

**AKILLI TELEFONLARDA BULUNAN KONUM
BELİRLEME YÖNTEMLERİ, ÜRETİLEN KONUM
VERİSİNİN KULLANILABİLİRLİĞİ VE TEKNOLOJİK
GELİŞİMİ**

**THE EVALUATION OF POSITIONING METHODS IN
SMART PHONES, USABILITY IN MAPPING AND
TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT**

AHMET CEM ERDOĞDU

DOÇ. DR CEVDET COŞKUN AYDIN

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

BUGÜNE KADAR EMEKLERİNİ ESİRGEMEDEN
HER ZAMAN YANIMDA OLAN
ANNEME, BABAMA VE SEVGİLİ EŞİME

ÖZET

Akıllı Telefonlarda Bulunan Konum Belirleme Yöntemleri, Üretilen Konum Verisinin Kullanılabilirliği ve Teknolojik Gelişimi

Ahmet Cem ERDOĞDU

Yüksek Lisans, Geomatik Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Cevdet Coşkun AYDIN

Haziran 2021, 105 sayfa

İnsanoğlunun yaşadığı bölgeyi konumlandırmak, tarif etmek ve planlamak istemesiyle başlayan haritacılık; günümüz teknolojisi doğrultusunda çok hızlı gelişen, değişen ve ürün kataloğu sürekli yenilenen sektörlerden birisidir. Günümüzde, teknolojinin hayatımıza kattığı önemli kazanımlardan birisi de akıllı telefonlardır. Akıllı telefonlar ve bu telefonlarda yer alan uygulamalar günlük hayatımızın yanında iş hayatımızı da etkisi altına almaktadır. Bu uygulamalarla yeni sektörler oluşturulurken; teknolojiye ayak uyduramayan bazı sektörler de ömrünü tamamlamaktadır. Akıllı telefonlar kazandıkları teknolojik özelliklerle haritacılık mesleğine ve ilgili sektörlerine yeni bakış açıları katmaktadır. Akıllı telefonlar özellikle el tipi GNSS alıcıları olarak bilinen tek frekanslı GNSS alıcılarının hızla yerini almaktadır. Bu çalışma akıllı telefonlarda bulunan GPS sensörlerini kullanan bazı uygulamaların sağladığı konumsal verilerin, el tipi GNSS alıcısı kullanımını gerektiren bazı harita sektörlerindeki veya alt sektörlerindeki kullanılabilirliğinin araştırılmasını amaçlar. Çalışma aynı zamanda, akıllı telefonlardaki

GPS tabanlı uygulamaların kullanıcılara sağladığı doğruluk ve hassasiyetin kullanım alanları ile sektörler için yeterli olup olmadığını araştırarak çözüm önerileri sunmaktadır. Bu çalışmada mobil cihazlardaki konum verisi teknolojisinin zamansal değişimine de yer verilmektedir. Ayrıca gelecekte mobil cihazların konum verisi üretmekte nereye geleceğinin öngörüsü oluşturulmak istenmektedir. Çalışmanın amaçları arasında, akıllı telefonlardaki GPS / GNSS uygulamalarının çalışma prensiplerini analiz ederek akıllı telefonlar ile elde edilen konum bilgisine etki eden faktörlerin belirlenmesi de mevcuttur. Bu faktörler dikkate alınarak yeni uygulamaların geliştirilmesine katkı sağlanabilir ve aynı faktörlerin gözlemlendiği bölgelerde hatalı ölçüm yapılması engellenebilir.

Anahtar Kelimeler: GNSS, Akıllı Telefonlar, GNSS / GPS Uygulamaları, Tek Frekanslı GNSS Alıcıları, Çift Frekanslı GNSS Alıcıları, A/GPS

ABSTRACT

THE EVALUATION OF POSITIONING METHODS IN SMART PHONES, USABILITY IN MAPPING AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT

Ahmet Cem ERDOĞDU

Master, Department of Geomatik Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Cevdet Coşkun AYDIN

June 2021, 105 pages

Cartography, which begins with the desire to locate, describe and plan the region where humankind lives; It is one of the sectors that rapidly develops and changes in line with today's technology and whose product catalog is constantly renewed. Today, one of the important gains that technology brings to our lives is smart phones. Smart phones and the applications on these phones affect our business life as well as our daily life. While creating new sectors with these applications; some sectors that cannot keep up with technological development are also completing their lifetime. Smart phones add new perspectives to the cartography profession and related sectors with the technological features they have gained. Smartphones are particularly rapidly replacing single-frequency GNSS receivers known as handheld GNSS receivers. This study aims to

investigate the usability of the positional data provided by some applications using GPS sensors in smartphones in some mapping sectors or sub-sectors that require the use of a hand-held GNSS receiver. The study also offers solutions by investigating whether the accuracy and precision provided by GPS-based applications in smartphones are sufficient for the usage areas and sectors. In this study, the temporal change of location data technology in mobile devices is also included. In addition, it is desired to create a prediction that mobile devices will come to produce location data in the future. Among the aims of the study: Analyzing the working principles of GPS / GNSS applications in smartphones, it is also included to determine the factors affecting the location information obtained by smartphones. By taking these factors into consideration, it can be contributed to the development of new applications and erroneous measurements can be prevented in areas where the same factors are observed.

Keywords: GNSS, Smart Phones, GNSS / GPS Application, Single Frequency GNSS Receivers, Dual Frequency GNSS Receivers, A/GPS

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarımın her safhasında bilgi, öneri ve tecrübeleriyle desteğini esirgemeyen; yüksek bilgi birikimi ve özgün fikirleriyle akademik hayatımın yanında sosyal hayatımda da gelişmeme, kendimi yetiőtirmeme katkı sağlayan danışman hocam sayın Doç. Dr. Cevdet Coşkun AYDIN'a (Hacettepe Üniversitesi Geomatik Mühendisliği Bölümü) en içten duygularımınla teşekkür ederim.

Çalıőmalarım devam ederken gösterdikleri anlayıő ve verdikleri maddi, manevi bütün desteklerinden dolayı; önce aileme, ardından arkadaşlarıma minnettar olduğumu belirterek teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER	ix
ÇİZELGELER.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Yöntemi	2
1.2. Çalışmanın Organizasyonu	5
2. COĞRAFİ KONUM BELİRLEME KONUSUNDA GENEL BİLGİLER	7
2.1. GNSS.....	9
2.1.1. GPS.....	10
2.1.2. GLONASS	19
2.1.3. GALILEO.....	21
2.1.4. COMPASS / BeiDou.....	22
2.1.5. Diğer Uydu Sistemleri.....	22
2.1.6. GNSS Ölçü ve Hesaplarına Etki Eden Hata Kaynakları.....	23
2.1.7. GNSS ile Konum Belirleme Yöntemleri.....	29
2.2. Tek Frekanslı El Tipi GNSS Alıcıları ile Konum Belirleme	37
2.2.1. Tek Frekanslı El Tipi GNSS Alıcılarının Çalışma Prensipleri	37
2.2.2. Tek Frekanslı El Tipi GNSS Alıcılarının Kullanım Alanları.....	38
2.3. Akıllı Telefonlarda Konum Belirleme Teknikleri.....	40
2.3.1. Akıllı Telefonlardaki Konum Belirleme Özelliğinin Çalışma Prensipleri....	41
2.3.2. Akıllı Telefonların Kullanım Alanları.....	48

3. UYGULAMA ÇALIŞMALARI.....	52
3.1. El Tipi GNSS Alıcıları ve Tek Frekanslı GNSS Sensörü Bulunan Akıllı Telefonlarla Yapılan Ölçü ve Aplikasyon Örnek Çalışması.....	52
3.1.1. Çalışma Alanı	53
3.1.2. Tahdit Noktalarının Ölçülmesi	55
3.1.3. Nirengi Noktalarının Aplikasyonu.....	57
3.2. Tek Frekanslı GNSS Sensörü Bulunan Akıllı Telefonlar ve Çift Frekanslı GNSS Sensörü Bulunan Akıllı Telefon ile Ölçü Alınan Poligon ve Detay Noktaları Örnek Çalışması.....	58
3.2.1. Çalışma Alanı	59
3.2.2. Poligon Noktalarının Ölçülmesi	61
3.2.3. Jeodezik GNSS Alıcıları ve Akıllı Telefonlar Kullanılarak Belirlenen Sahanın Ölçülmesi	63
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	66
4.1. El Tipi GNSS Alıcıları ile Akıllı Telefonların Coğrafi Konum Belirleme Doğruluklarının Kıyaslanması	67
4.2. Akıllı Telefonlardaki Konum Belirleme Yöntemlerindeki Zamana Bağlı Değişimin Analiz Edilmesi	72
4.3. Akıllı Telefonlardaki Konum Belirleme Yöntemlerinde Tek Frekanslı GNSS Sensörü Bulunan Telefonlar ile Çift Frekanslı GNSS Sensörü Bulunan Telefonların Kıyaslanması	73
4.4. Akıllı Telefonlardaki Konum Belirleme Yöntemlerine Etki Eden Faktörler	78
5. DEĞERLENDİRME	82
6. KAYNAKLAR	87
EKLER.....	93
EK 1 – Tahdit noktalarına ait ölçü ve referans değerleri	93
EK 2 – Dazkırı ilçesine ait halihazır haritada yer alan nirengi noktaları.....	94
EK 3 – Nirengi noktalarına yapılan aplikasyon çalışmalarında elde edilen hata değerleri	95
EK 4 – Poligon noktalarına yapılan ölçüler ve kıyas sonucu elde edilen uzaklık ile hata değerleri	96

EK 5 – Noktalara ait referans koordinatlar ve çift frekanslı GNSS alıcı sensörü bulunduran Android işletim sistemli akıllı telefon ile ölçülen koordinatlar, internet hızları ve şebeke kapsama oranları.....	98
EK 6 – IOS ve Android işletim sistemli akıllı telefonlar ile ölçülen koordinatlar, internet hızları ve şebeke kapsama oranları.....	101
ÖZGEÇMİŞ	104

ŞEKİLLER

Şekil 2.1. GPS uyduları ve uydu yörünge düzlemleri [18].	12
Şekil 2.2. GPS uydularına ait fotoğraflar [18].	13
Şekil 2.3. GPS bölümleri [19].	14
Şekil 2.4. GPS Kontrol İstasyonları [21].	14
Şekil 2.5. GPS sinyallerindeki gelişim [18].	15
Şekil 2.6. GPS sinyal üretimi [18].	16
Şekil 2.7. GPS uydularındaki seyrüsefer mesaj yapısı [22].	17
Şekil 2.8. GPS alıcılarındaki işlem basamakları [22].	18
Şekil 2.9. GLONASS yer kontrol istasyonları [27].	20
Şekil 2.10. GNSS uydu yörüngeleri [27].	20
Şekil 2.11. GALILEO uydu sinyal yapısı [26].	21
Şekil 2.12. BeiDou-Compass uydu frekansları [29].	22
Şekil 2.13. GNSS yapısını oluşturan sistemler [30].	23
Şekil 2.14. GNSS hata kaynakları [31].	24
Şekil 2.15. GNSS alıcı anteni kaynaklı sinyal yansıma (multipath) etkisi [31].	27
Şekil 2.16. Su yüzeyi kaynaklı sinyal yansıması [38].	27
Şekil 2.17. GNSS ile konum belirleme yöntemleri [42].	29
Şekil 2.18. Mutlak konum belirleme yöntemi [41].	30
Şekil 2.19. Bağıl (Görelî) konum belirleme yöntemi [41].	30
Şekil 2.20. Statik ölçü yöntemi [44].	31
Şekil 2.21. Hızlı statik ölçü yöntemi [44].	32
Şekil 2.22. Travers ölçü yöntemi ve merkezsel baz ölçü yöntemi [46].	32
Şekil 2.23. Dur-git ölçü yöntemi [44].	33
Şekil 2.24. Kinematik ölçü yöntemi [44].	33
Şekil 2.25. Klasik RTK Ölçü Yöntemi [13].	34
Şekil 2.26. Ağ-RTK Ölçü Yöntemi [13].	35
Şekil 2.27. DGNSÇ Çalışma Prensibi [13].	36
Şekil 2.28. Ölçü Yöntemlerinin Kıyaslanması [45].	37
Şekil 2.29. El tipi GPS alıcısı ve arayüz tanıtımı [50].	38

Şekil 2.30. Tortum Gölü çevresindeki heyelan sahasında el tipi GPS alıcısı kullanılarak elde edilen konum verisi [50].	40
Şekil 2.31. Akıllı telefon sınıfı GNSS anteninin yerinde çalışması için tasarlanmış test mimarisi, çalışma sonucunda santimetre düzeyinde doğruluk sağlanmıştır [52].	41
Şekil 2.32. Doğu, kuzey ve yukarı yönlerde akıllı telefon PPP çözümü hataları [53].	42
Şekil 2.33. Doğu, kuzey ve yukarı yönlerde jeodezik alıcı PPP çözümü hataları [53].	42
Şekil 2.34. A-GPS [56].	44
Şekil 2.35. A-GPS çalışma şeması [57].	45
Şekil 2.36. Çok baz istasyonlu GSM ağı ile konum tespiti [60].	46
Şekil 2.37. IP tabanlı konum verisi elde etme örneği [54].	47
Şekil 2.38. Kapalı alanlarda konumlandırma yöntemleri [61].	48
Şekil 2.39. LBS ile farklı teknolojiler arasındaki ilişki [55].	49
Şekil 2.40. LBS ile içerik kullanan hizmetler [55].	49
Şekil 2.41. LBS bileşenleri [55].	50
Şekil 3.1. Afyonkarahisar Dazkırı ilçesi konumu [65].	54
Şekil 3.2. Dazkırı (Afyonkarahisar) ilçesi genel tahdit noktaları ve tahdit sınırı.	56
Şekil 3.3. Dazkırı ilçesine ait halihazır haritada yer alan ve çalışmada kullanılan nirengi noktaları.	58
Şekil 3.4. Ayvacık ilçesinin konumu [67].	60
Şekil 3.5. Çalışmanın yapıldığı sahaya ait fotoğraf.	61
Şekil 3.6. Ölçü sahasında bulunan poligon noktaları.	62
Şekil 3.7. Sahada ölçülen noktalar.	64
Şekil 4.1. Dazkırı ilçesinde tahdit noktalarına ait ölçülerin referans verilerle kıyaslandığında X ve Y koordinatlarındaki hatalarını gösteren grafik.	67
Şekil 4.2. Dazkırı ilçesinde tahdit noktalarına ait verilerin konum hatalarını gösteren grafik.	68
Şekil 4.3. Ayvacık ilçesindeki poligon noktalarında yapılan ölçülere ait X ve Y koordinatlarındaki hatalar.	70
Şekil 4.4. Ayvacık ilçesindeki poligon noktalarında ölçülerin konum hatalarını gösteren grafik.	71
Şekil 4.5. Konum hatalarının modellenmesi için kullanılan renk değerleri.	74

Şekil 4.6. Tek frekanslı GNSS alıcı sensörlü 2016 model Android işletim sistemli akıllı telefon verileri ile oluşturulan model.	75
Şekil 4.7. Tek frekanslı GNSS alıcı sensörlü 2019 model IOS işletim sistemli akıllı telefon verileri ile oluşturulan model.	76
Şekil 4.8. Çift frekanslı GNSS alıcı sensörlü 2019 model Android işletim sistemli akıllı telefon verileri ile oluşturulan model.	77
Şekil 4.9. Dazkırı ilçesinde yapılan nirengi noktalarının aplikasyonu çalışması sonucunda elde edilen verilerin X ve Y koordinatlarındaki hataların grafiği.	80
Şekil 4.10. Dazkırı ilçesinde yapılan nirengi noktalarının aplikasyon çalışması sonucunda elde edilen konum hatalarını gösteren grafik.	80
Şekil 5.1. Tahmini toplam GNSS gelirleri [68].	84
Şekil 5.2. Segmentlere göre kümülatif gelir [68].	85
Şekil 5.3. GNSS gelirlerinin bölge ve ülkelere göre kıyaslanması (2017 verileri) [68].	85

ÇİZELGELER

Çizelge 2.1. GPS uydularına ait veriler [9].	10
Çizelge 2.2. GPS hatalarının oransal dağılımı [17].	19
Çizelge 3.1. Dazkırı ilçesinde yapılan uygulamalarda kullanılan GNSS alıcıları	53
Çizelge 3.2. Ayvacık ilçesinde yapılan uygulamalarda kullanılan GNSS alıcıları	59

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

C/A	Coarse Acquisition
P	Precision
SA	Selective Availability

Kısaltmalar

GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GIS	Geographical Information Systems
SLR	Satellite Laser Ranging
VLBI	Very Long Baseline Interferometry
UTM	Universal Transverse Mercator
NATO	North Atlantic Treaty Organization
GLONASS	Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema
NAVSTAR	Navigation Satellite Timing And Ranging
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
PRN	Pseuda Random Noise
RTK	Real Time Kinematik
IGS	International GNSS Service
İHA	İnsansız Hava Aracı
CORS	Continuously Operating Reference Stations

DGPS	Diferansiyel GPS
ESA	European Space Agency
OEM	Original Equipment Manufacturer
WAAS	Wide Area Augmentation System
EGNOS	European Geostationary Overlay Service
MSAS	Multi-functional Satellite Augmentation System
SDCM	System for Differential Corrections and Monitoring
GSM	Global System for Mobile Communications
GPRS	General Packet Radio Service
IP	Internet Protocol
WiFi	Wireless Fidelity
MAC	Media Access Control
UWB	Ultra Wide Band
WLAN	Wireless Local Area Network
RFID	Radio Frequency Identification
LBS	Location Based Services
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
YBİT	Yeni Bilgi ve İletişim Teknolojileri
IOS	iPhone Operating System
BÖHHBÜY	Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği

1. GİRİŞ

İnsanlar tarih boyunca; yaşadıkları çevreyi öğrenmeye, yaşadıkları alanın sınırlarını belirlemeye, yön tayini yapmaya ve bir yerden diğer bir yere ulaşmaya çalışmışlardır. Bu amaç doğrultusunda coğrafi konum verileri üretmeye ihtiyaç duymuşlardır. Bu veriler ile harita, kroki, plan veya proje gibi haritacılık faaliyetlerinin bazı ürünleri üretilmiştir.

Haritacılık faaliyetlerinin ürünleri ilk zamanlarda krokilere benzeyen, genellikle hayvan derilerine yahut taş parçalarına resmedilen eserlerden oluştuğu görülmektedir. Dünya tarihinde İstahri, Christopher Columbus, Piri Reis, Vasco Da Gama, Seydi Ali Reis, Amerigo Vespucci, Ferdinand Macellan ve Katip Çelebi gibi kartografya, coğrafya ve coğrafi keşifler ile ilgilenen isimler sayesinde haritacılık da sürekli gelişim göstermiştir. Coğrafi keşifler ile ticari ve siyasi olarak daha fazla önem kazanan haritacılık çalışmalarının önemli teknolojik gelişmeler ile günümüzdeki haline ulaştığı görülmektedir.

GNSS tabanlı teknolojiler, GIS tabanlı haritacılık teknolojileri ve mobil/online haritacılık çözümlerine dayalı teknoloji uygulamaları haritacılık çözümlerinden bazılarıdır. GNSS tabanlı teknolojik çözümler yaygın olarak kullanılan coğrafi konum belirleme yöntemleri arasında olmaktadır.

Akıllı telefon kullanımının yaygın hale gelmesiyle birlikte sosyal hayatımızda ya da iş hayatımızda kullandığımız çoğu aktivitenin mobil hale geldiği gözlemlenmektedir. Bankacılık sektöründen fotoğrafçılık sektörüne, sağlık sektöründen turizm sektörüne neredeyse her sektör ve alan için profesyonel çözümler akıllı telefon uygulamalarında mevcut olarak bulunabilmektedir. Bu çözümler için akıllı telefonların dahilinde bulunan yahut haricinde yüklenen uygulamalarda zaman zaman coğrafi konum verisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyacın temel sebepleri: adres bulma, navigasyon hizmeti ya da adrese yönlendirme gibi temel ihtiyaçlardan kaynaklanmaktadır. Önceleri yalnızca şebeke yardımıyla konum belirlemeye çalışan mobil iletişim cihazları teknolojisinin,

günümüzde bazı üreticiler tarafından akıllı telefon bünyesine dahil edilen çift frekanslı GNSS alıcıları sayesinde desimetre doğruluğuna ulaşabildiği iddia edilmektedir.

Akıllı telefon üreticilerinin geliştirdikleri cihazlardaki konum belirleme özelliklerinin bazı yardımcı uygulamalar ile haritacılık faaliyetlerinde de kullanılabilirliği inceleme konusu olmaktadır. Üreticilerin cihazlardaki coğrafi konum belirleme yetisinde yüz metreler ile ifade edilen doğruluk oranlarını desimetreye indirme çalışmaları başarılı bir şekilde devam etmektedir. Özellikle yüksek doğruluk gerektirmeyen çalışmalar için akıllı telefonların coğrafi konum belirleme yetisi çalışmamızda test edilerek belirlenmeye çalışılmaktadır.

Çalışmada akıllı telefonlardaki coğrafi konum belirleme yetisi test edilirken topografik farklılıklar, hava koşulları, şebeke durumu ve bitki örtüsü gibi faktörlerin ölçülen konum verisine etkileri de araştırılmaktadır. Akıllı telefonlarda bulunan coğrafi konum belirleme özelliklerine etki eden olumlu-olumsuz faktörler tespit edildiğinde konum verisinin kullanılabilir olduğu alanların tespit edilmesinin de kolaylaşacağı, bunun yanı sıra üretilen konum verilerine ait hassasiyet ve doğruluğun iyileştirme çalışmalarının hız kazanabileceği öngörülmektedir.

1.1. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Yöntemi

Harita ve harita işlerinin yapımı aşamasında çeşitli ölçme aletleri kullanılmaktadır. Total station, nivo, mira, reflektör gibi optik-mekanik aletlerin dışında lidar tarayıcılar gibi lazer teknolojisi kullanan aletler de mevcuttur. Harita işlerinin yapımında özellikle milenyumdan sonra GNSS alıcılarının kullanımı artmıştır.

GNSS teknolojisi, askeri amaca hizmet etmek gayesi ile bulunsa da jeodezik amaç dahilinde sivil kullanıma da sunulmuştur. Jeodezi başta olmak üzere pek çok mühendislik uygulamasında konum doğruluğunu arttıran bazı yöntemler ile birlikte GNSS teknolojisi kullanılmaktadır.

GNSS alıcılarının küçük sensörler haline getirilerek mobil cihazlara entegre edilmesi bu teknolojinin kapsamını ve kullanım alanlarını genişletmiştir. Akıllı telefonlara eklenen GNSS alıcı sensörleri sosyal medya kullanımını, çalışma hayatını ve alışveriş kültürünü doğrudan etkilemiştir.

Çalışmada akıllı telefonlar kullanılarak elde edilen konum verilerinin jeodezik amaçla kullanımını test etmek amacıyla doğruluk analizleri yapılmaktadır. Üretilen konum verisinin doğruluğuna göre akıllı telefonların harita yapımında doğrudan kullanımı veya harita işlerindeki kullanımını incelenmektedir.

Çalışmada akıllı telefonlar kullanılarak elde edilen konum verilerinin jeodezik amaçlı kullanımının irdelenmesi için akıllı telefonlar konum belirleme kriterlerine göre kıyaslanmaktadır. Yapılan kıyaslamalar neticesinde akıllı telefon teknolojisinin zaman içerisindeki gelişimi gözlemlenebilmektedir. Zaman odaklı konum doğruluğunun artışıdaki ivme, gelecek yıllarda akıllı telefon teknolojisinin haritacılık sektörüne adaptasyonu hakkında önsezi oluşturabilmektedir.

Çalışma, akıllı telefonların mevcut yaygın kullanım alanları dışında farklı kullanım alanlarının geliştirilmesine ve genişletilmesine katkı sağlamayı hedeflemektedir. Bu katkılar; akıllı telefonlardan elde edilen konum verilerinin farklı sektörlerde anlık ve uygulama tabanlı kullanılabilirliği, haritacılık sektöründe el tipi GNSS alıcıları yerine kullanılabilirliği ve gelecek yıllarda pek çok mühendislik uygulaması için donanım-yazılım revizeleri dahilinde jeodezik GNSS alıcıları yerine kullanılabilirliği olarak sıralanabilmektedir.

Teknolojinin geçmişten günümüze kat ettiği ilerleyiş dahilinde geleceğine yönelik öngörüler üreterek ilgili sektörlerin yönelimini sağlamak amacıyla, çalışmada özellikle GNSS sektörünün kümülatif gelir dağılımları kronolojik olarak gösterilmektedir.

Akıllı telefonlarda bulunan konum belirleme özelliğine etki eden faktörler çalışmada belirtilmektedir. Bu faktörlerin/etkilerin giderilmesi veya iyileştirilmesi doğruluğu daha yüksek konum verisi üretimine destek olabilecektir.

Konu hakkında literatür taraması yapıldığında farklı sektörlerin ve mühendislik disiplinlerinin akıllı telefonlar ile konum belirleme alanında çalışmaları olduğu görülmektedir.

Akıllı telefonlar ile GNSS konumlandırmasının sinyal karakterizasyonunu inceleyen ve değerlendiren, jeodezik GNSS alıcısı ile akıllı telefonun kıyaslanması uygulamasını içeren 2019 yılında yapılan bir çalışma mevcuttur [1].

P. Dabove, V. D. Pietra, S. Hatem ve M. Piras [2] tarafından 2019 yılında yapılan çalışmada Android işletim sistemli akıllı telefonlar kullanılarak konumlandırma işlemleri yapılmış ve GNSS alıcısı ile akıllı telefondan elde edilen veriler kıyaslanmıştır.

J. Paziowski [3] 2020 yılında yaptığı çalışmada akıllı telefonlardaki konumlandırma ile uygulamalara dair son gelişme ve perspektifleri göstermiştir. Çalışmada, pek çok benzer çalışma yer almakta ve ilgili akıllı telefon uygulamalarına değinilmektedir.

Akıllı telefonların GNSS alıcıları ile gerçek zamanlı konumlandırma (RTK) yapılabileceğine dair bir çalışma 2019 yılında yayınlanmıştır. Bu çalışmada iki adet akıllı telefon ve tek frekanslı alıcı ile harici anten çifti kıyaslanmaktadır. Çalışmada istasyonları arası yaklaşık 50 km ortalama uzaklığa sahip CORS ağından yararlanılmıştır [4].

Jeodezik amaçlı kullanılan GNSS alıcıları ile akıllı telefonlarda bulunan GNSS alıcı sensörlerini sinyal kalitesi ve konumlandırma performansı konularında analiz eden çalışmalar literatürde mevcuttur [5].

M. Pepe, D. Kostantino, G. Voza ve V. S. Alfio [6] tarafından 2021 yılında yapılan çalışmada akıllı telefonlardan sağlanan konumlandırmanın doğruluğunu değerlendirmek için istatistiksel bir yöntemden yararlanılmaktadır. Konum verilerindeki aykırı değerleri tespit edip yok edebileceği için Tukey ve K-means yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler akıllı telefonların konumlandırma doğruluğunu arttırmak için kullanılmıştır.

Tek frekanslı GNSS alıcı sensörüne sahip bir akıllı telefon ile çift frekanslı GNSS alıcı sensörüne sahip bir akıllı telefonun konumlandırma doğruluğuna dayalı değerlendirmeleri içeren 2020 yılında yayınlanan bir çalışmada referans olarak jeodezik GNSS alıcısı kullanılmıştır. Ölçü çalışmaları kinematik ve mutlak konumlama yöntemleri ile yapılmıştır [7].

Düşük maliyetli çift frekanslı GNSS alıcısına sahip mobil cihazların gelecek yıllarda, yüksek doğruluk gerektirmeyen konumlandırma işlemlerinde daha karmaşık ve pahalı olan jeodezik amaçlı GNSS alıcılarının yerini alabilecekleri öngörüsünü belirten çalışma 2021 yılında M. J. J. Martinez, M. F. Abadia ve N. Q. Olmo tarafından yapılmıştır [8].

1.2. Çalışmanın Organizasyonu

Çalışmanın birinci bölümünde çalışma ile ilgili kısa bilgiler, öngörüler ve amaçlar anlatılmaktadır. Çalışmanın hangi amaçlara yönelik olduğu ve sektör dahilinde oluşan veya oluşabilecek faydalardan bu bölümde kısaca bahsedilmektedir. Bölüm tez çalışmasının başlangıcı niteliğindedir.

Çalışmada bulunan ikinci bölüm coğrafi konum belirleme konusunda bilgiler içermektedir. Jeodezik amaçlı konum belirleme teknikleri ve özellikle konum belirleme uyduları kullanılarak konum belirleme yöntemleri bu bölümün alt başlıkları arasında yer almaktadır. El tipi GNSS alıcıları ve akıllı telefonların kullanım alanları hakkında detaylar bulunmaktadır. Bu bölümde yer alan akıllı telefonlardaki konum belirleme yöntemleri mobil cihazlar ile konum verisi üretimi hakkında detaylı bilgiler içermektedir.

Çalışmada yer alan üçüncü bölüm ile Dazkırı (Afyonkarahisar) ve Ayvacık (Çanakkale) ilçelerinde yapılan uygulama çalışmaları detaylandırılmaktadır. Uygulamaların yapıldığı çalışma alanları hakkında bilgiler verilmekte, kullanılan cihazların özellikleri ve cihazlar ile elde edilen konum verileri bölümün içeriğini oluşturmaktadır. Bahsi geçen konum verileri; Dazkırı (Afyonkarahisar) ilçesinde yapılan tahdit noktalarının ölçülmesi, nirengi noktalarının aplikasyonu çalışmaları ve Ayvacık (Çanakkale) ilçesinde yapılan poligon noktalarının ölçülmesi, jeodezik GNSS alıcıları ve akıllı telefonlar kullanılarak belirlenen sahanın ölçülmesi çalışmaları neticesinde elde edilmiştir.

Sonuçlar ve tartışma kısmında yer alan; el tipi GNSS alıcıları ile akıllı telefonların coğrafi konum belirleme doğruluklarının kıyaslanması, akıllı telefonlardaki konum belirleme yöntemlerindeki zamana bağlı değişimin analiz edilmesi, akıllı telefonlardaki konum belirleme yöntemlerinde tek frekanslı GNSS sensörü bulunan telefonlar ile çift frekanslı GNSS sensörü bulunan telefonların kıyaslanması ve akıllı telefonlardaki konum belirleme yöntemlerine etki eden faktörler gibi konular çalışmanın dördüncü bölümünde incelenmektedir. Elde edilen veriler ve yapılan analizler modellenerek görsel olarak zenginleştirilmiş kıyaslama yapmaya olanak tanımıştır.

Çalışmanın son bölümü olan beşinci bölümde elde edilen sonuçların yorumlanması ile kar-zarar, beklenti ve teknik öngörüler belirtilmiştir. Çalışmanın katkı sağlayabileceği ekonomik getirilere ait veri ve bilgiler de bu bölümde yer almaktadır.

2. COĞRAFI KONUM BELİRLEME KONUSUNDA GENEL BİLGİLER

Günümüzde coğrafi konum belirlemek için çeşitli aletler mevcuttur. Bu aletler analog ya da dijital olabilmektedirler. Coğrafi konumun belirlenmesi için kullanılan aletler karada, gökyüzünde, denizde yahut uzayda konumlandırılabilir. Bu aletlerin kullanım alanları çeşitli yöntem ve metotlar ile arttırılabilmekte veya genişletilebilmektedir. Farklı amaçlara yönelik belirlenen optimum hassasiyet ve doğruluk değerlerinin sağlanması ancak doğru aletin doğru yöntem ve metotla kullanılması ile mümkün olmaktadır.

Coğrafi konum belirlenirken yeryüzünün tamamı veya bir bölümü çalışma sahası olarak tanımlanmaktadır. Çalışma alanı yeryüzünün tamamı ya da büyük parçaları seçildiğinde kullanılan araç ve yöntemler, küçük parçalardaki çalışmalarla farklılık göstermektedir. Coğrafi konumu belirlenecek (ölçülecek) alan yeryüzünün tamamı veya büyük bir kısmı ise yerin 'jeoit' şekli dikkate alınmalıdır. Ancak jeoitin geometrik tanımı yapılamadığı için dönел elipsoid referans yüzeyi olarak kullanılmaktadır. Yeryüzünü konum, şekil, büyüklük olarak inceleyen Jeodezi bilim dalı; referans yüzeylerini: elipsoid, küre, düzlem olarak ayırmaktadır. Jeodezi coğrafi konum verisini oluşturmak için yapılan ölçülerin hatalarını da incelemektedir. Ölçülerdeki hatalar genel olarak: kaba hatalardan, tesadüfi ya da düzenli olmayan hatalardan ve sistematik hatalardan oluşmaktadır [9].

Coğrafi konum belirlemek amacıyla ölçü dürbünü, teodolit, düzeç, jalon, nivo, mira, total station, GNSS alıcıları, radar sistemleri, lazer tarayıcı sistemleri, DORIS-SLR-VLBI vb. uydu sistemleri gibi araçlar kullanılmıştır ve/veya kullanılmaktadır. Akıllı telefonlarda GNSS sensörleri bulunduğu için bu çalışmadaki ilerleyen konularda coğrafi konum belirleme bakımından GNSS teknikleri ağırlıklı olarak ele alınacaktır.

Coğrafi konumun belirlenmesi amacıyla tanımlı referans yüzeyinde ölçüler yapılmaktadır. Ölçü yapılan noktalar bir koordinat sisteminde tanımlanmaktadır. Bu noktalar matematiksel bağıntılar kullanılarak düzlem veya düzleme açılan yüzeylere

aktarılabilmektedir. Bu işlemlerin tümü harita projeksiyonlarının tanımlanması amacını oluşturmaktadır [10].

Harita ölçeği 1/2000000 dan büyük ise yeryüzü için referans yüzeyi olarak elipsoid kullanılmaktayken 1/2000000 dan küçük ölçeklerde yeryüzü referans yüzeyi olarak küre kullanılmaktadır. 1/500000 (dahil) den küçük ölçekli haritalarda koordinat sistemi olarak coğrafi koordinatlar kullanılmaktadır. Daha büyük ölçeklerde ise düzlem dik koordinatlar kullanılmaktadır. Bu prensiplere göre çalışma sahasında ölçülen değerler, ilave kurallar ve yöntemler dahilinde gösterime uygun hale getirilmektedir [10,11].

Türkiye’de Ulusal Topografik Harita Takımları üretilirken (1/25000 – 1/100000 ölçek aralığı) Universal Transversal Mercator (UTM) projeksiyon sistemi kullanılmaktadır. 1/5000 ve daha büyük ölçekli haritaların üretiminde ise 3° dilim genişliğinde Gauss-Krüger projeksiyonu kullanılmaktadır. Aynı zamanda bu sistem ulusal bir standarttır [10].

Universal Transversal Mercator (UTM) projeksiyonu Gauss-Krüger projeksiyonundan geliştirilmiştir. NATO (Kuzey Atlantik Paktı) üyesi ülkelerin harita üretiminde ortak projeksiyon olması hedeflenerek geliştirilen UTM, referans yüzeyi olarak elipsoid kullanılmaktadır [10].

Dünyadaki teknoloji gelişiminin mobil cihazlara yönelmesi ve bu yönelimin sivil, ticari ya da sosyal alanlarda talep görmesi mobil cihazlardaki farklı kullanım alanlarının artmasına neden olmaktadır. İlk üretimde düşünülen amaç dışı gelişmelerden olan ve yaygın kullanılan özelliklerden bir tanesi de mobil cihazlar ile konum belirleme uygulamalarıdır. Sosyal ve / veya ticari hayatta yer alan çoğu uygulama mobil konum verisine ihtiyaç duymaktadır. Bu süreçte mobil cihazların konum belirleme doğrulukları jeodezik doğruluk anlamında sürekli gelişim göstermektedir.

İnternete erişimin dünya nüfusuna oranının %59 olduğu günümüzde, mobil cihazlar arasında akıllı telefonlar internet erişimi için %53.3 oranla en çok kullanılan platform olmaktadır [12].

2.1. GNSS

Uydu teknolojileri coğrafi konum belirleme yöntemleri arasında en popüler olan teknolojidir. Kullanım kolaylığı, pratik yapısı ve zaman tasarrufu gibi sebeplerden dolayı coğrafi konum belirleme teknolojileri ve yöntemleri içinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Zamanın bir kısmında, yeryüzünde bulunan kullanıcıların konumunu en az 4 uydudan kod-faz varış zamanı ölçümü yöntemiyle belirleyen uydu sistemlerinin bütünü **GNSS (Küresel Konum Belirleme Sistemi)** olarak adlandırılmaktadır [13].

Farklı ülkelerin değişik amaçlara yönelik lokal veya global bazlı coğrafi konum verisi sağlayan uydu sistemleri bulunmaktadır. Bahsi geçen sistemler çalışma prensipleri, kullanım amaçları, hassasiyetleri, doğrulukları, kurucu ülkeleri gibi özellikler çerçevesindeki konu başlıkları altında tanıtılmaktadır. GNSS üst başlığı altında Amerika Birleşik Devletleri'ne ait Küresel Konumlama Sistemi (GPS), Rusya Federasyonu'na ait GLONASS, Avrupa Birliği'ne ait Galileo, Çin Halk Cumhuriyeti'ne ait Beidou ve diğer sistemler mevcuttur.

Çalışma konumuzun 'Akıllı Telefonlarda Bulunan Konum Belirleme Yöntemleri, Üretilen Konum Verisinin Kullanılabilirliği ve Teknolojik Gelişimi' olması nedeniyle çalışmada konum belirleme yöntemlerine değinilmektedir. Akıllı telefonlarda bulunan GNSS alıcı sensörleri sayesinde konum doğruluğu metre ve metre altı düzeylere ulaşabilmektedir. Bu sebeple çalışmada GNSS teknolojilerine daha fazla yer verilecektir.

Sürekli gelişen teknoloji, günümüzde üretilen akıllı telefonlarda GPS uydularının yanı sıra GLONASS, Galileo ve Beidou gibi diğer uydu sistemlerinin de konum verilerini kullanabilmektedir. Algılanabilen uydu sistemi sayısı arttıkça konum verisi sağlanan uydu sayısı da arttığı için akıllı telefon teknolojilerinin bahsi geçen yükselişi, dahilinde üretilen coğrafi konum kalitesinin artmasına katkı sağlamaktadır.

2.1.1. GPS

NAVSTAR / GPS (Navigation Satellite Timing And Ranging / Global Positioning System): sürekli ve anında konum sağlama işlemini, aynı zamanda hız ve zaman ölçümünü; rastgele bir yer ve zaman diliminde, ekonomik olarak diğer yöntemlerden daha uygun olarak, mevcut hava koşullarına uygun olarak, duyarlılığı yüksek ve global koordinat sistemlerinden bir tanesinde tanımlı olarak gerçekleştiren radyo navigasyon sistemidir. ABD Savunma Dairesi tarafından geliştirilen

GPS teknolojisinin askeri kullanımı ile:

- Füze, roket gibi önem arz eden ekipmanların belirli bir konuma ulaşması sağlanmaktadır.
- İnsanlı veya insansız araçlara navigasyon hizmeti verilmektedir.
- Herhangi bir hedefin coğrafi konumu belirlenmektedir.
- Gerekli durumlarda konum verisi yardımı ile arama faaliyetleri yürütülmekte ve kurtarma işlemine fayda sağlanmaktadır.
- Hava muhalefeti olan bölgelerde uçakların iniş-kalkış aşamaları gerçekleştirilmektedir [14].

GPS teknolojisinin sivil kullanım alanları ise:

- Tarım sektöründe, hassas tarım teknolojileri ve uygulamaları faaliyetlerinde kullanılmaktadır.
- Elektrik alanlarında, elektrik sistemlerinin güvenilirliği ve verimliliği konularında yararlanılmaktadır.
- Finans sektöründe, yüksek frekanslı ticaret kapsamında önem arz etmektedir.
- Konum tabanlı hizmetlerde, konum servislerinden yararlanan tüketici bazlı akıllı telefon uygulamalarında ve hizmet alanlarında kullanılmaktadır.
- Maden sektöründe; verimlilik, maliyet ve hassasiyet analizlerinde fayda sağlamaktadır.
- Denizcilikte; navigasyon amaçlı, liman operasyonlarında ve eğlence-turizm amaçlı tekneçilik faaliyetlerinde kullanımı mevcuttur
- Akaryakıt sektöründe; açık denizlerde sondaj, keşif benzeri çalışmalarda kullanılmaktadır
- Etüt işlerinde; ölçme işlerinde zaman, maliyet ve doğruluk kıstaslarındaki kazanımları arttırmaktadır

- Telekomünikasyon sektöründe; kablosuz ağlar için geliştirilmiş güvenilirlik ve bant genişliği kullanımında yararlanılmaktadır
- Telematik alanında; iyileştirilmiş araç sevkiyatı ve navigasyon amaçlı kullanımı mevcuttur

GPS sistemi bazı bölümlerden oluşmaktadır. Bu bölümler: uzay bölümü, kontrol bölümü ve kullanıcı bölümüdür [15].

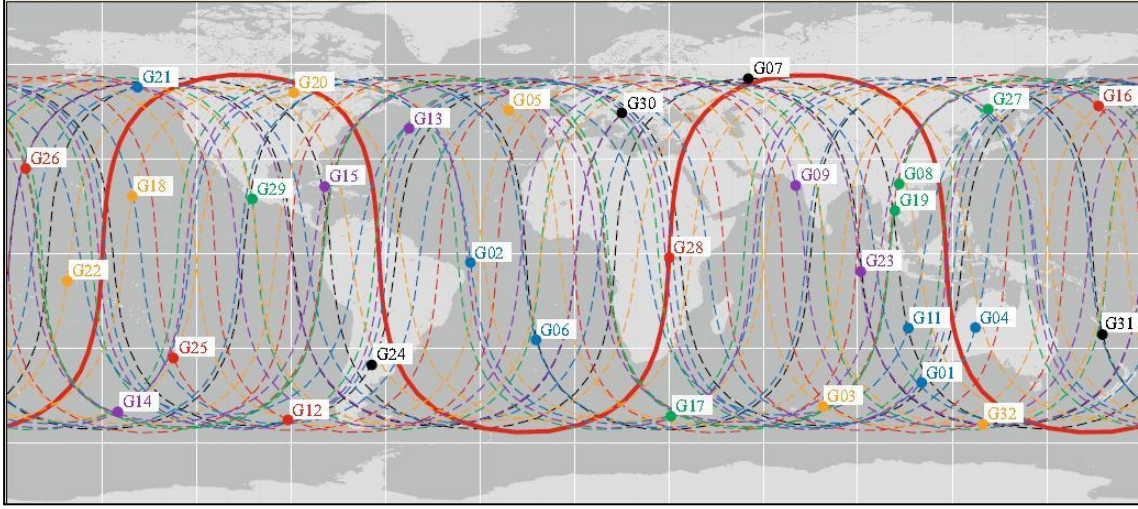
2.1.1.1. Uzay Bölümü

Toplamda 6 yörüngede bulunan 31 adet uydu GPS uydu sistemini oluşturmaktadır. Çizelge 2.1. üzerinde görüldüğü gibi yörüngeler daireye yakındır ve her yörüngede 4 uydu vardır [16,17].

Çizelge 2.1. GPS uydularına ait veriler [17,18].

Yörüngedeki uydu sayısı	31
Yörünge sayısı	6
Yörünge türü	Daireye yakın
Eksantriklik	$e < 0.02$
Eğim	$i = 55^\circ$
Nominal yörünge yüksekliği	$h = 20180 \text{ km}$
Periyot	$T = 11 \text{ saat } 58 \text{ dakika}$

6 adet GPS yörünge düzleminin 1 Eylül 2015 00:00-24:00 UTC zamanına ait durumu ve GPS uyduları Şekil 2.1 üzerinde görülmektedir [18].



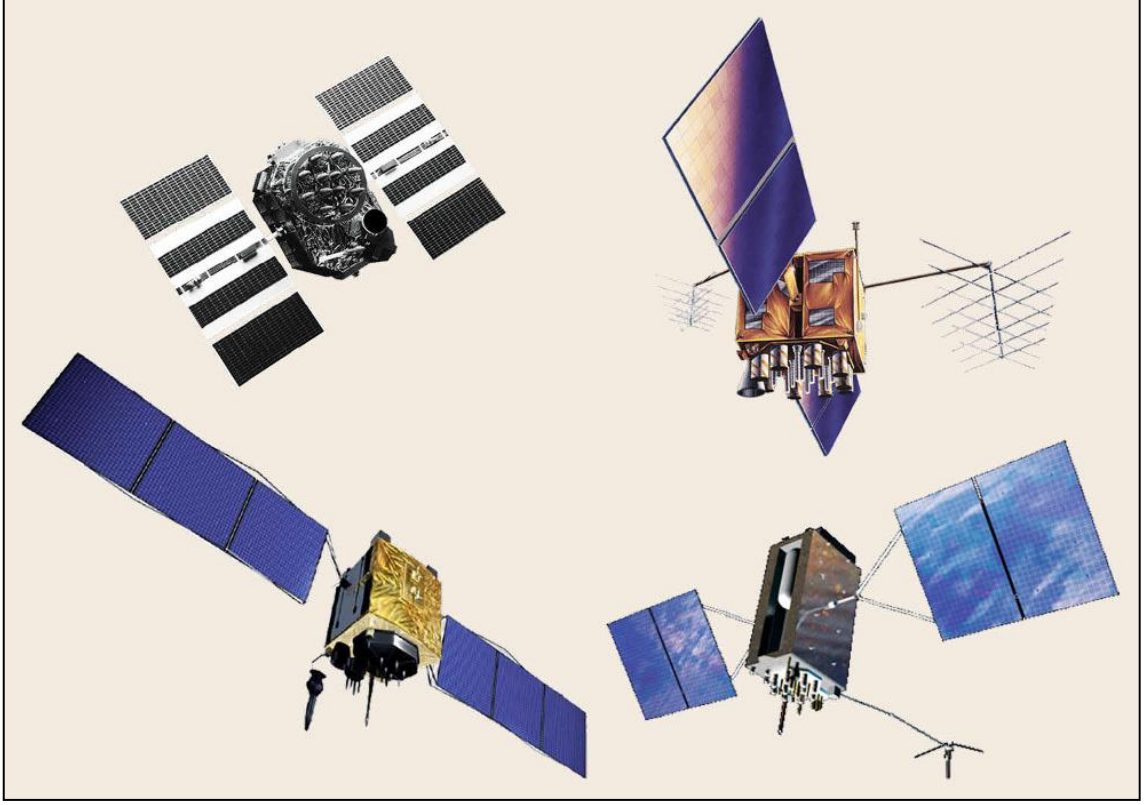
Şekil 2.1. GPS uyduları ve uydu yörünge düzlemleri [18].

GPS uyduları sırasıyla:

- Blok I: 1978 yılında, L1 ve L2 sinyaline sahip, üretici Rockwell International.
- Blok II/IIA: 1989 yılında, L1 ve L2 sinyaline sahip, üretici Rockwell International.
- Blok IIR/IIR-M: 1997 yılında, L1 ve L2 sinyaline sahip, üretici General Electric's Astro Space Division (Lockhead Martin).
- Blok IIF: 2010 yılında; L1, L2 ve L5 sinyaline sahip; üretici Rockwell International (Boeing).
- GPS III: 2017 yılında; L1, L2 ve L5 sinyaline sahip; üretici Lockheed Martin.

Olarak üretilmektedir [18].

Şekil 2.2 üzerinde sol üst köşede görülen uydu Blok IIA, sağ üst köşede görülen uydu Blok IIR, sol alt köşedeki uydu Blok IIF ve sağ alt köşedeki uydu GPS III uydu ailelerine ait fotoğraflardır [18].

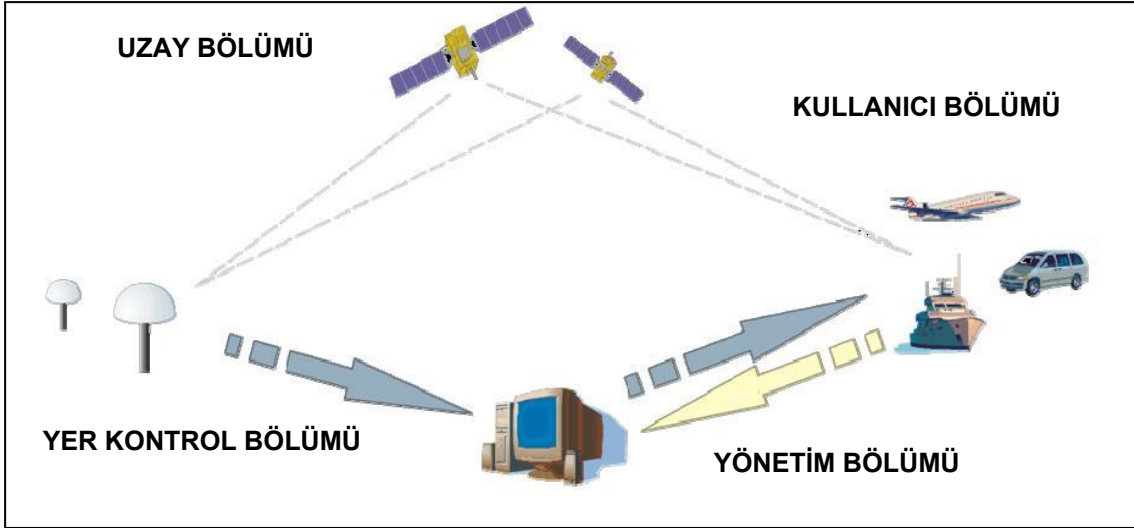


Şekil 2.2. GPS uydularına ait fotoğraflar [18].

GPS uyduları senkronize zaman sinyallerini alır, kontrol bölümünce yayınlanan bilgileri toplar, L1-L2/L2C ve L1-L2/L2C-L5 frekanslarını yayımlar, diğer uyduların konum verilerini de alır [14].

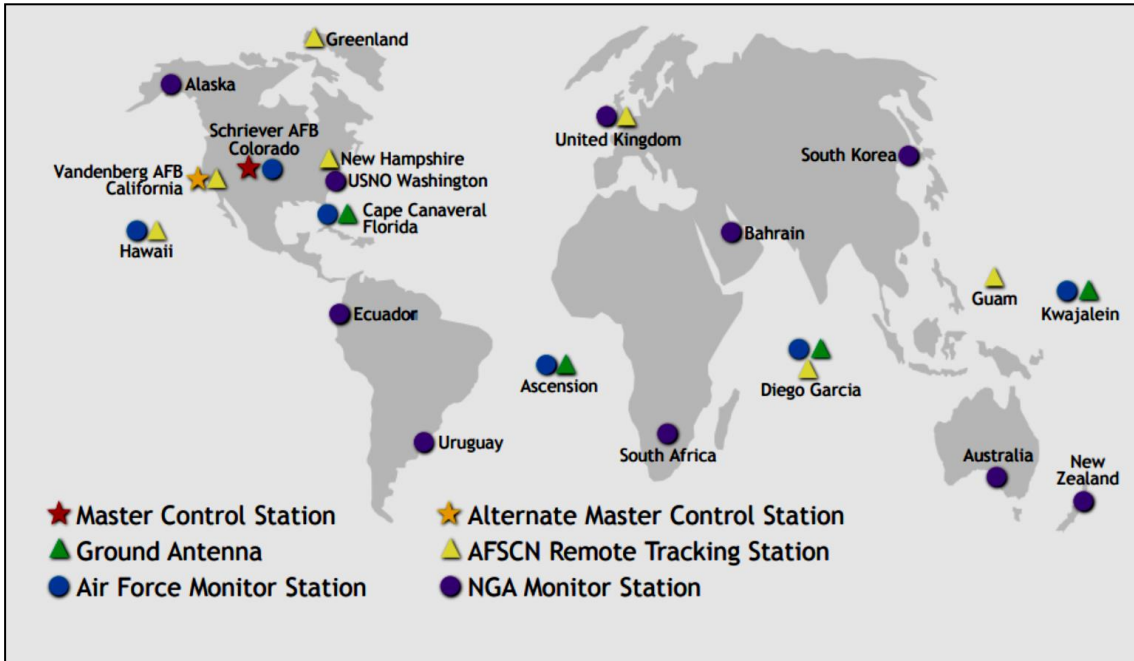
2.1.1.2. Kontrol Bölümü

Şekil 2.3’de GPS bölümleri olan uzay, kullanıcı, yer kontrol ve yönetim bölümleri gösterilmektedir.



Şekil 2.3. GPS bölümleri [19].

Ana kontrol istasyonu, yer antenleri ile izleme istasyonları, yörünge ve zaman bilgilerini doğru olarak sağlayan kontrol bölümünü oluşturmaktadır. Kontrol bölümünde GPS uyduları sürekli izlenmektedir. Şekil 2.4 üzerinde GPS kontrol istasyonlarının yerleri dünya haritası üzerinde gösterilmektedir [14,20,21].



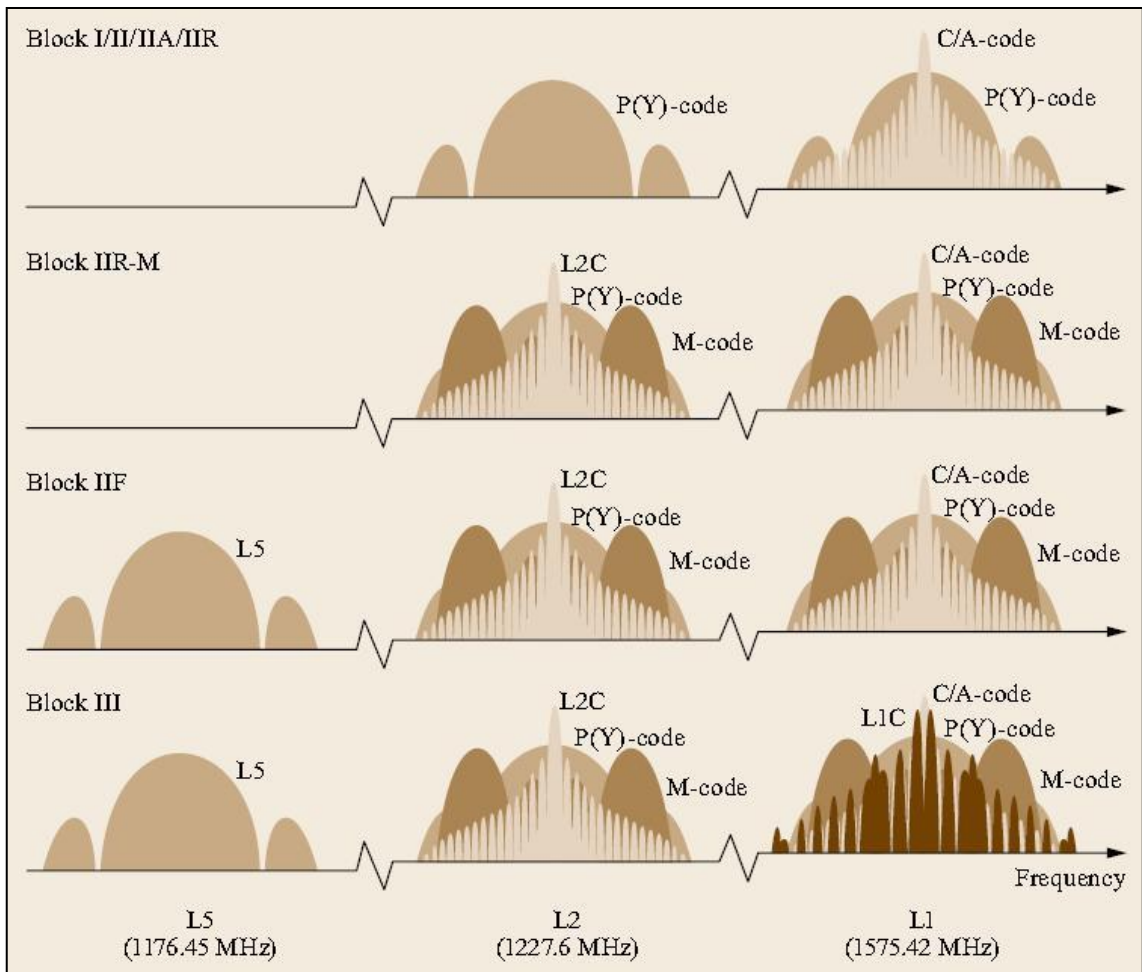
Şekil 2.4. GPS Kontrol İstasyonları [21].

2.1.1.3. Kullanıcı Bölümü

Yeryüzünde GPS alıcısına sahip olan herkes konum belirleme işlemleri sırasında kullanıcı bölümünü oluşturmaktadır. Sivil ve askeri kullanıcıların konum belirlemesini sağlayan donanım ve yazılım kullanıcı bölümünde yer almaktadır [20].

2.1.1.4. GPS Sinyali

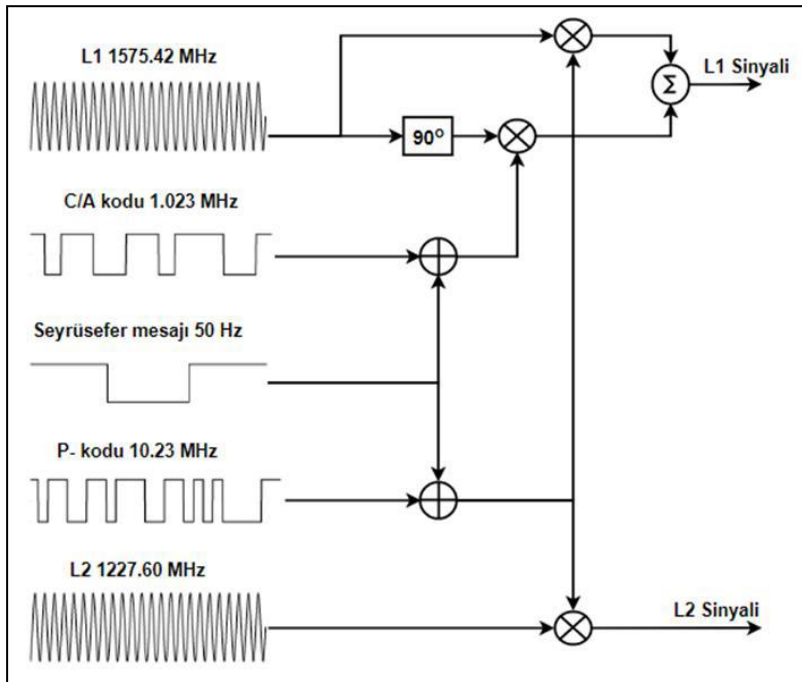
GPS üç boyutlu konum, hız ve zaman bilgilerini hava koşullarına bakmaksızın sürekli ve yüksek doğrulukta üretilmesine olanak tanımaktadır. GPS uydularının tamamı L1 ve L2 frekansında yayın yapar, L5 frekansı ise ilk olarak yeni nesil BlockIIF uydularında kullanılmıştır. Uydulardan alıcılara gelen sinyal, Sözde Rastgele Gürültü (Pseudo Random Noise-PRN) ve seyrüsefer mesajlarından oluşmaktadır. GPS sinyallerinin farklı modellerdeki GPS uydularına göre değişimi Şekil 2.5 üzerinde gösterilmektedir [18,22].



Şekil 2.5. GPS sinyallerindeki gelişim [18].

Frekans iletimindeki kolaylıklar, iyonosferik etkilerin düşük olması gibi sebepler nedeniyle GPS tasarım aşamasında L-Bant kullanımı tercih edilmiştir. S-Bant kullanılarak GPS uyduları ile kontrol bölümü arasında veri akışı sağlanmaktadır [14].

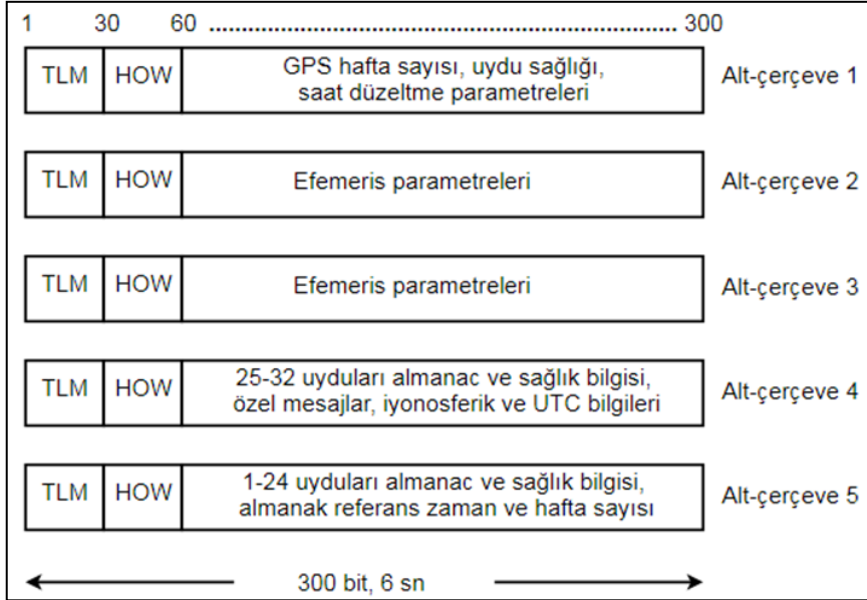
GPS uydularındaki PRN kodu rastgele sıralanmış gibi görünen 0 ve 1 sayılarından meydana gelmektedir. Üretilen PRN kodları belirli bir algoritma veya kurala sahiptirler. Uydulardaki PRN kodları birbirinden farklılık göstermektedir. PRN kodlar ile alıcı ve uydu arasındaki mesafe hesaplanmaktadır. Hangi uydudan sinyal alındığı bilgisine de PRN kodlar ile ulaşılmaktadır. GPS uydularında sivil kullanıcılar için C/A (Coarse Acquisition) ve askeri kullanıcılar için P (Precision) olmak üzere iki farklı PRN kodu bulunmaktadır. Belirtilen bu iki PRN kodu ve seyrüsefer mesajı L1 frekansı üzerine bindirilirken, P kodu ve seyrüsefer mesajı L2 frekansında yer almaktadır. Bahsedilen GPS sinyal üretim şeması Şekil 2.6'da gösterilmektedir [18,22].



Şekil 2.6. GPS sinyal üretimi [18].

Mesafe ölçüm hatasını etkileyen hata kaynaklarıyla ilgili düzeltmeleri bulunduran seyrüsefer mesajı; iletilen sinyallerin zamanını hesaplamak için bilgiler içermekte ve görünür durumdaki GPS uydularının hassas konum hesaplarının yapılabilmesi için

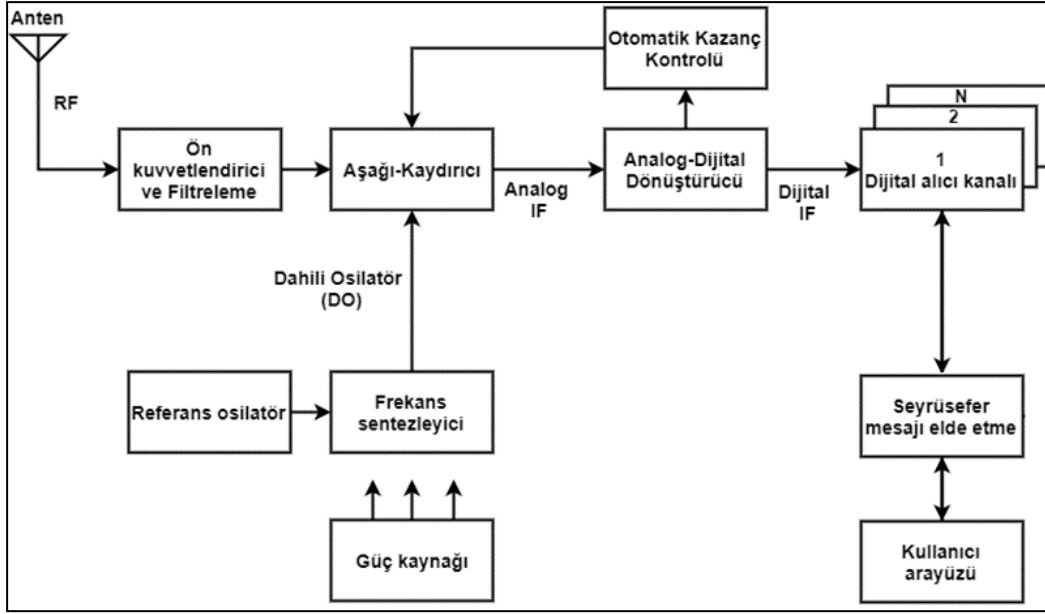
bilgiler sağlamaktadır. 12 dakika 30 saniyede Şekil 2.7’de tanımlanan seyrüsefer mesajının tamamı alınabilmektedir [23,24].



Şekil 2.7. GPS uydularındaki seyrüsefer mesaj yapısı [22].

2.1.1.5. GPS Alıcıları

GPS uydu sinyallerinden kullanıcıların hız, zaman ve konum bilgilerini hesaplayan araçlar GPS alıcıları olarak tanımlanmaktadır. Alıcılar Şekil 2.8’deki çeşitli işlem basamakları neticesinde, topladıkları uydu sinyallerini kullanılabilir verilere dönüştürmektedir. Bu basamaklar genel haliyle Şekil 2.8’ da şemada gösterilmiştir [22].



Şekil 2.8. GPS alıcılarındaki işlem basamakları [22].

GPS alıcı tipleri çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. Temel olarak GPS alıcıları:

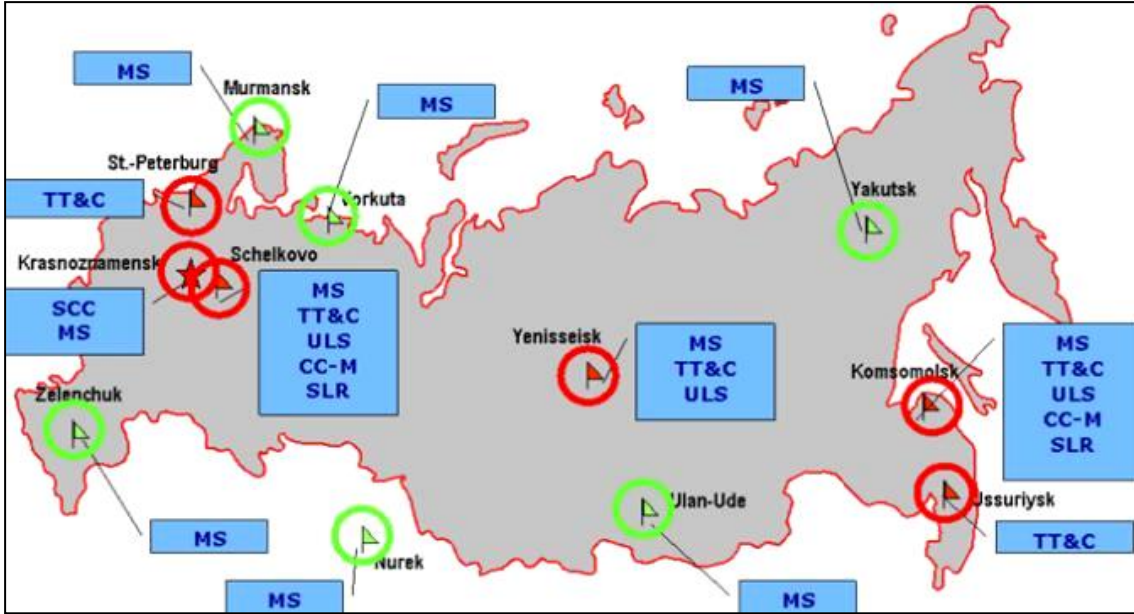
- Alıcı kanallarının teknik özelliklerine göre;
 - Çok kanallı alıcılar (multi channel),
 - Sıralı izlemeli alıcılar (sequential),
 - Hızlı sıralı izlemeli alıcılar (multiplex),
- Kayıt ve gözlem yapılan veri tiplerine göre;
 - C/A kod kaydeden alıcılar,
 - C/A kod ve L1 fazını kaydeden alıcılar,
 - C/A kod ve L1, L2 fazlarını kaydeden alıcılar,
 - C/A kod, P kod/Y kod ve L1, L2 fazlarını kaydeden alıcılar,
 - C/A kod, P kod/Y kod ve L1, L2/L2C, L5 fazları ile RTK düzeltmelerini kaydeden alıcılar,
- Kullanıldıkları amaçlara göre;
 - Askeri amaçlı alıcılar,
 - Sivil amaçlı alıcılar,
 - Navigasyon amaçlı alıcılar,
 - Zaman transferi amaçlı alıcılar,
 - Kadastro ve jeodezik amaçlı alıcılar,
- Frekans sayısına göre;

- Tek frekanslı alıcılar (L1),
- Çift frekanslı alıcılar (L1, L2),
- Çok frekanslı alıcılar (L1/L1C, L2/L2C, L5, vb.).

sınıflandırılmaktadır [14].

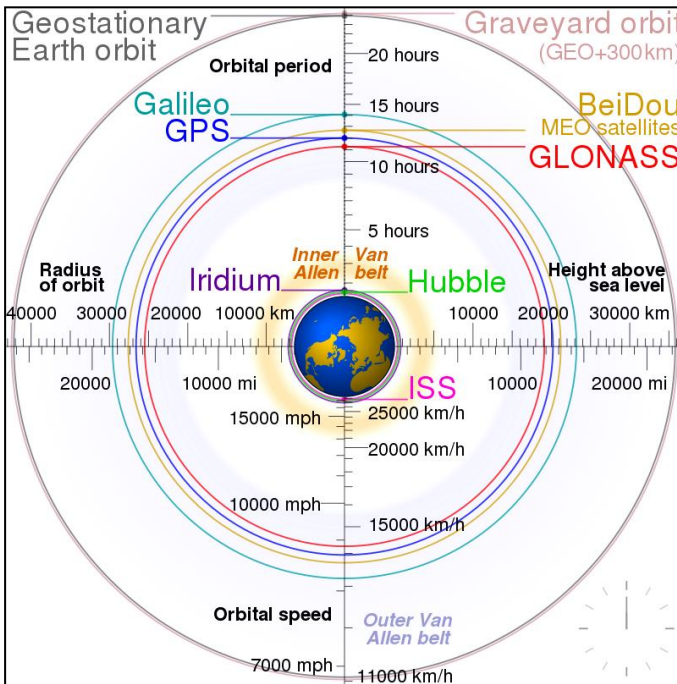
2.1.2. GLONASS

Global Navigation Satellite System (GLONASS) 1976 yılında Sovyetler Birliği (Sovyet Savunma Bakanlığı) tarafından GPS teknolojisinin benzeri biçimde oluşturulan bir projedir. Sistem uzay, kontrol ve kullanıcı bölümlerinden oluşmaktadır. Sistem 24 tanesi yörüngede olmak üzere 27 uydudan oluşmaktadır. Sistemdeki yayın yapan bantlar L1 (1602-1615.5 MHz) Bandı ve L2 (1246-1256.5 MHz) Bandıdır. Sistemdeki uydular; GLONASS, GLONASS-M, GLONASS-K1, GLONASS-K2 ve GLONASS-KM isimlerini almıştır. Bu uydulardan GLONASS 2005 yılında hizmet dışı kalmıştır, GLONASS-K2 uydularının tasarımı devam ederken GLONASS-KM uyduları ise araştırma aşamasındadır. GLONASS kontrol bölümündeki yer kontrol istasyonlarının neredeyse tamamı (1 istasyon Brezilya sınırları içerisinde) eski Sovyetler Birliği sınırları içindedir. GLONASS yer kontrol istasyonları Şekil 2.9’da gösterilmektedir [25,26,27].



Şekil 2.9. GLONASS yer kontrol istasyonları [27].

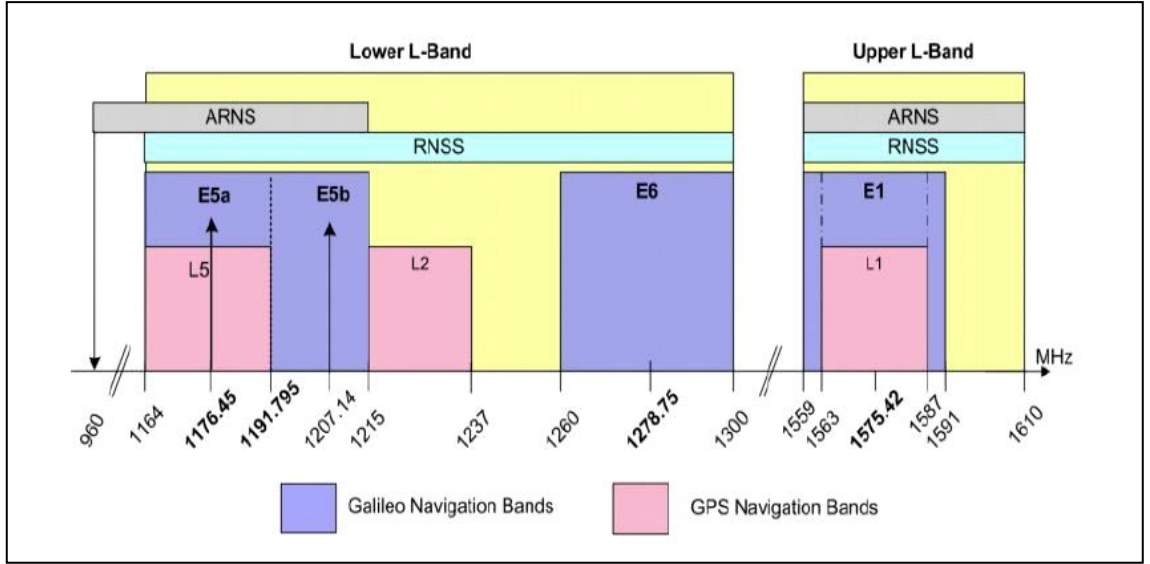
GLONASS uydu yörünge çapı 25510 km olup yörünge düzlemi eğimi 64.8 derecedir. GLONASS uydularının yörünge düzlemi yeryüzünden 19100 km yüksektedir. Şekil 2.10'da GNSS uydularının yörüngeleri çeşitli değişkenler ile kıyaslanabilmektedir [14,27].



Şekil 2.10. GNSS uydu yörüngeleri [27].

2.1.3. GALİLEO

GPS ve GLONASS benzeri olan uydu sistemi için plan, 27 asıl 3 yedek olmak üzere 30 uydudan oluşmasının sağlanmasıdır. Galileo uydularının frekans bantları Şekil 2.11'deki gibi: E5A/L5 (1164-1188 MHz), E5B (1188-1215 MHz), E4 (1256-1260 MHz), E6 (1260-1300 MHz), E2-L1 (1559-1587 MHz), E1 (1587-1591 MHz) olarak sıralanmaktadır. Bantlarda yer alan L1 ve L5 sinyalleri GPS sinyalini belirtmektedir [14,28].

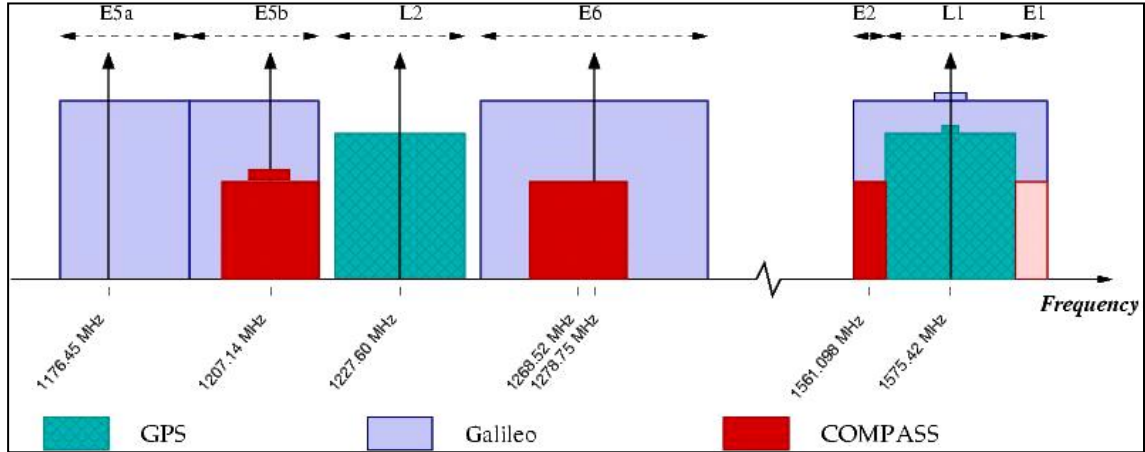


Şekil 2.11. GALİLEO uydu sinyal yapısı [26].

GALİLEO sistemi Amerika Birleşik Devletleri himayesinde yer alan Global Konum Belirleme Sistemi'nin alternatifi olarak düşünülmüş küresel konumlama ve navigasyon sistemidir. Sistem Avrupa tarafından kaynaklandırılmaktadır. Avrupa Ulaştırma Bakanları Kurulu 2002 yılında sistem için mali onayı vermiştir. Proje Avrupa kurumları ve Avrupa Uzay Ajansı (ESA: European Space Agency) iş birliği ile yürütülmektedir. Sistemin yörünge yüksekliği 23616 km ve yörünge sayısı 3 adettir [14,26,28].

2.1.4. COMPASS / BeiDou

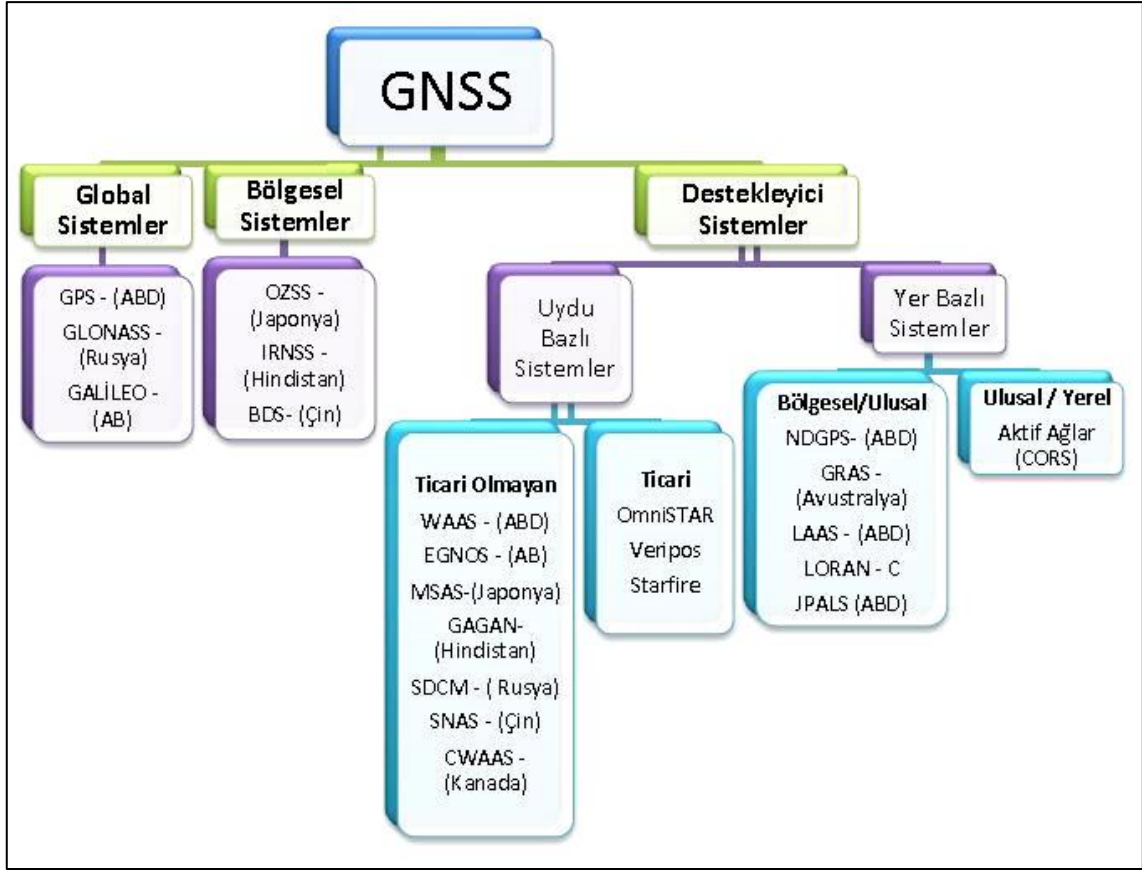
35 uydula küresel ölçekte hizmet vermeyi amaçlayan sistem, 2000 yılında bölgesel ölçekte konumlama sistemi olarak faaliyete girmiştir. Çin menşelidir. Yörüngede mevcut 21 uydusu bulunmaktadır. Uydu yörüngesi yeryüzünden yaklaşık 21150 km yüksektedir. Uydulara ait frekanslar Şekil 2.12’de gösterilmektedir [16,29].



Şekil 2.12. BeiDou-Compass uydu frekansları [29].

2.1.5. Diğer Uydu Sistemleri

GPS, GLONASS ve GALİLEO gibi global uydu sistemleri ile bölgesel uydu sistemleri ve destekleyici uydu sistemleri bir araya gelerek GNSS yapısını oluşturmaktadır. Şekil 2.13 GNSS yapısını oluşturan sistemleri göstermektedir.



Şekil 2.13. GNSS yapısını oluşturan sistemler [30].

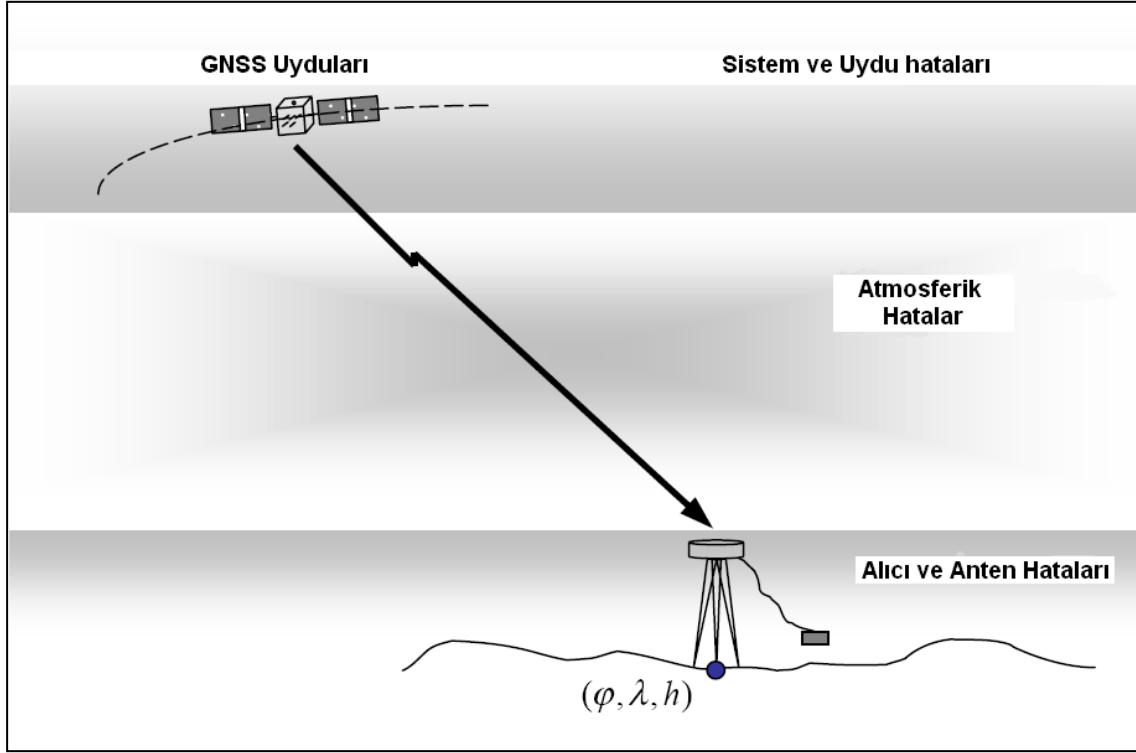
2.1.5.1. Bölgesel Konumlama ve Zamanlama Sistemi (BKZS)

Türkiye tarafından kaynaklandırılan sistem henüz proje safhasındadır. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı tarafından 2015 yılında duyurulmuştur. Toplam 6 uydunun yörüngeye yerleştirilmesi neticesinde tamamlanması planlanmaktadır. Sistemin en erken 2025 yılında hizmete sunulması beklenmektedir [16].

2.1.6. GNSS Ölçü ve Hesaplarına Etki Eden Hata Kaynakları

GNSS ölçülerine etki eden ve ölçüm sonucu elde edilen sonuçları değiştiren sistematik ve rastlantısal sapmalar oluşmaktadır. Oluşan sapmaların bazıları, navigasyon amaçlı kullanım gibi çoğu yaygın kullanım olan GNSS kullanım alanlarını önem arz edecek kadar etkilememektedir. Ancak yüksek hassasiyet gerektiren bilimsel çalışmalar açısından Çizelge 2.2’de değerleri belirtilen bu sapmalar belirlenmeli, modellenmeli ve kontrol edilmelidir. Şekil 2.14’de gösterilen bu sapmalar; uydulara bağlı sapmalar,

alıcılara bağlı sapmalar ve ortam etkileri nedeniyle oluşan sapmalar olarak genellenebilmektedir [14].



Şekil 2.14. GNSS hata kaynakları [31].

Çizelge 2.2. GNSS hatalarının oransal dağılımı [32].

Etki	Etki Hata Değerleri
İyonosferik Etkiler	± 5 metre
Uydu Yörüngelerinde Kayma	± 2,5 metre
Uydu Saati Hataları	± 2 metre
Sinyal Yansıma Etkisi	± 1 metre
Troposferik Etki	± 0,5 metre
Hesaplama ve Yuvarlama Hataları	± 1 metre

2.1.6.1. Uydu Efemeris Hataları

Uyduların konum bilgilerinin düşük doğrulukta olması veya uydu konumlarına ait bilgilerin kasten yanlış olarak navigasyon mesajı içerisinde yayınlanması ile oluşan hatalardır. Bu hata, modellenmesi zor bir hatadır [14,33].

2.1.6.2. Uydu Saati Hataları

GNSS alıcıları tarafından hesaplanan koordinatlardaki hataların artmasındaki en büyük kaynak uydu saati hatalarıdır. Uydu zamanı ile GNSS zamanı arasında fark olması nedeniyle oluşmaktadır. Radyasyon, ayın ve yerin çekim kuvvetleri, dünyanın manyetik alanı bu hatanın nedenleri arasındadır [14,34].

Uydu saat performansının ve tahmin doğruluğunun değerlendirilmesinde, uydu saati hataları bir yer referans saat verisine göre hesaplanmaktadır. İki yönlü uydu zamanı ve frekans aktarımı gözlem yöntemi (TWSTFT) ile çok uydulu hassas yörünge belirleme saat tahmin yöntemi (MPOD) uydu saat hatalarını hesaplamak için kullanılan yöntemlerdir [35].

2.1.6.3. İyonosfer Etkisi

Yoğunlaşmış hava molekülleri bulunan ve elektrik iletkenliği olan yüksek atmosfer bölgelerinin tamamı iyonosferdir. Elektromanyetik dalgaların yapısını değiştirebilecek kadar çok serbest elektron iyonosferde mevcuttur [14].

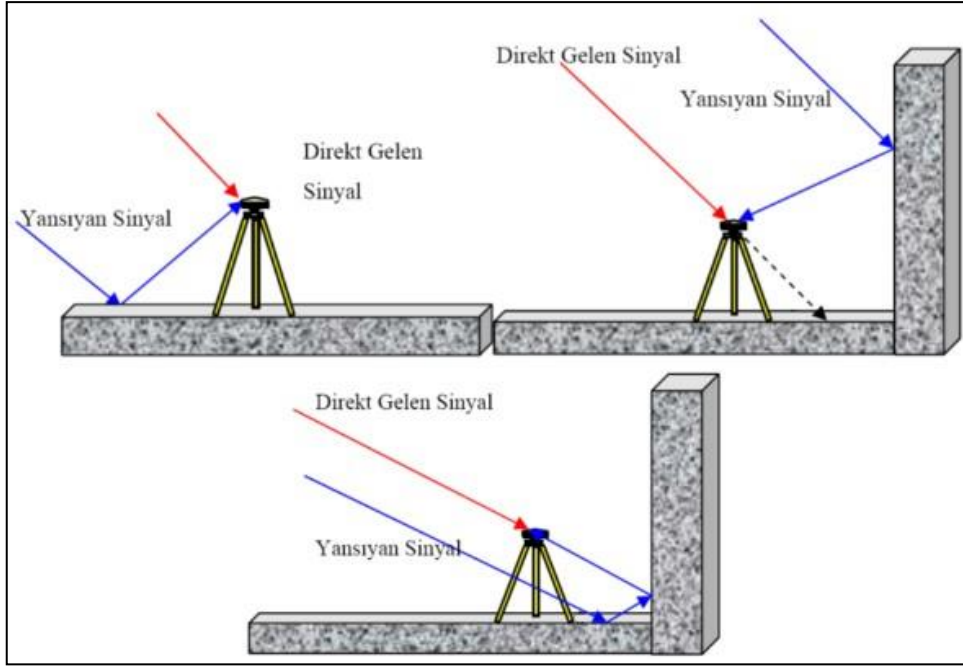
GNSS teknolojisiyle elde edilen konum verilerindeki ana hatalardan birisi iyonosferik gecikmedir. L1 ve L2 GPS sinyallerinin kombinasyonu iyonosferin ilk etkisini düzeltebilmektedir. Üçlü frekans kombinasyonu birinci ve ikinci derece iyonosferik gecikmeyi ortadan kaldırabilmektedir. Yüksek dereceli iyonosferik gecikmeyi hesaplamak için Uluslararası Jeomanyetik Referans Alanı (IGRF12) kullanılmaktadır [36].

2.1.6.4. Troposfer Etkisi

Troposfer İyonosfer gibi elektrik yüklü değildir. Yeryüzü ile temaslı olan en alt tabakadır. Kalınlığı 8-18 km arasında ve ekvatoran kutuplara doğru azalarak değişmektedir. Troposferden radyo frekansları dağılmadan geçebilmektedir. GNSS sinyallerinin dağılma sebebi frekans değildir. Bu sebeple GNSS alıcılarındaki çift frekans özelliği kullanılarak troposfer etkisini gidermek mümkün değildir. Sinyallerin iletiildiği yolun tamamında ölçülen sıcaklık, su buharı miktarı ve atmosfer basıncı ile ortalama atmosferik parametrelerin bulunduğu atmosfer modeli troposfer etkisi hakkında bilgi verebilmektedir. Troposferik gecikme kuru ve ıslak olarak iki gruba ayrılmaktadır [14,31,37].

2.1.6.5. Sinyal Yansıma (Multipath) Etkisi

Uydulardan gelen sinyaller GNSS alıcılarına bir ya da daha fazla yol izleyerek ve gerçek sinyale karışarak ulaşmaktadır. Bu durum Şekil 2.15’de görülen sinyal yansıma (multipath) etkisine yol açmaktadır. Uyduların ve alıcı antenlerinin ikisinde de sinyal yansıması oluşabilmektedir. Göreli konum belirleme yöntemi ile uyduların sebebiyle oluşan sinyal yansıma etkileri büyük oranda düzeltilmektedir. Şekil 2.16’da gösterildiği gibi su yüzeyleri, yapılar, araçlar ve diğer yansıtma özelliğine sahip yüzeyler GNSS alıcı anteninin bulunduğu çevrenin sebep olduğu sinyal yansıma kaynaklarını oluşturmaktadır. Bu etki dalga boyu ile orantılıdır. GPS alıcılarında alıcı anteni kaynaklı sinyal yansıma etkisi P kod için en fazla 29.3 metre, C/A kod için 293.2 metredir. L1 frekansı için alıcı anteni kaynaklı sinyal yansıma hatası yaklaşık olarak 4.8 santimetredir [14,38].



Şekil 2.15. GNSS alıcı anteni kaynaklı sinyal yansıma (multipath) etkisi [31].



Şekil 2.16. Su yüzeyi kaynaklı sinyal yansıması [38].

2.1.6.6. Alıcı Anteni Faz Merkezi Hatası

Uyduların hareketi nedeniyle sürekli değişen azimut ve yükseklik açısı her uydu için farklı değerdedir. GNSS alıcısı anteni faz merkezi çalışma esnasında azimuta ve yükseklik açısına bağlıdır. GPS alıcılarında alıcı anten faz merkezleri bu yüzden L1 ve L2 frekansları için farklı büyüklüklerde değişim göstermektedir. IGS (International GPS Service for geodynamics / International GNSS Service) kalibrasyon merkezince farklı alıcı anten türlerine göre anten faz merkezi değişimleri belirlenmektedir [31].

2.1.6.7. Seçimli Doğruluk Erişimi

GPS ile elde edilen konum verilerinin doğruluğu, Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı tarafından kasten yapılan seçici doğruluk erişimi (SA; Selective Availability) etkisi ile önemli bir biçimde azalmaktadır. SA etkisi 1990 yılının Mart sonundan 2000 yılı Mayıs başlarına kadar devam etmiştir. SA etkisi uydu navigasyon mesajında yayınlanan yörünge bilgilerinin saptırılması (ϵ -epsilon tekniği) ve uydu saati frekansının saptırılması (δ -tekniği, clock dithering) olmak üzere iki şekilde uygulanmıştır. Diferansiyel GPS tekniği SA etkisini gidermenin en kolay yolu olmaktadır [14,39].

2.1.6.8. Taşıyıcı Dalga Faz Belirsizliği ve Faz Kesiklikleri

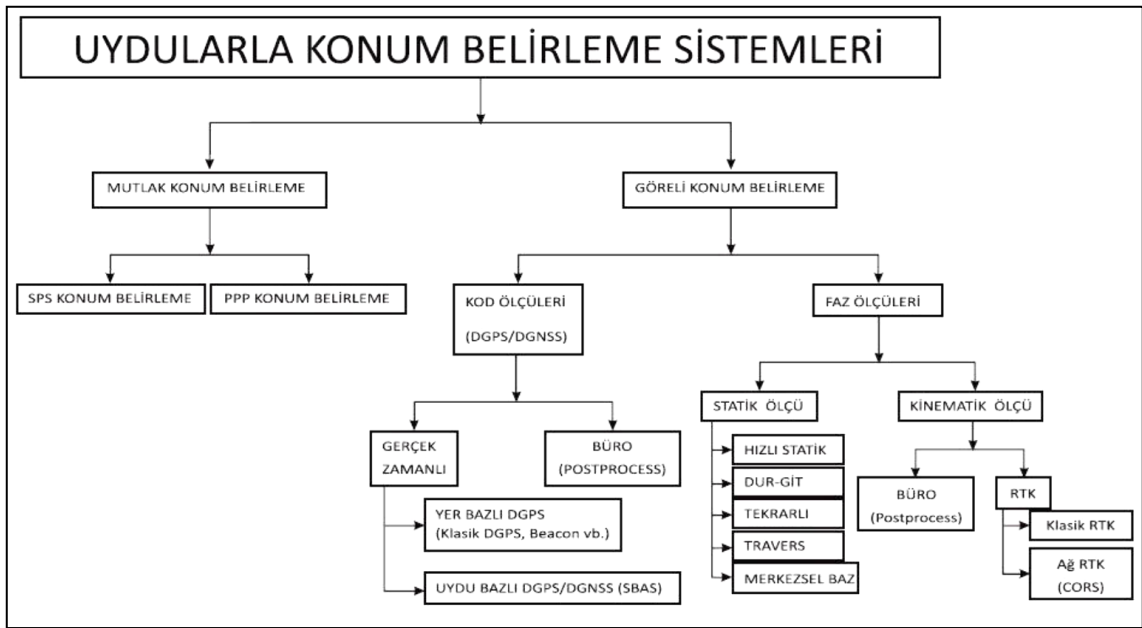
Alıcı ve uydu uzaklığının hesabı basit olmasına rağmen faz gözlemlerinde önemli sorunlar mevcuttur. GNSS alıcısı ile ölçü yapılırken alıcı sinyali ve uydu sinyali arası faz ölçülmektedir. Fazdaki tam sayı dalga boyu değişimleri ilk ölçü epoku ile başlanarak devamlı belirlenmektedir. Aynı zamanda başlangıç anında uydu ile alıcı arasında taşıyıcı dalga fazının ne kadar tam dalga içerdiği bilinmemektedir. Bu bilinmeyen Taşıyıcı Dalga Faz Başlangıcı Belirsizliği (Initial Phase Ambiguity) ya da Faz Belirsizliği olarak adlandırılmaktadır. Faz belirsizliğinin değer aralığı tam sayılar kümesidir. Fakat bir zaman öncesinde yapılan hesaplamalarda bu durum pratikte hesaba katılmayarak belirsizlikler gerçek sayılar kullanılarak tahmin edilmiştir [14,40].

Ölçü devam ederken GNSS uydu sinyallerinin bir problem sebebiyle alınamamasına ve bu sebeple oluşan sinyal kesikliklerine faz kesiklikleri veya faz kayıklıkları adı verilmektedir. Faz kesikliklerinin nedenleri:

- Çevredeki ağaç, yapılaşma, dağ, yükselti vb. sinyal iletimini etkileyen faktörler,
- İyonosferik şartların kötüleşmesi sonucu ortaya çıkan sinyal-gürültü oranındaki düşüklük,
- Sinyal yansıma etkisi,
- Alıcılardan kaynaklanan yazılım arızaları [14].

2.1.7. GNSS ile Konum Belirleme Yöntemleri

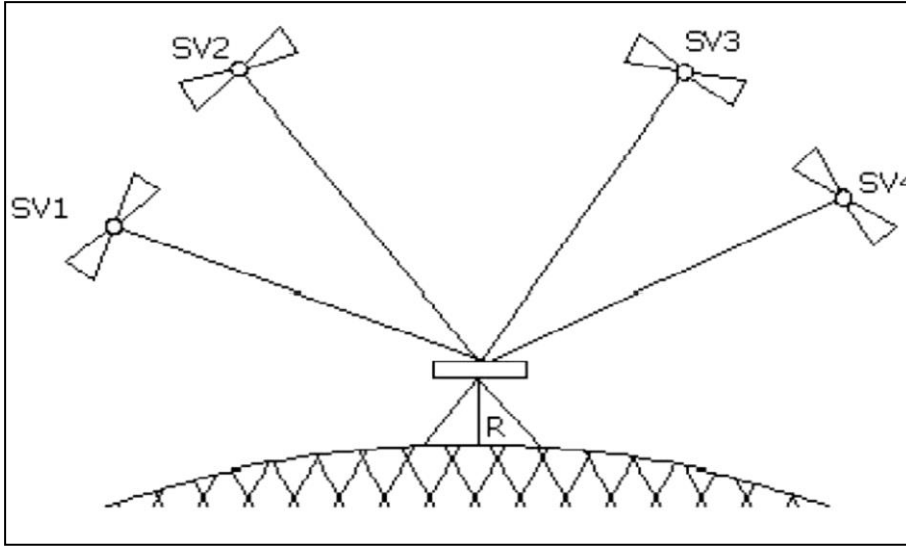
GNSS ile konum belirleme işlemleri yapılırken uydu ve alıcı arasındaki mesafe hesaplanmaktadır. Uydu ile alıcı arası mesafe hesabı uzayda geriden kestirme probleminin çözülmesiyle tamamlanmaktadır. GNSS sinyallerinde yükseklik ve azimut bilgileri bulunmamaktadır. GNSS ile konum belirlenirken kullanılan yöntemler, konumu belirlenecek noktanın istenilen doğruluğu ve hangi amaçla kullanılacağı gibi faktörlere göre değişmektedir. GPS alıcısının özellikleri, gözlem süresi, gözlem süresindeki uydu konumu ve uyduların sayıları, ölçü yöntemi gibi nüanslar sonuç verisindeki farklılıkları oluşturmaktadır. Şekil 2.17’de gösterildiği gibi GNSS ile konum belirleme; Mutlak Konum Belirleme Yöntemi ve Görelî Konum Belirleme Yöntemi olarak iki ana başlık altında incelenmektedir [14,41].



Şekil 2.17. GNSS ile konum belirleme yöntemleri [42].

2.1.7.1. Mutlak Konum Belirleme Yöntemi

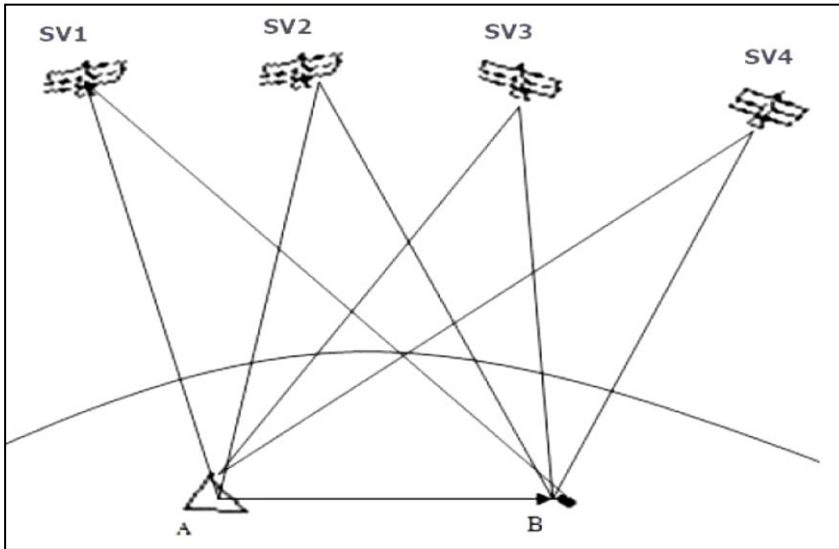
Kod gözlemleri yapılarak tek bir alıcı ile alıcının bulunduğu noktanın koordinatlarının belirlenmesi yöntemidir. Şekil 2.18’de gösterildiği gibi gözlem anında dört veya daha fazla uyduya ihtiyaç vardır. Tablet, akıllı telefon, İHA ve navigasyon cihazı gibi kullanım alanları nedeniyle en yaygın konum belirleme yöntemidir [14,43].



Şekil 2.18. Mutlak konum belirleme yöntemi [41].

2.1.7.2. Bağıl (Görelî) Konum Belirleme Yöntemi

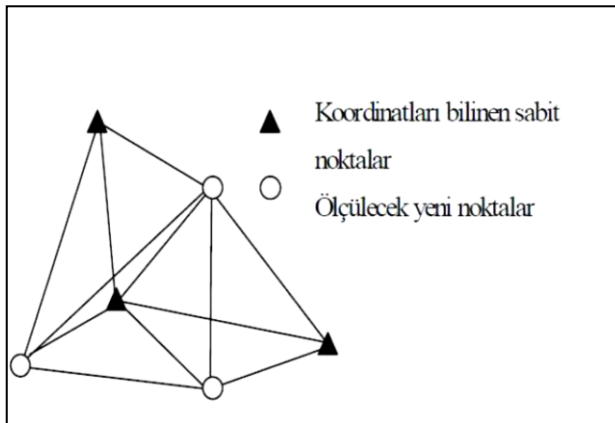
Koordinatları bilinen bir noktaya kurulan GNSS alıcısı yardımıyla diğer nokta veya noktaların koordinatlarının belirlenmesine olanak sağlayan yöntemdir. Konum belirleme esnasında Şekil 2.19'daki gibi alıcılardan bir tanesi referans (sabit alıcı) olarak alınmaktadır ve hareketsiz kalmalıdır. Diğer alıcı (gezici) için aynı şart bulunmamaktadır [14,41].



Şekil 2.19. Bağıl (Görelî) konum belirleme yöntemi [41].

Faz ölçülerinin kullanılmasıyla gerçekleşen görelî konum belirleme yöntemleri;

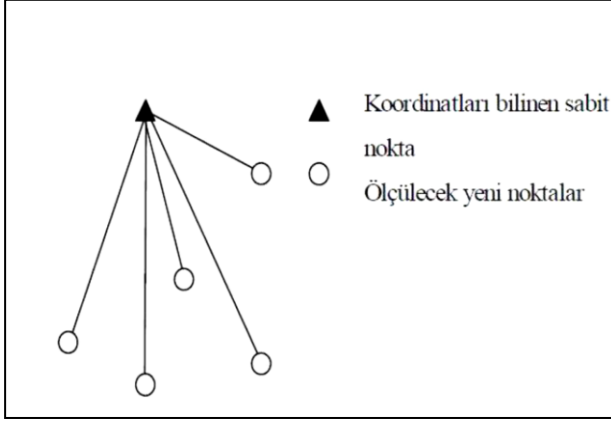
- Statik Ölçü Yöntemi: En az 1 saat eş zamanlı olarak Şekil 2.20’de gösterildiği gibi iki veya daha fazla GNSS alıcısı kullanılarak yapılmaktadır. Kayıt aralığı 10 saniyedir. 15-20 km gibi uzun bazlarda konum verisi üretmekte etkilidir [44,45].
Statik Ölçü Yöntemi: Klasik GNSS ölçü tekniğidir, yüksek doğruluk sağlamaktadır, uzun bazların ölçülmesine imkan tanır, uydu geometrisinin ölçü anında başka bir tekniğe olanak tanımadığı zamanlarda kullanılabilirliği yüksektir, çeşitli bilimsel araştırmalarda (yer kabuğu hareketleri gibi) kullanılmaktadır, sistematik etkileri (iyonosfer ve troposfer etkileri gibi) dikkate alan bir yöntemdir, doğruluğu genellikle 5mm +1ppm olmaktadır, yüksek doğruluk için ölçü süresi genel olarak 1-24 saat olarak belirlenmektedir [14,44,45].



Şekil 2.20. Statik ölçü yöntemi [44].

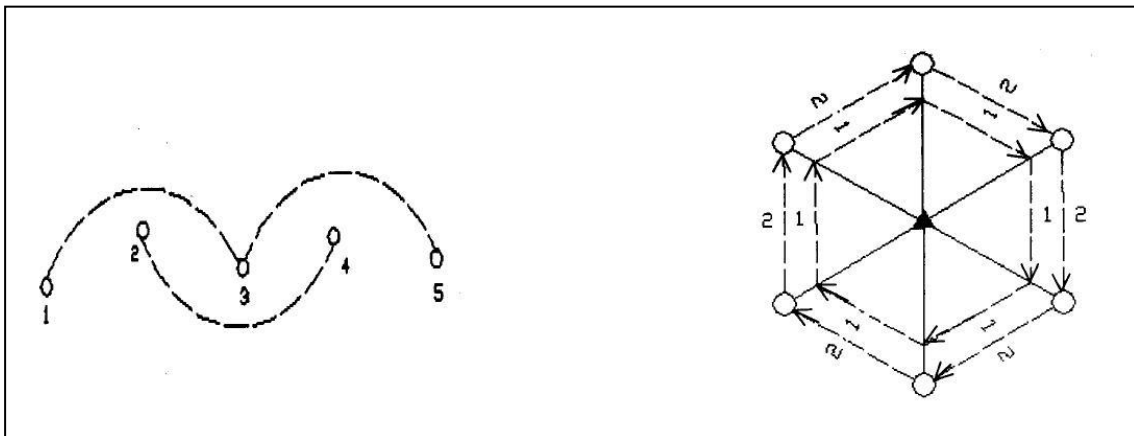
- Hızlı Statik Ölçü Yöntemi: Yöntem olarak statik ölçü yöntemi ile benzerdir. Temel özellikler aynı olmakla beraber; ölçü alınan bazların kısalığı ve gözlem süresinin az olması gibi farklar mevcuttur. Statik ölçü yöntemi ile arasındaki farklar elde edilen konum verilerinin doğruluğunun daha düşük olmasına neden olmaktadır. Ancak farklı sektörlerdeki farklı çalışmalar düşünüldüğünde nokta koordinat doğruluğu bakımından yeterli olduğu durumlar fazlasıyla mevcuttur. Bu yöntemde genellikle 10-15 dakikalık gözlem süresi tercih edilmektedir. Şekil 2.21’de gösterildiği gibi referans noktası olarak belirlenen noktada sabit olarak kullanılan GNSS alıcısı bırakılmaktadır, sonrasında konum verisi alınacak olan

diğer noktalar başka GNSS alıcısıyla veya alıcılarıyla eş zamanlı olarak gözlemler yapılmaktadır [14,44].



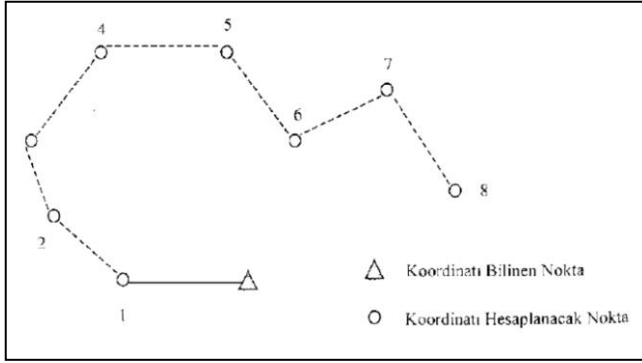
Şekil 2.21. Hızlı statik ölçü yöntemi [44].

- Tekrarlı Ölçü Yöntemi: Statik ölçü yöntemi ile kinematik ölçü yöntemi arasında bir yöntem olan tekrarlı ölçü yöntemi, bir iki saatlik ölçü süresinin başında ve sonunda (değişen uydu geometrisinden faydalanmak amacıyla) aynı nokta veya noktaların farklı zamanlarda (birkaç dakika ara ile) iki kez ölçülmesi prensibi ile çalışan yöntemdir. Uygulanma şekillerinden bazıları Şekil 2.22’de gösterilen; merkezsiz baz (radial-arm) yöntemi ve travers yöntemidir [14].



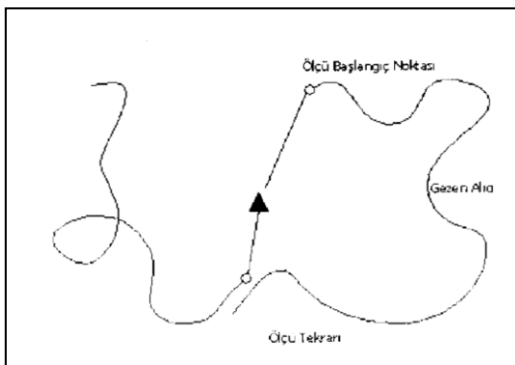
Şekil 2.22. Travers ölçü yöntemi ve merkezsiz baz ölçü yöntemi [46].

- Dur-Git (Stop and Go) Ölçü Yöntemi: Konum verisi alınacak noktaların birbirine yakın olduğu yerlerde tercih edilen bu yöntemde, Şekil 2.23’de gösterildiği gibi sabit alıcının koordinatları bilinen bir noktaya kurularak statik yöntem ile faz belirsizliğinin çözülmesi sağlanmaktadır. Git modunda ise taşıyıcı faz belirsizliğini çözmek için birkaç epokluk ölçülerle gezilmektedir [14,44].



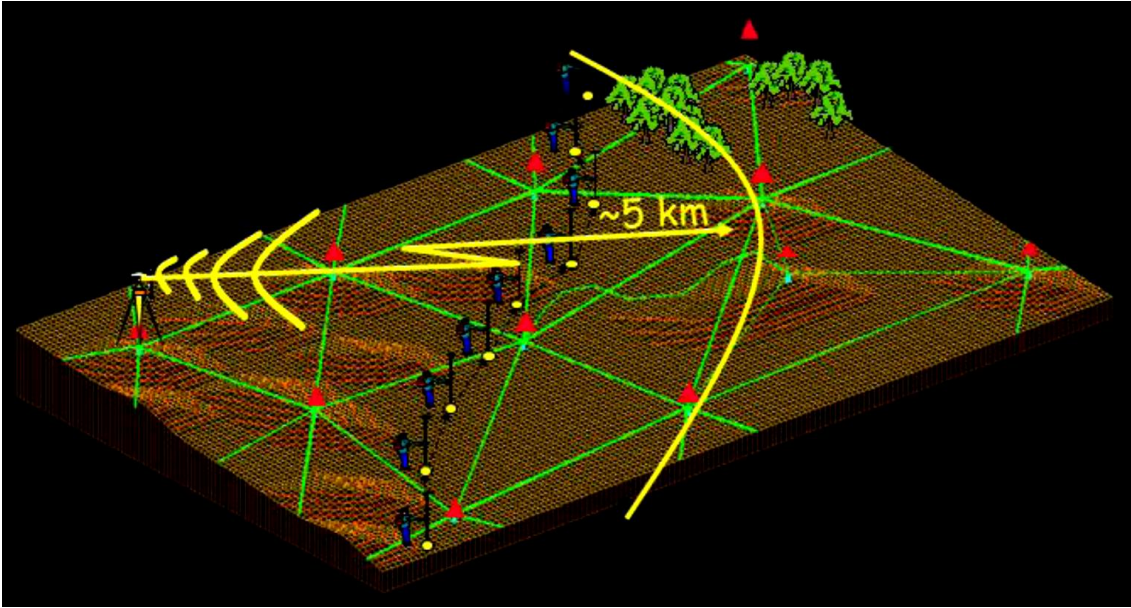
Şekil 2.23. Dur-git ölçü yöntemi [44].

- Kinematik Ölçü Yöntemi: Dur-Git ölçü yöntemi ile benzer olan bu yöntemin amacı noktaları tek tek ölçmek yerine Şekil 2.24’de gösterildiği gibi hareket halindeki bir GNSS alıcı anteninin güzergahının belirlenmesidir. Gezici olarak kullanılan alıcının bağlantısı dört uydunun altına düşmemesi gerekmektedir. Doğruluğu 1-2 cm +1 ppm civarında olmaktadır [14,45,47].

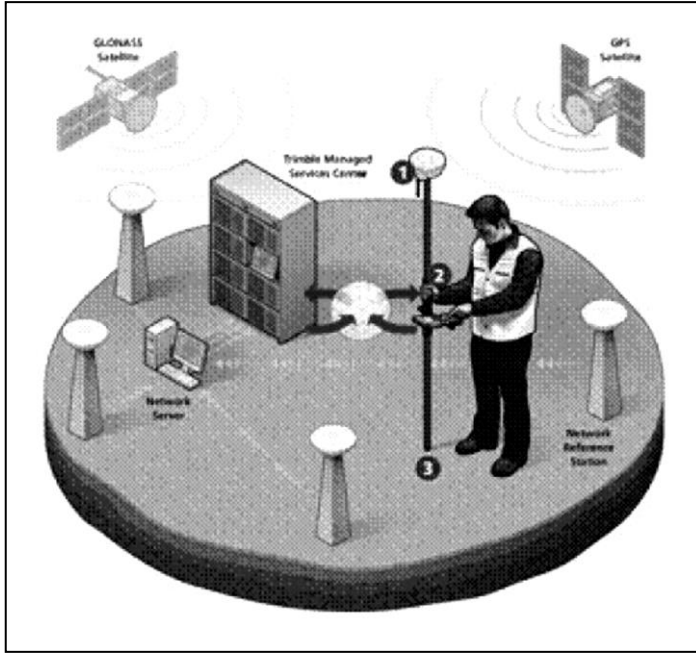


Şekil 2.24. Kinematik ölçü yöntemi [44].

- Kinematik Ölçü Yöntemi – Klasik RTK – Ağ RTK: RTK (Gerçek Zamanlı Kinematik) yöntemi kullanılarak elde edilen veriler günümüzde en yaygın konum verileri arasındadır. Özellikle atmosferik hataların modellenmesindeki başarılı ilerleyiş ve teknolojik gelişmeler sayesinde RTK yöntemi ile elde edilen konum verilerinde santimetre düzeyinde doğruluk sağlanabilmektedir. Referans noktasına kurulu sabit olarak kullanılan GNSS alıcısı ile gönderilen düzeltme bilgileri ve gezici GNSS alıcılarından alınan faz ölçüleri sayesinde gezici alıcının konum bilgileri anlık olarak belirlenmektedir (Şekil 2.25). Doğruluk, gezici ile sabit alıcılar arasındaki mesafeye bağlı olarak belirlenmektedir. Ülkelerin, yerel kuruluşların ve özel sektörün oluşturdukları gerçek zamanlı sabit GNSS ağlarına CORS veya Ağ-RTK adı verilmektedir (Şekil 2.26). Ağlarda yer alan istasyonlar birbirine güvenli iletişim araçlarıyla bağlanmaktadır. Bu sistemin hedefi yörünge, iyonosfer, troposfer gibi uzaklığa bağlı olarak farklılık gösteren hataları gidermektir [14,41].

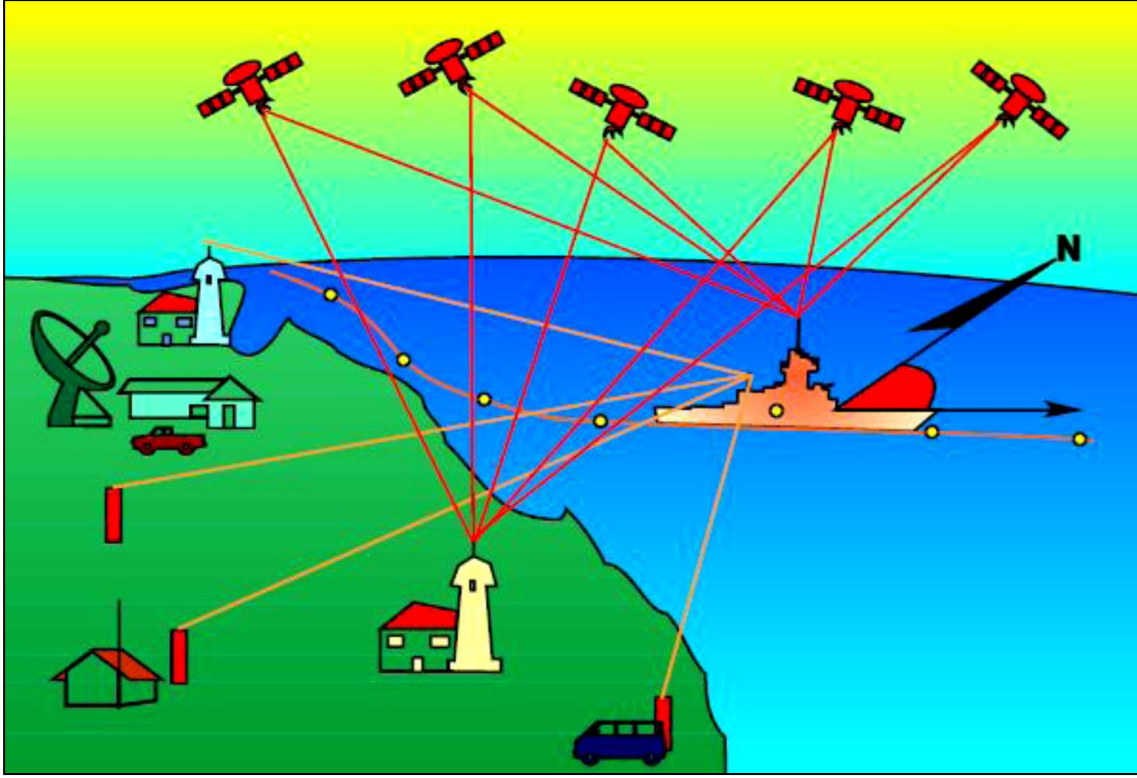


Şekil 2.25. Klasik RTK Ölçü Yöntemi [13].



Şekil 2.26. Ağ-RTK Ölçü Yöntemi [13].

Diferansiyel GNSS (DGNS): Sistem; konumu daha önceden duyarlı olarak belirlenen karasal sabit referans istasyonlar ile GNSS hatalarının düzeltilmesi prensibini temel almaktadır (Şekil 2.27). DGPS yayın frekans aralığı 283.5 KHz-2.95 MHz olarak tanımlanmaktadır. Deniz DGPS referans istasyonlarınca saniyede 100 bit (bps) hızla yayınlayan veriyi kullanan DGPS kullanıcıları, 1 metre ile 3 metre arası doğrulukta konum verisi elde edebilmektedir [16, 48].



Şekil 2.27. DGNS Çalışma Prensibi [13].

GNSS teknolojisinde kod ve faz ölçüleri kullanılarak gerçekleştirilen çeşitli görelî konum belirleme yöntemlerinin konum doğruluklarına göre kıyaslanması Şekil 2.28’de gösterilmektedir.

	min. ölçme süresi	yatay prezisyon
Statik (>20km)	1 saat	5 mm + 1 ppm
Hızlı Statik (<20km)	8-30 dk	süreye göre değişir
PP Kinematik (<50km)	2 epok	1 cm + 1 ppm
RT Kinematik (<10km)	1 epok	1 cm + 1 ppm
PP DGPS	2 epok	0,5 – 3 m
RT DGPS	1 epok	0,2 – 3 m

radyo-link gerekli

Şekil 2.28. Ölçü Yöntemlerinin Kıyaslanması [45].

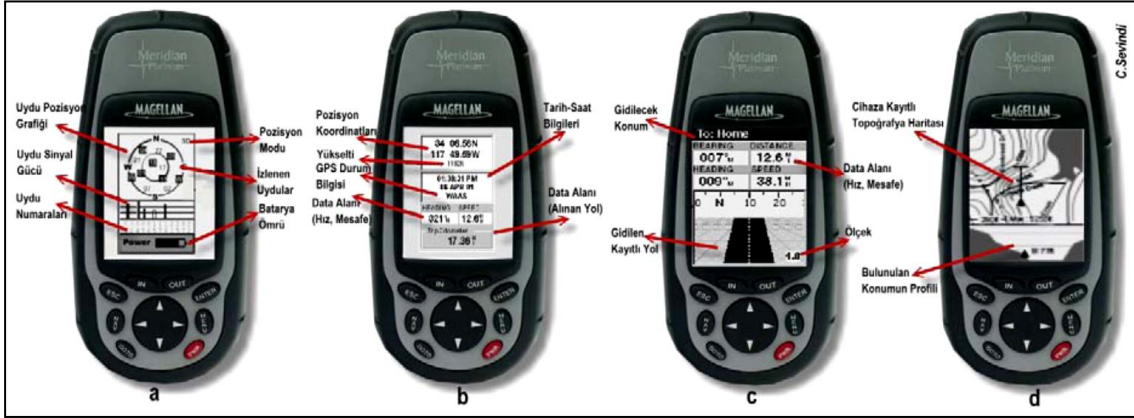
2.2. Tek Frekanslı El Tipi GNSS Alıcıları ile Konum Belirleme

Çeşitli mühendislik disiplinlerinde sıklıkla kullanılmakta olan el tipi (tek frekanslı) GNSS alıcıları kullanım amaçları doğrultusunda farklı çalışmalarda konum verisi üretmektedir. Bu GNSS alıcılarıyla elde edilen veriler jeodezik ya da kadastro amaçlı kullanılan GNSS alıcılarına göre hassasiyet ve doğruluk bakımından daha düşük seviyede olmaktadır. Gelişen teknoloji ve firmalar arası rekabet ile birlikte el tipi GNSS alıcıları da konum verilerindeki doğruluğu arttırmaktadır.

2.2.1. Tek Frekanslı El Tipi GNSS Alıcılarının Çalışma Prensipleri

Tek frekanslı GNSS alıcıları genel olarak portatif ve batarya (pil, vb.) ile çalışan el tipi alıcılardır. Bu GNSS alıcıları ile ayrı ayrı ya da ikisi birlikte olacak şekilde C/A kod ve L1 pseudorange ölçüsü yapılabilmektedir. Konum değerlerini anlık veya kayıtlı olarak kendi ekranında üç boyutlu (enlem, boylam, yükseklik) gösterebilen tek frekanslı GNSS alıcıları, 1-6 arası kanala sahip olabilmektedir. Hareket gerektiren işler için gerekli olan konum verisinin alınabilmesi amacıyla 4 kanallı alıcılar tercih sebebidir. Bu tarz alıcılar yalnızca faz ölçüsü yapabilmektedir [14].

Piyasa standartlarında mevcut el tipi GNSS alıcılarının tek frekanslı olanları genellikle birkaç metre doğruluğunda konum verisi üretmektedir. Tek frekanslı OEM board gibi alıcılar desimetre altı doğruluk sağlayabilmektedir. Desimetre altı doğruluk için anlık değil uzun süreli oturum yapma gereksinimi bulunmaktadır. Şekil 2.29’da el tipi GNSS alıcısı ve arayüz kullanımına ait bilgiler gösterilmektedir [49,50].



Şekil 2.29. El tipi GPS alıcısı ve arayüz tanıtımı [50].

Bazı el tipi GNSS alıcıları WAAS ile EGNOS sistemlerinin sinyallerini alabilmekte ve D-GNSS özelliğini desteklemektedir. Bu özelliği destekleyen cihazların konum doğruluğu ± 10 metreden ± 1 metre seviyelerine gelebilmektedir [51].

2.2.2. Tek Frekanslı El Tipi GNSS Alıcılarının Kullanım Alanları

El tipi GNSS alıcıları pratik olması, kullanım kolaylığı, arayüz sadeliği ve maliyeti bakımından kullanıcıların ilgisini çekmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte GNSS alıcılarının mobil cihazlarda yer alması el tipi GNSS alıcılarına olan rağbeti azaltmaktadır. Yıllardır alışlagelen kullanımı ve belirttiği doğruluğu desteklemesinin oluşturduğu güven nedeniyle, el tipi GNSS alıcıları günümüzde üretilmekte ve popüler haldedir.

El tipi GNSS alıcıları sosyal hayattan ticari faaliyetlere kadar geniş bir alanda kullanım olanakları sağlamaktadır. Bu alıcıların kullanıldığı alanlar ve sektörleri listelemek gerekirse:

- Dağcılık: Genel amaçlı navigasyon, konuma dayalı haberleşme, acil durumlarda konum bildirimini gayeleri ile kullanım,
- Yat kulüpleri: Ticari, turistik veya hobi amaçlı yat kullanımlarında yer-yön bulma (navigasyon) amaçlı kullanım,
- İzcilik, oryantiring benzeri doğa sporlarında: Doğada bir veya birden fazla noktanın konumunu bulmak veya konumu bilinen bir noktaya ulaşmak amacıyla kullanım,
- Motor ve bisiklet sporları: konum bilgisi ve navigasyon hizmeti amacıyla kullanım,
- Çevre, jeoloji, jeofizik mühendislikleri ve alt çalışma kolları: Hava kirliliği, su kirliliği veya bölgesel çeşitli kirliliklerin (radyasyon, manyetik, elektromanyetik vb.) konum verileri ile analiz edilmesi amacıyla düşük konum doğruluğunun yeterli olduğu mühendislik çalışmalarında kullanım,
- Ulaşım: Herhangi bir konuma ulaşım sırasında navigasyon amaçlı kullanım,
- Sağlık: Acil durumlarda özellikle gayrimeskun sahada sağlık ekiplerinin yönlendirilebilmesi amacıyla konum bilgisine ulaşmak amaçlı kullanım,
- Jeoloji: Sondaj noktalarının konum verilerinin elde edilmesi, ön etüt ve keşif çalışmalarında detayların konum bilgilerine ulaşılması (Şekil 2.30), 1/25000 ölçekli haritalar üzerinde gösterilecek projelendirme çalışmaları amaçları ile kullanım,
- Haritacılık: 1/25000 ölçekli haritalarda gösterim amaçlı kullanılacak detayların konum bilgilerinin ölçülmesi, özellikle gayrimeskun sahada poligon noktalarının uygulaması, harita tahdit noktalarının belirlenmesi, orman kadastrosunda bazı işlerde konum bilgisi alınması amaçları ile kullanım,
- Navigasyon: Yaya olarak ya da taşıt kullanımı esnasında ulaşım planlarının yapılması amacıyla kullanım,
- Güvenlik: Acil durum veya afet anlarında konum bilgilerinin güvenlik güçleri ile paylaşılması amacıyla kullanım.



Şekil 2.30. Tortum Gölü çevresindeki heyelan sahasında el tipi GPS alıcısı kullanılarak elde edilen konum verisi [50].

2.3. Akıllı Telefonlarda Konum Belirleme Teknikleri

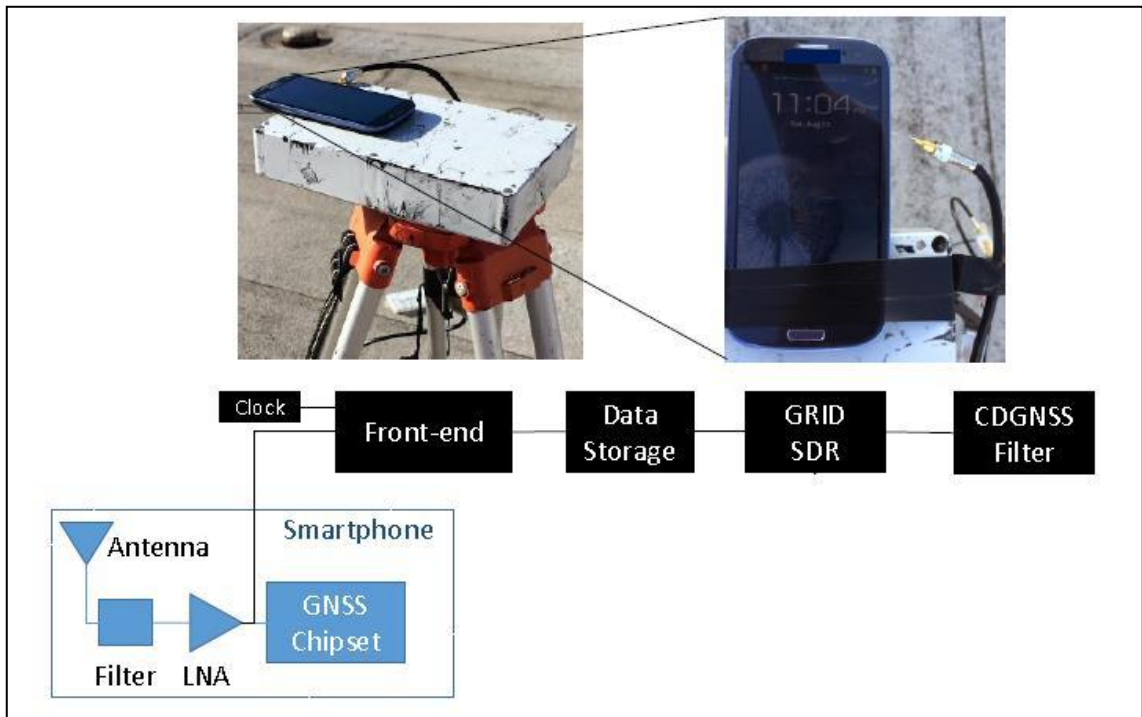
Akıllı telefonlar sürekli gelişen ve değişen teknolojileri ile sosyal, ticari ve hobi alanlarımızda popüler hale gelmiştir. Bu popülerite; erişim kolaylığı, fiyat çeşitliliği, popüler kültürün bir parçası olması, sosyalleşme aracı olarak tanım bulması, ticari işlem çeşitliliği, kullanım rahatlığı ve süreklilik sağlaması gibi nedenlerle artarak devam etmektedir.

Akıllı telefon teknolojisi insanların birbirlerine veya ticari ve sosyal mecralara erişimini arttırmak amacıyla akıllı telefon kullanıcılarının konum verilerine ihtiyaç duymaktadır. Akıllı telefon kullanıcıları, geçmişte akıllı telefonlarda bulunan acil durumlarda kullanmak amacı ile sağlanan düşük doğrulukta konum verilerini yeterli görmüştür. Ancak navigasyon, konuma dayalı sipariş ve konuma dayalı sosyal medya gibi uygulamaların gelişmesi ile akıllı telefonların sağladığı konum verilerinin daha doğru ve hassas olma beklentisi oluşmaktadır.

Günümüz akıllı telefon teknolojisi konum belirleme amacıyla haritacılıkta kullanılan tekniklerin yanı sıra network ve telekomünikasyon tekniklerini de kullanmaktadır. Konum verisinin üretildiği ve değerlendirildiği her alanda olduğu gibi akıllı telefonlardaki konum belirleme uygulamaları da haritacılık ile bağlantı oluşturmaktadır.

2.3.1. Akıllı Telefonlardaki Konum Belirleme Özelliğinin Çalışma Prensipleri

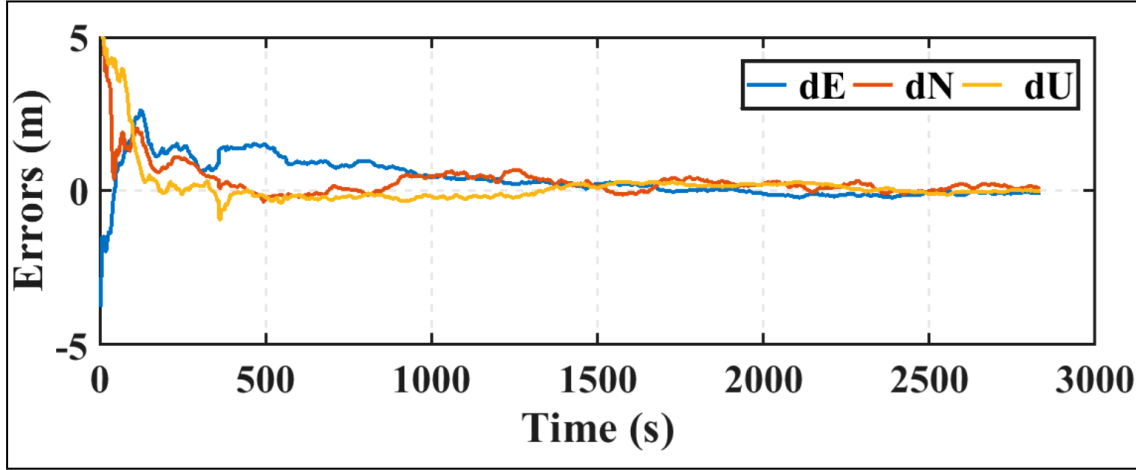
Akıllı telefonlar konum belirleme özellikleri bakımından teknolojinin gelişmesi ile birlikte sürekli gelişim göstermektedir. Akıllı telefonların konum belirleme performansları yazılım ortamında uygulanan bazı işlemlerle veya harici anten benzeri ekipmanlar kullanılarak yükseltilebilmektedir. Bu konuda yapılmış olan literatürde bulunan çalışma Şekil 2.31’de gösterilmektedir [52,53].



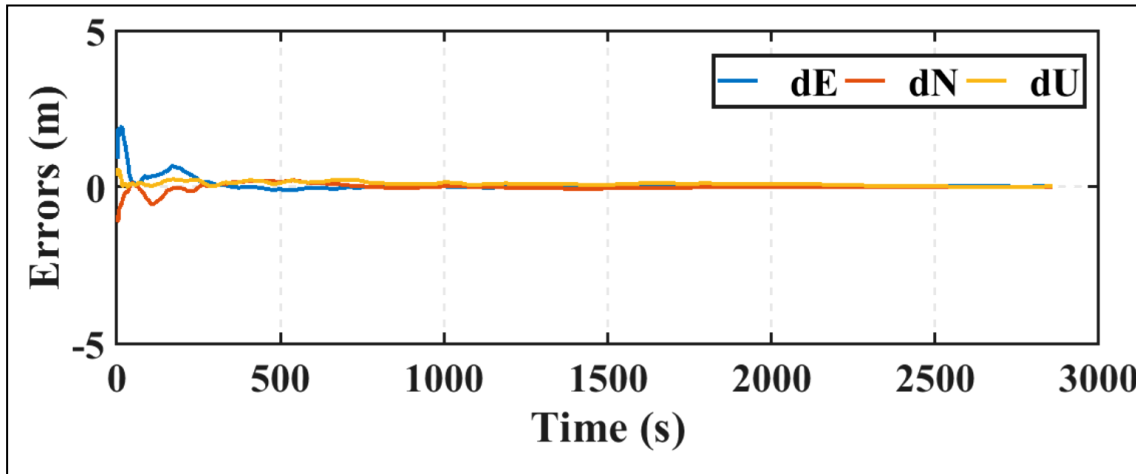
Şekil 2.31. Akıllı telefon sınıfı GNSS anteninin yerinde çalışması için tasarlanmış test mimarisini, çalışma sonucunda santimetre düzeyinde doğruluk sağlanmıştır [52].

Akıllı telefonlar ile elde edilen konum verilerinin doğrulukları işlem sonrası veya anlık oturumlar neticesinde desimetre ve metre hassasiyetine ulaşabilmektedir. Desimetre mertebesinde anlık konum doğruluğu için çift frekanslı GNSS alıcısı sensörüne sahip

akıllı telefonlar kullanılmaktadır. Akıllı telefonlar ile harici anten kullanılarak uzun süreli oturumlar neticesinde santimetre hassasiyetinde konum doğruluğu elde edilen çalışmalar da literatürde mevcuttur. Şekil 2.32 ve Şekil 2.33’de mutlak konum belirleme çözümündeki doğu, kuzey ve yukarı yönlü hatalar metre biriminde gösterilmektedir [52,53].



Şekil 2.32. Doğu, kuzey ve yukarı yönlerde akıllı telefon PPP çözümü hataları [53].



Şekil 2.33. Doğu, kuzey ve yukarı yönlerde jeodezik alıcı PPP çözümü hataları [53].

Akıllı telefonlar konum belirleme işlemleri için farklı yöntemler bulundurmaktadır. Kullanılan yöntemler konum doğruluğunu ve hassasiyetini arttırmak amaçlıdır. Bu yöntemler çalışmamızın devamında yer almaktadır.

2.3.1.1. GNSS Sensörleri

Çalışmamızın ilk bölümlerinde tanıtılan GNSS sistemleri akıllı telefonlarda konum belirlemek amacıyla kullanılan en popüler yöntemlerden biri haline gelmektedir. Teknik olarak değerlendirildiğinde kapalı ortamlarda kullanılamaması bir dezavantajdır. Akıllı telefon teknolojisinin ilk zamanlarında L1 frekanslarının kullanıldığı sensörler yaygın olarak kullanılmıştır. Gelişen teknoloji ve rekabet anlayışı neticesinde L5 frekansını da destekleyen GNSS sensörlerine sahip akıllı telefonlar üretilmeye başlanmıştır. L5 frekansının da sisteme dahil edilmesiyle akıllı telefonların konum belirleme doğruluğu, haritacılık sektörü gibi konum verisinin yaygın olarak kullanıldığı sektörlerin ilgisini çekmiştir [54,55].

2.3.1.2. Assisted GPS

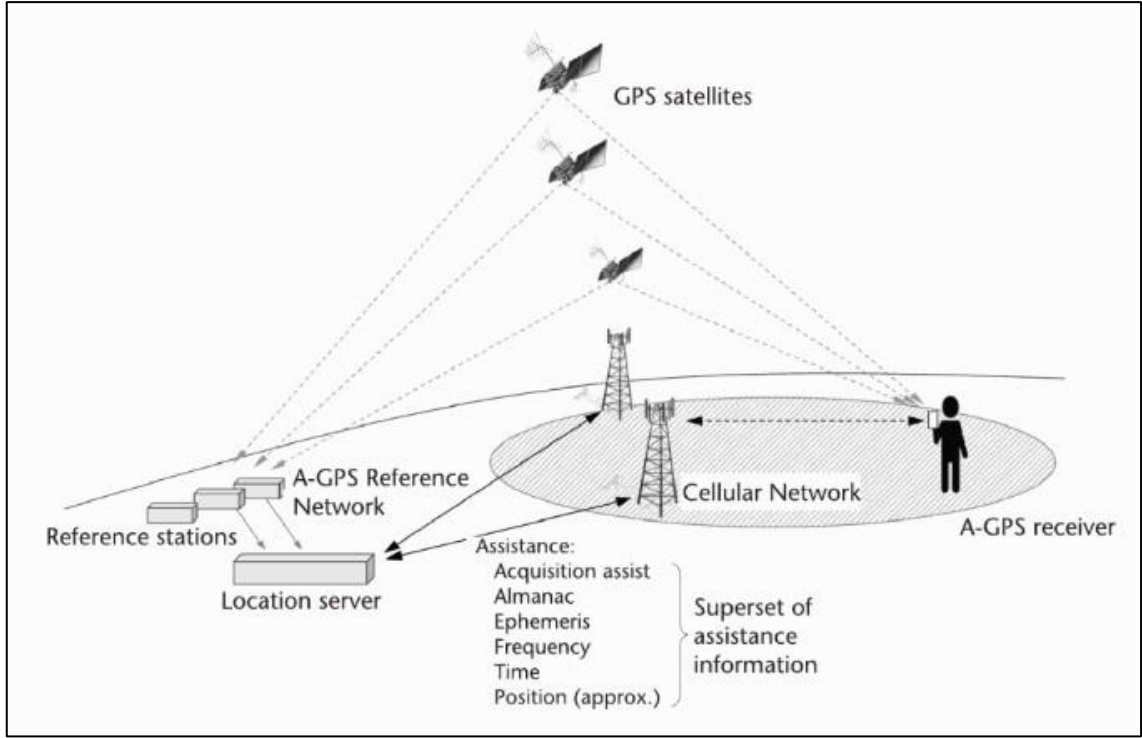
Assisted GPS özelliği sayesinde telekomünikasyon ağları kullanılarak akıllı telefonların kaba konumu belirlenmektedir. Yöntem sayesinde kaba konumu belirlenen akıllı telefon GPS uyduları ile daha kolay bağlantı kurabilmektedir. Bu sayede pencere, ağaç altı, cam kenarı gibi yeterli uyduların görülmediği yerlerde akıllı telefonların uydulara bağlanması mümkün olmaktadır [55].

A-GPS (Assisted GPS) konumlandırma bakımından normal GPS sisteminin uzantısıdır. A-GPS normal GPS sisteminin performansını iyileştirmek için Şekil 2.34.'de görüldüğü gibi yardımcı bir sunucuya bağlı iletişim kanalı aracılığı ile bilgi sağlamaktadır. Sisteme yardımcı sunucu eklenmesi A-GPS ile GPS arasındaki temel farkı oluşturmaktadır. Böylece A-GPS konum belirleme işlemlerinde uydulardan alınan verinin süresini ve miktarını azaltabilmektedir [56].



Şekil 2.34. A-GPS [56].

Şekil 2.35’de gösterilen A-GPS çalışma şeması incelendiğinde, GPS alıcısından önce A-GPS alıcısı çalışmaktadır. A-GPS, GPS konumu hesaplamasında kullanılması amacıyla uydu konumlarına ait yardımcı verileri sağlamaktadır. Bu yardımcı veriler GPS alıcısı çalışmadan önce hangi frekansları bekleyeceğini bildiren A-GPS ile oluşturulmaktadır. Yalnızca milisaniye süren mesafe ölçümleri uydu sinyalleri alındıktan sonra yapılmaktadır. A-GPS alıcısı böylece konumu hesaplayabilmektedir. İlk düzeltmeye kadar geçen 1 dakikalık süre bu şekilde 1 saniyeye düşmektedir. A-GPS alıcısının mimarisi, belirli frekansta alınan enerji miktarını artıran daha uzun bekleme sürelerine müsaade edecek biçimde değişmektedir. Bu değişim alıcının hangi frekansları arayacağını önceden bilmek üzere tasarlanması kaynaklıdır. Bahsedilen bu değişim sayesinde A-GPS alıcısının hassasiyeti artmakta ve daha düşük sinyal güçlerinde sinyal alabilmesi sağlanmaktadır [57].



Şekil 2.35. A-GPS çalışma şeması [57].

2.3.1.3. SBAS

Uydu yörünge hatası, uydu saat hatası ve iyonosferik gecikme gibi GNSS hata kaynaklarının etkisini azaltmak için harici düzeltme verileri kullanılabilir. Yer sabit uydulardan gerçek zamanlı düzeltme verilerini Uzay Tabanlı Büyütme Sistemleri (Space-based augmentation systems, SBAS) iletmektedir. SBAS, GPS uyumlu sinyaller kullanmaktadır. SBAS bütünlük bilgisini, konum hatası sınırı için düzeltme verilerine ek olarak sağlamaktadır. Her düzeltmenin, saatin, yörünge ve iyonosferin hata kovaryansı SBAS bütünlük bilgisini oluşturmaktadır [58].

Wide Area Augmentation System (WAAS), European Geostationary Overlay Service (EGNOS), Multi-functional Satellite Augmentation System (MSAS) ve System for Differential Corrections and Monitoring (SDCM) gibi birkaç tane çalışmakta olan SBAS sistemi mevcuttur. EGNOS Doğu Avrupa'yı kapsarken WAAS Kuzey Amerika'yı kapsamaktadır. SBAS yer izleme istasyonlarının coğrafi dağılımı SBAS hizmet alanını belirlemektedir. Yörünge düzeltmesi, SBAS yer izleme istasyonları GNSS uydusunu görmese bile oluşturulabilir. Fakat iyonosferik düzeltme için gerekli olan iki şart

bulunmaktadır. Bu şartlar: çift frekanslı GNSS ölçümlerinin gerekliliği ve SBAS yer izleme istasyonları tarafından GNSS uydusunun görülmesi koşullarıdır [58,59].

2.3.1.4. Network Tabanlı Konum Belirleme

GPRS, 3G, 4G ve 5G gibi servisler; GSM ve TDMA (Time Division Multiple Access) ağları için geliştirilmiş veri taşıyıcı servislerdir. Bu servisler ile birlikte, mobil cihazın bağlandığı baz istasyonu ve etrafındaki baz istasyonlarına olan mesafelerinin üçgenlenmesiyle konum verisi elde edilebilmektedir [54,55].

2.3.1.5. SIM Tabanlı Konum Belirleme

Akıllı telefonun şebeke (operatöre bağlı) bağlantısı kurabileceği civarda bulunan baz istasyonlarına bağlı olan konum belirleme yöntemidir (Şekil 2.36). Sinyal şiddeti ve sinyal gönderme zamanları SIM kart aracılığı ile kabaca belirlenerek konum verisi elde edilebilmektedir. Elde edilen konum verisi hassas değildir [55, 60].



Şekil 2.36. Çok baz istasyonlu GSM ağı ile konum tespiti [60].

2.3.1.6. IP Tabanlı Yöntemler

Özellikle GNSS alıcı sensörüne sahip olmayan mobil cihazlarda konum verisi elde etmek için kullanılan yöntemlerden bir tanesidir (Şekil 2.37). IP adresi coğrafi bilgi içermemektedir. IP adreslerini gerçek konum verisine dönüştürmenin çeşitli yolları bulunmaktadır. IP adres arama veri tabanı konum verisini elde etmeye olanak tanıyan uygulamalardandır [54].

ipinfo.io Follow @ipinfoio IP address Submit

194.27.72.122



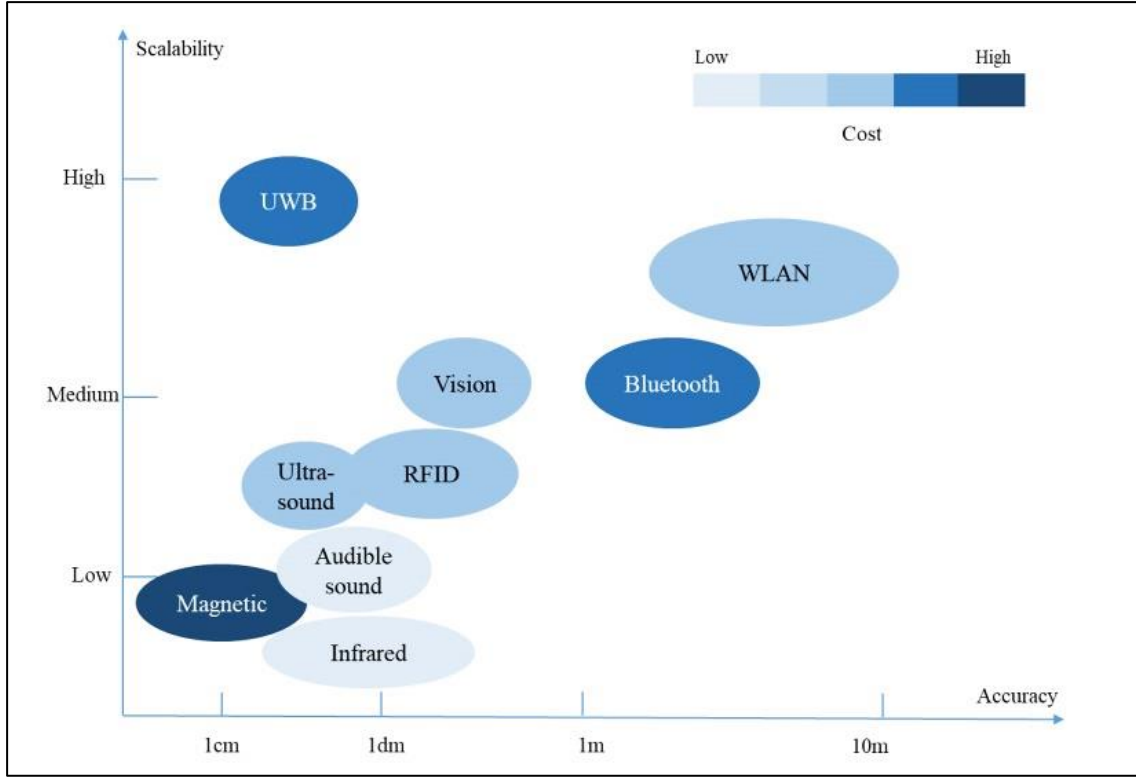
Hostname	bulut.kocaeli.edu.tr
Network	AS8517 National Academic Network and Information Center
City	 Kocaeli, Kocaeli, Turkey
Latitude/Longitude	40.7669,29.9169

Şekil 2.37. IP tabanlı konum verisi elde etme örneği [54].

2.3.1.7. WiFi Bluetooth MAC (Media Access Control) Adres Tabanlı Yöntemler

Anlık olarak sayısız akıllı telefonun, tabletin ve bilgisayarın katkısıyla WiFi erişim noktasının MAC adreslerinin toplandığı bir ortamda, özellikle GNSS alıcısına sahip akıllı telefonların bağlantısı konum doğruluğunu arttırmaktadır. Bulunulan ortamdaki her WiFi erişim noktasının sinyal gücü ölçülerek üçgenleme benzeri metotlar ile bağlantı sağlayan cihazların konumu belirlenebilmektedir [54].

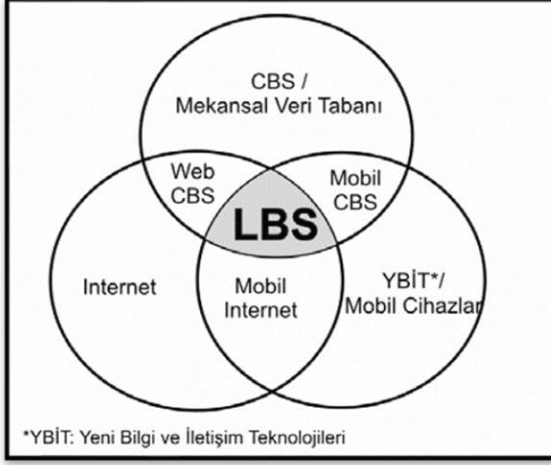
Belirtilen yöntemlerin yanında, kapalı mekanlarda akıllı telefonların konum verisi elde etmesine yardımcı olan başka yöntemler de mevcuttur. Bu yöntemler Şekil 2.38’de gösterilmektedir.



Şekil 2.38. Kapalı alanlarda konumlandırma yöntemleri [61].

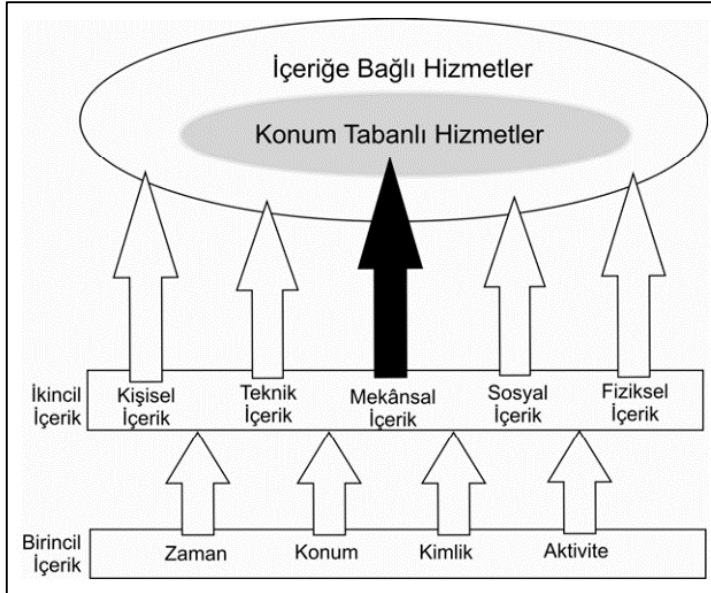
2.3.2. Akıllı Telefonların Kullanım Alanları

Akıllı telefonlarda ve diğer mobil cihazlarda mevcut olan konum tabanlı hizmetler (LBS: Location Based Services) farklı teknolojiler ile ilişkilendirilmektedir [55]. Farklı teknolojiler ile LBS senkronize edildiğinde akıllı telefonların konum verisine bağlı kullanım alanlarında çeşitlilik oluşmaktadır. LBS ve diğer teknolojilerin ilişkisi Şekil 2.39'da gösterilmektedir.



Şekil 2.39. LBS ile farklı teknolojiler arasındaki ilişki [55].

LBS içerik kullanılan hizmetlerin alt kolu olarak incelenmektedir. Davranışlarını otomatik bir şekilde içeriğe bağlı uyarlayan servisler genellikle içerik kullanan hizmetlerdir. LBS ile içerik kullanan hizmetlere ait bağlantı şeması Şekil 2.40'da gösterilmektedir [55].



Şekil 2.40. LBS ile içerik kullanan hizmetler [55].

Mobil cihaz teknolojileri arasında pazar payı güçlü olan akıllı telefon sahibi bir kullanıcı konum verisi ile ilişkili hizmetlerden faydalanmak istiyorsa Şekil 2.41’de gösterilen LBS bileşenlerine erişebilir olmalıdır [55].



Şekil 2.41. LBS bileşenleri [55].

Akıllı telefonların konum verilerine dayalı kullanım alanları aşağıda sıralanmaktadır:

- Ulaşım: Trafik durumu, toplu taşıma uygulamaları vb. [62].
- Sosyal Ağlar: Kullanıcılarının hangi coğrafi bölgede olduğu belirtilen uygulamalar [62].
- Çevre Gözlemleri: Hava kirliliği tespiti, bölgesel su kirliliği listelenmesi gibi düşük doğruluklu ölçümler ile yapılabilen bilimsel çalışmalar ya da mühendislik çalışmaları [62,63].
- Sağlık: 112 Acil servis koordinasyonu, ambulans yönlendirme uygulamaları, spor uygulamaları neticesinde zindelik analizi vb. [62].
- Spor: Bireysel yürüyüş uygulamaları, oryantiring benzeri müsabakalar, motor sporları vb. [64].
- Takip Sistemleri: Kiralık araç takibi, kurye takibi, çalışanların bireysel takibini yapan uygulamalar, çocukların ebeveynleri tarafından takibine izin veren uygulama ve donanımlar vb.
- Tahmin Sistemleri: Mevcut değer ve ölçümler doğrultusunda trafik durumu veya hedef noktaya ulaşım tahmini, hava şartları tahmini vb.
- Hobi: Bireysel veya toplu olarak yapılan sanatsal-kültürel organizasyonlar, bilet satışları vb.

- Mühendislik Çalışmaları: Jeolojik olarak sondaj noktalarının koordinatlandırılması, 1/25000 haritaların altlık olarak kullanıldığı orman alanı, harita tahdidi ve çeşitli noktaların gösterimi çalışmaları vb. [63].
- Navigasyon: Bireylerin ya da taşıtların ulaşım planlarının ve yön tespitlerinin yapılması.
- Haritacılık: Tesisi yapılmış noktaların aplikasyonlarında yaklaşık olarak alan tespiti yapılması, harita tahdidi çalışmaları vb.
- Güvenlik: SOS uygulamaları ile güvenlik görevlilerine konum gönderilmesi, vb.

3. UYGULAMA ÇALIŞMALARI

Çalışmanın bu kısmında uygulamaların yapılacağı alanlar hakkında bilgi verilecektir. Çalışmalarda kullanılan cihazlara, konum bilgisi kıyaslanacak poligonlara ve çalışma alanında belirlenen ölçü yapılacak noktalara ait bilgiler ayrıntılarıyla gösterilecektir. Uygulamalarda elde edilen veriler, çalışmanın sonuçlar bölümünde çeşitli analizler ile detaylandırılacak ve kıyaslanan değerler ilişkilendirilecektir.

Bu tez çalışmasında Dazkırı'da (Afyonkarahisar) ve Ayvacık'ta (Çanakkale) olmak üzere iki farklı şehirde, farklı yıllarda uygulamalar yapılmıştır. Şehirler seçilirken rakım, topografya ve bitki örtüsü gibi kıstasların farklı olmalarına dikkat edilmiştir. Akıllı telefonların konum verisi üretebilme yetisindeki zaman ve teknoloji etkisini gösterebilmek için iki uygulama arasındaki yıl farkı ve döneme ait teknolojinin farklı etkileri incelenecektir.

Çalışmada yer alan uygulamalar harita tahdit çalışmaları, istikşaf çalışmaları ve aplikasyon işlemleri gibi akıllı telefonların günümüz haritacılığında mevcut kullanım alanlarına değinmekte ve bu işlemler için akıllı telefonların kıyaslanmasını içermektedir. Bu sebeple yükseklik verisi uygulama çalışmalarında kullanılmamıştır.

3.1. El Tipi GNSS Alıcıları ve Tek Frekanslı GNSS Sensörü Bulunan Akıllı Telefonlarla Yapılan Ölçü ve Aplikasyon Örnek Çalışması

Uygulamada Dazkırı ilçesine ait sayısal halihazır haritada görülen tahdit sınırları ve nirengi noktaları kullanılmıştır. Uygulamanın bu bölümünde Çizelge 3.1.' de gösterilen 2 Android 1 IOS işletim sistemlerine sahip 3 akıllı telefon ve 2 farklı model el tipi GNSS alıcısı kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Dazkırı ilçesinde yapılan uygulamalarda kullanılan GNSS alıcıları.

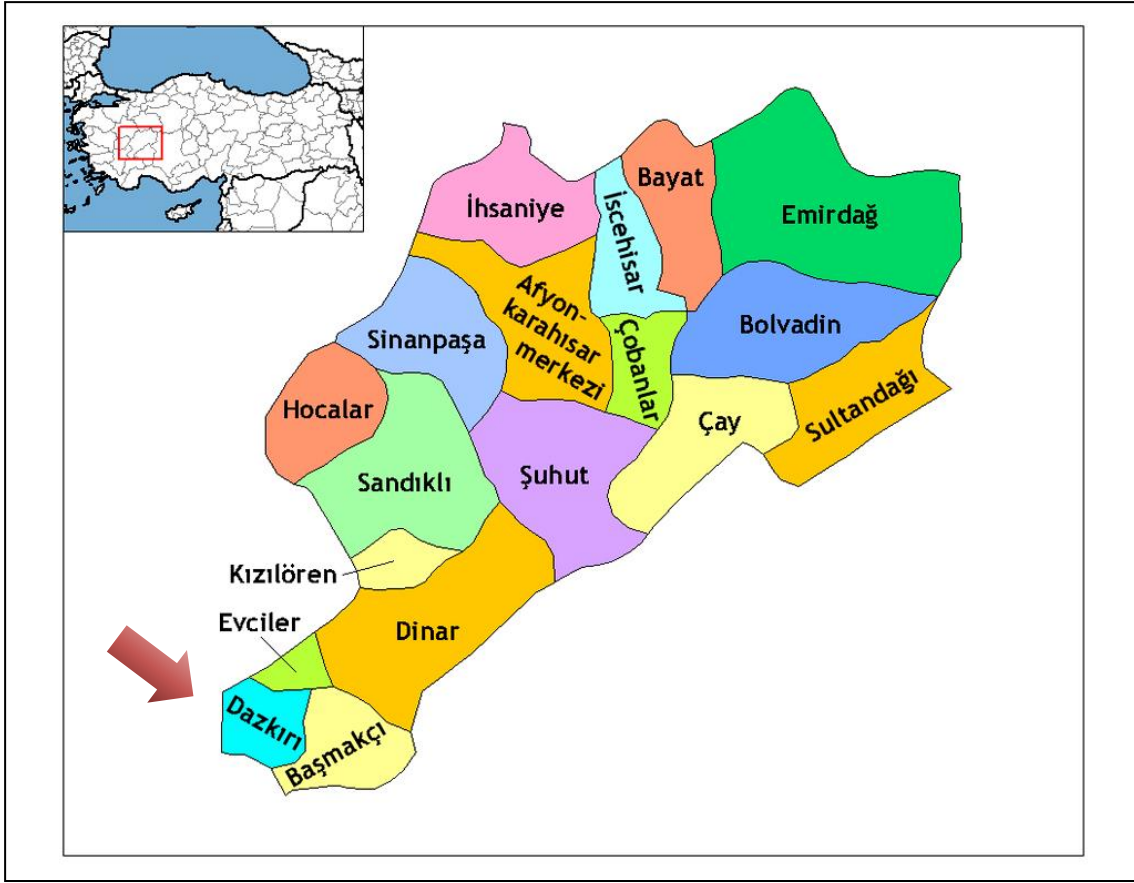
ALICI ADI	MODEL	ÖZELLİKLER	KOD
El Tipi GNSS Alıcısı	2005	GPS	E1
El Tipi GNSS Alıcısı	2013	GPS + GLONASS	E2
Akıllı Telefon (Android)	2015	GPS + A-GPS + Beidou + GLONASS	A15
Akıllı Telefon (Android)	2016	GPS + A-GPS + GLONASS	A16
Akıllı Telefon (IOS)	2012	GPS + A-GPS + GLONASS	IO

Dazkırı ilçesine ait halihazır haritanın sınırlarını belirleyen tahdit noktaları, ilçenin genel olarak çevresini kapsayacak şekilde belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci adımında Dazkırı ilçesine ait halihazır haritada yer alan nirengi noktaları kullanılmıştır. Dazkırı genelindeki nirengi noktaları; yükseklik (rakım), topografya, bitki örtüsü, açık alan durumu gibi kriterlerin farklılık göstereceği şekilde seçilerek uygulamada kullanılmıştır. Seçilen nirengi noktaları akıllı telefonlar tarafından aplikasyon işlemi ile tespit edilmiştir. Tespit anındaki hata miktarları değerlendirilmiştir.

3.1.1. Çalışma Alanı

Çalışmanın bu bölümünde bulunan uygulama Afyonkarahisar ilinin Dazkırı ilçesinde 2016 yılında yapılmıştır. Merkezi ile birlikte 15 köyden oluşan Dazkırı ilçesi, yaklaşık 11000 nüfusa sahiptir. Dazkırı ilçe alanı 338 km² ve rakımı 830 metredir. Şekil 3.1’de Dazkırı ilçesinin Afyonkarahisar ilindeki konumu gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Afyonkarahisar Dazkırı ilçesi konumu [65].

Dazkırı ilçesine ait arazi; içerisinde küçük yayla ve boz tepeler barındıran geniş bir vadidir. Arazinin %65'i düz iken %35'i engebeli özellik göstermektedir. Flamingoları ile ünlü Acıgöl'e ilçenin sınırı bulunmaktadır. Başlıca tarım ürünleri buğday, arpa, çavdar gibi kuru ziraat ürünleri olmakla beraber haşhaş, pancar, ayçiçeği gibi sanayi bitkileri de yetiştirilmektedir [66].

Dazkırı (Afyonkarahisar) ilçesinde seçtiğimiz noktalar yükseklik kriteri bakımından 80 metreye yakın yükseklik farkı barındırmaktadır. İlçe bitki yapısı bakımından ekili tarla, maki, koruluk gibi çeşitlilik sağlamaktadır. İlçe topografyası genel olarak düz vadiden oluşsa da seçilen noktalarda engebeli arazide olanlar mevcuttur. İlçe sahasında telekomünikasyon şebeke kapsama oranı noktalarda değişiklik göstermektedir. Belirtilen kriterlerin tamamı verilere etki eden dış faktörlerin analizi bakımından önem arz etmektedir.

Yapılan ölçü ve aplikasyon çalışmaları Dazkırı ilçe merkezi genelinde yapılmıştır. Uygulama belirli bir alana veya sahaya sıkıştırılmadan, ilçe genelinde çeşitli kriterlere (rakım, topografya, açıklık, bitki yapısı, vb.) dikkat edilerek homojen dağılıma en yakın yapıda düzenlenmiştir.

3.1.2. Tahdit Noktalarının Ölçülmesi

Halihazır harita üretimi insanlık tarihinde bulunulan yerin belirlenmesi, yaşanan çevrenin gözlenmesi ve planlanması amacıyla her zaman önemli yer almaktadır. İnsanlar tarih boyunca mağara duvarlarına yaptıkları haritalar, ceylan derilerine resmedilmiş kroki ve haritalar, maketlerle oluşturdukları yeryüzüne ait modeller ile konum verilerini görsel hale getirmiştir. Modern çağ ile birlikte büyük ölçekli haritalar, insanların yaşam alanlarının planlanmasından navigasyon olanaklarının sağlanmasına kadar daha fazla etki sahibi olmaktadır.

Büyük ölçekli haritalar ülkemizde “Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY)” kapsamında üretilebilmektedir. Büyük ölçekli haritaların üretim aşamasından önce yapılması gereken bazı ön çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalardan önemli bir tanesi de tahdit çalışmaları olmaktadır.

Halihazır harita tahdit çalışmalarındaki amaç halihazır haritası yapılacak alan (köy, belde, ilçe, il, vb.) kapsamında harita sınırı oluşturmaktır. Tahdit sınırı oluşturulurken; haritası yapılacak alanın çevresinde bulunan orman, koruluk, göl, çöl gibi halihazır haritasının yapılmasına gerek olmayan alanların çıkarılması gerekmektedir. Bu işlemin yapılmasındaki amaç belirtilen alanların yapılaşmaya kapalı bölgeler olarak kanun, yönetmelik veya tüzüklerde tanımlı olmalarıdır. Ancak yapılaşmanın yasaklandığı alanlar için özel bir çalışma yürütülüyorsa bu alanlar da halihazır harita tahdit sınırları içerisinde yer alabilmektedir. Tahdit sınırları tutanak haline getirilirken genellikle 1/25000 ölçekli haritalar altlık olarak kullanılmaktadır. 1/25000 ölçekli haritalar üzerinde gösterilen tahdit noktaları için ölçek faktörü göz önüne alındığında metre hassasiyetli konum verisi kullanımı sorun oluşturmamaktadır. Tahdit noktaları ölçülürken metre düzeyinde doğruluk sağlayan el tipi GNSS alıcıları yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak halihazır

haritanın üretim süresince tahdit noktalarının konumlarının sorun teşkil etmemesi gerekmektedir. Tahdit noktalarının halihazır harita üretim sürecinde muammalardan arınması amacıyla bir detay noktası üzerinde belirlenmesi kabul görmektedir. Bu detay noktaları elektrik direği, çeşme, bina, yol kenarı, yol kesişimi gibi noktalar olabilmektedir.

Bu çalışmada 2016 tarihli Dazkırı (Afyonkarahisar) ilçesine ait halihazır harita kullanılarak genel olarak tahdit sınırı belirlenmiştir. Tahdit sınırı belirlenirken çoğu kriter göz ardı edilerek çalışmanın asıl amacı olan akıllı telefonların konum belirleme yetilerinin test edilmesi hedeflenmiştir. Bu sınıra ait 5 tahdit noktası (Şekil 3.2) 2 farklı model el tipi GNSS alıcısı ve 3 farklı model akıllı telefon ile ölçülmüştür. Bu ölçüler 2016 yılında yapılmıştır. Bu ölçülerin çalışmanın ilerleyen bölümlerinde akıllı telefonlardaki konum belirleme özelliğinin ve bu teknolojinin zaman içerisindeki değişimi ve gelişimi gibi analizlerde kullanılması planlanmaktadır.



Şekil 3.2. Dazkırı (Afyonkarahisar) ilçesi genel tahdit noktaları ve tahdit sınırı.

Şekil 3.2’de görülen tahdit noktalarının her biri ikisi el tipi GNSS alıcısı üçü akıllı telefon olmak üzere 5 ayrı alıcı ile ölçülmüştür. 1,4 ve 5 numaralı tahdit noktaları halihazır haritada konumu bilinen yol kenarında bulunan noktalardır. 2 ve 3 numaralı tahdit

noktaları ise halihazır haritada yol üzerinde bulunan sırasıyla M233H338 ve M233H347 numaralı nirengi noktalarıdır.

EK 1’de tahdit noktalarına ait ölçü ve referans değerleri gösterilmektedir. EK 1’deki ölçüler çalışmanın “SONUÇLAR VE TARTIŞMA” bölümünde analiz edilecek ve değerlendirilecektir.

3.1.3. Nirengi Noktalarının Aplikasyonu

Çalışmanın bu bölümünde Dazkırı (Afyonkarahisar) ilçesine ait halihazır haritada yer alan nirengi noktalarının bir bölümü 3 farklı akıllı telefon kullanılarak applike edilmiştir. Aplikasyon sırasında nokta bulunduktan sonra 5 saniye beklenerek akıllı telefonlarda görülen hata miktarları kaydedilmiştir. Dazkırı ilçesine ait halihazır haritada yer alan nirengi noktalarının tamamı EK 2’de gösterilmiştir.

Çalışmanın amacı ve doğrultusu kapsamında kullanılması planlanan nirengi noktaları Dazkırı ilçesi genelinde homojen olarak seçilmeye çalışılmıştır (Şekil 3.3). Akıllı telefonların konum belirleme özelliklerine etki eden faktörler için bir önceki bölümde yer alan kriterler, nirengi noktalarının aplikasyonu kısmında da dikkate alınmıştır.



Şekil 3.3. Dazkırı ilçesine ait halihazır haritada yer alan ve çalışmada kullanılan nirengi noktaları.

Ölçü alınan nirengi noktalarına ait hata değerleri EK 3'te gösterilmektedir. Bu hata miktarları çalışmanın “SONUÇLAR VE TARTIŞMA” bölümünde analiz edilecek ve değerlendirilecektir.

3.2. Tek Frekanslı GNSS Sensörü Bulunan Akıllı Telefonlar ve Çift Frekanslı GNSS Sensörü Bulunan Akıllı Telefon ile Ölçü Alınan Poligon ve Detay Noktaları Örnek Çalışması

Uygulamanın bu bölümünde Ayvacık (Çanakkale) ilçesinde yer alan ve topografya, bitki örtüsü, telekomünikasyon şebeke çekim kapasitesi gibi kriterleri sağlayan bir saha, ölçü almak amacıyla kullanılmıştır. Yapılan çalışmalarda Çizelge 3.2.'de gösterilen ikisi Android biri IOS işletim sistemlerine sahip olmak üzere 3 adet akıllı telefon, 1 adet el tipi GNSS alıcısı ve 2 adet jeodezik GNSS alıcısı kullanılmıştır.

Çizelge 3.2. Ayvacık ilçesinde yapılan uygulamalarda kullanılan GNSS alıcıları.

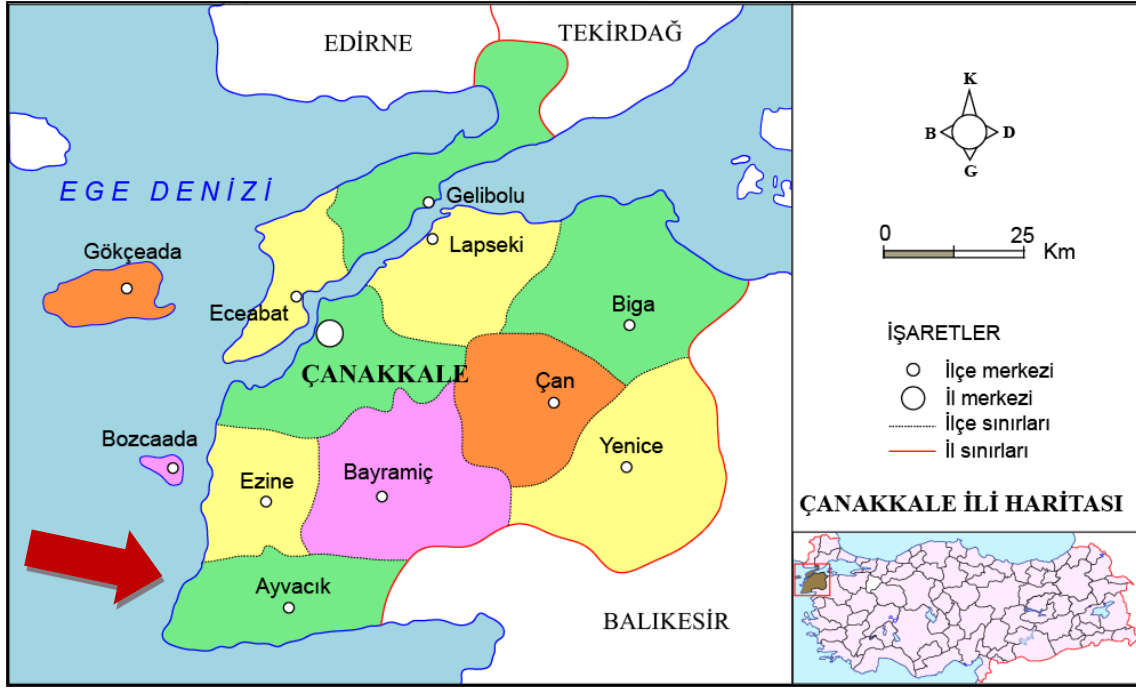
ALICI ADI	MODEL	ÖZELLİKLER	KOD
Jeodezik GNSS Alıcısı	2011	GPS + GLONASS + GALILEO + D-GPS + RTK (2 Adet Sabit + Gezici)	Referans
E1 Tipi GNSS Alıcısı	2016	GPS + GLONASS	etGNSS
Akıllı Telefon (Android)	2016	GPS + A-GPS + Beidou + GLONASS	Android
Akıllı Telefon (IOS)	2019	GPS + A-GPS + GLONASS	IOS
Akıllı Telefon (Android)	2019	GPS (L1+L5) + A-GPS + Beidou + GLONASS + GALILEO (E1+E5a)	dualfreq

Çalışmada kullanılan poligonlar ülke jeodezik ağına bağlı bir nirengi noktasından çalışma öncesinde üretilmiş poligonlardır. Belirtilen ölçü sahası içerisinde bu poligonlar kullanılarak ve jeodezik GNSS alıcılarından yararlanılarak RTK yöntemi ile detay ölçüleri alınmıştır. Detay ölçüleri alınan noktaların koordinatları akıllı telefonlar ile tekrar ölçülerek kıyaslama ve analiz işlemleri yapılmıştır.

Belirlenen ölçü sahasının en önemli özellikleri ölçü alınan noktalar arası kot farkının yeterli olması ve topografyanın eğimli (şevli) alanlarının çok olmasıdır. Bu sayede yeni teknolojinin bir ürünü olan çift frekanslı GNSS alıcısı sensörüne sahip bir akıllı telefonun konum belirleme hassasiyetinin kabiliyetinin belirlenmesi ve karşılaştırılabilmesi daha mümkün olacaktır.

3.2.1. Çalışma Alanı

Çalışmanın bu bölümü Çanakkale ilinin Ayvacık ilçesinde 2020-2021 yıllarında yapılmıştır. Turizm ve zeytin ile ünlü olan Ayvacık ilçesi yaklaşık 33000 nüfusa sahiptir. Ayvacık ilçe alanı 893 km² ve rakımı 285 metredir. Şekil 3.4’de Ayvacık ilçesinin Çanakkale ilindeki konumu gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Ayvacık ilçesinin konumu [67].

Ayvacık ilçesi Çanakkale il merkezinden 24 km uzaklıkta yer almaktadır. Behramkale (Assos) ilçenin dünyaca ünlü olan turizm merkezlerindedir. Çeşitli uygarlıklara ve devletlere ev sahipliği yapmış olan yerleşke, tarihi ve kültürel olarak da önem arz etmektedir. Behramkale'nin yanı sıra Babakale, Gülpınar, Ahmetçe gibi köyler de, turizm bakımından Ayvacık ilçesinin önemli yerleşkeleri arasında yer almaktadır. İlçe tarım ürünleri çeşitliliği açısından zengindir. Meyvecilik ve fidecilik yaygındır. İlçenin denize kıyısının olmasının bir sonucu olarak balıkçılık da ilçe halkının kazanç kapıları arasındadır.

Uygulama sahası olarak TROAS Birliği Katı Atık Depolama ve Bertaraf Etme İnşaatı Yapım İşi şantiye sahası belirlenmiştir (Şekil 3.5). Bu sahanın belirlenmesindeki amaç sahada kazı çalışmaları nedeniyle topografya ve telekomünikasyon şebeke kapsama alanlarındaki çeşitliliğin gözlenmiş olmasıdır. Bu noktada farklı yüksekliklerde ve farklı kapsama alanlarında ölçülerin ne kadar değişken olacağı gözlenmek istenmiştir. Ölçü alınacak noktalar sahaya tesis edilmiş olan poligonlar ve saha içerisindeki noktalardır.



Şekil 3.5. Çalışmanın yapıldığı sahaya ait fotoğraf.

3.2.2. Poligon Noktalarının Ölçülmesi

Ölçü alınması ve ölçülerin karşılaştırılması amacıyla Ayvacık ilçesinde belirlenen sahada toplam 10 adet poligon noktası bulunmaktadır. Bu poligon noktaları çalışmamızdan önce sahadaki kazı işlerinin ölçülmesi amacıyla ülke jeodezik ağına bağlı şekilde tesis edilmiştir. Poligon noktalarının numaraları ve yerleri Şekil 3.6'da gösterilmektedir.



Şekil 3.6. Ölçü sahasında bulunan poligon noktaları.

Uygulamada şekil 3.6’da görülen poligon noktalarının onaylı koordinatları referans koordinat olarak kabul edilmiştir. Her poligon noktası 3 adet akıllı telefon (Android, IOS, çift frekanslı GNSS alıcı sensörlü) ve 1 adet el tipi GNSS alıcısı ile ölçülmüştür. Poligonlarda her ölçü aleti ile 10 saniye ölçü alınmıştır.

Çalışmanın bu bölümünde kullanılan el tipi GNSS alıcısı bir önceki bölümde kullanılan el tipi GNSS alıcılarına göre daha yeni teknolojilere sahip olmakla beraber yüksek doğruluğa sahip konum verisi üretebilmektedir. EK 4’de ölçü, hata ve uzaklık değerleri gösterilen poligon noktalarının ölçülerine ait analizler ile değerlendirmeler çalışmanın “SONUÇLAR VE TARTIŞMA” bölümünde detaylandırılacaktır. Çalışmanın bu bölümünde amaç, çift frekanslı GNSS alıcı sensörü bulunduran akıllı telefonun konum verisi üretme özelliğindeki farkı tespit etmek için bir ön çalışma yapmaktır. Bu ön çalışma

aynı zamanda akıllı telefonlar ile el tipi GNSS alıcıları arasındaki konum belirleme kıyaslarının bir önceki bölümde yapılan çalışma ile karşılaştırılarak zaman odaklı analiz yapılabilmesini sağlamaktadır.

3.2.3. Jeodezik GNSS Alıcıları ve Akıllı Telefonlar Kullanılarak Belirlenen Sahanın Ölçülmesi

Ayvacık ilçesinde belirlenen saha içerisinde düz, şevli ve engebeli olarak tanımlanabilecek bölümler bulunmaktadır. Çalışmanın bu bölümünde ölçü sahası belirlenen detay noktalarından jeodezik GNSS alıcısı ve 3 adet akıllı telefon ile ölçülmüştür. Bu ölçülerde jeodezik GNSS alıcısının ölçüleri RTK yöntemi ile yapılmış olup, 1 sabit ve 1 gezici olmak üzere toplam 2 adet jeodezik GNSS alıcısı kullanılmıştır.

Tek frekanslı GNSS alıcılı Android işletim sistemli akıllı telefon:

- 2016 yılında üretilmiştir,
- Snapdragon 820 yonga setine sahiptir,
- GPS, GLONASS ve Beidou uydularını algılayabilmektedir,
- A-GPS özelliği mevcuttur.

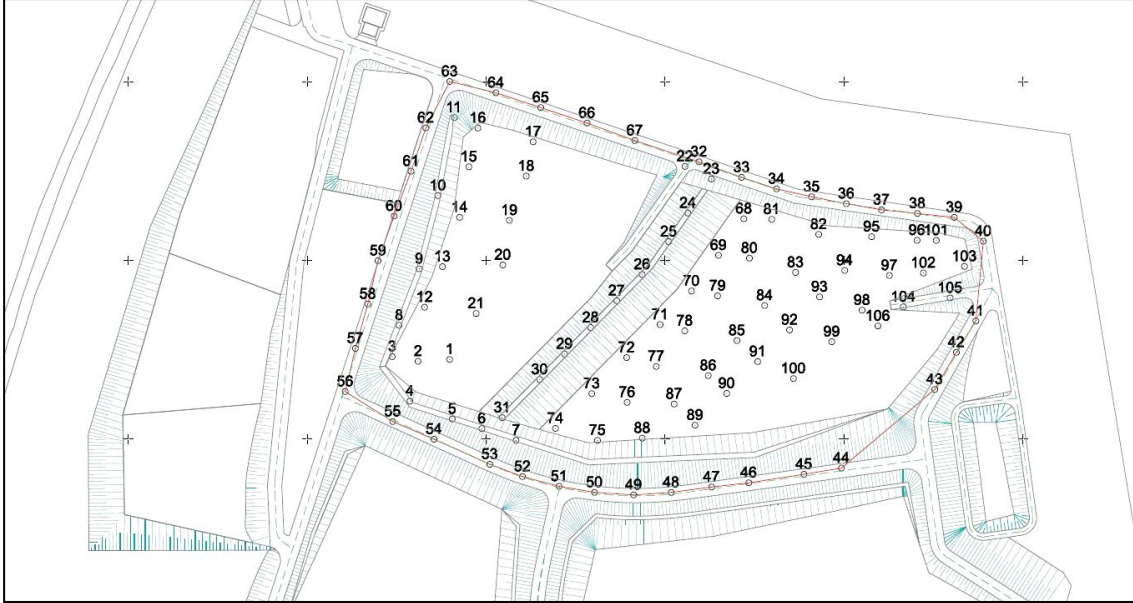
Tek frekanslı GNSS alıcılı IOS işletim sistemli akıllı telefon:

- 2019 yılında üretilmiştir,
- A13 Bionic çip ve U1 çiplerine sahiptir,
- GNSS uydularını algılayabilmektedir,
- A-GPS özelliği mevcuttur.

Çift frekanslı GNSS alıcılı Android işletim sistemli akıllı telefon:

- 2019 yılında üretilmiştir,
- Snapdragon 855 yonga setine sahiptir,
- GPS (L1 + L5 çift bant), GLONASS, Galileo (E1 + E5 çift bant) ve Beidou uydularını algılayabilmektedir,
- A-GPS ve SBAS özellikleri mevcuttur.

Jeodezik GNSS alıcısı ile yapılan ölçüler referans olarak kabul edilerek akıllı telefonlardan alınan veriler bu referans değerler ile kıyaslanmıştır. Bütün alıcılarla her detay noktasında onar saniye ölçü alınmıştır. Ölçü alınan noktalar Şekil 3.7’de gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Sahada ölçülen noktalar.

Şekil 3.7’ de görüldüğü gibi sahada 106 adet nokta ölçülmüştür. Saha içerisinde yapılan kazı çalışmaları nedeniyle oluşan kot farklarından dolayı ölçü alınamayan yerler mevcuttur. Bu bölgelerde ölçü alınamamasının nedeni alıcıların uydu görüş açılarından kaynaklıdır. Noktaların gösterildiği Şekil 3.7’deki altlık sahanın mevcut durumunu gösteren genel yerleşim planıdır. Ölçü alınan noktaların şevlerde, düzlüklerde ve engebeli kısımlarda olduğu görülmektedir. Noktalara ait koordinatlar, referanstan olan uzaklık, internet hızı, telekomünikasyon şebeke kapsama oranı EK 5’te ve EK 6’da gösterilmektedir. Noktalara ait kot bilgileri çalışmanın hiçbir bölümünde işlemlere ve analizlere dahil edilmemiştir.

Bu bölümünde yapılan ölçülere ait EK 5’te ve EK 6’da gösterilen veriler çalışmanın “SONUÇLAR VE TARTIŞMA” bölümünde detaylı bir şekilde analiz edilecek ve

modeller oluşturularak akıllı telefonlar arasındaki konum belirleme doğrulukları kıyaslanacaktır.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Kullanım kolaylıklarının ve ulaşılabilir olmalarının da etkileriyle mobil cihazlar arasında en popülerleri akıllı telefonlardır. Akıllı telefon kullanıcılarının konum verilerine ihtiyaç duyması sebebiyle, bu cihazların konum verisi üretebilme yetenekleri zaman geçtikçe artmaktadır. Konum verilerini kullanan, analiz eden, oluşturan ve projelendiren mühendislik branşlarının başında yer alan haritacılık sektörü akıllı telefonlarda bulunan konum verisi üretme teknolojisinden yararlanma yönelimindedir. İşletim sistemlerine göre farklı dinamiklere sahip olan akıllı telefon uygulamaları arasında haritacılık faaliyetleri için üretilen yazılımların artması bu yönelimi doğrular niteliktedir.

Çalışmanın uygulama bölümünde gösterilen örnek çalışmalara ait konum verileri akıllı telefonlarda bulunan uygulamalar sayesinde elde edilmiştir. Örneklerde Android ve IOS işletim sistemlerine sahip akıllı telefonlar kullanıldığından dolayı iki işletim sisteminde olan uygulama tercih edilmiştir. Ölçümlerin tamamında aynı uygulama kullanılarak konum verisi elde edilmiştir. Konum verisi üretilirken telekomünikasyon şebeke ve sinyal gücü etkisini gözlemleyebilmek için çalışmada kullanılan akıllı telefonlarda farklı sim kartlar kullanılmıştır. Bu sayede farklı şebeke kapsama alanlarında ve farklı internet hızlarında ölçü alınabilmiştir.

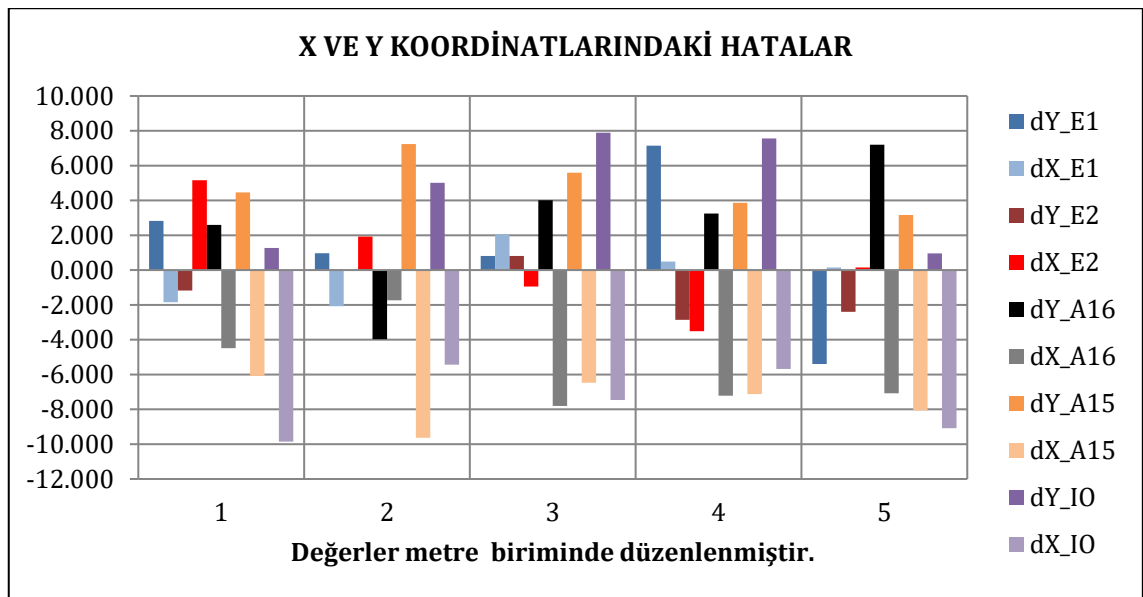
Örnek çalışmalardan elde edilen konum verileri referans değerlerle ve birbirleriyle kıyaslanarak akıllı telefonlardaki konum verisi üretimi ile bu teknolojinin ne kadar geliştiği gösterilmek istenmiştir. Model yılları ve kullandıkları teknolojileri sayesinde, bu cihazlardaki konum belirleme teknolojisinin zamanla nereye ulaşacağı hakkında öngörü oluşturulmaya çalışılmıştır.

4.1. El Tipi GNSS Alıcıları ile Akıllı Telefonların Coğrafi Konum Belirleme Doğruluklarının Kıyaslanması

El tipi GNSS alıcıları haritacılık da dahil olmak üzere farklı alanlarda ve faaliyetlerde kullanılmaktadır. Çalışmanın sonucunda el tipi GNSS alıcılarının kullanım alanlarında akıllı telefonların da kullanılabilir olup olmadıkları incelenecektir.

Dazkırı ilçesinde yapılan halihazır harita tahdit noktalarının ölçülmesi örnek çalışması (3.1.2) ve Ayvacık ilçesinde yapılan poligon noktalarının ölçülmesi örnek çalışması (3.2.2) çalışmanın bu bölümünde incelenecektir. 3.1.2 ve 3.2.2 sayılı bölümlerde gösterilen coğrafi konum verileri grafikler üzerinde gösterilerek tartışılacaktır.

Dazkırı ilçesinde yapılan tahdit noktalarının ölçülmesi sonucunda elde edilen verilerin X ve Y koordinatlarındaki hatalarını gösteren grafik, Şekil 4.1’de verilmektedir.

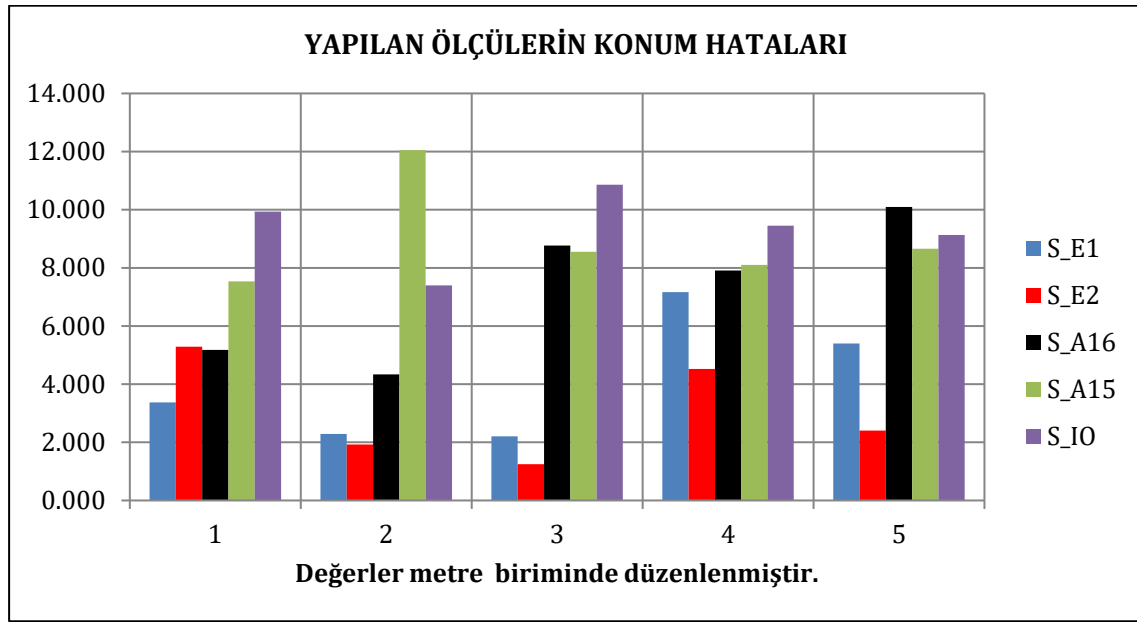


Şekil 4.1. Dazkırı ilçesinde tahdit noktalarına ait ölçülerin referans verilerle kıyaslandığında X ve Y koordinatlarındaki hatalarını gösteren grafik.

Şekil 4.1’deki kısaltmalar ve açıklamaları şu şekildedir; E1: El tipi GNSS Alıcısı, E2: El tipi GNSS Alıcısı, A16: 2016 model Android işletim sistemli akıllı telefon, A15: 2015 model Android işletim sistemli akıllı telefon, IO: 2012 model IOS işletim sistemli akıllı

telefon. Akıllı telefonların tamamında A-GPS özelliği bulunmaktadır ve GLONASS uydularını algılayan GNSS sensörleri mevcuttur. El tipi GNSS alıcılarından E2 ve E1 aynı markanın ürünleri olmakla beraber E2 daha yeni bir modeldir.

Dazkırı ilçesinde yapılan tahdit noktalarının ölçülmesi sonucunda elde edilen konum hatalarını gösteren grafik, Şekil 4.2’de verilmektedir.



Şekil 4.2. Dazkırı ilçesinde tahdit noktalarına ait verilerin konum hatalarını gösteren grafik.

Şekil 4.1 ve Şekil 4.2 incelendiğinde genel olarak akıllı telefonların tahdit noktalarındaki doğruluklarının el tipi GNSS alıcılarının altında olduğu görülmektedir. Örnek çalışma 2016 yılında yapılmıştır. 2016 yılında yapılan bu çalışmada neredeyse hiçbir noktada akıllı telefonlar el tipi GNSS alıcılarından daha doğru koordinat vermemiştir. Ölçülerin konum hatalarının ortalamaları incelendiğinde E1=4.09, E2=3.08, A16=7.26, A15=8.98, IO=9.36 olarak hesaplanmaktadır. Ortalama konum hatalarının model yılı arttıkça düşmesi dikkat çekmektedir.

Akıllı telefonlardaki konum doğruluğunun noktadan noktaya olan farklılıkları incelemek için noktalar arası konum hatasının en fazla değiştiği akıllı telefon belirlenmelidir. A16

kodlu akıllı telefonun referansla olan farklarının en yüksek değişimi olan noktalar 2 ve 5 numaralı tahdit noktalarıdır. EK 1’de görüldüğü gibi iki noktada da A16 kodlu akıllı telefonun telekomünikasyon şebeke durumu %50’dir ve aynıdır. İki noktada da internet hızı 4.5 G olarak görülmektedir. Bu durumda 2 ve 5 numaralı tahdit noktalarındaki doğruluğa etki eden faktör A-GPS özelliğine etkisinin olduğu bilinen sim kart (telekomünikasyon şebeke durumu) ile ilgili değildir. 2 ve 5 numaralı tahdit noktalarının coğrafi durumları incelendiğinde özellikle Şekil 3.2’de de görüldüğü gibi her ikisi de yol üzerindedir. Ancak 2 numaralı tahdit noktası düz ova üzerinde bulunan şerit açıklığı fazla ana yol üzerindeyken, 5 numaralı tahdit noktası engebeli arazi üzerinde yer alan ara yol üzerindedir. Noktaların tamamı incelendiğinde 1, 2 ve 3 numaralı noktalarda topografya daha düz ve açık alan (ağaçlık olmayan) daha fazladır. Ölçü alımında kullanılan cihazların geneli 1, 2 ve 3 numaralı tahdit noktalarında diğer noktalara nispeten daha yüksek doğruluk sağlamaktadır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre bütün bu incelemeler ölçü yapılan yere ait topografyanın ve açık alan durumunun 2016 yılında özellikle akıllı telefonlar üzerinde etkili olduğunu göstermektedir.

2016 yılında gerçekleştirilen tahdit noktalarının ölçülmesi örnek çalışmasında akıllı telefonlar ile el tipi GNSS alıcıları arasında konum hatalarının ortalamaları değerlendirilirse 3-6 metre sapmalar hesaplanmaktadır. Bahsedilen halihazır harita tahdit çalışması haritacılıktaki el tipi GNSS alıcılarının da sık kullanıldığı uygulamalardan birisi olduğu için çalışmamızda yer verilmiştir. Halihazır harita tahdit sınırı belirleme ve tahdit krokisi oluşturma işlemleri incelendiğinde, işlemlerde ve krokilerde 1/25000’lik haritaların altlık olarak kullanıldığı görülmektedir. Sahada ölçülen tahdit noktaları ve tahdit noktalarının birleştirilmesi ile oluşan tahdit sınırları 1/25000’lik harita altlığı üzerinde çizilerek gösterilmektedir. 1/25000’lik harita üzerinde 1 milimetrenin gerçekte 25 metreye denk gelmesi sahada kullanılacak ölçü aletlerinin konum belirleme doğruluklarını ve hassasiyetlerini belirler niteliktedir. Yani ortalama 3-4 metre doğruluk ile 7-9 metre doğruluk arasında tahdit krokilerinin oluşturulması işlemi düşünüldüğünde önem arz edecek bir fark olmadığı aşikardır. Bu durumda bu çalışmanın sonuçlarına göre akıllı telefonların halihazır harita tahdit noktalarının ölçülmesi işlerinde kullanılmasında bir sakınca görülmemektedir.

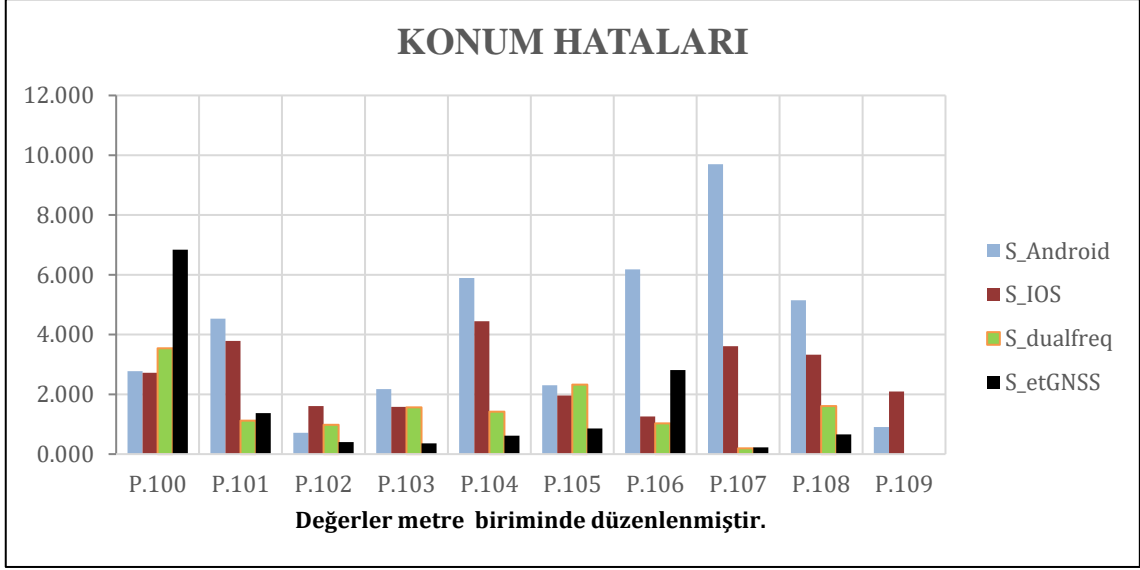
Ayvacak ilçesinde yapılan poligon noktalarında yapılan ölçülerin X ve Y koordinatlarındaki hataları gösteren grafik, Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Ayvacık ilçesindeki poligon noktalarında yapılan ölçülere ait X ve Y koordinatlarındaki hatalar.

2020 yılında Ayvacık (Çanakkale) ilçesinde yapılan poligon ölçü çalışmasında elde edilen konum verileri EK 4’de gösterilmektedir. Şekil 4.3’de poligon ölçü çalışmalarına ait konum verileri referans noktaya olan X ve Y yönlü farklar bakımından incelenmiş ve grafik yardımı ile gösterilmiştir. Grafikte gösterilen kısaltmalar ve açıklamaları; Android: 2016 model Android işletim sistemli akıllı telefon, IOS: 2019 model IOS işletim sistemli akıllı telefon, dualfreq: 2019 model çift frekanslı GNSS alıcısı sensörü bulunan Android işletim sistemli akıllı telefon ve etGNSS: 2019 model el tipi GNSS alıcısı.

Ayvacak ilçesinde yapılan poligon noktalarının ölçülmesi sonucunda elde edilen verilerin konum hatalarını gösteren grafik, Şekil 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.4. Ayvacık ilçesindeki poligon noktalarında ölçülerin konum hatalarını gösteren grafik.

Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 incelendiğinde Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'nin incelenmesi ile ulaşılan tespitlerden farklı olarak dualfreq kodlu akıllı telefonun ürettiği konum verilerinin doğruluklarının aynı yıl üretilen el tipi GNSS alıcısı ile elde edilen konum verisi doğruluklarına oldukça yakın değerler gösterdiği görülmektedir. Dazkırı ilçesinde yapılan tahdit noktalarının ölçülmesi çalışmasında gözlemlendiği gibi akıllı telefonların model yılı arttıkça konum hatalarının azaldığı Ayvacık ilçesi poligon noktalarının ölçülmesi çalışmasında da gözlemlenmektedir. Bu gözleme ilave olarak dualfreq kodlu akıllı telefon ile elde edilen konum verilerinin konum hataları ortalamasının el tipi GNSS alıcısı ile elde edilen konum verilerinin konum hataları ortalamasından yaklaşık 4 santimetre daha az olduğu görülmektedir. Son yıllarda akıllı telefonların konum belirleme özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla donanımlarında yapılan değişikliklerden en önemlisi haline gelen çift frekanslı GNSS alıcı sensörü, konum doğruluğu bakımından akıllı telefonların el tipi GNSS alıcıları ile yarışabilir özellik kazanmasını sağlamaktadır.

Konum belirleme doğruluğu konusunda genel olarak yüksek performans sergileyen dualfreq kodlu Android akıllı telefon ve etGNSS kodlu el tipi GNSS alıcısı P.100 poligon noktasında diğer poligon noktalarına nispeten daha düşük doğruluk sağlamıştır. Bunun nedeni olarak P.100 poligon noktasının 3 adet konteynırın ortasında yer alması ve açık alan olarak değerlendirilemeyecek bir yerde olması kanaatine ulaşılmaktadır.

Şekil 3.6’da görüldüğü gibi P.106, P.107, P.108 ve P.109 poligon noktaları engebeli arazi üzerindedir. P.109 poligon noktasına ait dualfrek kodlu akıllı telefonun ve etGNSS kodlu el tipi GNSS alıcısının ölçüleri poligon noktasında meydana gelen teknik bir sorun nedeniyle bulunmamaktadır. Bu noktaların yakınlarında 1/3 ile 2/3 oranları arasında değişen kazı şevleri bulunmaktadır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre bahsedilen poligon noktalarındaki ölçüler değerlendirildiğinde engebeli ve eğimli arazide dualfrek kodlu çift frekanslı GNSS alıcı sensörüne sahip akıllı telefonun diğer akıllı telefonlara göre daha doğru veriler ürettiği görülmektedir.

4.2. Akıllı Telefonlardaki Konum Belirleme Yöntemlerindeki Zamana Bağlı Değişimin Analiz Edilmesi

Akıllı telefonların teknolojileri zamanla değişmektedir. Bu değişim genel olarak mobil cihazlar teknolojisinin gelişimi olarak gözlemlenmektedir. Yıllar içerisinde pek çok özellik eklenen ya da mevcut özelliklerinin kapsamı genişletilen akıllı telefonların konum belirleme özelliği de bu gelişmeleri takip etmektedir. Akıllı telefonların konum belirleme yöntemlerine yenileri eklenirken, akıllı telefonlar kullanılarak elde edilen konum verilerinin doğruluğu artmaktadır. Artan konum doğruluğu ve hassasiyeti sayesinde akıllı telefonlar farklı sektörlere de hitap edebilir duruma gelmektedir.

2016 yılında yapılan ölçülerde kullanılan akıllı telefonlarda çift frekanslı GNSS alıcı sensörü bulunmamaktadır ve bazı uydu sistemlerinin sinyallerini alamamaktadır. 2016 ve 2020 yıllarında yapılan iki ölçü çalışmasından elde edilen doğruluklar ile konum hatalarının incelenmesi akıllı telefonlardaki konum belirleme yöntemlerinin zamana bağlı değişimi hakkında fikir verebilmektedir.

2020 ve 2016 yıllarında yapılan çalışmalara bakıldığında EK 1, EK 3, EK 4, EK 5 ve EK 6’da görüldüğü gibi; genel olarak iki çalışmada da model yılı yüksek olan akıllı telefonların referans noktaya daha yakın konum verisi ürettikleri görülmektedir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre model yılı yeni akıllı telefonların daha doğru konum verisi üretebilmelerinin nedenleri arasında sırasıyla; kullanılan GNSS sensörlerinin gelişmiş

olması, internet bağlantı hızı desteklerinin ve telekomünikasyon şebeke bağlantı hızlarının gelişmiş olması gösterilebilmektedir.

Çalışmada yapılan ölçü uygulamaları incelendiğinde akıllı telefonlardaki konum belirleme doğruluğu bakımından özellikle çift frekanslı GNSS alıcı sensörüne sahip olan akıllı telefonun diğer akıllı telefonlardan daha başarılı sonuçlar verdiği gözlemlenmektedir. Jeodezik GNSS alıcılarında çok daha yaygın olan çok frekanslı uydu sinyali kaydedebilme özellikleri, akıllı telefonlara dahil edildiğinde elde edilen konum verilerindeki doğruluğun artacağı öngörüsü oluşmaktadır.

4.3. Akıllı Telefonlardaki Konum Belirleme Yöntemlerinde Tek Frekanslı GNSS Sensörü Bulunan Telefonlar ile Çift Frekanslı GNSS Sensörü Bulunan Telefonların Kıyaslanması

Zamanla gelişen akıllı telefon teknolojilerinin yeniliklerinden bir tanesi çift frekanslı GNSS alıcı sensörleridir. Çift veya daha fazla frekanslı GNSS alıcı sensörleri sayesinde akıllı telefonlar ile; özellikle farklı topografyalarda yüksek konum hassasiyeti, artan konum doğruluğu ve hızlı konum verisi üretme kapasitesi elde edilmektedir.

Çalışmanın “3.2. Tek Frekanslı GNSS Sensörü Bulunan Akıllı Telefonlar ve Çift Frekanslı GNSS Sensörü Bulunan Akıllı Telefon ile Ölçü Alınan Poligon ve Detay Noktaları Örnek Çalışması” bölümünde yapılan uygulamada çift ve tek frekanslı GNSS alıcı sensörlerine sahip akıllı telefonlar belirlenen sahada konum doğruluklarının karşılaştırılması amacıyla kıyaslanmıştır. Uygulamada çift frekanslı GNSS alıcı sensörü bulunduran Android işletim sistemine sahip 2019 model bir telefon ile tek frekanslı GNSS alıcı sensörüne sahip IOS işletim sistemli 2019 model bir telefon ve tek frekanslı GNSS alıcı sensörüne sahip Android işletim sistemli 2016 model bir telefon kullanılarak ölçü alınmıştır. Konum doğrulukları için akıllı telefonlardan alınan koordinatların referans koordinatlara olan mesafeleri kullanılmaktadır.

Akıllı telefonlardan alınan ölçülerin konum hatalarının modellenmesi için kullanılan renk değerleri (sayılar metre birimindedir) Şekil 4.5’de gösterilmiştir.

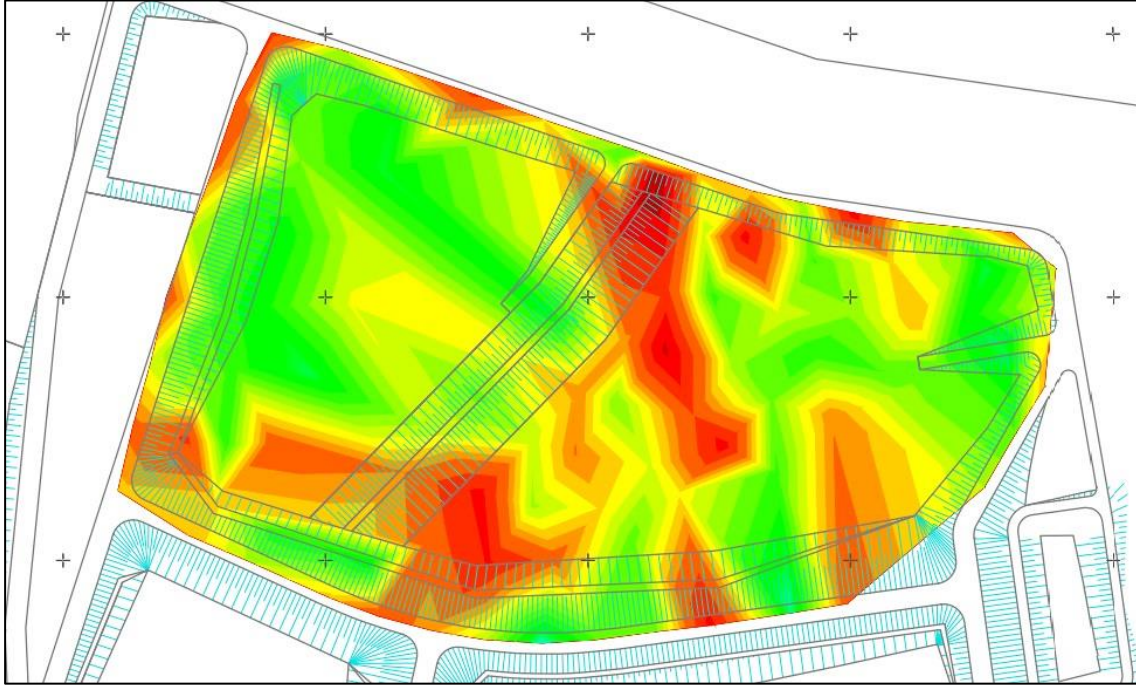
0.000	0.100
0.100	0.200
0.200	0.300
0.300	0.400
0.400	0.500
0.500	0.600
0.600	0.700
0.700	0.800
0.800	0.900
0.900	1.000
1.000	1.500
1.500	2.000
2.000	2.500
2.500	3.000
3.000	3.500
3.500	4.000
4.000	4.500
4.500	5.000
5.000	6.000
6.000	7.000
7.000	8.000
8.000	9.000
9.000	10.000
10.000	15.000
15.000	21.000

Şekil 4.5. Konum hatalarının modellenmesi için kullanılan renk değerleri.

Uygulamada akıllı telefonlardan elde edilen konum verilerine ait konum hatalarının görüldüğü analizlerde Şekil 4.5 içeriğinde belirtildiği gibi renklendirilerek modellenmektedir. Konum verilerinin analiz edilmesi ve modellenmesi gibi işlemler için Autocad Civil 3D programı kullanılmıştır. Modellerde ölçü alınan noktaların konum hataları enterpolasyon yöntemi ile modelin tamamına dağıtılmıştır. Enterpolasyon işleminde üçgen modeller kullanılmıştır.

kot farkının ölçü sahasının tamamına kıyasla daha düşük olduğu yerlerde diğer bölgelere nispeten daha yüksek olduğu model üzerinde görülmektedir.

Tek frekanslı GNSS alıcı sensörlü 2019 model IOS işletim sistemli akıllı telefonda alınan ölçülerin konum doğruluğunu gösteren model, Şekil 4.7’de gösterilmiştir.

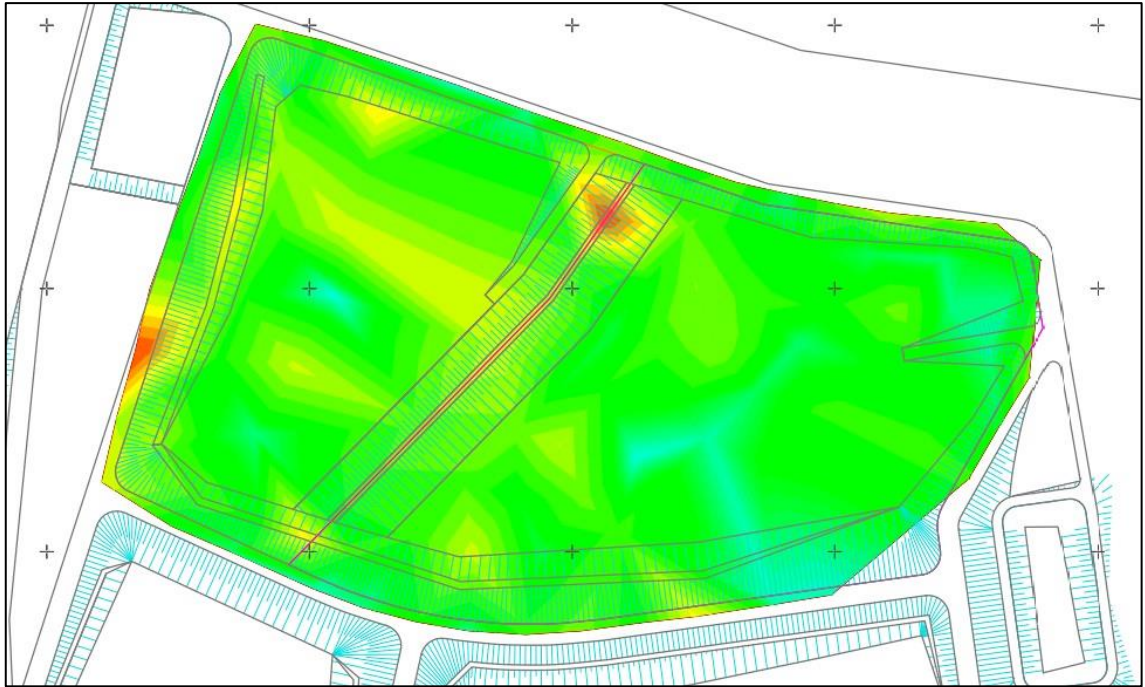


Şekil 4.7. Tek frekanslı GNSS alıcı sensörlü 2019 model IOS işletim sistemli akıllı telefon verileri ile oluşturulan model.

Uygulamada 2019 model IOS işletim sistemli ve tek frekanslı GNSS alıcı sensörüne sahip akıllı telefon kullanılarak alınan ölçülerin konum doğruluklarını gösteren model Şekil 4.7 görselinde gösterilmektedir. Kullanılan akıllı telefonun Şekil 4.6 modelinde kullanılan akıllı telefona kıyasla daha yeni olmasının teknik avantajları Şekil 4.7 modeline yansımaktadır. Her iki akıllı telefonun da tek frekanslı GNSS alıcı sensörüne sahip olduğu ve her ikisinin de GPS ve GLONASS uydularından sinyal alabildikleri bilinmektedir. Ancak zamanla gelişen donanım teknolojileri ve yazılım destekleri ölçülerdeki konum doğruluğunu pozitif olarak etkilemektedir. Şekil 4.7 modeli kıyaslanmadan kendi içerisinde incelendiğinde konum doğruluğunun azaldığı kırmızı renkli alanların bir önceki modelde olduğu gibi kot farkının yüksek olduğu şevlerin ve seddin etrafında yer

aldığı görülmektedir. Şekil 4.6 ve Şekil 4.7 beraber incelendiğinde tek frekanslı GNSS alıcı sensörüne sahip akıllı telefonların kot farkı yüksek şevlerin etrafında, engebeli arazilerde ve eğimli topografyalarda konum doğruluklarının azaldığı görülmektedir. Düzlüklerde ve kot farkının daha sabit olduğu alanlarda konum doğruluğu nispeten daha yüksek olmakta ve homojen etki göstermektedir.

Çift frekanslı GNSS alıcı sensörlü 2019 model Android işletim sistemli akıllı telefondan alınan ölçülerin konum doğruluğunu gösteren model, Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8. Çift frekanslı GNSS alıcı sensörlü 2019 model Android işletim sistemli akıllı telefon verileri ile oluşturulan model.

Şekil 4.8’de çift frekanslı GNSS alıcı sensörüne sahip akıllı telefon kullanılarak elde edilen ölçülerin konum doğruluklarının modellendiği gösterilmektedir. Şekil 4.8, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7 ile kıyaslandığında iki önemli fark görülmektedir. Bu farklardan ilki kot farkının yüksek olduğu şevlerin ve seddin etrafında çift frekanslı GNSS alıcı sensörüne sahip akıllı telefonun konum doğruluğunun, tek frekanslı GNSS alıcı sensörüne sahip akıllı telefonların konum doğruluklarına kıyasla daha yüksek olduğudur. Modelin genelinde konum doğruluğunun diğer modellere göre yüksek olduğu görülmektedir.

Ancak model detaylı incelendiğinde konum doğruluğunun azaldığı alanların diğer modellerdeki gibi şevlerin ve seddin etrafında yoğunlaştığı görülmektedir. İkinci fark ise ölçü sahasında kot farkının sabit olduğu düz alanlarda çift frekanslı GNSS alıcı sensörüne sahip akıllı telefondan elde edilen konum doğruluğu modelde yeşil ve yer yer mavi olarak görülmektedir. Bu durum, topografyanın düz olduğu alanlarda genel olarak bahsedilen akıllı telefonun desimetre hassasiyetinde konum verisi üretebildiğini göstermektedir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre çift frekanslı GNSS alıcı sensörüne sahip akıllı telefon konum doğruluğu açısından Şekil 4.8 görselinde görüldüğü gibi hem kot farkının yüksek olduğu eğimli alanlarda hem de kot farkının daha sabit olduğu düz alanlarda tek frekanslı GNSS alıcı sensörüne sahip akıllı telefonlara kıyasla konum doğruluğu bakımından daha doğru konum verisi üretmektedir.

4.4. Akıllı Telefonlardaki Konum Belirleme Yöntemlerine Etki Eden Faktörler

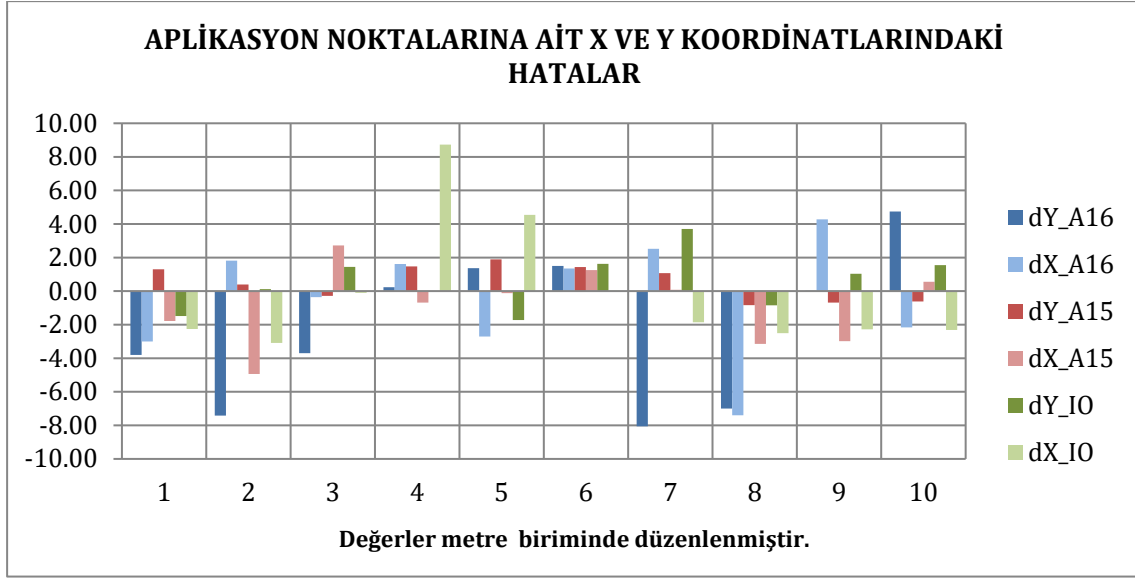
Akıllı telefonlar konum verisi üretirken diğer mobil cihazlarda olduğu gibi büyük ölçüde GNSS olarak tanımlanan uydu sistemlerinden yararlanmaktadır. Teknolojinin gelişmesi ve akıllı telefon sektöründeki talebin artması ile birlikte GNSS alıcı sensörlerinin gelişim süreci hız kazanmıştır. Akıllı telefonlarda konum belirlemek için kullanılan GNSS, yazılım ve donanım açısından belirli hatalar barındırmaktadır. Sistem ve uydu hataları, atmosferik hatalar, alıcı ve anten hataları gibi başlıklar altında toplanabilen bu hatalar çalışmanın 2.1.1 bölümünde detaylı olarak anlatılmaktadır. Bu hatalar konum doğruluğuna etki etmektedir. Akıllı telefonlarda bulunan GNSS alıcı sensörleri jeodezik GNSS alıcılarının etkilendiği yağış, sıcaklık ve bulutluluk gibi atmosfer olaylarından etkilenmekte ve üretilen konum doğruluğuna etki etmektedir.

Akıllı telefonların konum belirleme yöntemleri dahilinde yer alan network tabanlı konum belirleme ve SIM tabanlı konum belirleme yöntemleri sebepli faktörler, üretilen konum doğruluğuna etki edebilmektedir. Bu faktörler özellikle şebeke kapsama alanına etki eden şevli, çukurlu ya da dağ-uçurum benzeri yer şekilleridir. Sık bina yapılaşması ve baz istasyonu yetersizliği de şebeke kapsama alanını sınırlı ölçülerde bırakabilmektedir.

Çalışmanın “Uygulama Çalışmaları” bölümünde Ayvacık ilçesinde yapılan ölçü alımlarında gösterildiği ve yine çalışmanın “4.3. Akıllı Telefonlardaki Konum Belirleme Yöntemlerinde Tek Frekanslı GNSS Sensörü Bulunan Telefonlar ile Çift Frekanslı GNSS Sensörü Bulunan Telefonların Kıyaslanması” bölümünde analiz edilerek sonuçlandırıldığı gibi topografyanın engebeli olduğu alanlar akıllı telefonlar ile belirlenen konum bilgilerinin doğruluklarına etki etmektedir. Bu etkinin yüksek olduğu akıllı telefonlarda GNSS alıcı sensörlerinin tek frekanslı olduğu belirlenmiştir. Aynı alanlarda yapılan ölçülerde çift frekanslı GNSS alıcı sensörüne sahip akıllı telefonların ürettiği konum bilgilerinin doğruluğunun arttığı gözlemlenmektedir. Bu çalışmanın sonuçları dahilinde çift veya daha fazla frekanslı GNSS alıcı sensörü bulunan akıllı telefonlar konum doğruluğu üzerindeki topografya etkisini azaltmaktadır.

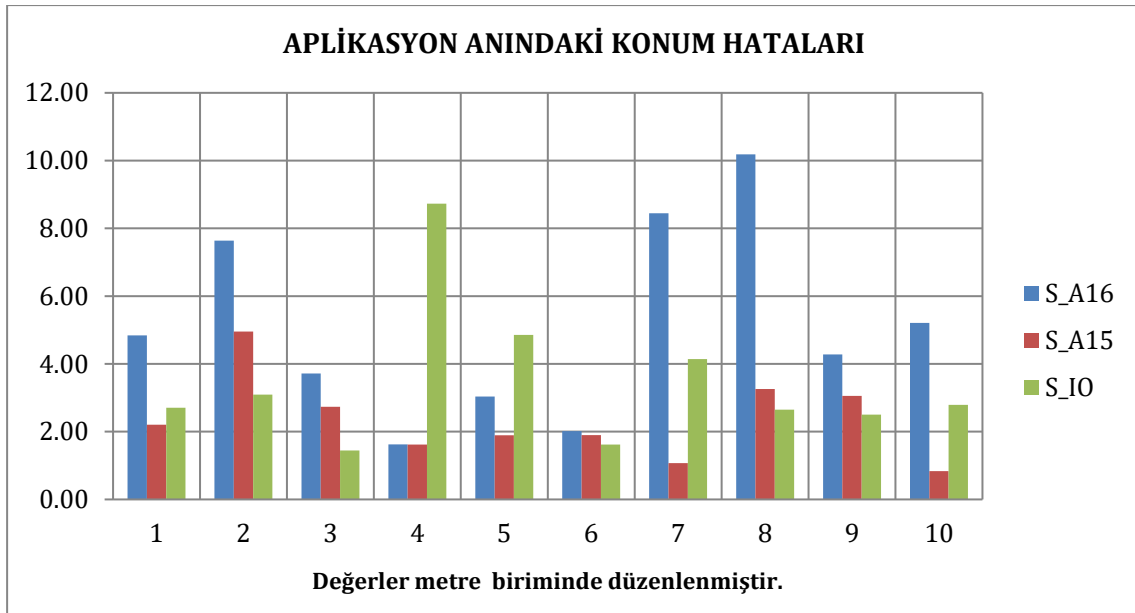
GNSS alıcısı kullanarak konum belirleme işlemleri yapan mobil ya da sabit cihazların tamamı özellikle sık bitki örtüsünden etkilenmektedir. Ağaçlık veya çalılık kısımların yoğun dağılım gösterdiği alanlarda GNSS sinyallerinin iletilmemesi sebebiyle konum bilgisinin geç alınması, alınan konum bilgisinin doğruluğunun düşmesi veya konum bilgisinin hiç alınmaması gibi durumlar söz konusu olabilmektedir. GNSS teknolojisi kullanan bütün cihazlarda olduğu gibi akıllı telefonlarda da bitki örtüsü konum doğruluğuna ve hassasiyetine etki eden faktörler arasında yer almaktadır.

Dazkırı ilçesinde yapılan nirengi noktalarının aplikasyonu çalışması sonucunda elde edilen verilerin X ve Y koordinatlarındaki hataları gösteren grafik Şekil 4.9’da gösterilmektedir.



Şekil 4.9. Dazkırı ilçesinde yapılan nirengi noktalarının aplikasyonu çalışması sonucunda elde edilen verilerin X ve Y koordinatlarındaki hataların grafiği.

Dazkırı ilçesinde yapılan nirengi noktalarının aplikasyon çalışması sonucunda elde edilen verilerin konum hatalarını gösteren grafik, Şekil 4. 10'da verilmiştir.



Şekil 4.10. Dazkırı ilçesinde yapılan nirengi noktalarının aplikasyon çalışması sonucunda elde edilen konum hatalarını gösteren grafik.

Çalışmanın içerisinde yer alan uygulamalarda görüldüğü üzere akıllı telefonların konum belirleme yöntemlerine etki eden pek çok faktör mevcuttur. Ancak bu faktörler gelişen teknoloji ve bu teknolojileri kullanan yöntemler ile en az etki seviyelerine çekilmeye çalışılmaktadır. Uygulamalar incelendiğinde akıllı telefonların konum verisi üretme yetilerinin gelişen teknoloji ile doğru orantılı olarak artan bir eğri izleyerek güçlendiği görülmektedir. Şekil 4.9 ve Şekil 4.10 incelendiğinde A15 kodlu akıllı telefonda bulunan GNSS alıcı sensörü diğer akıllı telefonlara kıyasla daha fazla uydu gören (BeiDou uyduları da dahil) bir sensördür. Diğer akıllı telefonlara göre daha gelişmiş özelliklere sahip olan A15 kodlu akıllı telefon sensörünün konum hatası Şekil 4.10 üzerinde görülmektedir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre yükselen konum doğruluğu gelişmiş teknolojinin yanı sıra giderilen hataların ve baskılanan faktörlerin sonuç ürünüdür.

5. DEĞERLENDİRME

Dünya üzerinde insanlar çeşitli sebepler ve ihtiyaçlar doğrultusunda konum verilerini kullanmaktadır. Bu kullanım konum verilerinin üretimine yönelim oluşturmaktadır. Popüler olan birçok spor veya uygulama ile birlikte bireysel konum verisi üretimi de önem kazanmaktadır. Bu durum en yaygın mobil cihaz olan akıllı telefonların kullanım alanları içerisine konum verisi üretimini de dahil etmekte ve bu teknolojinin geliştirilmesine neden olmaktadır.

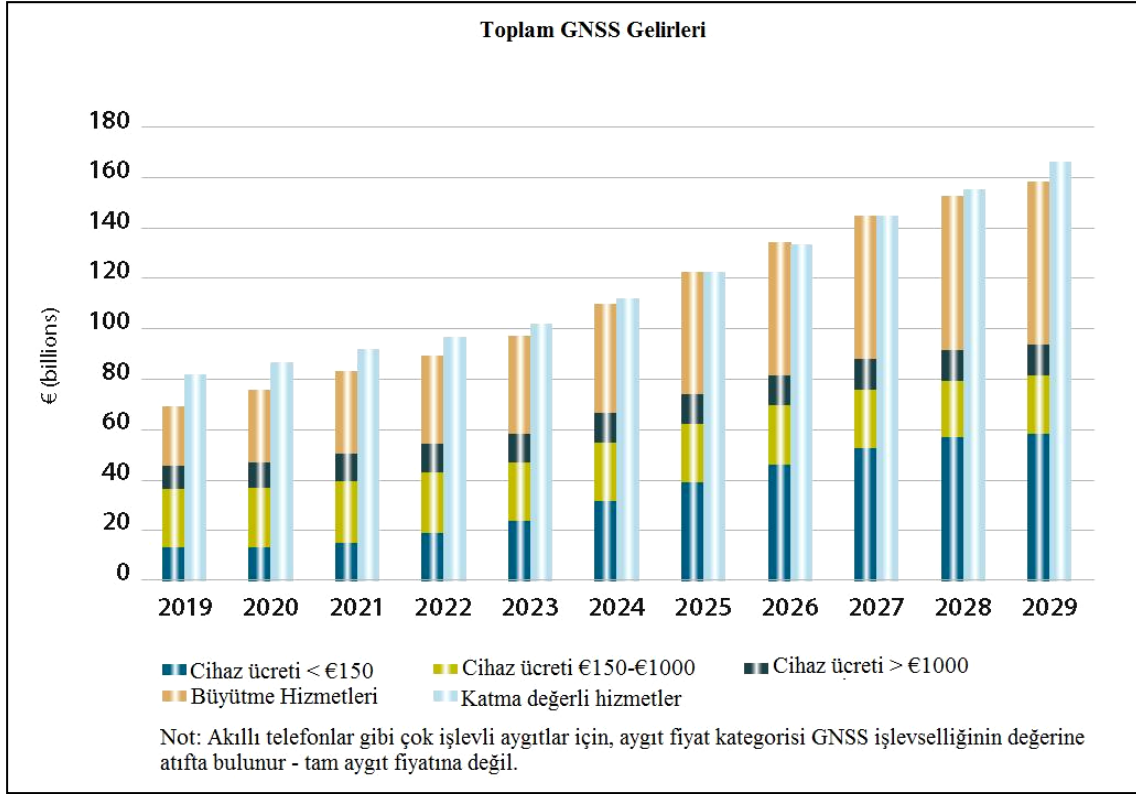
Akıllı telefon üreticileri konum verilerini önceleri geliştirdikleri uygulamalar için ve güvenlik amaçlı olarak telefonlara eklemiş olsalar da bu durum sosyal medyanın kullanımının global bir boyut kazanması ile sosyal medya ve navigasyon amaçlarına yönelik hale gelmiştir. Konum verisi üretiminin gelecek yıllarda da artması ve bu üretimin daha mobil hale gelmesi beklenmektedir. Akıllı telefonlar ile konum verisi üretimi ve üretilen konum verilerinin farklı sektörlerde değişik amaçlar için kullanılmasının yaygınlaşacağı öngörülmektedir.

Harita sektörü zaman içerisinde teknolojinin en çok değiştirdiği sektörlerden birisidir. İlkel haritacılık ekipmanlarından dijital dünyanın getirisi olan GNSS alıcıları gibi donanımlara ve mobil amaçlara hizmet eden çözüm odaklı yazılımlara uzanan süreç, haritacılığın gelişmesinde ve ulaşılabilir olmasında önemli rol oynamıştır. Akıllı telefonların ürettikleri konum verileri (mutlak konum belirleme yöntemi ile anlık olarak) günümüzde desimetre doğruluğuna ulaşabilmektedir. Ancak pek çok haritacılık faaliyetinde santimetre mertebesinde doğruluk istenmekte olduğu için, akıllı telefonların ürettikleri konum verileri şu an için çoğu uygulamada yetersiz görülmektedir. Lakin akıllı telefonlardaki konum verisi üretme teknolojisinin gelişim hızına bakıldığında konum verilerindeki doğruluğun her yıl arttığı görülmektedir. Çalışmada yer alan uygulamalarda da gösterildiği gibi 2015-2016 yıllarında en gelişmiş akıllı telefon ile mutlak konum belirleme yöntemi kullanılarak elde edilen konum doğruluğu 1-5 metre aralığındayken 2020-2021 yıllarında aynı yöntemle elde edilebilen konum doğruluğu 0.1-0.6 metre

aralığına kadar yükselebilmektedir. Ortalama son beş yıl içerisindeki gelişim gelecek yıllara ışık tutar niteliktedir.

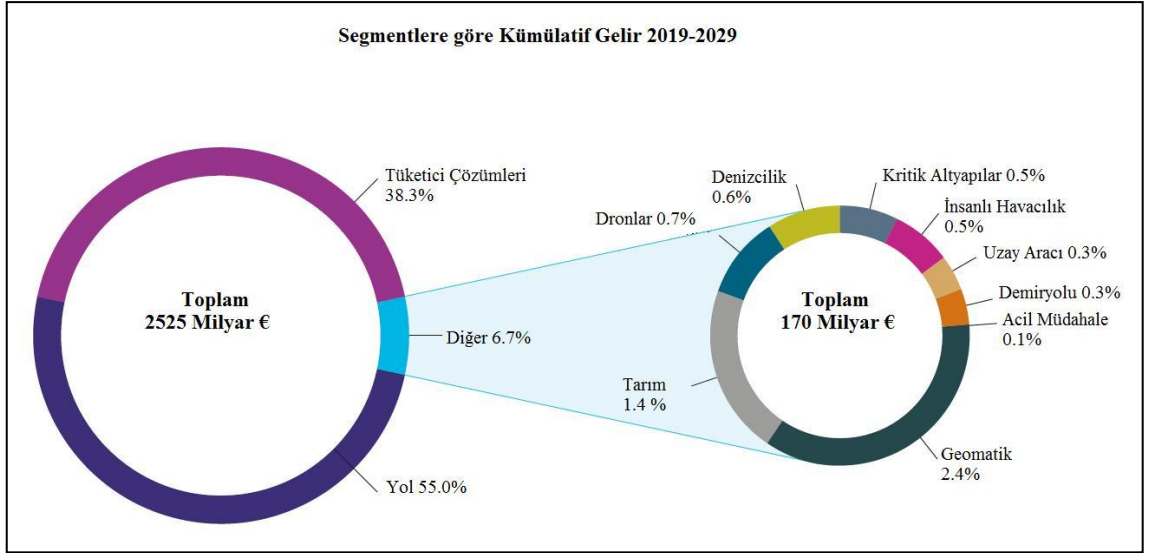
Akıllı telefonlarda konum belirleme özelliğinin çift ve daha fazla frekanslı GNSS alıcı sensörlerinin üretilen yeni telefonlara entegre edilmesiyle haritacılık sektörü için daha kullanışlı hale geleceği yönündedir. Akıllı telefonların dahili veya harici antenler ve yazılım destekleri ile CORS ağlarına bağlanabilir hale gelmeleri gelecek yıllar içerisinde akıllı telefonların jeodezik amaçlı GNSS alıcıları yerine kullanılmasının önünü açacağı tahmin edilmektedir. Bu tahmin ütopya olarak değil olası muhtemel bir durum olarak nitelendirilebilir.

Akıllı telefonların gelecek yıllar içerisinde jeodezik GNSS alıcıları yerine kullanılacağı tahmininin ülkemiz adına avantajları bulunmaktadır. Bu çalışma ve benzer çalışmaların öngörüsü doğrultusunda yerel şirketler tarafından üretilip, CORS kullanıcı arayüz tabanı oluşturulan bir akıllı telefon CORS-TR bağlantısı sayesinde önce iç piyasada ardından global piyasada değer kazanabilecektir. Böylece gelişmiş ülkelerin bir basamak altında kaldığımız akıllı telefon ve GNSS alıcısı pazarlarında küresel bir marka oluşturulabilecek ve bu pazarlarda söz sahibi olunabilecektir. Çalışmada yer alan analizlerin sonucu olarak yorumlanan akıllı telefonların ilerleyen yıllarda jeodezik GNSS alıcılarının yerini alacağı öngörüsü, bahsi geçen özelliklere sahip olan akıllı telefonu üreten firma ve ülke için bir katma değer oluşturacak niteliktedir. Şekil 5.1 bahsedilen katma değer hakkında ekonomik göstergeler ile fikir vermektedir.



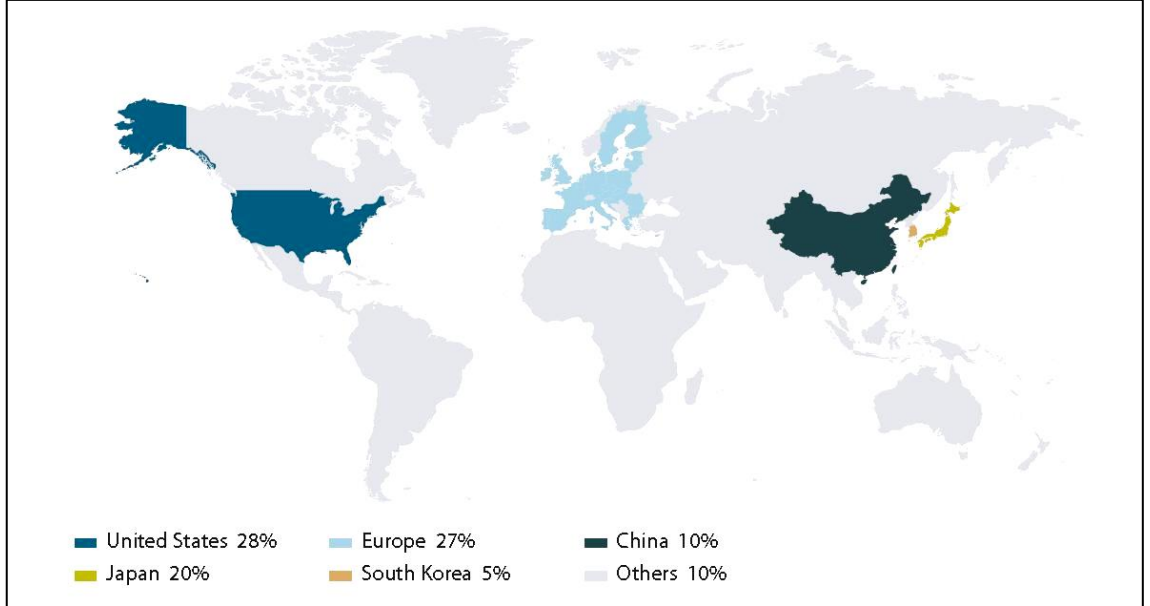
Şekil 5.1. Tahmini toplam GNSS gelirleri [68].

European Global Navigation Satellite Systems Agency tarafından 2019 yılında hazırlanan raporda yer alan Şekil 5.2 üzerinde gösterilen toplam gelirler tablosu hem cihazlar hem de hizmetlerden elde edilen global GNSS alt Pazar gelirlerini içermektedir. 2019 yılı verilerine dayanarak 2029 verileri hesaplanmaktadır. Çalışmada öngörü olarak belirtilen yüksek doğruluğa sahip CORS altyapısı kullanma özelliği bulunduran akıllı telefon üretimi hedefi Şekil 5.2’de gösterilen pazar payından ciddi bir bölümü kontrol altına alabilecektir.



Şekil 5.2. Segmentlere göre kümülatif gelir [68].

Üretimin ülkemizde gerçekleştirilip küresel pazara sunulması ile Şekil 5.3’de yer alan haritada ülkemizin de yer alabileceği öngörülmektedir.



Şekil 5.3. GNSS gelirlerinin bölge ve ülkelere göre kıyaslanması (2017 verileri) [68].

Akıllı telefonlarda bulunan konum belirleme özelliğinin birkaç yıl içerisinde santimetre hassasiyetinde veri üretmesi çalışmada gösterilen yıl bazlı konum doğruluğu analizinden

Çıkarılan ngrdr. Santimetre doğruluğunda konum verisi üretebilen akıllı telefonlar Őu anki kullanım alanlarından ve kullanım paydaŐı sektörlerden daha fazlasını etkisi altına alacaktır. Jeodezik alıcıların donanım hantallığı ve yüksek fiyatları düşünüldüğünde, santimetre doğruluğunda ve CORS bağlantısı kurabilen akıllı telefonlar tercih sebebi olacaktır. Bahsi geçen yüksek konum doğruluğunda veri üretebilen akıllı telefonlar; mevcut st segment akıllı telefon fiyatlarının iki katı fiyat ile listelense dahi jeodezik GNSS alıcı fiyatlarının altında olmaları, benzer doğrulukta olabilmeleri ve mobil kullanım kolaylıkları ile ekonomik olarak da avantajlı olacaktır. Kullanım kolaylıkları, sosyal hayatın bir parçası oluŐu, teknolojik gereklilikler ve ulaŐılabilirlik açısından en çok tercih edilen mobil cihaz olan akıllı telefonların, önümüzdeki yıllarda çalışmada belirtilen etkenler dolayısıyla pazar paylarını ve popülerliklerini arttıracakları öngörülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- [1] J. Paziewski, R. Sieradzki, R. Baryla, Signal Characterization and Assessment of Code GNSS Positioning with Low-power Consumption Smartphones, GPS Solutions, **2019**.
- [2] P. Dabove, V. D. Pietra, S. Hatem ve M. Piras, GNSS Positioning using Android Smartphone, 5th International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management, **2019**.
- [3] J. Paziewski, Recent Advances and Perspectives for Positioning and Applications with Smartphone GNSS Observations, Measurement Science and Technology, Vol 31, **2020**.
- [4] P. Dabove, V. D. Pietra, Towards High Accuracy GNSS Real-time Positioning with Smartphones, Advances in Space Research, Vol 63, Issue 1, Page 94-102, **2019**.
- [5] X. Zhang, X. Tao, F. Zhu, X. Shi, F. Wang, Quality Assessment of GNSS Observations from an Android N Smartphone and Positioning Performance Analysis using Time-differenced Filtering Approach, GPS Solutions, **2018**.
- [6] M. Pepe, D. Costantino, G. Voza, V. S. Alfio, Comparison of Two Approaches to GNSS Positioning Using Code Pseudoranges Generated by Smartphone Device, Applied Sciences, **2021**.
- [7] W. Yan, L. Bastos, A. Magalhaes, Y. Zhang, A. Wang, Assessing Android Smartphone Based GNSS Positioning Accuracy, China Satellite Navigation Conference (CSNC), Vol 3, Page 144-153, **2020**.
- [8] M. J. J. Martinez, M. J. Abadia, N. Q. Olmo, An Approach to Improving GNSS Positioning Accuracy Using Several GNSS Devices, Remote Sensing, **2021**.
- [9] E. Özbenli, T. Tüdeş, Ölçme Bilgisi, 6. Baskı, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, **2001**.
- [10] D. Uçar, C. İpbüker, İ. Ö. Bildirici, Matematiksel Kartografya, 1. Baskı, Nobel Basımevi, **2004**.
- [11] G. Hake, Kartographie 1, Walter de Gruyter, Berlin, **1982**.
- [12] Anonim, <https://wearesocial.com/blog/2020/01/digital-2020-3-8-billion-people-use-social-media> (Erişim tarihi: **2 Mayıs 2020**).

- [13] Anonim, Temel Jeodezi ve GNSS, İstanbul TKGM Hizmet İçi Eğitim, 09 Mart 2015, İstanbul, **2015**.
- [14] M. Kahveci, F. Yıldız, GPS/GNSS Uydularla Konum Belirleme Sistemleri Teori ve Uygulama, Geliştirilmiş 4. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım, **2009**.
- [15] A. C. O'Connor, M. P. Gallaher, K. Clark-Sutton, D. Lapidus, Z. T. Oliver, T. J. Scott, D. W. Wood, M. A. Gonzalez, E. G. Brown, J. Fletcher, Economic Benefits of the Global Positioning System Final Report, RTI International, North Carolina, **2019**.
- [16] M. H. Kozan, GPS Tabanlı Konum Belirleme Sistemlerinin Güvenliği ve Sinyal Geliş Doğrultusu Kestirimi ile Saldırı Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Şehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, **2019**.
- [17] Anonim, GPS, <https://tr.wikipedia.org/wiki/GPS> (Erişim tarihi: **21 Haziran 2021**).
- [18] C. Hegarty, The Global Positioning System (GPS), Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems, chap 7. Springer, Berlin, 197–218, **2017**.
- [19] A. Oruba, The Precise Satellite Positioning System ASG-EUPOS and Its Potential Applications in Transport, 7. Transport Systems Telematics International Conference, Katowice-Ustron (Polonya), **2007**.
- [20] T. Bayrak, İ. Asri, İnşaat Mühendisleri İçin Ölçme Bilgisi, Gümüşhane, **2011**.
- [21] Anonim, <https://www.gps.gov/systems/gps/control/> (Erişim tarihi: **21 Haziran 2021**).
- [22] A. E. Süzer, H. Oktal, GPS L1 Signal Simulation and Interface Design, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, **2019**.
- [23] E. Kaplan, C. Hegarty, Understanding GPS Principles and Applications, Artech House, London, **2006**.
- [24] K. Borre, D. M. Akos, N. Bertelsen, P. Rinder, S. H. Jensen, A Software-Defined GPS and Galileo Receiver: A Single-Frequency Approach, Birkhauser, Boston, **2007**.
- [25] B. Witchayangkoon, Elements of GPS Precise Point Positioning, Doktora Tezi, The University of Maine in Spatial Information Science and Engineering, **2000**.
- [26] D. Skournetou, Mitigation of Dominant Channel Propagation Effects in GNSS-based Positioning, Tampere University of Technology Publication, **2011**.
- [27] Anonim, GLONASS, <https://tr.wikipedia.org/wiki/GLONASS#Sistem> (Erişim tarihi: **3 Ocak 2021**).

- [28] Anonim, Galileo Konumlandırma Sistemi, https://tr.wikipedia.org/wiki/Galileo_konumland%C4%B1rma_sistemi (Erişim tarihi: **3 Ocak 2021**).
- [29] Anonim, BeiDou Uydu Konumlandırma Sistemi, https://tr.wikipedia.org/wiki/BeiDou_Uydu_Konumland%C4%B1rma_Sistemi (Erişim tarihi: **3 Ocak 2021**).
- [30] D. Arıkan, R. A. Abbak, Elipsoidal Yükseklik Değişiminin Hassas Nokta Konumlamaya Etkisi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, **2019**.
- [31] S. Erol, GPS ve Nivelman Ölçüleriyle Deformasyonların Belirlenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, **2008**.
- [32] L. N. Thin, L. Y. Ting, N. A. Husna, M. H. Husin, GPS Systems Literature: Inaccuracy Factors and Effective Solutions, International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC), **2016**.
- [33] E. Tusat, F. Ozyuksel, Comparison of GPS Satellite Coordinates Computed from Broadcast and IGS Final Ephemerides, International Journal of Engineering and Geosciences (IJEG), **2018**.
- [34] D. Sathyamoorthy, S. Shafii, Z. F. M Amin, A. Jusoh, S. Z. Ali, Evaluating the Effect of Global Positioning System (GPS) Satellite Clock Error via GPS Simulation, 8. IGRSM International Conference and Exhibition on Remote Sensing & GIS, **2016**.
- [35] S. Zhou, X. Hu, L. Liu, R. Guo, L. Zhu, Z. Chang, C. Tang, X. Gong, R. Li, Y. Yu, Applications of Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer in the BeiDou Navigation Satellite System, Science China Physics, Mechanics & Astronomy, **2016**.
- [36] Z. Liu, Y. Li, J. Guo, F. Li, Influence of Higher-Order Ionospheric Delay Correction on GPS Precise Orbit Determination and Precise Positioning, Geodesy and Geodynamics, Vol 7, No 5, **2016**.
- [37] S. H. Aghajany, Y. Amerian, S. Verhagen, The Effect of Topography on GPS Troposphere Tomography Technique, 3rd. International Congress on Science and Engineering, Hamburg, March **2020**.
- [38] I. Rumora, N. Sikirica, R. Filjar, An Experimental Identification of Multipath Effect in GPS Positioning Error, The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Vol 12, No 1, **2018**.

- [39] H. Nakajima, Plot Location Errors of National Forest Inventory: Related Factors and Adverse Effects on Continuity of Plot Data, The Japanese Forest Society and Springer, Japan, **2016**.
- [40] I. O. Skakun, V. V. Mitrikas, Comparison of Time Scales by the Common-View Method Using Glonass Measurements and Taking into Account the Integer Property of Phase Ambiguities, Gyroscopy and Navigation, Vol 9, No 2, **2018**.
- [41] G. Taftalı, Sabit Referans GNSS Ağlarının Teknik Altyapı ve Üstyapı Kontrolünde Kullanımının İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, **2010**.
- [42] A. M. Gündüz, Klasik Rtk ve Ağ-Rtk Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, **2013**.
- [43] A. Angrisano, S. D. Pizzo, S. Gaglione, S. Troisi, M. Vultaggio, Using Local Redundancy to Improve GNSS Absolute Positioning in Harsh Scenario, Acta Imeko, Vol 7, No 2, **2018**.
- [44] M. Kahveci, H. Karagöz, M. O. Selbesoğlu, Statik ve RTK GNSS Ölçüm ve Hesaplamalarının Karşılaştırılması, Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 104, sayfa 3-13, **2011**.
- [45] H. Tuşat, Arazi Toplulaştırma Çalışmalarında Kullanılan Harita Üretim Tekniklerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray, **2014**.
- [46] M. Soycan, A. Soycan, Poligon Noktalarının GPS ile Ölçülmesi Üzerine Bir İnceleme, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, 16-18 Ekim 2002, Konya, **2002**.
- [47] W. Gao, S. Pan, L. Liu, H. Wen, Tightly Combined Triple-Frequency GPS and BDS for Rapid Wide-Lane RTK Positioning with Consideration of Carrier-Phase Differential İnter-System Bias, International Journal of Distributed Sensor Networks, **2021**.
- [48] C. Specht, J. Pawelski, L. Smolarek, M. Specht, P. Dabrowski, Assessment of the Positioning Accuracy of DGPS and EGNOS Systems in the Bay of Gdansk using Maritime Dynamic Measurements, The Journal of Navigation, **2019**.
- [49] R. M. Alkan, Y. Kalkan, B. Aktuğ, H. M. Palancıoğlu, Düşük Maliyetli OEM Tipi GPS Alıcılarının Coğrafi Bilgi Sistemi Çalışmalarında Kullanılabilirliği, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İstanbul, **2005**.

- [50] C. Sevindi, Küresel Konum Belirleme Sistemi (GPS) ve Coğrafya Araştırmalarında Kullanımı, Coğrafi Bilimler Dergisi, **2005**.
- [51] T. Yomralıoğlu, F. Döner, Mobil GIS: Gezici Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uygulamaları, hkm Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, Sayı:93, **2005**.
- [52] K. M. Pesyna, Jr., R. W. Heath, Jr., T. E. Humphreys, Centimeter Positioning with a Smartphone-Quality GNSS Antenna, 2014 ION GNSS Conference Tampa, FL, September 9-12, **2014**.
- [53] A. Elmezayen, A. El-Rabbany, Precise Point Positioning Using World's First Dual-Frequency GPS/GALILEO Smartphone, Sensors, **2019**.
- [54] S. Eken, F. Kaya, K. Çomak, A. Sayar, A. Kavak, S. Şahin, Fatih Projesinde Proxy Sunucunun Doğru Konumlandırıldığına Kontrol Edilmesi ve Tabletlerinin Yerini Tespit İçin Bir Metot, Eleco 2014 Elektrik-Elektronik-Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu, 27-29 Kasım, Bursa, **2014**.
- [55] H. Z. Selvi, Konum Tabanlı Hizmetler Teknolojisi ile Yönlendirme Sistemi Tasarımı: Selçuk Üniversitesi Kampusu Örneği, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, **2012**.
- [56] A. Juansyah, Pembangunan Aplikasi Child Tracker Berbasis Assisted – Global Positioning System (A-GPS) Dengan Platform Android, Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika (KOMPUTA), Vol 1, 1 Agustus **2015**.
- [57] F. S. T. V. Diggelen, A-GPS: Assisted GPS, GNSS, and SBAS, Artech House, **2009**.
- [58] M. Kim, J. Kim, SBAS-Aided GPS Positioning with an Extended Ionosphere Map at the Boundaries of WAAS Service Area, Remote Sensing, **2021**.
- [59] Z. Nie, P. Zhou, F. Liu, Z. Wang, Y. Gao, Evaluation of Orbit, Clock and Ionospheric Corrections from Five Currently Available SBAS L1 Services: Methodology and Analysis, Remote Sensing, **2019**.
- [60] M. A. Şimşek, T. Erdemli, H. Aydemir, K. Taşdelen, Konum Destekli Acil Durum Koordinasyonu (KODAY), SDU International Technologic Science, Vol 5, No 3, December **2013**.
- [61] J. Xu, W. Lu, J. Wang, The Gateway to Integrating User Behavior Data in “Cognitive Facility Management”, The 4th International Conference on Civil and Building Engineering Informatics (ICCBEI 2019), November **2019**.

- [62] N. D. Lane, E. Miluzzo, H. Lu, D. Peebles, T. Choudhury, A. T. Campbell, D. College, A Survey of Mobile Phone Sensing, IEEE Communications Magazine, September **2010**.
- [63] D. Başar, R. N. Çelik, Akıllı Mobil Cihazlarda Ham GNSS Verileriyle Nesnelerin İnternetinde Yeni Bir Boyut, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, 3-6 Mayıs **2017**.
- [64] A. Satılmış, F. Kayaalp, Android İşletim Sistemi Temelli Oryantiring Oyunu Mobil Uygulaması, International Conference on Computer Science and Engineering, Tekirdağ, 20-23 October **2016**.
- [65] Anonim, Dazkırı, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Dazk%C4%B1r%C4%B1> (Erişim tarihi: **7 Şubat 2021**).
- [66] Anonim, Dazkırı, <https://dazkiri.bel.tr/Dazkirigeneltanim.aspx> (Erişim tarihi: **7 Şubat 2021**).
- [67] Milliyet, Çanakkale Haritası: Çanakkale İlçeleri Nelerdir? Çanakkale İlçesinin Nüfusu Kaçtır, Kaç İlçesi Vardır?, <https://www.milliyet.com.tr/egitim/haritalar/canakkale-haritasi-canakkale-ilceleri-nelerdir-canakkale-ilinin-nufusu-kactir-kac-ilcesi-vardir-6311231> (Erişim tarihi: **26.05.2021**)
- [68] European Global Navigation Satellite Systems Agency, GSA GNSS Market Report, issue 6, **2019**.

EKLER

EK 1 – Tahdit noktalarına ait ölçü ve referans değerleri

Dazkırı (AFYONKARAHİSAR) Halihazır Harita Tahdit Noktalarına Ait Ölçüler							
Ölçüm cihazı: Halihazır Haritadan Alınan Referans Koordinatlar (UTM 6°, ED-50)							
NOKTA NO	Y	X	dY	dX	S(m)	Şebeke	İnternet
1	750406.825	4204817.157	Referans	Referans	Referans	Referans	Referans
2	753995.967	4204521.926	Referans	Referans	Referans	Referans	Referans
3	753518.813	4201149.051	Referans	Referans	Referans	Referans	Referans
4	751552.147	4198086.490	Referans	Referans	Referans	Referans	Referans
5	749871.602	4201967.147	Referans	Referans	Referans	Referans	Referans
Ölçüm cihazı: El Tipi GPS Alıcısı: E1							
NOKTA NO	Y	X	dY_E1	dX_E1	S(m)_E1	Şebeke	İnternet
1	750404.00	4204819.00	2.825	-1.843	3.373	Yok	Yok
2	753995.00	4204524.00	0.967	-2.074	2.288	Yok	Yok
3	753518.00	4201147.00	0.813	2.051	2.206	Yok	Yok
4	751545.00	4198086.00	7.147	0.490	7.164	Yok	Yok
5	749877.00	4201967.00	-5.398	0.147	5.400	Yok	Yok
Ölçüm cihazı: El Tipi GPS: E2							
NOKTA NO	Y	X	dY_E2	dX_E2	S(m)_E2	Şebeke	İnternet
1	750408.00	4204812.00	-1.175	5.157	5.289	Yok	Yok
2	753996.00	4204520.00	-0.033	1.926	1.926	Yok	Yok
3	753518.00	4201150.00	0.813	-0.949	1.250	Yok	Yok
4	751555.00	4198090.00	-2.853	-3.510	4.523	Yok	Yok
5	749874.00	4201967.00	-2.398	0.147	2.403	Yok	Yok
Ölçüm cihazı: Akıllı Telefon: A16 (Android) 2016 Model; A-GPS, GLONASS							
NOKTA NO	Y	X	dY_A16	dX_A16	S(m)_A16	Şebeke	İnternet
1	750404.23	4204821.64	2.595	-4.483	5.180	75%	4.5G
2	753999.94	4204523.66	-3.973	-1.734	4.335	50%	4.5G
3	753514.80	4201156.85	4.013	-7.799	8.771	25%	4.5G
4	751548.90	4198093.70	3.247	-7.210	7.907	100%	4.5G
5	749864.40	4201974.22	7.202	-7.073	10.094	50%	4.5G
Ölçüm cihazı: Akıllı Telefon: A15 (Android) 2015 Model; A-GPS, BDS, GLONASS							
NOKTA NO	Y	X	dY_A15	dX_A15	S(m)_A15	Şebeke	İnternet
1	750402.36	4204823.23	4.465	-6.073	7.538	75%	3.5G
2	753988.73	4204531.56	7.237	-9.634	12.049	75%	3.5G
3	753513.22	4201155.52	5.593	-6.469	8.552	75%	3.5G
4	751548.28	4198093.61	3.867	-7.120	8.102	100%	3.5G
5	749868.44	4201975.21	3.162	-8.063	8.661	75%	3.5G
Ölçüm cihazı: Akıllı Telefon: IO (IOS) 2012 Model; A-GPS, GLONASS							
NOKTA NO	Y	X	dY_IO	dX_IO	S(m)_IO	Şebeke	İnternet
1	750405.55	4204827.01	1.275	-9.853	9.935	75%	3G
2	753990.95	4204527.36	5.017	-5.434	7.396	50%	3G
3	753510.92	4201156.51	7.893	-7.459	10.860	50%	3G
4	751544.59	4198092.17	7.557	-5.680	9.454	25%	3G
5	749870.64	4201976.23	0.962	-9.083	9.134	50%	3G

EK 2 – Dazkırı ilçesine ait halihazır haritada yer alan nirengi noktaları

NİRENGİ NOKTALARI KOORDİNAT VE KOT ÖZET ÇİZELGESİ							
Datum : ITRF Elipsoid : GRS80 Referans Epoju = 2005.00 D. O. B. : 30° D. G. : 3°							
PROJE : DAZKIRI / AFYONKARAHİSAR HALİHAZIR HARİTA YAPIM İŞİ							
NOK. NO	Y	X	H (ORTOMETRİK)	ZEMİN	h (ELİPSOİD)	PAFTA NO	DÜŞÜNCELER
M2310011	489616.685	4194678.651	-	PİLYE	881.862	m23b13b4b	TAHDİT DIŞI
L2310004	488582.697	4210305.659	-	PİLYE	951.212	l23c23a3c	TAHDİT DIŞI
M2310010	487881.055	4197460.310	900.223	PİLYE	935.756	m23b08d4b	AN.26
M233H334	486204.793	4202653.011	953.703	ÇİVİ	989.527	m23b02c3d	AN.1
M233H335	486410.166	4202782.406	940.824	TAŞ	976.646	m23b02c3b	AN.2
M233H336	487627.521	4202571.886	934.558	TAŞ	970.350	m23b03d4c	AN.3
M233H337	489057.680	4202338.898	888.760	TAŞ	924.528	m23b03c4d	AN.4
M233H338	490349.633	4202088.962	882.290	ÇİVİ	918.032	m23b03c3d	AN.5
M233H339	490439.757	4201941.777	877.055	TAŞ	912.760	m23b08b2a	AN.6
M233H340	490200.884	4200534.349	872.702	TAŞ	908.333	m23b08b3a	AN.7
M233H341	488803.412	4200733.500	910.206	TAŞ	945.948	m23b08a2c	AN.8
M233H342	487407.826	4200991.140	897.291	TAŞ	933.012	m23b08a1c	AN.9
M233H343	486721.619	4201138.018	915.941	TAŞ	951.699	m23b07b2c	AN.10
M233H344	486243.270	4199866.712	934.085	ÇİVİ	969.813	m23b07b3d	AN.11
M233H345	487068.941	4199609.689	951.276	ÇİVİ	986.970	m23b08a4d	AN.12
M233H346	488423.268	4199376.426	887.208	ÇİVİ	922.864	m23b08a3d	AN.13
M233H347	489764.348	4198734.539	877.494	ÇİVİ	913.086	m23b08c1b	AN.14
M233H348	486037.661	4199605.435	901.131	TAŞ	936.838	m23b07b3d	AN.15
M233H349	486946.846	4198297.289	885.995	TAŞ	921.638	m23b08d1d	AN.16
M233H350	488208.984	4198037.981	867.193	TAŞ	902.764	m23b08d2d	AN.17
M233H351	489230.347	4197843.431	867.382	TAŞ	902.930	m23b08c1d	AN.18
M233H352	488393.379	4196544.817	861.495	TAŞ	896.984	m23b08d3d	AN.19
M233H353	487374.822	4196748.835	876.982	ÇİVİ	912.503	m23b08d4c	AN.20
M233H354	487224.743	4197313.661	878.224	ÇİVİ	913.825	m23b08d4a	AN.21
M233H355	489905.257	4198999.490	875.977	TAŞ	911.576	m23b08c1b	AN.22
M233H356	487706.696	4196201.724	864.613	TAŞ	900.098	m23b13a1b	AN.23
M233H357	487855.477	4196208.980	865.275	TAŞ	900.761	m23b13a1b	AN.24
M233H265	489326.737	4200654.662	890.190	TAŞ	925.867	m23b08b1d	AN.25

ERTÜRK HARİTA MAK. MÜH. MİM.
HİZ. İNŞ. TAHA. VE TİC. LTD. ŞTİ.
Arapsuyu Mah. 69. Sokak No: 2111D
Tel: 242 222 4443 Konyaaltı/ANTALYA
Kurumlar Vergi Dairesi: 375 010 22 38

EK 3 – Nirengi noktalarına yapılan aplikasyon çalışmalarında elde edilen hata değerleri

Dazkırı (AFYONKARAHİSAR) Aplikasyon Ölçüleri (UTM 3°, ITRF96)					
Ölçüm cihazı: Akıllı Telefon: A16 (Android) 2016 Model; A-GPS, GLONASS					
NOKTA NO	dY	dX	S(m)	Şebeke	İnternet
1-M2330335	-3.80	-3.00	4.84	50%	4.5 G
2-M2330338	-7.42	1.81	7.64	50%	4.5 G
3-M2330347	-3.70	-0.36	3.72	25%	4.5 G
4-M2330353	0.23	1.61	1.63	25%	3.5 G
5-M2330354	1.37	-2.71	3.04	50%	4.5 G
6-M2330349	1.50	1.35	2.02	100%	4.5 G
7-M2310010	-8.06	2.52	8.44	75%	4.5 G
8-M2330350	-7.00	-7.40	10.19	100%	4.5 G
9-M2330346	0.02	4.28	4.28	100%	4.5 G
10-M2330341	4.74	-2.16	5.21	25%	4.5 G
Ölçüm cihazı: Akıllı Telefon: A15 (Android) 2015 Model; A-GPS, BDS, GLONASS					
NOKTA NO	dY	dX	S(m)	Şebeke	İnternet
1-M2330335	1.30	-1.78	2.20	100%	3 G
2-M2330338	0.39	-4.94	4.96	75%	3 G
3-M2330347	-0.28	2.72	2.73	75%	3 G
4-M2330353	1.47	-0.68	1.62	75%	3 G
5-M2330354	1.89	-0.12	1.89	75%	3 G
6-M2330349	1.43	1.25	1.90	100%	4.5 G
7-M2310010	1.07	0.08	1.07	75%	3 G
8-M2330350	-0.84	-3.15	3.26	100%	4.5 G
9-M2330346	-0.68	-2.98	3.06	100%	4.5 G
10-M2330341	-0.62	0.56	0.84	75%	3 G
Ölçüm cihazı: Akıllı Telefon: IO (IOS) 2012 Model; A-GPS, GLONASS					
NOKTA NO	dY	dX	S(m)	Şebeke	İnternet
1-M2330335	-1.49	-2.26	2.71	75%	3 G
2-M2330338	0.12	-3.09	3.09	100%	3 G
3-M2330347	1.44	-0.10	1.44	25%	3 G
4-M2330353	-0.01	8.73	8.73	75%	3 G
5-M2330354	-1.72	4.54	4.85	50%	3 G
6-M2330349	1.62	0.03	1.62	100%	3 G
7-M2310010	3.70	-1.86	4.14	75%	3 G
8-M2330350	-0.85	-2.51	2.65	100%	3 G
9-M2330346	1.03	-2.28	2.50	100%	3 G
10-M2330341	1.55	-2.32	2.79	25%	3 G

EK 4 – Poligon noktalarına yapılan ölçüler ve kıyas sonucu elde edilen uzaklık ile hata değerleri

Referans							
P.100	444409.880	4388503.950					
P.101	444436.750	4388476.850					
P.102	444368.600	4388599.980					
P.103	444353.880	4388734.660					
P.104	444385.280	4388850.450					
P.105	444463.710	4388972.520					
P.106	444613.380	4388910.550					
P.107	444699.200	4388891.110					
P.108	444752.200	4388868.370					
P.109	444826.160	4388841.500					
Android (2016)			dX_Android	dY_Android	S_Android		
P.100	444411.680	4388506.060	-1.800	-2.110	2.773		
P.101	444440.790	4388478.900	-4.040	-2.050	4.530		
P.102	444368.050	4388600.430	0.550	-0.450	0.711		
P.103	444351.820	4388733.970	2.060	0.690	2.172		
P.104	444390.430	4388853.310	-5.150	-2.860	5.891		
P.105	444463.470	4388974.810	0.240	-2.290	2.303		
P.106	444618.290	4388906.800	-4.910	3.750	6.178		
P.107	444707.830	4388895.540	-8.630	-4.430	9.701		
P.108	444756.770	4388870.740	-4.570	-2.370	5.148		
P.109	444826.500	4388840.660	-0.340	0.840	0.906		
			<i>ortalama</i>	<i>-2.659</i>	<i>-1.128</i>	<i>ortalama</i>	<i>4.031</i>
IOS (2019)			dX_IOS	dY_IOS	S_IOS		
P.100	444408.950	4388506.510	0.930	-2.560	2.724		
P.101	444439.290	4388479.660	-2.540	-2.810	3.788		
P.102	444367.320	4388600.950	1.280	-0.970	1.606		
P.103	444352.680	4388733.630	1.200	1.030	1.581		
P.104	444389.080	4388848.140	-3.800	2.310	4.447		
P.105	444462.560	4388974.110	1.150	-1.590	1.962		
P.106	444613.510	4388911.800	-0.130	-1.250	1.257		
P.107	444698.840	4388894.700	0.360	-3.590	3.608		
P.108	444754.490	4388870.780	-2.290	-2.410	3.324		
P.109	444827.230	4388843.300	-1.070	-1.800	2.094		
			<i>ortalama</i>	<i>-0.491</i>	<i>-1.364</i>	<i>ortalama</i>	<i>2.639</i>
Dual Frequency Android (2019)			dX_dualfreq	dY_dualfreq	S_dualfreq		
P.100	444413.210	4388502.750	-3.330	1.200	3.540		
P.101	444436.140	4388477.790	0.610	-0.940	1.121		
P.102	444367.660	4388600.260	0.940	-0.280	0.981		

P.103	444352.360	4388735.030		1.520	-0.370		1.564
P.104	444385.210	4388849.030		0.070	1.420		1.422
P.105	444461.810	4388973.860		1.900	-1.340		2.325
P.106	444612.770	4388909.720		0.610	0.830		1.030
P.107	444699.180	4388890.920		0.020	0.190		0.191
P.108	444751.770	4388869.920		0.430	-1.550		1.609
			<i>ortalama</i>	<i>0.308</i>	<i>-0.093</i>	<i>ortalama</i>	<i>1.531</i>
El Tipi GNSS Alcısı				dX_etGNSS	dY_etGNSS		S_etGNSS
P.100	444416.000	4388507.000		-6.120	-3.050		6.838
P.101	444436.000	4388478.000		0.750	-1.150		1.373
P.102	444369.000	4388600.000		-0.400	-0.020		0.400
P.103	444354.000	4388735.000		-0.120	-0.340		0.361
P.104	444385.000	4388851.000		0.280	-0.550		0.617
P.105	444463.000	4388973.000		0.710	-0.480		0.857
P.106	444612.000	4388913.000		1.380	-2.450		2.812
P.107	444699.000	4388891.000		0.200	0.110		0.228
P.108	444752.000	4388869.000		0.200	-0.630		0.661
			<i>ortalama</i>	<i>-0.347</i>	<i>-0.951</i>	<i>ortalama</i>	<i>1.572</i>

EK 5 – Noktalara ait referans koordinatlar ve çift frekanslı GNSS alıcı sensörü bulunduran Android işletim sistemli akıllı telefon ile ölçülen koordinatlar, internet hızları ve şebeke kapsama oranları

REFERANS (RTK)				ÇİFT FREKANSLI AKILLI T.			S	İ.Hızı	Ş.Kap
1	444579.554	4388744.620	0.000	1	444579.020	4388744.670	0.536	3.5 G	50%
2	444561.907	4388743.581	0.000	2	444561.800	4388744.620	1.044	3.5 G	50%
3	444547.476	4388746.215	0.000	3	444545.480	4388747.510	2.379	4.0 G	75%
4	444557.358	4388721.335	0.000	4	444555.480	4388721.320	1.878	4.0 G	100%
5	444581.003	4388711.346	0.000	5	444580.500	4388710.230	1.224	4.0 G	75%
6	444597.572	4388705.951	0.000	6	444595.360	4388708.990	3.759	4.0 G	75%
7	444616.691	4388699.362	0.000	7	444615.240	4388699.930	1.558	4.0 G	75%
8	444551.322	4388763.782	0.000	8	444550.690	4388762.400	1.520	4.0 G	75%
9	444562.509	4388795.327	0.000	9	444560.170	4388796.800	2.764	4.0 G	100%
10	444573.007	4388836.290	0.000	10	444569.800	4388838.290	3.780	4.0 G	100%
11	444582.241	4388879.944	0.000	11	444579.610	4388879.590	2.655	4.0 G	75%
12	444565.574	4388773.849	0.000	12	444564.250	4388773.810	1.325	4.0 G	75%
13	444575.552	4388796.553	0.000	13	444574.200	4388796.160	1.408	4.0 G	75%
14	444585.176	4388824.181	0.000	14	444584.370	4388825.760	1.773	4.0 G	50%
15	444590.322	4388852.403	0.000	15	444591.110	4388849.790	2.729	4.0 G	75%
16	444595.371	4388874.099	0.000	16	444594.850	4388875.150	1.173	4.0 G	75%
17	444626.251	4388866.370	0.000	17	444622.980	4388864.170	3.942	4.0 G	75%
18	444622.403	4388847.213	0.000	18	444620.630	4388847.440	1.787	4.0 G	25%
19	444612.928	4388822.449	0.000	19	444611.040	4388825.150	3.295	4.0 G	50%
20	444609.308	4388797.523	0.000	20	444609.160	4388797.600	0.167	3.5 G	50%
21	444594.394	4388770.388	0.000	21	444594.540	4388767.250	3.141	3.5 G	50%
22	444711.123	4388852.613	0.000	22	444711.180	4388854.800	2.188	4.0 G	100%
23	444725.906	4388845.596	0.000	23	444724.580	4388846.970	1.909	4.0 G	75%
24	444712.739	4388826.519	0.000	24	444714.330	4388831.950	5.659	4.0 G	100%
25	444702.002	4388810.540	0.000	25	444700.140	4388811.500	2.095	4.0 G	75%
26	444687.168	4388792.171	0.000	26	444684.110	4388792.660	3.097	4.0 G	100%
27	444672.975	4388777.487	0.000	27	444672.030	4388780.720	3.368	4.0 G	75%
28	444658.385	4388762.492	0.000	28	444657.820	4388765.360	2.923	4.0 G	75%
29	444643.793	4388747.698	0.000	29	444642.420	4388749.470	2.242	4.0 G	75%
30	444629.899	4388733.414	0.000	30	444629.150	4388735.300	2.029	4.0 G	75%
31	444608.937	4388712.074	0.000	31	444607.950	4388711.180	1.332	4.0 G	75%
32	444718.959	4388855.189	0.000	32	444718.550	4388857.580	2.426	4.0 G	100%
33	444742.764	4388846.503	0.000	33	444743.050	4388847.690	1.221	4.0 G	75%
34	444762.280	4388840.040	0.000	34	444760.780	4388840.870	1.714	4.0 G	100%
35	444781.867	4388835.642	0.000	35	444781.540	4388836.180	0.630	4.0 G	75%
36	444801.287	4388831.758	0.000	36	444802.170	4388829.900	2.057	4.0 G	50%
37	444820.930	4388828.337	0.000	37	444822.380	4388830.810	2.867	4.0 G	50%
38	444841.016	4388826.332	0.000	38	444840.750	4388828.340	2.026	3.5 G	75%
39	444861.618	4388824.128	0.000	39	444860.810	4388826.130	2.159	3.5 G	75%

40	444877.854	4388810.771	0.000	40	444878.700	4388811.640	1.213	3.5 G	50%
41	444873.677	4388766.186	0.000	41	444873.960	4388768.340	2.173	3.5 G	50%
42	444862.785	4388748.585	0.000	42	444861.980	4388748.840	0.844	3.5 G	75%
43	444850.704	4388727.882	0.000	43	444849.780	4388726.600	1.580	3.5 G	50%
44	444798.575	4388683.889	0.000	44	444798.400	4388683.640	0.304	3.5 G	75%
45	444777.625	4388680.413	0.000	45	444777.380	4388680.640	0.334	3.5 G	50%
46	444746.753	4388675.650	0.000	46	444743.160	4388676.150	3.628	3.5 G	50%
47	444725.973	4388673.298	0.000	47	444725.780	4388674.370	1.089	3.5 G	50%
48	444703.419	4388670.238	0.000	48	444702.630	4388672.330	2.236	3.5 G	50%
49	444682.432	4388668.874	0.000	49	444681.460	4388670.190	1.636	3.5 G	75%
50	444660.507	4388670.267	0.000	50	444660.150	4388670.590	0.481	3.5 G	75%
51	444640.743	4388673.662	0.000	51	444640.960	4388675.000	1.355	4.0 G	100%
52	444620.282	4388679.115	0.000	52	444620.800	4388679.070	0.520	4.0 G	75%
53	444602.033	4388685.992	0.000	53	444601.980	4388685.690	0.307	4.0 G	100%
54	444570.841	4388699.996	0.000	54	444570.250	4388699.940	0.594	4.0 G	100%
55	444547.744	4388709.907	0.000	55	444546.980	4388710.440	0.932	4.0 G	100%
56	444521.220	4388726.671	0.000	56	444521.150	4388730.080	3.410	4.0 G	100%
57	444526.891	4388750.841	0.000	57	444528.310	4388753.410	2.935	4.0 G	50%
58	444533.855	4388775.653	0.000	58	444537.510	4388780.050	5.718	4.0 G	100%
59	444539.570	4388799.893	0.000	59	444540.350	4388802.540	2.760	4.0 G	100%
60	444548.536	4388824.829	0.000	60	444549.060	4388825.800	1.103	4.0 G	100%
61	444558.001	4388849.937	0.000	61	444558.150	4388849.230	0.723	4.0 G	100%
62	444566.261	4388874.171	0.000	62	444566.130	4388873.560	0.625	4.0 G	100%
63	444579.659	4388900.146	0.000	63	444578.750	4388902.390	2.421	4.0 G	100%
64	444605.473	4388893.797	0.000	64	444606.530	4388894.490	1.264	4.0 G	100%
65	444630.519	4388885.551	0.000	65	444630.000	4388885.760	0.560	4.0 G	100%
66	444656.388	4388876.866	0.000	66	444656.540	4388876.700	0.225	4.0 G	100%
67	444683.097	4388867.070	0.000	67	444683.340	4388867.520	0.511	4.0 G	100%
68	444744.026	4388823.341	0.000	68	444744.750	4388825.270	2.060	4.0 G	75%
69	444729.843	4388802.888	0.000	69	444730.500	4388803.940	1.240	4.0 G	75%
70	444714.759	4388782.899	0.000	70	444715.280	4388783.460	0.766	4.0 G	50%
71	444697.209	4388764.140	0.000	71	444696.580	4388764.830	0.934	4.0 G	50%
72	444678.519	4388745.664	0.000	72	444678.370	4388747.860	2.201	4.0 G	50%
73	444659.008	4388725.503	0.000	73	444658.010	4388727.150	1.926	4.0 G	50%
74	444638.730	4388706.062	0.000	74	444638.200	4388707.500	1.533	4.0 G	100%
75	444662.206	4388699.373	0.000	75	444659.280	4388700.680	3.205	4.0 G	100%
76	444678.785	4388720.629	0.000	76	444678.080	4388721.330	0.994	4.0 G	50%
77	444695.049	4388740.720	0.000	77	444693.830	4388743.490	3.026	4.0 G	75%
78	444710.968	4388760.636	0.000	78	444712.390	4388760.340	1.452	4.0 G	75%
79	444729.336	4388780.195	0.000	79	444728.430	4388781.590	1.663	4.0 G	50%
80	444747.129	4388801.311	0.000	80	444747.910	4388803.700	2.513	4.0 G	50%
81	444759.594	4388823.019	0.000	81	444759.250	4388824.390	1.413	4.0 G	50%
82	444785.838	4388814.595	0.000	82	444786.900	4388815.050	1.155	4.0 G	50%
83	444772.909	4388793.331	0.000	83	444773.640	4388794.760	1.605	4.0 G	50%
84	444755.665	4388774.824	0.000	84	444757.710	4388775.890	2.306	4.0 G	25%

85	444740.170	4388755.208	0.000	85	444739.210	4388755.530	1.013	4.0 G	50%
86	444724.109	4388735.599	0.000	86	444723.930	4388735.690	0.201	4.0 G	50%
87	444705.044	4388719.696	0.000	87	444703.060	4388720.590	2.176	4.0 G	50%
88	444687.240	4388700.622	0.000	88	444686.840	4388699.960	0.773	4.0 G	75%
89	444716.750	4388707.833	0.000	89	444715.550	4388708.920	1.619	4.0 G	50%
90	444734.415	4388725.621	0.000	90	444735.160	4388724.540	1.313	4.0 G	50%
91	444751.763	4388743.436	0.000	91	444751.690	4388743.840	0.411	3.5 G	75%
92	444769.586	4388761.144	0.000	92	444770.160	4388760.800	0.669	3.5 G	75%
93	444786.367	4388779.651	0.000	93	444785.930	4388780.040	0.585	3.5 G	50%
94	444800.398	4388794.415	0.000	94	444801.760	4388794.110	1.396	4.0 G	50%
95	444815.418	4388813.284	0.000	95	444815.990	4388813.630	0.669	4.0 G	50%
96	444840.823	4388811.300	0.000	96	444841.300	4388811.620	0.574	3.5 G	50%
97	444825.338	4388791.622	0.000	97	444824.450	4388793.650	2.214	3.5 G	50%
98	444810.083	4388772.206	0.000	98	444809.280	4388772.750	0.970	3.5 G	50%
99	444793.146	4388754.550	0.000	99	444792.750	4388756.040	1.542	3.5 G	50%
100	444771.742	4388733.935	0.000	100	444770.960	4388734.670	1.073	3.5 G	50%
101	444851.569	4388811.211	0.000	101	444851.690	4388812.160	0.957	3.5 G	50%
102	444844.369	4388793.022	0.000	102	444843.980	4388793.340	0.502	3.5 G	50%
103	444867.334	4388796.687	0.000	103	444867.260	4388797.260	0.578	4.0 G	50%
104	444833.134	4388774.027	0.000	104	444833.660	4388775.260	1.341	4.0 G	25%
105	444859.315	4388779.062	0.000	105	444859.260	4388779.580	0.521	3.5 G	50%
106	444818.933	4388763.359	0.000	106	444819.240	4388764.740	1.415	4.0 G	25%

EK 6 – IOS ve Android işletim sistemli akıllı telefonlar ile ölçülen koordinatlar, internet hızları ve şebeke kapsama oranları

IOS			S	İ.Hızı	Ş.Kap	Android			S	İ.Hızı	Ş.Kap
1	444580.870	4388749.980	5.519	4.0 G	50%	1	444582.420	4388742.510	3.559	2.5 G	75%
2	444563.060	4388744.810	1.685	4.0 G	50%	2	444567.010	4388735.260	9.761	3.5 G	0%
3	444553.380	4388747.930	6.148	4.0 G	50%	3	444546.740	4388738.830	7.422	3.5 G	75%
4	444560.140	4388724.380	4.125	4.0 G	75%	4	444559.770	4388715.750	6.084	4.5 G	50%
5	444582.420	4388710.660	1.574	4.0 G	75%	5	444581.450	4388710.970	0.584	4.5 G	50%
6	444597.230	4388707.390	1.479	4.0 G	75%	6	444595.520	4388704.410	2.566	4.5 G	25%
7	444616.380	4388700.260	0.950	4.0 G	50%	7	444616.400	4388686.670	12.695	3.5 G	75%
8	444553.910	4388764.790	2.777	4.0 G	100%	8	444566.730	4388750.340	20.447	4.5 G	50%
9	444562.810	4388796.920	1.621	4.0 G	75%	9	444565.370	4388788.530	7.375	4.5 G	50%
10	444574.750	4388836.440	1.749	4.0 G	100%	10	444576.980	4388832.850	5.255	4.5 G	50%
11	444583.170	4388878.890	1.405	4.0 G	75%	11	444583.350	4388882.290	2.595	4.5 G	50%
12	444565.880	4388775.490	1.669	4.0 G	50%	12	444571.390	4388777.100	6.663	4.5 G	50%
13	444576.630	4388797.120	1.218	4.0 G	50%	13	444568.870	4388786.010	12.482	3.5 G	75%
14	444585.350	4388825.350	1.182	4.0 G	75%	14	444584.060	4388823.130	1.533	3.5 G	75%
15	444592.730	4388853.000	2.481	4.0 G	75%	15	444587.440	4388853.700	3.160	4.5 G	25%
16	444597.350	4388873.310	2.130	4.0 G	75%	16	444593.920	4388871.590	2.898	4.5 G	50%
17	444625.490	4388865.790	0.957	4.0 G	75%	17	444624.450	4388864.750	2.422	4.5 G	50%
18	444622.840	4388846.490	0.845	4.0 G	50%	18	444617.490	4388844.510	5.607	3.5 G	75%
19	444609.590	4388822.380	3.339	4.0 G	50%	19	444615.720	4388805.230	17.444	3.5 G	75%
20	444606.410	4388799.550	3.537	4.0 G	50%	20	444601.410	4388797.350	7.900	4.5 G	25%
21	444594.940	4388770.830	0.702	4.0 G	50%	21	444588.990	4388768.870	5.613	3.5 G	25%
22	444712.550	4388854.160	2.105	4.0 G	75%	22	444706.750	4388847.410	6.797	4.5 G	75%
23	444728.220	4388854.300	9.006	4.0 G	75%	23	444719.640	4388840.670	7.970	4.5 G	50%
24	444715.640	4388833.080	7.174	4.0 G	75%	24	444708.360	4388822.820	5.732	4.5 G	75%
25	444703.390	4388814.570	4.262	4.0 G	75%	25	444684.450	4388809.880	17.564	4.5 G	50%
26	444687.250	4388793.370	1.202	4.0 G	75%	26	444686.460	4388795.510	3.413	4.5 G	50%
27	444672.280	4388781.330	3.905	4.0 G	75%	27	444674.890	4388775.550	2.724	4.5 G	25%
28	444658.960	4388764.760	2.340	4.0 G	75%	28	444659.320	4388759.950	2.709	4.5 G	75%
29	444642.290	4388750.770	3.420	4.0 G	75%	29	444642.760	4388742.200	5.594	4.5 G	50%
30	444627.630	4388737.850	4.983	4.0 G	75%	30	444623.650	4388737.850	7.663	4.5 G	75%
31	444611.310	4388715.370	4.061	4.0 G	75%	31	444604.870	4388716.370	5.916	4.5 G	50%
32	444717.980	4388857.130	2.174	4.0 G	75%	32	444714.780	4388855.550	4.195	4.5 G	75%
33	444738.980	4388847.920	4.041	4.0 G	75%	33	444742.760	4388844.000	2.503	4.5 G	50%
34	444759.320	4388843.130	4.279	4.0 G	75%	34	444761.960	4388839.960	0.330	4.5 G	50%
35	444779.320	4388834.800	2.683	4.0 G	75%	35	444780.000	4388845.060	9.601	4.5 G	50%
36	444793.890	4388831.410	7.405	4.0 G	75%	36	444798.890	4388836.020	4.890	4.5 G	50%
37	444818.100	4388830.460	3.538	4.0 G	75%	37	444817.140	4388830.290	4.264	3.5 G	100%
38	444839.680	4388828.930	2.921	4.0 G	75%	38	444837.910	4388837.750	11.833	3.5 G	75%
39	444857.460	4388826.640	4.858	4.0 G	50%	39	444863.560	4388833.530	9.600	3.5 G	75%
40	444875.110	4388809.150	3.187	4.0 G	50%	40	444876.010	4388807.530	3.729	3.5 G	75%

41	444869.540	4388767.520	4.347	4.0 G	50%	41	444873.660	4388769.550	3.364	3.5 G	50%
42	444860.980	4388749.510	2.028	4.0 G	50%	42	444861.550	4388745.960	2.901	3.5 G	50%
43	444852.460	4388730.280	2.972	4.0 G	50%	43	444850.550	4388730.140	2.263	3.5 G	25%
44	444794.990	4388688.040	5.485	4.0 G	50%	44	444801.260	4388689.240	5.987	3.5 G	75%
45	444777.590	4388680.840	0.428	4.0 G	50%	45	444778.710	4388684.620	4.345	4.5 G	25%
46	444742.110	4388681.290	7.305	4.0 G	50%	46	444745.960	4388675.880	0.826	3.5 G	100%
47	444727.890	4388672.080	2.271	4.0 G	50%	47	444721.060	4388673.140	4.916	3.5 G	50%
48	444702.840	4388672.150	1.998	4.0 G	50%	48	444705.170	4388675.160	5.224	4.5 G	25%
49	444682.240	4388668.820	0.199	4.0 G	50%	49	444675.530	4388663.080	9.012	4.5 G	25%
50	444658.260	4388672.330	3.050	4.0 G	50%	50	444659.030	4388674.640	4.616	4.5 G	25%
51	444639.970	4388678.280	4.682	4.0 G	50%	51	444638.510	4388670.850	3.591	4.5 G	25%
52	444619.260	4388684.570	5.550	4.0 G	50%	52	444619.290	4388683.040	4.048	4.5 G	25%
53	444598.490	4388688.240	4.196	4.0 G	75%	53	444597.930	4388685.950	4.103	4.5 G	25%
54	444568.940	4388702.150	2.873	4.0 G	75%	54	444569.500	4388696.870	3.401	4.5 G	25%
55	444544.770	4388713.190	4.430	4.0 G	75%	55	444544.700	4388713.230	4.506	4.5 G	25%
56	444523.120	4388730.500	4.274	4.0 G	100%	56	444521.420	4388726.060	0.643	4.5 G	50%
57	444522.570	4388747.840	5.261	4.0 G	100%	57	444525.140	4388753.720	3.370	4.5 G	50%
58	444533.280	4388778.820	3.219	4.0 G	100%	58	444533.270	4388778.320	2.730	0.0 G	75%
59	444537.140	4388804.960	5.620	4.0 G	100%	59	444541.430	4388806.150	6.528	3.5 G	100%
60	444547.550	4388827.650	2.988	4.0 G	100%	60	444548.290	4388823.070	1.776	4.5 G	75%
61	444554.720	4388853.930	5.168	4.0 G	100%	61	444555.890	4388852.130	3.044	4.5 G	75%
62	444563.190	4388879.030	5.748	4.0 G	100%	62	444569.650	4388871.810	4.130	4.5 G	75%
63	444577.850	4388906.130	6.251	4.0 G	100%	63	444579.650	4388902.720	2.574	4.5 G	50%
64	444603.800	4388896.020	2.782	4.0 G	100%	64	444607.060	4388890.570	3.596	4.5 G	75%
65	444628.170	4388889.140	4.289	4.0 G	100%	65	444631.220	4388887.220	1.810	4.5 G	75%
66	444652.470	4388881.570	6.122	4.0 G	100%	66	444655.780	4388875.870	1.167	4.5 G	75%
67	444681.740	4388870.830	3.997	4.0 G	100%	67	444682.170	4388864.410	2.817	4.5 G	75%
68	444741.120	4388821.810	3.285	4.0 G	50%	68	444747.760	4388827.110	5.305	3.5 G	75%
69	444735.870	4388804.210	6.170	4.0 G	50%	69	444725.310	4388803.890	4.642	3.5 G	75%
70	444715.560	4388787.660	4.828	4.0 G	75%	70	444713.200	4388773.050	9.972	3.5 G	50%
71	444697.560	4388768.910	4.783	4.0 G	75%	71	444701.290	4388759.150	6.446	3.5 G	75%
72	444680.150	4388748.350	3.142	4.0 G	50%	72	444685.970	4388742.590	8.060	3.5 G	75%
73	444656.500	4388732.350	7.292	4.0 G	50%	73	444661.100	4388725.710	2.102	4.5 G	25%
74	444638.840	4388711.370	5.309	4.0 G	100%	74	444635.080	4388702.410	5.163	3.5 G	50%
75	444658.320	4388705.310	7.096	4.0 G	75%	75	444664.400	4388703.860	4.995	3.5 G	75%
76	444678.830	4388723.470	2.841	4.0 G	50%	76	444673.850	4388715.670	6.996	3.5 G	100%
77	444692.780	4388745.210	5.031	4.0 G	75%	77	444695.970	4388726.140	14.609	3.5 G	75%
78	444710.600	4388763.100	2.491	4.0 G	75%	78	444708.980	4388753.430	7.475	3.5 G	25%
79	444730.210	4388788.370	8.222	4.0 G	50%	79	444727.060	4388767.250	13.144	3.5 G	25%
80	444748.910	4388800.860	1.837	4.0 G	50%	80	444754.230	4388791.820	11.853	3.5 G	25%
81	444760.090	4388830.360	7.358	4.0 G	75%	81	444763.350	4388828.370	6.538	3.5 G	75%
82	444785.660	4388816.510	1.923	4.0 G	50%	82	444790.510	4388813.510	4.796	4.5 G	50%
83	444776.020	4388792.270	3.287	4.0 G	50%	83	444776.130	4388785.490	8.477	3.5 G	50%
84	444757.690	4388776.510	2.635	4.0 G	50%	84	444751.640	4388778.710	5.595	3.5 G	25%
85	444743.920	4388759.760	5.898	4.0 G	50%	85	444752.940	4388766.950	17.348	3.5 G	50%

86	444723.810	4388739.000	3.414	4.0 G	50%	86	444728.150	4388730.270	6.688	3.5 G	75%
87	444704.320	4388723.670	4.039	4.0 G	25%	87	444706.410	4388716.650	3.338	3.5 G	75%
88	444687.870	4388705.940	5.355	4.0 G	75%	88	444680.190	4388704.770	8.180	3.5 G	100%
89	444716.340	4388710.000	2.205	4.0 G	50%	89	444719.840	4388708.840	3.250	3.5 G	75%
90	444737.910	4388727.220	3.843	4.0 G	50%	90	444735.500	4388726.700	1.530	3.5 G	50%
91	444753.550	4388750.600	7.384	4.0 G	50%	91	444754.830	4388745.850	3.903	3.5 G	25%
92	444770.660	4388763.210	2.328	4.0 G	50%	92	444771.210	4388765.670	4.809	3.5 G	50%
93	444787.600	4388778.700	1.557	4.0 G	50%	93	444786.200	4388772.770	6.883	3.5 G	75%
94	444802.230	4388796.270	2.607	4.0 G	50%	94	444801.300	4388787.960	6.518	3.5 G	50%
95	444818.130	4388816.300	4.056	4.0 G	50%	95	444815.620	4388806.970	6.317	3.5 G	50%
96	444843.460	4388811.080	2.646	4.0 G	50%	96	444832.130	4388807.850	9.353	3.5 G	75%
97	444829.640	4388792.930	4.496	4.0 G	50%	97	444829.890	4388792.860	4.717	3.5 G	50%
98	444810.530	4388770.290	1.967	4.0 G	50%	98	444799.920	4388771.130	10.220	3.5 G	50%
99	444798.070	4388754.970	4.942	4.0 G	50%	99	444788.210	4388753.800	4.993	3.5 G	25%
100	444772.790	4388735.430	1.826	4.0 G	50%	100	444770.530	4388727.450	6.597	3.5 G	25%
101	444852.230	4388811.340	0.673	4.0 G	50%	101	444853.190	4388804.400	7.001	2.5 G	75%
102	444843.790	4388793.990	1.128	4.0 G	50%	102	444842.690	4388787.570	5.705	2.5 G	75%
103	444864.580	4388796.240	2.790	4.0 G	50%	103	444867.960	4388792.260	4.471	0.0 G	50%
104	444834.010	4388771.980	2.227	4.0 G	50%	104	444830.670	4388772.930	2.697	0.0 G	0%
105	444859.870	4388778.600	0.722	4.0 G	50%	105	444858.750	4388775.870	3.242	0.0 G	0%
106	444816.330	4388763.780	2.637	4.0 G	50%	106	444821.060	4388764.470	2.400	0.0 G	25%

