.

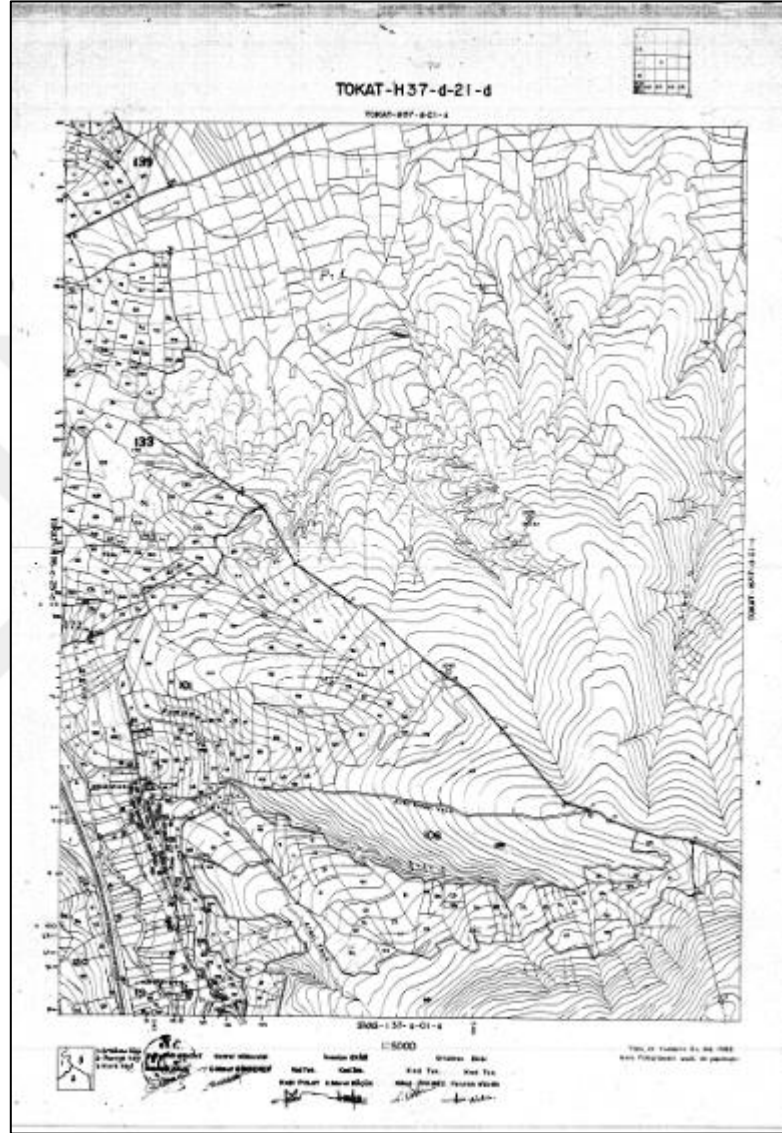
Arazide yapılan bütün işlemler krokici tarafından ölçü krokisine kaydedilir. Bu ölçüler büroda değerlendirilir, poligon ve nirengi noktalarının yerleri belirlendikten sonra ölçülerin paftaya tersimatı yapılır. Pafta tersimatı astrolan veya alüminyum altlıklara yapılmıştır. Parsel alan hesapları grafik olarak veya planimetre ile hesaplanmıştır (Yıldız, 2013).

Prizmatik ölçü yöntemiyle üretilmiş haritalar 1/1000 veya daha büyük ölçekli olarak genellikle lokal veya ED-50 koordinat sisteminde üretilmiştir. Ölçü krokisindeki mesafeler, uzunluğun arazideki ölçme işlemi çelik şerit metre ile yapıldığından hesaplanan mesafe ile birebir aynı olmayabilir. Yöntemin hassasiyetine bakıldığında pafta çizimi ile uyuşumu farklılık gösterebilir.



Şekil 2.6 Prizmatik yöntem ile elde edilen ölçü krokisi (TKGM, 2021)

TKGM bünyesinde yapılan fotogrametrik yöntem ile kadastro haritalarının üretimi çoğunlukla 1/5000 ölçekli, parsellerin küçük olduğu veya yapılaşmanın olduğu yerlerde ise 1/2500 ölçekli olarak hazırlanmıştır (Gül, 2016).



Şekil 2.8 1/5000 Fotogrametrik pafta örneği (TKGM, 2021)

Kadaastro çalışmalarında fotogrametrik yöntem ile arazinin geometrik özelliklerini belirlemede verilerin toplanması havadan çekilen fotoğraflardan faydalanılarak olur. Bu yöntemde çalışma alanında yeterli sıklıkta, eş dağılımlı koordinatı belirli kontrol noktalarına ihtiyaç vardır. Jeodezik yöntemle belirlenen kontrol noktaları uçuş planından önce tesis edilir. Uçuş planı hazırlandıktan sonra fotogrametrik alım gerçekleştirilir. Alımlar yapıldıktan sonraki aşamada değerlendirme, dengeleme ve

düzeltilme işlemleri yapılarak harita üretilir. Hava fotoğrafları ve fotogrametrik değerlendirme cihazlarından yararlanılarak, ED50 datumunda oluşturulan Standart Topoğrafik Fotogrametrik Harita (STFH)'lar kadastral işlemler yapıldıktan sonra Standart Topoğrafik Fotogrametrik Kadastral Harita (STFKH)'lara dönüştürülmektedir (Altınışık, 2019). İşlem sonrası oluşturulan paftalar ulusal pafta bölümlene sistemine uygun olarak üretilir. Pafta adları ulusal pafta bölümlene isimlendirme kurallarına uygun şekilde isimlendirilir. Pafta altlıkları şeffaf ve boyut değiştirmeyen özellikte olup pafta çizimleri analog olarak gerçekleştirilmiştir. Fotogrametrik yöntemle elde edilen kadastro paftalarının sayısallaştırma işlemleri; paftaların taranarak dijital ortama aktarılması ve dijital ortamda CAD, GIS yazılımının kullanımı ile pafta kenarlaşması yapılarak elde edilir. Sayısallaştırma sonucu parsellerin konum hassasiyeti, fotogrametrik yöntemin ve arazi bilgilerinin paftaya çizim doğruluğuna, bilgisayar ortamına aktarılan paftanın koordinatlandırılmasını yapan kişinin kabiliyetine ve hassasiyetine bağlıdır (Gül, 2016).

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

2.3.5 Sayısal yöntem

Gelişen teknolojiyle birlikte harita bilgileri sayısallaştırılarak daha kolay işlenebilir ve kullanılabilir hale dönüşmüştür. Elektronik uzaklık ölçü aletlerinin kullanımının artması ile başlayan dönem, teknolojinin her geçen gün gelişmesiyle birlikte uydu teknolojisinin kullanılmasıyla yapılan işlemler hız kazanmıştır. Kadastro çalışmaları GNSS, TUSAGA gibi teknolojiler ile detay noktalarının koordinatları anlık hesaplanarak düzeltmeler ve veri dengelemeleri yapılarak netleştirilir. Bu gelişmelere paralel olarak kadastro mevzuatı yeniden düzenlenmeye çalışılmıştır (Altınışık, 2019). Üretilen sayısal haritaların ve yapılan işlemlerin BÖHHBÜY kurallarına benzerliğinin kontrol edilmesi için TKGM 1995 tarihli 1995/8 sayılı genelge eki yürürlüğe koyularak kadastro çalışmalarında belli bir standart sağlanması amaçlanmıştır. Bu yönetmelikte detayların nasıl ölçüleceği, jeodezik noktaların nasıl hesaplanacağı, hata sınır aralıklarının ne kadar olabileceği, dengeleme ve düzeltmeler ile ilgili bilgiler detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Bu yönetmelikteki hükümlere göre işlemler uygulanır ve neticelendirilir. Bu yöntem ile elde edilen haritaların tersimatı şeffaf polyester veya alüminyum

altlıklara yapılmıştır. Kadastro çalışmaları sonucu elde edilen veriler bilgisayar ortamında çizildiğinden bu yöntemin avantajları, bilgilerin sayısal ortamda arşivlenmesi, üretilen parsellerin tapu ile kadastro arasındaki benzerliğin birebir veya çok küçük miktartlı hata ile yapılabilmesidir. Diğer yöntemlere göre daha doğru ve hızlı kadastral harita üretme yöntemidir (Kıbaroğlu, 2010).

2.4 Koordinat Sistemleri

Bir noktanın yeryüzünde ya da bir düzlemde konumunun belirlenebilmesi için bazı matematiksel bilgilerinin yani koordinat sisteminin bilinmesi gerekmektedir. Bir noktanın konumu uydudan konum belirleme yöntemleri, klasik yersel ölçme yöntemleri gibi birden fazla yöntem ile elde edilebilir. Bu yöntemler kullanılarak elde edilen koordinatların bir başlangıç sistemine göre enlem ve boylam çizgileri ile yaptığı açı veya uzaklığın metre cinsinden ifade edildiği sistemler olarak da belirtilmektedir (Çılğın, 2010).

Koordinatlar bir noktanın konumunu tanımlayan doğrusal ve açısal büyüklüklerdir. Konum, doğrultunun düzlemlerle yapmış olduğu açı ve orijine olan mesafesiyle belirtiliyorsa kutupsal koordinat sistemi, düzlemlere dik mesafe ile ifade ediliyorsa dik koordinat sistemi olarak adlandırılır. Bir nokta dik veya kutupsal koordinat sistemlerinden herhangi biriyle ifade edilirse edilsin, kesinlikle bir koordinat sisteminde tanımlanması gerekmektedir (İlvan, 2014).

Datum, bir elipsoidin şeklini tarif eden matematiksel modele ya da hesaplamalarda temel olarak kullanılması kabul edilen yüzeyler için temel bilgi veya başlangıç yüzeyi ile ilgili sabit bilgileri ifade eder (Hüsrevoğlu & Tuşat, 2018). Dünyanın şekli, kıtaların etkisiyle farklılık göstermektedir. Çalışılacak bölgenin konumuna göre farklı ölçülere bağlı olarak geliştirilip kullanılabilecek ED50, WGS84, ITRF96 gibi birçok datum bulunur. Nokta koordinatları yapılan çalışmalarda, harita üretimi için seçilen datuma göre belirlenir. Belirlenen datuma bağlı olarak enlem, boylam; sağa, yukarı değerler ile yükseklik bilgilerini içeren noktanın herhangi bir datumdaki koordinatları, diğer datumlardaki koordinatlarından farklıdır. Koordinat sistemlerini birbirinden ayıran en önemli özellik datum parametreleridir (İlvan, 2014).

Ülkemizde 31 Ocak 1988 tarih ve 1971 sayılı Resmi Gazete ile yürürlüğe giren Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği ile ülkemizde harita ve harita bilgileri

üretiminde ED50 Hayford elipsoidine dayalı 3° lik Gauss- Kruger Koordinat sistemi kullanılmaya başlanmıştır. 23.06.2005 tarihinde Bakanlar Kurulunca Resmi Gazetede yayımlanan BÖHHBÜY yürürlüğe girinceye kadar bu yönetmelik yürürlükte kalmıştır. Bu süre içerisinde dahi büyük oranda belediyeler imar paftalarında mevzii koordinat sistemini kullanmaya devam etmişlerdir.

1990'ların ortalarından itibaren başlangıçta sadece GPS uydu sisteminin sivil kullanıma açılması ile Harita Genel Komutanlığı (HGK) çevredeki IGS ağ noktalarından yararlanılarak GPS uydu gözlemleri ile Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı'nı (TUTGA-99) oluşturulmuştur. Yapılan çalışmada ana ağ noktaları için ED-50 ile TUTGA ağı için dönüşüm parametreleri de hesaplanmış ve TUTGA koordinatları 2000.45 epoğuna kaydırılmıştır. Bilindiği gibi TUTGA ağı ITRF datumunda GRS80 elipsoidini referans almak sureti ile dengelenmiştir.

2018 yılında güncellenen BÖHHBÜY ile “TUREF: Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi: Koordinatları ITRF96 ile 2005.0 referans epoğunda çakışık ve koordinatlarının zamana göre doğrusal değişimi (hızları) ITRF96'nın Sıfır-Net-Dönüklüğüne göre tanımlı dört boyutlu ulusal datumdur.” İfadesi ile ulusal datum olarak TUREF tanımlanmıştır. (BÖHHBÜY)

Koordinat sistemleri ve referans datumunda geçmişten gelen değişiklikler ve dönüşümler ve ayrıca kullanılan teknolojinin değişmiş olması gibi farklılıklar kadastral ölçmelerde veya sınır ölçmelerinde karışıklığa neden olmaktadır.

Örneğin bazı belediyeler daha önce üretilmiş olan imar paftalarını mevzii veya ED-50 datumunda ürettiklerinden bugün yerinde yapılan aplikasyon ölçüleri GNSS alıcıları ile ITRF datumunda yapılıncı sınır aplikasyonu konusunda sorunlar yaşanmaktadır.

Farklı zamanlarda yapılan tescil işlemlerinde aynı parsel ya da komşu parsellerin sınır noktaları birbirinden farklı konumlarda ortaya çıkmaktadır. Bu farklılığın önüne geçmek için 2005 yılı itibariyle yürürlüğe giren BÖHHBÜY ile ülkemizde ITRF96 datumu resmi datum olarak kullanılmaya başlanmıştır (İlvan, 2014).

3402 sayılı Kadastro Kanunu ile ülke koordinat sistemine göre memleketin kadastral veya topoğrafik kadastral haritasına bağlı olarak taşınmazın sınırlarını harita ve arazi üzerinde gösterilip yasal durumunun belirlenerek, mekânsal bilgi sisteminin temelini oluşturmak amaçlanmıştır. Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) ve Ulusal Konumsal Veri Altyapısının (UKUA) oluşturulmasıyla ülkemizde koordinat birliğinin

sağlanması için büyük öneme sahip olmuş ve farklı kamu kuruluşlarının ürettiği harita koordinatlarındaki uyumsuzlukların önüne geçilmesi amaçlanmıştır (Ekin, 2012).

2.4.1 Mevzi Koordinat Sistemi

Yeryüzünde belirli bir bölgeye uyarlanmış, ülke koordinat sisteminden farklı olarak gerçekleştirilen bölgesel koordinat sistemleridir. Bu sistemde herhangi bir başlangıç noktası orijin kabul edilerek, uygulama bölgesinin tamamını kapsayacak şekilde lokal üretilen iki boyutlu düzlem koordinat sistemleridir. Üretilen koordinat değerleri; üretilen poligon noktalarının ve kontrol noktalarının hassasiyetine, ölçümü gerçekleştiren elemanın tecrübesine göre farklılık göstermektedir. Mevzi koordinat sisteminde üretilen koordinatlar, lokal nitelikte olduğu için başka bir bölge için üretilen lokal koordinatlarla birleştirildiklerinde bir anlam ifade etmezler. Dolayısı ile mevzi üretilen koordinat değerleri ve paftalar ancak kendi bölgeleri için bir anlam ifade ederler. Mevzi koordinatlarla üretilmiş paftaların ancak çalışma alanına iyi dağılmış sabit noktaların ITRF datumunda ölçülmesi ve tutarlı dönüşüm parametreleri elde edildikten sonra kullanılması mümkündür (Yaprak, 2021).

1960'lı yılların teknolojisiyle kadastro çalışmalarında hâlihazır haritalar yersel ölçme yöntemleri kullanılarak yapılmış, mevzi (yerel) koordinat sistemine göre koordinatlandırılmış, paftaların tersimatı elle yapılarak gerçekleştirilmiştir. Günümüzde ise yersel ölçmelerde optik mekanik teodolitlere karşılık uydudan konum belirleme sistemi olan GNSS alıcıları, koordinat doğruluğunun ve hassasiyetinin artması için anlık düzeltme değeri veren CORS-TR sistemi, mevzi koordinat sistemleri yerine ITRF koordinat sistemi, çizim ve tersimat işlemlerinde de bilgisayar yazılımları tercih edilmektedir. Uygulamada mevzi koordinat sisteminde, paftalara çizilen haritaların sayısallaştırılarak ITRF sistemine dönüştürülmesi ile kadastral mülkiyet haritalarına üçüncü boyut olan Z koordinatı eklenmiştir (Gülal, 2018).

2.4.2 Avrupa Datumu

Datum, esas itibarı ile yeryüzü üzerindeki bir noktanın yatay ve düşey konumunu tanımlamak için referans alınan yüzey demektir. Datum, ölçülen yerin şeklini ve boyutunu tanımlayan bir referans sistemidir. Datum; referans alınan elipsoidi, coğrafi enlem-boylam oryantasyonunu ve fiziksel bir orijini ifade eder. ED50 datumu NATO

askeri standardı olan, referans elipsoidi olarak Hayford (International) Elipsoid'i esas alan coğrafi koordinat sistemidir. 1950'den itibaren 2005 yılına kadar ülkemizde referans sistemi olarak kullanılmaya başlanmıştır. HGK tarafından askeri ve sivil amaçlarla 2005 tarihine kadar üretilen 1/25000, 1/50000, 1/100000 ölçekli topoğrafik haritalar ED50 koordinat sistemine göre hazırlanmıştır. Bu ölçeklerde yapılan Türkiye haritalarında yatay koordinatlar ED50'ye göre yapılırken yükseklikler ise Antalya mareograf istasyonu başlangıç olarak alınarak ortalama deniz seviyesine göre tanımlanmıştır (Anonim, 2016).

Ülkemizde jeodezik nokta koordinatları için jeodezik datum olarak 2005 yılına kadar ED50 koordinat sistemi kullanılmıştır. Tektonik hareketler ve depremler sonucunda meydana gelen birtakım bozulmalar ve değişimler, 2005 yılına kadar zaman boyutu göz önüne alınmadan yapılan değerlendirmelerden dolayı ED50 koordinat sistemindeki koordinatlarda bozulmalara neden olmuştur. ED50 koordinatlarında oluşan sorunları ortadan kaldırmak, sağlam ve güvenilir jeodezik ağ sistemi oluşturmak için TUTGA kurulmuştur. TUTGA'nın datumu ve koordinat sistemi ITRF96'dır. Türkiye'nin tarihsel süreçte kullandığı ulusal koordinat sistemi ED50 ve ITRF96 datumlarıdır. Her iki sistemde üretilmiş birçok koordinat bilgisi bulunmaktadır ve bu sistemlerde üretilen koordinatların bir arada kullanılması için koordinat dönüşümü yapılması gerekmektedir (Şişman ve ark., 2013).

BÖHBBÜY'ün 79. maddesine göre ED50 ile TUREF (Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi) arasındaki dönüşümde; B, C1, C2 ve C3 derece ağ noktaları ile Türkiye Ulusal Yatay (Nirengi) Kontrol Ağının I., II. ve dengelenmiş III. derece ağ noktaları, mülga BÖHYY'ne göre tesis edilmiş III. derece yüzey ağı ve bu noktaların bulunmaması durumunda alım için sıklaştırma noktaları ortak olarak seçilir. En az 200 km² için bir fazla nokta olarak hesaplanır. Dönüşümde, uygun ortak noktalarının bulunmaması halinde ise ED50 ile TUREF arasındaki dönüşüm için iki sistem arasında HGK'dan sağlanan Türkiye boyutunda yatay konum farklarını ($\Delta\phi = \phi_{TUREF} - \phi_{ED50}$; $\Delta\lambda = \lambda_{TUREF} - \lambda_{ED50}$) içeren dönüşüm dosyasından, noktaların konumuna bağlı olarak hesaplanan düzeltme değerleri, sistemler arası dönüşümler için doğrudan kullanılır. Dönüşüm parametreleri sadece proje alanı için geçerli olup ekstrapolasyon uygulanmaz.

2.4.3 Dünya Jeodezik Sistemi Datumu

GPS sisteminin işletilmesinden ve geliştirilmesinden sorumlu olan ABD Savunma Dairesi (USDOD) aracılığıyla düzenlenmiş yersel bir referans sistemidir. WGS-84'ün pratik uygulamaya dönük jeodezik referans sistemi olarak geliştirilmesinden ABD'nin ilk adıyla Defence Mapping Agency (DMA), sonraki adıyla National Imagery and Mapping Agency (NIMA) ve yeni adıyla National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) kuruluşu sorumludur. Sistem WGS-60, WGS-66, WGS-72 ve WGS-84 olmak üzere dört farklı versiyonda tanımlanmıştır. GPS uydularından yayınlanan navigasyon mesajı içerisindeki uydu yörünge bilgileri (efemeris) WGS-84 sistemindedir (Öcalan, 2019). GPS teknolojisinde gerçekleşen yeniliklere paralel olarak haritaların WGS-84 sisteminde üretiminin yaygınlaşmasıyla, Türkiye'nin 1/25000, 1/50000 ve 1/100000 ölçekli topoğrafik haritalarının 2002 tarihinden itibaren WGS-84 koordinat sisteminde üretilmesine başlanılmıştır. Bu sistem uydu navigasyon sistemlerinin altlığını oluşturan yersel üç boyutlu bir koordinat sistemi ve uluslararası yersel koordinat sistemi olarak kabul edilir (İlvan, 2014).

2.4.4 Uluslararası Yersel Referans Ağı

International Terrestrial Reference Frame (ITRF), Uluslararası Yer Dönme ve Referans Sistemleri Servisi (IERS) aracılığıyla yeryüzündeki sabit noktalardan oluşan ve çeşitli uzay jeodezisi tekniklerine dayalı olarak koordinatları (X, Y, Z) belirlenerek kurulmuş yer merkezli-yer sabit referans sistemidir. IERS, 1988 yılında kurulmuş, merkezi Fransa-Paris'de yer alır. Bu sistemin temel amacı tüm dünyayı kapsayan, uluslararası boyutta kabul edilmiş göksel ve yersel referans sistemlerini tanımlayarak yer dönme/yönlendirme parametrelerine çözüm bulmaktır. IERS'in ITRF'i oluşturma ve sonuçlarını güncelleyerek yayınlama sorumluluğu bulunmaktadır (Öcalan, 2019). IERS; NASA, IFAG, IGS gibi kuruluşlarla küresel ve bölgesel yersel referans ağlarının oluşturulması çalışmalarına katılmakta, 1995 yılından itibaren 50'nin üzerinde ITRF noktasında devamlı gözlemler yapmakta olup elde edilen verilere internet aracılığı ile ulaşabilmektedir (Aksoy ve ark., 1998). Belirli yıllarda güncellenen ITRF, dinamik bir koordinat sistemidir. Dönüşüm parametreleri ve hız vektörleri kullanılarak güncelleştirmeleri arasındaki dönüşümler gerçekleştirilir (Öcalan, 2019).

1996 yılında güncellenen ITRF datumu ITRF96, 2005 yılında yürürlüğe giren BÖHKBÜY'de Türkiye referans koordinat sistemi olarak alınmıştır. Ancak daha önce Türkiye'de referans koordinat sistemi olarak ED50 datumu kullanıldığından ülkeye ait birçok harita, pafta, konum vb. veriler hali hazırda bu sistemdedir (Şanlı, 2014). ITRF96-ED50 datumları arasında dönüşümden kaynaklı problemler ortaya çıkmaktadır. BÖHKBÜY'de eski ve yeni datumlar arasındaki dönüşüm için uyulması gereken standartlara yer verilmektedir. BÖHKBÜY'ün 79. maddesinin c bendinde yer alan hükme göre dönüşüm yöntemi olarak; polinomlarla dönüşüm, iki veya üç boyutlu benzerlik dönüşüm yöntemleri, enterpolasyon veya sonlu elemanlarla dönüşüm ve benzeri bilimsel literatürde bulunan yöntemlerden en ideali kullanılarak işlemler yapılır.

3. UYDULARLA KONUM BELİRLEME SİSTEMLERİ (GNSS)

3.1 Giriş

Teknolojik gelişmelere paralel olarak doğal gök cisimleri yerine yapay uyduların kullanılması fikrinden hareket edilerek SSCB (Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği) tarafından 4 Ekim 1957 yılında ilk yapay uydu Sputnik-1'in uzaya fırlatılması ile uzay teknolojisinde yeni bir döneme girilmiş ilerleyen zamanlarda bu uyduyu farklı amaçlı diğer uydular takip etmiştir. İlk olarak ABD Deniz Kuvvetleri tarafından uygulamaya konulan TRANSIT (Doppler) sisteminin ilk uydusu 1961 yılında fırlatılmış, sistem 1967-1994 yılları arasında askeri ve sivil amaçlar için hizmet vermiştir. TRANSIT uydu sistemi zamanla yerini ABD Savunma Bakanlığı tarafından geliştirilen GPS sistemine bırakmıştır (Yaprak, 1998).

GPS sisteminde ABD'nin tek taraflı bağımlılık oluşturmasını önlemek amacıyla teknolojisi ve kaynakları yeterli başta Rusya ve Avrupa gibi ülkeler kendi uydu konum belirleme sistemlerini oluşturmaktadır. Bu ülkelerin uydu sistemine dâhil olmasıyla ABD'yi tanımlayan GPS yerine GNSS ifadesi kullanılmaya başlanmıştır. GNSS sistemlerinden günümüzde daha çok navigasyon amaçlı ve konum belirlemek için kullanıldığından bu sistemlerin genel adı "uydularla global konum belirleme sistemleri" olarak belirtilmektedir. Uydu sistemleri, siyasi, askeri, teknolojik altyapılarda gün geçtikçe vazgeçilemez bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkeler kendi çıkarları doğrultusunda (askeri, siyasi, ekonomik) GNSS sistemlerine sahip olmayı sürdürürken diğer taraftan çatışmayı önleyecek uluslararası iş birliği yapmayı ihmal etmemektedirler (Kahveci ve ark., 2011b).

GNSS sistemi, GNSS alıcısını elinde bulunduran bir kullanıcının, her türlü hava koşullarında, herhangi bir yer ve zamanda, uydu sinyalleri yardımıyla, yüksek duyarlılıkta, global bir koordinat sisteminde, sürekli ve anlık hız, konum ve zaman tespitine imkan 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).

GNSS'de noktalar arasında görüş hattının gerekli olmaması, ölçüler otomatikleştirilerek gözlemci hatalarının en aza indirilmesi, geleneksel yöntemlere kıyasla çalışma süresini önemli ölçüde azaltması, sonuçların dijital olarak sunulması ve kartografik veya coğrafi bilgi sistemlerine kolayca aktarılması sistemin avantajlarıdır (Anonim, 2021c).

Uluslararası platformlarda söz sahibi olma çabaları süren ülkeleri Çin (Compass/BeiDou), Japonya (QZSS), Hindistan (IRNSS / GAGAN) olarak sıralayabiliriz. Günümüzde tüm dünyayı kapsayacak şekilde tasarlanmış dört küresel konumlama sistemi (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou) ve iki bölgesel konumlama sistemi (QZSS, NaVIC) bulunmaktadır (Pırtı ve ark., 2022).

GNSS yöntemleriyle konum belirlenirken bazı hatalar (uydu ve saat hatası, uyduların konumundan kaynaklanan hatalar, vb.) meydana gelmekte ve bu hatalar konum doğruluğunu azaltmaktadır. ABD; WAAS, AB; EGNOS, Rusya; SDCM, Çin; SNAS, Japonya; MSAS, Hindistan; GAGAN adını verdikleri sistemleri geliştirerek hata değerlerini azaltarak konumsal doğruluğun artırılması amaçlanmıştır (Akkamış & Çalışkan, 2019). GNSS çalışmalarının bu ülkelerde çıkış nedenine bakıldığında hepsinin ortak özelliği olarak askeri amaçlar görülmektedir. ABD'nin GPS sistemini Hava ve Deniz Kuvvetlerinin ortak çabaları ile oluşturduğu, Rusya'nın GLONASS sistemini Rus Deniz Kuvvetlerinin ihtiyacı için geliştirdiği, Çin'in ise uydu sisteminin kurulmasındaki temel düşünce olarak bağımsız askeri operasyonlar yapabilme yeteneğine sahip olmak istemesi görülmektedir (Kahveci ve ark., 2011b). Mevcut uydu sistemleri içerisinde sadece GALILEO sivil/ticari yani askeri olmayan bir uydudan konum belirleme sistemidir.

Gerçek zamanlı iletim için kullanılan ve geliştirilen GNSS verilerinin farklı veri iletim protokolleri, veri formatları, bu standartlar içerisinde bilhassa günümüzde mutlak konum belirleme kapsamında gerçek zamanlı PPP (Real-Time Precise Point Positioning) uygulamaları, diferansiyel konum belirleme kapsamında RTK ve DGNSS uygulamaları için oldukça önem ifade etmektedir (Öcalan & Soyacan, 2011).

3.2 GPS/GNSS

1973 yılında 24 uydu ile çalışacak biçimde USDoD tarafından iyileştirilen sistem ilk zamanlar askeri amaçlı geliştirilmiş olsa da 1983 yılında sivil kullanımına açılmış, tam olarak işler hale gelmesi 1994 yıllarını bulmuştur (Koca & Ceylan, 2018). Referans koordinat sistemi olarak WGS-84 sistemini kullanır. WGS-84 sisteminde anında konum, hız ve zaman bilgisi sağlayan sistemin öncelikli amacı bir noktanın WGS-84 sistemindeki enlem, boylam ve yükseklik bilgilerinin belirlenmesidir (Yaprak, 2021). Bir noktanın konumu, uydu ile alıcı arasındaki (pseudorange olarak adlandırılan) uzunluğun hesaplanmasıyla, en az dört uydu ile geriden kestirme yöntemi kullanılarak belirlenmektedir. GPS tek yönlü sisteme sahip olduğundan geometrik açıdan üç uzunluk ölçüsü yeterli olsa bile, alıcı ve uydu saati aynı olmadığından dördüncü gözleme ihtiyaç duyulmaktadır (Çetin, 2014). Çalışmalarda kullanılan uydu sayısının artması konum belirleme hassasiyetini artırmaktadır (Demirel, 2019).

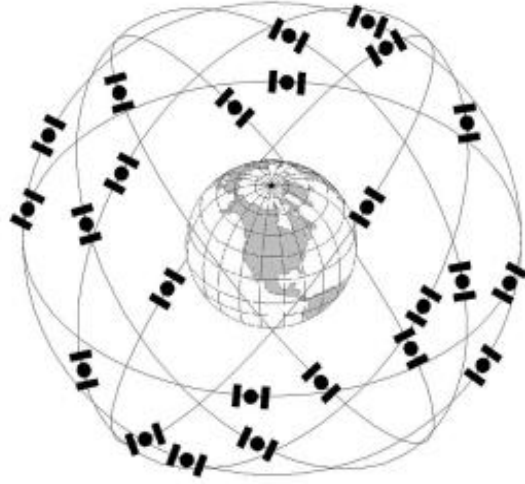
GPS ölçmeleri sırasında birtakım hatalar meydana gelmekte bu hatalar istenen nokta koordinatlarının doğruluğunu olumsuz etkilemektedir. Bu hatalar;

- Uydu ve saat hataları,
- Uydunun yörünge bilgilerinin hassasiyetinden kaynaklanan hatalar,
- Gönderilen sinyalin alıcı antenine ulaşana kadar izlediği yolda karşılaştığı iyonosferik ve troposferik etkiler,
- Sinyalin alıcı antenine ulaşmadan önce herhangi bir nesne ile çarpışarak yansıması olarak örneklendirebilir (Çetin, 2014).

Uzay, yer kontrol ve kullanıcı olmak üzere GPS üç bölümden oluşmaktadır.

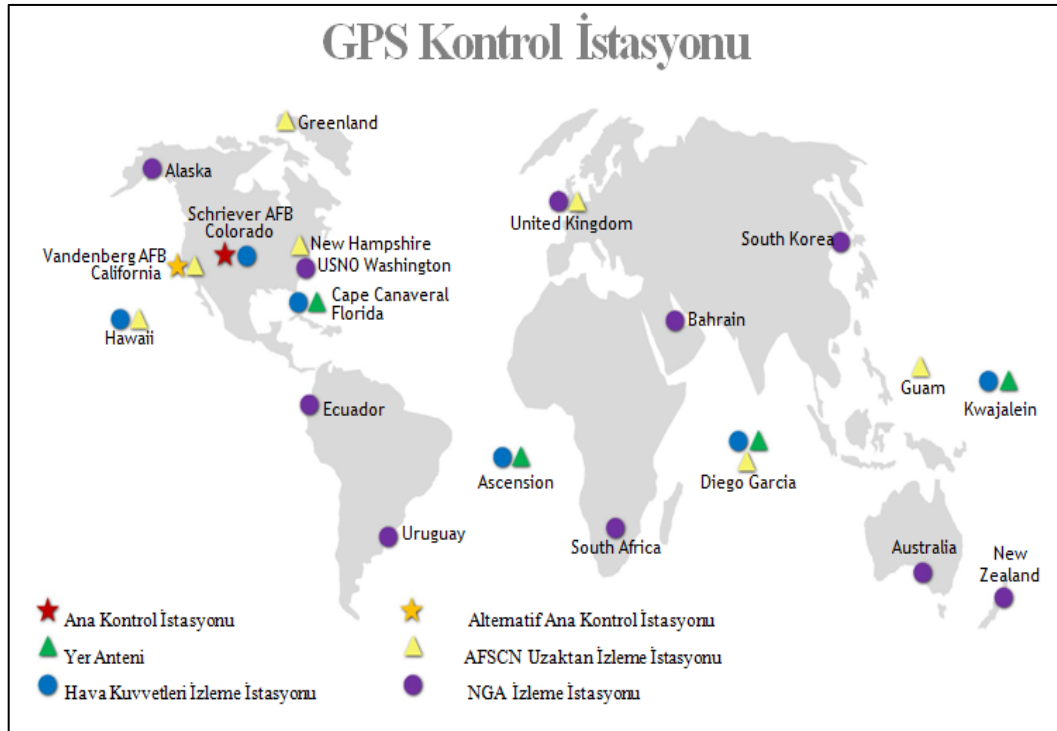
Uzay ve yer kontrol bölümlerinin bakımı, geliştirilmesi ve işletilmesi ABD Uzay Kuvvetleri tarafından gerçekleştirilmektedir (Space Segment, 2021).

Uzay bölümü, sistemin merkezidir (Anonim, 2021b). GPS uyduları, eşit mesafelerde bulunan altı ayrı yörünge düzleminde Dünya'yı çevreleyerek yerleştirilmiş, yeryüzünde neredeyse her noktadan en az dört uydu görebilecek biçimde planlanması yapılmış, yeryüzünden yaklaşık 20200 km yükseklikte bulunmakta ve günde iki kez Dünya'nın çevresinde tur atmaktadır (Koca & Ceylan, 2018).



Şekil 3.1 Yerküre ve GPS sistemi uydu ağı (Koca & Ceylan, 2018)

Kontrol bölümü; GPS uydularının devamlı izlenerek, doğru yörünge ve zaman bilgilerinin sağlandığı kısımdır. Kontrol bölümü yeryüzünün çeşitli yerlerine dağılmış 1 ana kontrol istasyonu, 1 alternatif ana kontrol istasyonu, 11 komut ve kontrol anteni, 16 izleme istasyonundan oluşmaktadır. Ana istasyon ABD Colorado'da bulunmaktadır. Bu tesislerin yerleri Şekil 3.2.'de gösterilmektedir (Space Segment, 2021).



Şekil 3.2 GPS kontrol istasyonları (Space Segment, 2021)

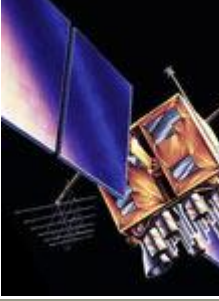
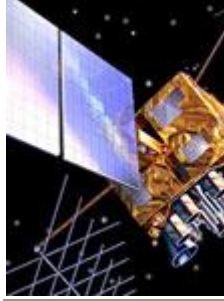
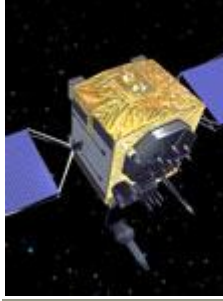
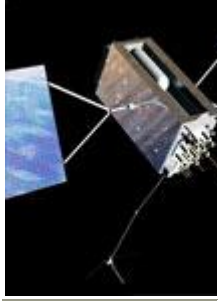
Bu istasyonların görevi; uyduların günlük olarak düzgün bir biçimde çalışmalarını sağlamak, uydu saat düzeltmelerini hesaplamak, toplanan bilgileri ayrıştırarak uydu yörüngelerini belirlemek ve SA (Selective Availability) etkileri gibi verileri uydulara aktarmaktır. Sistemin denetiminden ve her bir uydu için uydu efemeris ve uydu saatlerinin düzeltmelerinden ana kontrol istasyonu sorumludur. Uydu efemerislerinin belirlenmesi için gerekli verileri toplama işlemi ise gözleme istasyonlarının görevidir (Karadağ, 2019).

GPS uyduları tarafından gönderilen sinyalleri antenler aracılığı ile toplayarak üç boyutlu konum, zaman ve hız bilgilerinin dönüştürülmesi ve kaydedilmesini sağlayan donanımlar sistemin kullanıcı bölümünü oluşturur (Salgın, 2007). Bir GPS alıcısı; algılayıcı, kontrol ünitesi, alıcı anteni ve güç kaynağından oluşur. GPS alıcıları kullanım alanlarına göre askeri ve sivil amaçlı olarak ikiye ayrılmaktadır. GPS, teknolojinin gelişmesiyle birlikte gerek askeri gerek sivil kullanıcılar için yüksek doğrulukta navigasyon ve konumlandırma bilgisi sunmaktadır (Anonim, 2021b).

Modern yaşamın her yönünü etkileyen GPS'in ücretsiz, açık ve güvenilir olması yüzlerce uygulamanın geliştirilmesine yol açmıştır. Tarım, inşaat, madencilik, kargo gibi ekonominin geniş bir alanında, bankacılık, finansal piyasalar, büyük iletişim ağları ve elektrik şebekeleri, zaman senkronizasyonu için büyük ölçüde GPS'e bağlıdır. Arama-kurtarma, acil durum hizmetleri, hava tahmini, deprem izleme vb. alanlarda da karşımıza çıkmaktadır. Son olarak ABD askeri operasyonlarının neredeyse her yönüne entegre edilmekte, araçlardan mühimmatlara kadar tüm yeni askeri varlıklar GPS ile donatılmaktadır (Space Segment, 2021).

Günün koşullarına göre geliştirilen yeni GPS uyduları ile hizmet dışı bırakılan eski GPS uydularının yerleri değiştirilerek uydular daima güncel tutulmaktadır (Koca & Ceylan, 2018). GPS uyduları Block IIA (Advanced), Block IIR (Replenishment), Block IIR(M) (Modernized), Block IIF (Follow-on) ve GPS III/IIIF halihazırda ve yeni nesil GPS uydularının nitelikleri Tablo 3.1'de gösterilmiştir. 26 Haziran 2022 tarihi itibarıyla GPS takımyıldızında hizmet dışı bırakılan yörüngedeki yedek parçalar hariç olmak üzere toplam 31 operasyonel uydu vardır (Space Segment, 2022).

Tablo 3.1 GPS uyduları ve özellikleri (Space Segment, 2022)

ESKİ UYDULAR		MODERNİZE UYDULAR		
				
BLOK IIA	BLOK IIR	BLOK IIR-M	BLOK IIF	GPS III/IIIF
0 işletimde	7 işletimde	7 işletimde	12 işletimde	5 işletimde
- Sivil kullanıcılar için L1 frekansında Kalitesiz (C/A) kodu - Askeri kullanıcılar için L1 ve L2 frekanslarında hassas P(Y) kodu 7.5 yıllık tasarım ömrü 1990-1997'de piyasaya sürüldü - Sonuncusu 2019'da hizmet dışı bırakıldı	- L1'de C/A kodu - L1 ve L2'de P(Y) kodu - Yerleşik saat izleme 7.5 yıllık tasarım ömrü 1997-2004'te piyasaya sürüldü	- Tüm eski sinyaller - L2'de (L2C) 2. sivil sinyal - Gelişmiş sıkıştırma direnci için yeni askeri M kodu sinyalleri - Askeri sinyaller için esnek güç seviyeleri 7.5 yıllık tasarım ömrü 2005-2009'da piyasaya sürüldü	- Tüm Blok IIR-M sinyalleri - L5 frekansında (L5) 3. sivil sinyal - Gelişmiş atom saatleri - Geliştirilmiş doğruluk, sinyal gücü ve kalite 12 yıllık tasarım ömrü 2010-2016'da piyasaya sürüldü	- Tüm Blok IIF sinyalleri - L1'de (L1C) 4. sivil sinyal - Gelişmiş sinyal güvenilirliği, doğruluğu ve bütünlüğü - Seçici Kullanılabilirlik Yok 15 yıllık tasarım ömrü - IIIF: lazer reflektörler; a rama ve kurtarma yükü 2018'de ilk uydu fırlatıldı.

3.3 GLONASS

Rusya Federasyonu tarafından geliştirilen, Kosmos-1413, Kosmos-1414 ve Kosmos-1415 uydularının uzaya fırlatılması ile ilk testleri 12 Ekim 1982 tarihinde başlamış ancak 1995 yılına gelindiğinde sistem 24 uydu ile en uygun seviye de çalışmaya başlamış, GPS'den sonra ikinci işler hale gelmiş bir uydu bazlı navigasyon sistemidir. Diğer GNSS uydu sistemleri ile çalışabilirliği artırmak amacıyla GLONASS koordinat sistemi uluslararası bir standart olan ITRF'e bağlanmıştır (Koca & Ceylan, 2018).

GLONASS uyduları sisteme yapılan eklemeler ve geliştirmeler ile doğruluk ve hassasiyet değerleri daha yüksek olan; GLONASS, GLONASS-M, GLONASS-K1, GLONASS-K2, GLONASS-KM uydularıdır. 1982'de GLONASS, 2003'te GLONASS-M, 2011'de GLONASS-K1 uyduları uzaya fırlatılarak hizmete sunulmuştur. 1982'de hizmete sunulan GLONASS günümüzde hizmet dışıdır. GLONASS-M uydusu hizmet sunmaya devam etmektedir. GLONASS-K uyduları teknolojinin gelişmesiyle her geçen gün yeni eklemeler yapılmasına bağlı olarak üç tiptir. GLONASS-K uydularının GLONASS-K1 ilk bloğu 2011 Şubat'ta fırlatılmış ve hizmet sunmaya devam etmektedir. İkinci bloğu olan GLONASS-K2 uydusu 2015 yılında başlatılmış halen tasarım aşamasındadır. Üçüncü bloğu GLONASS-KM uydusu ise araştırma aşamasında olup 2025 yılına gelindiğinde devreye alınması beklenmektedir (Anonim, 2021d). Tasarım aşamasında olan GLONASS-V uydusu 2022-2025 yılları arasında fırlatılması planlanmaktadır (Anonim, 2021e).

2008 yılında GLONASS için CDMA (Code Division Multiple Access) protokolü devreye girmiş, GPS uydu sistemi ile uyumlu çalışmayı mümkün kılmıştır. Çalışma aşamasında GPS uydu sinyalleri zayıf bulunduğu GLONASS uyduları da devreye alınabilir. Böylece 32 uydu yerine 56 uydudan biriyle bağlantı kurulma ihtimali yükselir ve kullanıcının navigasyon sisteminin çalışması devam eder. GLONASS ve GPS uydularının her ikisi birlikte kullanıldığında kapsama alanı artacağından daha doğru ve hassasiyeti yüksek konum bilgisi elde edilmektedir (Anonim, 2019a).

GLONASS sistemi; uzay, kontrol ve kullanıcı bölümü olmak üzere üç ana bileşenden oluşmaktadır. Uzay bölümü 3 yörünge, her yörüngede 8 uydu olacak şekilde 24 uydudan oluşmaktadır (Taşdemir, 2020). Her 30 dakikada bir yer kontrol bölümü, gelen efemeris bilgilerini kullanarak güncel hale gelmektedir (Anonim, 2021d).



Şekil 3.3 Yerküre ve GLONASS sistemi uydu ağı (Taşdemir, 2020)

3.4 GALILEO

Global konum belirleme sisteminin Avrupa kaynaklı alternatifi olarak ABD tarafından oluşturulmuş uydularla konum belirleme ve navigasyon sistemidir (Pırtı ve ark., 2022). İlk uydusu 2005 yılında uzaya fırlatılmıştır (Çetin, 2014). Finansörleri AB ve ESA (European Space Agency)'dir.

Diğer sistemlere Galileo sisteminin de dâhil olmasıyla GNSS alıcıları ile kapsama alanı sorunu büyük ölçüde çözüme ulaşmıştır. Gerçek zamanlı kinematik uygulamalarda bu sistem faz belirsizliklerini kısa sürede çözme, atmosferik modellendirmelerde yeni algoritmalar sunma ve kısmen kapalı alanlarda etkili bir şekilde kullanım olanağı sunmaktadır. Bu özellikle gerçek zamanlı RTK uygulamalarında, kesintisiz, güvenilir ve daha yüksek doğruluk hizmeti demektir (Kahveci ve ark., 2011a). Galileo'nun tasarlanma amacı sivil kullanım olması yönünden GPS, GLONASS, BeiDou sistemlerinden ayrılmaktadır (Pırtı ve ark., 2022).

İlk uydusu 2005 yılında uzaya fırlatılan GIOVE-A uydusudur. GIOVE-B olarak adlandırılan deneme uydusu ise 2008 yılında fırlatılmıştır. GIOVE-A uydusu aylık bir görev olarak tasarlanmış olmasına karşın kullanım ömrünün iki katından daha fazla görev yapmıştır. 2012 yılının haziran ayında hizmeti durdurulmuştur. GIOVE-B uydusu ise dört yıldan fazla görev yaptıktan sonra Temmuz 2011 tarihinde hizmeti durdurulmuştur. Dört adet Yörünge İçi Doğrulama (IOV) uydusu 2011 ve 2012 yıllarında fırlatılmıştır. 2013 yılında test çalışmaları gerçekleştirilmiş Şubat 2014'te yörünge doğrulaması yapılmıştır. Tam Operasyonel Kapasite (FOC) uyduları 2014'ten beri kademeli olarak arttırılmaktadır. Bu uydular IOV uyduları ile genelde benzer özelliklere sahip olsa da daha yüksek aktarım gücüne sahiptirler (Pırtı ve ark., 2021).

Galileo; uzay, kontrol ve kullanıcı bölümünden oluşmaktadır.

Galileo uzay bölümü 3'ü yedek olmak üzere toplam 30 uydudan oluşmaktadır. Yeryüzünde herhangi bir yer ve zamanda en az 6 uydudan gözlenebilecek şekilde konumlandırılmışlardır (Salgın, 2007). Sistemin kontrol bölümünde uydular ile kontrol merkezi arasındaki veri alışverişini sağlamak için tüm dünyaya dağılmış 15 istasyonun kurulması amaçlanmaktadır (Salgın, 2007). Yer kontrol istasyonları uyduların güncel yörünge ve saat doğruluğunu izlemek, orbital hassasiyetlerini ve gerektiği durumlarda düzeltmeleri sağlamakla yükümlüdür (Taşdemir, 2020). Sistemin kullanıcı bölümüne erişim sağlayan herkes bir kullanıcıdır. Sistemin kullanıcılara sınırsız ulaşım, kamu kullanımı, ticari kullanım, güvenlik ve acil durumlarda kullanımı gibi kullanım hizmetleri sunmaktadır (Pırtı ve ark., 2021).

Her ne kadar AB ortak projesi gibi görünse de Avrupalı olmayan ülkelerden Eylül 2003'te Çin, Haziran 2004'te İsrail, Haziran 2005'te Ukrayna, Eylül 2005'te Hindistan ve Fas, 2006 yılında Güney Kore ve Norveç programa dâhil olmuştur. Çin, Kasım 2006'da Galileo yerine BeiDou uydu konumlandırma sistemini geliştirme kararı almıştır (Koca & Ceylan, 2018).

3.5 BEIDOU / BDS

Çince'de BeiDou olarak isimlendirilen hizmetin adı Büyük Ayı takımyıldızından gelmektedir. Bu sistemin en büyük amacı, Çin'in kendi GNSS sistemine sahip olarak geliştirilen silahlar ile koordinasyonlu olarak kullanımını sağlama ve diğer ülkelerin sistemlerine olan bağımlılıktan kurtulmadır (Taşdemir, 2020).

Uzay bölümü, yer bölümü ve kullanıcı bölümü olarak BeiDou navigasyon uydu sisteminin üç bölümü vardır. GEO, MEO ve IGSO uydularından oluşan uzay bölümü hibrit bir navigasyon takımyıldızıdır. Jeostatik yörüngesinde (GEO) 5 BeiDou-G uydusu, Orta Dünya yörüngesinde (MEO) 27 BeiDou-M uydusu, Eğik Jeosenkron yörüngelerde (IGSO) 3 BeiDou-I uydusu olmak üzere 35 uydudan oluşmaktadır (Koca & Ceylan, 2018).

Yer bölümü, ana kontrol istasyonu, yer-uydu bağı istasyonu ve zaman senkronizasyonunun yanı sıra bir dizi izleme istasyonu dâhil olmak üzere çeşitli yer istasyonlarından oluşmaktadır. Yer kontrol istasyonları; ana kontrol istasyonu, müdahale istasyonu, gözlem istasyonu olmak üzere üç gruba ayrılmıştır.

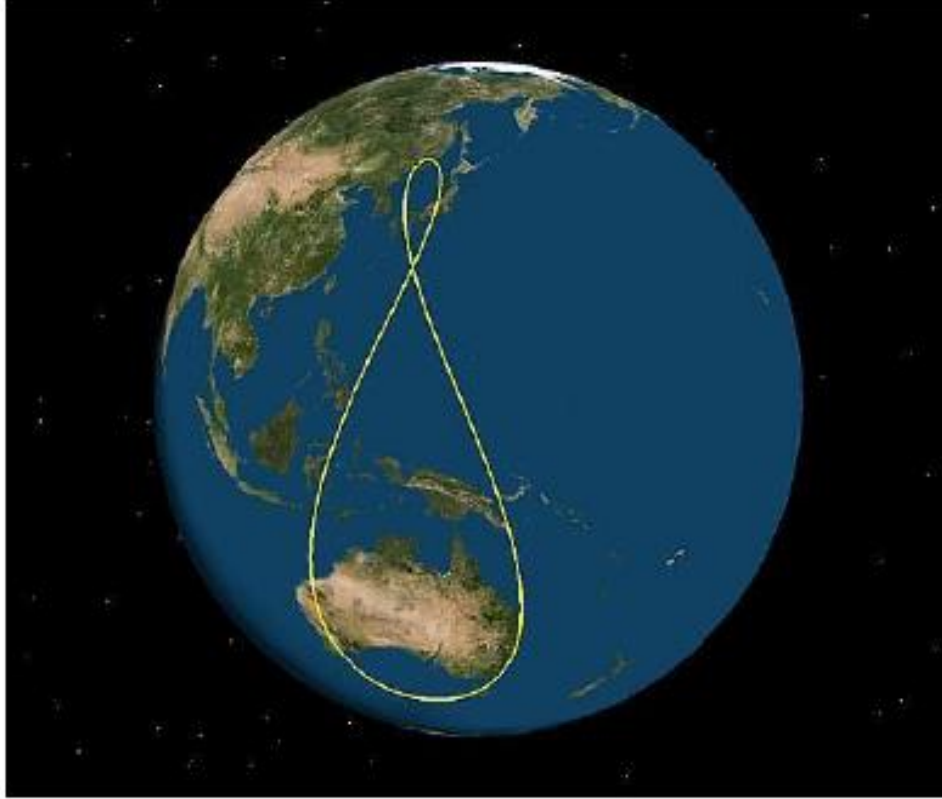
Diğer GNSS sistemleriyle uyumlu olabilen uygulama sistemleri, uygulama servisleri, terminallerin yanı sıra modüller, çipler ve antenlerin yer aldığı bölüm ise kullanıcı bölümüdür (Anonim, 2021f).

3.6 QZSS

Japonya Uzay Araştırma Ajansı (JAXA) aracılığıyla, Japonya'yı kapsayacak şekilde Asya Pasifik bölgesi için tasarlanmış, ilk uydusu 2010 yılında fırlatılmış, mevcut durumda dört uydu ile hizmet sunmakta olup 2024 tarihine kadar yedi uydunun fırlatılmış olması planlanmış bölgesel bir uydu navigasyon sistemidir. Bölgedeki GPS uydularının sayısının yetersiz olması, ormanlık bölgelerde ağaçlar ve diğer nesneler, uydu sinyallerinin aşırı kentleşme sebebiyle inşa edilen yüksek yapılı binalar tarafından engel teşkil etmesi gibi nedenlerden dolayı Japonya ve çevre bölgesinde kesintisiz konumlama bilgisinin alınması zorlaşmaktadır. GPS'in bu bölgedeki yetersizliğinden dolayı QZSS servis kapasitesini geliştirmek amacıyla tasarlanmıştır. Hassas ve güvenli konum bilgisi üretilerek ülke çapında yapılan uygulamalar için kullanılması sistemin temel amacını oluşturmaktadır (Pırtı ve ark., 2022).

Sistem uzay bölümü, kontrol bölümü, kullanıcı bölümü olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır.

Sistemin uzay bölümü Highly Elliptical yörüngede (HEO) 3 uydu, GEO yörüngede 1 uydu olmak üzere 4 uydudan oluşmakta, üç uydudan en az bir tanesi Japonya üzerinde olacak biçimde planlanmıştır (Koca & Ceylan, 2018).



Şekil 3.4 QZSS uydu yörünge rotası (Pırtı ve ark., 2022)

Japonya dışında Avustralya, Güney Kore, Güneydoğu Asya ülkelerinden de uydu sinyallerine erişim sağlanabilmektedir. Dünya genelinde yerleşik bir ana kontrol, veri yükleme ve izleme istasyonları ağı birleşimi kontrol bölümünü oluşturmaktadır. Hizmet kullanıcıları ve kullanıcı malzemeleri ise kullanıcı bölümünü oluşturmaktadır. QZSS, GNSS sisteminde bulunan uydu sayısının artması, GPS ile uygun bir şekilde çalışabilmesi kullanıcıların hem statik hem de RTK ve CORS işlemlerinde kolaylık ve yüksek konum hassasiyeti sunmaktadır (Pırtı ve ark., 2022).

3.7 IRNSS

Bu sistem Hindistan Uzay Araştırmaları Kurumu (ISRO) tarafından geliştirilen ve kontrol edilen ikisi yedek dokuz uydudan oluşan bölgesel uydu navigasyon sistemidir. Nisan 2016'da fırlatılan uydu ile IRNSS; Navigation Indian Constellation (NaVIC) olarak yeniden adlandırılmıştır. Son uydu Ağustos 2017'de fırlatılmıştır (Koca & Ceylan, 2018). Hindistan ve çevresindeki 1500 km'lik bölgede gerçek zamanlı olarak 10 m'den daha iyi konum doğruluğu sağlamaktadır (Hayatoğu, 2014).

Takımyıldızı sekiz uydudan oluşmaktadır. 3 uydu GEO yörüngede, 5 uydu IGSO yörüngede bulunmaktadır. IRNSS'in bazı uygulama alanları; hava, kara ve deniz navigasyonu, araç takip ve filo yönetimi, afet yönetimi, hassas zamanlama, cep telefonları ile entegrasyon, haritalama ve jeodezik veri yakalamadır (Koca & Ceylan, 2018).

Bu sistem sivil ve askeri uygulamalar için konumlandırma, hız ve zamanlama hizmetleri sağlar. İyonosferik düzensizlikler, alınan navigasyon sinyallerinin genliğinde ve fazında dalgalanmalara neden olarak hassas konumlandırmada hata oluşturabilir. Bu hatalar coğrafi konuma, mevsimsel değişime, gece-gündüz saatine ve yükseklik açısına göre değişiklik göstermektedir (Prajapati ve ark., 2021).

Uzay, kontrol ve kullanıcı bölümü olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Uzay bölümü 36000 km yükseklikte 7 uydudan oluşmaktadır. Tüm NaVIC uyduları ISRO tarafından tasarlanır, inşa edilir, fırlatılır ve işletilir. Kullanıcılara standart konumlandırma, hassas konumlandırma, özel kısıtlı hizmetler sunmaktadır. NaVIC yer bölümü, uydu kontrolünü içerir. Veri iletişim ağı, veri aktarımı için tüm iş merkezlerini birbirine bağlar. Navigasyon parametrelerinin oluşturulması, iletimi ve kontrolü için kullanılır (Soma, 2021).

3.8 GNSS ile Konum Belirleme Yöntemleri

Günümüzde nokta konumlarının, GPS/GNSS teknolojisindeki gelişmelerle beraber gerçek zamanlı belirlenmesine imkan sağlamıştır (İnal ve ark., 2014). GPS sistemi ile dünyanın herhangi bir yer ve zamanında kullanılan uydu dağılımı ve ölçü süresine bağlı olarak ölçülen noktaların cinsine, istenilen hassasiyete ve amaca göre değişik ölçü metotları uygulanmaktadır (Yaprak, 2021).

İlk GPS uydusunun 1978 yılında yörüngeye yerleştirilmesiyle yaklaşık olarak 150 m doğruluğunda gerçek zamanlı konum belirlemeye başlanmıştır. Bu gelişmeler doğrultusunda kısa zamanda yüksek doğruluk ve güvenilir konum belirlemek için çok sayıda yöntem ortaya çıkmıştır (Kahveci ve ark., 2011a). Nokta konumları ilk zamanlar gerçek zamanlı Klasik RTK yöntemi kullanılarak cm mertebesinde konumları belirlenmiştir. Jeodezik ölçülerde yüksek doğruluk ve hassasiyet sağlamak amacıyla 1990'lı yıllardan itibaren CORS sistemi uygulamaya konulmuştur. Çalışmalarda gerçekleşen deneyimler sonucu sabit GPS/GNSS ağı (Ağ-RTK) kavramı ortaya çıkmıştır.

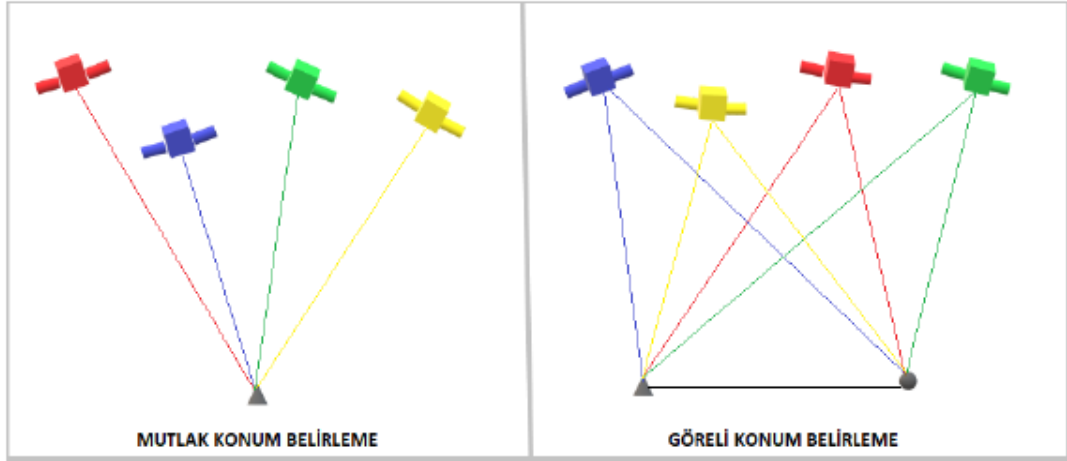
Günümüzde anlık konum belirleme ve yüksek doğruluk gerektiren ölçülerde Ağ-RTK yaygın olarak kullanılmaktadır (İnal ve ark., 2014).



Şekil 3.5 Uydularla konum belirleme sistemleri (Kahveci & Yıldız, 2018)

Bu yöntemler kullanılarak üretilen çözümlerin amacı (kadastral ölçmeler, jeodezik ve jeodinamik ölçmeler, arama-kurtarma, hedef bulma, deformasyon ölçmeleri, araç takip sistemleri, CBS uygulamaları, vb.) ve hedef kitlesi farklılık gösterebilmektedir (Kahveci ve ark., 2011b).

GPS ile konum belirlemede mutlak ve bağıl (görelî, rölatif) olmak üzere iki türlü yöntem kullanılmaktadır.



Şekil 3.6 Mutlak ve Bağıl konum belirleme yöntemi (Mutlu, 2019)

Mutlak konum belirleme sistemlerinde bir GNSS alıcısı ile en az dört uydudan kod gözlemleri yapılarak üzerinde alıcı kurulu olan bir noktanın yeryüzündeki konumunu yani X , Y , Z , t (kartezyen koordinatlar ve zaman) veya (coğrafi koordinatlar ve zaman) saptanmaktadır (Demirel, 2019). Bu yöntemde nokta koordinatları kullanılan kod verilerine ve uydu geometrisine bağlı olarak anlık ve mutlak olarak belirlenmekte olup, alıcının sabit olması durumunda statik, hareketli olması halinde kinematik konum belirleme olarak ifade edilmektedir (Cansız, 2013).

Bağıl (görelî, rölatif) konum belirleme, jeodezik amaçlı ölçmelerde istenilen duyarlık açısından en uygun yöntem olup konumu belli bir noktaya göre ölçülmek istenen diğer nokta veya noktaların koordinatlarının saptanmasıdır (Tut, 2009). Bu yöntemde iki alıcı eş zamanlı kod gözlemleri ya da faz ölçüleri gerçekleştirdiğinden mutlak konum belirleme yöntemine göre doğruluğu daha yüksektir. Bağıl konum belirleme sistemlerinde kod ölçüleri ile anında konum belirleme, m hassasiyetinde yeterli doğruluk sağlanarak koordinat elde edilmesi DGNSS (Diferansiyel GNSS) yöntemiyle elde edilir. Daha hassasiyeti yüksek konum belirleme uygulamalarında ise kod ölçüleri yerine faz ölçüleri kullanılmaktadır. Fakat faz ölçülerinde faz belirsizliği sorunu ortaya çıkmaktadır. Oluşan hataların giderilmesi için gerekli düzeltmeler yapılarak belirsizlikler giderilmelidir (Mutlu, 2019).

3.9 Diferansiyel Konum Belirleme

Kod gözlemleri ile yapılan çalışmalarda çoğu zaman gerçek zamanlı DGPS yöntemi kullanılmaktadır. Konumu hassas olarak belirlenen bir noktaya kurulan alıcıdan sürekli gözlemler sonucu elde edilen koordinatlar ile daha önceden belirlenmiş koordinatlar karşılaştırılır ve bulunan farklar gezici alıcının hesapladığı koordinatlara düzeltme olarak getirilir (Deveci, 2006). Bu yöntemin amacı hassas olarak belirlenen bir referans noktasının görebildiği tüm uyduların sinyallerini toplayarak hataları belirlemek, belirlenen hataları etki alanındaki GPS alıcılara belli bir formatta bildirerek ölçülerin doğruluğunu artırmaktır (Yaprak, 2021). DGPS ölçü yönteminin kullanım alanları özellikle araç takibi, CBS veri toplama, hassas tarım gibi uygulamalarda, kara, deniz ve hava araçlarının navigasyon uygulamalarında karşımıza çıkmaktadır (Deveci, 2006).

3.10 Statik Ölçü Yöntemi

Yüksek doğruluk gerektiren durumlarda, iyonosfer ve troposfer gibi sistematik etkilerin dikkate alınması durumunda, uzun bazlar söz konusu olduğunda, mevcut uydu geometrisi başka bir ölçme yöntemine imkân sunmadığında, en uygun ölçü yöntemidir (Tut, 2009). Bu yöntemde birden çok alıcı ile eş zamanlı gerçekleştirilen ve ölçü süresi noktalar arası mesafeye bağlı olarak değişiklik gösteren ölçüler oldukça duyarlı çözümler sağlar (Karadağ, 2019). Fakat kullanılan GPS alıcısına, gözlem süresine ve değerlendirme yazılımına göre konum doğruluğu değişmektedir. Faz gözlemleri kullanılarak yapılan bir ölçme yöntemi olduğundan tamsayı belirsizliğini ortadan kaldırmak için baz uzunluğuna göre uzun süreli gözlemler yapılması gerekir (Tut, 2009).

3.11 Hızlı Statik Ölçü Yöntemi

Statik ölçme yöntemine göre daha kısa bazların ölçülmesinde, daha kısa süreli ölçülerle duyarlı çözümlerin alınmasına olanak sağlayan hızlı ve ekonomik bir ölçme yöntemidir (Kalaycı, 2003). Referans noktası üzerinde sabit bırakılan alıcılardan biri sürekli gözlem yaparken diğer alıcı veya alıcılar ölçülmek istenen noktalara çok kısa süreler için yerleştirilerek eş zamanlı ölçüler yapar (Karadağ, 2019).

Hızlı statik ölçme yönteminde gözlem süresi noktalar arası mesafeye ve uydu geometrisine bağlı olduğundan uydu sayısı arttıkça aynı uzunluktaki bazlarda ölçü süresi azaltılabilir (Kahveci & Yıldız, 2018). Bu ölçü yöntemi de faz gözlemleri kullanılarak yapıldığı için sinyaldeki çok yolluluk (multipath) ve uygun ölçü geometrisi gibi etkilerin minimum olması gerekmektedir (Tut, 2009).

Tablo 3.2 Uydu sayısı ve ölçü süresi arasındaki ilişki (Kahveci & Yıldız, 2018)

Uydu Sayısı	Ölçü Süresi (dakika)
4	> 20
5	10-20
6 ve daha fazlası	5 - 10

3.12 Tekrarlı Ölçü Yöntemi

Bu ölçü yönteminin pseudokinematik, pseudostatik gibi birden fazla ismi vardır bu da kinematik ve statik arasında bir yöntem olmasından kaynaklanmaktadır (Karadağ, 2019). Tekrarlı ölçü yöntemi bir veya iki saatlik gözlem süresinin başında ve sonunda, ölçüler sırasında uyduların uzaydaki dağılımlarının değişmesinden dolayı bir noktanın birkaç dakika süre ile iki kez ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Böylece aynı noktaya ait faz belirsizliği farklı bir uydu dağılımı ile çözüm sunmuş olup statik yöntemle göre daha çok, kinematik yöntemle göre daha az nokta üretilmektedir (Deveci, 2006).

3.13 Dur-Git (Stop and Go) Ölçü Yöntemi

Bu ölçü yönteminde alıcılardan biri koordinatı bilinen sabit bir referans noktasında sürekli ölçü gerçekleştirirken herhangi bir noktaya kurulan diğer alıcı (gezici) faz başlangıç belirsizliğini belirlemek için hızlı statik yöntem kullanılıyormuş gibi birkaç dakika ölçü yapar (Deveci, 2006). Tamsayı belirsizliği çözümü için yeterli bilgi alındıktan sonra ikinci alıcı kapatılmadan uydularla olan gözlem devam ettirilerek diğer noktalar birkaç epokluk veri ile ölçümü gerçekleştirilmektedir (MEB, 2019). Uydu bağlantısının kesilmesi durumunda veya uydu sayısının 4'ün altına düşmesi durumunda faz belirsizliğinin tekrardan çözülmesi gerekmektedir (Yaprak, 2015). Bu ölçü yöntemi özellikle birbirine çok yakın noktaların ölçülmesi durumlarında daha iyi sonuçlar elde edilmektedir (Karadağ, 2019).

Bu yöntem hareket halinde iken uydularla gözlem yapmaya devam ettiği için gerçek kinematik ölçme yöntemi kullanmasına rağmen dur-git biçiminde belirtilen yarı kinematik ölçü tekniği olarak da bilinmektedir. Bunun nedeni alıcı sabit (hareketsiz) olduğunda nokta koordinatı ürettiği durumda bu yöntemin "stop" kısmını, sabit noktadan diğer noktaya hareket ettiği anlarda alıcı görevini sürdürdüğünden bu da yöntemin "go" kısmını oluşturmaktadır (Kalaycı, 2003).

3.14 Kinematik Ölçü Yöntemi

BÖHBBÜY'ün 47. maddesine göre GNSS ile kinematik konum belirleme teknikleri kullanıldığında, gerçek zamanlı veya sonradan değerlendirmek üzere detay noktaları ölçülebilir. Kinematik GNSS yöntemlerinde bu yönetmeliğin 46. maddesinde belirtilen $(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)^{1/2} \pm 7$ cm (dâhil)'den daha iyi ve Helmert ortometrik yükseklik doğruluğu (σ_H) ± 7 cm (dahil)'den daha iyi olacak şekilde konum doğruluğunu sağlayacak uzaklıkta bulunan sabit GNSS istasyonlarından veya bölgeye en yakın C derece ağ veya poligon noktaları üzerine ölçme süresince (eş zamanlı) kullanılmak üzere kurulmuş GNSS referans istasyonlarından yararlanılabilir. Detay alımında, gezici alıcı ile konumu belirlenen noktalarda çoklu yansıma etkisi en az olmalıdır. Bina köşesi, ağaç gövdesi, telefon ve elektrik direkleri ile benzeri noktalarda GNSS ile doğrudan detay alımı yapılmamalıdır.

Bu ölçü tekniğinde alıcılardan biri koordinatı belli referans noktasında statik ölçü gerçekleştirirken diğer alıcı koordinatı hesaplanacak noktaya kurulur ve tamsayı belirsizlik parametresinin başarılı bir sonuç tespiti için gerekli bilgi toplanana değin yerinde sabit kalır. Başlangıç tamsayı belirsizliği belirlendikten sonra alıcı en az 4 uydudan aldığı sinyalleri kaybetmeden harekete başlar ve konumu belirlenmek istenen noktalarda 5-10 sn bekleyerek alım yapar (MEB, 2019).

Kinematik ölçü konum belirleme yönteminde temel amaç başlangıçta bir kere belirlenen faz belirsizlik değerinin ölçü bitene kadar yeni noktalara taşınmasıdır (Salgın, 2007). Hareketli alıcıda 4 uydudan alınan sinyalin kaybolması durumunda faz başlangıç belirsizliği çözümü kesileceğinden tamsayı belirsizliği çözüm işleminin yinelenmesi gerekir (Kahveci & Yıldız, 2018).

Faz sıçraması veya ağaçlık alanlar, binalar gibi sinyal kesintilerine neden olabilecek durumlarda gezici alıcıda uydu sayısı 4'ün altına düşerse işleme en son ölçümü gerçekleştirilen noktadan devam edilmesi gerekliliği vardır ve referans alıcısındaki uydu sayısı sürekli kontrol altında tutulmaktadır (Salgın, 2007). Hızlı ve ekonomik bir ölçü tekniği olan bu yöntem güzergâh belirlemek, kesit çıkarmak ve hidrografik ölçülerde uygundur (Yaprak, 2015). GPS ile ölçü yöntemlerinde ideal durumlarda elde edilebilecek doğruluklar Tablo 3.3'te gösterilmektedir.

Tablo 3.3 GPS ölçü yöntemlerinde elde edilebilecek doğruluklar (Kahveci & Yıldız, 2018)

Ölçü Yöntemi	Elde Edilebilecek Ölçüm Doğruluğu	Oransal Doğruluk Sınırları
Statik	5 mm + 1 ppm	1/100000-1/5000000
Hızlı- Statik	5-10 mm + 1 ppm	1/100000-1/1000000
Dur- git	10-20 mm + 1 ppm	1/100000-1/1000000
Tekrarlı Ölçü	5-10 cm + 1 ppm	1/50000-1/500000
Kinematik	10-20 mm + 1 ppm	1/100000-1/1000000

3.15 Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) Ölçü Yöntemi

1980'li yılların başlarında GPS kullanıcıları konum belirlemede yüksek doğruluklu sonuçlar elde etmek için noktalarda uzun süreler bulunarak elde ettiği bilgileri büro ortamında değerlendirerek sonuca varıyorlardı (Yaprak, 2015). 1990'lı yıllara gelindiğinde araştırmacılar, taşıyıcı dalga faz gözlemleri kullanarak RTK ismini verdikleri yeni bir tekniği geliştirmişlerdir (Deveci, 2006). RTK ile konum belirleme, koordinatı bilinen bir referans istasyonundan gerçek zamanlı olarak gezen alıcıya iletilen ham ölçü ve aynı anda gezen alıcılar tarafından uydulardan kayıt altına alınan faz gözlemlerine ya da düzeltme verilerine (atmosfer, konum, vb.) bağlı olarak oluşturulan, gezen alıcıda ise referans istasyonundan hesaplanan düzeltme bilgilerinin yapıldığı bir konum belirleme yöntemidir (İnal ve ark., 2014). Düzeltme bilgisi yayınlayan bir baz vericisinden yararlanılarak diğer alıcılar ile çok kısa süreli oturumlar ile DGPS'ten hassasiyeti daha yüksek doğrudan konum elde edilmeye başlanmıştır (Yaprak, 2015). Yüksek doğruluk istenen jeodezik uygulamalarda GNSS ağlarında en

az iki alıcı ile eş zamanlı ölçüye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu alıcılardan biri konumu belli referans istasyonu diğeri ise konumu hesaplanacak olan gezen alıcı olarak tanımlanır (İnal ve ark., 2014). BÖHHBÜY'ün 47. maddesinde GNSS ile Klasik RTK kullanılarak ölçü gerçekleştirildiğinde uyulması gereken kurallar (uydu sayısı en az 5 adet, veri toplama aralığı 5 saniye ya da daha az, uydu yükseklik açısı 10° , referans noktasına mesafe en fazla 5 km, gözlem süresi en az 3 epok) belirtilmiştir.

Gerçek zamanlı sabit referans istasyonlarının kurulmasıyla GNSS sistemleri kullanıcılara sürekli hizmet sunmayı sağlayarak kullanıcının tüm alıcılarını gezen alıcı olarak kullanabilmesini olanaklı kılmıştır. GNSS donanım ve yazılımlarında meydana gelen gelişmeler neticesinde kod gözlemleri yerine faz ölçüleri yapılarak yüksek doğruluklu gerçek zamanlı kinematik ölçülerin yapılmasına imkan sağlamıştır (İnal ve ark., 2014).

RTK GPS, ölçü yöntemi olarak DGPS'e benzer fakat DGPS, Klasik RTK ve Ağ-RTK ölçü yöntemleri gerçek zamanlı konum belirleme yöntemi olup aralarındaki farkı; kod veya faz ölçülerinin kullanılması, düzeltmelerin hesaplanma şekli ve atmosferik etkilerin modellenmesi belirlemektedir (Kahveci ve ark., 2011a). Faz gözlemlerinin kod gözlemlerine göre daha hassas olması nedeniyle RTK ölçü yöntemi DGPS yöntemine göre daha duyarlı çözümler sunmaktadır (Deveci, 2006). Bu ölçü yönteminde de diğer yöntemlerde olduğu gibi uydu sayısı 4'ün altına indiğinde başlangıçtaki faz belirsizliğinin kaybolması dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır (Salgın, 2007). Uydu sayısının artması ile konum duyarlılığı artar ve tamsayı faz belirsizliğinin belirlenme süresi kısalmıştır (Deveci, 2006). RTK GPS ile yüksek doğrulukla konuma ulaşabilmek için gezici alıcının referans istasyonu ile arasındaki uzaklığın 15 km'yi geçmemesi gerekmektedir (Gümüş, 2016).

Günümüzde GPS/GNSS ile gerçek zamanlı nokta konumlarının belirlenmesi Klasik RTK ya da Ağ-RTK (CORS) ile yapılmaktadır (İnal ve ark., 2014)

3.16 Ağ-RTK (CORS) Ölçü Yöntemi

Ağ-RTK yönteminde tek referans istasyonuna olan bağımlılık ortadan kalkmış, çok sayıda referans istasyonundan gelen bilgilerden faydalanılarak belirli bir bölgeye ait atmosferik modelleme yapılmasına imkân sağlamıştır (Kahveci, 2009). Faz ölçülerine

bağlı olarak cm duyarlılığında, gerçek zamanlı kinematik yöntemine göre daha uzun baz uzunluklarında konum belirleme sistemidir (Bülbül ve ark., 2015). Klasik RTK yönteminde gezici ile alıcı arasındaki uzaklığın 10-15 km'yi geçmemesi tavsiye edilirken CORS sisteminin kurulu olduğu bölge içerisinde böyle bir sınırlama bulunmamaktadır (Gülal, 2015). Konum doğruluğunu artırmak ve mesafeye bağlı sınırlamaları kaldırmak için sürekli statik ve gerçek zamanlı ölçü gerçekleştiren GNSS referans istasyonları faaliyete geçirilmiş bu istasyonlarla bilhassa Ağ-RTK tasarımları ve veri işleme algoritmaları ile GNSS kullanıcılarına hız ve maliyet açısından önemli katkılar sunmuştur (Gümü, 2016). Bu modellemenin sonucunda iyonosfer ve troposfer gibi GNSS ölçülerini etkileyen hata kaynaklarını konum belirleme uygulamalarında en düşük seviyeye indirmek amaçlanmaktadır (İnal ve ark., 2014).

3.17 Hassas Nokta Konum Belirleme Yöntemi

Son zamanlarda birçok uygulamada yaygın olarak kullanılan Hassas Nokta Konum Belirleme (Precise Point Positioning) yöntemi uydu jeodezisi ile bilgileri işleme ve analiz etmedeki gelişmeler neticesinde herhangi bir referans istasyonunda toplanan bilgileri kullanmaya gerek kalmadan yalnız bir GNSS alıcısı ile cm duyarlılığında konum belirlemeye imkan sağlamıştır (Uçarlı ve ark., 2021).

PPP tekniği 1976 yıllarında R.J. Anderle tarafından başlamış olsa da GPS ile ilişkisini içeren ilk çalışma 1997 yılında Zumberge ve arkadaşları tarafından yapılarak hem taşıyıcı faz hem de kod ölçülerinden faydalanılarak iyonosfer-bağımsız kombinasyonlar ile PPP'nin modellenmesi yapılmış ve kuramsal altyapısını oluşturmuşlardır (Öcalan, 2020).

Bu yöntemle tek bir GPS/GNSS alıcısı ile toplanan veriler, uydu yörünge ve saat düzeltme bilgilerinden faydalanılarak yüksek doğrulukta statik veya kinematik olarak konum belirlenebilmektedir (Uçarlı ve ark., 2021). Konum belirlemede yalnız bir GNSS alıcısı ile gerçekleştiğinden oldukça ekonomik bir yöntem olup performansı uydu yörünge ve saat düzeltmelerinin niteliğine bağlıdır (Alçay & Atiz, 2021). Bu konum belirleme yöntemi sadece GPS uydularından değil diğer uydu sistemlerinin de (GLONASS, Galileo, BeiDou) eklenmesiyle alınan verilerin birlikte değerlendirildiği çoklu GNSS PPP tekniğine dönüşmüştür. Böylece tek bir uydu sistemine bağımlılığı

ortadan kaldırarak birden fazla uydu ile pek çok temel ölçme uygulamalarında (heyelan izleme, deprem araştırmaları, buzul hareketleri, hassas tarım, deniz ölçmeleri, İHA ölçmeleri, vb.) daha iyi performansla konum belirlemeye olanak sağlamıştır (Uçarlı ve ark., 2021). Bu sistemin en büyük dezavantajı taşıyıcı faz başlangıç tamsayı bilinmeyişi çözümü için gerekli yakınsama süresinin uzun olması ve oluşan bağlantı kesilmeleridir (Alçay & Atiz, 2021). Yapılan son araştırmalarda GPS uydu sistemlerine diğerk küresel konum belirleme sistemlerinin de ilave olmasıyla yakınsama süresinin azaltılmasına olanak sağladı belirtilmektedir (Uçarlı ve ark., 2021).

3.18 GNNSS ile Konum Belirlemede Hata Kaynakları

GPS/GNSS uygulamalarında birçok etmen hata kaynağı olarak yapılan ölçüleri etkilemekte olup bu hataları en aza indirilmesi veya ortadan kaldırılması için hataların davranışının ve büyüklüğünün tespiti önemlidir (Mutlu, 2019).

Bu hata kaynaklarını uydulara bağılı hatalar, ortam kaynaklı hatalar ve alıcıya bağılı hatalar olarak ayırabiliriz.

3.18.1 Atmosferik gecikme

GPS sistemi faaliyetlerini devam ettirebilmek için uydudan gelen sinyallerin, yeryüzündeki alıcılara ve antenlerle erişim sağlamalıdır. GPS'de atmosfer iki tabakaya ayrılır. GPS sinyallerinin geçtiğı nötr özellik gösteren 0-50 km arası oluşan atmosfer katmanı troposfer tabakası, iyonize özellik gösteren 50-1000 km arası atmosfer katmanı ise iyonosfer tabakası olarak ifade edilir (Tut, 2009).

İyonosfer etkisi: GNSS uyduları atmosfer katmanlarının dışında yer alırlar (Mutlu, 2019). Uydulardan gelen sinyallerin atmosferde karşılaştıkları ilk tabaka iyonosfer tabakasıdır (Tut, 2009). İyonosfer katmanı hava moleküllerinin elektrik iletkenliğı kazandığı ve ileri derecede yoğunlaştığı yüksek atmosferik bir bölgedir (Karadağ, 2019). Bu katman iyonosfer atomlardan kopmuş elektronlar ile yüklüdür ve elektromanyetik dalgaların yayılmasına etki edebilecek kadar serbest elektron yoğunluğuna sahiptir (Mutlu, 2019). İyonlaşma şiddeti ve serbest elektron yoğunluğu doğrudan güneş ışınmasına bağılıdır. Bu durum uydulardan gelen elektromanyetik dalgaların yayılmasını etkileyen parametrelerden birisidir (Karadağ, 2019). İyonosferin

neden olduğu elektromanyetik dalgalar üzerindeki etki geceleyin 0,5 ppm, öğleyin 2 ppm civarında deneysel olarak bulunmasıyla etkinin, gündüz geceden daha çok olduğu sonucuna ulaşabiliriz. İyonosferi etkileyen diğer parametreler mevsim, alıcının yeri ve bakış doğrultusudur. Bu etkilerin azaltılmasında, çift frekanslı GPS alıcıları kullanılması iyonosferik etkilerin giderilmesinde en doğru ve en kolay yöntemdir (Yaprak, 2021).

Troposfer etkisi: GPS sinyalleri iyonosfer tabakasından geçtikten sonra sırasıyla mezosfer, stratosfer ve yeryüzü ile temas ettiği en alt tabaka troposfer tabakasından geçerek alıcıya ulaşırlar (Karadağ, 2019). Troposfer tabakası iyonosfer tabakası gibi elektrik yüklü olmadığından sinyallerin yayılma hızı frekansa bağlı olmayıp farklı frekanslı alıcılar kullanmak sureti ile giderilemez (Yaprak, 1998). Troposfer katmanındaki önemli parametrelerden biri uydu sinyali yükseklik açısidir. Bu açı zenitten, gözlemci ufku doğrultusunda azaldıkça GNSS sinyalinin atmosferde kat ettiği yol artacağından troposferik gecikme etkisini artıracaktır. Günümüzde GNSS gözlemlerinden troposferik etkinin minimuma indirilebilmesi için çeşitli matematiksel modeller geliştirilmiştir (Kahveci & Yıldız, 2018).

3.18.2 Sinyal yansıması (Multipath) etkisi

GPS ile konum belirlemede en önemli hata kaynaklarından biri olarak karşımıza çıkan multipath etkisi, GPS sinyallerinin alıcıya iki ya da daha fazla yol izleyerek esas sinyale karışıp eş zamanlı olarak ulaşmasına denir. Sinyal yansıma hatası, sinyal yükseklik açısına, antenin kurulduğu arazi yapısına bağlı olup özellikle büyük yansıtıcı yüzeylerin yakınındaki istasyonlarda gerçekleştirilen ölçülerde etkisini göstermektedir. Sinyal yansımaları, alıcı anteninin çevresindeki yüzeylerin neden olduğu yansımalar ve uyduların neden olduğu yansımalar olarak sınıflandırılabilir (Tiryakioğlu ve ark., 2005). Uyduların sebep olduğu etkiler ve alıcı anteninin etrafındaki yüzeylerin neden olduğu etkiler, kısa kenarlı ağlarda bazın iki ucundaki anten için benzer büyüklükte olduğundan bağıl konum belirleme yöntemi ile sinyal yansıma hatası büyük oranda çözümlenmektedir (Kahveci & Yıldız, 2018). Yapılar, ağaçlar, su yüzeyleri ve diğer yansıtıcı yüzeyler alıcı anteninin çevresinin neden olduğu yansımaların olası kaynaklarıdır (Karadağ, 2019). Sinyal yansıma (multipath) etkisinden kaçınmak için ölçü yerleri

yansıtıcı yüzeylerden kaçınarak seçilmeli, multipath önleyici antenler ve alıcılar kullanılmalıdır (Yaprak, 2021).

3.18.3 Taşıyıcı dalga faz belirsizliği ve faz kesiklikleri

Herhangi bir uydudan bir alıcı ölçüye başladığında kayıt altına alınan ilk sinyalin (sıfır epoku) tam dalga boyu sayısı N bilinmemektedir (Yaprak, 1998). Doğrudan elde edilemeyen ve ilgili uydu ile olan sinyal bağlantısı kesilmediği sürece ölçü sonuna kadar aynı değeri alan bu bilinmeyenler, taşıyıcı dalga faz başlangıç belirsizliği kısaca faz belirsizliği olarak isimlendirilir (Kurt, 2005).

GPS gözlemleri devam ederken uydu sinyalinin alınmasında oluşabilecek herhangi bir sinyal kesiklikleri, faz kayıklıkları ya da faz kesiklikleri olarak adlandırılır. Böyle bir durumda faz kesikliği, olduğu epok ve sonrasını etkiler. Sinyal kesikliğinin olduğu andan itibaren gerçekleşen sonraki gözlemlerde oluşan kayma miktarı kadar düzeltme getirilmelidir (Karadağ, 2019).

Faz belirsizliği bilinmeyenlerin çözümü için; klasik yöntem, P kod destekli yöntem, modern Quasi Ionosphere Free (QIF), On The Fly (OTF) gibi yöntemler geliştirilmiştir (Öcalan, 2020).

3.18.4 Uydu efemeris hataları

Navigasyon dosyası içerisinde yayınlanan uydu konum verilerinin hassasiyetinin düşük olduğu veya kasıtlı olarak yanlış yayınlanması durumunda meydana gelen hatalardır. Bu hata uydu konumlarının belirlenmesinin bir sonucu olduğu için yörünge bilgilerinin kontrol birimi aracılığıyla uydulara yapılan en son yükleme tarihinden uzaklaştıkça artacaktır. Uydu efemeris hataları teğet, çapraz ve radyal yörünge hataları olarak üçe ayrılır. Bu üç bileşenden radyal hata en küçük etkiye sahip olmasına rağmen uydu-alıcı mesafelerinin hesabında etkilidir (Alçay, 2010).

3.18.5 Uydu saati hataları

Uydularla konum belirlemenin temelini zaman farkı ölçümü gerçekleştirdiğinden en önemli hata kaynağı uydu saat hatalarıdır. Uydu ve alıcı saatlerinin GPS zamanına göre yeterli hassasiyette eşzamanlı olamaması uydu saati hatasının kaynağını oluşturmaktadır. Bu hata kontrol birimi tarafından devamlı izlenmekte, yayın efemerisi

saat düzeltmeleri günlük olarak Navigasyon Mesajının bir bölümü olarak yayınlanmaktadır. Bu düzeltmelerin sebebi GPS zamanı ile uydu saatleri arasında oluşan zaman farkının senkronizasyonunu sağlamak ve uydu ile alıcılar arasındaki uzaklığın hesaplanmasındaki toplam hatayı azaltmaktır (Kahveci & Yıldız, 2018).

3.18.6 Alıcı anteni faz merkezi hatası

GPS sinyallerinin antene geldiği nokta alıcı anteni faz merkezidir ve bu nokta çoğunlukla geometrik faz merkezinden farklılık gösterir (Kahveci & Yıldız, 2018). Uygulamalardaki anten faz merkezi hatası, anten tipine göre değişiklik gösterip hatanın büyüklüğü birkaç mm ile 1-2 cm arasında değişmektedir Yüksek doğruluk gerektiren çalışmalarda dikkate alınması gereken bir hata türüdür (Mutlu, 2019). Bağıl konum belirleme yönteminde antenler aynı doğrultuya (çoğunlukla manyetik kuzey) yönlendirilerek hatanın azaltılmasına katkı sağlanılmaktadır (Tut, 2009).

3.18.7 Seçimli doğruluk erişimi

ABD tarafından, yetkisiz kullanıcıların GPS'in sağladığı doğruluklara erişmesine engel olmak amacıyla konum belirleme doğruluklarının kasten kötüleştirilmesidir. 1 Mayıs 2000 tarihinden itibaren bu duruma son verilmiştir. SA etkisinden korunmak için kısa baz uzunluklarında DGPS yöntemi kullanılmaktadır (Karadağ, 2019).

4. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI (İHA)

4.1 Giriş

1900'lü yılların başında ilk örneklerini gördüğümüz İHA'ların kullanımı, 2000'li yılların başından itibaren hızla yayılmaya başlamıştır. Geçmişten günümüze dünya genelinde İHA'lar için çeşitli ifadeler kullanılmıştır. 1936 yılında ABD Deniz Kuvvetleri öncülüğünde başlayan hedef uçak projesinin ismi drone (erkek arı) ifadesi, İngiliz Quenn Bee (kraliçe arı) insansız hedef uçak sisteminden esinlenerek belirlenmiştir. Daha sonrasında tüm hedef uçaklar ve İHA sistemlerinin genel adı olarak drone ifadesi kullanılmaya başlanmıştır. 1990'lı yıllarda askeri İHA sektöründe yaşanan gelişmelere paralel olarak drone ifadesi yerine önce Uzaktan Pilotla Kontrol Edilen Araç sonrasında İnsansız Hava Aracı (İHA) ifadesi kullanılmıştır. 2000'li yıllarda İHA'nın yalnız uçan platformu ifade etmesi ve uçuş için platforma ek olarak en azından bir kontrol istasyonuna ve bir veri linkine gerek duyması sebebiyle İHA Sistemi ifadesinin kullanılması yaygınlaşmıştır (STM ThinkTech, 2016).

Uluslararası literatürde İHA'lar "drone" veya "UAV/UAS (Unmanned Aerial Vehicle/ Systems)" olarak tanımlanmaktadır. Bugünkü kadar yüksek teknik özelliklere sahip olmayan İHA'ların ilk versiyonları drone olarak bilinir. Günümüze kadar genellikle askeri amaçlar için ve silah olarak kullanıldıklarından dolayı toplumların hafızasında olumsuz bir izlenime sahip olduklarından, günümüzde sivil sektörde daha çok UAV/UAS (İHA) isimleri tercih edilmektedir. Teknik açıdan aradaki farklılığa bakıldığında drone, otomatik olarak gidebilen insansız hava veya deniz araçlarını ifade ederken, İHA ise insansız olarak uçabilen, motoru olan, kontrol edilebilen ve seyir füzesi gibi bir silahı olmayan uçağı belirtmektedir (Kahveci & Can, 2017). İnsan yaşamına son dönemde dâhil olan en önemli teknolojik yeniliklerden biri insansız hava araçlarının kullanımını tercih eden sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle İHA'ların üzerinde bulundurduğu otonom sistemler, motor teknolojileri, faydalı yük taşıma kapasiteleri, taşıdığı çeşitli sensörler ve bu sensörler aracılığıyla toplanılan bilgilerin yapay zekâ teknolojileri ile kullanımı ve uzak mesafelerden veri aktarım teknolojileri hayatımızın her alanında yoğun olarak görülmektedir (Anonim, 2021g).



Şekil 4.1 İnsansız Hava Araçları (Anonim, 2021ı)

26 Haziran 2018 tarihli 30460 Sayılı Mükerrer Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren BÖHHBÜY'ün 46. maddesinde detay noktalarının, elektronik takeometre, GNSS, LİDAR veya diğer teknik ve yöntemler kullanılarak ölçülmesi hükmü, detay noktalarının ölçülmesinde İHA gibi yeni teknolojik yöntemlerin kullanılmasına imkân sağlamıştır. İHA sistemleri ile üretilmiş sayısal fotogrametrik haritaların yönetmelikte belirtilen konum doğruluklarının sağlanması için üretim, kontrol ve arşivlenmesi doğrultusunda ölçüt ve esasların belirlenmesi gereği ortaya çıkmıştır. Bu doğrultu kapsamında;

- Yapılan görüntü alımında kullanılan kameranın sabit odak uzaklığına sahip, metrik veya kalibrasyonu yapılmış, en az 20 MP çözünürlüklü olması gerekmektedir.
- Görüntü alımı yapılacak İHA sistemlerinde RTK veya büro hesaplamalarında kullanılan Post Processing Kinematic (PPK) küresel navigasyon uydu sistemleri alıcı/anten kiti bulunmalıdır.
- Proje sahasında idarenin uygun gördüğü dağılım ve sıklıkta yer kontrol noktası (YKN) tesis edilmeli ve YKN'ler C4 derece nokta hassasiyetinde ölçülmeli, görüntü alımı yer örnekleme aralığı (YÖA) 5-7 cm aralığında yapılmalı ve bu değerin sapması $\pm \%10$ 'u geçmemelidir.

- Boyuna bindirme oranı %80, enine bindirme oranı %70 olmalı ve bu oranların sapmaları $\pm$ % 10'u geçmemelidir.
- Görüntü alımı Nisan ile Ekim ayları ve 10.00 ile 15.00 saatleri arasında bulutsuz, rüzgârsız ve güneşli bir havada yapılmalı, alımı yapılacak alanda kar örtüsü olmaması gerekmektedir. Geniş yapraklı ağaçların olduğu bölgelerde ise yaprakların oluşmadığı ya da döküldüğü mevsimlerde alım yapılmalıdır. İdarenin uygun görmesi halinde bu tarihler dışında da görüntü alımı gerçekleştirilebilir (TKGM, 2022).

Geliştirilen yazılım ve donanım bileşenleri ile günümüzde İHA kullanımı mühendislik çalışmalarında yaygınlaşmıştır. İHA'ların yüksek çözünürlüklü ve çeşitli kameraların kullanımına olanak sunması, farklı yükseklik ve hızlarda uçuş imkânı sağlaması ve diğer navigasyon sistemleri yardımıyla insanların ulaşmakta zorluk çektiği ya da imkansız olduğu bölgelerde ölçü gerçekleştiriyor olması, sağladığı bilgilerin ölçü duyarlılığı yönünden klasik ölçü yöntemlerine yaklaşmasından ötürü bu ölçme yönteminin yersel ölçü yöntemleri ile klasik hava fotogrametrisi arasını doldurmaya aday olduğu ifade edilebilir (Yakar & Mırdan, 2017). İHA'lar uydu görüntüleri ve klasik hava fotogrametrisi ile gerçekleştirilen uzaktan algılamaya göre düşük maliyet ve daha düşük irtifadan uçması nedeniyle daha yüksek çözünürlük sağladığından kullanımı her geçen gün yaygınlaşmaktadır (Özemir & Uzer, 2016).

İHA'lar dünyada askeri faaliyetler başta olmak üzere; mühendislik, afet yönetimi, trafik, arkeoloji, ormancılık, tarım, fotoğrafçılık, madencilik, enerji ve inşaat sektörleri gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. İHA kullanımının her geçen gün artış göstermesi ile uçuş kurallarını da beraberinde getirmiştir. Dünyada İHA kullanımının hukuki boyutunu belirleyen kuruluşlar arasında Birleşmiş Milletlere bağlı Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu, ABD Ulaştırma Bakanlığına bağlı Federal Havacılık ve Avrupa Hava Seyrüsefer Güvenliği Örgütü, Türkiye'de ise Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı'na bağlı Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) bulunmaktadır (Anonim, 2019b).

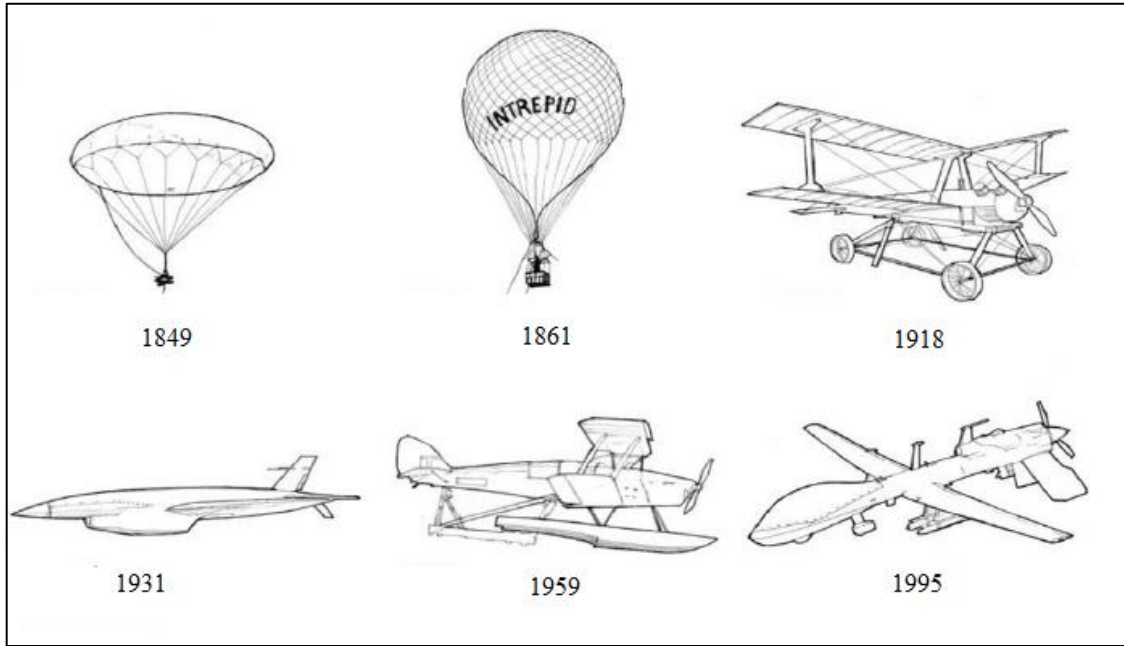
4.2 İHA Teknolojisinin Tarihsel Gelişimi

Her gün gelişen ve sınır tanımayan teknoloji, insan üretimi hava taşıtlarının ve buna bağlı endüstrilerin hızlı değişimine olanak sağlamıştır. İlk uçuş deneyimi, Yunan mitolojisindeki İkarus'tan esinlenerek kaz tüyünden oluşan kanatlarla 852 yılında Endülüs'te, ilk planör uçuşunu yapan İbn-i Firnas tarafından gerçekleştirilmiştir. Daha sonraları Leonardo da Vinci tasarımları ile gerçekleşmiş, Osmanlı'da ise Lagari ve Hazerfen'in sırasıyla roket ve kısa mesafeli uçuş denemeleri ile ilkel havacılığın temelleri atılmıştır. Gerçek anlamda havacılık serüveni 1903 yılında Wright Kardeşlerin ilk uçak deneyimi ile başlamıştır (Anonim, 2021h).

1849 yılında Avusturyalıların, İtalya'nın Venedik şehrine içinde zaman fitilli bombalar bulunan insansız balonlar göndermesi, tarihte ilk defa insansız bir araç ile insansız hava saldırısı olarak kayıtlara geçmiştir. Birinci Dünya Savaşı'nın sonlarında (1916) insansız ilk uçak (Ruston Proctor Aerial Target) tasarlanmış olup, ilk insansız kullanımı ise "uçan bombalar" olarak bilinen "Hewitt-Sperry" otomatik uçak ile Jiroskop kontrollü olarak gerçekleştirilmiştir. Kasım 1917 yılında ABD Silahlı Kuvvetleri'nin "otomatik uçan uçak" resmi uçağı olmuş, 1918 yılında ilk uçuşunu gerçekleştirmiş fakat Birinci Dünya Savaşı'nda kullanımı mümkün olmamıştır. İkinci Dünya Savaşı ve sonrasında İHA'larla ilgili çalışmalar devam etmiştir (Kahveci & Can, 2017).

Vietnam Savaşı sırasında İHA'lar, ilk defa gerçek manada farklı bir silah sistemi olarak 1982 Beka Hava Muharebesi'nde İsrail tarafından kullanımı gerçekleştirilmiştir. İHA sistemleri, 1980'li yıllardan beri pek çok ülkede silahlı kuvvetlerinin envanterine dâhil olmuştur. İHA; Filistin, Lübnan, Yemen, Kosova, Bosna-Hersek, Irak, Afganistan, Pakistan ve Libya gibi birçok ülkenin askeri operasyonlarında yoğun olarak kullanılmıştır (Karaağaç, 2013).

Ülkemizde İHA'nın geliştirilmesi ve Türk Silahlı Kuvvetleri (TSK) envanterine dâhil olması, dünyadaki gelişmelerle benzerlik göstererek 1980'li tarihlerin sonunda gerçekleşmiştir. 1989 yılında ilk insansız hedef uçağı Banshee sistemi TSK envanterine girmiştir. Çalışmalarına 1990 tarihinde başlanılan İHA-X1 Şahit sistemi ülkemizin ilk yerli İHA'sıdır. TSK envanterine; 2001 yılında giren Turna sistemi ilk yerli üretim hedef uçağı, 2007 tarihinde geliştirilen Bayraktar mini İHA sistemi ise ilk yerli İHA'dır (Karaağaç, 2013).



Şekil 4.2 İHA'ların tarihsel gelişimi (Rice, 2018)

Son yıllarda askeri amaçlı İHA pazarı hızlı bir gelişim göstermiş ve birçok uyuşmazlıklarda İHA'nın tercih edilip başarılı sonuçlar alınmasıyla diğer alanlardaki kullanım için güven oluşturmuştur (Kahveci & Can, 2017)

2000'li yıllarda ABD NASA'nın yürüttüğü akademik çalışmalar neticesinde İHA'nın günlük hayatta kullanımı hız kazanmıştır (Çallı, 2021).

4.3 İHA'ların Sınıflandırılması

İHA'ların sınıflandırılması meselesinde dünya genelinde ortak bir yaklaşım bulunmamakla beraber en kabul gören yaklaşım NATO'ya aittir. İngiltere Savunma Bakanlığı aracılığıyla hazırlanan "Müşterek Doktrin 2/11" dokümanında, NATO sınıflandırmasına sivil İHA kategorileri de dâhil edilmiştir. Bu belgeler doğrultusunda hazırlanan İHA sınıflandırması Şekil 4.3'te gösterilmiştir (STM ThinkTech, 2016). Ülkemizde SHGM tarafından İHA ile ilgili yasal düzenlemeler yapılmakta ve geliştirilmektedir. 22.02.2016 tarihinde "İHA Sistemleri Talimatı" olarak bu yasalardan ilki yayınlanmıştır. İHA'ların kullanılması, kullanım alanları, teknik yönleri, uçuş izni ve sorumlulukları bu yasanın amacını oluşturmaktadır (Çallı, 2021).

İHA'lar farklı şekillerde tasarlanabilmekte olup gövde/motor tasarımına, kalkış yöntemine ve iniş/kurtarma yöntemine göre de sınıflandırılabilir.

Sınıfı	Kategorisi	Görev Yüksekliği (ft)	Görev Yarıçapı (km)	Sivil Kategorisi	Örnek Platform
Sınıf I (150 kg.dan hafif)	Mikro (<2 kg)	<200 (AGL)	5 (LOS)	Ağırlık Sınıfı Grup 1 Küçük İHA (<20 kg)	Black Widow 
	Mini (2<20 kg)	<3.000 (AGL)	25 (LOS)		Bayraktar, Scan Eagle 
	Küçük (>20 kg)	<5.000 (AGL)	50 (LOS)	Ağırlık Sınıfı Grup 2 Hafif İHA (20><150 kg)	Hermes 90 
Sınıf II (150-600 kg)	Taktik	<10.000 (AGL)	200 (LOS)	Ağırlık Sınıfı Grup 3 İHA (>150 kg)	Çaldıran, Karayel, Aerostar 
Sınıf III (600 kg.dan ağır)	Orta İrtifa Uzun Havada Kalış (MALE)	<45.000 (MSL)	Limitsiz (BLOS)		ANKA, Heron, Predator, Reaper 
	Yüksek İrtifa Uzun Havada Kalış (HALE)	<65.000	Limitsiz (BLOS)		Global Hawk 
	Darbe / Muharebe	<65.000	Limitsiz (BLOS)		Phantom Ray 

Şekil 4.3 İHA sistemleri sınıflandırması (STM ThinkTech, 2016)

4.4 İHA'ların Avantajları

İHA'ların etkin olarak görev yapabildiği üç kritik (sıkıcı, tehlikeli, kirli) durum vardır. Sıkıcı (dull) göreve; yüzlerce kilometre uzunluğundaki bir petrol boru hattının kontrol edilmesi ya da terörist unsurların bulunduğu değerlendirilen bir evin saatlerce belki günlerce sürekli gözlenmesi örnek olarak belirtilebilir. Tehlikeli (dangerous) göreve; yüksek düşman hava savunma tehdidinin bulunduğu bir yerde gözetleme/keşif yapılması ya da çok alçak irtifadan gerçekleştirilen orman yangını söndürme işlemleri örnek olarak ifade edilebilir. Kirli (dirty) göreve; biyolojik, radyolojik, kimyasal ve nükleer kirlenme tespitinin belirlenmesi örnek olarak belirtilebilir (Karaağaç, 2013).

Mühendislik uygulamalarındaki avantajları;

- Bulutlu havalarda klasik fotogrametri ve uzaktan algılama sistemlerinden daha iyi neticeler verebilmesi,
- Çalışmanın türüne, kullanılan teknolojinin çeşitliliğine ve türüne bağlı olarak maliyeti değişim gösterse de klasik yöntemlere göre genel olarak daha düşük bir maliyetle işlerin gerçekleştirilebilmesi (Yakar & Mırdan, 2017),
- Denetimleme, gözetleme, harita üretimi ve 3 boyutlu modelleme işlemlerinde bilgi kaynağı olarak kullanılabilmesi,

- Arazi hakkındaki son durum bilgilerini koordinat sisteminde sunarak ortofoto altlık verisi olarak kullanım sağlaması olarak sıralayabiliriz (Özemer & Uzer, 2016).

Günümüzde kullanılan uydu görüntülerinden elde edilmesi mümkün olmayan konumsal çözünürlüklerde görüntüler İHA'lar ile üretilebilir. İstenilen zamanda İHA'lar ile görüntü elde edilirken uydu görüntülerinde ise aylarca sıra beklemek, sıra geldiğinde bulut, yağış, vb. sebeplerden ötürü hava şartlarının uygun olmaması gibi problemlerden kaynaklı istenilen nitelikte veri elde edilememektedir (Yılmaz ve ark., 2013).

4.5 İHA'ların Dezavantajları

- Sınırlı yük taşıyabildiklerinden büyük alanları içeren çalışmalarda yetersiz kalmaları (Yakar & Mırdan, 2017),
- Havada bulunma sürelerinin düşük olması,
- Rüzgârlı havalarda yapılan çalışmaların sınırlı olması,
- Uçuş yüksekliğinin sınırlı olması,
- Hava saldırılarına ve savunma sistemlerine karşı savunmasız olmalarıdır.

4.6 İHA'ların Kullanım Alanları

İlk zamanlar askeri amaçlı kullanılan İHA'lar 1950'li yıllardan sonra sivil amaçlı olarak da kullanılmaya başlanmıştır.

İHA'ların sivil amaçlı kullanım alanlarına; haritacılık (ortofoto ve sayısal yükseklik modeli oluşturma, hacim ve alan hesapları, vb.) yangın izleme, hava durumu izleme, çevresel gözlemler, kıyı ve sahil şeridinin gözlenmesi, arama-kurtarma faaliyetleri, istihbarat ve güvenlik amaçlı kullanım, kentsel dönüşüm çalışmaları, altyapıların (boru hatları, havaalanları, yollar, nehirler, barajlar, vb.) gözlenmesi, doğal afetlerin izlenmesi, 3 boyutlu şehir modellerinin oluşturulması, arkeolojik çalışmalar, vb. alanları örnek olarak verebiliriz (Kahveci & Can, 2017).

Mühendislik çalışmalarında İHA kullanımı: İHA'nın en yaygın kullanım alanlarından biri fotogrametri yani havadan ölçmedir. Fotogrametri, havadan çekilen fotoğraflar üzerinden nesneleri ölçme, görüntü bilgilerini değerlendirme ve iki veya üç boyutlu

cisimlerin ölçülmesinde güvenilir uygulamalardan biridir. Bu uygulama ile İHA teknolojisi; kızılötesi, coğrafi konumlandırma ve termal sensör donanımlarıyla beraber saha haritalanmasında, şantiye araştırmalarında, sahadaki koşulların tespit edilmesi için 3 boyutlu görüntüleme ve modellenmesinde, araziye dair verilerin toplanmasında, inşaat yapım kademelerinin kontrolünde kullanılmaktadır (Anonim, 2019b).

Büyük Ölçekli Harita Yapımında İHA kullanımı: Küçük alanları içeren uygulamalarda detayların düzgün biçimde görüldüğü büyük ölçekli haritalara gerek duyulmaktadır. Bu alanların büyük ölçekli sayısal haritaları, İHA ile elde edilen görüntülerin işlenerek ortofoto görüntüler üzerinde yapılan sayısallaştırmalar neticesinde oluşturulur. İHA yardımı ile kentsel alanlar, küçük adalar, arkeolojik alanlar gibi pek çok alanın büyük ölçekli haritaları yapılabilir (Çömert ve ark., 2012).

Arkeolojik alanlarda İHA kullanımı: Devamlı gerçekleştirilen kazılar nedeniyle hızlı değişen ve sürekli izlenmesi gereken arkeolojik alanlar İHA'ların en yoğun olarak kullanıldığı alanlardan biridir (Çömert ve ark., 2012).

Tarımsal uygulamalarda İHA kullanımı: Arazilerin sınır tespitinde, çeşitli gübreler tercih edilerek yetiştirilen kışlık buğday arazilerinin izlenmesinde, zararlı bitki ve canlılarla mücadelede tarım alanlarının ilaçlanması gibi uygulamalarda kullanılmaktadır (Çallı, 2021).

Afet yönetiminde İHA kullanımı: İHA'nın hızlı ve kolay veri toplama imkânı ile afet ve acil durumlarda kullanım potansiyeli artmaktadır. Afet sonrasında uygulanacak arama kurtarma işlemlerinin yürütülmesi, deprem anında hızlı harita üretimi, kasırga ve fırtına sonrası mevcut durumun değerlendirilmesi çalışmalarında İHA büyük öneme sahiptir (Uysal ve ark., 2018).

5. KADASTRO UYGULAMA ALANLARI

5.1 22/A Kadastro Güncelleme Çalışmaları

Toprağa bağlı her türlü uygulama, planlama ve projelendirme çalışmalarının temel bilgi kaynağı kadastro haritalarıdır (Adıbelli, 2006). Türkiye'de sayısal harita üretimi 1970 yılından önce çizgisel olarak üretilen ve parsellerin yüzölçümleri köşe noktalarından belirlenerek değil de grafik olarak alınan değerler ile genellikle planimetre ile hesaplanmıştır. Haritaların farklı koordinat sistemlerinde üretilmesinden dolayı harita ile arazi sınırları arasında bir bütünlük sağlanamamaktadır (Yurdakul, 2017). Zamanın teknolojisine göre oluşturuldukları için günümüz gereksinimlerine cevap verememesi, taşınmazların kadastro esnasında belirlenen sınırlarını doğru bir şekilde göstermediği ve hak kayıplarının meydana gelmesi sonucu kadastro haritalarının yenilenmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır (Adıbelli, 2006).

Ülkemizde kadastro çalışmaları taşınmazların alanlarını, konumlarını, yargısal durumunu öğrenmeye yönelik olarak yaklaşık yüzyıllık bir dönemde birkaç birim haricinde bitirilmiştir. Geçmişten günümüze bu çalışmalar farklı yasalarla, değişik ölçü yöntemleri, farklı ölçü aletleri ile çeşitli koordinat sistemleri, ölçekler ve altlıklarda yapılmıştır. Pusula ve çelik şerit metre ile başlatılan kadastro uygulamaları daha sonraları prizma, takeometre, elektronik takeometre, total station gibi yersel ölçme yöntemleri ile gerçekleştirilmiş, 2000'li yıllara gelindiğinde ise uydu tabanlı konumlandırma sistemlerinin gelişmesiyle GNSS ile uygulamalar hız kazanmıştır. Bu farklı türdeki çalışmalar neticesinde kadastrodan kaynaklı hataların oluşması kaçınılmaz olmuştur. Bu durum günümüz veri üretim ölçütlerine uygun olmamasına, günden güne gelişen teknoloji ile artan gereksinimin karşılanmamasına ve mekânsal bilgi sistemi altlığının oluşturulmasında sıkıntılara sebep olmuştur.

Ülkelerin kalkınması, mülkiyet hakkının korunması, küreselleşen dünyada bireylerin geleceği açısından kadastro büyük öneme sahiptir. Kadastro çalışmalarının günümüzdeki temel hedefi taşınmazlara ait grafik ve öznitelik verilerinin dijital ortama aktararak mekânsal bilgi sisteminin altyapısını oluşturmaktır. Ancak ülkemiz kadastrounun veri tabanına altlık oluşturabilecek nitelikte olmadığından ikinci kadastro yapılma gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Hukuksal olarak ülkemizde ikinci kadastro

yapılması mümkün değildir. TKGM tarafından, kadastro çalışmaları biten ancak kesin koordinata sahip olmayan ya da teknik olarak eksik olan bölgelerde kadastro güncelleştirme ve sayısallaştırma uygulamaları gerçekleştirilmektedir (Karataş & Genç, 2021).

Kadastrada güncelleme uygulamalarına neden olan durumlar bölgelere göre çeşitlilik gösterebilir. Bu farklılıkların nedenlerini; kadastral çalışmalarda yapılan hatalar (sınırlandırma, ölçü, çizim, hesaplama hataları, vb.), bu çalışmalarda üretilen evraklarda oluşan durumlar (silinti, yırtılma, kopma, kaybolma, vb.), yeryüzünde meydana gelen olağan hareketlilik ve doğal afetler, gelişen teknolojiyle ölçülerin daha hassas belirlenmesi oluşturmaktadır (Şahin, 2015).

Ülkemizde yenileme çalışmaları; 1983 tarih 2859 sayılı Tapulama ve Kadastro Paftalarının Yenilenmesi Hakkında Kanun, 1995 tarih 22234 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Tapulama ve Kadastro Paftalarını Yenileme Yönetmeliği, 2006 tarih 26361 sayılı Kadastro Haritalarının Yeniden Düzenlenmesi ve Tapu Sicilinde Gerekli Düzeltmelerin Yapılmasında Uyulacak Usul ve Esaslara İlişkin Yönetmeliği, 2009 tarih 3402/22-a Uygulaması Talimatı hükümlerine göre çalışmalar yapılmıştır. Son olarak da günümüzde bu çalışmalar 2018 tarihli 30576 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Kadastro Güncelleme Yönetmeliği hükümleri doğrultusunda devam etmektedir.

Yenileme çalışmaları topografik bilgiler ve mülkiyet verilerini kapsayan Tapu Kadastro Bilgi Sisteminin (TAKBİS) oluşturulması; kadastro ve tapu hizmetlerinde, mühendislik projelerinin hazırlanarak araziye uygulanmasında, toprakla ilgili her türlü uygulama için alt yapı niteliği taşıması ile daha hızlı bir kullanım alanı sunmaktadır (Kıbaroğlu, 2010). Güncelleme çalışmaları sonucu haritaların sayısallaştırılması ile hem haritalar yenilenmiş hem sayısal değerlerle bulunan yüzölçümleri elde edilerek harita ve arazi arasındaki farklılıklar giderilmiş olacaktır.

5.2 Orman Kadastro

Biyolojik açıdan orman, geniş alanlarda kendine özgü bir iklim oluşturabilen, belli yükseklik, yapı ve sıklıktaki ağaçların, ağaççık, çalı ve otsu bitkilerin, toprağın altında ve üstünde yaşayan mikroorganizmalar ve çeşitli böcek ve hayvanlarla, orman

toprağının birlikte oluşturduğu bir yaşam birliği olarak ifade edilir. Hukuki açıdan ise birincil unsurun arazi olduğu, ağaç ve ağaççık topluluklarının bütünleyici parça olarak yer aldığı bileşik eşya olarak tanımlanmaktadır (Çağdaş, 2014).

Ülkemizde devlet ormanlarının sınırlarının belirlenmesi ve bu ormanların tapuya tescilinin yapılması ilk defa Ocak 1937 yılında yürürlüğe giren 3116 sayılı Orman Kanunu ile gerçekleştirilmiş olup bu tarihten sonraki yıllarda 6831 sayılı Orman Kanunu ve bu kanunun 1744, 2896, 3302 sayılı Kanunlarla değişiklikleri ile çalışmalara devam edilmiştir (Özdemir, 2008).

6831 sayılı Orman Kanunu'nun 1. maddesinde "Tabii olarak yetişen ve emekle yetiştirilen ağaç ve ağaççık toplulukları yerleriyle birlikte orman sayılır." ifadesi ile ormanın tanımı yapılmıştır. Aynı kanunun 11. maddesinde ise ormanlar tescile tabidir ifadesi yer alır. Bu tescilin gerçekleşmesi için ilk olarak kadastro çalışmalarının yapılması gerekir. İlk zamanlar gerçekleşen çalışmalarda ormanlar, taşınmaz mülkiyetinin konusu kapsamında olmadığından Kadastro Kanunu gereğince kadastronu yapılacak yerlerden değildi ve işlemler Orman Genel Müdürlüğü (OGM) görev ve yetkisinde yürütülüyordu. 2005 yılında Kadastro Kanunu'nda yapılan değişiklik ile çalışma alanında orman bulunması durumunda Orman Kadastronu'nun kadastro ekiplerince yapılacağı hükmedilmiştir. Ancak çalışmalarda kadastro ekibine OGM taşra teşkilatınca görevlendirilecek en az bir orman yüksek mühendisi veya orman mühendisi ile tarım müdürlüklerince görevlendirilecek bir ziraat yüksek mühendisi veya ziraat mühendisinin de yer alması zorunluluğu vardır. 2012 yılında 6831 sayılı Orman Kanunu'nda yapılan değişiklikle Orman Kadastronu'nun teknik işlemleri harita ve kadastro mühendisleri sorumluluğuna bırakılmıştır (Çağdaş, 2014).

6831 sayılı Orman Kanunu'nun 3302 sayılı kanunla değişik, 2012 tarihli 28199 sayılı Orman Kadastronu ve 2/B Uygulama Yönetmeliği Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğin 1. maddesinde "Orman alanlarının ve 31.8.1956 tarihli ve 6831 sayılı Orman Kanunu'nun 2. maddesinin birinci fıkrasının (B) bendine göre orman sınırları dışına çıkarılan yerlerin geometrik ve hukuki durumlarının tayin ve tespiti ile bu suretle sınırlandırılan ormanların ve orman sınırları dışına çıkartılan alanların tapu siciline tescillerini sağlamak ve orman kadastro sisteminin altlığını oluşturmaktır" ifadesi orman kadastronun amacını belirtmektedir.

Ağustos 2013 tarihli ve 28726 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren 6495 sayılı Kanun ile 3402 sayılı Kadastro Kanuna eklenen Ek madde 5 gereğince; daha önce kadastro tamamlanmış kadastro uygulama alanlarında, orman kadastro henüz yapılmamışsa bu ormanların kadastro da 3402 sayılı Kadastro Kanunu gereğince kadastro ekipleri tarafından yapılacaktır. Böylelikle tesis kadastro sırasında ya da tesis kadastro sonrasında tüm ormanların kadastro 3402 sayılı Kadastro Kanunu gereğince kadastro ekipleri tarafından yapılacaktır (İnan, 2020).

Orman Kadastro; mülkiyet ayrımı olmaksızın devletin, kamu tüzel kişilerin ya da özel ormanların ve bu ormanlara ait her türlü taşınmaz malın ormanlar ile ortak sınırlarını belirleyen kadastral işlemler olarak tanımlanır (Anonim, 2017).

3302 sayılı kanunun 9. maddesinde yer alan Orman Kadastro ve 2/B uygulaması yapılacak belde, mahalle ve köyler listesi mahalli kadastro müdürlükleri ile yapılacak çalışmalar sonucunda tanzim edilerek Bölge Müdürlüğü aracılığı ile Genel Müdürlüğe ulaştırılır. Uygulaması yapılacak birimler Genel Müdürlük ve TKGM'ce birlikte belirlenir. Çalışmaların yapılacağı yerler en az bir ay önce radyo, belediye yayın araçları veya belediye ilan tahtasında askı suretiyle ilan edilir. Orman kadastro komisyonu tarafından yapılacak çalışmalar ise en az 15 gün önce çalışma yapılacak belde, mahalle ve köylere, bunlara bitişik belde ve köylerde asılacak ilan kâğıdı ile duyurulur. Orman kadastro komisyonlarınca, zeminde orman sınırları belirlenir, orman sınır tutanakları tutulur ve orman haritaları düzenlenerek askı ilanına alınmadan önce Kadastro Müdürlüğü Kontrol Mühendisleri tarafından kontrol edilir. Orman haritalarının imzalanmasından sonra orman kadastro komisyonu başkanlığınca tasdik olunur. Kesinleşen orman veya 2/B kadastro tescil edilmeden önce kadastro müdürlüğünce teknik kontrolden geçirilerek eksiklikler varsa giderilir. Kontrol çalışması yapıp "Kontrol Raporunun" varlığı görüldükten sonra gerekli kayıt işlemleri yapılarak tescil işlemine geçilir. Ormanların tescilinde; tapu müdürlüğü tarafından işlem yevmiye defterine kaydedilir. Gerekli kontrol işlemleri yapıldıktan sonra ormanlar Maliye Hazinesi adına tescil edilir (Koçak, 2013).

Son olarak Kasım 2021 yılında yürürlüğe giren 31675 sayılı Orman Kanunu'nun 17. Maddesinin Üçüncü Fıkrasının Uygulanması Hakkında Yönetmelik ile uygulamalar yeni bir boyut kazanmıştır.

5.3 Altyapı Kadastro

Yeraltı tesislerinin (bazen yerüstünden de geçebilir) ve bu tesislere bağlı parçaların üç boyutlu konumlarının bilinmesi ile bunların mülkiyetle ilişkisi olanların kadastral durumunun belirlenmesi faaliyetlerine altyapı (yeraltı) kadastro denir (Çolak, 2016).

Yerleşim alanlarındaki elektrik, doğal gaz, içme ve kullanma suyu, kanalizasyon, ulaştırma, merkezi ısıtma sistemleri, haberleşme ve arıtım sistemlerine ait kanal ya da borular yeraltı tesisleridir (Erkan, 1991). Bu tesislerin geçtikleri yerlerin bilinmesi için yapılan ölçme ve haritalama işlemlerine altyapı kadastro denilmişse de bu çalışmalar tamamı ile bir kadastro işlemi değildir (Çolak, 2016). Medeni Kanun 704. maddesine göre arsa ve araziler taşınmaz mülkiyetinin konusunu oluşturmaktadır. Teknik altyapı varlıkları ise Medeni Kanun 618. maddesine göre sorumlusu kurum ve kuruluşların mülkiyetinde olup tapu kütüğüne tescil edilemediklerinden, taşınmaz mevzuatında değerlendirilemediğinden kadastroya konu olamamaktadır.

Kent yaşamının temel gereksinimlerinden ve gelişmişlik düzeyinin önemli parametresi altyapı tesisleridir. Birçok alanda ihtiyaç duyulan altyapı tesislerin daima kontrol, denetim ve gözetim altında olması gerekmektedir ve konum, mülkiyet gibi bilgilerin güncel, doğru ve kolay ulaşılabilir olması gerekmektedir (Çolak, 2016).

Başka bir ifade ile yeraltı mekânına yerleştirilen iletim ve iletişim tesislerinin, yeraltındaki konumlarının teknik özelliklerinin belirlenerek bu tesisleri gerekli incelikte göstermeyi amaçlayan plan ve bilgilerin oluşturulması için gereken tüm çalışmalara yeraltı kadastro denir. Yapılacak olan yeni yeraltı tesislerinin projelendirilmesi ve yapımı için, mevcut yeraltı tesislerinin konum, kot ve diğer özelliklerinin mutlaka bilinerek bir harita üzerinde gösterilmiş olması gerekmektedir. Yeni tesislerin yapımı gerçekleştirilirken eski tesislere zarar verilmemesi için mevcut tesislerin yeraltındaki konum ve özelliklerini gösteren haritaların ve planların önemi büyüktür. Bu tesislerin konumları hakkında bilgi sahibi olunmaması durumunda (örneğin yüksek gerilim kablounun kazı sırasında parçalanarak vatandaşın elektrik akımına kapılması gibi) ölümle sonuçlanan kazalar meydana gelebilir (Erkan, 1991).

Ülkemizde 1970'li yılların başında İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri (İETT) Genel Müdürlüğü tarafından kendisine ait işletmelerin tespitine yönelik

başlatılan çalışmalar, teknik altyapı kadastrosunun başlangıcı kabul edilmektedir. 1972 yılında TS-1097 sayılı "Şehir içi Yollarında Yeraltı Tesisleri (Su, Havagazı, Elektrik, PTT, Kanalizasyon) ve Bunlarla ilgili Yerüstü Tesislerinin Planlanması ve Yerleştirilmesi Kuralları" mevzuat olarak yapılan ilk düzenlemedir. 1984 tarihinde çıkarılan 3030 sayılı "Büyükşehir Belediyelerinin Yönetimi Hakkında Kanun" ile Altyapı Koordinasyon Merkezi'nin (AYKOME) kurulması en önemli kabul edilebilecek mevzuatlardan biridir. 1993 tarihinde ise TS-10168 sayılı "Şehir içi Yollarda ve Meskûn Yerlerde Yeraltına Kurulan Tesislerin Planlanması ve Yürütülmesi Kuralları" standardı yayımlanmıştır. Günümüzde 15.06.2006 yılında Resmi Gazete'de yayımlanan 26199 sayılı "Büyükşehir Belediyeleri Koordinasyon Merkezi Yönetmeliği" madde 8 ile AYKOME işlevini sürdürmektedir.

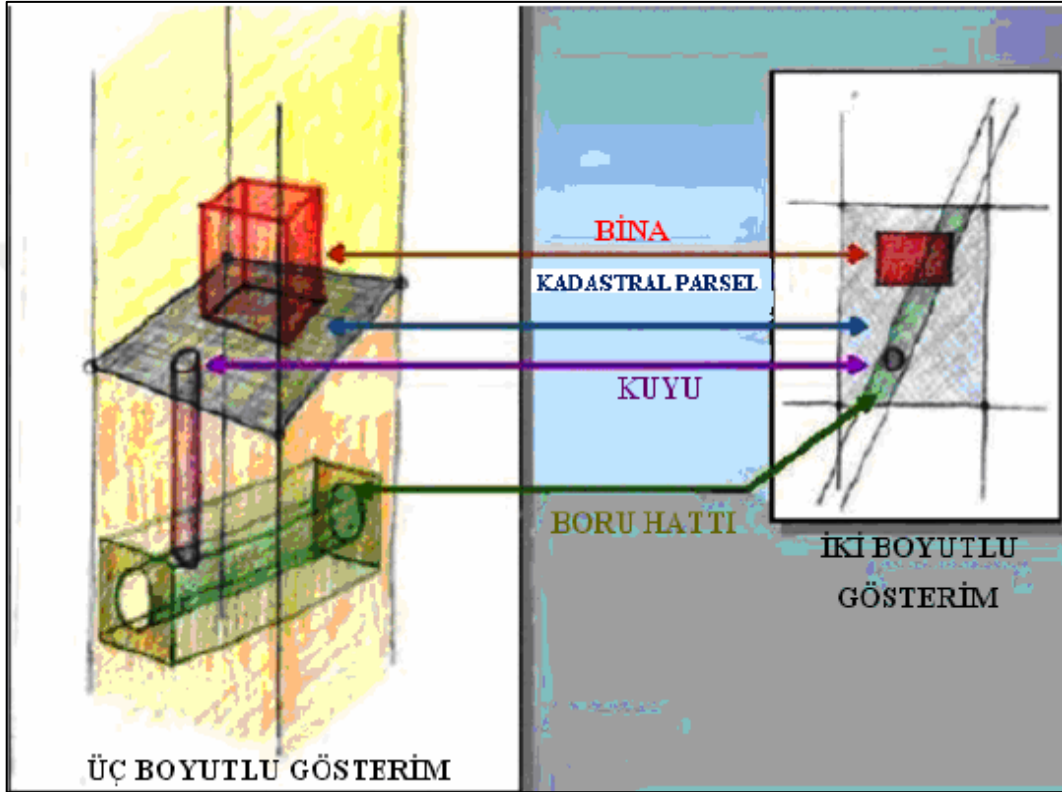
Dünyada ve ülkemizde haritalama bölgesinin mevcut (1/2000, 1/1000, 1/500) büyük ölçekli temel haritaları ve jeodezik ağı esas alınarak, yine büyük ölçekte teknik altyapı tesisleri ile ilgili haritalar hazırlanmaktadır (Haşal, 1997). Teknik altyapı tesisleri ile ilgili semboloji ve grafik bilgi tanımları BÖHHBÜY'deki semboloji dışında standartlaşmış bir gösterimi bulunmamaktadır.

0809	Boru Hatlı (Zemin Altı)	Ç				
Açıklama: Su, petrol, doğalgaz gibi sıvı ve gazların borularla taşınması için zemin altına yapılan yapı.						
0810	Kanalizasyon	Ç				

Şekil 5.1 Altyapı tesisleri semboloji örneği (BÖHHBÜY, 2018)

İmar planında altyapı veya teknik altyapı umumi hizmet alanları olarak yer aldığından, tescilinde bazı sıkıntılara neden olmaktadır. Nüfus artışı ile şehir merkezlerinde birçok alanda arazi kullanım kararlarının önemi her geçen gün artmakta ve toprağın yüzeyi kadar üst ve altında mülkiyet kayıtlarının tutularak haritalanması ya da modellenmesi zorunluluk haline gelmektedir. Üç boyutlu kullanımlar (boru hatları, tüneller, metrolar, sığınaklar, vb.) iki boyutlu hazırlanan kadastro paftaları ile tam olarak gösterilememekte

ve modellemesi yapılamamaktadır. Şekil 5.2'de görüldüğü gibi bir parselin üzerinde bulunan bir bina ile parselin altından geçen boru hattı iki boyutlu çizgisel kadastro paftalarında aynı düzlemde gösterilmektedir. Borunun ne kadar derinden geçtiği, uzunluğu, çapı, gibi bilgiler kaydedilmemekte bu da borunun mülkiyetinin hangi derinlikte olduğunun bilinmemesine neden olmaktadır (Çağatay, 2012).



Şekil 5.2 İki boyutlu ve üç boyutlu kadastro gösterim örneği (Çağatay, 2012)

5.4 Üç Boyutlu Kadastro

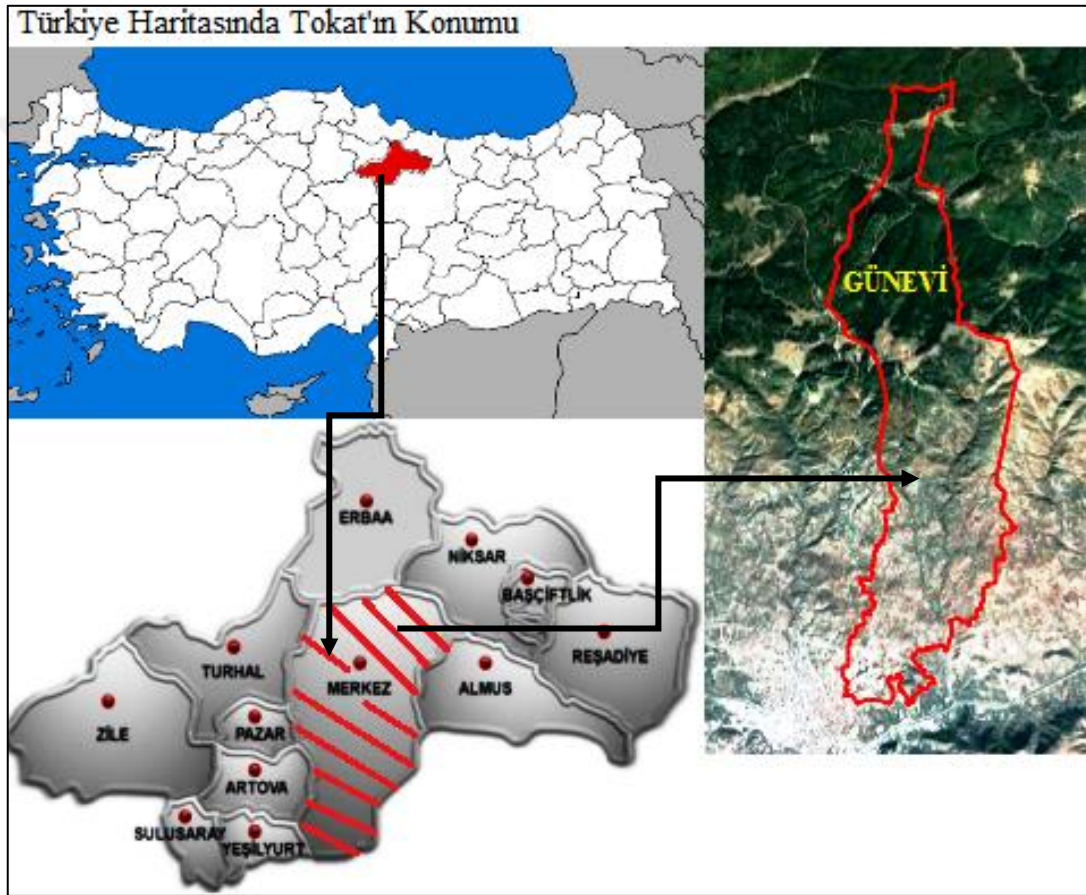
Kadastronun gelişmesindeki en önemli noktalardan biri, iki boyutluluktan üç boyutlu kadastro görüşüne evrilirken, kapsam ve nitelik yönünden modern ilkeler kazanmasıdır. Ülkemizde 2613 sayılı Kadastro ve Tapu Tahriri Kanunundan başlayarak yürürlüğe giren tüm kadastro yasalarında kadastro "taşınmazların hukuki ve geometrik durumlarını belirlemek" açısından incelendiğinde, zemindeki parsellerin belli bir ölçek dâhilinde küçültülerek haritalara işlenmesi çalışmalarının dışına çıkılamamıştır. Bu işlemlerin genel adı iki boyutlu kadastro sistemi olarak ifade edilmektedir. İki boyutlu kadastro sisteminde; arazi planlaması, vergi toplama, arazi ekonomisi, arazi yönetimi ve arazi istatistiği gibi ülke kalkınmasına altyapı oluşturacak veri üretimi işlevleri göz ardı

edilmekte ve sağlıklı şehirlere ulaşma amacından uzaklaşmaktadır. Yer yüzeyinde veya yeraltında bulunan nesnelerden mülkiyete konu olabilecek hak ve yükümlülükler tam olarak belirlenmesi mümkün olmamakta ve sicile kayıt işlemi yapılamamaktadır. Hızla gelişen kentsel yaşamla birlikte iki boyutlu kadaströ sistemi beklentileri karşılamakta zorlanmaktadır. Bu nedenle üç boyutlu kadaströye duyulan ihtiyaç artmaktadır. Üç boyutlu kadaströ, kentlerin büyümesi ve arazi kullanımlarının en uygun düzeyde belirlenmesi gerekliliğini oluşturmaktadır (Bilgin, 2019). Konunun uluslararası seviyede görüşülmesi ilk olarak 2001 tarihinde uluslararası Haritalar Birliği (FIG) öncülüğünde yapılan "3B Kadaströler" adlı Çalıştay ile olmuştur. Çeşitli ülkelerde üç boyutlu kadaströ çalışmaları gerçekleştirilmeye başlansa da henüz istenilen seviyeye ulaşamamıştır. Üç boyutlu kadaströ, hakların uygulandıkları mekânı tescil ve geometrik olarak temsil edecek bir kadaströdür. Üç boyutlu kadaströ'nün amacı üç boyutlu fiziksel nesnelerin konumsal ve yasal temsillerini gerçekleştirmektir. Üç boyutlu kadaströ ile bir taşınmazın değeri, tescil durumu, sit alanı ve afet bölgesi içinde olup olmadığı durumu gibi birçok veriye tek elden erişim sağlanması büyük bir avantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Kapsam olarak üç boyutlu kadaströ imkân, ihtiyaç ve kısıtlamaları belirleyecek üç kısımdan (hukuki, kadastral, teknik) oluşmaktadır. Tam anlamıyla üç boyutlu bir kadaströ'nün geliştirilebilmesi için bu üç farklı kısmın oluşturduğu ihtiyaçlarının karşılanması mecburidir. Hukuki kısımda, üç boyutlu mülkiyet birimlerinin tesis edilmesine imkân verecek yasal düzenlemeler yapılmış olmalıdır. Kadastral (kuramsal) kısımda, hukuki olarak tanımlanan üç boyutlu mülkiyet birimlerinin oluşturulması için hangi verilerin toplanması gerektiği, bunların nasıl sağlanacağı, saklanacağı ve sunulacağı belirlenmelidir. Teknik kısımda ise, üç boyutlu mülkiyet birimlerinin geometrik olarak temsil edilmeleri ve bunların mevcut kadaströ verileri ile entegrasyonu sağlanmalıdır. Üç boyutlu kadaströ bu üç aşama birlikte tamamlandığında mümkün olacaktır (Döner ve ark., 2011).

6. UYGULAMA

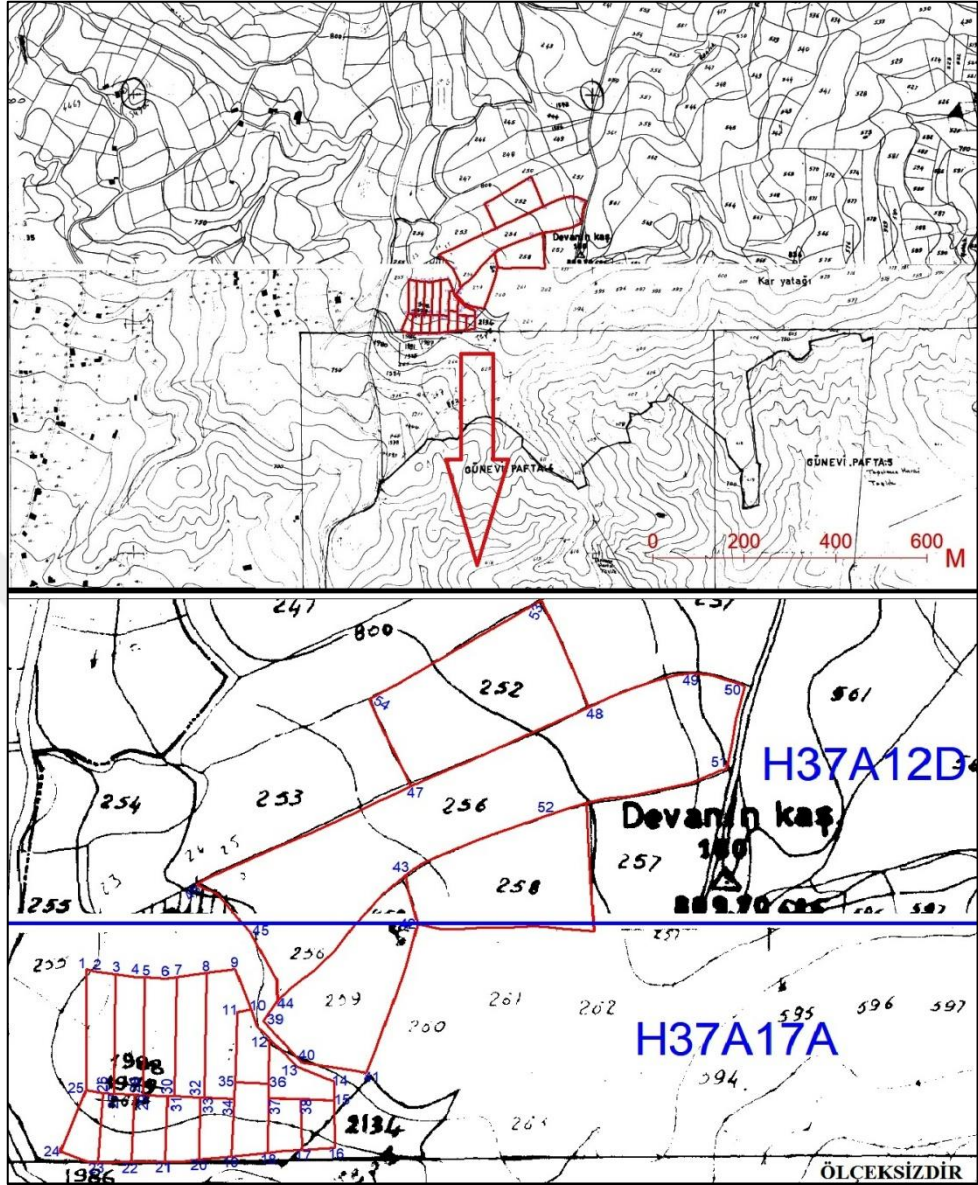
6.1 Uygulama Alanı

Uygulama alanı, Tokat ilinin merkez ilçesine bağlı Günevi köyü seçilmiştir (Şekil 6.1). Köyün adı 1772 kayıtlarında Difye, 1928 kayıtlarında Dive olarak geçmektedir. Tokat il merkezine 6 km uzaklıkta bulunan köy $40^{\circ} 22' 13.7820''$ Kuzey enlemi $36^{\circ} 34' 47.5140''$ Doğu boylamında yer almaktadır.



Şekil 6.1 Tokat İli, Merkez İlçesi, Günevi Köyü

Çalışma alanında ölçüsü yapılan parsellerin 1/5000 ölçekli H37-A-12-D kadastro paftası ile H37-A-17-A kadastro paftasındaki yerleşimi Şekil 6.2'de sunulmuştur.



Şekil 6.2 Uygulama alanının 1/5000'lik kadastro paftasında yerleşimi

Uygulama alanımızın bulunduğu Günevi köyündeki parseller de 1966 yılında 766 sayılı Tapulama Kanunu kapsamında prizmatik, takeometrik gibi ölçü yöntemleri kullanılarak tesis kadastro çalışmaları yapılmıştır. Geçmişten günümüze bu köyde kadastro altlıklarının mevcut zemin yapısını yansıtmaması, belgelerin teknik nedenlerle yetersiz kalması, hesaplamalardan kaynaklanan hataların bulunması nedeniyle kadastro paftalarının yenilenmesi ve mekânsal bilgi sistemine uygun hale getirilip standart verilerin üretilmesi amacıyla 2019 yılında 3402 sayılı Kadastro Kanunu'nun 22-a maddesi kapsamında işlem görmüştür.

6.2 Kullanılan Donanımlar ve Özellikleri

Çalışma kapsamında; yersel ölçüde Topcon OS-103 total station (Şekil 6.3a), GNSS ölçülerinde CHCNAV i90 GNSS alıcısı ve CHCNAV HCE320 kontrol ünitesi (Şekil 6.3b) , İHA ölçümünde DJI Phantom 4 RTK (Şekil 6.3c) kullanılmıştır.

Topcon OS-103 serisi; 500 m ye kadar reflektörsüz okuma, 4,000 m ye kadar reflektörlü okuma sağlamaktadır. Reflektörlü okumalarda 2 mm + 2 ppm, reflektörsüz okumalarda 3 mm + 2 ppm ölçü hassasiyeti göstermektedir. Ölçme süresi olarak hassas okuma 0,9 sn, hızlı okuma 0,7 sn de gerçekleşmektedir. 8 gb hafıza ve 20 saate kadar çalışma süresi ile kullanıcılara sunulmuştur.

CHCNAV i90 serisi; GPS, GLONASS, Galileo ve BeiDou uyduları ile bağlantı kurarak çoklu uydu izleme gerçekleştirebilmektedir. 336 kanallı GNSS çekirdekli bir motorla çalışan i90 herhangi bir ölçme projesine ve konumlandırma uygulamasına sağlam ve güvenilir bir RTK konumu sağlamaktadır. Bluetooth, Wi-Fi, 4G ve UHF radyo modem, 4G modem CORS ile çalışırken kolay kullanım sağlamaktadır. Gerçek zamanlı kinematik (RTK) ölçülerinde yatayda 8 mm + 0,5 ppm dikeyde 15 mm + 0,5 ppm GNSS doğrulukları sunmaktadır.

DJI phantom 4 RTK, üzerinde bütünleşmiş GNSS sistemi ile ölçülerde cm hassasiyetinde veri sunmaktadır. Gerçekleştirdiği uçuşlarda en hassas ölçme, haritalama ve inceleme işlemlerinde yüksek konum doğruluğu sağlamaktadır.



Şekil 6.3 Çalışma kapsamında kullanılan donanımlar

6.3 Kullanılan Yazılımlar ve Özellikleri

Total station ile yapılan yersel ölçülerin ve GNSS ile yapılan ölçülerin değerlendirilmesi NetCAD yazılımı kullanılarak, İHA ile elde edilen görüntülerin değerlendirilerek çözümlenmesi 3D Survey yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

NetCAD yazılımı 1989'dan günümüze mekânsal veri üretimi, analizi ve yönetiminde farklı mesleki disiplinlerden profesyonellerin ihtiyaçlarına yönelik çözümler üretir. Çizim, hesaplama gerektiren işleri CAD yetenekleri ile çözen bir programdır. Haritalama, inşaat, jeoloji, şehircilik, altyapı ve hizmet gibi farklı sektörlerden kullanıcı gruplarının dijital veri ihtiyaçlarını karşılar. NetCAD yazılımının kendine özgü formatı .ncn ve .ncz uzantılarıdır. NetCAD'in farklı modülleri kullanılarak; arazi toplulaştırması, kadastro hesap uygulaması, imar dağıtım, yol projelendirme, şehir planlama gibi birçok mesleki uygulamalara çözüm sunmaktadır.

3D Survey programı herhangi bir kamera veya sensörle eşleştirilmiş sabit kanatlı veya döner kanatlı İHA ile elde edilen uygun özellikteki dijital görüntüleri proses etmek üzere tasarlanmış bir yazılımdır. Bu yazılım ile uygulamalarda yüksek performanslı sonuçlar veren cm düzeyinde hassasiyet elde edilebilir. Yazılım; nokta bulutu üretimi, sayısal yükseklik modeli ve sayısal arazi modeli verilerinin üretimi, ortofoto üretimi, yükseklik haritası, üçgen model oluşturma gibi özellikleri içinde barındırır. Ulaşılması zor arazilerde zaman verimliliği sunarak fotoğraf değerlendirme, haritalama, hesaplama vb. işlemleri ile kullanıcılara sunulmaktadır.

6.4 Arazi Çalışması

Uygulama alanımıza ait parsellerin köşe nokta koordinatları Tokat Kadastro Müdürlüğünden temin edildi. Parsel köşe koordinatlarının koordinat bilgilerini içeren koordinat nokta klasörü arazide CORS-TR ölçü yöntemi ile aplane edilmek üzere büroda bilgisayar ortamından GNSS kontrol ünitesine aktarıldı.

Arazide CORS-TR ölçü yöntemi ile aplane edilen parsel köşe noktalarına daha önce hazırlanmış olan işaretli objeler çivi çakılarak sabitlendi (Şekil 6.4).



Şekil 6.4 Referans koordinatlarına sabitlenen obje noktası örneği

Total station ile noktaların alımı için parsel köşe noktalarını maksimum düzeyde görebilecek şekilde zeminde üç adet poligon noktası tesis edildi. Poligon noktalarının koordinat değerleri GNSS alıcısı yardımıyla CORS-TR ölçme yöntemi kullanılarak 1 saat ara ile 10 epokluk 2 ölçü yapılarak tespit edildi.

Aplikasyon işlemi tamamlandıktan sonra parsel köşe noktalarına sabitlenen obje noktaları üzerindeki çiviler baz alınarak öğleden önce ve öğleden sonra olmak üzere iki defa CORS-TR ölçme yöntemi kullanılarak detay alımı için GNSS ölçüleri yapıldı.

GNSS ölçülerinden sonra koordinatları belirlenen poligon noktalarına sırası ile Topcon OS-103 total station aleti kurularak parsel köşe noktalarının yersel ölçüleri BÖHHBÜY'de belirtilen uzaklıklar dikkate alınarak yapılmıştır. Nokta tesisinde tüm alanı görececek şekilde bir poligon ağı tesis edilmeye çalışılmış olsa da yersel ölçüler sırasında şev, ağaç gibi engeller nedeni ile bazı noktaların ölçüsü gerçekleştirilememiştir (Şekil 6.5). Bu da yersel ölçülerin dezavantajlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 6.5 Yersel ölçüler sırasında arazide karşılaşılan engeller

Yersel ölçü ve GNSS ölçüleri tamamlandıktan sonra uygulama alanımızı kapsayacak şekilde DJI Phantom 4 RTK'lı İHA ile uçuş için hazırlıklar yapıldı. Uçuş gerçekleştirilmeden önce BÖHHBÜY' ne uygun olarak çalışma alanını kapsayan 4 adet YKN tesis edilerek plastik ölçü markaları ile arazide işaretlendi (Şekil 6.6).

YKN tesis edilmesindeki temel amaç; hava fotoğraflarından elde edilen görüntülerin koordinatlarını arazi koordinatlarına hassas olarak dönüştürebilmektir. Bunun için YKN noktaları hava fotoğrafı çekiminden önce fotoğraflarda görünecek ve ölçü yapılabilecek şekilde arazide işaretlenerek koordinatları hassas olarak belirlenmiştir.

BÖHHBÜY'de belirtildiği üzere YKN sayısı hiçbir şekilde dört adetten az tesis edilemez. YKN ve denetleme noktalarının tesisi ve işaretlenmesi en az 60°'lik bir görüş açısına sahip olacak şekilde açık alanlara yapılır ve görüş alanı içinde bina ve ağaç gibi herhangi bir engel olmamalıdır. Yeterli görüş olmayan durumlarda ise işaretler çatı ve benzeri yüksek noktalara yapılabilir. Bu durumdaki işaretler, jeodezik ölçülerle yakınındaki noktalara, bu noktalar ile aynı doğruluk derecesine sahip olacak şekilde bağlanır ve koordinatları bulunur.



Şekil 6.6 Yer kontrol noktalarında kullanılan ölçü markaları

Arazide tesis edilen YKN'lerde CORS-TR ölçme yöntemi kullanılarak 10 epokluk GNSS ölçüleri yapılarak koordinat değerleri tespit edildi. Uygulama alanımızı kapsayacak şekilde 80 m yükseklikten, %80 enine, %70 boyuna bindirmeli olarak daha önce hazırlanmış olan uçuş ölçü planı doğrultusunda (Şekil 6.7) uçuş gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6.7 3D Survey yazılımında uygulama alanı uçuş planı

6.5 Büro Çalışması

6.5.1 Yersel ölçülerin değerlendirilmesi

Arazide total station ve GNSS alıcısı ile CORS-TR ölçme yöntemi kullanılarak ölçümü yapılan parsel köşe nokta koordinatlarına ait klasörler bilgisayara aktarılmıştır. Total station, GNSS ve İHA ile yapılan ölçülerden elde edilen parsel köşe nokta koordinatları kadastro koordinatları ile karşılaştırılacağından her üç ölçü yönteminin ayrı ayrı değerlendirilmesi yapılmıştır. İlk olarak sayısal ortama aktarılan total station ile yapılan yersel ölçü verileri NetCad yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir. NetCad yazılımında hesap modülü kullanılarak oluşturulan parsel köşe nokta koordinatlarının kutupsal ölçü ve hesap çizelgesi, Microsoft Office Excel programında tablo haline getirilmiştir (Tablo 6.1).

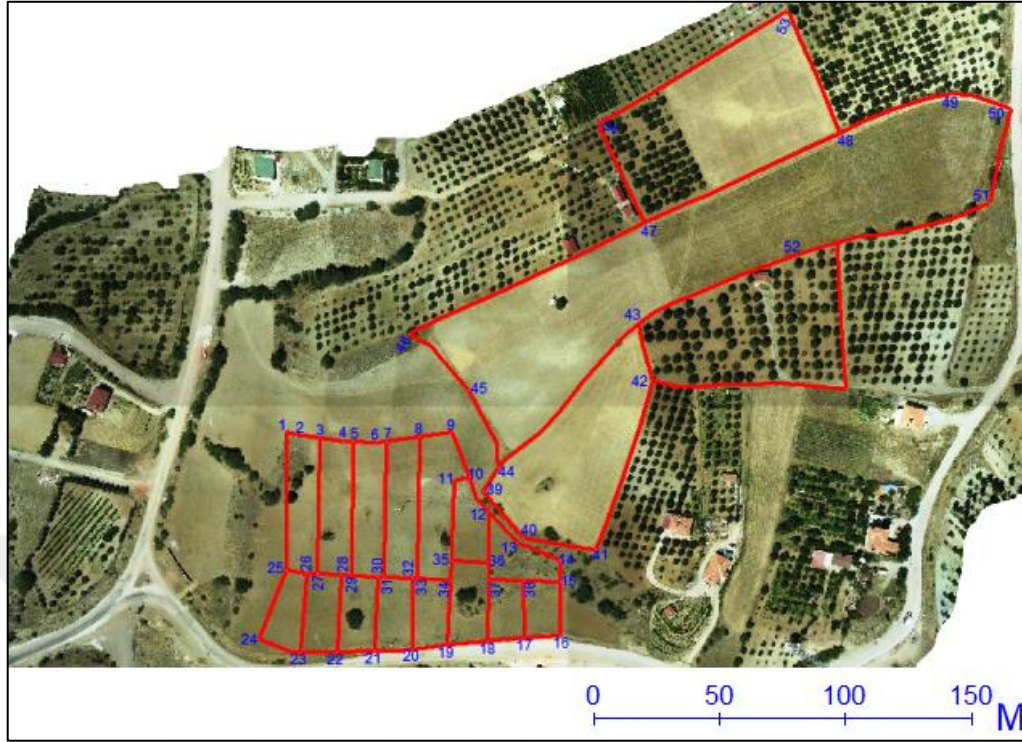
Tablo 6.1 Kutupsal ölçü ve hesap çizelgesi

Bakılan Nokta	Açılar		Eğik Mesafe (m)	Hesaplanan		Yans Yük. (m)	Y (m)	X (m)
	Yatay	Düşey		Yatay Mesafe (m)	Kot Farkı (m)			
P.1					ALETY	1.51	547661.69	4468345.54
P.2	0.0000	97.7390	47.95	47.91	1.90	1.30	547622.29	4468372.79
25	357.0662	102.7190	84.10	84.02	-3.39	1.30	547577.87	4468339.72
26	355.1236	102.7516	73.83	73.75	-2.98	1.30	547588.31	4468338.19
27	354.2462	102.6104	67.71	67.65	-2.57	1.30	547594.48	4468337.87
28	351.8704	102.5074	55.30	55.25	-1.97	1.30	547607.07	4468337.23
29	350.5694	102.4524	50.10	50.05	-1.72	1.30	547612.37	4468337.00
30	345.1752	103.7586	36.42	36.36	-1.94	1.30	547626.52	4468336.33
31	343.0648	104.3166	33.01	32.93	-2.03	1.30	547630.12	4468336.15
32	326.7004	109.7446	19.60	19.37	-2.78	1.30	547645.14	4468335.48
33	320.9994	111.2708	17.47	17.19	-2.87	1.30	547647.86	4468335.33
34	239.6876	115.4156	12.09	11.74	-2.69	1.30	547665.63	4468334.49
35	173.8004	99.9086	4.45	4.45	0.21	1.30	547666.06	4468344.68
36	165.4502	96.4856	24.19	24.15	1.54	1.30	547685.79	4468344.03
37	187.8350	103.8308	26.21	26.16	-1.37	1.30	547685.64	4468335.02
15	173.4340	100.2272	63.46	63.45	-0.02	1.30	547724.03	4468333.69
14	161.9812	96.1780	62.34	62.22	3.95	1.30	547723.91	4468345.05
13	147.3376	93.7728	41.00	40.80	4.21	1.30	547701.49	4468354.53
40	144.8094	92.2776	44.86	44.53	5.63	1.30	547704.70	4468357.07
12	109.8442	90.1782	35.98	35.55	5.73	1.30	547686.17	4468371.31
24	335.4468	105.0548	107.98	107.63	-8.36	1.30	547562.93	4468302.74
22	315.8872	107.9630	75.82	75.22	-10.10	1.30	547604.95	4468296.16
21	302.2426	112.1886	62.54	61.39	-11.70	1.30	547625.01	4468296.31
20	282.7628	114.5120	52.26	50.91	-11.61	1.30	547644.99	4468297.45
19	258.4896	115.8108	47.53	46.07	-11.48	1.30	547663.85	4468299.52
P.2					ALETY	1.51	547622.29	4468372.79
P.1	0.0000	102.8050	47.97	47.91	-1.90	1.30	547661.69	4468345.54
3	222.3056	105.0248	46.58	46.43	-3.47	1.30	547595.49	4468410.71
4	238.0082	104.3188	38.73	38.64	-2.42	1.30	547608.37	4468408.83
5	245.9298	103.7764	36.99	36.93	-1.99	1.30	547613.36	4468408.62
6	267.4030	102.1040	35.49	35.47	-0.97	1.30	547625.59	4468408.10
7	277.0580	101.4900	37.32	37.30	-0.67	1.30	547631.33	4468408.98

Tablo 6.1 (Devam) Kutupsal ölçü ve hesap çizelgesi

8	300.0788	99.6418	47.11	47.10	0.47	1.30	547649.13	4468411.50
9	313.3202	98.3680	60.04	60.01	1.74	1.30	547665.93	4468413.98
10	342.2208	96.9968	55.91	55.84	2.84	1.30	547675.60	4468389.43
11	341.4008	97.3970	47.38	47.33	2.14	1.30	547667.29	4468387.47
39	351.8124	96.5406	61.20	61.10	3.53	1.30	547682.69	4468382.03
44	342.0002	95.4510	72.45	72.26	5.38	1.30	547691.19	4468394.56
45	305.8218	99.1902	82.41	82.39	1.25	1.30	547675.15	4468435.99
P.3					ALETY	1.48	547735.86	4468482.42
P.2	0.0000	102.7488	158.02	157.85	-6.63	1.30	547622.29	4468372.79
1	22.8236	105.2098	172.85	172.26	-13.95	1.30	547577.83	4468413.88
2	21.5586	104.8256	168.66	168.16	-12.59	1.30	547582.94	4468412.45
43	270.6120	98.8856	32.32	32.32	0.75	1.30	547766.31	4468471.60
47	190.6670	98.0722	55.06	55.03	1.85	1.30	547769.45	4468526.01
48	211.6436	97.8938	165.82	165.71	5.66	1.30	547874.03	4468573.90
49	215.9970	96.2492	228.19	227.77	13.62	1.30	547933.92	4468594.89
50	221.7516	95.7060	252.99	252.39	17.23	1.30	547965.69	4468586.73
41	345.3502	99.8740	132.09	132.07	0.44	1.30	547743.17	4468350.55

Uygulama alanımızdaki 54 referans nokta koordinatlarından total station ile yapılan yersel ölçülerde 11 parsel köşe nokta koordinatları şev, ağaç gibi engeller nedeni ile ölçülemedi. Bu 11 parsel köşe noktalarının; 16 ve 17 numaralı parsel köşe noktaları yol kenarı şev, 18 numaralı parsel köşe noktası engebe, 46 ve 52 numaralı parsel köşe noktaları ağaç, 23, 38, 42, 51, 53 ve 54 numaralı parsel köşe noktaları poligon noktasından bakıldığında önünde ağaç bulunmasından kaynaklı reflektörü görememesinden dolayı ölçüleri yapılamamış ve değerlendirilmeye alınmamıştır (Tablo 6.2). Total station ile yersel ölçüler yapılarak elde edilen parsel köşe nokta koordinatları, kadastrodan alınan referans noktalarımızla karşılaştırılarak konum hassasiyetleri incelenmiştir. Tokat Kadastro Müdürlüğünden temin edilen referans nokta koordinatlarının arazideki konumları Şekil 6.8'de gösterilmiştir.



Şekil 6.8 Referans alınan parsel köşe nokta konumları

Referans noktaları ve yersel ölçü noktaları arasındaki fark çizelgesinde gösterilen K harfi ile başlayan nokta numaraları kadastro noktalarına, T harfi ile başlayan nokta numaraları total station ile ölçüler sonucu bulunan parsel köşe nokta koordinatlarına karşılık gelecek şekilde Tablo 6.2'de isimlendirilerek sıralama yapılmıştır. Yersel ölçü sonucu elde edilen T1, T2, T3, ..., T53, T54 parsel köşe nokta koordinatları, bu noktalara karşılık gelen K1, K2, K3, ..., K53, K54 kadastro nokta koordinatları ile iki referans değer arasında çıkan farkı gösteren bir Excel tablosu oluşturularak Tablo 6.2'de gösterilmiştir.

Tablo 6.2 Referans noktaları ve yersel ölçü noktaları arasındaki fark çizelgesi (mm)

NN	Y (m)	X (m)	NN	Y (m)	X (m)	$\Delta(KY - TY)$ (mm)	$\Delta(KX - TX)$ (mm)
K1	547577.84	4468413.91	T1	547577.83	4468413.88	1	3
K2	547582.89	4468412.53	T2	547582.94	4468412.45	-5	8
K3	547595.52	4468410.73	T3	547595.49	4468410.71	3	2
K4	547608.41	4468408.89	T4	547608.37	4468408.83	4	6
K5	547613.38	4468408.67	T5	547613.36	4468408.62	2	5

Tablo 6.2 (Devam) Referans noktaları ve yersel ölçü noktaları arasındaki fark çizelgesi (mm)

NN	Y (m)	X (m)	NN	Y (m)	X (m)	$\Delta(KY - TY)$ (mm)	$\Delta(KX - TX)$ (mm)
K6	547625.57	4468408.12	T6	547625.59	4468408.10	-2	2
K7	547631.32	4468408.96	T7	547631.33	4468408.98	-1	-2
K8	547649.13	4468411.54	T8	547649.13	4468411.50	0	4
K9	547665.95	4468413.98	T9	547665.93	4468413.98	2	0
K10	547675.59	4468389.42	T10	547675.60	4468389.43	-1	-1
K11	547667.31	4468387.50	T11	547667.29	4468387.47	2	3
K12	547686.13	4468371.32	T12	547686.17	4468371.31	-4	1
K13	547701.51	4468354.56	T13	547701.49	4468354.53	2	3
K14	547723.93	4468345.11	T14	547723.91	4468345.05	2	6
K15	547724.01	4468333.71	T15	547724.03	4468333.69	-2	2
K16	547724.23	4468304.80	T16				
K17	547705.07	4468303.53	T17				
K18	547685.19	4468301.82	T18				
K19	547663.87	4468299.53	T19	547663.85	4468299.52	2	1
K20	547644.98	4468297.50	T20	547644.99	4468297.45	-1	5
K21	547625.03	4468296.34	T21	547625.02	4468296.32	1	2
K22	547605.03	4468296.14	T22	547604.95	4468296.16	8	-2
K23	547585.04	4468295.93	T23				
K24	547562.93	4468302.77	T24	547562.93	4468302.74	0	3
K25	547577.87	4468339.73	T25	547577.87	4468339.72	0	1
K26	547588.30	4468338.18	T26	547588.31	4468338.19	-1	-1
K27	547594.48	4468337.88	T27	547594.48	4468337.87	0	1
K28	547607.06	4468337.28	T28	547607.07	4468337.23	-1	5
K29	547612.37	4468337.03	T29	547612.37	4468337.00	0	3
K30	547626.56	4468336.35	T30	547626.52	4468336.33	4	2
K31	547630.12	4468336.18	T31	547630.12	4468336.15	0	3
K32	547645.14	4468335.46	T32	547645.14	4468335.48	0	-2
K33	547647.85	4468335.33	T33	547647.86	4468335.33	-1	0
K34	547665.60	4468334.49	T34	547665.63	4468334.49	-3	0
K35	547666.11	4468344.72	T35	547666.06	4468344.68	5	4
K36	547685.76	4468344.04	T36	547685.79	4468344.03	-3	1
K37	547685.64	4468335.05	T37	547685.64	4468335.02	0	3
K38	547704.18	4468334.40	T38				
K39	547682.65	4468382.05	T39	547682.69	4468382.03	-4	2
K40	547704.65	4468357.05	T40	547704.70	4468357.07	-5	-2

Tablo 6.2 (Devam) Referans noktaları ve yersel ölçü noktaları arasındaki fark çizelgesi (mm)

NN	Y (m)	X (m)	NN	Y (m)	X (m)	$\Delta(KY - TY)$ (mm)	$\Delta(KX - TX)$ (mm)
K41	547743.15	4468350.55	T41	547743.17	4468350.55	-2	0
K42	547773.57	4468441.45	T42				
K43	547766.32	4468471.60	T43	547766.31	4468471.60	1	0
K44	547691.14	4468394.56	T44	547691.19	4468394.56	-5	0
K45	547675.15	4468436.05	T45	547675.15	4468435.99	0	6
K46	547643.15	4468466.05	T46				
K47	547769.45	4468526.03	T47	547769.45	4468526.01	0	2
K48	547874.04	4468573.90	T48	547874.03	4468573.90	1	0
K49	547933.95	4468594.92	T49	547933.92	4468594.89	3	3
K50	547965.71	4468586.71	T50	547965.69	4468586.73	2	-2
K51	547954.49	4468536.27	T51				
K52	547860.79	4468512.22	T52				
K53	547846.09	4468639.44	T53				
K54	547744.67	4468579.03	T54				

$\Delta(K_{NN} - T_{NN})$ = Kadastro- Total Station ölçü farkları (mm)

Lejant	
	Şev engeli
	Ağaç engeli
	Ağaç engeli

6.5.2 GNSS ölçülerinin değerlendirilmesi

Total station ile yapılan yersel ölçülerin değerlendirilmesinden sonra GNSS ile yapılan uydu gözlemlerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Yapılan gözlemlerde farklı uydular kullanılarak duyarlılığın artırılması için öğleden önce ve öğleden sonra olmak üzere parsel köşe nokta koordinatlarından iki kez CORS-TR ölçme yöntemi kullanılarak ölçüler yapılmıştır. Yapılan ölçülerin kaydedildiği klasörler bilgisayar ortamına aktarılmıştır. NetCAD yazılımında hesap modülü kullanılarak iki kez okuması yapılan nokta koordinatlarının, koordine özet rapor sonucu alınarak Tablo 6.3'te gösterildiği gibi Excel tablosu oluşturulmuş ve nokta koordinatlarının ortalamaları alınmıştır. Tablo 6.3'te öğleden önce yapılan GNSS ölçülerin nokta numaraları A harfi ile öğleden sonra yapılan GNSS ölçülerinin nokta numaraları F harfi ile adlandırılmıştır.

Tablo 6.3 GNSS ölçü nokta koordinatları (m)

NN	SAĞA DEĞER (Y) (m)	YUKARI DEĞER (X) (m)	NN	SAĞA DEĞER (Y) (m)	YUKARI DEĞER (X) (m)	Y(ort) (m)	X(ort) (m)
ALIM 1			ALIM 2				
A1	547577.84	4468413.89	F1	547577.83	4468413.86	547577.84	4468413.87
A2	547582.95	4468412.49	F2	547582.94	4468412.47	547582.94	4468412.48
A3	547595.47	4468410.72	F3	547595.49	4468410.72	547595.48	4468410.72
A4	547608.36	4468408.86	F4	547608.35	4468408.85	547608.36	4468408.86
A5	547613.38	4468408.63	F5	547613.35	4468408.63	547613.37	4468408.63
A6	547625.58	4468408.14	F6	547625.62	4468408.18	547625.60	4468408.16
A7	547631.34	4468408.99	F7	547631.32	4468409.00	547631.33	4468408.99
A8	547649.12	4468411.50	F8	547649.11	4468411.51	547649.12	4468411.51
A9	547665.94	4468414.01	F9	547665.92	4468414.01	547665.93	4468414.01
A10	547675.58	4468389.43	F10	547675.58	4468389.46	547675.58	4468389.45
A11	547667.28	4468387.51	F11	547667.29	4468387.50	547667.29	4468387.51
A12	547686.17	4468371.31	F12	547686.14	4468371.31	547686.16	4468371.31
A13	547701.49	4468354.53	F13	547701.50	4468354.53	547701.50	4468354.53
A14	547723.91	4468345.08	F14	547723.90	4468345.06	547723.90	4468345.07
A15	547724.03	4468333.72	F15	547724.02	4468333.70	547724.03	4468333.71
A16			F16				
A17			F17				
A18	547685.43	4468302.32	F18	547685.42	4468302.33	547685.42	4468302.33
A19	547663.84	4468299.55	F19	547663.84	4468299.53	547663.84	4468299.54
A20	547645.01	4468297.45	F20	547644.98	4468297.48	547645.00	4468297.46
A21	547625.02	4468296.31	F21	547625.01	4468296.33	547625.01	4468296.32
A22	547604.98	4468296.19	F22	547604.97	4468296.21	547604.97	4468296.20
A23	547585.02	4468295.98	F23	547585.03	4468296.01	547585.02	4468296.00
A24	547562.95	4468302.78	F24	547562.95	4468302.78	547562.95	4468302.78
A25	547577.89	4468339.76	F25	547577.93	4468339.73	547577.91	4468339.74
A26	547588.30	4468338.21	F26	547588.34	4468338.20	547588.32	4468338.20
A27	547594.48	4468337.88	F27	547594.52	4468337.88	547594.50	4468337.88
A28	547607.06	4468337.24	F28	547607.08	4468337.22	547607.07	4468337.23
A29	547612.37	4468337.01	F29	547612.40	4468337.01	547612.39	4468337.01
A30	547626.52	4468336.35	F30	547626.54	4468336.31	547626.53	4468336.33
A31	547630.12	4468336.16	F31	547630.14	4468336.14	547630.13	4468336.15
A32	547645.15	4468335.49	F32	547645.13	4468335.46	547645.14	4468335.47

Tablo 6.3 (Devam) GNSS ölçü nokta koordinatları (m)

A33	547647.86	4468335.35	F33	547647.89	4468335.34	547647.87	4468335.35
A34	547665.61	4468334.51	F34	547665.63	4468334.50	547665.62	4468334.50
A35	547666.06	4468344.70	F35	547666.05	4468344.68	547666.05	4468344.69
A36	547685.78	4468344.04	F36	547685.78	4468344.04	547685.78	4468344.04
A37	547685.62	4468335.04	F37	547685.64	4468335.01	547685.63	4468335.03
A38	547704.28	4468334.33	F38	547704.26	4468334.33	547704.27	4468334.33
A39	547682.69	4468382.05	F39	547682.67	4468382.06	547682.68	4468382.05
A40	547704.71	4468357.08	F40	547704.70	4468357.09	547704.71	4468357.08
A41	547743.17	4468350.55	F41	547743.17	4468350.56	547743.17	4468350.55
A42	547771.80	4468441.87	F42	547771.93	4468441.81	547771.87	4468441.84
A43	547766.34	4468471.61	F43	547766.45	4468471.52	547766.39	4468471.56
A44	547691.19	4468394.56	F44	547691.18	4468394.59	547691.19	4468394.57
A45	547675.16	4468436.02	F45	547675.15	4468436.01	547675.15	4468436.01
A46			F46				
A47	547769.46	4468526.03	F47	547769.45	4468526.01	547769.46	4468526.02
A48	547874.05	4468573.90	F48	547874.03	4468573.89	547874.04	4468573.89
A49	547933.96	4468594.88	F49	547933.94	4468594.87	547933.95	4468594.88
A50	547965.70	4468586.72	F50	547965.70	4468586.74	547965.70	4468586.73
A51	547954.48	4468536.25	F51	547954.48	4468536.26	547954.48	4468536.25
A52			F52				
A53	547846.10	4468639.47	F53	547846.11	4468639.46	547846.10	4468639.46
A54	547744.65	4468579.00	F54	547744.67	4468579.01	547744.66	4468579.01

$$Y_{(ort)}, X_{(ort)} = \frac{ALIM1+ALIM2}{2} \text{ (m)}$$

Uygulama alanımızda CORS-TR ölçme yöntemi kullanılarak yapılan GNSS ölçüleri sırasında 16 ve 17 numaralı nokta koordinatlarının şev, 46 ve 52 numaralı noktaların ağaç gövdelerine rastlaması (toplam 4 nokta) ölçülerde eksikliklere; 42 numaralı nokta koordinatlarının sık yapraklı ağaç altında bulunması ise nokta koordinat hassasiyetinin düşmesine neden olmuştur (Tablo 6.4). 18 numaralı nokta koordinatlarının hassasiyetinin düşük çıkmasındaki ana unsurun İHA görüntülerinden faydalanılarak bakıldığında ölçüler sırasında baz alınan obje merkezindeki işaretin kayması sonucu olduğu görülmüştür (Tablo 6.4).

Referans noktaları ve GNSS ölçü noktaları arasındaki fark çizelgesinde gösterilen K harfi ile başlayan nokta numaraları kadastro noktalarına, G harfi ile başlayan nokta

numaraları CORS-TR ölçme yöntemi kullanılarak yapılan GNSS ölçüleri sonucu ortalaması alınan parsel köşe nokta koordinatlarına karşılık gelecek şekilde Tablo 6.4'te isimlendirilerek sıralama yapılmıştır. Tablo 6.4'te GNSS ölçü sonucu elde edilen G1, G2, G3, ... , G53, G54 parsel köşe nokta koordinatları, bu noktalara karşılık gelen K1, K2, K3, ..., K53, K54 kadastro nokta koordinatları ile iki referans değer arasında çıkan farkı gösteren bir Excel tablosu oluşturularak gösterilmiştir.

Tablo 6.4 Referans noktaları ve GNSS ölçü noktaları arasındaki fark çizelgesi (mm)

NN	Y (m)	X (m)	NN	Y(ort) (m)	X(ort) (m)	$\Delta(KY - GY)$ (mm)	$\Delta(KX - GX)$ (mm)
K1	547577.84	4468413.91	G1	547577.84	4468413.87	1	4
K2	547582.89	4468412.53	G2	547582.94	4468412.48	-6	5
K3	547595.52	4468410.73	G3	547595.48	4468410.72	4	1
K4	547608.41	4468408.89	G4	547608.36	4468408.86	5	4
K5	547613.38	4468408.67	G5	547613.37	4468408.63	2	4
K6	547625.57	4468408.12	G6	547625.60	4468408.16	-3	-4
K7	547631.32	4468408.96	G7	547631.33	4468408.99	-1	-4
K8	547649.13	4468411.54	G8	547649.12	4468411.51	2	3
K9	547665.95	4468413.98	G9	547665.93	4468414.01	3	-3
K10	547675.59	4468389.42	G10	547675.58	4468389.45	1	-3
K11	547667.31	4468387.50	G11	547667.29	4468387.51	2	-1
K12	547686.13	4468371.32	G12	547686.16	4468371.31	-3	1
K13	547701.51	4468354.56	G13	547701.50	4468354.53	2	2
K14	547723.93	4468345.11	G14	547723.90	4468345.07	2	4
K15	547724.01	4468333.71	G15	547724.03	4468333.71	-1	0
K16	547724.23	4468304.80	G16				
K17	547705.07	4468303.53	G17				
K18	547685.19	4468301.82	G18	547685.42	4468302.33	-23	-51
K19	547663.87	4468299.53	G19	547663.84	4468299.54	2	-1
K20	547644.98	4468297.50	G20	547645.00	4468297.46	-2	4
K21	547625.03	4468296.34	G21	547625.01	4468296.32	2	2
K22	547605.03	4468296.14	G22	547604.97	4468296.20	6	-6
K23	547585.04	4468295.93	G23	547585.02	4468296.00	1	-6
K24	547562.93	4468302.77	G24	547562.95	4468302.78	-2	-1
K25	547577.87	4468339.73	G25	547577.91	4468339.74	-4	-2

Tablo 6.4 (Devam) Referans noktaları ve GNSS ölçü noktaları arasındaki fark çizelgesi (mm)

NN	Y (m)	X (m)	NN	Y(ort) (m)	X(ort) (m)	$\Delta(KY - GY)$ (mm)	$\Delta(KX - GX)$ (mm)
K26	547588.30	4468338.18	G26	547588.32	4468338.20	-2	-3
K27	547594.48	4468337.88	G27	547594.50	4468337.88	-2	0
K28	547607.06	4468337.28	G28	547607.07	4468337.23	-1	5
K29	547612.37	4468337.03	G29	547612.39	4468337.01	-2	2
K30	547626.56	4468336.35	G30	547626.53	4468336.33	3	2
K31	547630.12	4468336.18	G31	547630.13	4468336.15	-1	3
K32	547645.14	4468335.46	G32	547645.14	4468335.47	0	-1
K33	547647.85	4468335.33	G33	547647.87	4468335.35	-2	-1
K34	547665.60	4468334.49	G34	547665.62	4468334.50	-2	-2
K35	547666.11	4468344.72	G35	547666.05	4468344.69	5	3
K36	547685.76	4468344.04	G36	547685.78	4468344.04	-2	0
K37	547685.64	4468335.05	G37	547685.63	4468335.03	1	2
K38	547704.18	4468334.40	G38	547704.27	4468334.33	-8	7
K39	547682.65	4468382.05	G39	547682.68	4468382.05	-3	0
K40	547704.65	4468357.05	G40	547704.71	4468357.08	-5	-3
K41	547743.15	4468350.55	G41	547743.17	4468350.55	-1	0
K42	547773.57	4468441.45	G42	547771.87	4468441.84	170	-39
K43	547766.32	4468471.60	G43	547766.39	4468471.56	-7	4
K44	547691.14	4468394.56	G44	547691.19	4468394.57	-5	-2
K45	547675.15	4468436.05	G45	547675.15	4468436.01	0	4
K46	547643.15	4468466.05	G46				
K47	547769.45	4468526.03	G47	547769.46	4468526.02	-1	1
K48	547874.04	4468573.90	G48	547874.04	4468573.89	0	1
K49	547933.95	4468594.92	G49	547933.95	4468594.88	0	4
K50	547965.71	4468586.71	G50	547965.70	4468586.73	1	-3
K51	547954.49	4468536.27	G51	547954.48	4468536.25	1	1
K52	547860.79	4468512.22	G52				
K53	547846.09	4468639.44	G53	547846.10	4468639.46	-1	-3
K54	547744.67	4468579.03	G54	547744.66	4468579.01	1	2

$\Delta(K_{NN} - G_{NN})$ = Kadastro - GNSS ölçü farkları (mm)

6.5.3 İHA ölçülerinin değerlendirilmesi

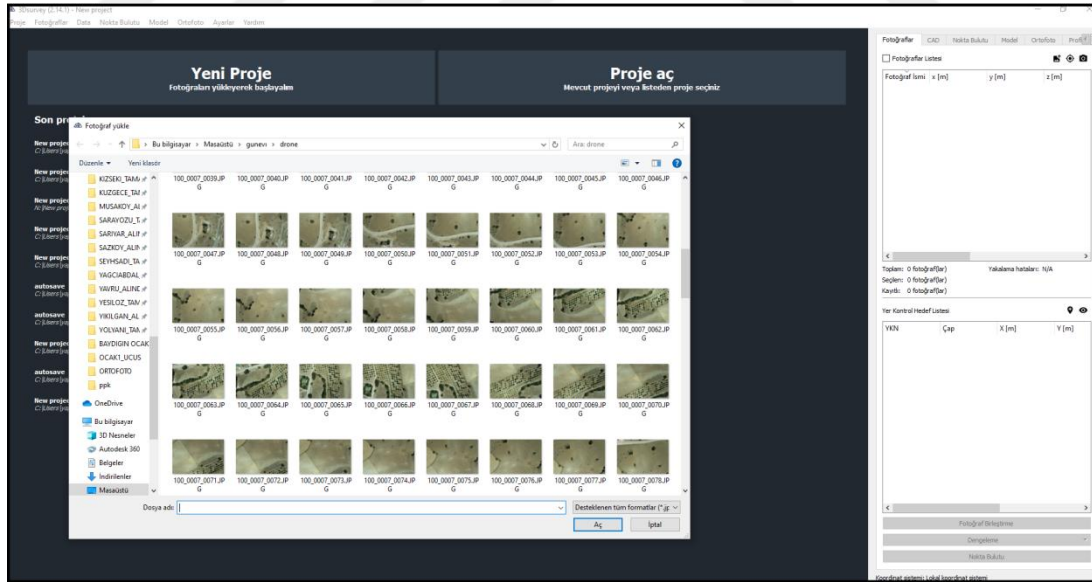
Yersel ölçü ve GNSS ölçülerinin değerlendirilmesinin ardından İHA ile uçuş sonrası elde edilen verilerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Uygulama alanımızı kapsayacak şekilde DJI Phantom 4 RTK ile yaklaşık 20 dakika İHA ile uçuş gerçekleştirilmiştir.

Uygulama alanında DJI FC6310R kamera modeli, 5472 x 3648 çözünürlük, 8.8mm odak uzaklığı, 13.2 x 8.8mm sensör genişliği ve 2.412µm piksel boyutuna sahip DJI Phantom 4 RTK cihazı ile uçuş sonrası 0.025m piksel çözünürlüğü ve boyutu 608m x 470.8m olan ortofoto elde edilmiştir. Uçuş ile ilgili bilgilerin detay raporu Ek-1'de sunulmuştur.

İlk olarak uçuş sonrası elde edilen 205 adet fotoğrafın bulunduğu klasör bilgisayar ortamına aktarılmıştır.

Uygulama alanına ait İHA ile elde edilen fotoğrafların birleştirme işlemi 3D Survey yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

3D Survey programında ilk olarak yeni proje sekmesi tıklanarak İHA ile elde edilen fotoğrafların bulunduğu klasör seçilerek açılmıştır (Şekil 6.9).



Şekil 6.9 Uçuş sonrası elde edilen fotoğrafların 3D Survey yazılımında açılması

Gelen ekranda İHA modeli, projenin yatay ve düşey koordinat sistemleri uygulama alan bilgilerine göre işaretlenerek yüklenmiş (Şekil 6.10) ve uçuş sonrası elde edilen fotoğrafların koordinatlarını ve hassasiyetlerini gösteren uçuş veri tablosu ekrana gelmiştir (Şekil 6.11)

Uçuş Data Yükleme

Datalarınız için Uçuş Data verilerini yüklemek ister misiniz?

İHA modelini seç: Exif data (DJI Phantom 4, Inspire 1, eBee, Falcon 8, ...)

Dosya gir: Herhangi bir dosya seçmenize gerek yok. Ara

Ayraç: Semi-colon [;] ☐ Ardışık ayraçları tek olarak düzenle

☐ Lokal koordinat sistemi

☒ Bilinen projeksiyon

☒ Uçuş Data koordinat sistemini göster

☒ Proje koordinat sistemini gizle

Proje Koordinat Sistemi: 5256 (PCS) -- TUREF / TM36 [TUREF to WGS 84 (1)]

Proje Yükseklik Modeli: Elipsoidal Yükseklik

Yükle Atla

Şekil 6.10 3D Survey yazılımında uçuş veri bilgi yükleme ekranı

Uçuş Data

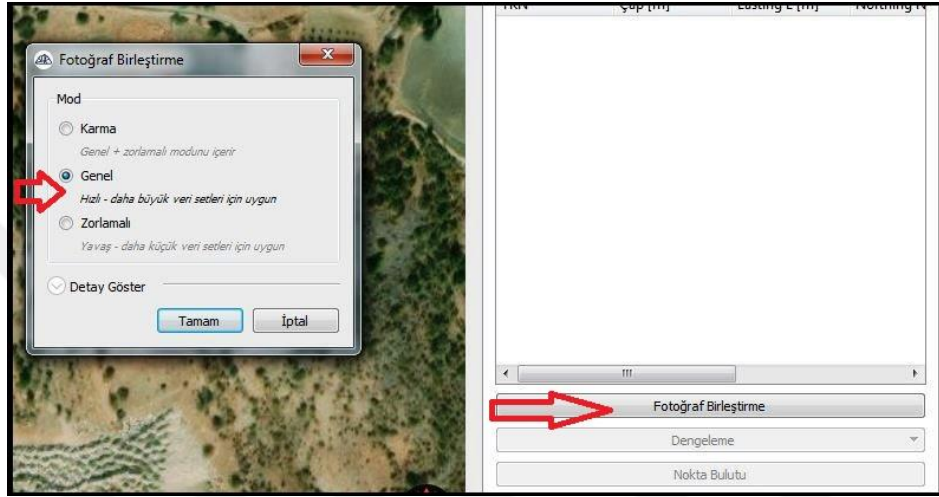
Projeksiyon: TUREF / TM36

Fotoğraf	Emlem [der]	Boylam [der]	Yükseklik [m]	X [m]	Y [m]	Z [m]	AGL [m]	X hassasiyeti [m]	Y hassasiyeti [m]
100_0007_0013.JPG	40.347836	36.559215	908.400	547510.448	4468302.199	908.400	79.970	0.014	0.012
100_0007_0014.JPG	40.347757	36.559375	908.490	547524.151	4468293.473	908.490	80.060	0.014	0.012
100_0007_0015.JPG	40.347734	36.559436	908.470	547529.325	4468290.994	908.470	80.070	0.014	0.012
100_0007_0016.JPG	40.347899	36.559457	908.340	547530.985	4468309.279	908.340	79.920	0.014	0.012
100_0007_0017.JPG	40.348041	36.559479	908.430	547532.722	4468325.016	908.430	80.010	0.014	0.012
100_0007_0018.JPG	40.348180	36.559499	908.420	547534.318	4468340.476	908.420	80.000	0.014	0.012
100_0007_0019.JPG	40.348321	36.559519	908.470	547535.949	4468356.205	908.470	80.030	0.014	0.012
100_0007_0020.JPG	40.348465	36.559537	908.490	547537.393	4468372.136	908.490	80.050	0.015	0.013
100_0007_0021.JPG	40.348606	36.559559	908.480	547539.145	4468387.857	908.480	80.060	0.014	0.012
100_0007_0022.JPG	40.348749	36.559574	908.360	547540.354	4468403.732	908.360	79.940	0.014	0.012
100_0007_0023.JPG	40.348889	36.559597	908.410	547542.163	4468419.330	908.410	79.980	0.014	0.012
100_0007_0024.JPG	40.349031	36.559616	908.410	547543.668	4468435.087	908.410	79.990	0.014	0.012
100_0007_0025.JPG	40.349174	36.559637	908.370	547545.392	4468450.895	908.370	79.960	0.014	0.012
100_0007_0026.JPG	40.349315	36.559660	908.430	547547.205	4468466.639	908.430	80.010	0.014	0.012
100_0007_0027.JPG	40.349456	36.559678	908.350	547548.697	4468482.269	908.350	79.940	0.014	0.012
100_0007_0028.JPG	40.349529	36.559696	908.390	547550.119	4468490.377	908.390	79.950	0.014	0.012

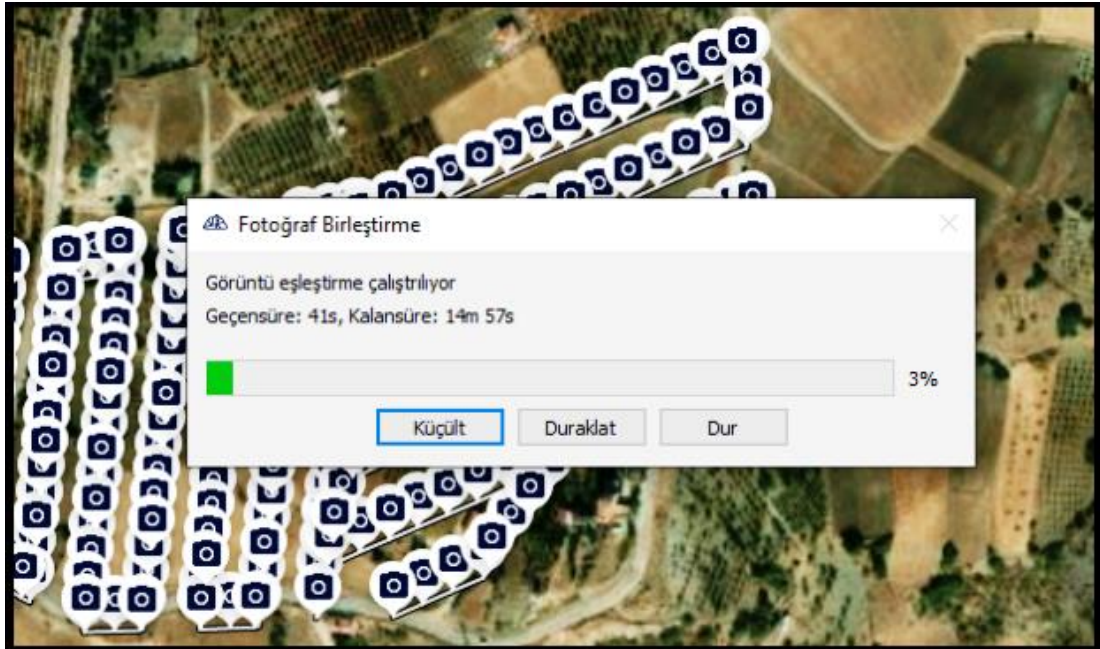
Hassasiyetleri Ayarla GPS/INS ile kamera ofsetle Uçuş Yüksekliği Yeniden yükle Kapat

Şekil 6.11 3D Survey yazılımında uçuş veri tablosu

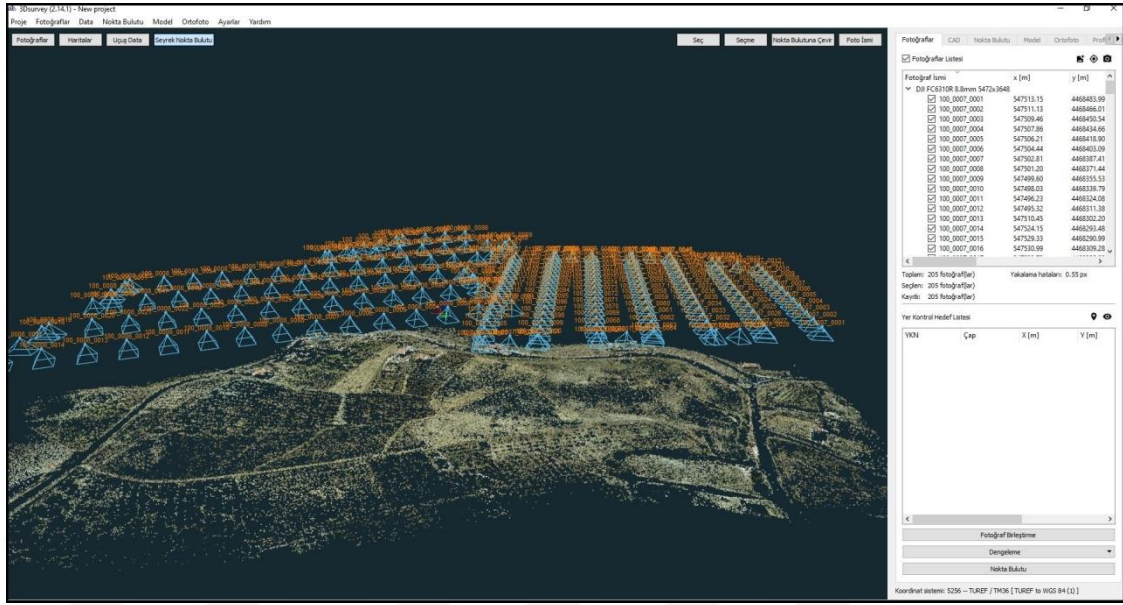
Sonraki adımda programın sağ alt köşesinde bulunan fotoğraf birleştirme sekmesi seçilerek gelen ekranda hızlı, daha büyük veri setleri için kullanılan genel mod işaretlenerek fotoğraf eşleştirmesi yapılmış ve çözüm işlemi tamamlanmıştır (Şekil 6.12). Fotoğrafların birleştirilme işlemi yaklaşık 15 dk sürmüştür (Şekil 6.13). İşlem sonunda seyrek nokta bulutu oluşarak (Şekil 6.14) fotoğrafların birleşmesi ile projemiz tek bir görüntü haline gelmiştir.



Şekil 6.12 3D Survey yazılımında fotoğraf birleştirme adımı

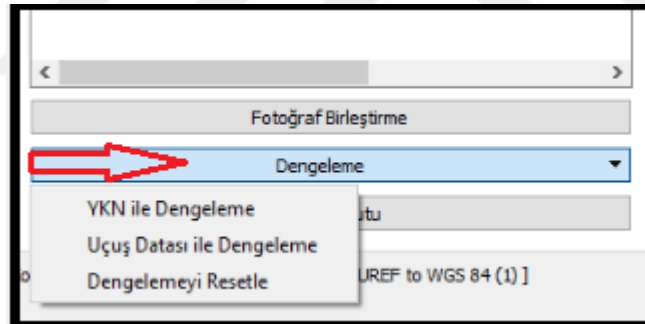


Şekil 6.13 3D Survey yazılımında görüntü eşleştirme için geçen süre adımı



Şekil 6.14 3D Survey yazılımında seyrek nokta bulut görüntüsü

Fotoğraf eşleştirme aşamasından sonra verilerin çözüm doğruluğu veya hassasiyetleri ile ilgili yapacağımız kısım olan dengeleme aşamasına geçilmiştir (Şekil 6.15).



Şekil 6.15 3D Survey yazılımında dengeleme adımı

Programın sağ alt köşesinde yer alan dengeleme sekmesine tıkladığımızda karşımıza uçuş datası ile dengeleme ve YKN ile dengeleme olarak iki seçenek gelmektedir. Uçuş datası ile dengeleme sekmesi seçildiğinde program fotoğraf koordinatlarından dengeleme yaparak bir rapor oluşturur ve data verilerin çözümü gerçekleşir. Zeminde YKN veya doğrulayabileceğimiz herhangi bir nokta yoksa uçuş datası ile dengeleme sekmesi kullanılarak dengeleme işlemi yapılabilir.

YKN ile dengeleme sekmesi seçildiğinde gelen ekranda YKN verilerini içeren klasör seçilerek yüklenir (Şekil 6.16).

YKN yükleme

Datalarınız için YKN yüklemek istermisiniz?

Dosya gir:

Ayraç: ☒ Ardışık ayraçları tek olarak düzenle

İsim	Doğuya	Kuzeye	Yükseklik
YKN1	547962.7864	4468548.0411	843.7822
YKN2	547735.8557	4468482.4272	828.4975
YKN3	547612.6714	4468373.5471	821.4685
YKN4	547556.4904	4468435.3759	809.3184

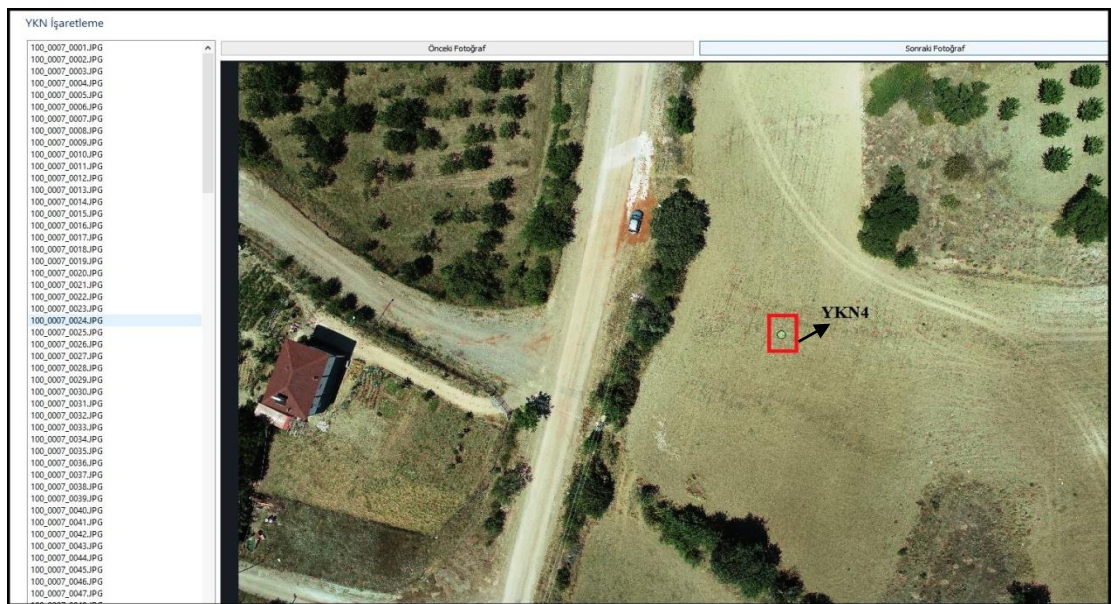
☐ Lokal koordinat sistemi
☒ Bilinen projeksiyon

Uçuş Datası Yatay koordinat sistemi:

Proje Koordinat Sistemi:

Şekil 6.16 3D Survey yazılımında YKN veri yükleme adımı

Yüklenen YKN koordinatları otomatik olarak çekilen fotoğraflarda yerlerine gelmiştir (Şekil 6.17). YKN'lerin bulunduğu fotoğraflarda çözüm hassasiyetlerinin artırılmak istenildiği takdirde düzgün çekilemeyen fotoğrafların kaldırılması neticesinde doğruluğun artırılması hedeflenir. İşlem sonunda ortalama hata verilerinin gösterildiği dengeleme raporu çıktısı alınır (Şekil 6.18).

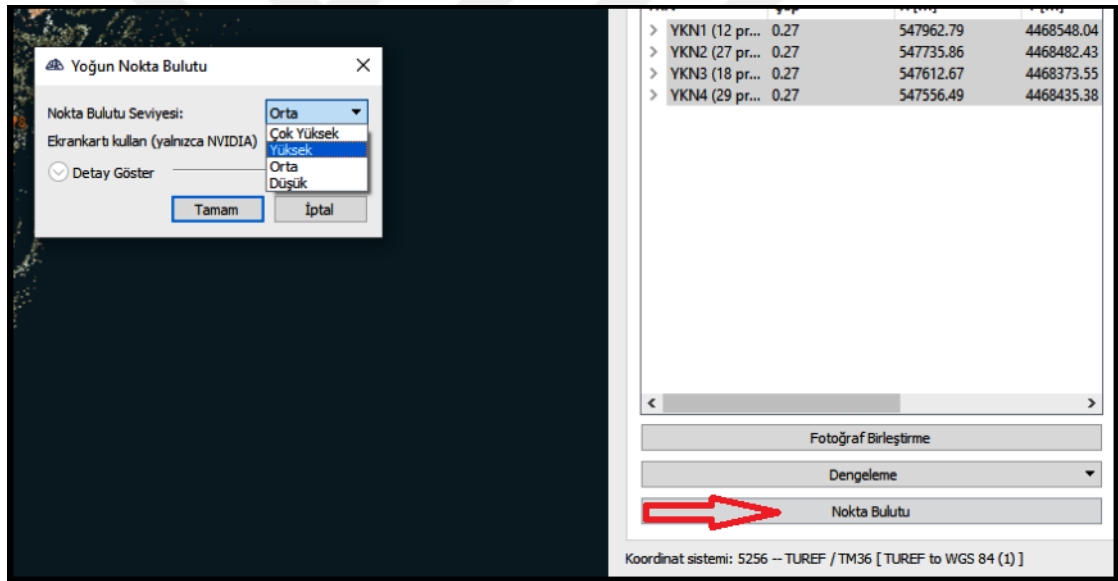


Şekil 6.17 3D Survey yazılımında YKN koordinatlarının görüntüsü

Dengeleme Özeti				
Yaklaşık hata [m]:				
	X	Y	Z	Toplam
YKN1	-0.009	-0.004	0.027	0.029
YKN2	0.006	0.004	0.015	0.017
YKN3	-0.001	0.001	0.005	0.006
YKN4	-0.004	0.006	0.010	0.013

Şekil 6.18 3D Survey yazılımında YKN dengeleme özet rapor çıktısı

Dengeleme işlem adımları tamamlandıktan sonra bir sonraki adım olan nokta bulutu oluşturulmaya geçilir (Şekil 6.19).

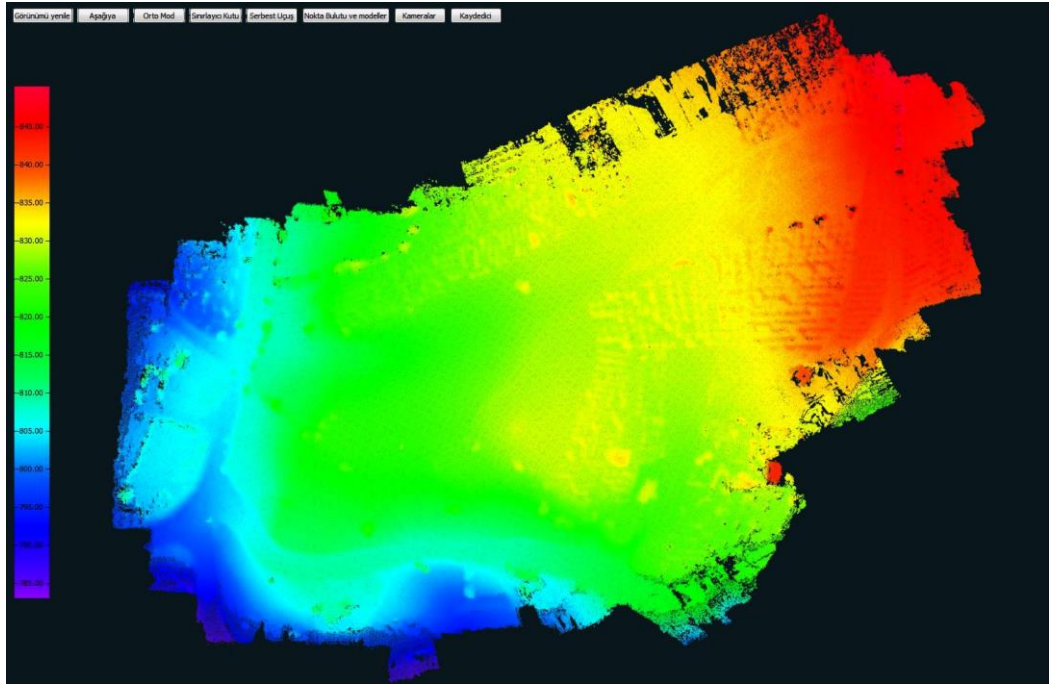


Şekil 6.19 3D Survey yazılımında nokta bulutu adımı

Nokta bulutu sekmesi seçildiğinde ekrana gelen nokta bulutu seviyelerinden (Şekil 6.19) nokta sıklığına göre biri seçilerek yoğun nokta bulutu işlemi gerçekleşir. Çalışmamızda yüksek nokta bulutu seviyesi seçilerek nokta bulutu oluşturma aşaması yaklaşık iki saat sürmüştür. Nokta bulutu oluşturulduktan sonra sayısal yüzey modeli oluşturulmuş ardından ortofoto oluşturularak dışa aktarılmıştır. Ortofoto boyutunun yüksek olması nedeniyle Global Mapper yazılımında tiff uzantılı ortofoto sıkıştırılarak ecw formatına dönüştürülmüş ve raster veri elde edilmiştir (Şekil 6.20).



Şekil 6.20 Uygulama alanı ortofoto görüntüsü



Şekil 6.21 3D Survey yazılımında uygulama alanı yükseklik harita görüntüsü

Elde ettiğimiz raster veri NetCAD yazılımında açılmış, referans noktalarında bulunan obje merkezindeki işaretler baz alınarak nokta koordinatlandırılması yapılmıştır. İHA ile yapılan uçuş güneşin en tepede olduğu zamana rastlaması nedeni ile referans noktalarında bulunan objelerimizdeki işaretlerin bazıları güneş ışınlarından dolayı parlayarak görünmediği tespit edilmiştir. Koordinatlandırma işlemleri işaretlemelerin görüldüğü objelerde net bir şekilde yapılırken, ışımadan kaynaklı işaretlemelerin görünmediği objelerde koordinatlandırılma NetCAD programında objelerin karşılıklı köşelerinden çizgi çizilerek kesişim noktaları seçilerek kaydedilmiştir. İşaretlemelerin görünmediği objelerde yapılan nokta koordinatlandırılmasında hassasiyetin 5-10 mm aralığında değiştiği gözlemlenmiştir (Tablo 6.5).

Şev, ağaç ve ağaçların altında bulunan parsel köşe noktalarımız diğer ölçme yöntemlerinde olduğu gibi engel olarak karşımıza çıkmıştır. 16 ve 17 numaralı parsel köşe nokta koordinatları yol kenarı şevde yer alması, 46 ve 52 numaralı parsel köşe nokta koordinatlarında ağaç bulunması, 10, 11 ve 42 numaralı parsel köşe nokta koordinatlarında bulunan objelerin ağacın altında kalarak görünememesi sonucunda okumalar gerçekleştirilememiştir (toplam 7 nokta). 18 numaralı nokta koordinatlarının hassasiyetinin düşük çıkması, ölçüler sırasında baz alınan obje merkezindeki işaretin kayması sonucu olduğu görülmüştür (Tablo 6.5).

Referans noktaları ve İHA ile uçuş sonrası elde edilen ölçü noktaları arasındaki fark çizelgesinde gösterilen K harfi ile başlayan nokta numaraları kadastro noktalarına, İ harfi ile başlayan nokta numaraları İHA ile uçuş sonrası elde edilen parsel köşe nokta koordinatlarına karşılık gelecek şekilde Tablo 6.5'te isimlendirilerek sıralama yapılmıştır. Tablo 6.5'te İHA ile uçuş sonucu elde edilen İ1, İ2, İ3, ..., İ53, İ54 numaralara karşılık gelen parsel köşe nokta koordinatları, bu noktalara karşılık gelen K1, K2, K3, ..., K53, K54 kadastro nokta koordinatları ile iki referans değer arasında çıkan farkı gösteren bir Excel tablosu oluşturularak gösterilmiştir.

Tablo 6.5 Referans noktaları ve İHA ile edilen koordinat fark çizelgesi (mm)

NN	Y (m)	X (m)	NN	Y (m)	X (m)	$\Delta(ky - iy)$ (mm)	$\Delta(kx - ix)$ (mm)
K1	547577.84	4468413.91	İ1	547577.80	4468413.92	4	-1
K2	547582.89	4468412.53	İ2	547582.91	4468412.51	-2	2
K3	547595.52	4468410.73	İ3	547595.47	4468410.75	5	-3
K4	547608.41	4468408.89	İ4	547608.38	4468408.83	3	7
K5	547613.38	4468408.67	İ5	547613.37	4468408.62	2	5
K6	547625.57	4468408.12	İ6	547625.59	4468408.12	-2	1
K7	547631.32	4468408.96	İ7	547631.32	4468409.02	0	-6
K8	547649.13	4468411.54	İ8	547649.09	4468411.56	4	-2
K9	547665.95	4468413.98	İ9	547665.88	4468414.03	7	-5
K10	547675.59	4468389.42	İ10				
K11	547667.31	4468387.50	İ11				
K12	547686.13	4468371.32	İ12	547686.16	4468371.31	-3	1
K13	547701.51	4468354.56	İ13	547701.47	4468354.56	5	0
K14	547723.93	4468345.11	İ14	547723.86	4468345.10	7	1
K15	547724.01	4468333.71	İ15	547723.96	4468333.73	5	-2
K16	547724.23	4468304.80	İ16				
K17	547705.07	4468303.53	İ17				
K18	547685.19	4468301.82	İ18	547685.40	4468302.30	-21	-48
K19	547663.87	4468299.53	İ19	547663.83	4468299.54	4	-1
K20	547644.98	4468297.50	İ20	547644.96	4468297.50	2	0
K21	547625.03	4468296.34	İ21	547625.04	4468296.32	-1	2
K22	547605.03	4468296.14	İ22	547604.95	4468296.16	9	-2
K23	547585.04	4468295.93	İ23	547585.02	4468296.00	1	-7
K24	547562.93	4468302.77	İ24	547562.91	4468302.79	2	-2
K25	547577.87	4468339.73	İ25	547577.85	4468339.77	1	-4
K26	547588.30	4468338.18	İ26	547588.32	4468338.21	-2	-4
K27	547594.48	4468337.88	İ27	547594.52	4468337.88	-4	0
K28	547607.06	4468337.28	İ28	547607.08	4468337.24	-2	4
K29	547612.37	4468337.03	İ29	547612.36	4468337.00	1	3
K30	547626.56	4468336.35	İ30	547626.50	4468336.38	6	-3
K31	547630.12	4468336.18	İ31	547630.11	4468336.19	1	-1
K32	547645.14	4468335.46	İ32	547645.13	4468335.51	1	-4
K33	547647.85	4468335.33	İ33	547647.83	4468335.37	2	-3
K34	547665.60	4468334.49	İ34	547665.63	4468334.51	-3	-3

Tablo 6.5 (Devam) Referans noktaları ve İHA ile edilen koordinat fark çizelgesi (mm)

NN	Y (m)	X (m)	NN	Y (m)	X (m)	$\Delta(KY - iY)$ (mm)	$\Delta(KX - iX)$ (mm)
K35	547666.11	4468344.72	İ35	547666.04	4468344.70	7	2
K36	547685.76	4468344.04	İ36	547685.78	4468344.07	-2	-3
K37	547685.64	4468335.05	İ37	547685.61	4468335.04	3	0
K38	547704.18	4468334.40	İ38	547704.23	4468334.37	-4	3
K39	547682.65	4468382.05	İ39	547682.67	4468382.06	-1	-1
K40	547704.65	4468357.05	İ40	547704.70	4468357.10	-4	-5
K41	547743.15	4468350.55	İ41	547743.15	4468350.60	0	-5
K42	547773.57	4468441.45	İ42				
K43	547766.32	4468471.60	İ43	547766.29	4468471.65	3	-5
K44	547691.14	4468394.56	İ44	547691.16	4468394.62	-2	-6
K45	547675.15	4468436.05	İ45	547675.11	4468436.00	4	5
K46	547643.15	4468466.05	İ46				
K47	547769.45	4468526.03	İ47	547769.42	4468526.01	3	2
K48	547874.04	4468573.90	İ48	547874.01	4468573.92	3	-2
K49	547933.95	4468594.92	İ49	547933.91	4468594.85	4	7
K50	547965.71	4468586.71	İ50	547965.71	4468586.69	0	1
K51	547954.49	4468536.27	İ51	547954.46	4468536.25	3	1
K52	547860.79	4468512.22	İ52				
K53	547846.09	4468639.44	İ53	547846.13	4468639.50	-4	-7
K54	547744.67	4468579.03	İ54	547744.57	4468579.05	10	-3

$$\Delta(K_{NN} - i_{NN}) = \text{Kadastro} - \text{İHA ölçü farkları (mm)}$$

6.6 Ölçülerden Oluşan Farkların Değerlendirilmesi

Total station, GNSS ve İHA ile yapılan ölçülerden elde edilen parsel köşe nokta koordinatları ile Kadastro Müdürlüğünden temin edilen referans nokta koordinatlarının arasındaki fark sonucu oluşan verilerin kendi aralarında değerlendirilmesi yapılmıştır (Tablo 6.6).

Tablo 6.6 Referans noktaları ve yapılan ölçüler arasındaki fark çizelgesi (mm)

NN	$\Delta(KY - TY)$ (mm)	$\Delta(KX - TX)$ (mm)	NN	$\Delta(KY - GY)$ (mm)	$\Delta(KX - GX)$ (mm)	NN	$\Delta(KY - İY)$ (mm)	$\Delta(KX - İX)$ (mm)
T1	1	3	G1	1	4	İ1	4	-1
T2	-5	8	G2	-6	5	İ2	-2	2
T3	3	2	G3	4	1	İ3	5	-3
T4	4	6	G4	5	4	İ4	3	7
T5	2	5	G5	2	4	İ5	2	5
T6	-2	2	G6	-3	-4	İ6	-2	1
T7	-1	-2	G7	-1	-4	İ7	0	-6
T8	0	4	G8	2	3	İ8	4	-2
T9	2	0	G9	3	-3	İ9	7	-5
T10	-1	-1	G10	1	-3	İ10		
T11	2	3	G11	2	-1	İ11		
T12	-4	1	G12	-3	1	İ12	-3	1
T13	2	3	G13	2	2	İ13	5	0
T14	2	6	G14	2	4	İ14	7	1
T15	-2	2	G15	-1	0	İ15	5	-2
T16			G16			İ16		
T17			G17			İ17		
T18			G18	-23	-51	İ18	-21	-48
T19	2	1	G19	2	-1	İ19	4	-1
T20	-1	5	G20	-2	4	İ20	2	0
T21	1	2	G21	2	2	İ21	-1	2
T22	8	-2	G22	6	-6	İ22	9	-2
T23			G23	1	-6	İ23	1	-7
T24	0	3	G24	-2	-1	İ24	2	-2
T25	0	1	G25	-4	-2	İ25	1	-4
T26	-1	-1	G26	-2	-3	İ26	-2	-4
T27	0	1	G27	-2	0	İ27	-4	0
T28	-1	5	G28	-1	5	İ28	-2	4
T29	0	3	G29	-2	2	İ29	1	3
T30	4	2	G30	3	2	İ30	6	-3
T31	0	3	G31	-1	3	İ31	1	-1
T32	0	-2	G32	0	-1	İ32	1	-4
T33	-1	0	G33	-2	-1	İ33	2	-3
T34	-3	0	G34	-2	-2	İ34	-3	-3
T35	5	4	G35	5	3	İ35	7	2

Tablo 6.6 (Devam) Referans noktaları ve yapılan ölçüler arasındaki fark çizelgesi (mm)

NN	$\Delta(KY - TY)$ (mm)	$\Delta(KX - TX)$ (mm)	NN	$\Delta(KY - GY)$ (mm)	$\Delta(KX - GX)$ (mm)	NN	$\Delta(KY - İY)$ (mm)	$\Delta(KX - İX)$ (mm)
T36	-3	1	G36	-2	0	İ36	-2	-3
T37	0	3	G37	1	2	İ37	3	0
T38			G38	-8	7	İ38	-4	3
T39	-4	2	G39	-3	0	İ39	-1	-1
T40	-5	-2	G40	-5	-3	İ40	-4	-5
T41	-2	0	G41	-1	0	İ41	0	-5
T42			G42	170	-39	İ42		
T43	1	0	G43	-7	4	İ43	3	-5
T44	-5	0	G44	-5	-2	İ44	-2	-6
T45	0	6	G45	0	4	İ45	4	5
T46			G46			İ46		
T47	0	2	G47	-1	1	İ47	3	2
T48	1	0	G48	0	1	İ48	3	-2
T49	3	3	G49	0	4	İ49	4	7
T50	2	-2	G50	1	-3	İ50	0	1
T51			G51	1	1	İ51	3	1
T52			G52			İ52		
T53			G53	-1	-3	İ53	-4	-7
T54			G54	1	2	İ54	10	-3

Ölçüleri yapılan parsel köşe nokta koordinatlarının ağaç altında veya çevresinde bulunan 10, 11 ve 42 numaralı noktalarımızın; İHA ile okumalarının gerçekleştirilemediği, 10 ve 11 numaralı noktalarda GNSS ve total station ile yersel ölçülerinin yapıldığı fakat 42 numaralı noktada yapılan GNSS okumalarında 2 m'ye varan sapmanın olduğu, total station ile yapılan ölçüde ise alet ve reflektör arasında ağaç bulunması ölçünün yapılamamasına neden olmuştur. 16, 17 numaralı noktalarımız yol kenarı şevde bulunması sebebiyle ölçüleri yapılamamış ve değerlendirilmeye alınmamıştır. 46 ve 52 numaralı nokta koordinatlarının ağaç gövdesine rastlaması sebebiyle ölçüler yapılamamış ve değerlendirilmeye alınmamıştır. 23, 38, 51, 53 ve 54 numaralı noktalarda ise poligon noktasında bulunan total station aleti ile ölçü yapılırken noktalar ile alet arasında ağaç bulunması ölçülerde eksikliklere neden olmuştur ancak GNSS ve İHA ölçüleri yapılmış GNSS ölçülerinin en hassas sonucu verdiği gözlemlenmiştir.

18 numaralı noktada GNSS ve İHA ölçüleri yapılmış fakat ölçü sonucu elde edilen koordinatlar ile referans alınan koordinatlar arasındaki farkın fazla olduğu tespit edilmiştir. Tespit edilen farkın sebebi İHA görüntülerinden yararlanılarak bakıldığında eğimli bölgede yer alan referans noktasındaki objenin kaymış olmasından kaynaklanmaktadır. Total station ile yapılan yersel ölçüde ise noktaların birbirini görme zorunluluğundan dolayı poligon noktasındaki aletin eğimden kaynaklı 18 numaralı noktada bulunan reflektörü görememesinden ölçüsü yapılamamış ve değerlendirmeye alınmamıştır (Tablo 6.6).

Tablo 6.7 Kadastro ölçüleri ile Total station/ GNSS/ İHA konum farkları (mm)

NN	$\Delta S_K\text{-TOTAL}$	$\Delta S_K\text{-GNSS}$	$\Delta S_K\text{-İHA}$
1	34	38	41
2	93	73	28
3	35	40	58
4	74	64	72
5	54	43	51
6	31	48	20
7	25	39	59
8	42	36	43
9	25	37	87
10	17	32	0
11	36	22	0
12	43	30	30
13	36	30	46
14	61	47	72
15	27	13	54
16	0	0	0
17	0	0	0
18	0	0	0
19	20	25	40
20	53	44	20
21	24	30	22
22	88	87	89
23	0	65	70
24	29	20	29
25	9	46	40

Tablo 6.7 (Devam) Kadastro ölçüleri ile Total station/ GNSS/ İHA konum farkları

26	19	35	40
27	11	20	41
28	50	46	44
29	27	23	32
30	43	33	68
31	30	33	18
32	17	12	44
33	7	21	39
34	31	28	39
35	59	59	71
36	32	23	35
37	26	23	26
38	0	109	52
39	41	28	19
40	49	61	65
41	16	11	49
42	0	0	0
43	9	83	56
44	50	48	62
45	60	36	61
46	0	0	0
47	18	13	34
48	7	8	35
49	42	43	79
50	33	28	11
51	0	18	35
52	0	0	0
53	0	33	78
54	0	22	105
MAKSİMUM	93	109	105
MİNİMUM	0	0	0
A. ORTALAMA	36	38	48
KARESEL O. H.	20	21	21

$$\text{Aritmetik ortalama} = A = \frac{\sum \Delta_i}{n} \text{ (mm)} \quad n: \text{Ölçü sayısı}$$

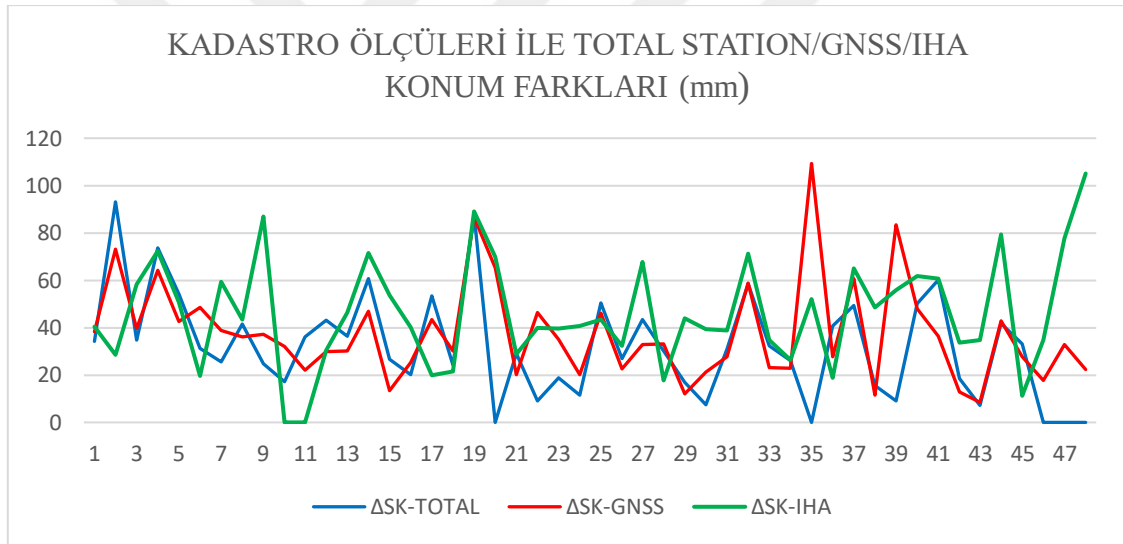
$$\text{Görünen hata} = V = \Delta_i - A \text{ (mm)}$$

$$\text{Karesel Ortalama Hata} = m = \pm \sqrt{[VV]/(n - 1)} \text{ (mm)}$$

Yapılan ölçülerin ortalaması alınırken; karşılaşılan engeller sonucu ölçüsü yapılamayan noktalar ile 18 numaralı nokta deforme olduğu için çoklu ortalamaya dâhil edilmemiştir. Yapılan ölçüler sonucu bulunan konum farklarının karesel ortalama hataları ve aritmetik ortalamalarına bakıldığında total station ile yapılan ölçülerin diğer ölçülere göre daha hassas sonuç verdiği, GNSS ölçülerinde sapma miktarlarının fazla çıkmasından dolayı genel ortalamayı yükselttiği, İHA ölçüleri ile elde edilen konum hassasiyetinin ise diğer ölçme yöntemlerine göre daha düşük çıktığı gözlemlenmiştir (Tablo 6.7).

Total station, GNSS ve İHA ölçüleri sonucu elde edilen veriler referans koordinatları ile karşılaştırılarak konum fark tablosu (Tablo 6.7) oluşturulmuş, istatistik bilgileri çıkartılmış ve grafik tablo (Tablo 6.8) elde edilmiştir.

Tablo 6.8 Kadastro ölçüleri ile Total station/ GNSS/ İHA konum farkları grafik tablosu



Tablo 6.8'de gösterildiği üzere ağaç, bina gibi sinyal engelleyici unsurların olmadığı açık alanda yapılan ölçülerde noktalarımızın birçoğunda birbirine yakın sonuçlar çıktığı görülmektedir. Ölçüler sırasında rüzgârın şiddetini arttırdığı zamanlarda yapılan yersel ve GNSS ölçülerinde konum hassasiyetinin düştüğü gözlemlenirken İHA okumalarında daha hassas sonuçlara varıldığı görülmektedir. Total station ile yapılan yersel ölçülerde karşılaşılan engeller sonucu ölçüsü yapılamayan noktalara bakıldığında GNSS okumalarının konum hassasiyetinin daha fazla olduğu görülmektedir. Genel olarak GNSS okumalarının yapılamadığı noktalarda İHA okumalarının da yapılamadığı görülmektedir.

Tablo 6.8'e bakıldığında yersel ölçülerin daha hassas sonuç verdiği görülmektedir fakat GNSS ve İHA ölçü sonuçlarına göre karşılaşılan engeller nedeni ile ölçüsü yapılan nokta sayısı daha azdır bu durum yapılan çalışmada eksikliklere neden olup dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Arazide tesis edilen poligon nokta sayısı arttırılarak ölçüsü yapılamayan detay noktaların ölçüsü yapılabilir ancak bu durum diğer ölçme yöntemlerine göre daha fazla zaman ve emek olarak karşımıza çıkmaktadır.



7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışma kapsamında İHA görüntüleri, total station ile yapılan yersel ölçüler ve GNSS ile uydularla konum belirleme yöntemlerinden CORS-TR ölçme yöntemi kullanılarak elde edilen koordinatların konum hassasiyetleri analiz edilmiştir.

Uygulama alanımızda gerçekleştirdiğimiz total station ile yapılan yersel ölçülerde, ölçüsü yapılan parsel köşe nokta koordinatlarında mm duyarlılığında ölçüler gerçekleştirildiği görülmektedir. Yersel ölçüde nokta hassasiyetlerinin yüksek olmasında; kullanılan ölçü aletinin elektronik olması, operatörün deneyimli olması avantaj olarak düşünülmektedir. Yersel ölçüler sırasında; rüzgârın şiddetini arttırdığı zamanlarda reflektörün düzeğe kalmasının zorlaştığı, arazinin eğimli/engebeli kısımlarında reflektörün düzeğe tutulmaya çalışırken zorlanıldığı, noktaların birbirini görme zorunluluğundan dolayı bazı noktalarda alet ile nokta arasına ağaç gelmesi veya engebeden kaynaklı ölçülmek istenen noktaların görülememesi gibi nedenler sonucunda nokta hassasiyetlerinin düşmesi ya da hiç okuma yapılamaması gibi durumlar dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır.

GNSS ölçülerinden elde edilen sonuçlara göre; ağaç altı veya çevresi gibi uydu sinyallerinin iyi olmadığı bölgelerde bulunan parsel köşe nokta koordinatlarında ölçüler yapılırken nokta hassasiyetlerinin düşmesi dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Ölçüler sırasında uydu sinyallerinin düşmesine neden olan engellerin olmadığı bölgelerde gözlemlenen uydu sayısı çoğunlukla 40'ları bulurken öğleden sonra uydu sayısının 43'leri bulduğu bunun da GNSS ölçülerinden elde edilecek konumsal duyarlılığı arttırdığı görülmüştür.

Yersel ölçüde olduğu gibi rüzgârın, GNSS alıcısının düzeğe kalmasını zorlaştırdığı ve konum hassasiyetini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Arazinin engebeli olduğu yamaçlarda; ölçü gerçekleştiren kişinin noktaya erişiminin zorlaştığı ve ölçü süresini olumsuz etkilediği görülmüştür. Arazideki ağaç türü, bitki örtüsü ve özellikle parsel köşelerine çok yakın ağaçlar gözlemlenen uydu sayısının azalmasına neden olmuştur. Dolayısı ile ağaçlık alanlar GNSS ölçüsü için uygun değildir. Ölçü yapılan noktaların birbirini görme zorunluluğunun olmaması yersel ölçülerle kıyaslandığında büyük bir avantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. GNSS ölçülerinde istasyon noktası olmaması,

uydularla alıcı arasında engel yok ise ölçülerin sorunsuz bir şekilde yürütüldüğü görülmüştür.

Total station ile yapılan yersel ölçüler robotik total station aleti dışında her zaman en az iki personelle gerçekleştirilirken, GNSS ölçüleri tek personelle gerçekleştirildiğinden insan kaynağından bir tasarruf söz konusudur.

Ayrıca GNSS gözlemleri anlık konum belirleyebilme yeteneği ile emek ve zaman yönünden yersel ölçülere göre daha avantajlı olduğu gözlemlenmiştir.

GNSS ile yapılan ölçülerde konum hassasiyetini artırmak için epok sayısını arttırmak/gözlem süresini arttırmak veya en az bir saat sonra noktayı tekrar ölçerek ölçülen noktanın konumsal duyarlılığı arttırılabilmektedir. Yukarıda da bahsedildiği gibi yersel ölçülerde olduğu gibi alet ve reflektörün birbirini görmesi gibi bir zorunluluğun olmaması bir avantajdır.

İHA ile konum belirlemede, ölçü planının dijital olarak büro ortamında hazırlanması, ölçülecek noktalara doğrudan bir temasın olmaması ve eğim/yamaç veya erişilme güçlüğü gibi arazinin olumsuz şartlarından etkilenilmemesi yersel ve GNSS ölçülerine göre hem hız hem zaman yönünden büyük avantaj sağlamaktadır. İHA ile uçuş sonrası elde edilen fotoğrafların birleştirilmesi sonucu oluşan görüntüler; araziyi bütün olarak görmemize imkân sağlamakta ve arazinin üç boyutlu modeli, sayısal arazi modeli ve ortofotosu bilgisayar ekranımızda görülmektedir. Elde edilen bu çıktılarından ölçü noktaları (parsel köşeleri) veya bunun dışındaki tüm detaylarla ilgili üç boyutlu konum bilgisine doğrudan bilgisayar ekranından ulaşılabilir.

Ayrıca GNSS ve yersel ölçüler sırasında atlanan ya da unutulmuş detay noktalarının tekrar elde edilmesi hem zaman hem maliyet yönünden bir kayıp iken İHA ile nokta üretimi avantaj olarak karşımıza çıkmaktadır.

Arazinin yapısının engebeli, taşlık veya fiziki engellerinin olması GNSS ve total station ölçülerinde hem zaman kaybına hem de personelin çalışma verimliliğini olumsuz etkilemektedir. Her iki yöntemde ölçülecek noktaların tek tek fiziki temasla ölçülmesi büyük bir zaman kaybına neden olmaktadır. Bu yönü ile İHA ile kadastro ölçüleri çok büyük bir zaman tasarrufu sağlamaktadır.

İHA ile yapılan uçuşlarda, şiddetli rüzgârın uçuşa engel olması ve elektrik direk tellerinin yüksekliği dikkate alınmayarak uçuş yüksekliğinin ayarlanması gibi nedenlerle kullanılan aletin düşebilme ihtimalinin olması İHA'nın dezavantajları olarak

karşımıza çıkmaktadır. Uçuş sonrası elde edilen fotoğrafların boyutları, değerlendirme sonucu oluşan ortofoto veri boyutlarının yüksek olması diğer ölçü yöntemlerine göre bir dezavantaj olarak görülebilir. Ancak verilerin içerdiği bilgilerin zenginliği açısından İHA verilerinin istenilenden daha fazla bilgi içermesi bir avantajdır.

Çalışmamızda; arazi ölçüleri sonucu zaman karşılaştırılması yapıldığında; total station ile yapılan ölçüler 90 dk, GNSS ölçüleri CORS-TR yöntemi ile 5 epokla 45 dk, İHA ölçüleri 20 dk süre ile gerçekleştirilmiştir. İHA ölçülerinin zaman ve emek bakımından büyük tasarruf sağlaması, insanların ulaşmakta zorlandığı bölgelerde ölçme işlemini gerçekleştiriyor olması, yüksek çözünürlükte farklı yüksekliklerde uçuş imkânı sunması ve ölçülerin hava koşullarındaki değişimlerden minimum düzeyde etkilenmesi diğer ölçme yöntemlerine göre avantaj sağlamaktadır. İlerleyen zamanlarda İHA ile harita üretiminin pek çok haritacılık uygulamalarında düşük maliyetli veri toplama ve harita üretimi aşamasında etkin ve kullanışlı bir ölçü yöntemi olarak kullanımının daha da artacağı düşüncesindeyim.

Günümüzde kullanımının arttığı RTK'lı İHA ile yapılan ölçülerde her ne kadar YKN'lere gereksinim duyulmasa da yüksek hassasiyet gerektiren uygulamalarda YKN tesis edilerek ölçülerin gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

Şehir içi gibi yapılaşmaların fazla olduğu veya sık yapraklı ağaçların bulunduğu bölgelerde yapılan kadastro çalışmalarında GNSS ve İHA ölçme yöntemlerinin kullanılması yerine total station ile yapılan ölçülerin daha hassas sonuç vereceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Alandağlı, M., 2019. Osmanlı İmparatorluğu'nda Kadastro Çalışmalarının Sosyo-Kültürel Yönüne Dair Bir Kesit (Adalar Kadastro Örneği). *Social Sciences Research Journal*, 8 (4), 210-215.
- Altınışıık, N. S., 2019. Kadastro Güncelleme Çalışmalarında İnsansız Hava Aracı (İHA)'nın Kullanımının İrdelenmesi: Çorum-Osmancık-Karaköy Örneği. (Y.Lisans Tezi), Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Aksaray.
- Adıbelli, S., 2006. Türkiye'de İkinci Kadastro Tasarımı. (Y.Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- Atak, B. ve Durduran, S. S., 2015. Ülkemizdeki Geçmiş Kadastro Ölçme Yöntemlerinden Günümüze Yansıyan Sorunlar ve Oluşan Kayıplar. *WCS-CE - The World Cadastre Summit, Congress & Exhibition*, 20-25 Nisan, 2015, İstanbul.
- Akkamış, M. ve Çalışkan, S., 2019. Uydu Esaslı Konum Belirleme Sistemlerinin Hassas Sulama Uygulamalarında Kullanılabilirliği. *International Erciyes Agriculture, Animal & Food Sciences Conference*, 24-27 Nisan, 2019, Erciyes Ün. Kayseri.
- Akar, A. U., 2021. GNSS Gözlemlerindeki Troposferik Gecikmenin Destek Vektör Makineleri Algoritması ile Kestirimi. (Y.Lisans Tezi), Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- Aksoy, A., Ayan, T. ve Deniz, R., 1998. Global, Bölgesel ve Ülke Jeodezik Ağları Hakkında. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi*, 84, 6-16, Ankara.
- Alçay, S., 2010. Küresel Konumlamada GLONASS'ın Kullanılabilirliğinin Araştırılması. (Y.Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- Alçay, S. ve Atiz, Ö. F., 2021. Farklı Yazılımlar Kullanılarak Gerçek Zamanlı Hassas Nokta Konum Belirleme (RT-PPP) Yönteminin Performansının İncelenmesi. *Geomatik Dergisi*, 6 (1), 77-83.
- Anonim, 2016. ED50 nedir? [https://www.nedir.com/ed50#:~:text=NATO%20askeri%20standard%C4%B1%20olan%20ED50,System%201984\)%20standard%C4%B1na%20b%C4%B1rakmaktad%C4%B1r.\(08.02.2022\).](https://www.nedir.com/ed50#:~:text=NATO%20askeri%20standard%C4%B1%20olan%20ED50,System%201984)%20standard%C4%B1na%20b%C4%B1rakmaktad%C4%B1r.(08.02.2022).)
- Anonim, 2017. Orman Kadastro Nedir? <https://www.milliyet.com.tr/emlak/orman-kadastro-nedir-65587> (08.03.2022).
- Anonim, 2019a. GLONASS Nedir? <https://filoway.com.tr/index.php?sayfa=blogDetay&blogBaslik=GLONASS> (10.01.2022).
- Anonim, 2019b. İnsansız hava araçları geleceği nasıl etkileyecek. <http://www.forummakina.com.tr/tr/haberler/i%CC%87nsansiz-hava-araclari-sektorlerin-gelecegini-nasil-degistirecek-> (14.12.2021).
- Anonim, 2019c. Selimiye Camisi'nin Tapusu Sergilendi. <https://www.memurlar.net/haber/831308/selimiye-camisi-nin-tapusu-sergilendi.html> (15.02.2021).

- Anonim, 2021a. Kadastro Nedir? Türleri Nelerdir? Ne İşe Yarar? <https://emlaksat.com/kadastro-nedir/> (20.12.2021).
- Anonim, 2021b. Global Positioning System (GPS). <https://tr.wikipedia.org/wiki/GPS#:~:text=Uzay%20b%C3%B6l%C3%BCm%C3%BC%2C%20en%20az%2024,20.000%20km%20%C3%BCzerindeki%20y%C3%B6r%C3%BCngede%20bulunurlar.> (26.12.2021).
- Anonim, 2021c. Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (GNSS). https://www.nngasu.ru/geodesy/classification/chastnye-klassifikatsii/10_GNSS.php?sphrase_id=15746129 (06.01.2022).
- Anonim, 2021d. GLONASS. <https://tr.wikipedia.org/wiki/GLONASS> (10.01.2022).
- Anonim, 2021e. GLONASS Nedir? <https://devreyakan.com/GLONASS-nedir-kuresel-uydu-konuylendirma-sistemi/> (10.01.2022).
- Anonim, 2021f. BeiDou Uydu Konuylendirma Sistemi Nedir? <https://devreyakan.com/beidou-uydu-konuylendirma-sistemi-nedir/> (21.01.2022).
- Anonim, 2021g. İnsansız Hava Araçları. <https://uacbs.sdu.edu.tr/tr/insansiz-hava-araclari/insansiz-hava-araclari-11791s.html> (13.12.2021).
- Anonim, 2021h. Havacılık Tarihi. <https://www.havauzay.org/havacilik-tarihi.html> (20.05.2022).
- Anonim, 2021ı. İHA ile Arazi Haritalama. <https://nersis.com.tr/proje/iha-ile-arazi-haritalama> (18.03.2022)
- BÖHHBÜY, 2018. Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği.
- Bilgin, C., 2019. Üç Boyutlu Kadastro ve Ekonomik Açıdan Önemi. Tapu ve Kadastro Mülkiyet Dergisi, 2, 8-18.
- Bülbül, S., İnal, C. ve Yıldırım, Ö., 2015. Nokta Konumlarının Belirlenmesinde GZK, Ağ GZK ve Total Station Verilerinin Karşılaştırılması. Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 7 (2), 27-35.
- Cansız, Y., 2013. Ağ-RTK Uygulamalarında Uydu Yükseklik Açısı ve Epok Sayısının Konum Duyarlılığına Etkisi. (Y. Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Çağdaş, V. ve Gür, M., 2003. Sürdürülebilir Kalkınma ve Kadastroda Evrim. HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 89, 42-48.
- Çağdaş, V., 2014. Taşınmaz Hukuku ve Kadastro Ders Kitabı. Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, 600 s, İstanbul.
- Çağatay, U., 2012. Kadastroda Yeni Yaklaşımlar ve Kentsel Yapıya Etkileri. CBÜ Sosyal Bilimler Dergisi, 10 (2), 188-203.
- Çallı, R., 2021. İHA Sistemleri ile Elde Edilen Ortofoto Haritaların Doğruluk Değerlendirmesi. (Y. Lisans Tezi), Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.
- Çete, M. ve Yomralıoğlu, T., 2006. Almanya Kadastro Bilgi Sistemi: ALKIS. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Kadastro Kongresi, 22-24 Mayıs, 2006, Ankara.
- Çetin, S., 2014. GNSS Kalibrasyon Ağının Tasarımı ve Oluşturulması Üzerine Bir İnceleme. (Y.Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

- Çılğın, Z., 2010. CBS'de Koordinat ve Projeksiyon Bilgisi Ders Notları. İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi Coğrafi Bilgi Sistemleri Ön Lisans Programı, 281 s, İstanbul.
- Çolak, E., 2016. Altyapı Kadastro Ders Notları. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği, 38 s, Trabzon.
- Çömert, R., Avdan U. ve Şenkal, E., 2012. İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları ve Gelecekteki Beklentiler. IV. Uzaktan Algılama ve CBS Sempozyumu (UZAL-CBS), 16-19 Ekim, 2012, Zonguldak.
- Doğan, M., 1977. Tarih ve Toplum, Türkiye'de Toprak Meselesi. Dergah Yayınevi, P.K 1240, 389 s, İstanbul.
- DPT, 2001. Harita, Tapu, Kadastro, Coğrafi Bilgi ve Uzaktan Algılama Sistemleri (Arazi ve Arsa Politikaları, Arazi Toplulaştırması, Arazi Kullanımı) Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ankara.
- Deveci, B., 2006. Kadastral Ölçmelerde Gerçek Zamanlı GPS (RTK GPS) Yöntemi ile Elektronik Ölçme Yönteminin Karşılaştırılması. (Y.Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Döner, F., Bıyık, C. ve Demir, O., 2011. Dünyada Üç Boyutlu Kadastro Uygulamaları. HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 2 (Özel Sayı), 53-59.
- Demirel, B., 2019. Hassas Tarım Ders Notları. Erciyes Üniversitesi, Seyrani Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği, Kayseri.
- Erkan, H., 1991. Yeraltı Hatları Kadastro. Harita ve Kadastro Mühendisliği, 69, 69-88.
- Ekin, L., 2012. Mekansal Verilerin Datum Dönüşümleri ve Kadastro Uygulamaları. (Uzmanlık Tezi), Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Enemark, S., 2001. Land Administration Systems A Major Challenge For The Surveying Profession. XVIII. Survey and Mapping Educators Conference, USA.
- Gül, Ş., 2016. Kamulaştırmaya Esas Kadastro Haritası Oluşturma. <https://sabangul.com.tr/kadastral-harita-olusturma>; (07.01.2022).
- Gülal, A. E., 2018. Yerel Koordinat Sistemindeki 2B Haritalar Kullanılarak 3B Kadastral Pafta Üretimi. (Y.Lisans Tezi), Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Afyonkarahisar.
- Gülal, V. E., 2015. GNSS Ders Notları. Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 12 s, İstanbul.
- Gümüş, K., 2016. Kalibrasyon Bazında Farklı Yöntemlerin Mesafe Ölçme Hassasiyetlerinin Karşılaştırılması. Niğde Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 5 (2), 105-116.
- Hayatoğlu, Ö., 2014. IRNSS ve GAGAN Uydu Navigasyon Geliştirme Sistemleri. <https://prezi.com/jw6e58i0m1dk/irns-ve-gagan-uydu-navigasyon-gelistirme-sistemleri/> (03.01.2022).
- Haşal, F., 1997. Teknik Altyapı Kadastro (TAK) ve Bir Uygulamanın Sonuçları. (Y.Lisans Tezi), Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak.
- Hüsrevoğlu, M. ve Tuşat, E., 2018. İki Boyutlu Bazı Datum Dönüşüm Yöntemlerinin İncelenmesi. Geomatik Dergisi, 3 (1), 22-34.

- Işık, S., Kadioğlu, S. ve Yıldırım, M., 2012. Kuyud-ı Kadime Arşiv Kataloğu. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü, Arşiv Dairesi Başkanlığı, Yayın No: 4, 599 s, Ankara.
- İnal, C., Gündüz, A. M. ve Bülbül, S., 2014. Klasik RTK ve Ağ RTK Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2 (2), 19-30.
- İnan, F., 2020. Orman Kadastro. <https://firuzanhukuk.com/tag/tesis-kadastro/> (08.03.2022).
- İlvan, A., 2014. Mersin İli Toroslar İlçesi Örneğinde Lokal Datum Dönüşüm Parametrelerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma. (Y.Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Karataş, K. ve Genç E., 2021. Kadastro Haritalarının Sayısallaştırılması Kapsamında Yapılan Çalışmaların İrdelenmesi. Geomatik Dergisi, 6 (2), 124-134.
- Karadağ, L., 2019. GPS'in Genel Esasları. <https://docplayer.biz.tr/105814686-Gps-in-genel-esaslari.html> (16.12.2021).
- Kahveci, M., 2009. Gerçek Zamanlı Ulusal Sabit GNSS (CORS) Ağları ve Düşündürdükleri. HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 1 (100), 13-20.
- Kahveci, M., Karagöz, H. ve Selbesoğlu, M. O., 2011a. Statik ve RTK GNSS Ölçü ve Hesaplamalarının Karşılaştırılması. HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 1 (104), 3-13.
- Kahveci, M., Dalbay, Ö. ve Oktay, N., 2011b. Uydularla Konum Belirleme Sistemleri ve Türkiye Açısından Önemi. SAREM Stratejik Araştırmalar Dergisi, 9 (17), 157-186.
- Kahveci, M., 2014. Uydularla Konum Belirleme Sistemleri (GNSS)'nin Hassas Tarımda Kullanımı ve Sağladığı Katkılar. Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 6 (2), 35-48.
- Kahveci, M. ve Can, N., 2017. İnsansız Hava Araçları: Tarihçesi, Tanımı, Dünyada ve Türkiye'deki Yasal Durumu. Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5 (4), 511-535.
- Kahveci, M. ve Yıldız, F., 2018. Uydularla Konum Belirleme Sistemleri Teori-Uygulama. Nobel Yayın Dağıtım, 10. Basım, 264 s, Ankara.
- Kurt, O., 2005. Başlangıç Faz Belirsizliği Çözümünde Geçerlilik Testleri. Deprem Sempozyumu, 23-25 Mart, 2005, Kocaeli Üniversitesi, Karamürsel M.Y.O Teknik Programlar Bölümü, Kocaeli.
- Koca, B. ve Ceylan, A., 2018. Uydu Konum Belirleme Sistemlerindeki (GNSS) Güncel Durum ve Son Gelişmeler. Geomatik Dergisi, 3 (1), 63-73.
- Kalaycı, İ., 2003. GPS Destekli Detay Alımında Yeni Bir Teknik (GPSSİT)'in Uygulanabilirliğinin Araştırılması. (Doktora Tezi), Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı, Konya.
- Karaağaç, C., 2013. İnsansız Hava Aracı Sistemlerinde Lojistik Destek. Savunma Sanayi Dergisi, 1 (20), 14- 21, Ankara.
- Kibaroglu, D., 2010. Türkiye'de İkinci Kadastroya Duyulan İhtiyaç Kapsamında Yenileme Çalışmalarının Değerlendirilmesi. (Y.Lisans Tezi), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun.

- Koçak, H., 2013. Kadastronun Tesisi ve Yaşatılması Ders Kitabı. Güncellenmiş 2. Baskı, 208 s, Ankara
- MEB., 2019. GPS Ders Notları. <http://meslek.eba.gov.tr/moduller/Gps.pdf> (10.12.2021).
- Mutlu, İ., 2019. GNSS Uydu Dağılımının Statik GNSS Ölçülerinde ve Gerçek Zamanlı Konum Belirlemedeki Önemi. (Y.Lisans Tezi), Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- Öcalan, T., 2019. Ölçme Bilgisi 3 (GPS'de Kullanılan Koordinat Sistemleri) Ders Notları. Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 40 s, İstanbul.
- Öcalan, T. ve Soyca, M., 2011. GNSS Verisinin Gerçek Zamanlı İletimi İçin Uluslararası Standartlar ve Gelişmeler. HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 2 (Özel Sayı), 123-133.
- Öcalan, T., 2020. Ölçme Bilgisi 3 (GPS ile Konum Belirlemede Temel İlkeler) Ders Notları. Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 33 s, İstanbul.
- Özen, H., 1980. Türkiye Koşullarında Koordinat Kadastro. (Doktora Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat ve Mimarlık Fakültesi Yayını, Trabzon.
- Özdemir, A., 2008. Artvin Orman İşletme Müdürlüğü Orman Kadastro Çalışmaları ve Bu Çalışmalardan Kaynaklanan Davaların Ormancılık Politikası Yönünden Değerlendirilmesi. (Y.Lisans Tezi), Kafkas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Kars.
- Prajapati, M., Rawat, A. ve Sharma, S., 2021. Characterization of Amplitude Scintillation and Distribution of Positioning Error for IRNSS/GPS/SBAS Receiver. Acta Geophysica, 69, 323-333.
- Pırtı, A., Hoşbaş, R. G., Şenel, B., Köroğlu, M. ve Bilim, S., 2021. Galileo Uydu Sistemi ve Sinyal Yapısı. Geomatik Dergisi, 6 (3), 207-216.
- Pırtı, A., Örs Gündoğan, Z. ve Şimşek, M., 2022. QZSS Uyduları ve Sinyal Yapıları. Geomatik Dergisi, 7 (3), 243-252.
- Rice, M., 2018. Trust By Design. <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1057673.pdf> (06.02.2022).
- Salgın, Ö., 2007. Farklı Uzunluktaki Bazlarda Ticari GPS Yazımlarının Bernese Yazılımı ile Karşılaştırılması. (Y.Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı, Konya.
- Soma, P., 2021. IRNSS/NavIC: Indigenous Indian Satellite Navigation Programme. ACS Journal for Science and Engineering, 1 (1), 11-16.
- Solak, Y., 2010. 1/5000 Ölçekli Standart Topografik Kadastral (STK) Haritaların Kullanılabilirliğinin Araştırılması: Kastamonu-Taşköprü Örneği. (Y.Lisans Tezi), Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak.
- Space Segment, 2021. What is GPS? <https://www.gps.gov/systems/gps/> (25.11.2021).
- Space Segment, 2022. Constellation Arrangement. <https://www.gps.gov/systems/gps/space/> (15.11.2022)
- STM ThinkTech, 2016. Geleceğin Hava Kuvvetleri: 2016 - 2050 Sektör Değerleme Raporu. https://thinktech.stm.com.tr/uploads/docs/1608914423_satm-bb-17-0200-sektor-raporlari-ih-260417.pdf (15.01.2022).

- Şahin, H., 2015. Kadastronun Güncellenmesi, Yenilenmesi ve 22a Uygulamaları, Uygulamadaki Sorunlar ve Çözüm Önerileri. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Teftiş Kurulu Başkanlığı, Ankara.
- Şanlı, U., 2014. Global Konum Belirleme Sistemi Ders Notları. Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 20 s, İstanbul.
- Şişman, Y., Şişman, A. ve Bektaş, S., 2013. Koordinat Dönüşümünde Deney Tasarımı Yaklaşımı. Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 5 (1), 37-46.
- Taşdemir, M., 2020. Haberleşme ve Seyrüsefer Sistemleri Ders Notları. Atatürk Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi, s. 209-233.
- Tiryakioğlu, İ., Güllü, M., Baybura, T. ve Erdoğan, S., 2005. GPS Sinyal Yansımasının (Multipath) Nokta Konumlarına Etkisinin Araştırılması. Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 23-25 Kasım, 2005, İTÜ-İstanbul.
- Timur, T., 1979. Osmanlı Toplumsal Düzeni, Kuruluş ve Yükseliş Dönemi. Turhan Kitabevi, İkinci Baskı, 291 s, Ankara.
- Tut, İ., 2009. Hızlı Statik GPS Çözümlerinin Güvenirliği. (Y.Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Torun, A., 2017. İnsansız Hava Aracı (İHA) Sektöründe Trend: İHA Fotogrametrisi Bakışıyla. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2017 (Özel sayı), 35-52.
- TKGM, 2021. Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü Arşivi. Tokat, Kütahya.
- TKGM, 2022. İHA Kullanım Esasları. https://www.tkgm.gov.tr/sites/default/files/2020-12/ek_iha_kullanım_esaslari.pdf (15.06.2022).
- Uçarlı, A. C., Demir, F., Erol, S. ve Alkan, R. M., 2021. Farklı GNSS Uydu Sistemlerinin Hassas Nokta Konumlama (PPP) Tekniğinin Performansına Etkisinin İncelenmesi. Geomatik Dergisi, 6 (3), 247-258.
- Uysal, M., Yılmaz, M., Tiryakioğlu, İ. ve Polat, N., 2018. İnsansız Hava Araçlarının Afet Yönetiminde Kullanımı. Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi B- Teorik Bilimler, 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 6 (Özel Sayı), 219-224, Eskişehir.
- Ürüşan, A.Y., 2010. Marmara Bölgesi'nde GNSS Tabanlı Koordinat Transformasyonu ve Hücresel Transformasyon Parametrelerinin Belirlenmesi. (Doktora Tezi), İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Yakar, M. ve Mırdan, Ö., 2017. Tarihi Eserlerin İnsansız Hava Aracı ile Modellenmesinde Karşılaşılan Sorunlar. Geomatik Dergisi, 2 (3), 118-125.
- Yaprak, S., 1998. GPS ve GPS'in Detay Alımlarında Kullanılması. (Y.Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Yaprak, S., 2015. GNSS Konum Belirleme Yayınlanmamış Ders Notları. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği, 26 s, Tokat.
- Yaprak, S., 2021. GNSS Yayınlanmamış Ders Notları. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği, 115 s, Tokat.

- Yaşayan, A., Erkan, H. ve Seylam, S. G., 2011. Kadastro Kavramı ve Türkiye Kadastro. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan, 2011, Ankara.
- Yomralıoğlu, T., 2006. Dünya'da Kadastral Eğilimler ve Türkiye. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Kadastro Kongresi, 22-24 Mayıs, 2006, Ankara.
- Yomralıoğlu, T., 2019. Arazi Yönetimi Ders Notları. İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği, 220 s, İstanbul.
- Yıldız, O., 2013. Türkiye Kadastrounun Mevcut Durumu ve Çok Amaçlı Kadastroya Yönelik Yeni Yaklaşımlar. (Doktora Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
- Yılmaz, V., Akar, A., Akar, Ö., Güngör, O., Karşlı, F. ve Gökalp, E., 2013. İnsansız Hava Aracı ile Üretilen Ortofoto Haritalarda Doğruluk Analizi. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu, 23-25 Mayıs, 2013, KTÜ, Trabzon.
- Yurdakul, Ö., 2017. Türkiye Kadastrounun İkinci Kadastro Açısından Değerlendirilmesi ve Konya İli Bozkır İlçesi Sarıoğlan Mahallesi Örneği. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 3-6 Mayıs, 2017, Ankara.

EKLER

EK-1



3Dsurvey

Hava Fotoğrafları Değerleme Yazılımı

Versiyon 2.15.2

Rapor

Proje: New project

Fotoğraf Çekim Tarihi: 06.08.2022

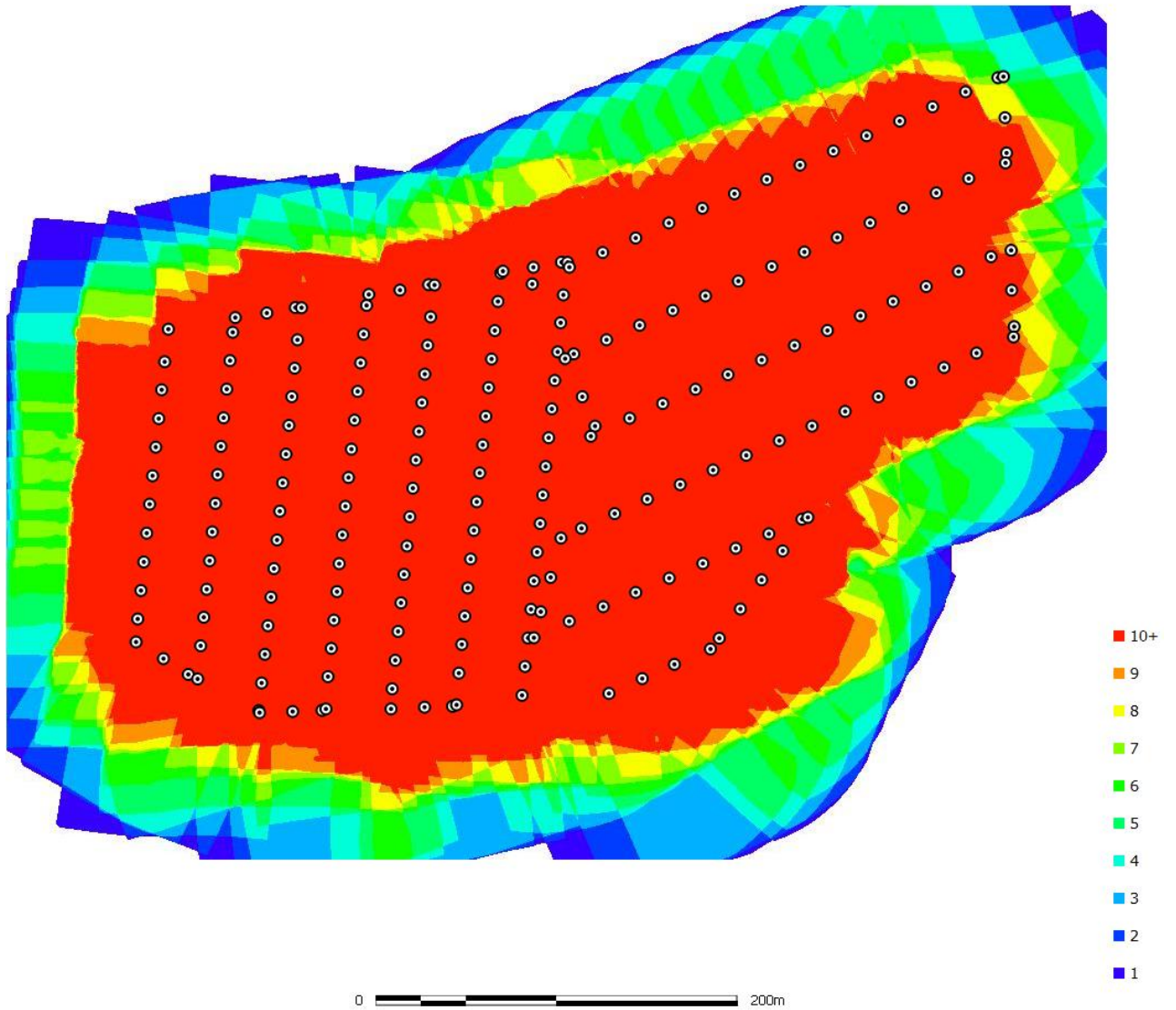
Kamera model	Çözünürlük	Odak uzaklığı	Sensör genişliği	Piksel boyutu
DJI FC6310R	5472 × 3648	8.8mm	13.2 × 8.8 mm	2.412µm
Ortofoto boyutu:	608m × 470.8m	Piksel çözünürlüğü:	0.025m	



0 200m

Uçuş Datası

Fotoğraf sayısı:	205	Onaylı fotoğraf sayısı:	205
Uçuş Yüksekliği:	83.6m	Fotoğraflardaki anahtar noktalar/ortalama:	1138
Zemin çözünürlüğü:	0.0262m	Jeoreferanslama:	Evet



Kamera Konumları

X hata	Y hata	Yatay hata	Düsey hata	Toplam hata
0.001m	0.001m	0.002m	0.007m	0.007m

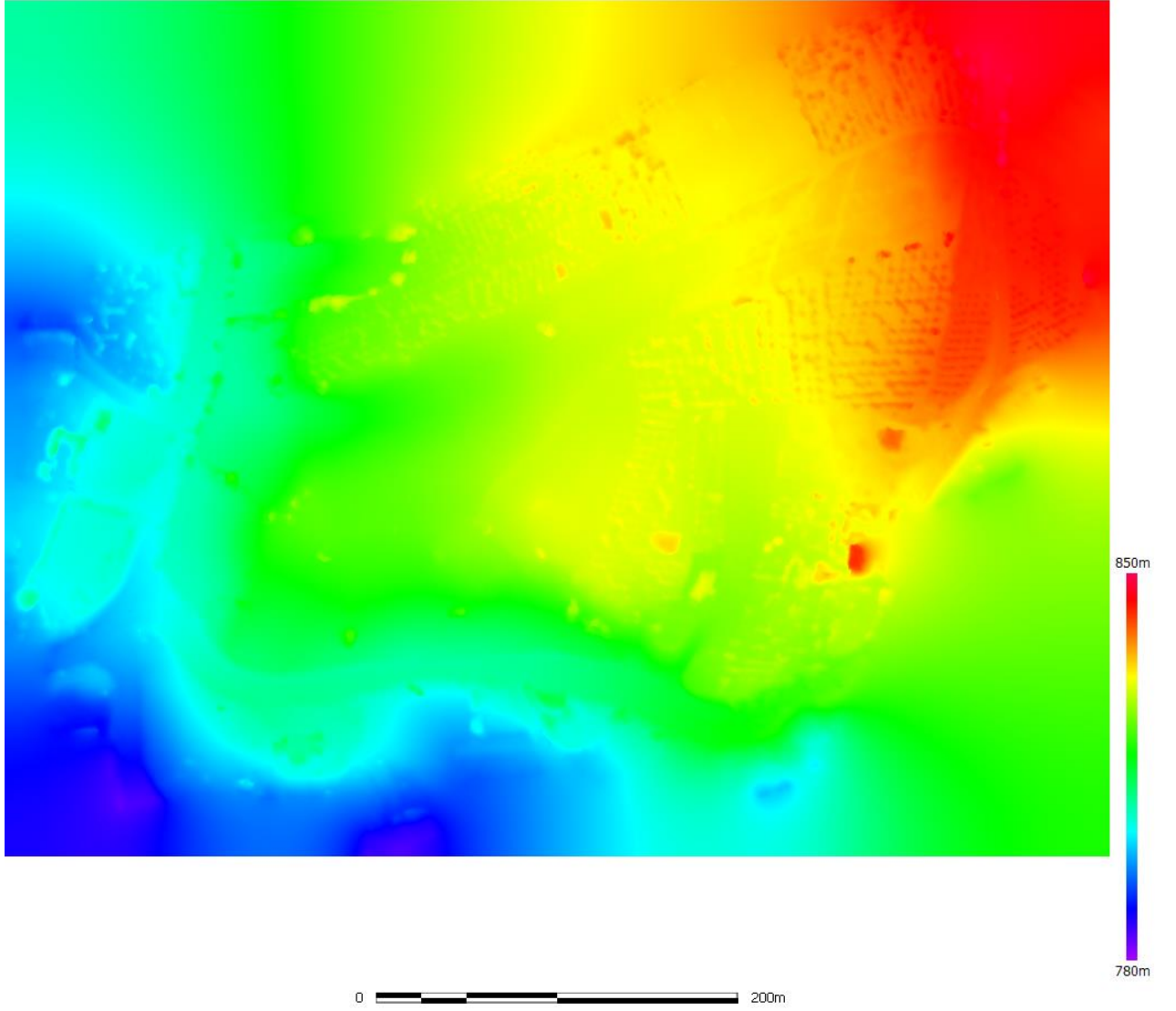


Sayısal Yükseklik Modeli

Grid çözünürlük: 0.2m

Ortalama
yoğunluğu:

nokta 5.17 Nokta/m²



Değerleme Parametreleri

Fotoğraf İstatistiki	Birleştirme
Fotoğraflar	205
Onaylı fotoğraflar	205
YKN sayısı	4
3B bağlama noktaları	233420
RMS projeksiyon hatası	0.777349
Maksimum projeksiyon hatası	11.0954
Parametrelerin optimizasyonu	
Parametreler	f, ppx, ppy, k1, k2, k3, t1, t2
Yoğun nokta bulutu	
Nokta sayısı	770643
Grid Model	
Grid hücre boyutu	0.2m
Üçgenleme sayısı	14312320
Ortomosaik	
Boyut	24320 × 18832
Piksel çözünürlüğü	0.025m

Camera Parameters

Camera:		DJI FC6310R	
Focal length (f):	3696.31px	Radial distortion (k1):	-0.013813
Principal point X (ppx):	2731.59px	Radial distortion (k2):	0.003362
Principal point Y (ppy):	1795.54px	Radial distortion (k3):	0.006368
Tangential distortion (t1):	-0.002362	Tangential distortion (t2):	-0.000588
Camera:		DJI FC6310R	
Focal length (f):	3697.26px	Radial distortion (k1):	-0.286042
Principal point X (ppx):	2731.00px	Radial distortion (k2):	0.132700
Principal point Y (ppy):	1792.98px	Radial distortion (k3):	-0.041168
Tangential distortion (t1):	0.000339	Tangential distortion (t2):	-0.000350

ÖZGEÇMİŞ

