

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNTERNET TABANLI HASSAS NOKTA KONUM BELİRLEME (PPP)
YAZILIMLARININ İRDELENMESİ VE BELİRSİZLİK ANALİZİ**

EREN GÜR SOY ÖZDEMİR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GEOMATİK PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. V. ENGİN GÜLAL**

İSTANBUL, 2016

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İNTERNET TABANLI HASSAS NOKTA KONUM BELİRLEME (PPP)
YAZILIMLARININ İRDELENMESİ VE BELİRSİZLİK ANALİZİ**

Eren Gürsoy ÖZDEMİR tarafından hazırlanan tez çalışması 28.04.2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. V.Engin GÜLAL
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. V.Engin GÜLAL
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Gürsel HOŞBAŞ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Mustafa YANALAK
İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bana bu çalışmam esnasında deneyimi ve bilgisi ile yardımcı olan, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen tez danışmanım Sn. Prof. Dr. V. Engin GÜLAL'a, saat kaç olursa olsun her daim telefonlarıma cevap verip, yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen Sn. Arş. Gör. Dr. Nedim Onur AYKUT'a, tez süresince desteklerini hep hissettiğim Uğur Harita Mühendislik Dış Tic. Ltd. Şti. çalışma arkadaşlarıma ve bu süreçte en başından sonuna kadar her türlü cefamı çeken güzel aileme, biricik eşime ve dostlarıma içtenlikle teşekkür ederim.

Nisan, 2016

Eren Gürsoy ÖZDEMİR

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
ÖZET.....	xiv
ABSTRACT	xvi
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	3
1.3 Hipotez	3
BÖLÜM 2	
UYDULARLA KONUM BELİRLEME SİSTEMLERİ (GNSS).....	4
2.1 Global Positioning System (GPS).....	4
2.1.1 Uzay Bölümü.....	6
2.1.2 Kontrol Bölümü.....	8
2.1.3 Kullanıcı Bölümü	9
2.1.4 GPS Sinyal Yapısı	10
2.1.5 GPS Ölçüleri	12
2.1.6 GPS Uydu Yörüngeleri	14
2.2 Glonass.....	16
2.3 Diğer Konumlama Sistemleri	18
2.4 GNSS Konum Belirleme Yöntemleri	19
2.4.1 Mutlak Konum Belirleme	19
2.4.2 Bağıl (Rölatif) Konum Belirleme.....	20

2.5	Koordinat Sistemleri ve Datum	20
2.5.1	Kartezyen Koordinat Sistemi	24
2.5.2	Coğrafi Koordinat Sistemi	24
2.5.3	Yerel Koordinat Sistemi	25
BÖLÜM 3		
GNSS HATA KAYNAKLARI		26
3.1	Geleneksel Hata Kaynakları	27
3.1.1	Yörünge ve Saat Hataları	27
3.1.2	İyonosferik Hata.....	28
3.1.3	Troposferik Hata	30
3.1.4	Alıcı Saat Hatası	31
3.1.5	Sinyal Yansımaları (Multipath).....	32
3.2	Diğer Hata Kaynakları.....	32
3.2.1	Alıcı ve Uydu Anten Faz Merkez Kayıklıkları.....	32
3.2.2	Başlangıç Faz Belirsizliği (Ambiguity) ve Faz Kesikliği (Cycle Slip)	33
3.2.3	Uydu Faz Dönmesi (Phase Wind Up).....	34
3.2.4	Katı Yeryuvarı Gelgiti (Solid Earth Tides)	35
3.2.5	Okyanus Yükleme (Ocean Loading).....	35
3.2.6	Kutup Gelgiti (Polar Motion / Polar Tides)	35
3.2.7	Yeryuvarı Dönme Parametreleri (ERP, Sagnac Effects)	35
3.2.8	Atmosfer Yükleme (The Atmosphere Loading)	36
3.2.9	İstasyon Hızları / Konum Değişimleri (Site Displacement Effect)	36
BÖLÜM 4		
HASSAS NOKTA KONUM BELİRLEME		37
4.1	Hassas Nokta Konum Belirleme (PPP) Algoritmaları	38
4.1.1	Geleneksel GPS – PPP Modeli.....	38
4.1.2	Birleşik GPS – GLONASS PPP Modeli	39
BÖLÜM 5		
İNTERNET TABANLI GNSS DEĞERLENDİRME SERVİSLERİ.....		43
5.1	Canadian Spatial Reference System PPP (CSRS-PPP).....	45
5.2	Australian Online GPS Processing Service (AUSPOS).....	46
5.3	Online Positioning User Service (OPUS)	48
5.4	Automatic Precise Positioning Service (APPS)	49
5.5	GPS Analysis and Positioning Software (GAPS)	50
5.6	Magic – GNSS	53
BÖLÜM 6		
UYGULAMA.....		55
6.1	Test Noktasının Özellikleri	55
6.2	Ön Hazırlık ve Değerlendirme	57
6.3	Verilerin Değerlendirilmesi	59

BÖLÜM 7

TEST SONUÇLARI.....	61
7.1 24 Saatlik Verilerin Karşılaştırılması.....	61
7.2 12 Saatlik Verilerin Karşılaştırılması.....	65
7.3 6 Saatlik Verilerin Karşılaştırılması.....	68
7.4 3 Saatlik Verilerin Karşılaştırılması.....	72
7.5 2 Saatlik Verilerin Karşılaştırılması.....	75
7.6 1 Saatlik Verilerin Karşılaştırılması.....	79

BÖLÜM 8

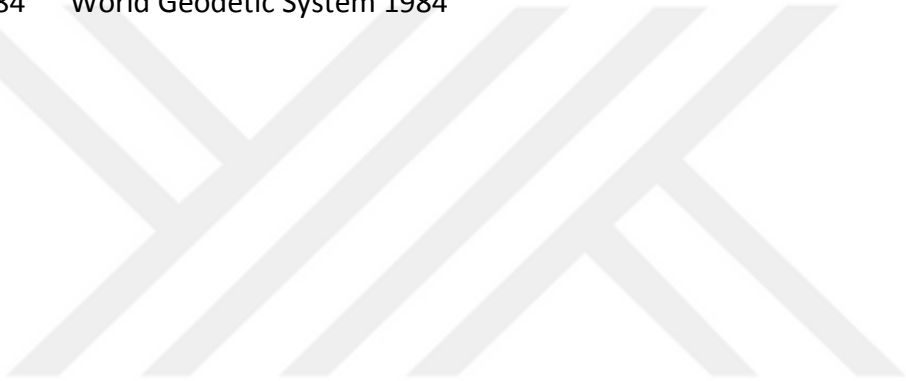
SONUÇ VE ÖNERİLER	83
KAYNAKLAR.....	87
EK-A	
YLDZ İSTASYONU VERİ ÇÖZÜMLEME GRAFİKLERİ	94
ÖZGEÇMİŞ.....	98

SİMGE LİSTESİ

c	Boşlukta ışığın yayılma hızı (m/s),
d_e	Uydu ve alıcı donanım gürültü değeri (m),
d_{ion}	İyonosferik gecikme hatası (m),
d_{orb}	Uydu Yörünge Hatası (m),
$d_{mult/\rho}$	L_i (m) üzerinde ölçülen kod multipath etkisi,
$d_{mult/\phi}$	L_i (m) üzerinde ölçülen taşıyıcı faz multipath etkisi,
d_ρ	Yörünge hatası (m),
d_t	Uydu saat hatası (s),
d_T	Alıcı saat hatası (s),
d_{trop}	Troposferik gecikme hatası (m),
ϵ_ρ	Alıcı kod gürültü değeri (m),
ϵ_{Mp}	Kod multipath hatası (m),
ϵ_ϕ	Alıcı taşıyıcı gürültü değeri,
$\epsilon_{M\phi}$	Taşıyıcı faz yansıma hatası (m),
ϵ_{1F}	Ölçüm gürültüsü, multipath çoklu-hem de diğer artık hataları
f	Frekans (Hz),
ϕ	Ölçülen taşıyıcı faz (m),
λ	Taşıyıcı dalga boyu (m),
N	Tamsayı çevrim belirsizliği,
P	Ölçülen kod uzunluğu (m),
P_{1F}	İyonsfer serbest kod gözlem kombinasyonu (m),
ρ	Uydu ve alıcı anteni arasındaki geometrik uzunluk (m),
Tr	Atmosferdeki sinyal gecikmesini (öncelikli troposfer),
Φ_{1F}	İyonsfer serbest faz gözlem kombinasyonu (m),

APPS	Automatic Precise Positioning Service
AS	Anti Spoofing
AUSPOS	Australian Online Positioning Service
BIH	Bureau International l'Heure
C/A Kod	Coarse/Acquition Kod
CODE	Center for Orbit Determination in Europe
CSRS-PPP	Canadian Spatial Reference System-Precise Point Positioning
ERP	Earth Rotation Parameter
EUREF	European Reference Frame
GAPS	GPS Analysis and Positioning Software
GLONASS	Russian Global Navigation Satellite System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IERS	International Earth Rotation Service
IGS	The International GNSS Service
ITRF	International Terrestrial Reference Frame
JPL	Jet Propulsion Laboratory
MHz	Megahertz
NAD-83	North American Datum 1983
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NAVSTAR	Navigation System with Time And Ranging
NGS	National Geodetic Survey
NIMA	National Imagery and Mapping Agency
NNSS	Navy Navigation Satellite System
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NRCAN	Natural Resources Canada
OPUS	On-line Positioning User Service
RINEX	Receiver Independent Exchange Format
PAGES	Program for the Adjustment of GPS Ephemerides
PDF	Portable Document Format
P-kod	Precise Ephemerides
PHP	Personal Home Page

PPP	Precise Point Positioning
PRN	Pseudo Random Noise
RINEX	Receiver INdependent Exchange
RTCM	Radio Technical Commission for Maritime Services
RTK	Real-time Kinematic
SA	Selective Availability
SCIGN	Southern California Integrated GPS Network
SCOUT	Scripps Coordinate Update Tool
SLR	Satellite Laser Ranging
SOPAC	Scripps Orbit and Permanent Array Center
UNAVCO	University NAVSTAR Consortium
URL	Uniform Resource Locator
UTC	Universal Time Coordinated
UTM	Universal Transverse Mercator
VLBI	Very Long Baseline Interferometry
WGS-84	World Geodetic System 1984



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1	GPS uydularının 6 düzlemde yörüngeleri..... 6
Şekil 2. 2	Aktif GPS uyduları [24] 7
Şekil 2. 3	Block III uydusu 8
Şekil 2. 6	Taşıyıcı dalga faz belirsizliği..... 14
Şekil 2. 7	Aktif GLONASS uyduları [40] 147
Şekil 2. 8	Mutlak konum belirleme..... 19
Şekil 2. 9	Bağıl (Rölatif) konum belirleme 20
Şekil 2.10	a) Kutupsal b) Dik koordinat sistemi 21
Şekil 2.11	WGS84 referans sistemi..... 22
Şekil 2.12	Kartezyen koordinat sistemi 24
Şekil 2.13	Coğrafi koordinat sistemi..... 25
Şekil 3.1	GPS sinyaline etki eden hata kaynakları [53] 26
Şekil 3.2	a) Uydu Yörünge Hatası b) Saat Hatası 27
Şekil 3.3	Kloboucher iyonosfer modeli..... 29
Şekil 3.4	Uydu için atmosferik etkiler 31
Şekil 3.5	Sinyal yansımaları (multipath) [31] 32
Şekil 3.6	Uydu anten faz merkezi kayıklığı 33
Şekil 4.1	Birleşik GPS – GLONASS PPP işlem adımları [77] 42
Şekil 5.1	CSRS-PPP’de işlem adımları 46
Şekil 5.2	AUSPOS programı işlem sayfası 47
Şekil 5.3	AUSPOS’da YLDZ istasyonu çözümlenirken kullanılan IGS istasyonları 48
Şekil 5.4	OPUS programı işlem sayfası 49
Şekil 5.5	APPS Programı işlem sayfası 50
Şekil 5.6	GAPS Programı işlem sayfası..... 52
Şekil 5.7	MAGIC–GNSS programı giriş sayfası 54
Şekil 6.1	YLDZ GNSS istasyonu..... 55
Şekil 6.2	YLDZ GNSS istasyon ve koordinat bilgileri [92] 56
Şekil 6.4	05/07/2015 (186’ıncı GPS günü) datası indirilmesi 57
Şekil 6.5	UNERINEX v5 programı indirilmesi 58
Şekil 6.6	3 saatlik ölçüm dosyasının birleştirilmesi 58
Şekil 6.7	İstasyon kesin koordinatları epok kaydırma işlemi..... 59
Şekil 6.8	Sistematik, rastlantısal hatalar ve genişletilmiş ölçüm belirsizliği 60
Şekil 7.1	24 saatlik verilerin ortalamaları ve standart sapmaları 62

Şekil 7.2	24 Saatlik verilerin ortalamalarının gerçek değerden farkı grafiği	63
Şekil 7.3	24 saatlik verilerin rastlantısal hatası, sistematik hatası ve genişletilmiş ölçüm belirsizliği.....	64
Şekil 7.4	24 saatlik verilerin X-Y ve H bileşenleri genişletilmiş ölçüm belirsizliği yazılım değerlendirilmesi	64
Şekil 7.5	12 saatlik verilerin ortalamaları ve standart sapmaları	65
Şekil 7.6	12 saatlik verilerin ortalamalarının gerçek değerden farkı grafiği.....	66
Şekil 7.7	12 saatlik verilerin rastlantısal hatası, sistematik hatası ve genişletilmiş ölçüm belirsizliği.....	67
Şekil 7.8	12 saatlik verilerin X-Y ve H bileşenleri genişletilmiş ölçüm belirsizliği yazılım değerlendirilmesi	68
Şekil 7.9	6 saatlik verilerin ortalamaları ve standart sapmaları	69
Şekil 7.10	6 saatlik verilerin ortalamalarının gerçek değerden farkı grafiği	70
Şekil 7.11	6 saatlik verilerin rastlantısal hatası, sistematik hatası ve genişletilmiş ölçüm belirsizliği.....	71
Şekil 7.12	6 saatlik verilerin X-Y ve H bileşenleri genişletilmiş ölçüm belirsizliği yazılım değerlendirilmesi	71
Şekil 7.13	3 saatlik verilerin ortalamaları ve standart sapmaları	72
Şekil 7.14	3 Saatlik verilerin ortalamalarının gerçek değerden farkı grafiği	73
Şekil 7.15	3 saatlik verilerin rastlantısal hatası, sistematik hatası ve genişletilmiş ölçüm belirsizliği.....	74
Şekil 7.16	3 saatlik verilerin X-Y ve H bileşenleri genişletilmiş ölçüm belirsizliği yazılım değerlendirilmesi	75
Şekil 7.17	2 saatlik verilerin ortalamaları ve standart sapmaları	76
Şekil 7.18	2 saatlik verilerin ortalamalarının gerçek değerden farkı grafiği	77
Şekil 7.19	2 saatlik verilerin rastlantısal hatası, sistematik hatası ve genişletilmiş ölçüm belirsizliği.....	78
Şekil 7.20	2 saatlik verilerin X-Y ve H bileşenleri genişletilmiş ölçüm belirsizliği yazılım değerlendirilmesi	78
Şekil 7.21	1 saatlik verilerin ortalamaları ve standart sapmaları	79
Şekil 7.22	1 saatlik verilerin ortalamalarının gerçek değerden farkı grafiği	80
Şekil 7.23	1 saatlik verilerin rastlantısal hatası, sistematik hatası ve genişletilmiş ölçüm belirsizliği.....	81
Şekil 7.24	1 saatlik verilerin X-Y ve H bileşenleri genişletilmiş ölçüm belirsizliği yazılım değerlendirilmesi	82
Şekil 8.1	X-Y bileşenleri genişletilmiş ölçüm belirsizliği genel puan tablosu.....	84
Şekil 8.2	H bileşeni genişletilmiş ölçüm belirsizliği genel puan tablosu.....	84
Şekil 8.3	APPS programı X-Y bileşenleri genişletilmiş ölçüm belirsizliği grafiği.....	85
Şekil 8.4	APPS programı H bileşeni genişletilmiş ölçüm belirsizliği grafiği.....	85
Şekil A.1	YLDZ istasyonu CSRS-PPP servisi ortalama değerlerin gerçek değerden farkları grafiği	94
Şekil A.2	YLDZ istasyonu AUSPOS servisi ortalama değerlerin gerçek değerden farkları grafiği	95
Şekil A.3	YLDZ istasyonu OPUS servisi ortalama değerlerin gerçek değerden farkları grafiği	95
Şekil A.4	YLDZ istasyonu APPS servisi ortalama değerlerin gerçek değerden farkları grafiği	96

Şekil A.5	YLDZ istasyonu GAPS servisi ortalama değerlerin gerçek değerden farkları grafiği.....	96
Şekil A.6	YLDZ istasyonu MAGIC-GNSS servisi ortalama değerlerin gerçek değerden farkları grafiği	97



ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 GPS sinyal yapısı ve elemanları.....	12
Çizelge 2.2 Duyarlı yörünge/saat bilgileri üreten kurum ve kuruluşlar.....	15

İNTERNET TABANLI HASSAS NOKTA KONUM BELİRLEME (PPP) YAZILIMLARININ İRDELENMESİ VE BELİRSİZLİK ANALİZİ

Eren Gürsoy ÖZDEMİR

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. V.Engin GÜLAL

GPS (Global Positioning System) sisteminin yeni yaklaşım ve tekniklerle gün geçtikçe gelişmesi ile hassas konum belirleme, farklı çözüm yöntemleri kullanılarak birçok disiplin için yaygın olarak kullanılır hale gelmiştir. Yüksek doğruluk gerektiren jeodezik ve ölçme amacı taşıyan birçok uygulamada nokta bileşenlerinin hassas bir şekilde tespiti, gerek mutlak konum belirleme gerekse relatif yöntem ile yapılan çalışmalarda büyük bir önem arz etmektedir. Son zamanlarda klasik değerlendirme yöntemlerine bir seçenek olarak internet tabanlı değerlendirme servisleri gelişmiştir. Kullanıcının herhangi bir GNSS değerlendirme yazılımı kullanma zorunluluğunu ortadan kaldıran ve toplanan verinin internet aracılığıyla gönderilip, otomatik olarak değerlendirildiği, hassas uydu yörünge ve saat düzeltmeleri bilgileri kullanılarak, mutlak anlamda yüksek konum doğruluğu sağlayan bir yöntem olarak geliştirilmiştir.

Bu çalışmada sürekli yayın yapan istasyon ham verilerinin, çeşitli internet tabanlı veri değerlendirme yazılımları ile otomatik değerlendirilmesi, analizi, farklı zamanlarda alınan verilerin belli epoklara ayrılarak incelenmesi, sonuç dataların diğer programlarla karşılaştırılması, sistemin kullanılabilirliği irdelenmiş ve değerlendirme sonuçları ele alınmıştır.

Sonuç olarak, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenen 2012-05-03-KAP01 nolu proje kapsamında kurulmuş, Davutpaşa Kampüsü, Harita Mühendisliği Bölümü çatısında tesis edilmiş olan YILDIZ Sabit GNSS (Global Navigation Satellite Systems) istasyonundan (YLDZ) faydalanılmıştır. 05.07.2015, 05.08.2015 ve 05.09.2015 tarihlerinde toplanan 24 saatlik ham veriler, 1 saat, 2 saat, 3 saat, 6 saat, 12 saatlik alt veri setlerine ayrılmıştır. Bu şekilde 5 ayrı saat dilimine ayrılan veriler, internet tabanlı GNSS veri değerlendirme servislerinden olan CSRS-PPP, AUSPOS, OPUS, APPS, GAPS, MAGIC-GNSS kullanılarak değerlendirilmiştir. Verilerin yüklenmesiyle başlayan değerlendirme süreci, oldukça hızlı bir şekilde tamamlanıp, hassas nokta koordinatları, referans istasyonları ve analiz sonuçlarını değerlendirme servisinde e-posta ile gönderir, bazı GNSS veri değerlendirme servislerinde ise program içinde göstermektedir. Bu değerler ile YLDZ sabit GNSS noktasının gerçek koordinatları karşılaştırılmıştır. Bu çalışmadan yola çıkarak, PPP (Hassas Nokta Konumlama) tekniğini kullanan servislerin GNSS konum ölçme çalışmalarında doğruluk beklentilerini karşıladığı söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Gns, internet tabanlı gns değerlendirme servisleri, ppp, hassas nokta konum belirleme doğruluğu, doğruluk analizleri

**THE RESEARCH OF PRECISE POINT POSITIONING (PPP) SOFTWARE USING
WEB BASED AND UNCERTAINTY ANALYSIS**

Eren Gürsoy ÖZDEMİR

Department of Geomatic Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. V. Engin GÜLAL

The Precise Point Positioning with the development of GPS systems's new approaches and techniques using different solution methods has been become common used for many disciplines day by day. It has been important for many applications which are absolute and relative positioning of purpose, obtaining precise point position components through high precision post-processing techniques. In these days, web based GPS processing service has developed as an alternative for classical processing services. It has been developed as a method which has high point precise accuracy, thanks to internet based processing services that uploading and processing datas using precise ephemeris informations and the clock correction, users save up to need using GNSS processing softwares.

In this study, The raw datas of continuous broadcasting station has been processed automatically using many web-based GNSS processing services and has been analyzed at different time periods and has been compared with all programs. The usability of system has been seen about processing datas.

Consequently, YILDIZ GNSS point (YLDZ) which is supported by Yildiz Technical University Scientific Research Projects Coordination Office, established under 2012-05-03-KAP01 numbered project and is at Davutpaşa Campus, Geomatics Engineering

Department of the roof of the facility, has been used. These point's 24 hours raw datas have been received on July 5th 2015, August 5th 2015 and September 5th 2015, Then have been divided into 12, 6, 3, 2, 1 hours GNSS sessions. This five GNSS sessions different datas have been processed by internet based GNSS processing services which are CSRS-PPP, AUSPOS, OPUS, APPS, GAPS, MAGIC-GNSS. Processing has been started with uploading raw datas and processed very quickly them with the data of reference stations and send with e-mail the results and analyses to the user back precise point position components or show on the screen to some GNSS processing services. The datas of conclusion from this systems are compared with already fixed coordinates of YLDZ station. According to this study, using the technique of Precise Point Positioning says that this systems can provide that required the accuracy of expectations.

Keywords: Gns, the web based gnss processing services, ppp, the accuracy of precise point positioning, the accuracy analysis.



1.1 Literatür Özeti

Konum belirleme, tarihin ilk zamanlarından beri insanlık için hep önemli olmuştur. Yapılan araştırmalarda milattan önceki yıllara ait ilkel ölçüm planları bulunmuştur. Zamanında ilkel yöntemler ile kabaca konum belirleme yapılıyordu. İhtiyaçlar arttıkça farklı yöntemler arandı ve farklı yöntemlerle ölçümler gerçekleştirilmeye başlandı. Son yıllarda hesaplama teknikleri ve uydu sistemleri geliştirildi.

İlk yapay uydu olan SPUTNİK-1'in 04 Ekim 1957 tarihinde uzaya fırlatılmasıyla, jeodezi bilimi içerisinde önemli bir yer edinen uzay jeodezisinin temelleri atılmıştır. 1978 yılında ilk GPS uydusu yörüngeye yerleştirildiğinde, ilk kez üç boyutlu ve yaklaşık 300 metre doğruluğunda gerçek zamanlı konum, hız ve zaman bilgisi elde edildiğinde bilim dünyasında büyük bir coşku yaşanmıştı [1]. Daha sonrasında GPS uyduları daha da geliştirildi. Bu gelişmelere ek olarak Rusya GLONASS, Avrupa Birliği GALILEO ve Çin COMPASS/BEIDOU uydu sistemlerini geliştirdi. Bu sistemler GNSS olarak adlandırıldı.

GNSS ölçmelerine dayalı olarak konum bilgileri ya mutlak ya da rölatif (bağlı) yöntemlerle elde edilir. Bağlı yöntemde noktalar arasında eş zamanlı ölçmeler gerekirken mutlak yöntemde ise tek noktada gerçekleştirilmiş GNSS ölçmeleri yeterli olmaktadır. Bağlı konum belirleme jeodezik ve yerbilimleri uygulamalarında eskiden beri en yaygın bir şekilde yüksek hassasiyetli konum bilgileri üretmek için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

GNSS sistemlerinde hızla devam eden modernizasyon çalışmaları sonucunda ve başta International GNSS Service (IGS) olmak üzere, Jet Propulsion Laboratory (JPL), Center for Orbit Determination in Europe (CODE) gibi kuruluşlar tarafından üretilen hassas uydu ve saat bilgilerinin ulaşabilir olması ve tek GNSS alıcısı ile konumlarının hesaplanmasına imkan veren algoritmaların geliştirilmesi PPP (Precise Point Positioning-Hassas Nokta Konumlama) olarak adlandırılan yöntemin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Yüksek doğruluklu küresel jeodezik GPS teknolojisi kullanımında, çözümlene ve analiz yazılımlarının daha karmaşık hale geldiği günümüzde Internet üzerinden web-tabanlı otomatik çözümlene önem kazanmıştır. GPS ölçülerinin değerlendirilmesi için geleneksel yöntemlere alternatif olarak web-tabanlı GPS veri işleme sistemleri ilk olarak 2001 yılında iki ayrı sistem NASA Jet Propulsion Laboratory's Auto-GIPSY Servisi (JPL) ve Scripps Orbit and Permanent Array Center (SOPAC) olarak hizmete girmiştir. Günümüzde bu sistemlere ek olarak Online Positioning User Service (OPUS), Australian Online Positioning Service (AUSPOS), Canadian Spatial Reference System Precise Point Positioning (CSRS-PPP), GPS Analysis and Positioning Software (GAPS), Magic-PPP, APPS adlı sistemler de hizmet vermektedir.

Son yıllarda PPP yöntemi hem konum belirleme duyarlılığının artması hem de kullanım kolaylığı açısından birçok araştırmada yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. PPP [2], [3], [4] yöntemi tek bir GNSS alıcısı ile toplanan ölçülerden global referans çerçevesinde yüksek doğruluklu konum bilgilerinin hesaplanması yöntemidir. PPP cm mertebesinde konum üreten uygun ve düşük maliyetli bir yöntemdir [5]. Çift frekanslı alıcılarla cm-dm mertebesinde doğruluklar elde edilmektedir [2], [3], [6]. Ancak bu doğrulukların elde edilmesi için alıcı saat hatası, troposferik gecikme, uydu anten hatası, uydu faz dönmesi (wind up) etkisi, gel-git etkileri gibi birçok diğer etkinin de dikkate alınması gerekmektedir [7].

PPP yönteminin yer kabuğu hareketlerinin izlenmesi [8], [9], [10], [11], GPS sismolojisi [6], [12], deprem ön uyarı sistemi [13], GPS mareograf [14], [15] yer-yakın uyduların hassas yörüngelerinin belirlenmesi [16], kara, hava ve denizde hareketli objelerin hassas konum bilgileri [17], [18], [19], [20], yapı sağlığı izlemeleri [21] v.b. gibi birçok bilimsel ve sivil uygulamalarda etkili bir şekilde kullanıldığı gösterilmiştir [22].

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı sürekli yayın yapan YILDIZ Sabit GNSS istasyonundan(YLDZ) elde edilen farklı aylardaki günlük verilerin, internet tabanlı GNSS değerlendirme servislerinde doğruluk, performans analizlerinin yapılmasıdır. 05.07.2015, 05.08.2015 ve 05.09.2015 tarihlerinde toplanan 24 saatlik ham veriler, 1 saat, 2 saat, 3 saat, 6 saat, 12 saatlik alt veri setlerine ayrılmıştır. Bu şekilde 5 ayrı saat dilimine ayrılan veriler, internet tabanlı GPS veri değerlendirme servislerinden olan CSRS-PPP, AUSPOS, OPUS, APPS, GAPS, MAGİC-GNSS kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen Kartezyen koordinatlar, UTM koordinatlara çevrilmiş, her bir gözlem süresindeki verilerin ortalamaları ve her bir program için standart sapmaları hesaplanmıştır. YLDZ istasyonu noktasının gerçek kabul edilen koordinatı ile karşılaştırılmıştır. Rastlantısal hata ve sistematik hataları belirlenen değerler toplanarak her servisin 1, 2, 3, 6, 12, 24 saatlik verilerinin genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri hesaplanmıştır, her bir servis için performans puanlaması yapılmıştır. Sonuç olarak sabit bir referans istasyonuna bağlı kalmadan ve herhangi bir GNSS veri değerlendirme yazılım programına ihtiyaç olmadan, ölçü süresine bağlı, konum belirleme doğruluğu ve tekrar edebilirlik gibi hususlar internet tabanlı servisler kullanılarak test edilmiştir.

1.3 Hipotez

Konum doğruluğunu etkileyen hata kaynaklarının yarattığı olumsuz durumlara rağmen gerek hassas efemeris bilgileri gerekse hassas uydu konum bilgilerini kullanılarak internet tabanlı programlar ile cm hassasiyetinde konum doğrulukları elde edilmektedir. Değerlendirmeye alınan veri oturum sürelerinin, değerlendirme sonucunda istenen doğruluğu etkilediği gözlemlenmektedir.

UYDULARLA KONUM BELİRLEME SİSTEMİ (GNSS)

Geçmişten günümüze insanoğlu konum belirlemeye ihtiyaç duymuştur. Geçmişte rüzgar yönleri, yıldızlar, kaba zaman ölçümleri haritalara işlenmiş arazi işaretleri ve deniz fenerleri gibi yapay araçlar kullanılırken, günümüzde yapay uydularla konum belirleme yöntemleri kullanılmaktadır. Uydularla konum belirlemenin temeli Sovyetler Birliği'nin 1957 yılında uzaya gönderdiği ilk uydu olan SPUTNIK-1 ile atılmıştır. 1980'li yıllarla beraber bilgisayar ve uydu teknolojilerindeki gelişmeler ile birlikte ABD'nin Global Konum Belirleme Sistemi (GPS), 1982'de de Rus GLONASS uydu sistemi dahil olmuştur. Henüz geliştirme aşamasında olan 2000 yılında geliştirilmeye başlanmış Çin Halk Cumhuriyeti'nin Bei Dou uydu sistemi ve 2002 yılında Avrupa Birliği Ülkeleri tarafından geliştirilmeye başlanmış GALILEO uydu sistemi de ilerleyen yıllarda bu sistemler arasında yerini alacaktır. Tüm bu uydu sistemleri Uydularla Konum Belirleme Sistemleri (GNSS) adı altında toplanmaktadır [23].

2.1 Global Positioning System (GPS)

Yüzyıllardır denizciler, havacılar, kâşifler, askerler ve birçok meslek disiplininde çalışan insanlar dünya üzerinde konumlarını belirleme ihtiyacı duymuşlardır. Konum belirlemede uzaydaki yapay uydulardan faydalanma düşüncesi 1950'li yıllarda ortaya atılmıştır. 1957 yılında Rusya'nın uzaya gönderdiği Sputnik uydusundan gelen radyo frekansının zamana ve uydu ile alıcı arasındaki mesafeye göre değişimi (Doppler etkisi), Johns Hopkins Üniversitesi Uygulamalı Fizik Laboratuvarı (APL) araştırmacıları tarafından fark edildi. Bu sayede, Sputnik uydusunun yörünge konumunun belirlenmesi düşüncesi ortaya çıktı. 1960'ların başında ABD deniz kuvvetlerinin (NAVY) girişimiyle balistik füze

denizaltıları donanma filosunun yüksek doğruluklu navigasyon gereksinimlerini desteklemek üzere tasarlanıp, Navy Navigation Satellite System (NNSS), veya TRANSIT olarak adlandırılan, dünyanın ilk işlevsel uydu navigasyon sistemi kuruldu. Sistem 15 adet yerden yaklaşık 1100 km uzaktaki uydulardan ve 8 izleme istasyonundan oluşmaktaydı. Sistem askeri veya sivil amaçlı denizcilik ve havacılık sektörlerinde kullanıldı. GPS'in işlevselliğinin artması ile Transit Programınının 31 Aralık 1996 tarihinde navigasyon hizmeti sonlandırıldı.

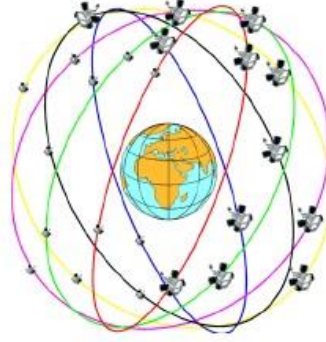
1973 yılında ABD Hava ve Deniz kuvvetleri tarafından yeni bir uzaysal konum belirleme sistemi projesinin hayata geçirilmesine ve geliştirilmesine karar verildi. Proje kapsamında 1977 de yapay uydular uzaya gönderilmeden yeryüzü üzerine belli noktalara yerleştirildi ve test çalışmaları yapıldı. 1978 ve 1985 yılları arasında dünya yörüngesine 11 uydu yerleştirildi. 1979 yılında uydu sayısının 18'e çıkarılmasına karar verildi. 1980 yılında ilk Block I uydusu faaliyete geçti. Bu uydu dünya üzerinde nükleer denemelerin gözlemlenmesi için alıcılara sahip uydu olması sebebiyle 1963 yılında ABD ile Rusya arasında gerçekleştirilen nükleer denemelerin kısıtlanması anlaşmasında kullanıldı. Yine 1980 de uydulara saniyenin milyarda biri duyarlı atom saatleri entegre edildi. Sistem 1983 yılında askeri ve kamu kurumlarının kullanımına açıldı. 1995 yılında ise tüm kullanıcıların hizmetine girdi. Artık birçok alanda hayati önem taşıyan bir araç olarak kullanıma girmiştir.

Günümüzde Block I uyduları faaliyette değildir. Block II-R, Block II-F ve Block IIR-M uyduları aktif olarak kullanılmaktadır [24].

Kısaca GPS (Global Positioning System / Global Konum Belirleme Sistemi) olarak adlandırılan bu sistem 24 saat dünya etrafında yörüngede dönen ve radyo dalgaları ile düzenli olarak kodlanmış bilgi gönderen yapay uydu ağı, yer kontrol merkezleri ve alıcı veya kullanıcıdan oluşan bir sistemler bütünüdür. Sistem uzayda konumu belli uydularla alıcı arasındaki mesafeyi ölçerek alıcının dünya üzerindeki konumunu belirler. Bu global sistem, sinyal yayınlayan uyduları içeren uzay bileşeni, tüm sistemi izleyen kontrol bileşeni ve çok çeşitli tipte alıcıları ve uygulamaları içeren kullanıcı bileşeni olmak üzere üç bileşenden oluşmaktadır [25].

2.1.1 Uzay Bölümü

Yeryüzünden yaklaşık 20183 km yükseklikte, ekvatorla 55 derecelik açı yapan an 6 düzlem üzerinde yörüngelerini saniyede 3.9 km hızla, 11 saat 58 dakikada tamamlar. Devamlılığı ve geliştirilmesi ile ilgili bütçe ABD Savunma Bakanlığına ait NAVSTAR (Navigation System with Time And Ranging) adlı uzay bölümü 32 uydudan oluşmaktadır. Bu uydular 11 saat 58 dakikada bir tam devir yaparlar.



Şekil 2. 1 GPS uydularının 6 düzlemde yörüngeleri

Altı farklı tip GPS uydusu mevcut olup bunlar; **Block I, Block II, Block IIA, Block IIR, Block IIF ve Block III** uydularıdır [23].

Block I uyduları: 1978 – 1985 yılları arasında yörüngeye oturtulmuş olup ağırlıkları 845 kg ve kullanım ömürleri 7,5 yıldır. Block I uydularının ekvator düzlemiyle yaptıkları açı 63 derecedir. Şu anda Block I uydularının hiçbiri yörüngede değildir.

Block II uyduları: Block I uydularından farklı özelliklere sahip olup ekvatorla 55 derecelik açı yapmaktadır. Yaklaşık 1500 kg ağırlığında olup ortalama ömürleri 7 yıldır.

Block IIA (A; Advanced) uyduları: Uydular arası haberleşebilme olanaklarına sahip olup, bazıları da laser ölçümlerine olanak veren reflektörler bulunmaktadır. İlk Block IIA uydusu 1990 yılında yörüngeye oturtulmuştur.

Block IIR/Block IIR-M (R:Replenishment / Replacement, M:Modified) uyduları Block II uydularının yerini almak üzere üretilmiş olup ortalama ömürleri yaklaşık 10 yıldır. Bu uyduların en önemli özelliği, saatlerinin atomik(hydrogen masers) olmasıdır [23].

İlk Block II-R uydusu 1997 yılında ve ilk Block IIR-M uydusu da 2005 yılında faaliyete geçmiştir. Günümüzde aktif olarak 12 adet Block II-R ve 7 adet Block IIR-M bulunmaktadır ve Şekil 2.2' de gösterildiği gibidir [24].

GPS constellation status, 10.02.16

Total satellites in constellation	32 SC
Operational	30 SC
In commissioning phase	1 SC
In maintenance	1 SC
In decommissioning phase	-

GPS constellation status for 10.02.16 under the analysis of the almanac accepted in IAC

Plane	Slot	PRN	NORAD	Type SC	Launch date	Input date	Outage date	Life-time (months)	Notes
A	2	31	29486	IIR-M	25.09.06	13.10.06		112.0	
	4	7	32711	IIR-M	15.03.08	24.03.08		94.7	
	5	24	38833	II-F	04.10.12	14.11.12		38.9	
	6	30	39533	II-F	21.02.14	30.05.14		20.4	
B	1	16	27663	II-R	29.01.03	18.02.03		155.8	
	2	25	36585	II-F	28.05.10	27.08.10		65.5	
	3	28	26407	II-R	16.07.00	17.08.00		185.9	
	4	12	29601	IIR-M	17.11.06	13.12.06		110.0	
	5	26	40534	II-F	25.03.15	20.04.15		9.7	
	6		34661	IIR-M	24.03.09				
C	1	29	32384	IIR-M	20.12.07	02.01.08		97.3	
	2	27	39166	II-F	15.05.13	21.06.13		31.7	
	3	19	28190	II-R	20.03.04	05.04.04		142.3	
	4	17	28874	IIR-M	26.09.05	13.11.05		123.0	
	5	8	40730	II-F	15.07.15	12.08.15		6.0	
D	1	2	28474	II-R	06.11.04	22.11.04		134.7	
	2	1	37753	II-F	16.07.11	14.10.11		51.9	
	3	21	27704	II-R	31.03.03	12.04.03		154.1	
	5	11	25933	II-R	07.10.99	03.01.00		193.4	
	6	6	39741	II-F	17.05.14	10.06.14		20.1	
	1	20	26360	II-R	11.05.00	01.06.00		188.4	
E	2	22	28129	II-R	21.12.03	12.01.04		145.1	
	3	5	35752	IIR-M	17.08.09	27.08.09		77.5	
	4	18	26690	II-R	30.01.01	15.02.01		179.9	
	6	10	41019	II-F	30.10.15	09.12.15		2.1	
	1	3	40294	II-F	29.10.14	12.12.14		14.0	
F	1	14	26605	II-R	10.11.00	10.12.00		182.1	
	2	15	32260	IIR-M	17.10.07	31.10.07		99.4	
	3	13	24876	II-R	23.07.97	31.01.98		216.5	
	4	23	28361	II-R	23.06.04	09.07.04		139.2	
	5	32	41328	II-F	05.02.16				In commissioning phase
	6	9	40105	II-F	02.08.14	17.09.14		16.8	

Şekil 2. 2 Aktif GPS uyduları [24]

Block IIF (F:Follow On) uyduları 2005-2010 yılları arasında yörüngeye yerleştirilmesi planlanmıştır. A.B.D. Uluslararası Radyo navigasyon Hizmetleri Telekomünikasyon Birliği Tarafından sivil amaçlı yeni bir sinyal olarak 1176,45 MHz frekansındaki L5 sinyalinin bu uydularda kullanılmasına karar verilmiştir [23]. Günümüzde aktif olarak 11 adet Block II-F uydusu faaliyettedir [24].

Block III uyduları henüz tasarım aşamasında olup, bunların 2010 yılından itibaren yörüngeye yerleştirilmesi planlanmıştır. Bu uyduların en önemli özelliği askeri amaçlı kullanımlarla ilgilidir. Örneğin, elektronik karıştırmaya ve aldatmaya karşı koyma (AS,

Anti Spoofing) özelliklerinin güçlendirilmesi amacıyla bu uydulardan M kodu sinyalinin yayınlanması düşünülmektedir [23].



Şekil 2. 3 Block III uydusu

2.1.2 Kontrol Bölümü

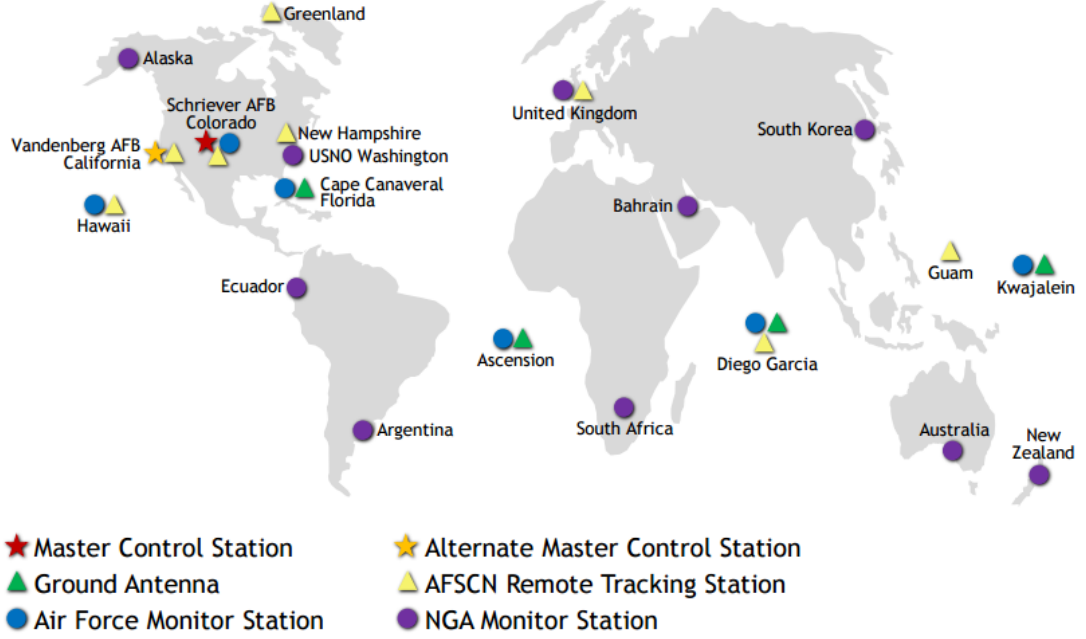
Kontrol Bölümü (Ana İzleme İstasyonları), uygun bir geometride yeryüzüne dağılmış, koordinatları SLR(Satellite Laser Ranging), VLBI(Very Long Baseline Interferometry) vb. yöntemlerle son derece iyi belirlenmiş gözlem istasyonlarından oluşmaktadır. Bu istasyonlar 24 saat sürekli P kodu pseudorange gözlemi yapılarak elde edilen verileri Colorado Springs' te bulunan Ana Kontrol istasyonuna ve hesap merkezine gönderilir. Kontrol Bölümünün en önemli görevlerinden biri uydu arasındaki birkaç nanosaniye içinde güncelleştirmeleri sağlamaktır.

Bu kapsamda yer kontrol sistemi Colorado Schriever Hava Kuvvetleri Üssünde (eski Falcon AFB) bir ana kontrol istasyonu, Kaliforniya Vandenberg Hava Kuvvetleri Üssü bir alternatif ana kontrol istasyonu ve 16 adet izleme istasyonlarından oluşur. Bunların 6 tanesi hava kuvvetleri, 10 tanesi Ulusal Yer izleme Ajansının'dır (NGA) [26].

İzleme istasyonlarının uydulardan aldığı verilerin izleme istasyonlarından kontrol istasyonuna gönderilmesi neticesinde bu verilerden yörünge bilgilerinin hesaplanıp tüm uydulara gönderilmesi sağlanır.

Kontrol bölümü ile uydular arasındaki veri iletişimi S-Bant (Veri göndermede 1783.74, veri indirmede 2227.5 Mhz) frekansından olmaktadır. Kontrol bölümü genel olarak uydulara yapılacak düzeltme ve ayarları hesaplama ve uydulara bu bilgi ve diğer uyduların konumlarını yükleme başlığı altında toplanabilir.

GPS Control Segment

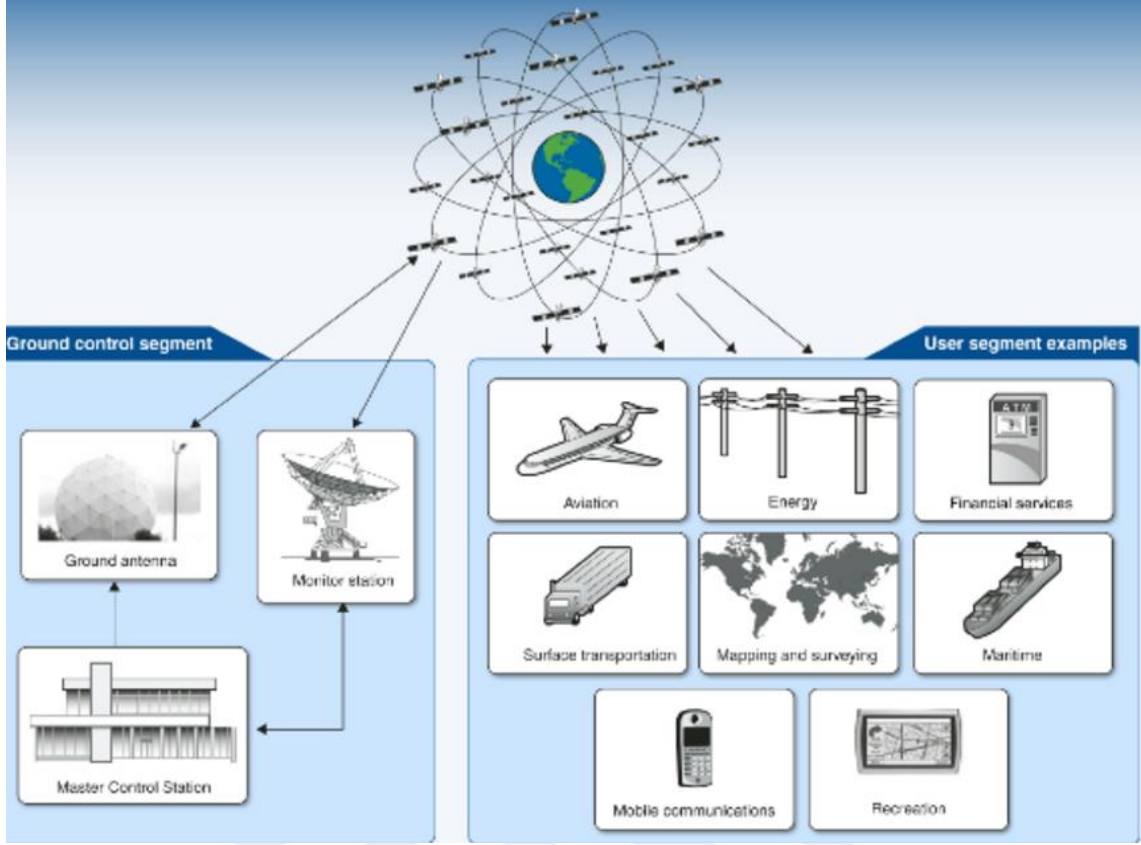


Updated April 2014

Şekil 2. 4 GPS kontrol bölümü [26]

2.1.3 Kullanıcı Bölümü

GPS çok farklı amaçlar için kullanılabilen bir sistem olmasıyla beraber, elinde GPS alıcısı bulunan herkes bir kullanıcıdır. GPS'in kullanım alanına bakıldığında Kullanıcı Bölümü için askeri ve sivil kullanıcılar olmak üzere iki ayrı sınıflandırma yapılabilir.



Şekil 2. 5 GPS temel bileşenleri

GPS ölçülerinde kullanılan en önemli donanım alıcı (receiver) ve anten sistemidir. GPS alıcısı temel işlev olarak uydu sinyalini kaydeder, kaydedilen sinyali işleme tabi tutar(signal processing), anlık (real-time) uygulamalar için koordinat dönüşümleri yapar, gerektiğinde navigasyon için gerekli bilgileri hesaplar.

GPS alıcısı anteninin temel görevi uydulardan yayınlanan sinyallerin, çevresindeki objelerden yansıyan sinyalleri (multipath) ayıklayarak almaktadır. Bazı özel tasarımlı antenler bu özelliklere ilave olarak uydulardan gelen sinyallere diğer kaynaklardan karışan (interface signals) sinyalleri de ayıklama özelliğine sahiptir.

2.1.4 GPS Sinyal Yapısı

GPS tek yönlü bir ölçme sistemidir. Temel ölçü, sinyalin uydu ile alıcı antenleri arasında yol alma süresidir. Sinyal yol alma zamanı, sinyal yayılma hızı kullanılarak mesafe ölçümüne dönüştürülür. Uyduda oluşan saat ile alıcı saatinin eş zamanlı olmamasından dolayı sinyal seyahat zamanı sistematik eşzamanlılık hatası (time bias) içerir. Bu nedenle Pseudo uzaklık olarak adlandırılan P kod gözlemi, sinyalin alıcıda algılandığı

“ t_k ” zamanı ile sinyalin uydudan çıktığı “ t^i ” zamanı arasındaki farkın, ışığın boşluktaki gerçek hızı “ c ” ile çarpılarak elde edilir [27], [28].

GPS ölçme esaslarının temeli Pseudo uzaklıkların hesaplanması olarak kabul edilebilir. Uzayda bir noktanın koordinatlarını belirlemek için eşzamanlı ölçülmüş üç uzunluk gerekmektedir. Dördüncü uzunluk ise saat eşzamanlılık hatasını belirlemek için kullanılır. Ayrıca uydu koordinatları ve uydu zamanının da belirlenmesi zorunludur [28].

Uydu osilatöründen sinyaller f_0 temel frekansından türetilir ve dalga boyları sırasıyla $\lambda_1 \approx 19$ cm ve $\lambda_2 \approx 24$ cm olan sinüzoidal L_1 ve L_2 taşıyıcı taşıyıcı sinyalleri üretir [29]. Uluslararası Telekomünikasyon Birliği ve Amerika Birleşik devletlerinin radyo düzenleme kolu L bandına uydu bazlı konumlu sistemleri için özel alt bandlar ayarlamıştır ve L_1 - L_2 bandında bu alt bandlarda yer alır [27]. Bu iki farklı frekansın üretilmesindeki temel amaç iyonosferin sinyallere göstereceği farklı tepkilerden yola çıkarak etkinin modellenmesi veya yok edilebilmesidir. L_1 ve L_2 taşıyıcı sinyalleri üzerine uydu yörünge, saat ve meteoroloji bilgileri gibi bilgiler modüle edilir. Böylece Coarse/Acquisition Code (C/A kod) ve diğeri Precision (veya Protected) Code (P kod) olmak üzere iki farklı navigasyon bilgisi üretirler. C/A kod ve P kod L_1 ve L_2 taşıyıcıları zaman bakımından senkronize edilmiştir. P koda ilişkin bilgiler L_1 ve L_2 taşıyıcısı üzerine +1 ve -1 faz modülasyon durumları şeklinde yüklenir [29].

C/A kod her 1/1000 saniyede tekrarlanır, dalga boyu 300 metredir ve her bir uydu için ayrı kod atanır. Daha iyi hassasiyet kısa dalga boyları ile elde edilir ve bunun için GPS uyduları P kodu yayınlar. P kodun dalga boyu 30 m’dir ve 266 günde bir tekrarlanır. P kod’da her bir uydu için ayrı ayrı atanır ve cumartesiye pazara bağlayan her hafta yeniden yüklenir [28].

Uydu ile alıcı arasındaki ölçülen mesafeyi konum bilgisine dönüştürmek için alıcıların uyduların konum bilgisini alması gerekmektedir. Bu işlemi gerçek zamanlı olarak kolayca yapabilmek için uyduların yayın bilgisi gerekmektedir [28]. Buna göre L_1 ve L_2 taşıyıcılarına C/A ve P kodlarından başka üçüncü tip bir yayın, saniyede 50 Hz frekansındaki navigasyon mesajı yerleştirilir. Toplam 1500 bit uzunluğunda ve 5 alt bölümden oluşan mesajın birinci alt bölümünde uydu saat hataları için polinom katsayıları, iki ve üçüncü alt bölümde uydu (yayın) efemeris bilgileri yer alır. Dört ve

beşinci alt bölümdeki bilgileri de bu alt bölümlerde yer alır. Taşıyıcı, kod ve navigasyon mesajlarına ait genel bir özet Çizelge 2.1’ de verilmektedir [29].

Çizelge 2.1 GPS sinyal yapısı ve elemanları

SİNYAL	YAPISI	FREKANS	DALGA BOYU	HATA
Temel Frekans	f_0	10.23 Mhz	30 cm	0.3 m
L1 Taşıyıcı	$154 f_0$	1575.42 MHz	19 cm	1.9 m
L2 Taşıyıcı	$120f_0$	1227.60 MHz	24 cm	2.4 m
P-Kodu	f_0	10.23 MHz	30 cm	0.3 m
C/A kodu	$f_0/10$	1.023 MHz	300 cm	3 m
Navigasyon Mesajı	$f_0/204600$	50 MHz		

2.1.5 GPS Ölçüleri

Kavramsal olarak GPS ölçmeleri, alınan ve alıcıda türetilen sinyallerin karşılaştırılmasına bağlı olarak, ölçülen zaman ve faz farklılıklarından elde edilen uzunluklardır [30]. GPS sinyalleri üzerinde yapılabilecek iki ana ölçme türü kod ve taşıyıcı faz ölçmeleridir. Kod ölçmeleri PRN kodlarına dayalıdır ve bazen “ kod uzunluk” ya da “kod faz” olarak da adlandırılabilir. Taşıyıcı faz ölçüleri kod ölçülerinden daha hassastır, ancak kodlara göre çok daha fazla belirsizlik (ambiguity) derecesine sahiptir [30]. Yüksek performanslı alıcıların birçoğu hem kod, hem de taşıyıcı faz ölçüsü yapabilirler [31].

Bir alıcıdan yapılan ölçü “pseudorange” olarak adlandırılır. “Pseudo” öneki hem alıcı hem de uydu saat hatalarından kaynaklanan saat hatasından ileri gelir. Uydu saat hataları uydu mesajından elde edilebilen saat düzeltmelerinin kullanıldığı varsayımıyla 3 metreden daha azdır [32]. Alıcı saat hataları alıcı saatinin kalitesine bağlı olarak 10-100 metre arasında değişmektedir [33]. Saat hatalarının yanı sıra çeşitli küçük hata bileşenlerini içeren uzunluk ölçmesi aşağıdaki gibi verilir [28], [31], [34].

$$P = \rho + d_p + c(d_t - d_\tau) + d_{ion} + d_{trop} + d_e + \epsilon_p + \epsilon_{Mp} \quad (2.1)$$

Burada,

P , ölçülen kod uzunluğu (m),

ρ , uydu ve alıcı anteni arasındaki geometrik uzunluk (m),

d_p , yörünge hatası (m),

c , boşlukta ışığın yayılma hızı (m/s),

d_t , uydu saat hatası (s),
 d_T , alıcı saat hatası (s),
 d_{ion} , iyonosferik gecikme hatası (m),
 d_{trop} , troposferik gecikme hatası (m),
 d_e , uydu ve alıcı donanım noise değeri (m),
 ϵ_p , alıcı kod noise değeri (m) ve
 ϵ_{Mp} , kod multipath hatası (m),
olarak ifade edilmiştir [31].

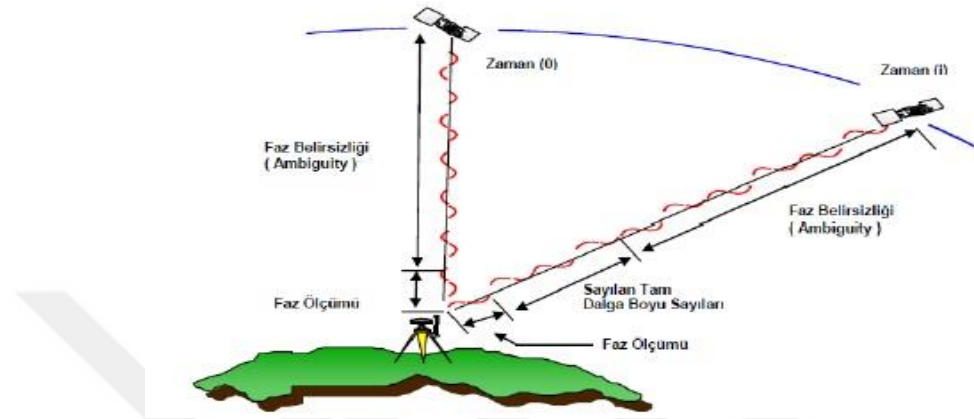
Taşıyıcı faz, alınan uydu taşıyıcısının GPS alıcısında yaratılan sabit frekanslı bir sinyalle karşılaştırılması yoluyla ölçülür [25]. Taşıyıcı faz ölçmeleri için, tamsayı çevrim belirsizliğine dikkat edilmelidir. Bir alıcı, taşıyıcı faz vuruşunun yalnızca ondalık bölümünü ölçebildiği için, her faz ölçmesindeki dalga boylarının tamsayısı bilinmemektedir. Bu nedenle bilinmeyen tamsayı, tamsayı çevrim belirsizliği olarak adlandırılır. Tamsayı çevrim belirsizlik değerleri alıcılar veya farklı uydular arasındaki ölçmeler için bağımsızdır. Ancak faz sıçraması gerçekleşmediği sürece, belirsizlik değerleri farklı epoklarda yapılan ardışık ölçmeler için sabittir. Başlangıç tamsayı çevrim belirsizliği güvenilir olarak çözüldükten sonra taşıyıcı faz ölçmesi diferansiyel modda oldukça hassas konum sağlayacaktır. Bir alıcıdan yapılan faz ölçmesi (2.2) ile ifade edilebilir [27],[31],[34].

$$\phi = \rho + d_p + c(d_t - d_T) + \lambda N - d_{ion} + d_{trop} + d_e + \epsilon_\phi + \epsilon_{M\phi} \quad (2.2)$$

Burada,

ϕ , ölçülen taşıyıcı faz (m),
 λ , taşıyıcı dalga boyu (m),
 N , tamsayı çevrim belirsizliği (çevrim),
 ϵ_ϕ , alıcı taşıyıcı noise değeri ve
 $\epsilon_{M\phi}$, taşıyıcı faz yansıma hatası (m)
olarak ifade edilmiştir [31].

Her iki ölçme eşitliği karşılaştırıldığında farklı olarak taşıyıcı faz ölçmeleri tamsayı çevrim belirsizliğini ifade eden ek bir parametre içermekte ve faz gözlemleri iyonosferde hızlanarak geçtiği, kod gözlemleri ise yavaşlayarak geçtiği için iyonosferik gecikme parametreleri ters işaretlidir. Yansıma hatası ve noise değerleri ise kod ve taşıyıcı değerleri artmaktadır.



Şekil 2. 6 Taşıyıcı dalga faz belirsizliği

2.1.6 GPS Uydu Yörüngeleri

Yörünge bilgileri (broadcast ephemeris), yer izleme istasyonları tarafından önceden tahmin edilerek uydulara gönderilen ve uydu sinyalleri ile yayınlanan uydu konum bilgileridir. Yayın efemeris bilgileri GPS kontrol bölümü izleme istasyonlarından toplanan kod (pseudorange) gözlemlerine dayalı olarak üretilmektedir. Yayın efemerisi anlık olarak yayınlanmakta olup yaklaşık 12 ile 36 saatlik bir süre için geçerlidir. Yalnızca 6 izleme stasyonunda toplanan verilerle üretildiği düşünüldüğünde elde edilen doğruluğun ($\approx 5-10$ m) oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Yayın efemerisi sayısal integrasyon yöntemi ile hesaplanmakta olup, navigasyon mesajı içerisinde başlangıç durumu ve hız vektörleri ya da uydulara ait jeosentrik konumların yayınlanması yerine Pseudo-Kepler elemanları ve bunlardan bazılarına ilişkin zamana bağlı değişimleri (düzeltmeler) yayınlanmaktadır. Hesaplanan yeni elemanlar iki saatte bir güncellenerek yayınlanmaktadır [1].

Daha hassas sonuç gerektiren işlerde hassas efemeris (precise ephemeris) kullanılması ile doğruluk arttırılabilir. Hassas efemeris, dünya yüzeyine dağılmış çok sayıda

istasyondan elde edilen uydu verilerinin değerlendirilmesi ile (post-processing) elde edilmiş sonuçlar olup internetten ulaşılabilmektedir.

Çizelge 2.2 Duyarlı yörünge/saat bilgileri üreten kurum ve kuruluşlar [35]

Kurum/Kuruluş Adı	Kullanılan Yazılım
Jet Propulsion Laboratory (JPL)	GIPSY-OASIS II
Scripps Orbit and Permanent Array Center (SOPAC)	GAMIT
Center for Orbit Determination in Europe (CODE)	BERNESE
National Geodetic Survey (NGS)	PAGES

İki farklı Hassas efemeris, kullanıcılar için kullanıma sunulmuştur. Bunlardan ilki NGS hassas efemerisidir. Üretiminden A.B.D NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) sorumludur. NGS hassas efemerisi gözlem anından itibaren 2 ile 6 gün arasında kullanıcıların hizmetine internet aracılığı ile UNIX-sıkıştırılmış formatta sunulmaktadır.

NGS efemerisi ITRF sisteminde ve IERS noktalarına ait duyarlı koordinatlar kullanılarak hesaplanmakta olup, SP3 (Standart Product 3) formatında ASCII olarak üretilmektedir. NGS, SP3 formatındaki dosya isimlendirilmesinde NGS0wwwwn.aaa (www: GPS haftasını, n: haftanın gününü, aaa ise dosya türünü (sp3(efemeris), Sum(özet bilgi), ERP(yer dönme parametreleri))) genel tanımlamasını kullanmaktadır.

İkinci olarak IGS (International GPS Service) yörünge bilgilerinin (efemerisleri) üretimi 21 Haziran 1992 tarihinde gerçekleştirilen deneme amaçlı bir GPS ölçü kampanyası ile başlatılmıştır. Daha önce açıklanan yayın ve NGS duyarlı efemerislerin tersine IGS yörüngeleri, duyarlı P-Kod alıcılarının kurulu olduğu yoğun bir global ağda yapılan faz gözlemlerinden yararlanılarak oluşturulmaktadır.

IGS yörüngelerinin resmi olarak dağıtımı 1 Ocak 1994 tarihinde başlamış olup, dağıtım IGS merkezi ile global ve bölgesel veri analiz merkezleri tarafından yapılmaktadır. Günümüzde IGS, bilimsel çalışma ve mühendislik uygulamalarında yeterli doğrulukta kullanılacak GPS ölçülerinin toplanması, arşivlenmesi ve dağıtımından sorumludur. Bu GPS ölçüleri aşağıdaki ürünlerin elde edilmesi için kullanılmaktadır.

- Yüksek doğruluklu GPS uydu efemerisi

- Yer dönme parametreleri (ERP)
- IGS izleme istasyonlarının koordinatları ve bunların hareket miktarları (hızları),
- GPS uyduları ve IGS izleme istasyonlarına ilişkin saat bilgileri,
- Troposferik zenit gecikme değerlerinin hesabı

IGS ürünleri, ITRF sisteminin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi, yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesi, deniz yüzeyindeki değişimlerin belirlenmesi ve iyonosferik çalışmaların gerektirdiği yüksek doğruluğu sağlamaktadır.

IGS üç farklı yörünge bilgisi üretmekte olup bunlar; IGS Sonuç (IGS Final), IGS Hızlı (IGS Rapid; IGR) ve IGS Ultra Hızlı (IGS Ultra Rapid; IGU) efemerisleridir. Efemeris dışındaki IGS ürünleri, saat parametreleri, kutup parametreleri, UT1-UTC, ITRF sisteminde uydu ve nokta koordinatları, iyonosfer modelleri, alıcı anteni kalibrasyon tabloları şeklinde sayılabilir. Günümüzde elde edilen IGS yörünge doğrulukları aşağıdaki tabloda belirtilmiştir. Ayrıca kullanıcılara açık olan bu sistem [36], [37] internet adreslerinden ücretsiz olarak temin edilebilmektedir [1].

Çizelge 2. 3 IGS yörünge doğrulukları [35]

Yörünge	Doğruluk	Elde Etme Süresi
Yayın Efemerisi (Broadcast)	~ 260 cm / 7 ns	Anlık (real time)
IGS Kestirim (predicted)	~ 0.25 cm / 5 ns	Anlık
IGS Hızlı	5 cm / 0.2 ns	17 saat sonra
IGS Sonuç	<5 cm / 0.1 ns	13 gün sonra

2.2 GLONASS

GLONASS sistemi Ruslar tarafından 1976 yılında kurulmuştur. 1995 yılında tamamlanmak üzere 2 Ekim 1982 tarihinden itibaren GLONASS uyduları fırlatılmaya başlanmıştır. GLONASS Sovyet askeri kuvvetlerinin balistik füzelerinin gerçek zamanlı konum ve hız tespiti ve hedeflemedeki hassasiyetini artırmak için geliştirilmiştir. Rus ekonomisinin bozulmasıyla GLONASS sistemine yatırımlar durmuş, uyduların modernizasyonu gerçekleştirilememiştir. 2001 yılından itibaren Rusya, Hindistan ile beraber sistemi tekrar çalıştırmaya başlayarak yatırımlarını artırmıştır. 2008 yılında

kullanımda 18 uydu, 2009 yılında 21 kullanımda 3'ü yedek olmak üzere 24 uydu hedeflenmiştir [38].

Günümüzde 23 aktif 1 adet kullanıma alma aşamasında 24 uydu mevcuttur. Ayrıca 3 GLONASS uydusu kontrol altında ve 1 tanesi de uçuş testleri aşamasındadır. Şekil 2.7 de GLONASS uyduları ayrıntılı olarak gösterilmektedir.

GLONASS constellation status, 10.02.2016

Total satellites in constellation	28 SC
Operational	23 SC
In commissioning phase	1 SC
In maintenance	-
Under check by the Satellite Prime Contractor	3 SC
Spares	-
In flight tests phase	1 SC

GLONASS Constellation Status at 10.02.2016 based on both the almanac analysis and navigation messages received at 11:00 10.02.16 (UTC) in IAC PNT TsNIImash

Orb. slot	Orb. pl.	RF chnl	# GC	Launched	Operation begins	Operation ends	Life-time (months)	Satellite health status		Comments
								In almanac	In ephemeris (UTC)	
1	1	01	730	14.12.09	30.01.10		73.9	+	+ 11:00 10.02.16	In operation
2	1	-4	747	26.04.13	04.07.13		33.5	+	+ 11:00 10.02.16	In operation
3	1	05	744	04.11.11	08.12.11		51.3	+	+ 11:00 10.02.16	In operation
4	1	06	742	02.10.11	25.10.11		52.3	+	+ 11:00 10.02.16	In operation
5	1	01	734	14.12.09	10.01.10		73.9	+	+ 11:00 10.02.16	In operation
6	1	-4	733	14.12.09	24.01.10		73.9	+	+ 11:00 10.02.16	In operation
7	1	05	745	04.11.11	18.12.11		51.3	+	+ 11:00 10.02.16	In operation
8	1	06	743	04.11.11	20.09.12		51.3	+	+ 11:01 10.02.16	In operation
9	2	-2	736	02.09.10	04.10.10		65.3	+	+ 11:01 10.02.16	In operation
10	2	-7	717	25.12.06	03.04.07		109.6	+	+ 11:00 10.02.16	In operation
11	2	00	723	25.12.07	22.01.08		97.6	+	+ 11:00 10.02.16	In operation
12	2	-1	737	02.09.10	12.10.10		65.3	+	+ 11:00 10.02.16	In operation
13	2	-2	721	25.12.07	08.02.08		97.6	+	+ 11:00 10.02.16	In operation
14	2	-7	715	25.12.06	03.04.07		109.6	+	+ 11:00 10.02.16	In operation
15	2	00	716	25.12.06	12.10.07		109.6	+	+ 11:01 10.02.16	In operation
16	2	-1	738	02.09.10	11.10.10		65.3	+	+ 11:01 10.02.16	In operation
17	3		751	07.02.16			0.1			Commissioning Phase
18	3	-3	754	24.03.14	14.04.14		22.6	+	+ 11:00 10.02.16	In operation
19	3	03	720	26.10.07	25.11.07		99.6	+	+ 11:00 10.02.16	In operation
20	3	02	719	26.10.07	27.11.07		99.6	+	+ 11:00 10.02.16	In operation
21	3	04	755	14.06.14	03.08.14		19.9	+	+ 11:00 10.02.16	In operation
22	3	-3	731	02.03.10	28.03.10		71.4	+	+ 11:00 10.02.16	In operation
23	3	03	732	02.03.10	28.03.10		71.4	+	+ 11:01 10.02.16	In operation
24	3	02	735	02.03.10	28.03.10		71.4	+	+ 11:00 10.02.16	In operation
09	2	-6	702	01.12.14			14.3			Under check by the SPC
17	3		714	25.12.05	31.08.06	17.10.15	121.6			Under check by the SPC
20	3	-5	701	26.02.11			59.5			Flight Tests
21	3		725	25.09.08	05.11.08	02.08.14	88.6			Under check by the SPC

Şekil 2. 7 Aktif GLONASS uyduları [40]

GLONASS alıcıları üç boyutlu konumlama, hız ölçümü ve zaman ölçümü yapmak için uydular tarafından sürekli olarak yayınlanan radyo sinyallerini toplamaktadır. Her GLONASS alıcısı, en az 4-5 uydudan otomatik olarak yön bulma sinyalini almakta ve onların yaklaşık uzaklıkları (pseudo range) ile hızlarını ölçmektedir. GLONASS alıcısının

bilgisayarı tüm giriş bilgilerini işleyerek üç koordinatı, hız vektörünün üç bileşenini ve hassas zamanı hesaplamaktadır.

GLONASS uydu sistemi Sabit Yer Kontrol Bölümü tarafından yönetilir. Sistem kontrol merkezi ile birlikte Rusya'ya dağılmış izleme istasyonları bulunmaktadır. Bu istasyonlar GLONASS uydularını izleyerek uydu sinyallerinden uzaklık bilgisi ile telemetrik bilgiyi toplamaktadır. İstasyonlardan elde edilen bilgiler, uydu saati ile yörünge konumunu belirlemek için işlenmektedir. Güncelleştirilen bilgiler kullanılmak üzere istasyonlar üzerinden uydulara yayınlanmaktadır.

İstasyonlar arasındaki uzaklık bilgisi, Sabit Yer Kontrol Bölümü içerisinde bulunan kuantum optik izleme istasyonlarında bulunan lazer uzaklıkölçer aletlerinin kullanılmasıyla periyodik olarak kalibre edilmektedir. Bu nedenle her GLONASS uydusu lazer yansıtıcıları ile donatılmıştır [39].

2.3 Diğer Konumlama Sistemleri

GALILEO Avrupa Birliği ve Avrupa Uzay Ajansı tarafından inşa edilen uydu navigasyon sistemidir. GALILEO'nun amaçlarından biri savaş veya çatışma zamanlarında devre dışı bırakılabilir. Rusya'nın GLONASS, ABD'nin GPS ve Çin'in Bei Dou/COMPASS sistemlerinden tamamen bağımsız yüksek hassasiyetli konumlandırma sistemi sağlamaktadır. İlk deneysel uydu, GIOVE-A, 28 Aralık 2005 tarihinde ikinci uydu GIOVE-B, 27 Nisan 2008 tarihinde fırlatılmıştır. 27 uydu kullanımda ve 3 yedek uydu olmak üzere planlanan sistemin tam aktif olarak 2019 yılında devreye girmesi beklenmektedir.

Galileo Sisteminin frekans yapısı planlanırken L1 sinyali üzerinden yayın yapan GPS bilgilerine zarar vermeyecek şekilde yani aynı banttan gönderilen sinyaller arasında karışık olmasını engelleyecek olan modülasyon kullanılacaktır. Sistemin böyle olması durumunda alıcıların aynı frekansı kullanılmasından dolayı GPS ve GALILEO destekli olması beklenmektedir [41].

Global uydu konum belirleme sistemlerinden en yenisi olan COMPASS/Beidou, Ocak 2010 tarihinde ilk uydusunu uzaya göndermiştir. Bu uydu sisteminin, ilk aşaması olan Beidou-1 aktif olarak hizmet vermektedir. İkinci aşaması olan Beidou-2 yani bundan sonraki genel adı ile COMPASS tamamlandığında dünya çapında bir GNSS sistemi olarak

hizmet verecek ve Çin Askeri Kuvvetleri tarafından kontrol edilecektir. Sistemin tamamının 2020 yılının sonuna kadar bitirilmesi hedeflenmektedir.

EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) Amerikan GPS ve Rus GLONASS sistemini kullanarak bu sistemlerin hassasiyetlerini ve doğruluklarını arttıran Avrupa'nın uydu konum belirleme sistemidir. Bu sistem tamamlandıktan sonra Avrupa'nın Galileo sistemine de entegre edilecektir. EGNOS 'un amacı mevcut iki sistemin kullanıldığı tüm uygulamalarda (uçaklar, gemiler, havaalanları, şahsi kullanıcılar) emniyeti ve güvenilirliği artırmaktır.

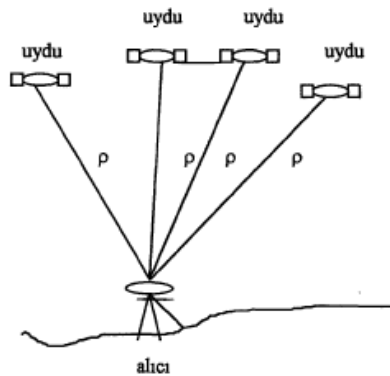
2.4 GNSS Konum Belirleme Yöntemleri

Bilimsel amaçlı çalışmalar ile mühendislik çalışmalarında daha duyarlı sonuçlara gereksinim duyulduğundan faz gözlemleri kullanılmaktadır. Mutlak konum ölçü yöntemi ve Rölatif (Bağıl) konum ölçü yöntemi olmak üzere iki farklı şekildedir.

2.4.1 Mutlak Konum Belirleme

Mutlak konum belirleme, tek bir alıcı ile normal olarak dört ya da daha fazla uydudan kod gözlemleri yapılarak doğrudan 3 boyutlu koordinatların belirlenmesi işlemidir.

Yöntem, sinyalin uydudan çıkışından alıcıya varışına kadar geçen zaman ve ışığın hızı çarpılarak elde edilen pseudo uzaklıklar ve uyduların bilinen koordinatları ile uzaydan geriden kestirme esasına dayanır [42].

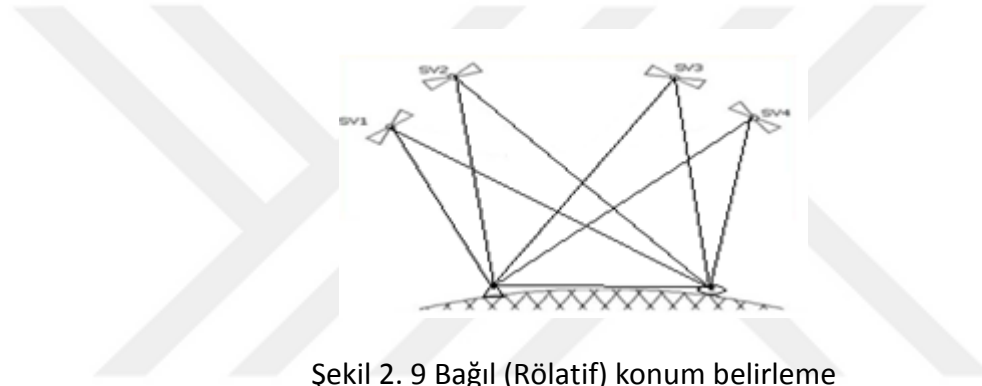


Şekil 2. 8 Mutlak konum belirleme

2.4.2 Bağıl (Rölatif) Konum Belirleme

Bağıl konum belirlemede koordinatları bilinen bir noktaya göre bir başka noktanın koordinatlarının belirlenmesi söz konusudur. Diğer bir ifadeyle bağıl konumlama ile iki nokta arasındaki baz vektörü belirlenmektedir. Bağıl konumlamada, iki ayrı noktada kurulmuş olan iki alıcı ile aynı uydulara eş zamanlı kod veya taşıyıcı faz gözlemleri söz konusudur.

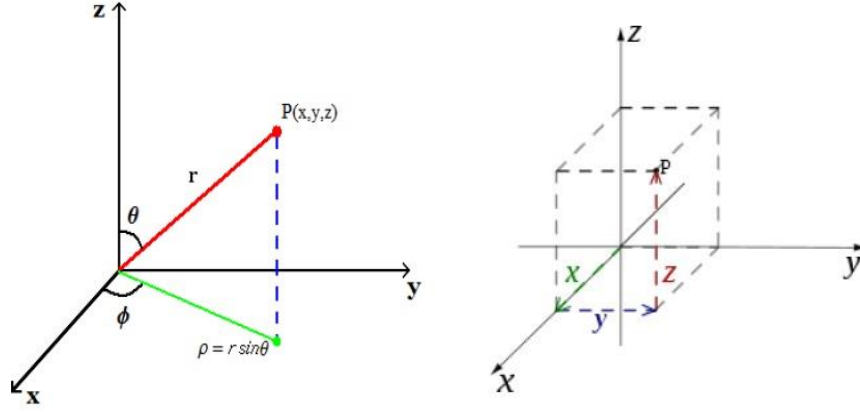
Bağıl konumlama ile elde edilen doğruluk mutlak konumla elde edilen doğruluktan daha fazladır. Elde edilen doğruluk alıcı tipi, ölçü süresi, gözlenen uydu geometrisi, uydu sayısı ve kullanılan efemeris bilgisine bağlı olarak 0.01 – 100 ppm arasında değişmektedir [42].



Şekil 2. 9 Bağıl (Rölatif) konum belirleme

2.5 Koordinat Sistemleri ve Datum

Yeryüzündeki bir nokta düşünülürse eğer, bu noktanın tanımlanabilmesi için esas olarak konumundan bahsedilmesi gerekmektedir. Konumun ise anlamlı olabilmesi için referans düzlemde ya da başka bir deyişle bir koordinat sistemi içerisinde ifade edilmesi ile mümkündür. Konum birçok yöntem ile elde edilebilir, uydu ölçmeleri ya da klasik yersel yöntemle olduğu gibi. Koordinatlar ister klasik isterse uydu ölçmeleri ile elde edilsin, bu nokta sistemin orijininin geçen düzlemlere göre ya dik mesafeler ile ya da nokta-orijin doğrultusundaki uzunluk ve bu doğrultunun bahsi geçen düzlemlerle yapmış olduğu açılarla ifade edilmektedir. Eğer konum düzlemlere dik mesafe ile belirtiliyorsa buna dik koordinat sistemi, doğrultunun düzlemlerle yapmış olduğu açı ve orijine olan uzaklıkla ifade ediliyorsa buna da kutupsal koordinat sistemi olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 2.10 a) Kutupsal b) Dik Koordinat sistemi

Yeryüzünün homojen bir yapıya sahip olmaması ve bir takım fiziksel etmenlerin etkisiyle yeryuvarına bağlı bir koordinat sistemi tanımlanmasını zorlaştırmıştır. Bu nedenle gerçeğe yakın bir şekilde yapay koordinat sistemlerinin tanımlanmasını zorunlu hale getirmiştir.

Yeryüzündeki noktaların tanımlanabilmesi amacıyla kullanılan referans koordinat sistemi için kabul edilen başlangıca “datum” adı verilir. Harita veya arazi üzerindeki bir noktanın kabul edilen bir başlangıç sistemine göre yerine bulmak için bir referans koordinat sistemi tanımlanır [43]. Her ülkenin kendi jeodezi çalışmaları için koordinat sistemini kurmaya çalışmasıyla birlikte farklı datumlu koordinat sistemleri oluşmuştur. Oluşturulacak bir koordinat sistemini etkileyen her türlü parametreye genel olarak datum parametresi denir. Sistemi tanımlayan başlangıç, dönüklük ve ölçeğin her biri ayrı bir datum parametresi olarak ele alınır [44].

ABD’ de sivil uygulamalarda klasik ölçmeler ile konum belirlemede resmi yersel referans sistemi olarak Kuzey Amerika Datumu NAD-83 kullanılmaktadır. WGS – 84 datumu ABD National Imagery and Mapping Agency (NIMA) tarafından geliştirildi. Bu datum pratik olarak kartografik amaçlar için NAD – 83’e eşittir. İki arasında önemsenmeyecek şekilde küçük olan fark basıklıklarındadır [34].

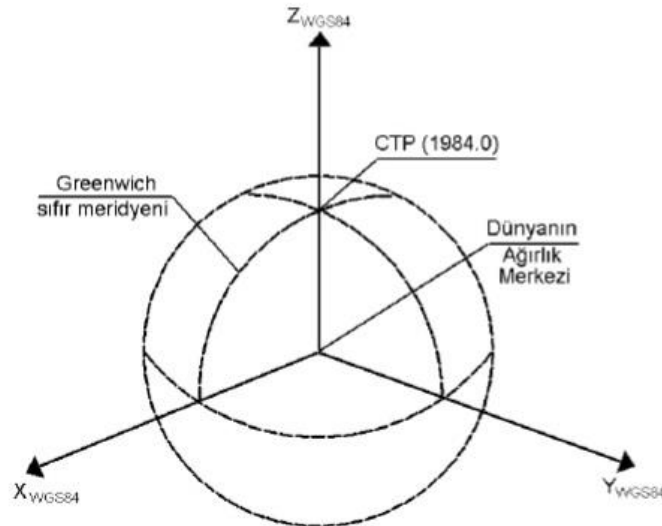
Uydu teknolojisinin konum belirleme çalışmalarında kullanılmaya başlanması ile jeodezik ağların kurulması ve nokta koordinatlarının belirlenmesi işlemleri, yatay ve dikey konum bileşenlerinin birlikte ele alındığı, farklı bir boyut kazanmıştır. WGS84 sistemi, GPS uydularının yörünge bilgilerinin tanımı için Amerika Savunma Bakanlığı

tarafından oluşturulan ve uydu navigasyon sistemlerinin temelini oluşturan yersel üç boyutlu bir koordinat sistemidir ve uluslararası yersel koordinat sistemi olarak kabul edilir. Uydulardan alınan tüm konum bilgileri WGS84 Dünya Jeodezik Sistemi 84 referans elipsoidinde hesaplanmaktadır [45].

Sistemin orijini dünyanın ağırlık merkezidir, Z eksenini BIH (Bureau International l'Heure) tarafından 1984 yılı için belirlendiği CTP' den geçer. X eksenini yine BIH tarafından tanımlanmış ortalama Greenwich meridyen düzlemi ile ekvator düzleminin kesişim doğrultusu olarak tanımlanmıştır. Y eksenini, yermerkezli bu koordinat sisteminde ekvator düzlemi üzerinde X ekseninden doğuya doğru 90° açı yapar konumdadır.

Sistemin eksenlerinin ve konumunun tanıtılmasına gelince;

- Orijin : Dünyanın ağırlık merkezinde
- Z eksenini : BIH (Bureau International l'Heure) tarafından 1984 yılı için belirlendiği CTP' den geçer.
- X eksenini : Yine BIH tarafından tanımlanmış ortalama Greenwich meridyen düzlemiyle ekvator düzleminin kesişim doğrultusu olarak tanımlanmıştır.
- Y eksenini : Yermerkezli bu koordinat sisteminde ekvator düzlemi üzerinde X ekseninden doğuya doğru 90° açı yapar konumdadır [46].



Şekil 2.11 WGS84 referans sistemi

ITRF koordinat sistemi, yer merkezli koordinat sistemidir. Yer kabuğu plaka hareketleri ve yerin içindeki kitlelerin yer değiştirmesi sonucu oluşan, referans noktalarının konum ve gravite değişiminin belirlenebilmesi için bir taraftan yüksek doğruluklu ve güvenilir referans ağı, diğer taraftan anılan nitelikteki referans ağı için değişimlerin yeterince doğru belirlenmesi gerekmektedir. Bu döngü, jeodinamik araştırmalarda jeodezi ve jeoloji ve yer mekaniği gibi yer bilimlerinin birlikte çalışmaları gerektirmektedir [47].

Uluslararası Yer Dönme Servisi (IERS) tarafından VLBI, SLR, LLR, GPS gibi jeodezik uzay teknikleri ile oluşturulan Yerel Referans Ağı (ITRF) bu bağlamda gerçekleştirilen bir çalışmadır. Bu ağ, nokta koordinatları ve noktaların hareket hızlarının, yer kabuğundaki tüm plakaların hareket ettiği varsayılan bir modele göre belirlenen dinamik bir ağıdır. ITRF sistemi yüksek doğruluklu bir referans ağıdır. Ağ noktalarında, jeodezik uzay teknikleri ile gözlemler ve değerlendirmeler devam etmektedir. IERS 'nin dışında NASA, IFAG, IGS gibi kuruluşlar küresel ve bölgesel yersel referans ağlarının oluşturulması çalışmalarına katılmaktadırlar. ITRF noktalarında sürekli gözlemler yapılmakta ve verilere internet aracılığı ile ulaşılabilmektedir [47].

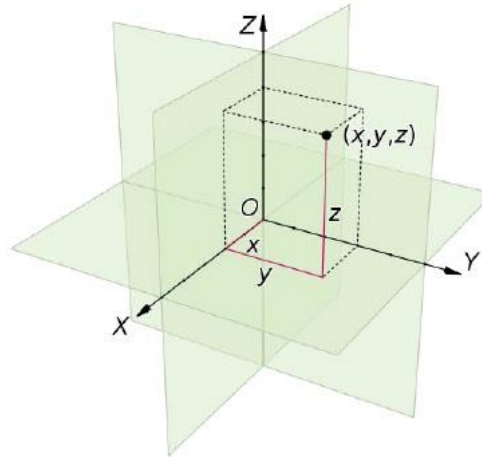
Uzun yıllardır, GPS ölçülerini değerlendirme stratejilerinde ve modellendirmelerde önemli değişiklikler olmuştur. Bunlara ek olarak ITRF tanımları da: ITRF88, ITRF89, ITRF90, ITRF91, ITRF92, ITRF93, ITRF94, ITRF96, ITRF97, ITRF2000, ITRF2005, ITRF2008 isimleri ile çok sayıda değişmiştir. Her bir ITRF değişikliğinin zaman serilerinde (ölçek ve kayıklık nedeniyle) süreksizliğe yol açtığı birçok araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur. ITRF 2000 tanımından itibaren datum tanımlaması da değiştirilmiştir. ITRF 2000 ve sonraki tanımlamalarda, belirli sayıda ana nokta koordinatlarının bir önceki değerleri sabit alınarak, bu koordinatlara göre NNR (No-Net-Rotation) koşulu uygulanmaya başlanmıştır. Sonuç olarak tüm bu yenilikler, gelişmeler ve değişiklikler değerlendirmelere ait zaman serilerinde süreksizliklere ve tutarsızlıklara neden olmaktadır [48].

ITRF 2008, en güncel ulusal yersel Dünya Yönlendirme Dönme Parametreleri 'de (EOPs) GPS, VLBI, SLR, DORIS jeodezik uzay teknikleri teknik çözümleri ile sağlanmış olup kullanılmıştır. Ölçek değişimi tüm SLR ve VLBI çözümlerinin ağırlıklı ortalamasıyla belirlenmiştir. ITRF 2008'in başlangıç epoğu olarak 2005,0 epoğu tanımlanmıştır [49].

ITRF 2008, VLB, SLR, GPS ve DORIS jeodezik uzay gözlemleri ile 29, 26, 12.5 ve 16 yıllık zaman serileri ile çözüm yapılmıştır. Böylece hassas istasyon konumları ve hızları, aynı zamanda bunları tanımlayan parametreleri, özellikle başlangıç ve ölçeği geliştirilmesi açısından ITRF2005 göre ITRF2008, yüksek performans göstermektedir [49]. Koordinat sistemleri genel olarak ele alındığında 3 ana başlık altında incelenebilir.

2.5.1 Kartezyen Koordinat Sistemi

Jeodezi biliminin çalışma alanı fiziksel yer yüzeyidir. Koordinatlar bir başlangıç noktasından başlayarak, belli kurallar uyarınca uzayan doğru ya da eğri çizgiler üzerindeki ölçek değerleri ile ifade edilirler. Bu doğrusal koordinat çizgileri, koordinat eksenleri olarak tanımlanırlar. Bir düzlem üzerinde birbirine dik iki koordinat eksenini "Kartezyen Koordinat Sistemi" adını alır. Birbirine dik üç düzlemin arakesitleri ise Üç Boyutlu Kartezyen Koordinat Sistemi adını alır [50].

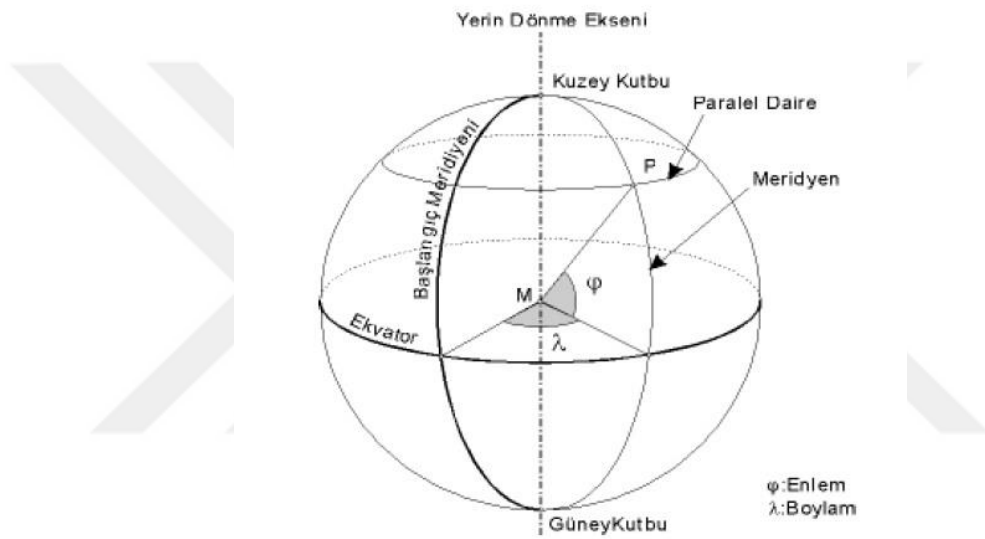


Şekil 2.12 Kartezyen koordinat sistemi

2.5.2 Coğrafi Koordinat Sistemi

Jeodezide kullanılan ikinci bir koordinat sistemi ise tanımlanan bir Kartezyen Koordinat Sistemi ile doğrudan ilişkili bir eğri koordinat sistemi olan Elipsoidal (Coğrafi) koordinat sistemidir. Başlangıç noktası Kartezyen Koordinat Sistemi'nin başlangıç noktası ile çakışık ve büyük yarı eksen XY düzleminde (ekvator düzlemi) bulunan bir dönel elipsoit ve bu elipsoide göre tanımlanan yüzeyler ile Elipsoidal (coğrafi) Koordinat Sistemi tanımlanabilir. Elipsoit üzerindeki bir Q noktasının konumu, coğrafi koordinatlarla yani enlem ve boylamlarla belirlenir. Coğrafi enlem, Q elipsoit noktasındaki yüzey

normalinin ekvatorla meydana getirdiği açı şeklinde tarif edilir ve elipsoit üzerinde ϕ (φ). Dünyanın dönme ekseninden düzlemler (meridyenler) geçirilir ve bunlardan birtanesi başlangıç (sıfır) düzlemi olarak alınır, diğer düzlemlerle başlangıç düzlemi arasında kalan açılara coğrafi boylam denilir ve elipsoit üzerinde λ (λ). Meridyen ve paralel daireler referans yüzeyinde coğrafik ağ adı verilen ağ meydana getirirler. Ancak elipsoit üzerinde olmayan bir P noktasının tanımlanabilmesi için enlem ve boylama ek bir koordinat tanımlanmalıdır. Bu üçüncü koordinat olarak tanımlanabilecek değer, ortometrik yükseklik, elipsoit yüksekliği ve jeoit yüksekliğidir [51].



Şekil 2.13 Coğrafi koordinat sistemi

2.5.3 Yerel Koordinat Sistemi

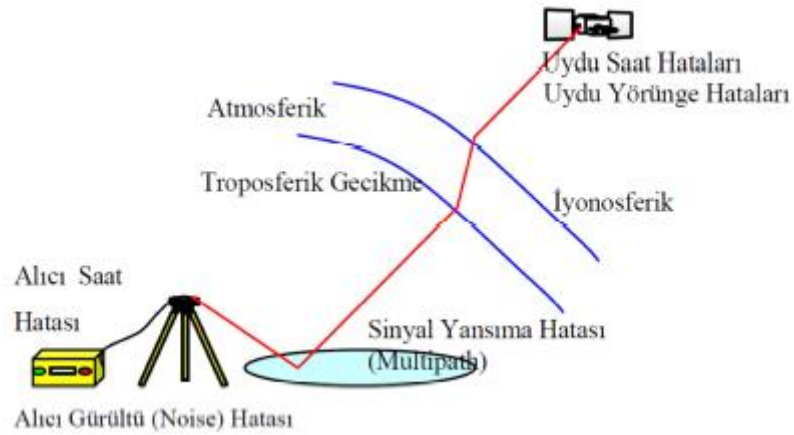
Koordinat sisteminin orijini olarak yeryüzündeki herhangi bir noktanın başlangıç kabul edildiği bir sistemdir. Bu sistem dik koordinat sistemi şeklinde tanımlanmaktadır. Ulusal ve yerel anlamda üretilen haritaların projeksiyonları ülkemizde Universal Transversal Merkator (UTM), Transversal Merkator'dur. Lokal olanlar ise düzlem projeksiyonlarda kullanıcıların karşısına çıkmaktadır. UTM projeksiyonunda üretilmiş olan haritalar genellikle 1:25000 ve daha küçük ölçekli haritalardır ve ülke düzeyinde düşük çözünürlükte dijital bilgi üretilmesine olanak verirler. Transversal Merkator projeksiyonunda olan haritalar 1:5000 ve daha büyük ölçekte olup genellikle yerel düzeyde ve yüksek çözünürlükte dijital bilgi üretilmesine olanak verirler [52].

BÖLÜM 3

GNSS HATA KAYNAKLARI

Çeşitli amaçlar için kullanılmak üzere yapılan GNSS ölçümlerinde toplanan sinyaller farklı nedenlerden dolayı hatalı bilgiler içerebilmektedir. Uzun süreli yapılan ölçümlerde (ölçüm süresi > 24 saat) sisteme dahil olan hatalar bir takım analizlerle elemine edilebilmekte, fakat kısa süreli ölçümlerde ise bu hatalar konum doğruluğu üzerindeki etkisini net bir şekilde göstermektedir.

Tarihsel olarak baktığımızda giderek azaltılmış veya elemine edilmiş olan hata kaynaklarını; geleneksel hata kaynakları ve diğer hata kaynakları başlıkları altında toplayabiliriz.



Şekil 3.1 GPS sinyaline etki eden hata kaynakları [53]

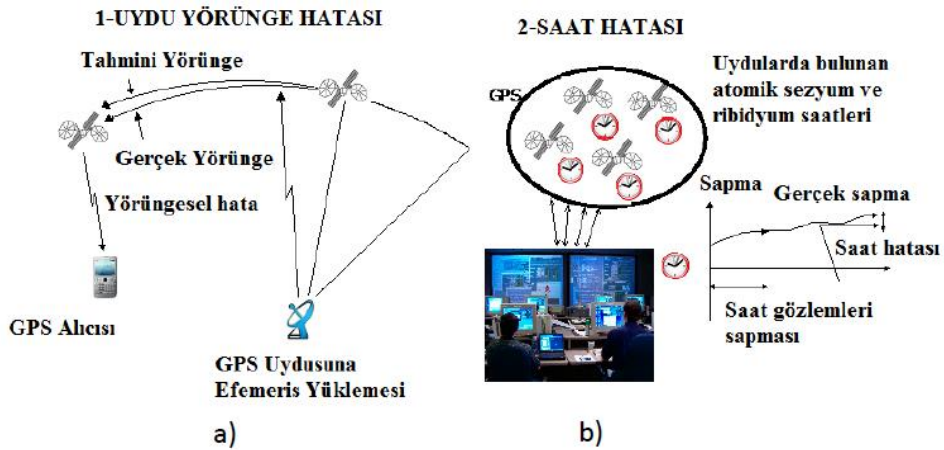
3.1 Geleneksel Hata Kaynakları

3.1.1 Yörünge ve Saat Hataları

Uydular buldukları konumda Güneş, Ay, Dünya ve diğer gezegenlerin farklı çekim etkileri ve farklı kuvvetlerin etkisi altında kalmaktadır. Buldukları bu etkilerden dolayı buldukları konum bilgisi ile bilinen konum bilgisi arasında fark bulunmaktadır. Bu farka uydu yörünge hatası denir [54], [55].

GPS uydu yörünge hataları, IGS'nin (Uluslararası GNSS Servisi) yörüngeleri yüksek doğrulukla belirlemesi nedeniyle günümüzde hata kaynağı olarak görülmemektedir [56], [57].

Block II ve Block IIA uydularında, dört adet atomik saat bulunmaktadır. Bunlardan ikisi sezyum ve diğer ikisi rubidyum atomik saatleridir. Sisteme sonradan eklenen Block IIR uyduları üç adet rubidyum saat bulundurmaktadır. Block II, Block IIA uyduları üzerinde yer alan sezyum saatler, GPS sinyallerinin üretiminde frekans ve zaman gereksinimlerini sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Diğer saatler ise yedekleme amaçlı kullanılmaktadır [7]. GPS uydu saat hataları, saat hatası, saat sapması olarak da tarif edilir ve GPS zamanı ile arasındaki uyumsuzluktan, yeni sinyalin alıcıya ulaşma süresinin doğru tespit edilememesinden kaynaklanmaktadır. Bu hataları en aza indirmek için uydularda yüksek hassasiyetli atomik saatler bulunmaktadır. Uydu saat hatası kullanıcılara navigasyon mesajında iletilmektedir [55].



Şekil 3.2 a) Uydu yörünge hatası b) Saat hatası

3.1.2 İyonosferik Hata

İyonosfer, hava moleküllerinin ileri derecede yoğunlaşmış halde bulunduğu ve elektrik iletkenliği kazandığı, elektromanyetik dalgaları yansıtacak miktarda iyonların ve serbest elektronların bulunduğu yeryüzünden yaklaşık 50 km ile 1000 km arasında yükseklikte bulunan atmosferik tabakadır [58].

İyonosferdeki bu serbest elektronlar mikrodalga sinyallerin yayılmasını yani hızını, yönünü ve kutuplaşmasını etkiler. En büyük etki ise sinyallerin hızında olur ve bu da birincil olarak ölçülen mesafeyi etkiler [55].

İyonizasyon derecesi, jeomanyetik etkilerin büyük rol oynadığı güneş aktiviteleriyle korelasyonlu olan büyük değişimler gösterir [59]. İyonosferik fırtına olarak da ifade edilen bu jeomanyetik etkileri veya manyetik fırtınaları Dst indisi gibi bir parametre ile izlemek mümkündür [57]. Manyetik fırtınalar, özellikle yüksek enlem ve ekvator bölgelerinde GPS sinyallerini etkilemektedir. Skolastik özellikteki manyetik fırtına kaynaklı iyonosferik düzensizlikler, sinyal fazında hızlı ani değişimler meydana getirmektedirler.

Uydu konumlandırma ve navigasyonda daha yüksek doğruluğu elde etmek için iyonik etkinin hesaba katılması gerekir. Kırılma indeksi iyonosferi karakterize etmek için en önemli parametrelerden biridir. İyonosferin radyo dalgaları için saçıcı etkisi, eşitlikte serbest elektron yoğunluğu ile birlikte, frekansın fonksiyonu olarak kırıcı indisi ile ifade edilir. Taşıyıcı faz gözlemlerinde iyonosferin kırıcı indisi;

$$n_{\phi} = 1 - (\alpha N_e) \setminus f^2 \quad (3.1)$$

şeklinde ifade edilirken pseudo gözlemlerindeki iyonosferin kırıcı etkisi

$$n_p = 1 + (\alpha N_e) \setminus f^2 \quad (3.2)$$

şeklinde ifade edilir. Burada α sabit sayı (40.28), N_e her m^{-3} 'teki elektron sayısı, f ise Hz cinsinden frekans olarak ifade edilir. n_{ϕ} ve n_p kırılma indislerinin radio sinyal yolu boyunca integrali alınırsa

$$\rho_{\phi} = \int_s (1 - (\alpha N_e) \setminus f^2) dS = \rho - d_{ion} \quad (3.3)$$

ve

$$\rho_p = \int_s (1 + (\alpha N_e) \setminus f^2) dS = \rho + d_{ion} \quad (3.4)$$

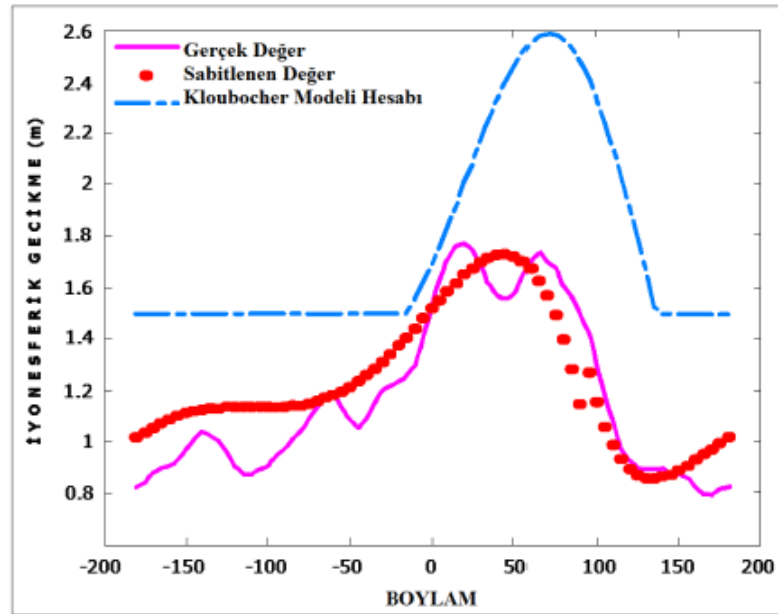
olur ve burada ρ geometric uzaklık ve d_{ion} iyonosfer mesafe hatasıdır. d_{ion} ise aşağıdaki şekilde ifade edilir [27], [57].

$$d_{ion} = \alpha TEC / f^2 \quad (3.5)$$

TEC toplam elektron yoğunluğu 10^6 elektron / m^2 birimindedir. TEC, Güneş ışınlarına bağlı uzun ve kısa periyodlu iyon değişimleri, dünyanın manyetik alanı, mevsim, zaman (gün ve saat), alıcı ve uydunun konumu gibi pek çok nedene bağlı olarak değişmektedir [29], [60], [61]. Örneğin dünyanın her yerinde yerel zamanla 14:00' te TEC maksimum değere ulaşır. Kuzey yarım kürede kışın ve ekinoks aylarında maksimum, yaz aylarında ise minimum değerdedir [29]. Çift frekanslı konumlama sistemlerinin avantajı iyonosferin doğal olan saçıcı etkisini düzeltebilmesidir [27], [57]. Bu nedenden dolayı GPS uyduları 1.57542 Ghz frekansında L_1 ve L_2 pseudo ölçümlerinin lineer kombinasyonlarıyla ve aynı şekilde faz ölçümleriyle iyonosferik etki kestirilebilir veya büyük oranda çıkartılabilir. Örnek olarak faz gözlemleri için iyonosferik etki:

$$d_{ion} = [f_2^2 / (f_2^2 - f_1^2)] * [P_1 - P_2] + e \quad (3.6)$$

şeklinde ifade edilir. Burada f_1 ve f_2 sırasıyla L_1 ve L_2 sinyallerinin frekansları, P_1 ve P_2 sırasıyla L_1 ve L_2 pseudo ölçümleri ve e indisi ise rastgele hata veya modellenemeyen hatayı ifade etmektedir [61].



Şekil 3.3 Kloboucher İyonosfer Modeli

3.1.3 Troposferik Hata

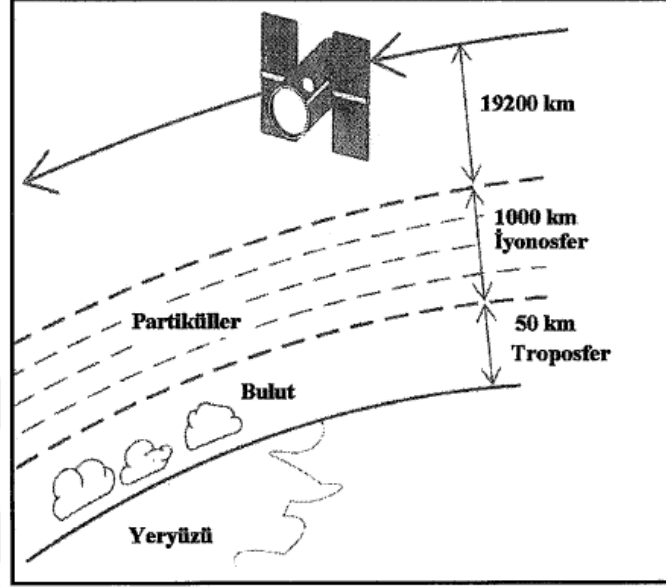
GNSS uydularından yayınlanan sinyaller atmosfere girmeden önce uzaydaki boşlukta ilerler. Bu sinyaller atmosfere girdiklerinde geçtikleri ilk tabaka iyonosferdir. Troposfer, havanın yeryüzü ile temas halinde olan en alt tabakasıdır. Kalınlığı kutuplarda yaklaşık 8 km, ekvator da ise yaklaşık 16 km'dir. İyonosfer tabakasının aksine troposfer tabakası elektrik yüklü olmadığından yaklaşık 15 Ghz'e kadar olan radio frekansları için dağıtıcı özelliğe sahip değildir. Bu nedenle troposfer tabakasındaki GPS sinyallerinin yayılması frekansa bağlı değildir. Troposferik etki GNSS alıcılarının çift frekanslı özelliğinden yararlanılarak elemine edilememektedir [7], [25].

Troposferik gecikme alıcının yüksekliği ve uydu yükseklik açısının bir fonksiyonudur. Bu gecikme atmosferik basınç, sıcaklık ve su buharı oranına bağlıdır. Troposferik gecikme alıcının başucu doğrultusunda gelen sinyallerde yaklaşık 2 m kadar, alıcının 10 derecelik yükseklik engel açısında gelen sinyal ise 20 m kadar bir gecikmeye sebep olur [62].

Havadaki su buharının tamamına yakını bu katmanda olup, elektromanyetik sinyaller ıslak ve kuru katmanlardan geçiş sırasında farklı etkilere maruz kalırlar. Bu sebeple, troposfer etkisi ıslak ve kuru bileşenler olarak farklı modellemeler ile hesaplanır. Kuru bileşenin etkisi basınç, sıcaklık ve yaklaşık enlemin bir fonksiyonu olarak modellenebilse de ıslak bileşen çok daha değişken bir etki gösterir. Troposferik etkinin veya hatanın tahmininde kullanılan ıslak kısım parametresi atmosferdeki sinyalin geçtiği yola bağlıdır. Yüzey ya da yeryüzünde ölçülen basınç, sıcaklık ve rölatif nemlilik gibi parametrelerle tam olarak ilişkili değildir. Ayrıca, atmosferdeki su buharı bu parametreyi etkilemekte ve su buharının atmosferdeki dağılımı homojen olmayıp zaman ve yer içerisinde değişiklik göstermektedir. Değişik modeller kullanılarak bu hatanın ıslak kısmı modellenebilir [63].

Troposferik gecikmeyi tahmin etmek amacıyla pek çok standart troposfer model (tropospheric mapping functions) kullanılabilir (Hopfield, Saastamoinen, Black, Neil vb.). Troposferik modellerin kullanılmasıyla elde edilen troposferik gecikme değerleri ölçülere düzeltme olarak getirilmektedir. Burada amaçlanan, üretilen ve veri işlemede kullanılan modellerin gerçekçi gecikme değerleri üretebilmesidir. Ancak, uygulamada bu durum geçerli olamayabilmektedir. Bu konudaki temel sorun troposferin ya da bütün olarak atmosferin doğasının tam olarak anlaşılabilmiş olmasıdır. Son yıllarda

meteoroloji alanındaki teknolojik ilerlemeye bağı olan gelişmeler ve giderek artan atmosferik veri ve bilgi sayesinde bu konuda önemli bir aşama kaydedilmiş, bölgesel ya da global meteorolojik verilerin kullanımıyla çok sayıda troposferik model geliştirilmiştir [64].



Şekil 3.4 Uydu için Atmosferik Etkiler

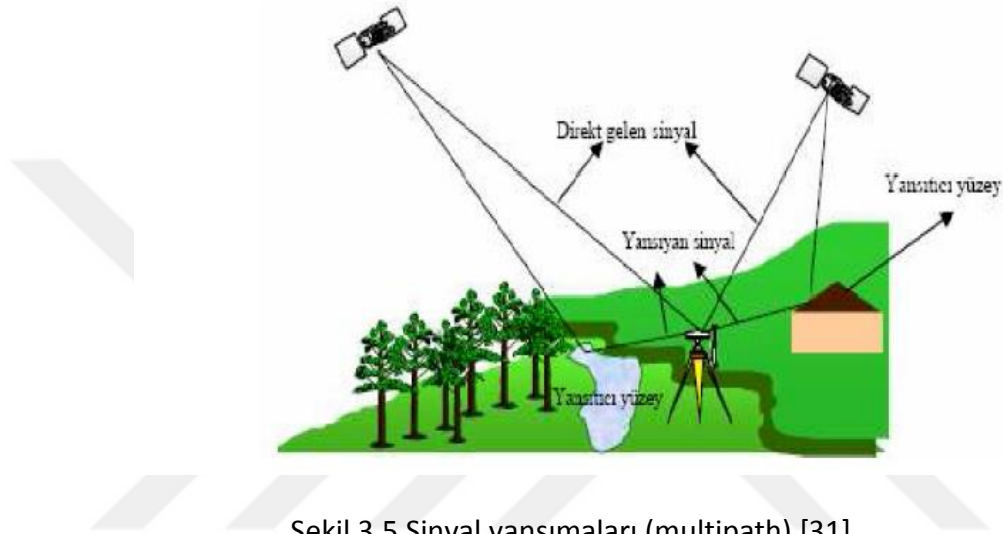
3.1.4 Alıcı Saat Hatası

Uydu saat hatasına benzer şekilde alıcı saat hatası, alıcı saat zamanı ile gerçek GPS zamanı arasındaki farktır. GNSS alıcıları uyduların saatlerine göre çok daha ucuz saatler ile donatıldığından uydu saat hatasına kıyasla alıcı saat hatası çok daha büyüktür. Alıcı saat hatası eş zamanlı olarak aynı alıcıda yapılan tüm ölçüler için aynı olacağı prensibinden yararlanarak bağıl konum belirlemede alıcı saat hatası aynı alıcıdan elde edilen ölçülerin farkları alınarak elimine edilir, yani ikili fark (double difference) ölçüleri hesaplanarak uydu-alıcı saat hataları elimine edilir [34].

Alıcılar kendi saatlerini uydudan gelen GPS zamanına göre otomatik olarak senkronize ederler. Alıcıların sahip olduğu yazılımlar bu tip hataların ortadan kaldırılmasında etkilidir [7].

3.1.5 Sinyal Yansımaları (Multipath)

Uydudan gelen sinyalin GNSS alıcı antenine iki yada daha fazla yoldan kırılma ve yansıma gibi nedenlerle ulaşmasından yansıma hatası (multipath) meydana gelir. Yansıma etkisi anten çevresindeki faktörlerin kırma özelliğine bağlıdır ve çoğunlukla binalar gibi büyük engeller nedeniyle ortaya çıkmaktadır [37], [46]. Taşıyıcı faz yansıma hatası L1 ve L2 sinyalleri için çeyrek dalga boyunu aşmamakla birlikte yaklaşık 5-6 cm'dir [35].



Şekil 3.5 Sinyal yansımaları (multipath) [31]

3.2 Diğer Hata Kaynakları

3.2.1 Alıcı ve Uydu Anten Faz Merkez Kayıklıkları

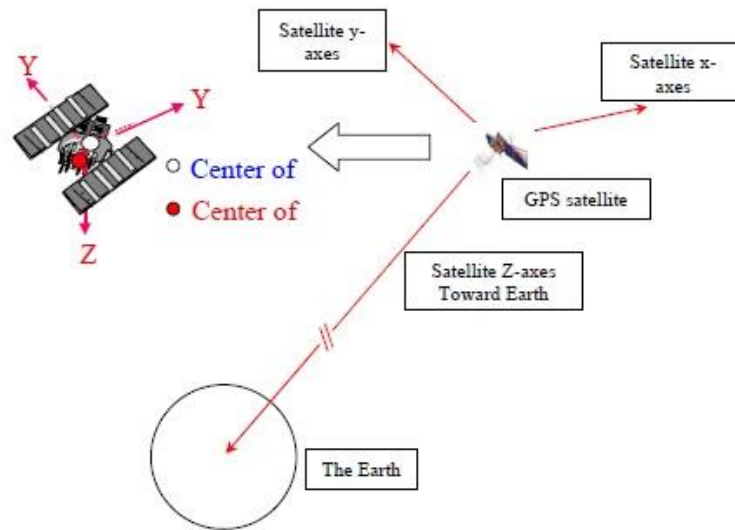
Alıcı anteni faz merkezi GPS sinyallerinin antene ulaştığı nokta olup, bu nokta genellikle geometrik faz merkezinden farklıdır. Anten faz merkezi değişim miktarı her anten yapısı ve modeli için farklı olduğundan modellendirilmesi oldukça zordur ve hata büyüklüğü genellikle uydu yükseklik açısına bağlıdır [65].

Pratikte bu hatanın elemine edilebilmesi için ölçümlerde aynı tip antenlerin kullanılması, antenlerin aynı yöne (kuzeye) yönlendirilmesi gerekmektedir. Kullanılan anten tipleri aynı ise anten faz merkezi değişiminin etkisi en çok 0.015 ppm ölçek faktörü biçimindedir ve bu etki baz uzunluğuna bağlı olarak antenlerin uyduları farklı açılardan görmesinden kaynaklanmaktadır. Eğer farklı anten tipleri kullanıldıysa ve

uygun modelleme yapılmadıysa bağıl yükseklik hatası 10 cm'ye ulaşabilmektedir ve bu hata baz uzunluğuna bağlı değildir [66].

GPS uydu anteninin faz merkezi uydu merkezine göre ötelenmiş yerdir. Bütün GPS ölçümleri ve yayın efemerisleri anten faz merkezine göredir. Bu aradaki fark GPS değerlendirme algoritmalarının içine yerleştirilmiş olmalıdır [67].

Uydulara bağlı düzeltmelerin temelini, uydu ağırlık merkezi ile uydu anteninin faz merkezi arasındaki fark oluşturmaktadır. Hassas uydu yörünge ve saat ürünlerinin hesabında kullanılan uydulara etki eden kuvvetlerin modellendirilmeleri uydu ağırlık merkezine göre yapılmaktadır. Diğer taraftan PPP de kullanılan kod ve taşıyıcı faz gözlemleri anten faz merkezine göre yapılmaktadır. Uydu anteninin faz merkezi değerleri uydu sabit koordinat sisteminde verilmekte ve koordinat sisteminin merkezi uyduların ağırlık merkezidir [6].



Şekil 3.6 Uydu anten faz merkezi kayıklığı

3.2.2 Başlangıç Faz Belirsizliği (Ambiguity) ve Faz Kesikliği (Cycle Slip)

GPS alıcısı ölçü anında yalnızca uydu sinyali ile alıcı arasındaki faz farkını ($0 - 2\pi$ radian veya $0 - 1$ dalga boyu biriminde) ölçer. Alıcının açıldığı anda devreye giren bir sayaç, uydu alıcı faz farkı $2\pi - 0$ arasında değiştiğinde +1 veya -1 tamsayı artar veya azalır. Böylece ilk ölçü epokundan itibaren fazdaki tamsayı değişimleri belirlenmiş olur. Bununla beraber ilk (başlangıç) anı için uydu - alıcı arasındaki taşıyıcı dalga fazının kaç adet tam dalga içerdiği bilinmemektedir [29].

Genelde N ile gösterilen başlangıç faz belirsizliği, uydu ile alıcı arasında sinyal kesikliği olmadığı sürece sabit kalacaktır. Ancak kısa ya da uzun süreli bir kesiklik, sayaçtaki tamsayı değerinde (kesinlik süresine bağlı olarak) bir ya da çok sayıda tamsayı hatasına (kayıklığına, sıçramasına) neden olur. Bu olaya faz kesikliği (kayıklığı) (cycle slip) adı verilir [29].

GNSS alıcıları gözlenen her uyduya hiçbir ölçü kesiti olmadan gözlemlerini sürdürmelidir. Gözlemlerde sinyal kesikliği olmadığı sürece N sabit olacaktır. Öte yandan GPS gözlemleri devam ederken uydu ile alıcı arasına bir cisim girmesi ile uydu sinyalinin alınmasında meydana gelecek sinyal kesikliğini oluşturduğu andan sonraki gözlemlere kadar oluşan kayma miktarı kadar düzeltilmelidir. Sinyal kesikliğini genel nedenleri;

- Ölçü noktası çevresinde ağaç, bina, köprü v.s. uydu sinyalinin alıcıya ulaşmasını engelleyen nesnelere,
- Kötü iyonosferik koşullar nedeniyle sinyal gürültüsü (S/N) oranının düşük olması,
- Sinyal yansıma etkisi (Multipath),
- Alıcı yazılımında oluşabilecek arızalar,

olarak sıralanabilir. Pratik konum belirlemede 20 km altındaki bazlarda faz belirsizliği ve sinyal kesikliği GNSS yazılımlarında otomatik olarak giderilebilmektedir ve faz gözlemlerinin yüksek doğrulukta elde edilebilmesi için faz belirsizliği çözebilecek kadar ölçü toplanmalıdır [28].

3.2.3 Uydu Faz Dönmesi (Phase Wind Up)

Taşıyıcı dalga faz gözlemi, alıcı ve uydu antenlerinin karşılıklı yönlendirilmelerine bağlıdır. Alıcı ya da uydu anteninin kendi düşey eksenini etrafında bir tur döndürülmesi, taşıyıcı dalga fazının, bir dalga boyu kadar kaymasına neden olmaktadır. Bu etkiye faz dönmesi (phase wind up) adı verilir. 1994 yılından buyana tüm IGS analiz merkezleri bu düzeltmeleri hesaplarında uygulamaktadır [68].

Alıcı anteni genellikle statik moda sabit bir yönde yönlendirilmiştir. Uydu anteni tutulma süresince yarım saatten daha kısa süre içinde bir devrime dönebilir. Bunun

nedeni uydu anteninin güneşe yönelik solar panellerinin yeniden yönlendirilmesi için hızlı rotasyonu geçiyor olmasıdır [4].

Uydu faz dönmesi diferansiyel konumlandırma için 100 km'lik baz uzunluklarında ihmal edilebilir. Örneğin 4000 km'lik bir baz uzunluğunda bu etkinin yaklaşık 4 cm'lik bir hataya neden olduğu belirlenmiştir [68].

3.2.4 Katı Yeryuvarı Gelgiti (Solid Earth Tides)

Katı yeryuvarı, aslında okyanus gelgitine neden olan çekim kuvvetine karşı yeteri kadar esnek yapıdadır. Gelgitler nedeniyle oluşan düşey ve yatay doğrultudaki istasyon yer değiştirmeleri gerçekleşmektedir [66]. Katı yeryuvarı gelgitinin neden olduğu yer değiştirme sabit ve periyodik kısım olarak iki parçaya bölünebilir. Periyodik kısım bir gün boyunca yapılan statik ölçümle belirli oranda azaltılabilirken, sabit kısım orta enlem bölgesinde 12 santimetrelere ulaşabilir [4].

3.2.5 Okyanus Yüklemesi (Ocean Loading)

Okyanus yüklemesi, okyanus gelgitlerinin alttaki yerkabuğuna baskısı olarak tanımlanabilir. Yarım günlük ya da günlük periyotlar halinde izlenilir. Yeryüzü gelgitine göre etkisi daha azdır. 24 saat süreli statik gözlemlerde ve okyanus kıyısından uzaktaki (> 1000 km) çalışmalarda gözardı edilebilir [48].

3.2.6 Kutup Gelgiti (Polar Motion / Polar Tides)

Yeryuvarını etkileyen dış kuvvetler olmasa bile, yeryuvarının elastik yapısı atmosfer ve okyanusların katı yeryuvarı etkileri nedeniyle yine de onun dönme ekseninde değişim olacaktır. Ay'ın ve Güneş'in çekim etkileri, istasyon koordinatlarına periyodik değişimlere neden olacaktır. Aynı şekilde yeryuvarı dönme ekseninin, katı yeryuvarına göre (litosfer) yer değiştirmesi (kutup gezinmesi) periyodik deformasyonlara neden olmaktadır [69].

3.2.7 Yeryuvarı Dönme Parametreleri (ERP, Sagnac Effects)

Bilindiği gibi uydu hareket denklemleri göksel koordinat sisteminde, yeryüzündeki nokta koordinatları ise yersel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır. Yer dönme

vektöründeki değişimlerin nedeni; güneşin, ayın ve gezegenlerin çekim etkileri ile yeryüzündeki okyanus ve yeraltı su hareketleri, atmosferik etkiler sayılabilir [48].

Sagnac etkisi uydudan alıcıya uydu sinyalinin geçişi zarfında dünyanın dönmesinden kaynaklanır. Dünyanın dönmesinden dolayı, yeryüzündeki alıcı 500 m/s hıza ulaşır (ekvator da) bu sagnac etkisi olarak sonuçlanır. Bu etki çok küçük ve hesaplama karmaşıktır [70].

3.2.8 Atmosfer Yükleme (The Atmosphere Loading)

Atmosfer yüklemesi atmosferik kütle nin mekânsal ve zamansal değişimlerinden kaynaklanır. Okyanus ve katı yeryüvarı gelgitleri üzerinde dolaylı bir etkiye sahiptir ve yeryüzünde deformasyona yol açar [58].

3.2.9 İstasyon Hızları / Konum Değişimleri (Site Displacement Effect)

Periyodik istasyon hareketlerinin büyük bölümü, yeryüzünün önemli bir kısmı için yaklaşık aynı kabuledilebilir. Görelî konum belirlemede 100 km'den küçük baz uzunlukları için bu etkilerin yok edildiği kabuledilmektedir. Yaklaşık dm mertebesindedir. Ancak;

- PPP Yöntemi kullanılarak ve ITRF ile uyumlu istasyon koordinatları belirlenmek isteniyorsa,
- 500 km ve daha uzun bazlarda görelî konum belirleme yöntemi kullanılacaksa,
- Jeofizik ve ülke datumu belirleme amaçlı çalışmalar yapılacaksa,

Bu istasyon hareketleri IGS standartlarında belirtildiđi gibi modellenmelidir [48].

HASSAS NOKTA KONUM BELİRLEME

Son zamanlarda uydu jeodezisindeki gelişmelere bağlı olarak oldukça hassas yörünge ve saat verileri elde edilmeye başlanmış ve buna bağlı olarak da konum belirlemede yeni yaklaşımlar ve değerlendirme yöntemleri ortaya çıkmıştır. Bunlardan birisi olan Hassas Nokta Konumlama (PPP) olarak adlandırılan yöntemle tek bir alıcı tarafından toplanan verilerin IGS veya benzeri birçok kuruluş tarafından (JPL, CODE) sağlanan hassas uydu yörünge ve saat bilgileri kullanılıp, diğer başka birçok hata kaynağının modellenip değerlendirilmesiyle, cm mertebelerinde konum doğruluğu elde edilebilmektedir [71].

1990'lı yılların sonunda başlayan yoğun araştırma ve çalışmalar, Continuously Operating Reference Stations (CORS) ağlarının etkin kullanımıyla gelişen süreçte, diferansiyel konumlamanın dezavantajlarına karşın önemli bir alternatif olmuştur. Rölatif GNSS tekniklerinde koordinatı bilinen bir ya da daha fazla referans istasyonu/istasyonlarında gözlem yapılması gerekirken, PPP tekniğinde koordinatı belirlenecek noktada tek bir alıcı ile gözlem yapılması yeterli olmaktadır [72].

PPP ile ilgili ilk çalışma Heroux ve Kouba [1995] tarafından hassas uydu yörünge ve saat bilgilerini kullanarak başladı. O zamanlarda Jeodezik Ölçme Birliği (Geodetic Survey Division), Kanada Doğal Kaynaklar (NRCan) kurumu zaten Uluslararası GNSS servisinin katkıda bulunduğu standart bir formatta kullanılan işlenmiş (post-process) GPS uydu yörüngelerini ve saat bilgilerini ürettiyordu. Onlar bu ürünlerin tek GPS alıcısından alınan verilere nokta konumlama yazılım arayüzüyle bütünleşik edilip, yüksek hassasiyette konum elde edileceğini iddia ettiler ve onlar kesinlikle haklıydılar. Yaklaşık

1m'lik bir hassasiyet ile basit bir yaklaşım olsa dahi bu PPP tekniği için başlangıç noktası oldu. Daha sonraları, Zumberge [1997] çalışmasında hergün yüzlerce noktadan aldığı verileri analiz etti ve başarılı sonuçlar elde etti. PPP tekniği için en çok bilinen referans bir çalışma oldu. Kouba ve Heroux, 2001 yılında çift frekanslı kod ve taşıyıcı faz gözlemlerini kullanarak IGS hassas yörünge bilgileri ile jeodezik nokta konumlama (statik veya kinematik) cm hassasiyetine varan çalışmalar gerçekleştirdi [73].

4.1 Hassas Nokta Konum Belirleme (PPP) Algoritmaları

“PPP yönteminin amacı tek bir alıcı ile oldukça yüksek nokta konum doğruluğuna ulaşmaktır. Son yıllarda gelişen teknoloji ve geliştirilen algoritmalar sayesinde bu amaca adım adım ulaşılmaya çalışılmaktadır [74].

4.1.1 Geleneksel GPS – PPP Modeli

Geleneksel PPP tekniğinde iyonosfer kaynaklı hataların etkisini azaltmak için çift frekanslı GPS gözlem (kod gözlemleri ve iyonosfer-bağımsız taşıyıcı faz gözlemleri) modelleri benimsenmiştir. Bu modeller şöyledir [3], [6].

$$P = \rho + C(dT - dt) + Tr + \epsilon_P \quad (4.1)$$

$$\Phi = \rho + C(dT - dt) + Tr + N\lambda + \epsilon_\Phi \quad (4.2)$$

P : P1 ve P2 kod ölçülerinin iyonosfer-bağımsız kombinasyonu

$$(P_3) = (2.546P_1 - 1.546P_2);$$

Φ : L1 ve L2 taşıyıcı faz ölçülerinin iyonosfer-bağımsız kombinasyonu

$$(L_3) = (2.546\lambda_1\Phi_1 - 1.546\lambda_2\Phi_2);$$

ρ : Hesaplanan geometrik mesafe (uydu-alıcı arası);

C : Boşluktaki ışık hızı;

dT : GPS zamanına göre alıcı saat offseti;

dt : GPS zamanına göre uydu saat offseti;

Tr : Atmosferdeki sinyal gecikmesini (öncelikli troposfer);

N : Taşıyıcı faz iyonosfer-bağımsız tamsayı belirsizliği bilinmeyen;

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda$: Sırasıyla L1, L2 taşıyıcı fazları ve kombine edilmiş, L3 'ün dalga boyu;

$\epsilon_P, \epsilon_\Phi$: Multipath'de içeren, ilgili ölçme gürültü bileşenlerini,

ifade etmektedir.

P ; geometrik uzaklık, uydu (X_s, Y_s, Z_s) ve alıcı (x, y, z) koordinatlarının fonksiyonu olarak (4.3) eşitliğiyle hesaplanır [74].

$$P = \sqrt{(X_s - x)^2 + (Y_s - y)^2 + (Z_s - z)^2} \quad (4.3)$$

Troposferik gecikmeyi zpd (zenith path delay) ile mapping function (M)'in fonksiyonu olarak ifade edildiğinde ve bilinen uydu koordinatları çıkarıldığında matematiksel modeller basitçe :

$$F_P = \rho + cdt + Mzpd + \epsilon_P - I_P = 0 \quad (4.4)$$

$$F_\Phi = \rho + cdt + Mzpd + N\lambda + \epsilon_\Phi - I_\Phi = 0 \quad (4.5)$$

şeklinde elde edilir [4].

4.1.2 Birleşik GPS – GLONASS PPP Modeli

Veri işlemeyen önce, ilk olarak birleşik GPS/GLONASS ölçüm verileri, hassas uydu yörüngesi ve saat düzeltmelerine ihtiyaç vardır. Tüm işleme; taşıyıcı faz gözlemlerinin faz kesikliği (cycle slip), ilk istasyonun koordinatlarının hesaplanması, ilk tamsayı bilinmeyeninin belirlenmesi gibi veri ön işleme adımı ile başlar.

Çift frekanslı GPS/GLONASS alıcısı için kod gözlemleri ve L1 ve L2 taşıyıcı faz gözlemleri şöyle tanımlanabilir [75].

$$P_i^g = \rho_g + cdt^g - cdT^g + d_{orb}^g + d_{trop}^g + d_{ion/P_i}^g + d_{mult/P_i}^g + \epsilon_{P_i}^g \quad (4.6)$$

$$\Phi_i^g = \rho_g + cdt^g - cdT^g + d_{orb}^g + d_{trop}^g - d_{ion/\Phi_i}^g + \lambda_i^g N_i^g + d_{mult/\Phi_i}^g + \epsilon_{\Phi_i}^g \quad (4.7)$$

$$P_i^r = \rho_r + cdt^r - cdT^r + d_{orb}^r + d_{trop}^r + d_{ion/P_i}^r + d_{mult/P_i}^r + \epsilon_{P_i}^r \quad (4.8)$$

$$\Phi_i^r = \rho_r + cdt^r - cdT^r + d_{orb}^r + d_{trop}^r - d_{ion/\Phi_i}^r + \lambda_i^r N_i^r + d_{mult/\Phi_i}^r + \epsilon_{\Phi_i}^r \quad (4.9)$$

g harfi GPS uydu denklemlerini, r ise GLONASS uydu denklemlerini ifade eder.

P_i : L_i (m) üzerinde ölçülen kod (pseudorange);

Φ_i^g : L_i (m) üzerinde ölçülen taşıyıcı faz;

ρ : Hesaplanan geometrik mesafe (m) (uydu-alıcı arası) ;

c : Boşluktaki ışık hızı (m/s);

dt : Alıcı saat hatası (s);

dT : Uydu saat hatası (s);

d_{orb} : Uydu Yörünge Hatası (m);

d_{trop} : Troposferik gecikme(m);

d_{ion} / L_i : L_i (m) üzerindeki iyonsferik gecikme;

λ_i : L_i (m / cycle) üzerindeki dalga boyu;

N_i : L_i (m) üzerindeki tamsayı belirsizliği;

N_i : L_i (m) üzerindeki tamsayı belirsizliği;

$d_{mult/\pi}$: L_i (m) üzerinde ölçülen kod multipath etkisi;

$d_{mult/\phi}$: L_i (m) üzerinde ölçülen taşıyıcı faz multipath etkisi;

ϵ : Ölçüm gürültü bileşenlerini,

ifade eder. Sistem zaman farklılığı bilinmeyen parametreleri birleşik GPS/GLONASS ölçüm modellerinde bilinmelidir [76]. Alıcı Saat hatası şu şekilde tanımlanabilir.

$$dt^r = t - t_{sys} \quad (4.10)$$

Burada t_{sys} diye tanımlanan bileşen GPS ve ya GLONASS zaman bileşenini içerebilir. Alıcı saat hatasının sistem saatiyle ilgili olduğu keşfedildiğinden bu yana, Birleşik GPS ve GLONASS çözümlenmeleri iki alıcı saat mesafesi içerir. GLONASS alıcı saat mesafesini şu şekilde tanımlayabiliriz:

$$\begin{aligned} dt^r &= t - t_{GLONASS} \\ &= t - t_{GPS} + t_{GPS} - t_{GLONASS} \\ &= dt^g + dt_{sys} \end{aligned} \quad (4.11)$$

Bu ifadeleri (4.8) ve (4.9) eşitliklerinde yerine koyarsak kod ve taşıyıcı faz gözlemleri için eşitlikler şöyle gerçekleşir;

$$P_i^r = \rho_r + c dt^g + c dt_{sys} - c dT^r + d_{orb}^r + d_{trop}^r + d_{ion/\pi}^r + d_{mult/\pi}^r + \epsilon_{\pi}^r \quad (4.12)$$

$$\Phi_i^r = \rho_r + cdt^g + cdt_{sys} - cdT^r + d^r_{orb} + d^r_{trop} - d^r_{ion/\phi_i} + \lambda_i^r N^r_i + d^r_{mult/\phi_i} + \epsilon^r_{\phi_i} \quad (4.13)$$

Konum doğruluğunda GPS ve GLONASS gözlemleri kullanılmadan önce, GPS ve GLONASS hassas yörünge ve saat datası, doğru uydu yörünge hatalarını ve uydu saat hatalarını kullanmalıdır. İyonosferik gecikme sapmaları, iyonosfer serbest kod, kod gözlemleri ve L1, L2 taşıyıcı faz gözlemleri kullanılarak elimine edilebilir.

Hassas yörünge ve saat verilerinden sonra, iyonosfer serbest kod, kod ve taşıyıcı faz kombinasyonları aşağıda gösterildiği gibi yazılabilir:

$$P_{1F}^g = (f_{g1}^2 \cdot P_{g1}^g - f_{g2}^2 \cdot P_{g2}^g) / (f_{g1}^2 - f_{g2}^2) \quad (4.14)$$

$$= \rho_g + cdt^g + d^g_{trop} + \epsilon^g_{P1F}$$

$$\Phi_{1F}^g = (f_{g1}^2 \cdot \Phi_{g1}^g - f_{g2}^2 \cdot \Phi_{g2}^g) / (f_{g1}^2 - f_{g2}^2) \quad (4.15)$$

$$= \rho_g + cdt^g + d^g_{trop} + N^g_{1F} + \epsilon^g_{\Phi1F}$$

$$P_{1F}^r = (f_{r1}^2 \cdot P_{r1}^r - f_{r2}^2 \cdot P_{r2}^r) / (f_{r1}^2 - f_{r2}^2) \quad (4.16)$$

$$= \rho_r + cdt^g + cdt_{sys} + d^r_{trop} + \epsilon^r_{P1F}$$

$$\Phi_{1F}^r = (f_{r1}^2 \cdot \Phi_{r1}^r - f_{r2}^2 \cdot \Phi_{r2}^r) / (f_{r1}^2 - f_{r2}^2) \quad (4.17)$$

$$= \rho_r + cdt^g + cdt_{sys} + d^r_{trop} + N^r_{1F} + \epsilon^r_{\Phi1F}$$

P_{1F} : İyonosfer serbest kod gözlem kombinasyonu (m) ;

Φ_{1F} : İyonosfer serbest faz gözlem kombinasyonu (m) ;

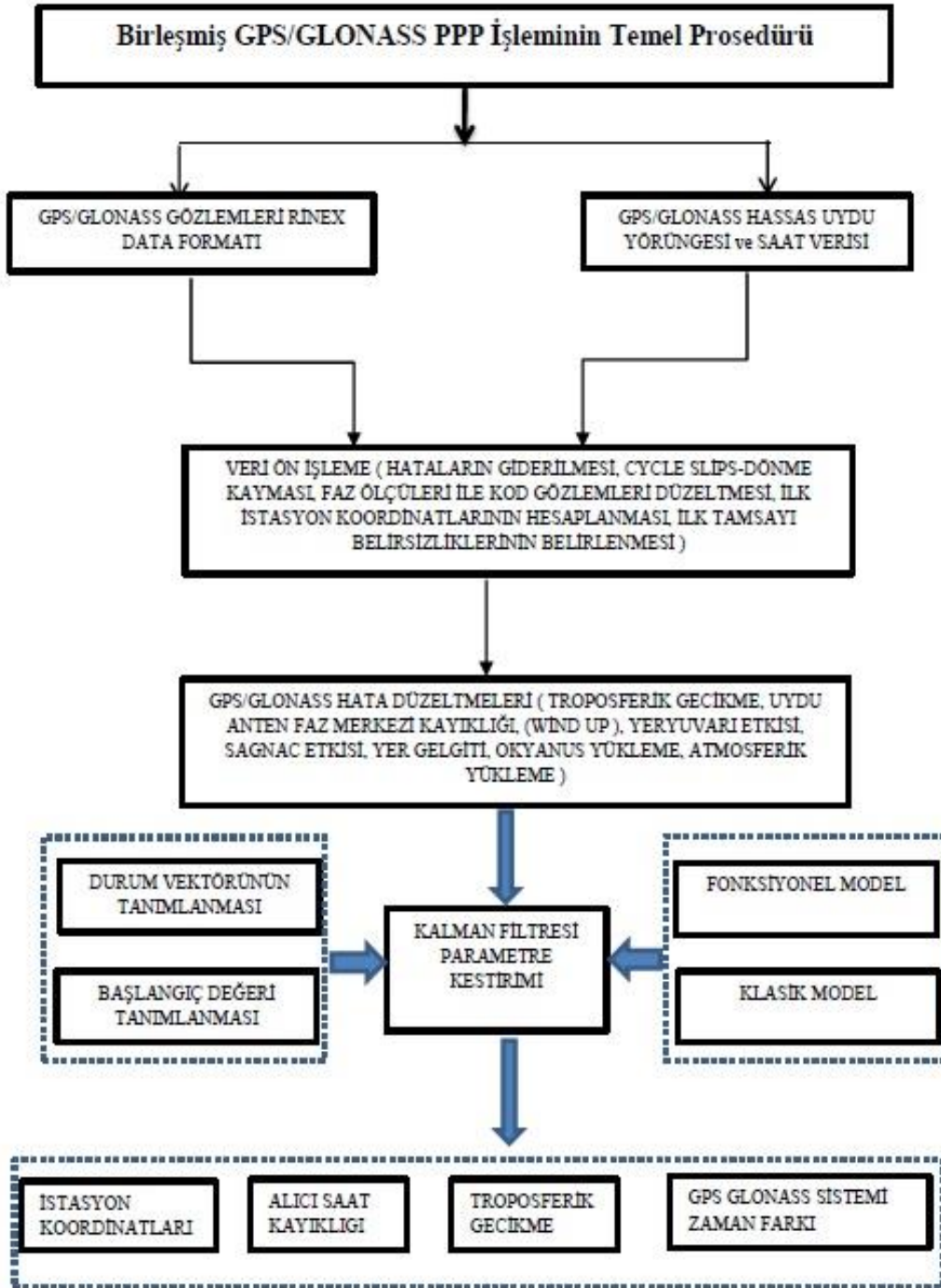
f_i : L1 (Hz) Frekansı ;

N_{1F} : Birleştirilmiş belirsizlik terimi(m);

ϵ_{1F} : Ölçüm gürültüsü, multipath çoklu-hem de diğer artık hataları

Yukardaki gözlem modelleri bilinmeyen parametreleri 3 boyutlu istasyon koordinatları, biri alıcı saat hatası, biri sistem zaman farkı, biri zenit ıslak troposferik gecikmesi ve gözlenmiş GPS/GLONASS uyduları sayısına eşit olan belirsizlik parametreleridir. Kuru troposferik gecikme hatası ilk olarak Hopfield troposferik modeli kullanılarak düzeltilir ve daha sonra ıslak zenit troposferik gecikmesi (ZTD) bilinmeyen olarak dikkate alınır. Niell Haritalama Fonksiyonları hidrostatik ve ıslak haritalama fonksiyonları olarak kullanılır. Konumlar, saat hataları, sistem zaman farklılıkları ve troposferik gecikme

olağan işlem adımlarında modellenir, belirsizlik katsayısı parametreleri devamlı olarak modellenirken Kalman Filtresi kullanması gerekmektedir [75].



Şekil 4.1 Birleşik GPS – GLONASS PPP işlem adımları [77]

İNTERNET TABANLI GNSS DEĞERLENDİRME SERVİSLERİ

GNSS veri analizlerinde birçok değerlendirme yazılımı kullanılmaktadır. Gereksinim açısından iki farklı türde yazılımlar vardır. Jeodezik GPS alıcısı firmaları tarafından sunulan ve hamdatalar üzerinde değerlendirmeye sahip nitelikte kullanılan ticari yazılımlar ve tektonik hareketler, deprem araştırmaları ve jeodezik amaçlı yüksek doğruluk gerektiren çalışmalar için üniversiteler ve enstitüler tarafından geliştirilen bilimsel yazılımlardır [78].

Ticari amaçlı yazılımlarda standart çözümleme algoritmasında bulunan birçok aşama (faz belirsizliği çözümü, modellendirmeler, faz kesikliklerinin giderilmesi, istatistik analizler vb.) otomatik hale getirilmiştir. Bununla birlikte, bazı ticari amaçlı yazılımlar atmosferik modellendirmeler ile ilgili yeni özellikler eklenerek, yerel ağlarda bilimsel amaçlı değerlendirmelerde kullanılabilir hale gelmiştir. Bilimsel amaçlı yazılımlar için kullanıcının GPS ve yazılım konusunda bilgi ve deneyimli olması gereklidir. Çünkü bu yazılımlar kullanılarak yapılacak değerlendirmelerde değiştirilecek her bir parametre ya da modellendirmede (alıcı saati modellendirmesi, faz belirsizliği çözümü, troposferik modellendirme vb.) kullanılacak yanlış stratejiler elde edilecek sonuçlarda önemli farklılıklar meydana gelmesine neden olacaktır [23].

Genel olarak Ticari yazılımlar: Topcon Tools, AOS (Astech Office Suite), Pinnacle, SKI, Ski Pro, TGO (Trimble Geomatics Office), TTC (Trimble Total Control), LGO (Leica Geo Office)

Bilimsel Yazılımlar: GAMIT/GLOBK (GPS at Massachusetts Institute of Technology), BERNESE (University of Bern) ve GIPSY (GPS Inferred Positioning System), GEONAP (Geodetic Navstar Positioning) şeklinde verilebilir.

Günümüzde, online ve ücretsiz olarak GNSS işleme servisleri, tabanında kullanılan bilimsel veya özel yazılım algoritmalarıyla, internet üzerinden kullanılabilir. Bunların çoğu üst sınıf üniversiteler/enstitüler ve dünya çapında lider araştırma merkezleridir. Bunlar, NASA'daki JPA (Jet Propulsion Administration), NRCAN'daki GSD (Jeodezik Ölçme Bölümü), UNB (New Brunswich Üniversitesi) ve GMV Aerospace and Defense (Havacılık ve Savunma) çalışma grupları gibi kurumlardır. Bu hizmetlerin kullanımı, internet üzerinden kullanıcı tarafından GNSS (RINEX) gözlemlerinin yüklenmesini öngörür. Verilerin kalitesine ve süresine bağlı olarak, kullanıcılara ücretsiz; farksız, çözümler üretir [79].

GPS ölçmeleri referans alıcı ve gezici alıcıyla birlikte eş zamanlı yapılmaktadır. Harita sektöründe GPS verileri genelde sonradan işlenmektedir. Bu yöntemde kullanıcı firmaların hem ilgili veri işleme yazılımı, hem de en az iki GPS alıcı donanım seti satın almaları gerekmektedir. Bu işlemler gerek maliyet açısından gerekse donanım, ulaşım ve lojistik destek açısından firmalara ek yük getirmektedir. Ayrıca GPS ölçülerinin işlendiği yazılıma verilerin yüklenmesi, işlenmesi (postprocessing) ve koordinat dönüşüm hesaplarının yapılmasında deneyimi az kullanıcılar büyük zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu zorluklar internet üzerinden yayınlanan internet tabanlı veri işletim sistemi sayesinde aşılabılır [64].

Bu sistemlerin avantajlarına karşın en önemli sorunu, taşıyıcı faz başlangıç tamsayı bilinmeyen (integer ambiguity) çözümü için gereken yakınsama süresinin uzun olmasıdır. Santimetre (cm) mertebesindeki doğruluklar için "ambiguity float" çözümlerinin yakınsamasında minimum 20 dakika veya daha fazla süre gözlem yapılması gerekmektedir. Bu durum gerçek zamanlı uygulamalar açısından da önemli bir sorundur. PPP'de taşıyıcı faz başlangıç tamsayı bilinmeyeninin çözümü için çeşitli proje çalışmaları bulunmaktadır. Bunlardan Fransa CNES tarafından yürütülen "PPP-Wizard" isimli proje ile PPP'de "integer ambiguity" çözümü için matematiksel modeller geliştirilmiştir [80], [72].

Yüksek doğruluklu küresel jeodezik GPS teknolojisi kullanımında, işleme ve analiz yazılımlarının daha karmaşık hale geldiği günümüzde internet tabanlı otomatik değerlendirme önem kazanmıştır. GPS ölçülerinin değerlendirilmesi için geleneksel yöntemlere alternatif olarak web-tabanlı GPS veri işleme sistemleri ilk olarak 2001 yılında iki ayrı sistem NASA Jet Propulsion Laboratory's Auto-GIPSY Servisi (JPL) ve Scripps Orbit and Permanent Array Center (SOPAC) olarak hizmete girmiştir. Günümüzde bu sistemlere ek olarak Canadian Spatial Reference System Precise Point Positioning (CSRS-PPP), Australian Online Positioning Service (AUSPOS), Online Positioning User Service (OPUS), Automatic Precise Positioning Service (APPS), GPS Analysis and Positioning Software (GAPS), Magic-PPP adlı sistemler de hizmet vermektedir.

5.1 Canadian Spatial Reference System PPP (CSRS-PPP)

Geodetic Survey Division of Natural Resource Canada (NRCan) tarafından kurulan CSRS-PPP servisi, 2003 yılında hizmete giren ve ücretsiz olarak bu hizmeti sunan dünyadaki en yaygın servislerden birisidir. Servis, çift frekanslı alıcı ile toplanan verilerin mevcut ve kullanılabilir olması halinde L1 ve L2 faz ve taşıyıcı faz ölçülerini kullanarak daha yüksek doğruluk olanağı sunmaktadır. Ancak tek frekanslı veri olması ya da diğerinin kullanılamaması durumunda sadece L1 kod çözümünü yapmaktadır. Kullanıcıların yapması gereken servisin web sayfası aracılığıyla değerlendirmek istediği RINEX formatındaki veri dosyasını yüklemek, değerlendirmek istediği ölçme modunu (statik/kinematik), referans sistemini seçmek (NAD83(CSRS)/ITRF(epoch of GPS Data) ve sonuçların gönderileceği email adresini girmekten ibaret olmaktadır [81].

Ücretsiz olan bu servis için kullanıcıların üye olarak kullanıcı adı ve şifrelerini almaları gerekmektedir. Tek veya çift frekanslı alıcılarla statik veya kinematik ölçü tipindeki RINEX formatlı GPS verileri bu servisle değerlendirilebilir [82]. CSRS-PPP servisi BERNESE yazılımını kullanmaktadır.

Proses yapmak için kullanıcının siteye üye olduktan sonra kullanıcı ismi ve şifresiyle online proses sayfasına girmesi gerekir. (CSRS-PPP sayfasına [83] adresinden girilir) Daha sonra PPP sayfasına ulaşılmalıdır. Bu sayfada RINEX dosyası ASCII formatında veya zip (.zip), gzip (.gz), (.Z) UNIX sıkıştırma formatlarında gönderilebilir. Çözüm için

statik veya kinematik, referans sistemi için ise NAD83 veya ITRF seçilmelidir. Başlat butonu ile proses sunucu üzerinde neticelendirilip kullanıcı e-mail adresine gönderilir.

Natural Resources Canada

Canada

Energy Mining/Materials Forests Earth Sciences Hazards Explosives The North Environment

Home Earth Sciences Geomatics Geodetic Reference Systems Tools and Applications Precise Point Positioning

Earth Sciences

Sciences

Geomatics

Canada Lands Surveys

Geodetic Reference Systems

The Canadian Spatial Reference System (CSRS)

Height Reference System Modernization

Geodesy for Geoscience

CSRS Publications

Federal Programs

Data

Tools and Applications

1 PPP

GPS-H

TRK

INDOR

NTV2

GNSS Calendar

Desktop Applications

Satellite Imagery and Air Photos

Canada's Spatial Data Infrastructure

Precise Point Positioning

Help for CSRS PPP (Updated 2014-09-04)

Email for results [required]

ereng67@hotmail.com

Processing mode

Static Kinematic

NAD83 ITRF

2 Sonuç veri mailine iletilir

3 Statik ve ITRF işaretlenir.

Vertical datum

CGD2011(HT2_5)

More options

RINEX observation file (required) (.zip, .gz, .gz, .Z, .7z)

Dosya Seç Dosya seçilmedi

4 Rinex Veri yüklenir

5 Submit to PPP

Rinex veri proses edilir ve mail adresine sonuçlar iletilir.

Şekil 5.1 CSRS-PPP'de işlem adımları

Sonuç olarak .pos, .sum uzantılı sonuç dataları ve tüm sonuç datalarının daha anlaşılır grafiklerle gösterildiği .pdf uzantılı dosya, mail olarak gönderilir. Bu dosyada genel olarak ölçüm süreleri, istasyon bilgileri, yaklaşık koordinatlar, uydu hareketlerini gösteren grafik, yaklaşık nokta düzeltmelerini gösteren grafik, enlem, boylam ve elipsoidal yüksekliğin zamana göre değişim grafikleri, Troposferik gecikme grafiği, istasyon saat hataları grafiği, başlangıç tamsayı belirsizliği (ambiguity) grafiği, kod ve taşıyıcı faz gözlemleri grafikleridir. İstasyon kesin Kartezyen koordinatları (NAD83 veya ITRF referans sisteminde) .sum uzantılı dosyadan alınmaktadır.

Bu servis 4 Kasım 2011 de GLONASS verisini aktif olarak proses etti ve ayrıca 14 Şubat 2012 de Okyanus Gelgit yüklemeleri düzeltmelerini kullanıcılarına sağladı [84].

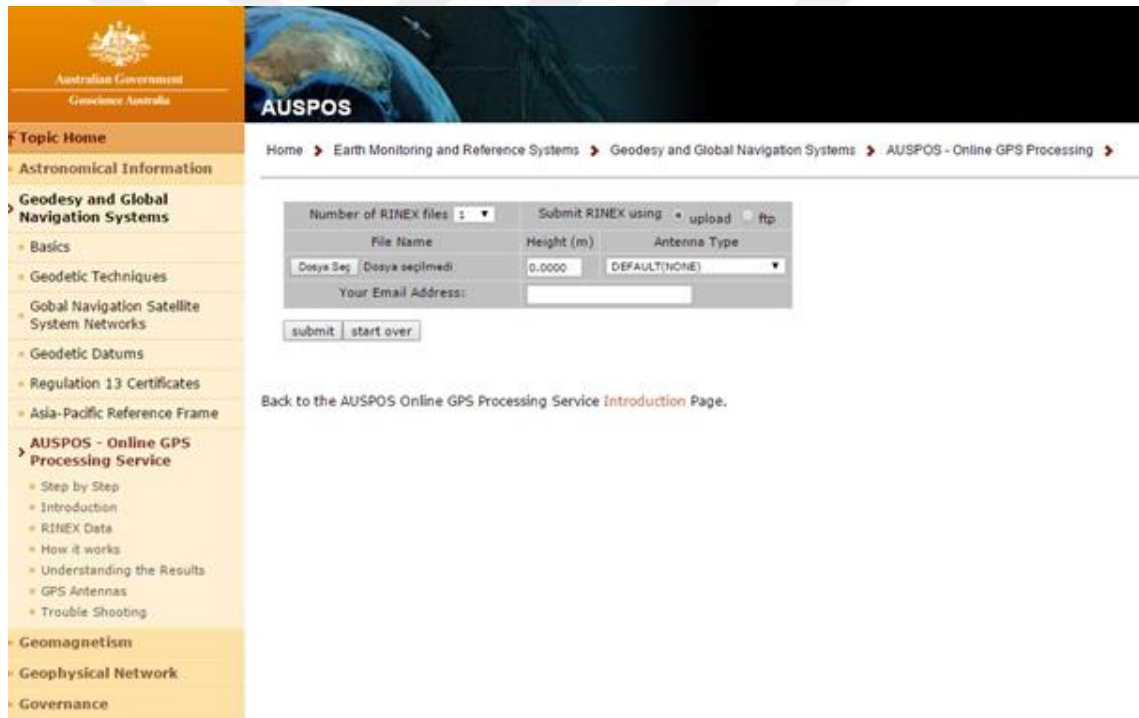
5.2 Australian Online GPS Processing Service (AUSPOS)

AUSPOS, dünyanın her yerinde aktif olarak kullanılabilen, özünde IGS istasyonlarını ve IGS ürünlerini kullanan, Geoscience Australia kuruluşunun hazırladığı online veri işleme servsidir. Sistem sadece çift frekanslı GPS faz gözlemlerini işleme esasına göre dizayn

edilmiş, rölatif çözüm tekniğini kullanan bir yöntemdir. Dünyanın herhangi bir yerinde ITRF ve sadece Avusturalyada kullanılan GDA94 referans sisteminde hassas koordinatlar hesaplar.

Sistem tabanında Bernese GPS değerlendirme yazılımı kullanılmaktadır. Sadece GPS uyduları işleme alınır. Dosya boyutunda herhangi bir sınırlama yoktur. Ücretsiz olan bu servis için kullanıcıların üye olmaları gerekmemektedir. Programa giriş için [85] internet adresi kullanılır.

Bu arayüz ekranından kullanıcılar e-posta adresini, anten tipi ve dik anten yüksekliği bilgilerini girerler. Kullanıcılar işlenecek olan veriyi kendi bilgisayarlarından yükleyebildikleri gibi bir ftp sunucusu üzerinden de sisteme gönderebilirler. Aynı anda 20 adet dosya yükleme ve işlem yapabilme olanağı sunulur.

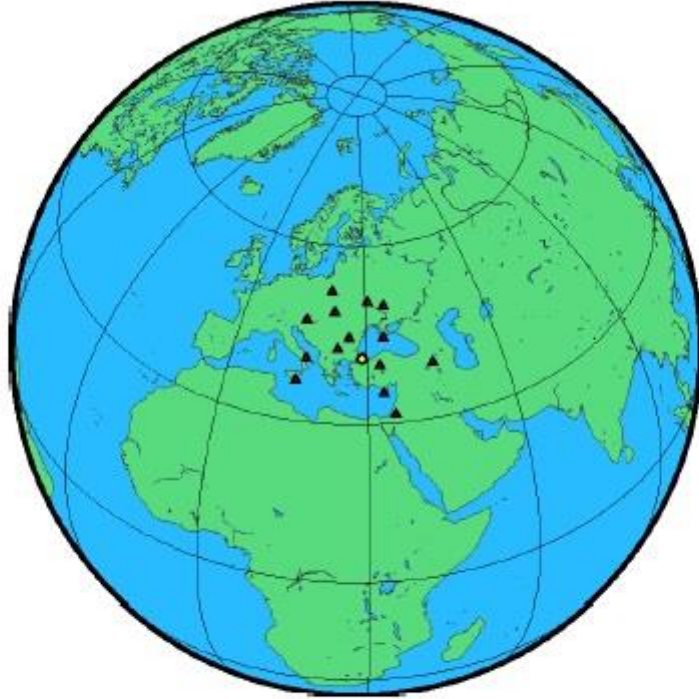


The screenshot displays the AUSPOS Online GPS Processing Service interface. On the left, there is a navigation menu with the following items: 'Topic Home', 'Astronomical Information', 'Geodesy and Global Navigation Systems' (expanded), 'Basics', 'Geodetic Techniques', 'Global Navigation Satellite System Networks', 'Geodetic Datums', 'Regulation 13 Certificates', 'Asia-Pacific Reference Frame', 'AUSPOS - Online GPS Processing Service' (expanded), 'Step by Step', 'Introduction', 'RINEX Data', 'How it works', 'Understanding the Results', 'GPS Antennas', 'Trouble Shooting', 'Geomagnetism', 'Geophysical Network', and 'Governance'. The main content area shows a breadcrumb trail: 'Home > Earth Monitoring and Reference Systems > Geodesy and Global Navigation Systems > AUSPOS - Online GPS Processing >'. Below this is a form for submitting RINEX files. The form includes a dropdown for 'Number of RINEX files' (set to 1), a 'Submit RINEX using' dropdown (set to 'upload'), and a radio button for 'ftp'. There are three input fields: 'File Name' (containing 'Dosya Sep'), 'Height (m)' (containing '0.0000'), and 'Antenna Type' (set to 'DEFAULT(NONE)'). A 'Your Email Address:' field is also present. At the bottom of the form are 'submit' and 'start over' buttons. Below the form, there is a link: 'Back to the AUSPOS Online GPS Processing Service [Introduction Page](#).'

Şekil 5.2 AUSPOS programı işlem sayfası

Sonuç veri kullanıcılara .pdf uzantılı dosya olarak gönderilir. Veri işleme özetinde hangi IGS istasyonlarının kullanıldığı, hesaplanan nokta koordinatının ve diğer IGS noktalarının ITRF referans yüzeyindeki kesin koordinatları, nokta kesin koordinatları hassasiyetleri, her baz hattının başlangıç tamsayı belirsizliği (ambiguity) çözümlenme yüzdeleri, hesap standartları, ön analiz ve ölçüm modellerinin nasıl yapıldığı hangi modellerin kullanıldığı, kesinleşmiş hesaplamalarda dengelemede hangi algoritmanın

kullanıldığı, istasyon kesin koordinatlarının hassaslık incelemeleri, troposfer, iyonosfer hatalarının, başlangıç tamsayı belirsizliklerinin sonuç datada nasıl çözümlendiği gibi konulara değinilmiştir.



Date	User Stations	Reference Stations	Orbit Type
2015/07/05 01:00:00	YLDZ	ANER BUCU BZCN CRAO DRAC GLSV GRAZ ISTA JOZZ MAT1 NICD NDT1 POLV SDF1 UZHL	IGS final


Şekil 5.3 AUSPOS’da YLDZ istasyonu çözümlenirken kullanılan IGS istasyonları

5.3 Online Positioning User Service (OPUS)

Amerikan Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresinin (NOAA) kurduğu, Amerikan Jeodezik Ölçü Dairesi (NGS)’nin Pages yazılımını kullanan bir programdır. Hassas koordinatları hesaplanacak istasyonun yakınındaki 3 İGS noktasından rölatif olarak konum belirleme işlemi yapar. Bu sistem Amerika içinde IGS yerine Amerikan CORS ağ noktalarını kullanmaktadır.

Herhangi bir üyelik gerektirmeyen program da maksimum 21 mb Rinex veri yükleyebilme sınırı vardır. Programa giriş için [86] adresi kullanılır. Rinex veri, istasyon anten bilgileri, dik anten yüksekliği ve mail adresi girilerek ölçü aralığında istenildiği gibi belirlenip veri çözümlene çalışmasına başlanabilir. Opus programı 2 saat ve altındaki verileri çözümler.

Maile gelen sonuç verisinde, kullanılan IGS istasyonları bilgileri, kullanılan yazılımın versiyonu, ölçüm aralığı, anten tipi ve dik anten yüksekliği, hesaplanan ölçüm epok koordinatları ve koordinat değerleri mevcuttur.



OPUS: Online Positioning User Service
National Geodetic Survey

NGS Home | About NGS | Data & Imagery | Tools | Surveys | Science & Education

Upload your data file.
Solve your GPS position & tie it to the National Spatial Reference System. [What is OPUS?](#) [FAQs](#)

Dosya seçilmedi
* data file of dual-frequency GPS observations. [sample](#)

NONE no antenna selected
* antenna - choosing wrong may degrade your accuracy.

0.000 meters above your mark.
* antenna height of your antenna's reference point.

* email address - your solution will be sent here.

to customize your solution.

for data 15 min. - 2 hrs. for data 2 hrs. - 48 hrs.

* required fields
We may use your data for internal evaluations of OPUS use, accuracy, or related research.

OPUS menu
upload
about OPUS
projects
shared solutions
support / feedback

Şekil 5.4 OPUS programı işlem sayfası

5.4 Automatic Precise Positioning Service (APPS)

APPS, Jet Propulsion Laboratory (JPL) laboratuvarının bir ürünüdür. PPP çözümü verirken GIPSY-OASIS yazılımını kullanmaktadır. Üyelik gereklidir. Program maksimum 10 mb. kadar Rinex veri yüklemeye izin vermektedir. Ayrıca sisteme üye olmadan da veri yüklenebilir. Bunun için de 5 mb. kadar rinex veri yükleme kotası konulmuştur. Statik veya Kinematik modda çalışılabilir. APPS JPL'nin hassas saat ve yörünge ürünlerini kullanır. Sonuç ürünleri mail olarak kullanıcıya gönderir. Programa giriş için [87] adresi kullanılır.



Jet Propulsion Laboratory
California Institute of Technology

[+ View the NASA Portal](#)

JPL HOME
EARTH
SOLAR SYSTEM
STARS & GALAXIES
TECHNOLOGY



The Automatic Precise Positioning Service
of the
Global Differential GPS System

- ▶ Home
- ▶ Unique Features
- ▶ About GDGPS
- ▶ How to use APPS
- ▶ Under The Hood
- ▶ Instant Positioning
- ▶ Registered Users
- ▶ Register

Instant Positioning

APPS Options	
Processing Mode	<input checked="" type="radio"/> Static <input type="radio"/> Kinematic
Measurement Type	<input type="radio"/> Single Frequency <input checked="" type="radio"/> Dual Frequency
Orbits/Clocks used	JPL Final: Data prior to 2015-09-26 JPL Rapid: Data from 2015-09-26 to 2015-10-05 JPL Ultra R/T: Data from 2015-10-05 to present
L1 Code	<input type="radio"/> CA Code <input checked="" type="radio"/> P Code
Model Pressure Data?	<input type="radio"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No
Elevation Dependent Data Weighting	<input checked="" type="radio"/> Flat <input type="radio"/> Sin <input type="radio"/> Sqrt(sin)
Advanced Options	<input type="text" value="7.5"/> Elevation Angle Cutoff <input type="text" value="300"/> Solution Output Rate (seconds)

Dosya seçilmedi

Şekil 5.5 APPS programı işlem sayfası

Sonuç verisinde .tdp, .sum, .stacov, .pfs, .ninjalog uzantılı dosyaların bulunduğu bir klasör kullanıcıya mail atılır. ITRF Kartezyen koordinatları, standart sapmaları bilgileri .sum uzantılı dosya içinden elde edilir. Diğer uzantılı dosyalar genel olarak troposferik, iyonosferik gecikmelerin modellenmesi, Rinex verinin ön analiz ve kesin hesaplarını, standart sapmalarını, ambiguity değişimlerini, saat hatalarını içerir.

5.5 GPS Analysis and Positioning Software (GAPS)

Kanada'nın Yeni Brunswick Üniversitesi, Jeodezi ve Geomatik Mühendisliği bölümünde geliştirilen bu programdır. Matematiksel model olarak diğer programlar gibi standart diye nitelendirilen benzer çözümlenmeleri, formülasyonları kullanır, onlardan farklı olarak Matlab'de geliştirilen bu program 150 fonksiyon üzerinde şekillendirilmiş veri işleme için uygun hale getirilmiştir [68]. Ek olarak atmosferik gecikmeler için yeni bir model(The Neutral Atmosphere Model (NAD)) üzerinde durulan bu serviste Kuzey

Amerikadaki Meteorolojik üsse (UNB3) gelen meteorolojik bilgiler ile meteorolojik verilerin toplandığı bir yüzey modeli oluşturulmuştur [73].

IGS ve NRcan gibi hassas yörünge ve saat ürünlerini yayınlayan kurumların ürünlerini kullanarak statik ve kinematik modda cm hassasiyetinde çözümler üretir.

GAPS 2006 yılında uydu faz ölçüleri kalibrasyon ve kullanımını için geliştirilmeye başlandı. Sistem temelinde L1 ve L2 tamsayı belirsizliği ve sapmalarını iyileştirme çözümüne dayalı kurulmuş ve çeşitli modellemeler ve yaklaşımlarla birlikte hata kaynakları minimize edilmiştir [82].

Programda iki farklı çözümlene seçeneği vardır. Temel mod ve gelişmiş mod adları altında veri yükleme ve proses etme olanağı mevcuttur. Temel modda (bizim uygulamada kullandığımız mod), ölçüm dosyası yükleme, ölçüm modu seçim (statik veya kinematik), uydu yükseklik açısı girişi ve mail adresi girişi yapıldıktan sonra çözümlene yapılabilir. Kota sınırlaması ve üyelik şartı yoktur.

Sonuç verisinde .dop, .nad, .par, .res, .std uzantılı dosyaların bulunduğu bir klasör kullanıcıya mail atılır. Genel olarak dop bilgileri, atmosferik gecikme bilgileri, kullanılan parametreler, kod gözlemleri ve taşıyıcı faz gözlemleri gecikmeleri bilgileri, standart sapma bilgileri ve bunların analiz tablolarını içerir. Koordinat bilgileri, standart sapmaları bilgileri, hangi modelleri kullanıldığı bilgiler, analiz tabloları .html uzantılı mailde gönderilen linkten incelenebilir.



GAPS Basic User Submission

Select Input Observation File: *	<input type="button" value="Dosya Seç"/> Dosya seçilmedi
X (m) / Latitude (dd.mmsssss)	<input type="text" value="0"/>
Y (m) / Longitude (dd.mmssss)	<input type="text" value="0"/>
Z (m) / Height (m)	<input type="text" value="0"/>
Positioning	<input checked="" type="radio"/> Static <input type="radio"/> Kinematic
Elevation Cutoff Angle (deg)	<input type="text" value="10"/>
E-mail *	<input type="text" value="ex: myname@example.com"/>
<input type="button" value="Process"/>	

- For a more detailed look at the default processing options applied for the basic user, click [here](#).

* Mandatory fields

Şekil 5.6 GAPS programı işlem sayfası

Gelişmiş modda çözümlene yapmayı isteyen kullanıcılar için, hata kaynaklarının çözümlenmesinde hangi model kullanılmak isteniyor ise, bu kullanıcının tercihine bırakılmıştır. Yörünge ve saat ürünlerini (IGS veya Nrcan), Kod ve faz gözlemlerinde dalga frekansını seçebilme, atmosferik gecikme modellerini seçebilme, kullanıcı anten kalibrasyonu dosyasını yükleyebilme, istasyon konum değişimleri, okyanus yüklemesi datalarını yükleyebilme ve bunun gibi birçok olanağı kullanıcılara sunmuştur. Programa giriş için [88] adresi kullanılır.

5.6 Magic – GNSS

Magic-GNSS, hava ve savunma sanayi sektöründe hizmetler sunan İspanyol GMV adındaki firmanın 2008 yıllarında geliştirdiği bir servistir. Mutlak konum belirleme servisi, e-mail servisi ve Real-time PPP servisi olmak üzere kendi içinde üç farklı yöntemle kullanıcılara farklı çözümlene fırsatı sunar.

Mutlak konum belirleme servisinde kullanıcılar ücretsiz olarak üyelik gerçekleştirebilir ve RINEX verilerini servise yükleyip çözümlenmeyi kendi hesapları üzerinde inceleyebilir, indirebilir ve bulut sisteminde bu verileri diğer kullanıcılarla paylaşabilir. E-mail servisinde ücretsiz olarak Rinex data dosyalarını magicppp@gmc.com mail adresine gönderebilir ve çözümlenmeler yapıldıktan sonra raporuyla birlikte geri gönderilir. Gerçek zamanlı (Real-Time) PPP servisi ise internetten RTCM efemeris düzeltmelerini alarak serviste kullanır. Kullanıcılara ayrıca sadece GPS veya GLONASS uydusu seçebilme seçeneği sunar [89].

Magic-GNSS uydu yörünge ve saat sekronizasyonları, istasyon alıcı koordinat, troposferik gecikme saat düzeltmeleri servisin başlıca yaptığı çözümlenmedir. Bu çözümlerde en küçük kareler algoritması programın ana kullandığı algoritmadır. ODTS (The Orbit Determination and Time Synchronization) için Dünya etrafındaki IGS istasyonlardan çift frekanslı kod ve taşıyıcı faz gözlemlerini işleyerek yörünge ve saat düzeltmelerini belirler [90].

2009 yılında rus uydularındaki yeni gelişmelerle beraber 19 aktif uyduya ulaşılan GLONASS sistemi, Magic-GNSS programının geliştirilmesi için yeni bir basamak olmuştur. Serviste çözümlene yapılırken sadece GPS, GLONASS veya GPS+GLONASS uyduları seçimi kullanıcılara bırakılmakta ve 1 saatten 24 saate kadar veri yüklemesi yapılabilmektedir [90].

Programa erişmek için [91] adresi kullanılır.

Şekil 5.7 MAGIC–GNSS programı giriş sayfası

Sonuçlar ayrıntılı grafik ve analizli rapor, troposferik gecikme, saat düzeltme verileriyle birlikte ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) ve ITRF 2008 referans sistemi koordinatlarında kullanıcılara sunulur. Sisteme aynı anda 5 farklı RINEX dosyası ekleme özelliği mevcuttur.

6.1 Test Noktasının Özellikleri

Bu çalışmada Yıldız Teknik Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenen 2012-05-03-KAP01 nolu proje kapsamında kurulmuş, Yıldız Teknik Üniversitesi Sabit GNSS İstasyonu (YLDZ) istasyon ham verilerinden faydalanılmıştır.

YLDZ istasyonunda Almanya'da bulunan Geo++ firması tarafından mutlak kalibrasyonu yapılan Aero Antenna AT1675 Chokering GNSS anteni ve Ashtech Proflex 800 GNSS alıcısı kullanılmaktadır. Şekil 6.1'de YTÜ İnşaat Fakültesi D Blok çatı katında bulunan, YLDZ istasyonuna ait resim verilmiştir [92].



Şekil 6.1 YLDZ GNSS istasyonu

Sabit GNSS istasyonu tarafından toplanan verilerin depolanması ve değerlendirme işlemleri için YTÜ Harita Mühendisliği Bölümünde mevcut bulunan yüksek kapasiteli 1 adet sunucu bu çalışma için tahsis edilmiştir ve sürekli gözlem yapan GNSS alıcısından veriler bu bilgisayara 24 saatlik paketler halinde otomatik olarak kaydedilmektedir. Çalışma kapsamında geliştirilen PEGASUS yazılımı sayesinde istasyonda toplanan 24 saatlik veriler öncelikle otomatik olarak kalite kontrol aşamasından geçmekte, verilere ait istatistiki bilgiler hesaplanarak kullanıcılara sunulmak üzere veritabanında depolanmaktadır. YLDZ istasyonunun, Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliğinin 43. maddesi kapsamında kullanılabilir olduğu belgelenmiş durumdadır. YLDZ istasyonuna ait verilere ve koordinat bilgileri ile hız bilgilerine [URL-16] adresinden erişilebilmektedir. Bununla birlikte YLDZ istasyonu ve çalışma kapsamında kurulan veri işleme merkezi EUREF ağına dahil olmuş durumdadır. İstasyona ait veriler EUREF ağının bölgesel veri merkezlerine günlük olarak gönderilmekte ve EUREF üzerinden kullanıcılara sunulmaktadır [92].



İSTASYON BİLGİLERİ	
NOKTA ADI	Yıldız Teknik Üniversitesi
4 Karakter Kısaltması	YLDZ
İLİ	İstanbul
İLÇESİ	Esenler
ALICI MARKA/MODEL	Ashtech Proflex800
ANTEN MARKA/MODEL	AERAT_1675_120 SPKE
ADRES	Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Davutpaşa, Esenler / İstanbul

KOORDİNAT BİLGİLERİ				
ITRF2008 (2014.0)	X:	4219315.1329 m (± 0.6 mm)	Vx:	-0.0179 m/yıl (± 0.7 mm/yıl)
	Y:	2328105.6693 m (± 0.4 mm)	Vy:	0.0151 m/yıl (± 0.5 mm/yıl)
	Z:	4164453.8520 m (± 0.6 mm)	Vz:	0.0083 m/yıl (± 0.6 mm/yıl)
ITRF96 (2005.0)	X:	4219315.3121 m (± 0.6 mm)		
	Y:	2328105.5443 m (± 0.4 mm)		
	Z:	4164453.7420 m (± 0.5 mm)		

Şekil 6.2 YLDZ GNSS istasyon ve koordinat bilgileri [93]

Çalışmada 05/07/2015 (186'ıncı GPS günü), 05/08/2015 (217'inci GPS günü), 05/09/2015 (248'inci GPS günü) 30 sn. aralıklı kayıt yapan, 24 saatlik istasyon Rinex verileri kullanılmıştır.

6.2 Ön Hazırlık ve Değerlendirme

Belirlenen tarihteki YLDZ istasyonu için Rinex verileri, Euref ağından [94] adresinden Şekil 6.3 ve Şekil 6.4 de gösterildiği gibi indirilmiştir.

EPN CB HOME

EUREF PERMANENT NETWORK

ROB
GNSS RESEARCH GROUP

EUREF

ORGANISATION

About | Components | Working groups | Management | Contributors | Collaborations | Site map

NETWORK & DATA

Station list | Maps | Tracking status | Data access | Proposed stations | Station log submission | Station picture submission

PRODUCTS & SERVICES

Data analysis | Daily/weekly positions | Positions & velocities | Tropospheric delays | ETRF/ITRF transformation | Position time series | Satellite orbit & clock correction streams

DOCUMENTATION

Formats | Guidelines | Equipment & calibration | Papers | FAQ

NEWS, EVENTS & LINKS

News | Mails | Calendar | Workshops | FTP server | Web history | Links

NETWORK & DATA > PROPOSED STATIONS

All stations proposed to the EPN should follow the procedure for becoming an EPN station and guidelines for EPN stations and operational centres.

NOT YET READY TO BE INCLUDED INTO THE EPN

Long Marker Name	Proposed at	City	Country	DQ (%)		Availability			Latency		Documentation				Meta-data		Reliance to EPN	Data		Interested analysis centres	
				0°	15°	Daily (%)	Hourly (%)	RT (#)	Hourly (%)	CL	SL	SP	NC	Daily	RT	AC		DQ			
ADAR00GRR	2015-07-24	Aberdaron	United Kingdom	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	I,GE,ROB
AR1500GRR	2015-07-24	Arisaig	United Kingdom	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	I,GE,ROB
CAG100ITA	2014-02-13	Cagliari	Italy	92	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	I,GE,OLG,UFA
CH1000GRR	2015-07-24	Chilbolton	United Kingdom	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	I,GE,ROB
ED1000GRR	2015-07-24	Edinburgh	United Kingdom	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	B,K,G,I,GE,ROB
IB1200ESP	2015-06-18	Ibiza	Spain	88	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	AS1,I,GE
IJ1000NLD	2015-09-23	IJmuiden	Netherlands	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ROB
KIR000SWE	2013-09-20	Kiruna	Sweden	94	99	100	100	100	99	99	2	97	97	97	97	97	97	97	97	97	N,K,G
KOS100NLD	2015-09-23	Kootwijk	Netherlands	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	B,K,G,ROB
LER100GRR	2015-07-24	Lerwick	United Kingdom	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	B,K,G,I,GE,N,K,G,ROB
MAR700SWE	2013-09-20	Gävle	Sweden	87	100	100	100	100	100	2	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	B,K,G,N,K,G
NYA200NOR	2015-09-25	Ny Alesund	Norway	0	0	0	0	99	0	0	96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R,E,T
ONS100SWE	2013-09-20	Onsala	Sweden	87	100	100	100	100	100	2	98	97	97	97	97	97	97	97	97	97	B,K,G,N,K,G,ROB
PLAN00ESP	2015-07-13	Palma de Maiorca	Spain	91	99	100	100	86	86	2	60	36	36	36	36	36	36	36	36	36	AS1,B,K,G
PM1000GRR	2015-07-24	Plymouth	United Kingdom	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	I,GE,ROB
SC1100GRR	2015-07-24	Scilly Isles	United Kingdom	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	I,GE,ROB
SH0000GRR	2015-07-24	Shoeburyness	United Kingdom	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	B,K,G,I,GE,ROB
SN0000GRR	2015-07-24	St. Neots	United Kingdom	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	I,GE,ROB
SWAS00GRR	2015-07-24	Swansea	United Kingdom	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	I,GE,ROB
VL1500NLD	2015-09-23	Vlissingen	Netherlands	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	B,K,G,ROB
YLDZ00TUR	2014-08-07	Istanbul	Turkey	81	95	11	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	B,K,G,OLG

Move with the mouse over the red cross for more information.

Şekil 6.3 Euref ağı girişi sayfası

GNSS DATA (RINEX, RTCM, ...)

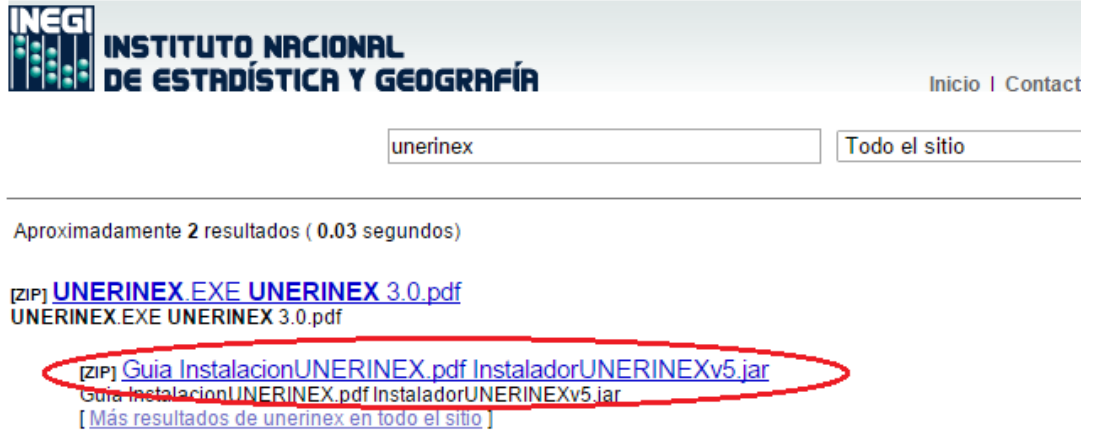
SATELLITE SYSTEM	STATION LOG : GPS+GLO+SBAS RINEX V2.11 : GPS+GLO+SBAS		
DAILY	FORMAT : RINEX V2.11, 30 sec, Hatanaka compressed ACCESS : free		Less ...
	DATA CENTRES		DOWNLOAD DATA
	Name	Last data	Availability
	EPNCB (historical)	334/2015	N/A
	BKGE	365/2015	0%
	OLG	365/2015	0%
	July 2015		
Wk No	Sun	Mon	Tue Wed Thu Fri Sat
1851			01 (182) 02 (183) 03 (184) 04 (185)
1852	05 (186)	06 (187)	07 (188) 08 (189) 09 (190) 10 (191) 11 (192)
1853	12 (193)	13 (194)	14 (195) 15 (196) 16 (197) 17 (198) 18 (199)
1854	19 (200)	20 (201)	21 (202) 22 (203) 23 (204) 24 (205) 25 (206)
1855	26 (207)	27 (208)	28 (209) 29 (210) 30 (211) 31 (212)

Şekil 6.4 05/07/2015 (186'ıncı GPS günü) datası indirilmesi

EUREF'den indirilen veriler hatanaka formatındadır. Bunları Rinex formatına çevirmek için SOPAC tarafından sağlanan "crx2rnx.exe" programı kullanılmıştır. Format değişikliği yaparken program ile hatanaka formatındaki günlük verimiz aynı klasörde bulunmalıdır. Program üzerine sürükleyerek .15D uzantılı verimiz .15O ölçüm verisi formatına getirilmiştir.

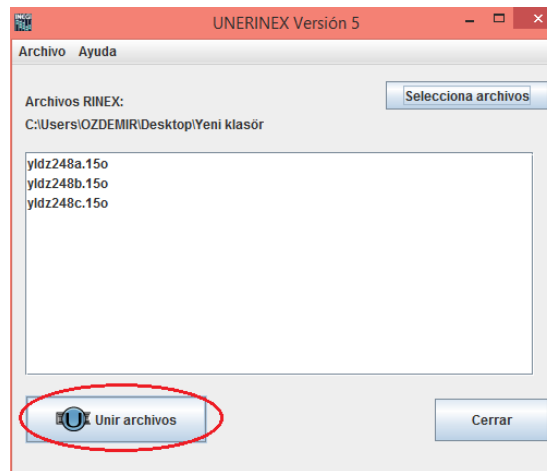
24 saatlik ölçüm verisi 1, 2, 3, 6, 12 saatlik dilimlere ayrılmıştır. Bunu gerçekleştirmek için "UNERINEX Version 5" programı kullanılmıştır. [95] adresinden arama kısmına Unerinex yazıldığı takdirde Şekil 6.5 de gösterildiği gibi indirilebilir.

Nuestro sitio evoluciona, conoce la nueva [versión Beta](#)



Şekil 6.5 UNERINEX v5 programı indirilmesi

Programa eklenen saatlik ölçüm dosyaları Şekil 6.6 de gösterildiği tek dosya haline getirilir.



Şekil 6.6 3 saatlik ölçüm dosyasının birleştirilmesi

Şekil 6.2 de verilen YLDZ İstasyon koordinat bilgilerini (ITRF08) internet bazlı sistemlerde elde edilen koordinat verileriyle kıyaslamak için, ölçüm yapılan ay, yıla göre hız düzeltmelerini hesaba katarak Amerikan Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA) tarafından geliştirilen HTDP programı ile epok kaydırma yapılmıştır. Koordinatlar Şekil 6.7 de gösterildiği gibidir.

← Y www.ngs.noaa.gov Horizontal Time-Dependent Positioning

HTDP Output

```


*****
HTDP (version 3.2.3) OUTPUT

TRANSFORMING POSITIONS FROM ITRF2008 or IGS08      (EPOCH = 01-01-2014 (2014.000))
                    TO ITRF2008 or IGS08          (EPOCH = 08-05-2015 (2015.593))

INPUT COORDINATES   OUTPUT COORDINATES   INPUT VELOCITY

yldz
LATITUDE    41 01 23.65797 N    41 01 23.65857 N    11.76 mm/yr north
LONGITUDE   331 06 40.52302 W    331 06 40.52153 W    21.87 mm/yr east
ELLIP. HT.          126.921            126.920 m    -0.87 mm/yr up
X            4219315.133        4219315.105 m    -17.90 mm/yr
Y            2328105.669        2328105.693 m    15.10 mm/yr
Z            4164453.852        4164453.865 m     8.30 mm/yr

```



[NGS HOME PAGE](http://www.ngs.noaa.gov)

Şekil 6.7 İstasyon kesin koordinatları epok kaydırma işlemi

Kartezyen koordinatlar J-Trans programı ile UTM koordinat değerlerine dönüştürülmüştür ve uygulamalar bu sistemdeki koordinatlar üzerinden irdelenmiştir.

6.3 Verilerin Değerlendirilmesi

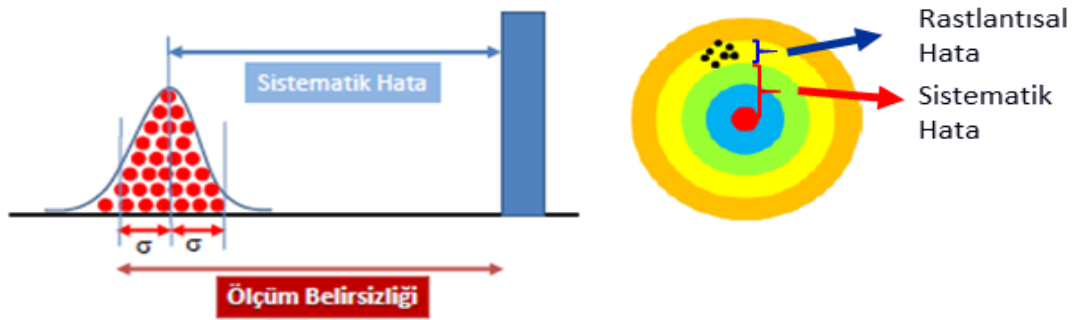
YLDZ istasyonununun 1. Oturum 05/07/2015 (186'inci GPS günü), 2. Oturum 05/08/2015 (217'inci GPS günü), 3.Oturum 05/09/2015 (248'inci GPS günü) olmak üzere 30 saniyelik zaman diliminde kayıt yapan 3 farklı oturumu 1, 2, 3, 6, 12 ve 24 saat'lik kısımlara ayrılarak 6 farklı internet tabanlı PPP servisi ile toplam 108 adet veri değerlendirilmesi yapılmıştır.

3 farklı oturumda değerlendirilen 1, 2, 3, 6, 12, 24 saatlik verilerin UTM koordinatlarının ortalaması alınmış, Bu ortalama koordinattan oturum koordinatları

çıkarılmış ve farklar elde edilmiştir. 3 farklı oturumun ortalama değerlerinin tüm saat dilimlerindeki standart sapmaları hesaplanmıştır. Bununla birlikte standart sapmaların 2 katı alınarak genişletilmiş ölçüm belirsizliği için rastlantısal hatalar tespit edilmiştir.

Ayrıca 3 farklı oturum verileri ortalamaları X, Y, H UTM koordinat bileşenleri her servisi için, YLDZ istasyon gerçek koordinat bileşenlerine göre farkları alınarak sistematik hatalar tespit edilmiştir.

Rastlantısal hata ve sistematik hataları belirlenen değerler toplanarak her servisin 1, 2, 3, 6, 12, 24 saatlik verilerinin genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri hesaplanmıştır. Hesaplanan ölçüm belirsizlikleri, her bir program arasında puanlama esasına göre, en başarılı servise en yüksek puan verilecek şekilde tasarlanmış ve uygulama sonucunda X-Y bileşeni ve H bileşeni için genel puan tabloları hazırlanmıştır, sonuç olarak hangi GNSS servisi daha başarılı sonuçlar veriyor sorularına yanıt aranmıştır.



$$\text{Ölçüm Belirsizliği} = \text{Sistematik Hata} + \text{Rastlantısal Hata } (\sigma)$$

$$\text{Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği} = \text{Sistematik Hata} + 2 \sigma$$

Şekil 6.8 Sistematik, rastlantısal hatalar ve genişletilmiş ölçüm belirsizliği

TEST SONUÇLARI

7.1 24 Saatlik Verilerin Karşılaştırılması

YLDZ istasyonu 24 saatlik verisi, Natural Resource Canada (NRCan) tarafından kurulan CSRS-PPP servisi ile değerlendirildiğinde standart sapmaları, X bileşeninde 0,2 cm, Y bileşeninde 0,2 cm ve yükseklik bileşeninde 0,3 cm olduğu tespit edilmiştir.

Geoscience Australia kuruluşunun hazırladığı online veri işleme servisi AUSPOS için standart sapma değerleri, X bileşeninde 0,3 cm, Y bileşeninde 0,4 cm ve yükseklik bileşeninde 0,5 cm olduğu tespit edilmiştir.

Amerikan Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresinin (NOAA) kurduğu Online Positioning User Service (OPUS) veri değerlendirme servisinde standart sapma değerleri, X bileşeninde 0,3 cm, Y bileşeninde 0,5 cm ve yükseklik bileşeninde 0,2 cm olduğu tespit edilmiştir.

Jet Propulsion Laboratory (JPL) laboratuvarının bir ürünü olan Automatic Precise Positioning Service (APPS) veri değerlendirme servisinde standart sapma sonuçları, X bileşeninde 0,1 cm, Y bileşeninde 0,2 cm ve yükseklik bileşeninde 0,2 cm olduğu görülmüştür.

Kanada'nın Yeni Brunswick Üniversitesi, Jeodezi ve Geomatik Mühendisliği bölümünce geliştirilen servis, GPS Analysis and Positioning Software (GAPS) için X bileşeninde 0,1 cm, Y bileşeninde 0,4 cm ve yükseklik bileşeninde 0,2 cm olduğu görülmüştür.

Hava ve savunma sanayi sektöründe hizmetler sunan İspanyol GMV adındaki firmanın geliştirdiği MAGIC-GNSS servisi için, X bileşeninde 0,2 cm, Y bileşeninde 0,3 cm ve yükseklik bileşeninde 0,5 cm olduğu görülmüştür.

24 saatlik verilerin ortalamaları ve standart sapmaları Şekil 7.1' de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

24 Saatlik Oturum Ortalamaları ve Standart Sapmaları						
Kullanılan Programlar						
	Y (m)	SY (cm)	X (m)	SX (cm)	H (m)	SH (cm)
CSRS-P.P.P.	406536.296	0.2	4543748.963	0.2	126.935	0.3
AUSPOS	406536.288	0.4	4543748.965	0.3	126.933	0.5
OPUS	406536.300	0.5	4543748.966	0.3	126.933	0.2
APPS	406536.291	0.2	4543748.964	0.1	126.930	0.2
GAPS Report	406536.291	0.4	4543748.974	0.1	126.935	0.2
MAGIC-GNSS	406536.300	0.3	4543748.965	0.2	126.930	0.5

Şekil 7.1 24 saatlik verilerin ortalamaları ve standart sapmaları

YLDZ istasyonu gerçek koordinat değerinden (Y: 406536.2945, X: 4543748.9706, H: 126.9202) ortalama değerlerinin farkları incelendiğinde 24 saatlik verisi için bu farklar, CSRS-PPP servisi X bileşeni için 0,8 cm, Y bileşeninde -0,2 cm ve yükseklik bileşeninde -1,5 cm olduğu tespit edilmiştir.

AUSPOS için farklar, X bileşeninde 0,6 cm, Y bileşeninde 0,7 cm ve yükseklik bileşeninde -1,3 cm olduğu tespit edilmiştir.

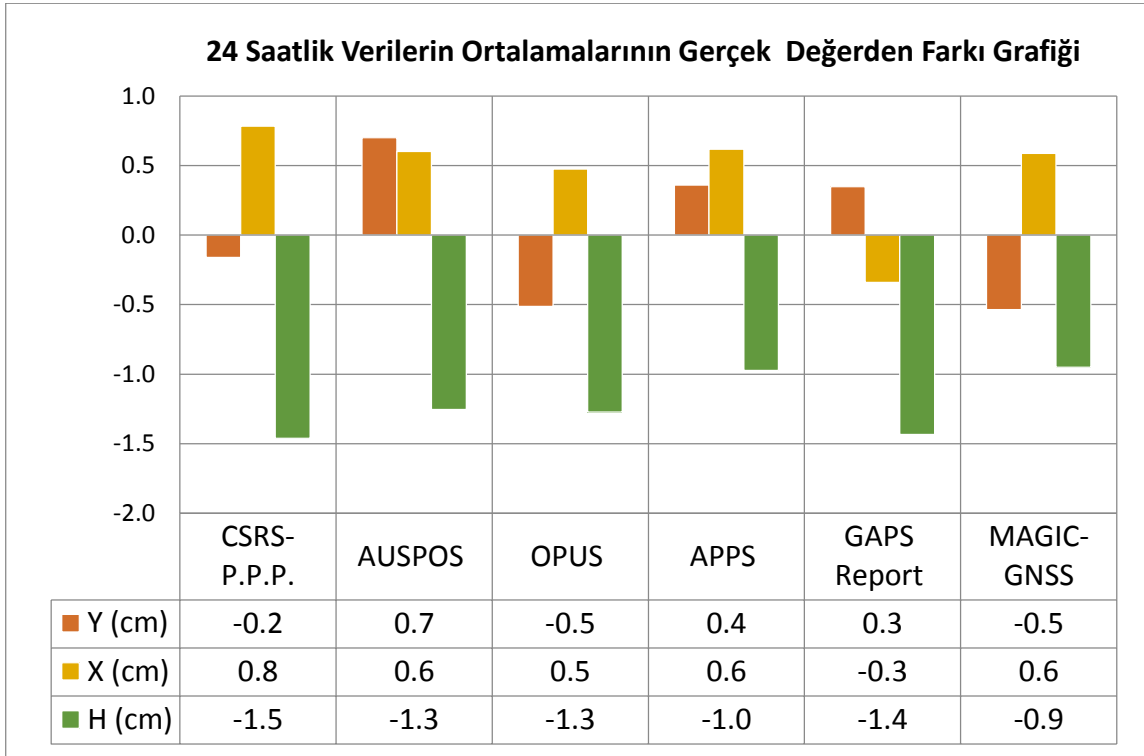
OPUS için farklar, X bileşeninde 0,5 cm, Y bileşeninde -0,5 cm ve yükseklik bileşeninde -1,3 cm olduğu tespit edilmiştir.

APPS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 0,6 cm, Y bileşeninde 0,4 cm ve yükseklik bileşeninde -1,0 cm olduğu tespit edilmiştir.

GAPS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde -0,3 cm, Y bileşeninde 0,3 cm ve yükseklik bileşeninde -1,4 cm olduğu tespit edilmiştir.

MAGIC-GNSS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 0,6 cm, Y bileşeninde -0,5 cm ve yükseklik bileşeninde -0,9 cm olduğu tespit edilmiştir.

24 saatlik verilerin ortalamalarının gerçek değerden farkını yansıtan grafik Şekil 7.2' de gösterilmiştir.



Şekil 7.2 24 saatlik verilerin ortalamalarının gerçek değerden farkı grafiği

YLDZ istasyonu 24 saatlik verilerin rastlantısal(2σ), sistematik hataları ve bu iki hatanın toplamı olan genişletilmiş ölçüm belirsizliği değerleri incelendiğinde, CSRS-PPP servisi X bileşeni için 1,1 cm, Y bileşeninde 0,6 cm ve yükseklik bileşeninde 2,0 cm olduğu tespit edilmiştir.

AUSPOS için, X bileşeninde 1,2 cm, Y bileşeninde 1,6 cm ve yükseklik bileşeninde 2,2 cm olduğu tespit edilmiştir.

OPUS için farklar, X bileşeninde 1,1 cm, Y bileşeninde 1,5 cm ve yükseklik bileşeninde 1,8 cm olduğu tespit edilmiştir.

APPS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 0,9 cm, Y bileşeninde 0,7 cm ve yükseklik bileşeninde 1,4 cm olduğu tespit edilmiştir.

GAPS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 0,6 cm, Y bileşeninde 1,2 cm ve yükseklik bileşeninde 1,8 cm olduğu tespit edilmiştir.

MAGIC-GNSS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 0,9 cm, Y bileşeninde 1,2 cm ve yükseklik bileşeninde 1,9 cm olduğu tespit edilmiştir.

24 saatlik verilerin rastlantısal, sistematik hataları ve genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri Şekil 7.3' de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

24 Saatlik Oturum Verileri Rastlantısal Hatası				24 Saatlik Oturum Verileri Sistematik Hatası			
Kullanılan Programlar	Rastlantısal Hata (cm)			Kullanılan Programlar	Sistematik Hata (cm)		
	SY	SX	SH		Y	X	H
CSRS-P.P.P.	0,5	0,4	0,5	CSRS-P.P.P.	0,2	0,8	1,5
AUSPOS	0,9	0,6	0,9	AUSPOS	0,7	0,6	1,3
OPUS	1,0	0,6	0,5	OPUS	0,5	0,5	1,3
APPS	0,3	0,3	0,4	APPS	0,4	0,6	1,0
GAPS Report	0,8	0,3	0,4	GAPS Report	0,3	0,3	1,4
MAGIC-GNSS	0,7	0,3	1,0	MAGIC-GNSS	0,5	0,6	0,9

24 Saatlik Oturum Verileri Geniş Ölçüm Belirsizliği			
Kullanılan Programlar	Geniş Ölçüm Belirsizliği (cm)		
	Y	X	H
CSRS-P.P.P.	0,6	1,1	2,0
AUSPOS	1,6	1,2	2,2
OPUS	1,5	1,1	1,8
APPS	0,7	0,9	1,4
GAPS Report	1,2	0,6	1,8
MAGIC-GNSS	1,2	0,9	1,9

Şekil 7.3 24 saatlik verilerin rastlantısal, sistematik hatası ve geniş ölçüm belirsizliği 24 saatlik veriler için hesaplanan genişletilmiş ölçüm belirsizliklerine göre yazılımların performansı değerlendirildiğinde, X, Y ve H bileşenlerinde en başarılı yazılımın APPS, en başarısız yazılımın ise AUSPOS olduğu gözlemlenmiştir. 24 saatlik verilerin X, Y ve H bileşenleri genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri yazılım değerlendirme tablosu Şekil 7.4' de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

En Başarılı: 100 Puan	Yazılım Değerlendirme Tablosu (24 Saat)	
	X ve Y bileşeni Ortalama Geniş Ölçüm Belirsizliği	
	Değer (cm)	Puan
CSRS-P.P.P.	0,9	89
AUSPOS	1,4	58
OPUS	1,3	62
APPS	0,8	100
GAPS Report	0,9	88
MAGIC-GNSS	1,1	74

En Başarılı: 100 Puan	Yazılım Değerlendirme Tablosu (24 Saat)	
	H bileşeni Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği	
	Değer (cm)	Puan
CSRS-P.P.P.	2,0	70
AUSPOS	2,2	63
OPUS	1,8	79
APPS	1,4	100
GAPS Report	1,8	76
MAGIC-GNSS	1,9	72

Şekil 7.4 24 saatlik verilerin X-Y ve H bileşenleri genişletilmiş ölçüm belirsizliği yazılım değerlendirilmesi

7.2 12 Saatlik Verilerin Karşılaştırılması

YLDZ istasyonu 12 saatlik verisi, CSRS-P.P.P. servisinde elde edilen standart sapmaları, X bileşeninde 0,2 cm, Y bileşeninde 0,3 cm ve yükseklik bileşeninde 0,2 cm olduğu tespit edilmiştir.

AUSPOS için standart sapma değerleri, X bileşeninde 0,1 cm, Y bileşeninde 0,2 cm ve yükseklik bileşeninde 0,3 cm olduğu tespit edilmiştir.

OPUS veri değerlendirme servisinde standart sapma sonuçları, X bileşeninde 0,2 cm, Y bileşeninde 0,7 cm ve yükseklik bileşeninde 0,2 cm olduğu tespit edilmiştir.

APPS veri değerlendirme servisinde standart sapma sonuçları, X bileşeninde 0,2 cm, Y bileşeninde 0,3 cm ve yükseklik bileşeninde 0,5 cm olduğu görülmüştür.

GAPS için standart sapma değerleri, X bileşeninde 0,3 cm, Y bileşeninde 0,6 cm ve yükseklik bileşeninde 0,3 cm olduğu görülmüştür.

MAGIC-GNSS servisi için standart sapma değerleri, X bileşeninde 0,4 cm, Y bileşeninde 0,1 cm ve yükseklik bileşeninde 0,4 cm olduğu görülmüştür.

12 saatlik verilerin ortalamaları ve standart sapmaları Şekil 7.5 'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

12 Saatlik Oturum Ortalamaları ve Standart Sapmaları						
Kullanılan Programlar	Y (m)	SY (cm)	X (m)	SX (cm)	H (m)	SH (cm)
CSRS-P.P.P.	406536.303	0.3	4543748.962	0.2	126.945	0.2
AUSPOS	406536.286	0.2	4543748.961	0.1	126.948	0.3
OPUS	406536.284	0.7	4543748.960	0.2	126.947	0.2
APPS	406536.288	0.3	4543748.961	0.2	126.941	0.5
GAPS Report	406536.289	0.6	4543748.965	0.3	126.943	0.3
MAGIC-GNSS	406536.302	0.1	4543748.961	0.4	126.939	0.4

Şekil 7.5 12 saatlik verilerin ortalamaları ve standart sapmaları

YLDZ istasyonu 12 saatlik verisi için gerçek değerden ortalama değerlerin farkları incelendiğinde, CSRS-PPP servisi ile değerlendirildiğinde X bileşeni, 0,8 cm, Y bileşeninde -0,9 cm ve yükseklik bileşeninde -2,5 cm olduğu tespit edilmiştir.

AUSPOS için farklar, X bileşeninde 1,0 cm, Y bileşeninde 0,9 cm ve yükseklik bileşeninde -2,8 cm olduğu tespit edilmiştir.

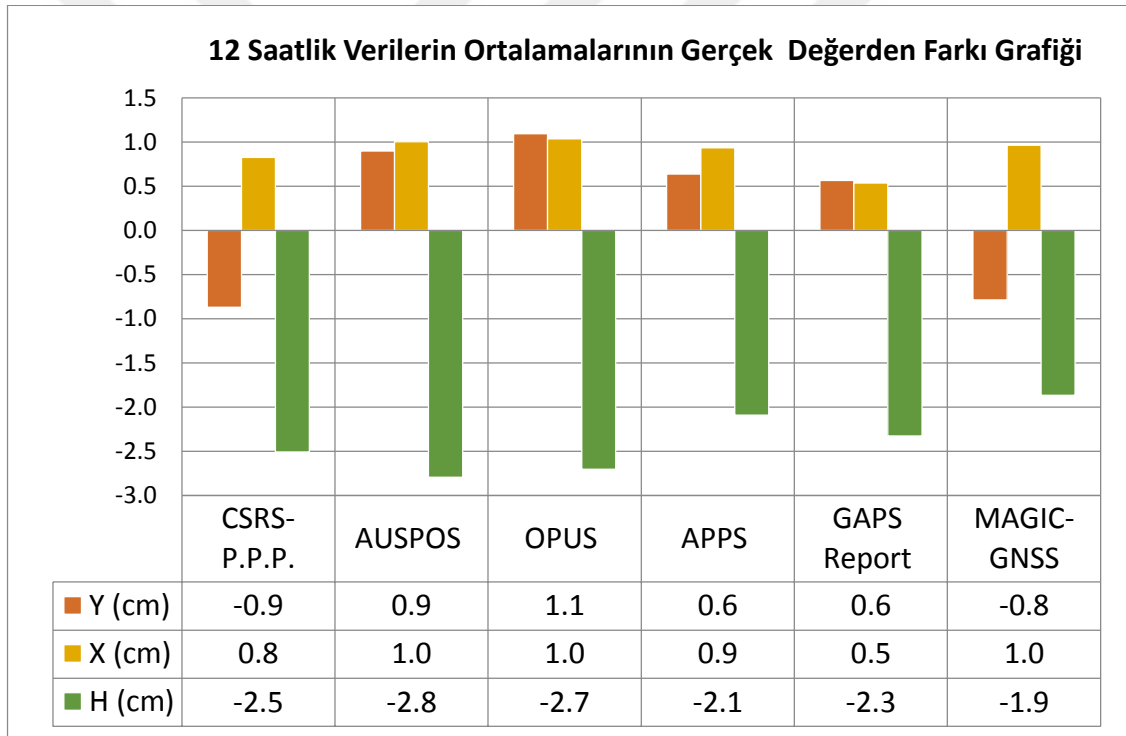
OPUS için farklar, X bileşeninde 1,0 cm, Y bileşeninde 1,1 cm ve yükseklik bileşeninde -2,7 cm olduğu tespit edilmiştir.

APPS veri değerlendirme servisi için farklar, X bileşeninde 0,9 cm, Y bileşeninde 0,6 cm ve yükseklik bileşeninde -2,1 cm olduğu tespit edilmiştir.

GAPS veri değerlendirme servisi için farklar, X bileşeninde 0,5 cm, Y bileşeninde 0,6 cm ve yükseklik bileşeninde -2,3 cm olduğu tespit edilmiştir.

MAGİC-GNSS veri değerlendirme servisi için farklar, X bileşeninde 1,0 cm, Y bileşeninde -0,8 cm ve yükseklik bileşeninde -1,9 cm olduğu tespit edilmiştir.

12 saatlik verilerin ortalamalarının gerçek değerden farkını yansıtan grafik Şekil 7.6 de gösterilmiştir.



Şekil 7.6 12 saatlik verilerin ortalamalarının gerçek değerden farkı grafiği

YLDZ istasyonu 12 saatlik verilerin rastlantısal(2σ), sistematik hataları ve bu iki hatanın toplamı olan genişletilmiş ölçüm belirsizliği değerleri incelendiğinde, CSRS-PPP servisi X bileşeni için 1,2 cm, Y bileşeninde 1,4 cm ve yükseklik bileşeninde 2,9 cm olduğu tespit edilmiştir.

AUSPOS için, X bileşeninde 1,2 cm, Y bileşeninde 1,2 cm ve yükseklik bileşeninde 3,4 cm olduğu tespit edilmiştir.

OPUS için farklar, X bileşeninde 1,4 cm, Y bileşeninde 2,4 cm ve yükseklik bileşeninde 3,2 cm olduğu tespit edilmiştir.

APPS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 1,3 cm, Y bileşeninde 1,3 cm ve yükseklik bileşeninde 3,0 cm olduğu tespit edilmiştir.

GAPS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 1,2 cm, Y bileşeninde 1,8 cm ve yükseklik bileşeninde 3,0 cm olduğu tespit edilmiştir.

MAGIC-GNSS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 1,7 cm, Y bileşeninde 1,0 cm ve yükseklik bileşeninde 2,7 cm olduğu tespit edilmiştir.

24 saatlik verilerin rastlantısal, sistematik hataları ve genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri Şekil 7.7' de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

12 Saatlik Oturum Verileri Rastlantısal Hatası			
Kullanılan Programlar	SY (cm)	SX (cm)	SH (cm)
CSRS-P.P.P.	0,5	0,4	0,4
AUSPOS	0,3	0,2	0,6
OPUS	1,3	0,4	0,5
APPS	0,6	0,3	1,0
GAPS Report	1,2	0,6	0,7
MAGIC-GNSS	0,2	0,8	0,8

12 Saatlik Oturum Verileri Sistemik Hatası			
Kullanılan Programlar	Y (cm)	X (cm)	H (cm)
CSRS-P.P.P.	0,9	0,8	2,5
AUSPOS	0,9	1,0	2,8
OPUS	1,1	1,0	2,7
APPS	0,6	0,9	2,1
GAPS Report	0,6	0,5	2,3
MAGIC-GNSS	0,8	1,0	1,9

12 Saatlik Oturum Verileri Geniş Ölçüm Belirsizliği			
Kullanılan Programlar	Y (cm)	X (cm)	H (cm)
CSRS-P.P.P.	1,4	1,2	2,9
AUSPOS	1,2	1,2	3,4
OPUS	2,4	1,4	3,2
APPS	1,3	1,3	3,0
GAPS Report	1,8	1,2	3,0
MAGIC-GNSS	1,0	1,7	2,7

Şekil 7.7 12 saatlik verilerin rastlantısal hatası, sistematik hatası ve genişletilmiş ölçüm belirsizliği

12 saatlik veriler için hesaplanan genişletilmiş ölçüm belirsizliklerine göre yazılımların performansı değerlendirildiğinde, X ve Y bileşenlerinde en başarılı yazılımın AUSPOS, en başarısız yazılımın ise OPUS olduğu gözlemlenmiştir. Yükseklik bileşeninde en başarılı yazılımın MAGIC-GNSS, en başarısız yazılımın ise AUSPOS olduğu gözlemlenmiştir.

12 saatlik verilerin X, Y ve H bileşenleri genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri yazılım değerlendirme tablosu Şekil 7.8' de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

En Başarılı: 100 Puan	Yazılım Değerlendirme Tablosu (12 Saat)	
	X ve Y bileşeni Ortalama Geniş. Ölçüm Belirsizliği	
	Değer (cm)	Puan
CSRS-P.P.P.	1,3	93
AUSPOS	1,2	100
OPUS	1,9	63
APPS	1,3	96
GAPS Report	1,5	81
MAGIC-GNSS	1,4	90

En Başarılı: 100 Puan	Yazılım Değerlendirme Tablosu (12 Saat)	
	H bileşeni Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği	
	Değer (cm)	Puan
CSRS-P.P.P.	2,9	93
AUSPOS	3,4	80
OPUS	3,2	84
APPS	3,0	88
GAPS Report	3,0	90
MAGIC-GNSS	2,7	100

Şekil 7.8 12 saatlik verilerin X-Y ve H bileşenleri genişletilmiş ölçüm belirsizliği yazılım değerlendirilmesi

7.3 6 Saatlik Verilerin Karşılaştırılması

YLDZ istasyonu 6 saatlik verisi, CSRS-P.P.P. servisinde elde edilen standart sapmaları, X bileşeninde 0,5 cm, Y bileşeninde 0,3 cm ve yükseklik bileşeninde 0,2 cm olduğu tespit edilmiştir.

AUSPOS için standart sapma değerleri, X bileşeninde 0,3 cm, Y bileşeninde 0,5 cm ve yükseklik bileşeninde 0,3 cm olduğu tespit edilmiştir.

OPUS veri değerlendirme servisinde standart sapma sonuçları, X bileşeninde 0,4 cm, Y bileşeninde 0,4 cm ve yükseklik bileşeninde 0,2 cm olduğu tespit edilmiştir.

APPS veri değerlendirme servisinde standart sapma sonuçları, X bileşeninde 0,3 cm, Y bileşeninde 0,1 cm ve yükseklik bileşeninde 0,5 cm olduğu görülmüştür.

GAPS için standart sapma değerleri, X bileşeninde 0,8 cm, Y bileşeninde 0,2 cm ve yükseklik bileşeninde 0,2 cm olduğu görülmüştür.

MAGIC-GNSS servisi için standart sapma değerleri, X bileşeninde 0,5 cm, Y bileşeninde 0,4 cm ve yükseklik bileşeninde 0,5 cm olduğu görülmüştür.

6 saatlik verilerin ortalamaları ve standart sapmaları Şekil 7.9' da ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

6 Saatlik Oturum Ortalamaları ve Standart Sapmaları						
Kullanılan Programlar						
	Y (m)	SY (cm)	X (m)	SX (cm)	H (m)	SH (cm)
CSRS-P.P.P.	406536.280	0.3	4543748.960	0.5	126.954	0.2
AUSPOS	406536.282	0.5	4543748.957	0.3	126.949	0.3
OPUS	406536.279	0.4	4543748.959	0.4	126.953	0.2
APPS	406536.284	0.1	4543748.958	0.3	126.942	0.5
GAPS Report	406536.284	0.2	4543748.952	0.8	126.949	0.2
MAGIC-GNSS	406536.284	0.4	4543748.956	0.5	126.941	0.5

Şekil 7.9 6 saatlik verilerin ortalamaları ve standart sapmaları

YLDZ istasyonu 6 saatlik verisi için gerçek değerden ortalama değerlerin farkları incelendiğinde, CSRS-PPP servisi ile değerlendirildiğinde, X bileşeni 1,0 cm, Y bileşeninde 1,4 cm ve yükseklik bileşeninde -3,4 cm olduğu tespit edilmiştir.

AUSPOS için farklar, X bileşeninde 1,3 cm, Y bileşeninde 1,2 cm ve yükseklik bileşeninde -2,9 cm olduğu tespit edilmiştir.

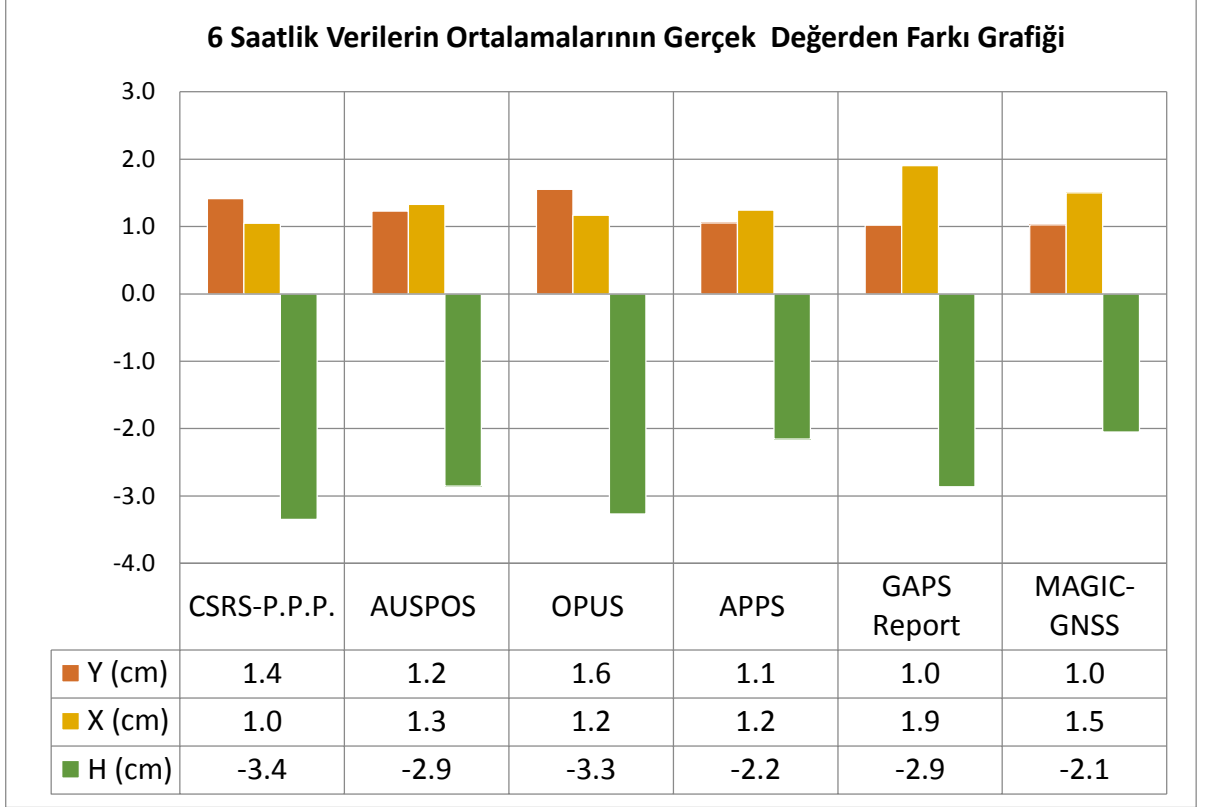
OPUS için farklar, X bileşeninde 1,2 cm, Y bileşeninde 1,6 cm ve yükseklik bileşeninde -3,3 cm olduğu tespit edilmiştir.

APPS veri değerlendirme servisi için farklar, X bileşeninde 1,2 cm, Y bileşeninde 1,1 cm ve yükseklik bileşeninde -2,2 cm olduğu tespit edilmiştir.

GAPS veri değerlendirme servisi için farklar, X bileşeninde 1,9 cm, Y bileşeninde 1,0 cm ve yükseklik bileşeninde -2,9 cm olduğu tespit edilmiştir.

MAGIC-GNSS veri değerlendirme servisi için farklar, X bileşeninde 1,5 cm, Y bileşeninde 1,0 cm ve yükseklik bileşeninde -2,1 cm olduğu tespit edilmiştir.

6 saatlik verilerin ortalamalarının gerçek değerden farkını yansıtan grafik Şekil 7.10' da gösterilmiştir.



Şekil 7.10 6 saatlik verilerin ortalamalarının gerçek değerden farkı grafiği

YLDZ istasyonu 6 saatlik verilerin rastlantısal(2σ), sistematik hataları ve bu iki hatanın toplamı olan genişletilmiş ölçüm belirsizliği değerleri incelendiğinde, CSRS-PPP servisi X bileşeni için 2,0 cm, Y bileşeninde 2,0 cm ve yükseklik bileşeninde 3,8 cm olduğu tespit edilmiştir.

AUSPOS için, X bileşeninde 1,9 cm, Y bileşeninde 2,3 cm ve yükseklik bileşeninde 3,5 cm olduğu tespit edilmiştir.

OPUS için farklar, X bileşeninde 2,0 cm, Y bileşeninde 2,4 cm ve yükseklik bileşeninde 3,6 cm olduğu tespit edilmiştir.

APPS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 1,8 cm, Y bileşeninde 1,2 cm ve yükseklik bileşeninde 3,2 cm olduğu tespit edilmiştir.

GAPS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 3,6 cm, Y bileşeninde 1,5 cm ve yükseklik bileşeninde 3,3 cm olduğu tespit edilmiştir.

MAGIC-GNSS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 2,4 cm, Y bileşeninde 1,9 cm ve yükseklik bileşeninde 3,1 cm olduğu tespit edilmiştir.

6 saatlik verilerin rastlantısal, sistematik hataları ve genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri Şekil 7.11' de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

6 Saatlik Oturum Verileri Rastlantısal Hatası				6 Saatlik Oturum Verileri Sistematik Hatası			
Kullanılan Programlar	Rastlantısal Hata			Kullanılan Programlar	Sistematik Hata		
	SY (cm)	SX (cm)	SH (cm)		Y (cm)	X (cm)	H (cm)
CSRS-P.P.P.	0,6	1,0	0,4	CSRS-P.P.P.	1,4	1,0	3,4
AUSPOS	1,1	0,6	0,7	AUSPOS	1,2	1,3	2,9
OPUS	0,8	0,8	0,3	OPUS	1,6	1,2	3,3
APPS	0,2	0,5	1,0	APPS	1,1	1,2	2,2
GAPS Report	0,5	1,7	0,5	GAPS Report	1,0	1,9	2,9
MAGIC-GNSS	0,8	0,9	1,0	MAGIC-GNSS	1,0	1,5	2,1

6 Saatlik Oturum Verileri Geniş. Ölçüm Belirsizliği			
Kullanılan Programlar	Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği		
	Y (cm)	X (cm)	H (cm)
CSRS-P.P.P.	2,0	2,0	3,8
AUSPOS	2,3	1,9	3,5
OPUS	2,4	2,0	3,6
APPS	1,2	1,8	3,2
GAPS Report	1,5	3,6	3,3
MAGIC-GNSS	1,9	2,4	3,1

Şekil 7.11 6 saatlik verilerin rastlantısal, sistematik hatası ve geniş. ölçüm belirsizliği 6 saatlik veriler için hesaplanan genişletilmiş ölçüm belirsizliklerine göre yazılımların performansı değerlendirildiğinde, X ve Y bileşenlerinde en başarılı yazılımın APPS, en başarısız yazılımın ise GAPS olduğu gözlemlenmiştir. H bileşeninde en başarılı yazılımın MAGIC-GNSS, en başarısız yazılımın ise CSRS-PPP olduğu gözlemlenmiştir. X, Y ve H bileşenleri genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri Şekil 7.12' de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

En Başarılı: 100 Puan	Yazılım Değerlendirme Tablosu (6 Saat)	
	X ve Y bileşeni Ortalama Gen. Ölçüm Belirsizliği	
	Değer (cm)	Puan
CSRS-P.P.P.	2,0	73
AUSPOS	2,1	71
OPUS	2,2	68
APPS	1,5	100
GAPS Report	2,5	58
MAGIC-GNSS	2,1	69

En Başarılı: 100 Puan	Yazılım Değerlendirme Tablosu (6 Saat)	
	H bileşeni Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği	
	Değer (cm)	Puan
CSRS-P.P.P.	3,8	81
AUSPOS	3,5	87
OPUS	3,6	84
APPS	3,2	96
GAPS Report	3,3	92
MAGIC-GNSS	3,1	100

Şekil 7.12 6 saatlik verilerin X-Y ve H bileşenleri genişletilmiş ölçüm belirsizliği yazılım değerlendirilmesi

7.4 3 Saatlik Verilerin Karşılaştırılması

YLDZ istasyonu 3 saatlik verisi, CSRS-P.P.P. servisinde elde edilen standart sapmaları, X bileşeninde 0,2 cm, Y bileşeninde 0,2 cm ve yükseklik bileşeninde 0,2 cm olduğu tespit edilmiştir.

AUSPOS için standart sapma değerleri, X bileşeninde 0,5 cm, Y bileşeninde 0,3 cm ve yükseklik bileşeninde 0,3 cm olduğu tespit edilmiştir.

OPUS veri değerlendirme servisinde standart sapma sonuçları, X bileşeninde 0,3 cm, Y bileşeninde 0,3 cm ve yükseklik bileşeninde 0,4 cm olduğu tespit edilmiştir.

APPS veri değerlendirme servisinde standart sapma sonuçları, X bileşeninde 0,1 cm, Y bileşeninde 0,3 cm ve yükseklik bileşeninde 0,4 cm olduğu görülmüştür.

GAPS için standart sapma değerleri, X bileşeninde 0,2 cm, Y bileşeninde 0,2 cm ve yükseklik bileşeninde 0,2 cm olduğu görülmüştür.

MAGIC-GNSS servisi için standart sapma değerleri, X bileşeninde 0,3 cm, Y bileşeninde 0,5 cm ve yükseklik bileşeninde 0,1 cm olduğu görülmüştür.

3 saatlik verilerin ortalamaları ve standart sapmaları Şekil 7.13' de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

3 Saatlik Oturum Ortalamaları ve Standart Sapmaları						
	Y (m)	SY (cm)	X (m)	SX (cm)	H (m)	SH (cm)
CSRS-P.P.P.	406536.276	0.2	4543748.957	0.2	126.958	0.2
AUSPOS	406536.278	0.3	4543748.950	0.5	126.955	0.3
OPUS	406536.276	0.3	4543748.955	0.3	126.953	0.4
APPS	406536.279	0.3	4543748.954	0.1	126.944	0.4
GAPS Report	406536.277	0.2	4543748.948	0.2	126.951	0.2
MAGIC-GNSS	406536.280	0.5	4543748.949	0.3	126.943	0.1

Şekil 7.13 3 saatlik verilerin ortalamaları ve standart sapmaları

YLDZ istasyonu 3 saatlik verisi için gerçek değerden ortalama değerlerin farkları incelendiğinde, CSRS-PPP servisi ile değerlendirildiğinde, X bileşeni 1,3 cm, Y bileşeninde 1,9 cm ve yükseklik bileşeninde -3,8 cm olduğu tespit edilmiştir.

AUSPOS için farklar, X bileşeninde 2,1 cm, Y bileşeninde 1,6 cm ve yükseklik bileşeninde -3,5 cm olduğu tespit edilmiştir.

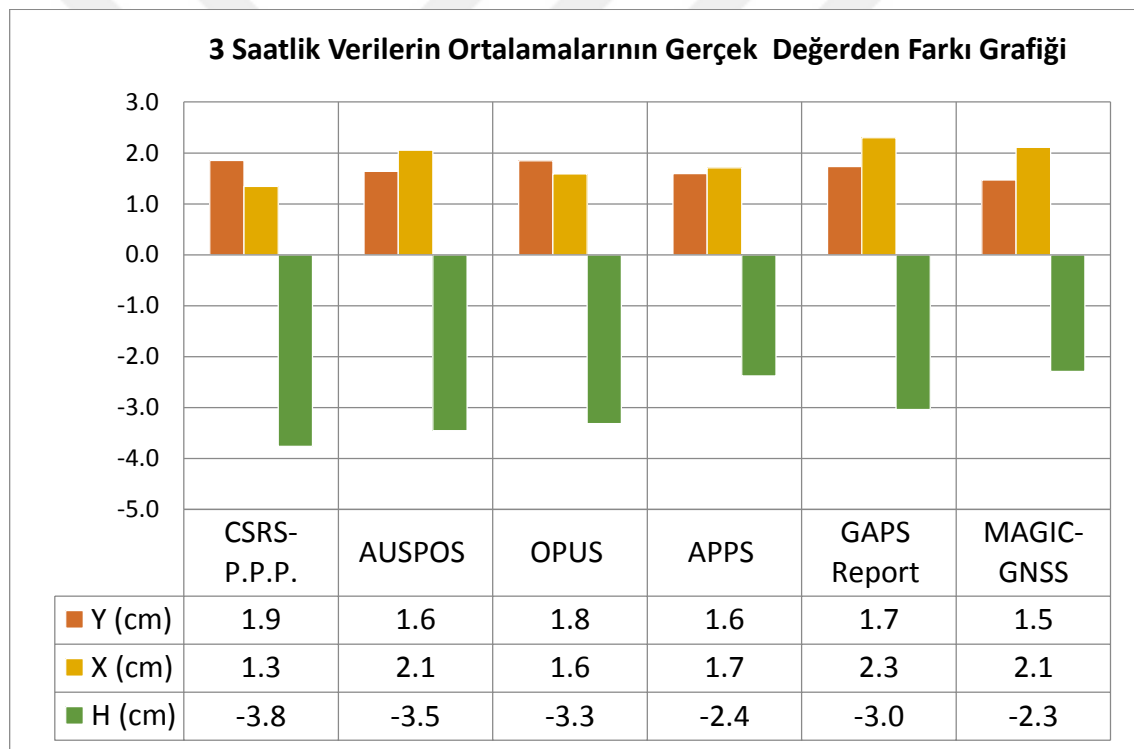
OPUS için farklar, X bileşeninde 1,6 cm, Y bileşeninde 1,8 cm ve yükseklik bileşeninde -3,3 cm olduğu tespit edilmiştir.

APPS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 1,7 cm, Y bileşeninde 1,6 cm ve yükseklik bileşeninde -2,4 cm olduğu tespit edilmiştir.

GAPS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 2,3 cm, Y bileşeninde 1,7 cm ve yükseklik bileşeninde -3,0 cm olduğu tespit edilmiştir.

MAGİC-GNSS veri değerlendirme servisi için farklar, X bileşeninde 2,1 cm, Y bileşeninde 1,5 cm ve yükseklik bileşeninde -2,3 cm olduğu tespit edilmiştir.

3 saatlik verilerin ortalamalarının gerçek değerden farkını yansıtan grafik Şekil 7.14' de gösterilmiştir.



Şekil 7.14 3 saatlik verilerin ortalamalarının gerçek değerden farkı grafiği

YLDZ istasyonu 3 saatlik verilerin rastlantısal(2σ), sistematik hataları ve bu iki hatanın toplamı olan genişletilmiş ölçüm belirsizliği değerleri incelendiğinde, CSRS-PPP servisi X bileşeni için 1,7 cm, Y bileşeninde 2,2 cm ve yükseklik bileşeninde 4,2 cm olduğu tespit edilmiştir.

AUSPOS için, X bileşeninde 3,1 cm, Y bileşeninde 2,3 cm ve yükseklik bileşeninde 4,0 cm olduğu tespit edilmiştir.

OPUS için farklar, X bileşeninde 2,1 cm, Y bileşeninde 2,4 cm ve yükseklik bileşeninde 4,2 cm olduğu tespit edilmiştir.

APPS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 1,9 cm, Y bileşeninde 2,1 cm ve yükseklik bileşeninde 3,1 cm olduğu tespit edilmiştir.

GAPS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 2,7 cm, Y bileşeninde 2,0 cm ve yükseklik bileşeninde 3,5 cm olduğu tespit edilmiştir.

MAGIC-GNSS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 2,7 cm, Y bileşeninde 2,4 cm ve yükseklik bileşeninde 2,5 cm olduğu tespit edilmiştir.

3 saatlik verilerin rastlantısal, sistematik hataları ve genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri Şekil 7.15' de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

3 Saatlik Oturum Verileri Rastlantısal Hatası				3 Saatlik Oturum Verileri Sistematik Hatası			
Kullanılan Programlar	Rastlantısal Hatası			Kullanılan Programlar	Sistematik Hatası		
	SY (cm)	SX (cm)	SH (cm)		Y (cm)	X (cm)	H (cm)
CSRS-P.P.P.	0,3	0,3	0,4	CSRS-P.P.P.	1,9	1,3	3,8
AUSPOS	0,7	1,1	0,5	AUSPOS	1,6	2,1	3,5
OPUS	0,6	0,5	0,9	OPUS	1,8	1,6	3,3
APPS	0,5	0,2	0,7	APPS	1,6	1,7	2,4
GAPS Report	0,3	0,4	0,4	GAPS Report	1,7	2,3	3,0
MAGIC-GNSS	0,9	0,6	0,2	MAGIC-GNSS	1,5	2,1	2,3

3 Saatlik Oturum Verileri Geniş Ölçüm Belirsizliği			
Kullanılan Programlar	Geniş Ölçüm Belirsizliği		
	Y (cm)	X (cm)	H (cm)
CSRS-P.P.P.	2,2	1,7	4,2
AUSPOS	2,3	3,1	4,0
OPUS	2,4	2,1	4,2
APPS	2,1	1,9	3,1
GAPS Report	2,0	2,7	3,5
MAGIC-GNSS	2,4	2,7	2,5

Şekil 7.15 3 saatlik verilerin rastlantısal hatası, sistematik hatası ve genişletilmiş ölçüm belirsizliği

3 saatlik veriler için hesaplanan genişletilmiş ölçüm belirsizliklerine göre yazılımların performansı değerlendirildiğinde, X ve Y bileşenlerinde en başarılı yazılımın CSRS-PPP, en başarısız yazılımın ise AUSPOS olduğu gözlemlenmiştir.

Yükseklik bileşeninde en başarılı yazılımın MAGIC-GNSS, en başarısız yazılımın ise OPUS olduğu gözlemlenmiştir. 3 saatlik verilerin X, Y ve H bileşenleri genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri yazılım değerlendirme tablosu Şekil 7.16' da ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

En Başarılı: 100 Puan	Yazılım Değerlendirme Tablosu (3 Saat)	
	X ve Y bileşeni Ortalama Geniş. Ölçüm Belirsizliği	
	Değer (cm)	Puan
CSRS-P.P.P.	1,9	100
AUSPOS	2,7	71
OPUS	2,3	85
APPS	2,0	97
GAPS Report	2,4	81
MAGIC-GNSS	2,5	76

En Başarılı: 100 Puan	Yazılım Değerlendirme Tablosu (3 Saat)	
	H bileşeni Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği	
	Değer (cm)	Puan
CSRS-P.P.P.	4,2	61
AUSPOS	4,0	64
OPUS	4,2	61
APPS	3,1	82
GAPS Report	3,5	73
MAGIC-GNSS	2,5	100

Şekil 7.16 3 saatlik verilerin X-Y ve H bileşenleri genişletilmiş ölçüm belirsizliği yazılım değerlendirilmesi

7.5 2 Saatlik Verilerin Karşılaştırılması

YLDZ istasyonu 2 saatlik verisi, CSRS-P.P.P. servisinde elde edilen standart sapmaları, X bileşeninde 0,4 cm, Y bileşeninde 0,8 cm ve yükseklik bileşeninde 0,1 cm olduğu tespit edilmiştir.

AUSPOS için standart sapma değerleri, X bileşeninde 0,3 cm, Y bileşeninde 0,5 cm ve yükseklik bileşeninde 0,2 cm olduğu tespit edilmiştir.

OPUS veri değerlendirme servisi iki saat ve altı RINEX datayı çözümlenememektedir.

APPS veri değerlendirme servisinde standart sapma sonuçları, X bileşeninde 0,4 cm, Y bileşeninde 0,4 cm ve yükseklik bileşeninde 0,3 cm olduğu görülmüştür.

GAPS için standart sapma değerleri, X bileşeninde 1,2 cm, Y bileşeninde 0,2 cm ve yükseklik bileşeninde 0,8 cm olduğu görülmüştür.

MAGIC-GNSS servisi için standart sapma değerleri, X bileşeninde 0,9 cm, Y bileşeninde 0,8 cm ve yükseklik bileşeninde 0,6 cm olduğu görülmüştür.

2 saatlik verilerin ortalamaları ve standart sapmaları Şekil 7.17' de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

2 Saatlik Oturum Ortalamaları ve Standart Sapmaları						
	Y (m)	SY (cm)	X (m)	SX (cm)	H (m)	SH (cm)
CSRS-P.P.P.	406536.271	0.8	4543748.947	0.4	126.961	0.1
AUSPOS	406536.272	0.5	4543748.945	0.3	126.960	0.2
APPS	406536.268	0.4	4543748.954	0.4	126.947	0.3
GAPS Report	406536.274	0.2	4543748.944	1.2	126.952	0.8
MAGIC-GNSS	406536.271	0.8	4543748.942	0.9	126.952	0.6

Şekil 7.17 2 saatlik verilerin ortalamaları ve standart sapmaları

YLDZ istasyonu 2 saatlik verisi için gerçek değerden ortalama değerlerin farkları incelendiğinde, CSRS-PPP servisi ile değerlendirildiğinde, X bileşeni 2,4 cm, Y bileşeninde 2,3 cm ve yükseklik bileşeninde -4,1 cm olduğu tespit edilmiştir.

AUSPOS için farklar, X bileşeninde 2,6 cm, Y bileşeninde 2,3 cm ve yükseklik bileşeninde -3,9 cm olduğu tespit edilmiştir.

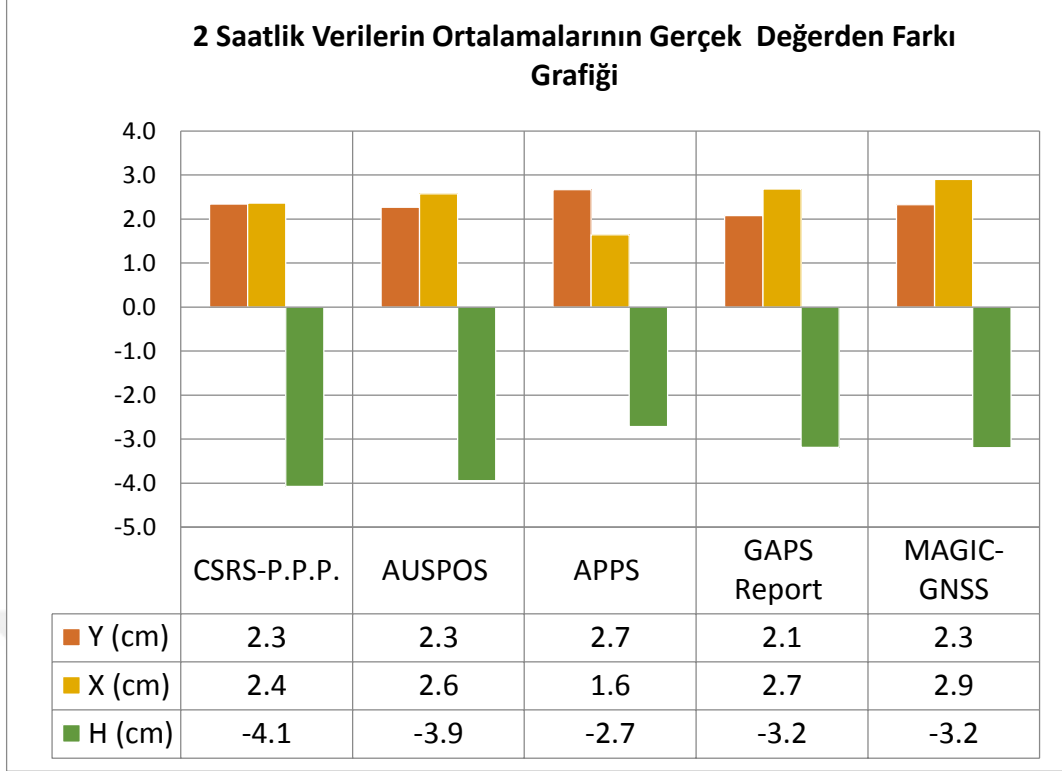
OPUS değerlendirme programı 2 saat ve altı veriyi çözümleyememektedir.

APPS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 1,6 cm, Y bileşeninde 2,7 cm ve yükseklik bileşeninde -2,7 cm olduğu tespit edilmiştir.

GAPS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 2,7 cm, Y bileşeninde 2,1 cm ve yükseklik bileşeninde -3,2 cm olduğu tespit edilmiştir.

MAGIC-GNSS veri değerlendirme servisi için farklar, X bileşeninde 2,9 cm, Y bileşeninde 2,3 cm ve yükseklik bileşeninde -3,2 cm olduğu tespit edilmiştir.

2 saatlik verilerin ortalamalarının gerçek değerden farkını yansıtan grafik Şekil 7.18' de gösterilmiştir.



Şekil 7.18 2 saatlik verilerin ortalamalarının gerçek değerden farkı grafiği

YLDZ istasyonu 2 saatlik verilerin rastlantısal(2σ), sistematik hataları ve bu iki hatanın toplamı olan genişletilmiş ölçüm belirsizliği değerleri incelendiğinde, CSRS-PPP servisi X bileşeni için 3,2 cm, Y bileşeninde 4,0 cm ve yükseklik bileşeninde 4,3 cm olduğu tespit edilmiştir.

AUSPOS için, X bileşeninde 3,2 cm, Y bileşeninde 3,3 cm ve yükseklik bileşeninde 4,4 cm olduğu tespit edilmiştir.

APPS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 2,5 cm, Y bileşeninde 3,4 cm ve yükseklik bileşeninde 3,3 cm olduğu tespit edilmiştir.

GAPS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 5,0 cm, Y bileşeninde 2,5 cm ve yükseklik bileşeninde 4,7 cm olduğu tespit edilmiştir.

MAGIC-GNSS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 4,6 cm, Y bileşeninde 4,0 cm ve yükseklik bileşeninde 4,5 cm olduğu tespit edilmiştir.

2 saatlik verilerin rastlantısal, sistematik hataları ve genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri Şekil 7.19' da ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

2 Saatlik Oturum Verileri Rastlantısal Hatası			
Kullanılan Programlar	Hata (cm)		
	SY	SX	SH
CSRS-P.P.P.	1,7	0,8	0,3
AUSPOS	1,0	0,6	0,5
APPS	0,7	0,9	0,6
GAPS Report	0,5	2,3	1,5
MAGIC-GNSS	1,7	1,7	1,3

2 Saatlik Oturum Verileri Sistemik Hatası			
Kullanılan Programlar	Hata (cm)		
	Y	X	H
CSRS-P.P.P.	2,3	2,4	4,1
AUSPOS	2,3	2,6	3,9
APPS	2,7	1,6	2,7
GAPS Report	2,1	2,7	3,2
MAGIC-GNSS	2,3	2,9	3,2

2 Saatlik Oturum Verileri Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği			
Kullanılan Programlar	Belirsizlik (cm)		
	Y	X	H
CSRS-P.P.P.	4,0	3,2	4,3
AUSPOS	3,3	3,2	4,4
APPS	3,4	2,5	3,3
GAPS Report	2,5	5,0	4,7
MAGIC-GNSS	4,0	4,6	4,5

Şekil 7.19 2 saatlik verilerin rastlantısal hatası, sistemik hatası ve genişletilmiş ölçüm belirsizliği

2 saatlik veriler için hesaplanan genişletilmiş ölçüm belirsizliklerine göre yazılımların performansı değerlendirildiğinde, X ve Y bileşenlerinde en başarılı yazılımın APPS, en başarısız yazılımın ise MAGIC-GNSS olduğu gözlemlenmiştir.

Yükseklik bileşeninde en başarılı yazılımın APPS, en başarısız yazılımın ise GAPS olduğu gözlemlenmiştir. 2 saatlik verilerin X, Y ve H bileşenleri genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri yazılım değerlendirme tablosu Şekil 7.20' de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

En Başarılı: 100 Puan	Yazılım Değerlendirme Tablosu (2 Saat)	
	X ve Y bileşeni Ortalama Geniş. Ölçüm Belirsizliği	
	Değer (cm)	Puan
CSRS-P.P.P.	3,6	83
AUSPOS	3,2	92
APPS	3,0	100
GAPS Report	3,8	79
MAGIC-GNSS	4,3	69

En Başarılı: 100 Puan	Yazılım Değerlendirme Tablosu (2 Saat)	
	H bileşeni Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği	
	Değer (cm)	Puan
CSRS-P.P.P.	4,3	77
AUSPOS	4,4	76
APPS	3,3	100
GAPS Report	4,7	71
MAGIC-GNSS	4,5	75

Şekil 7.20 2 saatlik verilerin X-Y ve H bileşenleri genişletilmiş ölçüm belirsizliği yazılım değerlendirilmesi

7.6 1 Saatlik Verilerin Karşılaştırılması

YLDZ istasyonu 1 saatlik verisi, CSRS-P.P.P. servisinde elde edilen standart sapmaları, X bileşeninde 1,1 cm, Y bileşeninde 1,3 cm ve yükseklik bileşeninde 1,4 cm olduğu tespit edilmiştir.

AUSPOS için standart sapma değerleri, X bileşeninde 1,3 cm, Y bileşeninde 1,7 cm ve yükseklik bileşeninde 1,1 cm olduğu tespit edilmiştir.

OPUS veri değerlendirme servisi bir saat ve altı RINEX datayı çözümleyememektedir.

APPS veri değerlendirme servisinde standart sapma sonuçları, X bileşeninde 1,0 cm, Y bileşeninde 1,2 cm ve yükseklik bileşeninde 1,1 cm olduğu görülmüştür.

GAPS için standart sapma değerleri, X bileşeninde 1,6 cm, Y bileşeninde 1,4 cm ve yükseklik bileşeninde 1,8 cm olduğu görülmüştür.

MAGIC-GNSS servisi için standart sapma değerleri, X bileşeninde 1,3 cm, Y bileşeninde 1,3 cm ve yükseklik bileşeninde 1,0 cm olduğu görülmüştür.

1 saatlik verilerin ortalamaları ve standart sapmaları Şekil 7.21’de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

1 Saatlik Oturum Ortalamaları ve Standart Sapmaları						
	Y (m)	SY (cm)	X (m)	SX (cm)	H (m)	SH (cm)
CSRS-P.P.P.	406536.266	1.3	4543748.943	1.1	126.965	1.4
AUSPOS	406536.255	1.7	4543748.937	1.3	126.974	1.1
APPS	406536.266	1.2	4543748.950	1.0	126.950	1.1
GAPS Report	406536.253	1.4	4543748.936	1.6	126.958	1.8
MAGIC-GNSS	406536.265	1.3	4543748.938	1.3	126.956	1.0

Şekil 7.21 1 saatlik verilerin ortalamaları ve standart sapmaları

YLDZ istasyonu 1 saatlik verisi için gerçek değerden ortalama değerlerin farkları incelendiğinde, CSRS-PPP servisi ile değerlendirildiğinde, X bileşeni 2,8 cm, Y bileşeninde 2,8 cm ve yükseklik bileşeninde -4,4 cm olduğu tespit edilmiştir.

AUSPOS için farklar, X bileşeninde 3,4 cm, Y bileşeninde 4,0 cm ve yükseklik bileşeninde -5,4 cm olduğu tespit edilmiştir.

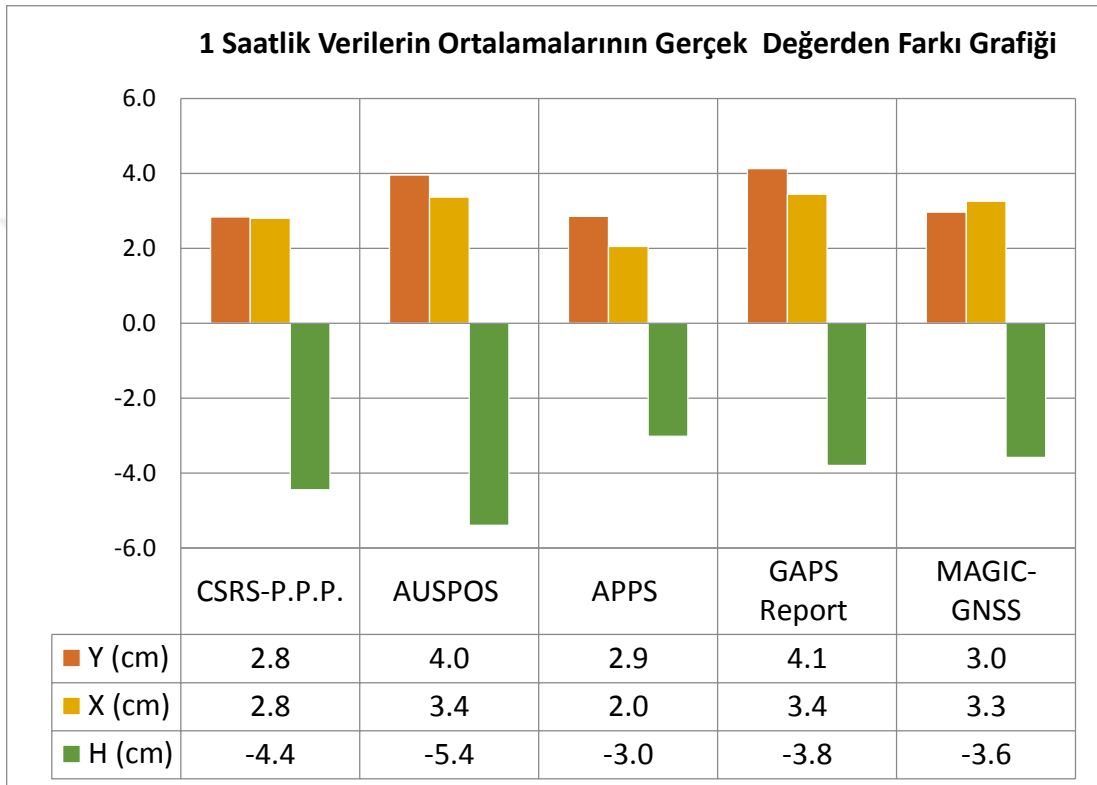
OPUS değerlendirme programı 2 saat ve altı veriyi çözümleyememektedir.

APPS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 2,0 cm, Y bileşeninde 2,9 cm ve yükseklik bileşeninde -3,0 cm olduğu tespit edilmiştir.

GAPS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 3,4 cm, Y bileşeninde 4,1 cm ve yükseklik bileşeninde -3,8 cm olduğu tespit edilmiştir.

MAGIC-GNSS veri değerlendirme servisi için farklar, X bileşeninde 3,3 cm, Y bileşeninde 3,0 cm ve yükseklik bileşeninde -3,6 cm olduğu tespit edilmiştir.

1 saatlik verilerin ortalamalarının gerçek değerden farkını yansıtan grafik Şekil 7.22’de gösterilmiştir.



Şekil 7.22 1 saatlik verilerin ortalamalarının gerçek değerden farkı grafiği

YLDZ istasyonu 1 saatlik verilerin rastlantısal(2σ), sistematik hataları ve bu iki hatanın toplamı olan genişletilmiş ölçüm belirsizliği değerleri incelendiğinde, CSRS-PPP servisi X bileşeni için 4,9 cm, Y bileşeninde 5,4 cm ve yükseklik bileşeninde 7,3 cm olduğu tespit edilmiştir.

AUSPOS için, X bileşeninde 6,1 cm, Y bileşeninde 7,4 cm ve yükseklik bileşeninde 7,6 cm olduğu tespit edilmiştir.

APPS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 4,0 cm, Y bileşeninde 5,3 cm ve yükseklik bileşeninde 5,2 cm olduğu tespit edilmiştir.

GAPS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 6,6 cm, Y bileşeninde 7,0 cm ve yükseklik bileşeninde 7,3 cm olduğu tespit edilmiştir.

MAGIC-GNSS veri değerlendirme servisinde farklar, X bileşeninde 5,9 cm, Y bileşeninde 5,7 cm ve yükseklik bileşeninde 5,6 cm olduğu tespit edilmiştir.

1 saatlik verilerin rastlantısal, sistematik hataları ve genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri Şekil 7.23' de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

1 Saatlik Oturum Verileri Rastlantısal Hatası			
Kullanılan Programlar			
	SY (cm)	SX (cm)	SH (cm)
CSRS-P.P.P.	2,6	2,1	2,9
AUSPOS	3,4	2,7	2,2
APPS	2,5	2,0	2,2
GAPS Report	2,8	3,2	3,6
MAGIC-GNSS	2,7	2,6	2,0

1 Saatlik Oturum Verileri Sistematik Hatası			
Kullanılan Programlar			
	Y (cm)	X (cm)	H (cm)
CSRS-P.P.P.	2,8	2,8	4,4
AUSPOS	4,0	3,4	5,4
APPS	2,9	2,0	3,0
GAPS Report	4,1	3,4	3,8
MAGIC-GNSS	3,0	3,3	3,6

1 Saatlik Oturum Verileri Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği			
Kullanılan Programlar			
	Y (cm)	X (cm)	H (cm)
CSRS-P.P.P.	5,4	4,9	7,3
AUSPOS	7,4	6,1	7,6
APPS	5,3	4,0	5,2
GAPS Report	7,0	6,6	7,3
MAGIC-GNSS	5,7	5,9	5,6

Şekil 7.23 1 saatlik verilerin rastlantısal hatası, sistematik hatası ve genişletilmiş ölçüm belirsizliği

1 saatlik veriler için hesaplanan genişletilmiş ölçüm belirsizliklerine göre yazılımların performansı değerlendirildiğinde, X ve Y bileşenlerinde en başarılı yazılımın APPS, en başarısız yazılımın ise GAPS olduğu gözlemlenmiştir.

Yükseklik bileşeninde en başarılı yazılımın APPS, en başarısız yazılımın ise AUSPOS olduğu gözlemlenmiştir. 1 saatlik verilerin X, Y ve H bileşenleri genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri yazılım değerlendirme tablosu Şekil 7.24' de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

En Başarılı: 100 Puan	Yazılım Değerlendirme Tablosu (1 Saat)	
	X ve Y bileşeni Ortalama Geniş Ölçüm Belirsizliği	
	Değer (cm)	Puan
CSRS-P.P.P.	5,2	91
AUSPOS	6,7	70
APPS	4,7	100
GAPS Report	6,8	69
MAGIC-GNSS	5,8	81

En Başarılı: 100 Puan	Yazılım Değerlendirme Tablosu (1 Saat)	
	H bileşeni Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği	
	Değer (cm)	Puan
CSRS-P.P.P.	7,3	71
AUSPOS	7,6	69
APPS	5,2	100
GAPS Report	7,3	71
MAGIC-GNSS	5,6	93

Şekil 7.24 1 saatlik verilerin X-Y ve H bileşenleri genişletilmiş ölçüm belirsizliği yazılım değerlendirilmesi

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada internet tabanlı online veri değerlendirme yazılımlarından CSRS-PPP, AUSPOS, OPUS, APPS, GAPS, MAGIC-GNSS programları incelenmiştir. 3 farklı ay ve günde YLDZ istasyonundan 24 saatlik veriler temin edilmiş ve gerekli incelemeler ve analizler yapılması için 5 ayrı zaman dilimine bölünmüştür. 1, 2, 3, 6, 12 ve 24 saatlik YLDZ istasyonu Rinex verileri altı farklı online değerlendirme yazılımlarındaki sonuçlara istinaden, 1 saatlik verilerin X ve Y bileşeninde en fazla $\pm 4,1$ cm, yükseklik bileşeninde $\pm 5,4$ cm konum doğruluğunda olduğu, 2 saatlik verilerin X ve Y bileşeninde en fazla $\pm 2,9$ cm, yükseklik bileşeninde $\pm 4,1$ cm konum doğruluğunda olduğu, 3 saatlik verilerin X ve Y bileşeninde en fazla $\pm 2,3$ cm, yükseklik bileşeninde $\pm 3,8$ cm konum doğruluğunda olduğu, daha yüksek farkların olmadığı ve doğrulukların tekrarlanabilir olduğu ispatlanmıştır. Beklenildiği gibi ölçü süresi arttıkça tekrar edilebilirlik ve ulaşılan konum doğruluğu iyileşmiştir. 6 saatlik verilerde X ve Y bileşeninde en fazla $\pm 1,9$ cm, yükseklik bileşeninde $\pm 3,3$ cm konum doğruluğunda olduğu, 12 ve 24 saatlik verilerde üç bileşende de mm doğruluğuna kadar iyileşmenin olduğu görülmüştür. Özellikle 2 saat ve yukarıdaki gözlemlerde X ve Y bileşeninde 3 cm'den, yükseklik bileşeninde de 5 cm'den az konum doğrulukları elde edilebildiği, ayrıca mm hassasiyetinde doğruluklar elde edilebilmesi içinde 6 saat 12 saat ve 24 saatlik ölçümler yapılması gerektiği gözlenmiştir. Özellikle 1 saatlik verilerden, 24 saatlik verilere doğru konum doğruluklarındaki iyileşmeler, bu yorumlamaları yapmada dikkat çeken noktalar olmuştur.

X ve Y Bileşeni Ortalaması için Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği Genel Puan Tablosu						
	CSRS-P.P.P.	AUSPOS	OPUS	APPS	GAPS Report	MAGİC-GNSS
1 saat	91	70	-	100	69	81
2 saat	83	92	-	100	79	69
3 saat	100	71	85	97	81	76
6 saat	73	71	68	100	58	69
12 saat	93	100	63	96	81	90
24 saat	89	58	62	100	88	74
GENEL TOPLAM	528	462	277	593	457	459

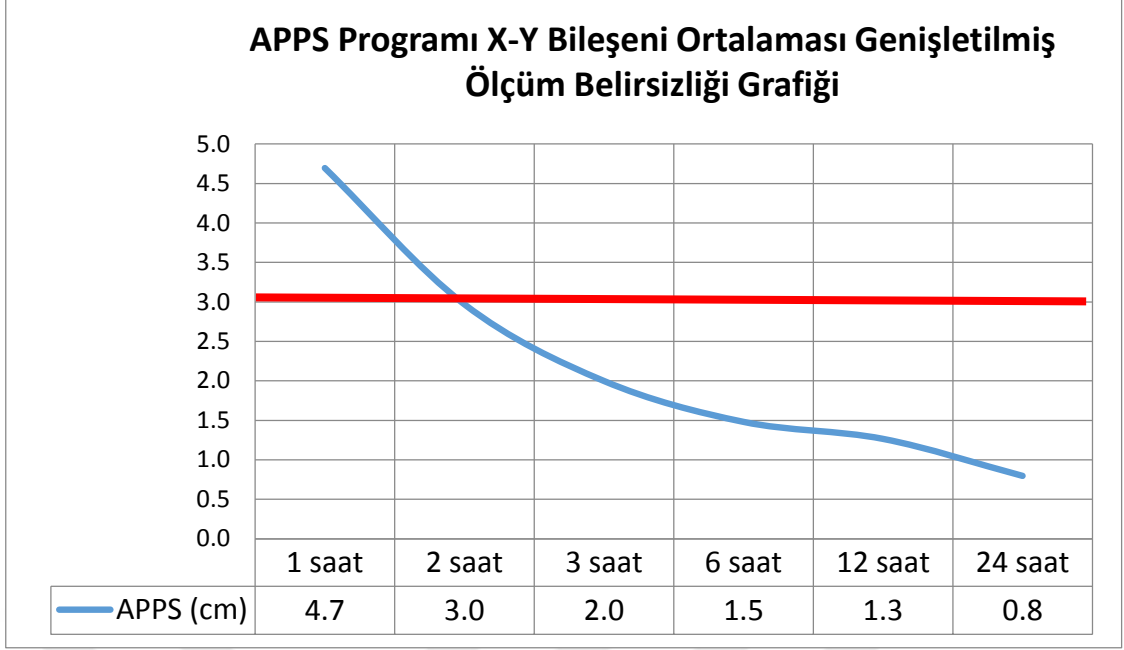
Şekil 8.1 X-Y bileşenleri genişletilmiş ölçüm belirsizliği genel puan tablosu

Ayrıca Şekil 8.1 ve Şekil 8.2, genişletilmiş ölçüm belirsizliği genel puan tablosu sonuçları gösteriyor ki X ve Y bileşeni çözümünde en başarılı servisin CSRS-PPP ve APPS olduğu, Yükseklik bileşeni çözümünde de en başarılı servislerin APPS ve MAGIC-GNSS olduğu tespit edilmiştir.

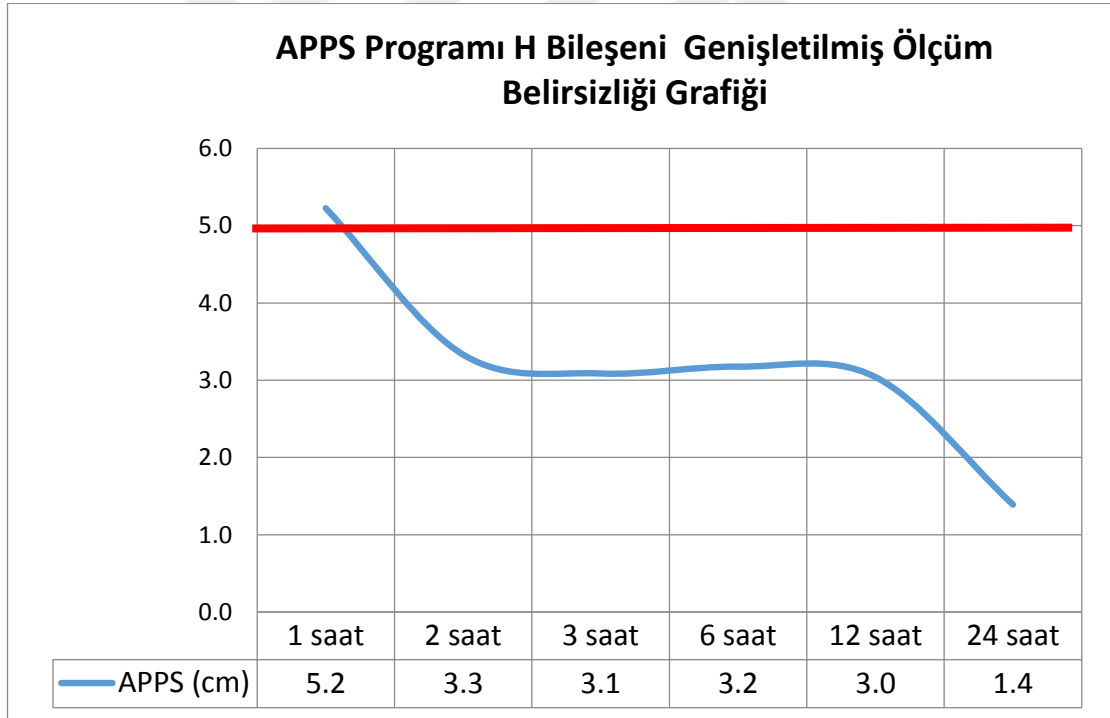
H Bileşeni Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği Genel Puan Tablosu						
	CSRS-P.P.P.	AUSPOS	OPUS	APPS	GAPS Report	MAGİC-GNSS
1 saat	71	69	-	100	71	93
2 saat	77	76		100	71	75
3 saat	61	64	61	82	73	100
6 saat	81	87	84	96	92	100
12 saat	93	80	84	88	90	100
24 saat	70	63	79	100	76	72
GENEL TOPLAM	454	439	309	567	472	540

Şekil 8.2 H bileşeni genişletilmiş ölçüm belirsizliği genel puan tablosu

Her bileşende en başarılı sonuçları veren APPS programının 1 saat' den 24 saat'e kadar genişletilmiş ölçüm belirsizliği verilerini incelediğimizde 2 saat ve daha fazla süre yapılan ölçümlerde X ve Y yönünde 3 cm'den, H yönünde de 5 cm'den daha hassas sonuçlara ulaşıldığı gözlemlenmiştir. APPS Programı X-Y bileşeni ve H bileşeni genişletilmiş ölçüm belirsizliği grafikleri Şekil 8.3 ve Şekil 8.4'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.



Şekil 8.3 APPS programı X-Y bileşenleri genişletilmiş ölçüm belirsizliği grafiği



Şekil 8.4 APPS programı H bileşeni genişletilmiş ölçüm belirsizliği grafiği

İnternet tabanlı GNSS değerlendirme servisleri kullanılarak tek bir alıcı ile toplanan verilerden yeterli doğrulukta konum bilgisi elde edilebilmektedir. Bu servisler sayesinde tek bir alıcı ile istenilen doğruluklar sağlanmaktadır ve maliyetler konusunda saha çalışmalarının yükünü oldukça azaltmaktadır.

Sistemler bilindiği üzere hassas efemeris bilgilerini kullanmaktadır. Bunun için IGS ve diğer kurumların yayınladığı hassas efemeris bilgileri, iki haftalık sürede kullanıcılarla ücretsiz olarak paylaşılır. Bu sistemlerin herhangi bir yazılım bilgisi ve yazılım maliyeti gerektirmemesi de sistemin kullanılabilirliğini arttırmaktadır.

İnternet tabanlı online veri değerleme yazılımlarının en büyük dezavantajı, çoğu yazılımda sadece anten yüksekliği bilgilerinin girilebilmesidir. Hata kaynaklarını minimize edebilmek için kullanılacak modeller, yüzeyler, algoritmalar her program için farklılık gösterebilir, müdahale etmek mümkün değildir.

Özellikle son 10 yılda literatüre hızlı bir giriş yapan PPP sistemi, kullanıcılar için bazı dezavantajları olmasına rağmen, kullanım ve maliyet gibi konularda dikkat çekici bir pozitif etkisi vardır. Doğruluk, güvenilirlik gibi önemli noktalarda yapılan proje ve çalışmalarda kullanılabilirliğini ispatlayan bu sistemler gün geçtikçe daha da gelişecek ve gelişen teknolojilerle daha da kullanım alanı genişleyeceği aşıkardır.

KAYNAKLAR

- [1] Kahveci, M. ve Yıldız, F., (2001). GPS Global Konum Belirleme Sistemi Teori-Uygulama, Nobel Yayın Dağıtım, 184, Ankara.
- [2] Headrick, J.M., ve Skolnik, M.I., (1974). "Over-the-Horizon Radar in the HF Band", Proc. IEEE, 62: 664-673.
- [3] Zumberge, J.F., Heflin, M.B., Jefferson, D.C., Watkins, M.M. ve Webb F.H., (1997). "Precise Point Positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks", Journal of Geophysical Research, 102: 5005-5017.
- [4] Kouba, J. ve Héroux, P., (2001). "GPS Precise Point Positioning Using IGS Orbit Products", GPS Solutions, 5: 12-28.
- [5] Li, T., Wang, J. ve Laurichesse, D., (2013). "Modeling and quality control for reliable precise point positioning integer ambiguity resolution with GNSS modernization" GPS Solutions, 1007: 342-348
- [6] Kouba, J., (2003). "Measuring seismic waves induced by large earthquakes with GPS", Stud, Geophys Geod, 47: 741-755.
- [7] El- Rabbany, A., (2006). "Introduction to GPS: The Global Positioning System", 2nd edition, Artech House Publisher.
- [8] Savage, J.C., Gan, W., Prescott, WH. ve Svarc, JL., (2004). "Strain accumulation across the coast ranges at the latitude of San Francisco 1994-2000", Journal of Geophysical Research, 109: 1-11.
- [9] Hammond, WC. ve Thatcher, W., (2005). "Northwest Basin and Range tectonic deformation observed with the global positioning system: 1999-2003", Journal of Geophysical Research Letters, 110(B10405): 1-12.
- [10] Calais, E., Han, JY., Demets, C. ve Nocquet, JM., (2006). "Deformation of the North American plate interior from a decade of continuous GPS measurements", Journal of Geophysical Research, 111(B06402): 1-23.
- [11] Ohta, Y., Ohzono, M., Miura, S., Linuma, T., Tachibana, K., Takatsuka, K., Miyao, K., Sato, T. ve Umino, N., (2008). "Coseismic fault model of the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku earthquake deduced by a dense GPS network", Earth Planets Space, 60: 1197-1201.

- [12] Avallone, A., Marzario, M., Cirella, A., Piatanesi, A., Rovelli, A., Di Alessandro, C., D'Anastasio, E., D'Agostino, N., Giuliani, R. ve Mattone, M., (2011). "Very high rate (10 Hz) GPS seismology for moderate-magnitude earthquakes: The case of the Mw 6.3 L'Aquila (central Italy) event", *Journal of Geophysical Research*, 116: 1-14.
- [13] Li, X., Ge, M, Zhang, X., Zhang, Y., Guo, B., Wang, R., Klotz, J. ve Wickert, J., (2013). "Real-time high-rate co-seismic displacement from ambiguity-fixed precise point positioning: Application to earthquake early warning", *Geophysical Research Letters*, 40: 295–300.
- [14] Kuo, C., Chiu, K., Chiang, K., Cheng, K., Lin, L., Tseng, H., Chu, F., Lan, W. ve Lin, H., (2012). "High-Frequency Sea Level Variations Observed by GPS Buoys Using Precise Point Positioning Technique", *Terrestrial Atmospheric and Oceanic Science*, 23: 209–218.
- [15] Fund, F., Perosanz, F., Testut, L. ve Loyer, S., (2013). "An Integer Precise Point Positioning technique for sea surface observations using a GPS buoy", *Advances in Space Research*, 51: 1311–1322.
- [16] Bock, H., Hugentobler, U. ve Beutler, G., (2003). "Kinematic and dynamic determination of trajectories for low Earth satellites using GPS", Springer.
- [17] Gao, Y., Wojciechowski, A. ve Chen, K., (2005). "Airborne kinematic positioning using precise point positioning methodology", *Geomatica*, 59: 275–282.
- [18] Zhang, X. ve Andersen, OB., (2006). "Surface ice flow velocity and tide retrieval of the Amery ice shelf using precise point positioning", *Journal of Geodesy*, 80: 171–176.
- [20] Alkan, R.M. ve Öcalan, T., (2013). "Usability of the GPS Precise Point Positioning Technique in Marine Applications", *The Journal of Navigation*, 66: 579–588.
- [21] Yigit, C.O., (2014). "Experimental assessment of post-processed Precise Point Positioning for Structural Health Monitoring", *Geomatics, Natural Hazards and Risk*.
- [22] Li, P. ve Zhang, X., (2013). "Integrating GPS and GLONASS to accelerate convergence and initialization times of precise point positioning", *GPS Solutions*, 10 (1007): 10345-5.
- [23] Kahveci, M., (2009). *Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları*, Zerpa Yayıncılık, 95, Ankara.
- [24] Information And Analysis Center For Positioning, Navigation and Timing, GPS Status, www.glonass-iac.ru/en/GPS/, 1 Ocak 2016.
- [25] Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H. ve Collins, J., (1997). "Global Positioning System: Theory and Practice.", Springer-Verlag, Vienna.
- [26] National Geospatial - Intelligence Agency, GPS Control Systems, www.gps.gov/systems/gps/control/, 3 Ocak 2016.

- [27] Teunissen, J.P.G. ve Kleusberg, A., (1998). "GPS for Geodesy" , Springer, Berlin, New York.
- [28] Baysal, E., (2008). "Jeodezik Uygulamalarda Tek Frekanslı GPS Alıcılarının Kullanılabilirliğinin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [29] Kınık, İ., (1999). "GPS Ölçme ve Değerlendirmelerinde Hata Kaynakları Üzerine Bir İnceleme", Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [30] Langley, R.B., (1993). "The GPS Observables". GPS World, April, 4(4): 52-59.
- [31] Özlüdemir, T., (2001). "Sinyal Kalitesine Dayalı Skolastik Modellerin GPS ile Konum Belirleme Üzerindeki Etkilerine İlişkin Bir İnceleme", Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [32] Langley, R.B., (1997). "GPS Receiver System Noise". GPS World, June, 8(6):40-45.
- [33] Wells, D.E., Beck, N., Delikaraoğlu, D., Kleusberg, A. vd. (1986). "Guide to GPS Positioning", Canadian GPS Associates, Fredericton, New Brunswick.
- [34] Leick, A., (1995). "GPS Satellite Surveying". Second Edition, John Wiley ve Sons, New York, 560.
- [35] Tuşat, E. ve Turgut, B., (2004). "GPS Efemeris Bilgisinin Görelî Konumlamada Koordinatlara ve Baz Bileşenlerine Etkisi" , S.Ü Müh.-Mim. Fak. Dergisi, Konya, 19: 1-8.
- [36] International GNSS service, IGS products, <ftp://igscb.jpl.nasa.gov>, 5 Ocak 2016.
- [37] The University of Bern, IGS Products, www.aiub.unibe.ch, 1 Ocak 2016.
- [38] Gülal, E., (2009). "İSKİ Uydudan Konum Belirleme Sistemi (UKBS) Kurulması ve Deformasyon Ölçmeleri Projesi", Rapor, İnşaat Fakültesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [39] Isık, B.C., (2006). "Küresel Astronominin Konusu Zaman ve Uydu Konumlama Sistemleri"(GPS-GLONASS), http://www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/1SSV_da04049a062f5ad_ek.pdf, 6 Ocak 2016.
- [40] Information And Analysis Center For Positioning, Navigation and Timing, GLONASS Status, www.glonass-iac.ru/en/GLONASS/, 1 Ocak 2016.
- [41] European Space Agency, Galileo Service, www.esa.int/Galileo, 4 Ocak 2016.
- [42] Karaburun, A., (1998). "GPS ile Elektronik Uzaklık Ölçerlerin Ölçeklerini Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [43] Devenci, B., (2006). "Kadastral Ölçmelerde Gerçek Zamanlı GPS (RTK GPS) Yöntemi ile Elektronik Ölçme Yönteminin Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [44] Ünal, T., (1981). "Ülke Nirengi Ağlarının Yerleştirme, Yönelme ve Dengeleme Yöntemleri", İstanbul D.M.M.A., Harita Kadastro Fakültesi, İstanbul.

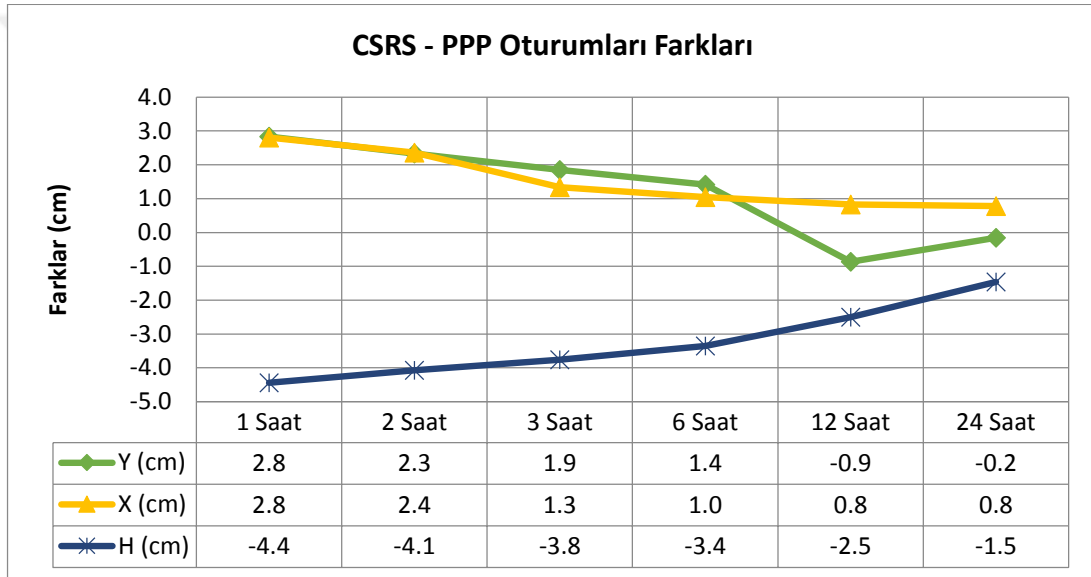
- [45] Arslan, E., (1997). "GPS Koordinatlarından Ülke Koordinatlarına Dönüşüm", Türkiye 6. Bilimsel ve Teknik Harita Kurultayı, 303 – 319, Ankara.
- [46] Üstün, A., (1996). "Datum Dönüşümleri", Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [47] Pırtı, A., (2005). "Klasik Yöntemlerle Üretilmiş Kontrol Noktalarının (Poligon Noktalarının) GPS Koordinatları ile karşılaştırılmasına İlişkin Bir Uygulama", Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 93: 51-57.
- [48] Kahveci, M., (2010). "GPS/GNSS Gözlemlerini Değerlendirme Yöntemlerinde Son Gelişmeler", HKM Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 102: 13-19.
- [49] International Terrestrial Reference Frame (ITRF), <http://itrf.ensg.ign.fr/>, 15 Ocak 2016.
- [50] Ayan, T., (2009). "Referans Sistemler", TUJK, Konya.
- [51] Demirtaş, M.Ü., (2006). " Bölgesel Koordinat Dönüşümleri", Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [52] Çelik, R.N. ve diğerleri., (2005). " Mekansal Veri Toplama Teknolojileri ve Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği", HKMO 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- [53] Tiryakioğlu, İ., Güllü, M., Baybura, T. ve Erdoğan, S., "GPS Sinyal Yansımasının (Multipath) Nokta Konumlarına Etkisinin Araştırılması", 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 23 – 25 Kasım 2005, İTÜ, 534-543.
- [54] Rizos, C., (1999). "Satellite Ephemeris Bias Principles and Practise of GPS Surveying", The University of New South, Sydney, Australia. http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/gps/gps_survey/chap6/6212.htm, 20 Ocak 2016.
- [55] Shen, X., (2002). " Improving Ambiguity Convergence in Carrier Phase-based Precise Point Positioning ", University of Calgary, Department of Geomatics Engineering, Calgary.
- [56] Dach, R., Hugentobler, U., Fridrez, P. ve Meindl, M., (2007). "Bernese GPS Software Version 5.0", Astronomical Institute, University of Bern.
- [57] Arslan, N., (2004). "GPS ile İyonosfer Toplam Elektron Yoğunluğu Değişimlerinin Koordinatlara Etkilerinin Araştırılması", Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [58] Witchayangkoon, B., (2000). " Elements of GPS Precise Point Positioning, Doctor of Philosophy", Thesis The University of Maine, Orono, USA.
- [59] World data Center for Geomagnetism, www.wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp, 23 Ocak 2016.
- [60] Klobuchar, J.A., (1987). "Ionospheric Time Delay Algorithm for single-frequency GPS Users" , IEEE Transactionson Aerospace and Electronic Systems, 23: (3).
- [61] Bevis, M., Businger, S., Herring, A.T., Rocken, C., Anthes, A.R. ve Ware, H.R., (1992). "GPS Meteorology: Remote Sensing of Atmospheric Water Vapor Using

- the Global Positioning System” , Journal of Geophysical Research, 97(14): 1571-15801.
- [62] Satirapod, C., (2002).” Improving the GPS Data Processing Algorithm for Precise Static Relative Positioning”, Ph. D. Thesis, School of Geomatic Engineering The University of New South Wales, Sydney, Australia.
- [63] Gökalp, E., (1995). “GPS Ölçme Süresini Kısaltma Amaçlı Yöntem Geliştirme”, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [64] Şanlıoğlu, İ., (2004). “Global Konum Belirleme Sistemi (GPS) Yazılımlarının Veri İşleme Modüllerinin Uluslararası GPS Servisi (IGS) Ürünleri Kullanarak Test Edilmesi”, Doktora Tezi, SÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [65] Cannon, M.E., Ray, J.K. ve Fenton, P., (1998). “Mitigation of Static Carrier Phase Multipath Effects Using Multiple Closely-Spaced Antennas”, Presented at ION-GPS98, Nashville, September 15-18.
- [66] Rothacher, M., Schaer, S., Mervart, L. ve Beutler, G., (1995). “Determination of Antenna Phase Center Variations Using GPS Data”, 1995 IGS Workshop, Potsdam.
- [67] Raziq, N. ve Collier, P., (2006). “High Precision GPS Deformation Monitoring using Single Receiver Carrier Phase Data” , International Association of Geodesy Symposia, 131: 95-102.
- [68] Kouba, J., (2009). “A Guide to using International GNSS Service (IGS) Products”, Geodetic Survey Division-Natural Resources Canada, Canada.
- [69] Herring, T. A., (1988). “Precession and Nutation”, The Interdisciplinary Role of Space Geodesy. Lecture Notes in Earth Sciences No.22, Springer-Verlag.
- [70] Parkinson, B.W. ve Ashby, N., (1996). “Introduction to Relativistic Effects on the Global Positioning System, in Global Positioning System: Theory and Applications Volume I”, Progress in Astronautics and Aeronautics, The American Institute of Aeronautics and Astronautics.
- [71] Alkan, R.M., “Hassas Konum Belirleme(Precise Point Positioning – PPP) Yönteminin Performans Analizi ve Ölçme Amaçlı Uygulamalarda Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, 4. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu , 14 – 16 Ekim 2009, KTÜ, 167.
- [72] Öcalan, T. ve Soycan, M., (2012). “RTCM/SSR Mesajları ile Gerçek Zamanlı Hassas Nokta Konumlama (PPP-RTK) Tekniği”, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 4(2): 30-41.
- [73] Leandro, R. F. (2009). “Precise Point Positioning with GPS: A New Approach for Positioning, Atmospheric Studies, and Signal Analysis”, Ph.D. dissertation, Department of Geodesy and Geomatics Engineering, Technical Report No. 267, University of New Brunswick, Fredericton, New Brunswick, Canada, 232.
- [74] Akçay, S., Yiğit, C. ve Ceylan, A., (2013). “ CSRS-PPP, MagicGNSS ve APPS Web Tabanlı Yazılımların Statik PPP Modüllerinin Karşılaştırılması”, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 5(1): 1-12.

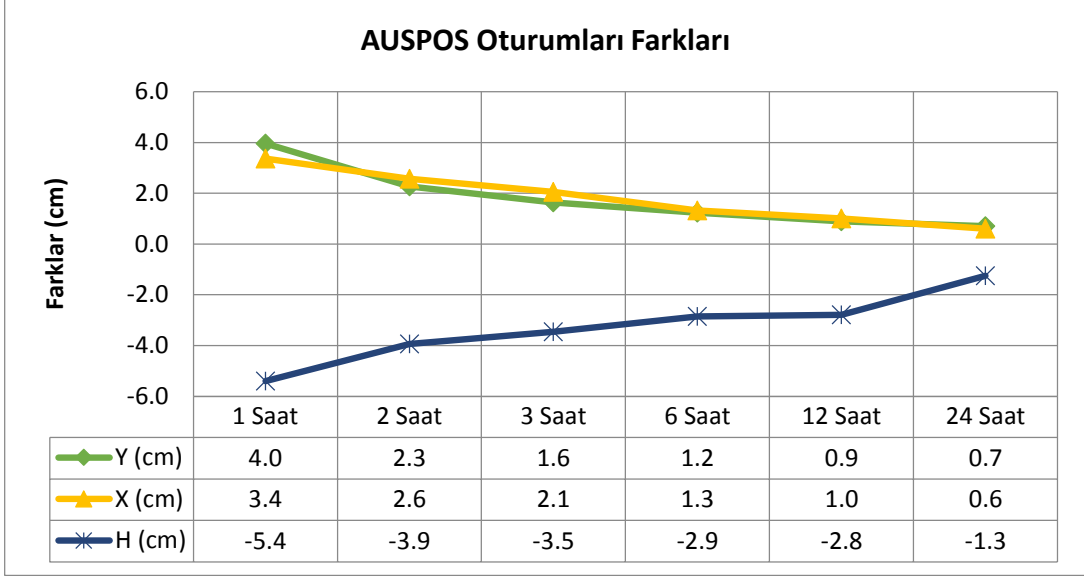
- [75] Cai, C. ve Gao, Y., (2007). "Precise Point Positioning Using Combined GPS and GLONASS Observations", Journal of Global Positioning System, University of Calgary, Department of Geomatics Engineering, Calgary.
- [76] Habrich, H., (1999). "Geodetic Applications of the Global Navigaton Satellite System (GLONASS) and of GLONASS/GPS Combinations", Phd Thesis, University of Berne.
- [77] Kızıllarlan, M., (2014). "GPS-PPP ve GPS/GLONASS-PPP Yöntemlerinin Konum Belirleme Perfonmansının Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, İstanbul.
- [78] Maraş, S.S., (2010). "Web Tabanlı Otomatik GPS Veri İşleme Servisi Tasarımı", Doktora Tezi, SÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [79] El-Mowafy, A., (2011). "Analysis of Web-Based GNSS Post-Processing Services for Static and Kinematic Positioning Using Short Data Spans", Survey Review, 43(323): 535–549.
- [80] Centre National D'études Spatiales, PPP-Wizard Project, www.ppp-wizard.net/, 12 Ocak 2016.
- [81] Alkan, R. M. ve Kalkan, Yunus., (2011). "Precise Point Positioning – PPP (Hassas Nokta Konumlama) Tekniğinin Hidrografik Ölçmelerde Kullanılabilirliği ", 13.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- [82] Sanlioglu, I., ve Inal. C., (2005). "The draft of Web-Based automatic processing System", The 10th Turkey Scientific and Technical Conference of Mapping, Ankara, Turkey, 28 March-1 April.
- [83] Natural Resources Canada, CSRS-PPP Aplication, www.nrcan.gc.ca/earthsciences/geomatics/geodetic-reference-systems/tools-applications/10925#ppp, 12 Aralık 2015.
- [84] Ocalan, T., Erdogan, B. ve Tunalioglu, N., (2013). " Analysis of web-based Online Services For GPS Relative And Precise Point Positioning", Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos, Curitiba, 19(2): 191-207.
- [85] Geoscience Australia, AUSPOS Online GPS Processing, <http://www.ga.gov.au/bin/gps.pl>, 12 Aralık 2015.
- [86] National Geodetic Survey, Online Positioning User Service, <http://www.ngs.noaa.gov/OPUS/index.jsp>, 9 Aralık 2015.
- [87] Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Automatic Precise Point Positioning Service, www.apps.gdgps.net/apps_file_upload.php, 11 Aralık 2015.
- [88] University of New Brunswick, GNSS Analysis and Positioning Software, <http://gaps.gge.unb.ca/>, 1 Ocak 2016.
- [89] GMV Innovating Solutions, Precise GNSS Service Suite for The GNSS User Community, www.magicgnss.gmv.com/magicGNSS_brochure.pdf, 4 Şubat 2016.

- [90] Píríz, R., Mozo, A., Navarro, P., Rodríguez , D. ve Tobias, G., (2009). "Orbits and Clocks for GLONASS Precise-Point-Positioning" , GMV, Spain.
- [91] GMV Innovating Solutions, MAGIC-GNSS Service, www.magicgnss.gmv.com, 4 Şubat 2016.
- [92] Gülal, E., Akpınar, B., Dindar, A.A., Aykut, N.O., Tiryakioğlu, İ. ve Erdoğan, H., (2014). "Yıldız Teknik Üniversitesi Sabit GNSS İstasyonu (YLDZ), Verilerinin Analizi ve Sunumu", Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu, 7. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, Hitit Üniversitesi, Çorum.
- [93] Yıldız Teknik Üniversitesi, Sabit GNSS İstasyonları, www.ggntr.com, 5 Mart 2016.
- [94] EUREF Permanent Network, Proposed Stations, www.epncb.oma.be, 11 Ocak 2016.
- [95] Instituto Nacional De Estadística Y Geografía, Download Program, www.buscador.inegi.org.mx, 3 Ocak 2016.

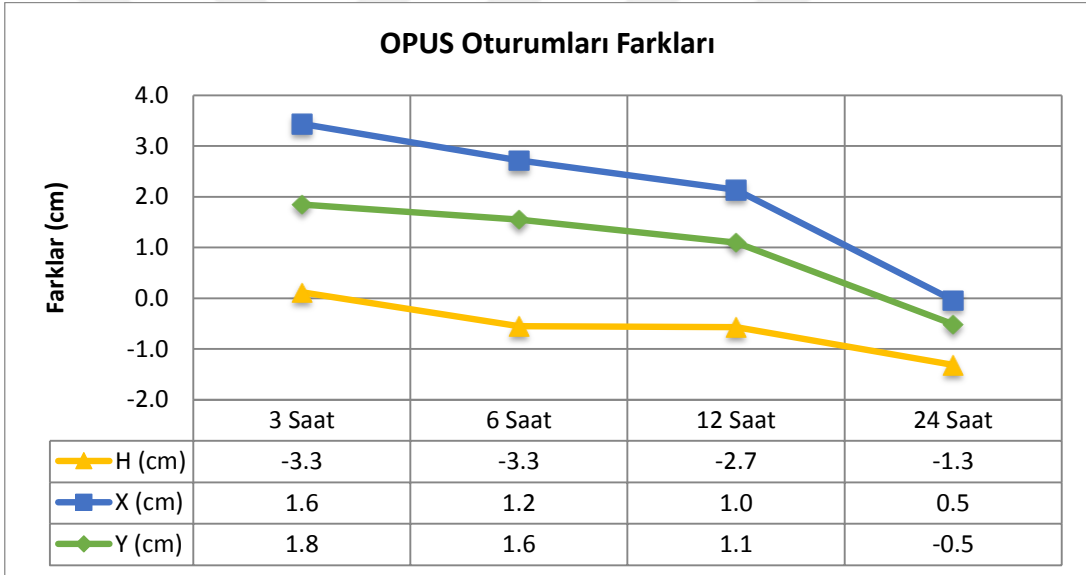
YLDZ İSTASYONU VERİ ÇÖZÜMLEME GRAFİKLERİ



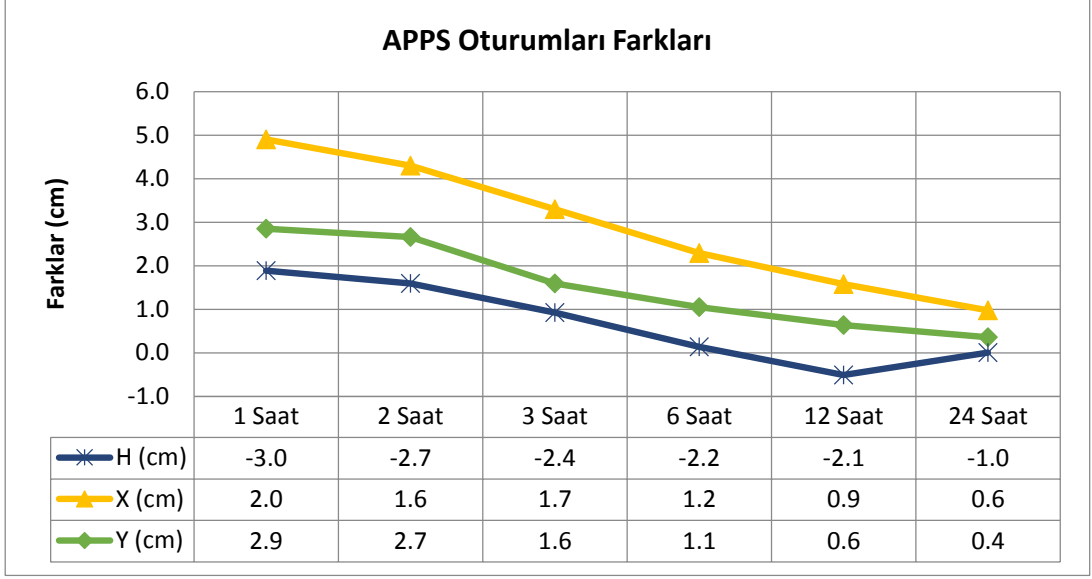
Şekil A.1 YLDZ istasyonu CSRS-PPP servisi ortalama değerlerin gerçek değerden farkları grafiği



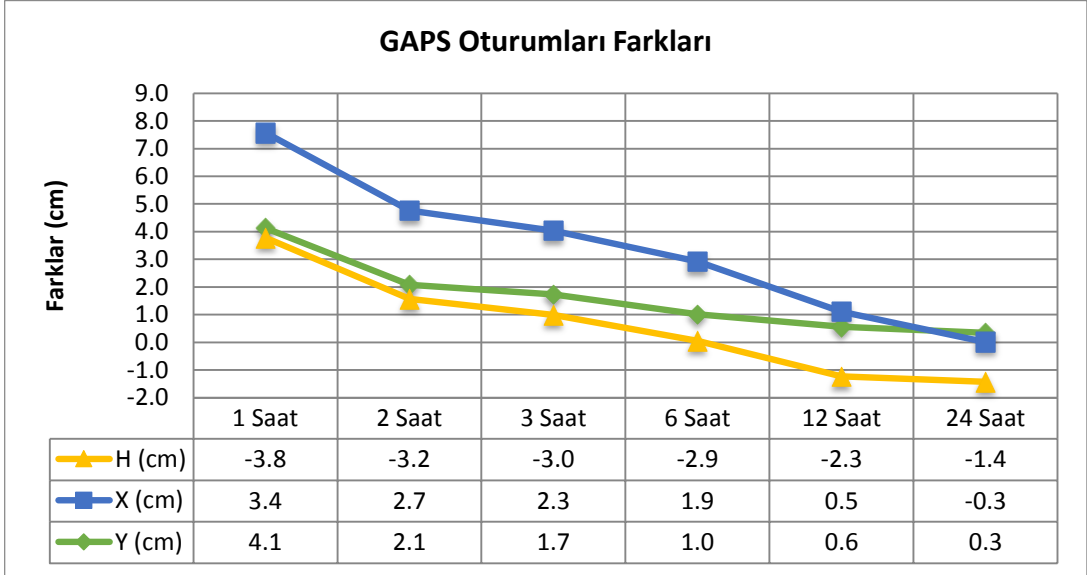
Şekil A.2 YLDZ istasyonu AUSPOS servisi ortalama değerlerin gerçek değerden farkları grafiği



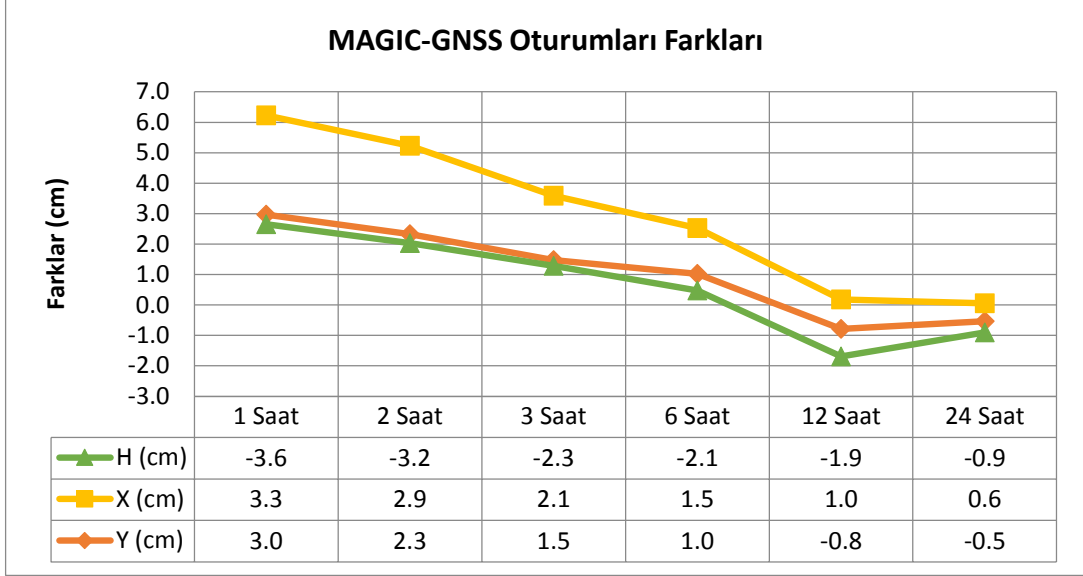
Şekil A.3 YLDZ istasyonu OPUS servisi ortalama değerlerin gerçek değerden farkları grafiği



Şekil A.4 YLDZ istasyonu APPS servisi ortalama değerlerin gerçek değerden farkları grafiği



Şekil A.5 YLDZ istasyonu GAPS servisi ortalama değerlerin gerçek değerden farkları grafiği



Şekil A.6 YLDZ istasyonu MAGIC-GNSS servisi ortalama değerlerin gerçek değerden farkları grafiği

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Eren Gürsoy ÖZDEMİR
Doğum Tarihi ve Yeri : 10.08.1987 - İstanbul
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : erengursoyozdemir@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Geomatik Programı	Yıldız Teknik Üniversitesi	-
Lisans	Jeodezi ve Foto. Müh.	Yıldız Teknik Üniversitesi	2009
Lise	Fen - Matematik	O.O.Y. Anadolu Lisesi	2005

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2009-...	Uğur Harita İnşaat Müh.	Harita Mühendisi
2009	Paksoy Teknik Hizmetler	Satış Temsilcisi