



**T.C.**  
**NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**GERÇEK ZAMANLI HASSAS NOKTA KONUMLAMA (RT-PPP)  
YÖNTEMİNİN PERFORMANSININ İNCELENMESİ**

**MÜZEYYEN TURGUT**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Ocak 2019**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Müzeyyen TURGUT tarafından hazırlanan “ GERÇEK ZAMANLI HASSAS NOKTA KONUMLAMA (RT-PPP) YÖNTEMİNİN PERFORMANSININ İNCELENMESİ ” adlı tez çalışması 10/01/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan

Prof. Dr. Cevat İNAL

#### Danışman

Doç. Dr. Salih ALÇAY

#### Üye

Prof. Dr. İbrahim KALAYCI

### İmza

  
.....

  
.....

  
.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Ahmet AVCI  
FBE Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

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

## **DECLARATION THESIS**

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

Müzeyyen TURGUT  
Tarih:10.01.2019

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### GERÇEK ZAMANLI HASSAS NOKTA KONUMLAMA (RT-PPP) YÖNTEMİNİN PERFORMANSININ İNCELENMESİ

Müzeyyen TURGUT

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Salih ALÇAY

2019, xiv+69 Sayfa

Prof.Dr. Cevat İNAL  
Prof.Dr. İbrahim KALAYCI  
Doç. Dr. Salih ALÇAY

Konum belirleme sistemlerinde kullanıcının ihtiyacına göre hassasiyet aralıkları 3-5 metreden, desimetreye ve hatta milimetreye kadar değişebilir. Hassas Nokta Konumlama (PPP) tekniğinde konumu/koordinatı belirlenecek noktada tek bir alıcının toplayacağı veriler yeterli olmakla beraber tekniğin teorisi ilkesel olarak mutlak konum belirleme yöntemine dayanmaktadır. Bu çalışmada RT-PPP (Real Time-Precise Point Positioning) yönteminin performansını test etmek için 6 adet IGS RTS istasyonu kullanılmıştır. BKG Ntrip Client (BNC) v.2.12 yazılımı kullanılarak elde edilen sonuçlar, hem doğruluk hem de hassasiyet açısından incelenmiştir. Değerlendirmelerde GPS, GLONASS, GALILEO ve BEIDOU uydu sistemleri dikkate alındığından yayın efemerisi akışı olarak RTCM3EPH, kombine edilmiş yörünge/saat düzeltme ürünü olarak da CLK93 kullanılmıştır. Her bir istasyonda yalnız GPS, GPS+GLONASS ve GPS+GLONASS+GALILEO+BEIDOU sistemleri eş zamanlı kullanılarak 1 saniye aralıklarla yaklaşık 4 saatlik koordinatlar değerleri elde edilmiştir. Ardından CSRS-PPP yazılımı kullanılarak ilgili günlerde istasyonların 24 saatlik gözlem dosyaları kullanılarak statik değerlendirme sonucunda koordinat değerleri elde edilmiştir. Bu koordinatlar referans koordinatlar olarak alınmıştır. Her bir epokta elde edilen RT-PPP koordinatları ile referans koordinatlar kullanılarak X, Y, Z Kartezyen(yer merkezli) sistemden Kuzey (n), Doğu (e), Yukarı (u) bileşenleri ile tanımlanan toposentrik koordinat sistemine dönüşümler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yakınsama süresi göz ardı edildiğinde (~20 dakika) tüm istasyonlarda tüm koordinat bileşenlerinde 10 cm den daha iyi bir doğruluğun elde edildiği görülmüştür. Ayrıca elde edilen RT troposferik gecikmenin uygunluğu test edilmiştir. Bu amaçla RT-ZTD değerleri IGS-ZTD değerleri ile karşılaştırılmış ve farkların 2 cm'nin altında olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** BNC 2.12, CLK93, IGS, PPP, RTCM3EPH, RT-PPP, ZTD

## **ABSTRACT**

## **MS THESIS**

# **REAL-TIME PRECISE POINT POSITIONING (RT-PPP) METHOD INVESTIGATION OF PERFORMANCE**

**Müzeyyen TURGUT**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE OF PHILOSOPHY  
IN MECHANICAL ENGINEERING**

**Advisor: Assoc.Prof.Dr. Salih ALÇAY**

**2019, xiv+69 Pages**

**Jury**

**Prof.Dr. Cevat İNAL**

**Prof.Dr. İbrahim KALAYCI**

**Assoc. Prof. Dr. Salih ALÇAY**

According to the needs of the user in the positioning system, the sensitivity ranges can range from 3-5 meters, decimeter and even millimeters. While the data to be collected by a single receiver at the point where the position / coordinate will be determined in the Precision Point Positioning (PPP) technique is sufficient, the theory of the technique is principally based on the absolute positioning method. In this study, 6 IGS RTS stations were used to test the performance of RT-PPP (Real Time-Precise Point Positioning) method. The results obtained using the BKG Ntrip Client (BNC) v.2.12 software were examined for both accuracy and precision. In the evaluation, GPS, GLONASS, GALILEO and BEIDOU satellite systems were taken into consideration and RTCM3EPH was used as the broadcast ephemer flow and CLK93 was used as the combined trajectory / time correction product. At each station, GPS, GPS + GLONASS and GPS + GLONASS + GALILEO + BEIDOU systems were used simultaneously to obtain the coordinates values of approximately 4 hours at 1 second intervals. Then, using the CSRS-PPP software, coordinate values were obtained as a result of static evaluation by using 24 hour observation files of the stations on the related days. These coordinates are taken as reference coordinates. The transformations to the topocentric coordinate system defined by the North (n), East (e), Upper (u) components were performed from the X, Y, Z Cartesian (earth centered) system using the reference coordinates obtained with the RT-PPP coordinates obtained in each episode. According to the results, it was observed that, when the convergence time was ignored (~ 20 minutes), a accuracy of more than 10 cm was obtained in all coordinate components in all stations. Furthermore, the suitability of the obtained tropospheric delay was tested. For this purpose, RT-ZTD values were compared with IGS-ZTD values and the differences were found to be below 2 cm.

**Keywords:** BNC 2.12, CLK93, IGS, PPP, RTCM3EPH, RT-PPP, ZTD

## ÖNSÖZ

Tez çalışmalarım boyunca çalışmaların başlangıcından sonuna kadar desteğini ve yardımını hiçbir zaman esirgemeyen, çalışma azmi, pozitif enerjisi, başarıya odaklı bütün tavsiye ve yönlendirmeleri ile motive ederek karşılaştığım problemlerin çözümünde deneyimlerinden yararlandığım sayın danışman hocam Doç. Dr. Salih ALÇAY' a teşekkürü bir borç bilirim. Bu tez, çalışmalarım süresince hoşgörüsünü, desteğini ve fedakârlığını esirgemeyen sevgili eşime armağan olsun.

Müzeyyen TURGUT  
KONYA – 2019



## TEŞEKKÜR

Tez çalışmasının uygulama aşamasında kullanmış olduğum BKG Ntrip Client (BNC) 2.12 yazılımı için Almanya Kartografya ve Jeodezi Dairesi (BKG)'ne teşekkür ederim.

Müzeyyen TURGUT  
KONYA – 2019

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ .....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR.....	x
SİMGELER.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	xiii
ÇİZELGELER LİSTESİ .....	xiv
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
3. ULUSLARARASI GNSS SERVİSİ (INTERNATIONAL GNSS SERVICE-IGS) .....	5
4. GNSS İLE KONUM BELİRLEME YÖNTEMLERİ.....	8
4.1. GNSS .....	8
5. GNSS ÖLÇÜ YÖNTEMLERİ.....	10
5.1. Diferansiyel (Rölatif/Görel) Konum Belirleme .....	11
5.2. Mutlak Konum Belirleme .....	12
6. GNSS HATA KAYNAKLARI.....	13
6.1. Sistemik Hatalar .....	13
6.1.1. İstasyona/Alıcıya bağlı hatalar.....	13
6.1.2. Uyduya bağlı hatalar .....	13
6.1.2.1. Yörünge(efemeris) tanımlama ile ilgili hata.....	14
6.1.2.2. Uydu saat hatası.....	14
6.1.3. Gözleme/Ortama bağlı hatalar .....	15
6.1.3.1. İyonosferik gecikme .....	15
6.1.3.2. Troposferik gecikme.....	15
6.1.3.3. Taşıyıcı dalga faz belirsizliği.....	16
6.2. Rastlantısal(Sistemik Olmayan) Hatalar .....	16
6.2.1. Faz kayması (cycle slip) .....	16
6.2.2. Birden fazla yol/çoklu yol (multipath).....	17

6.2.3.	Faz merkezi kayıklığı.....	17
<b>7.</b>	<b>VERİ İLETİM MEKANİZMALARI .....</b>	<b>18</b>
7.1.	Veri İletim Formatları.....	18
7.1.1.	RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) .....	18
7.1.2.	NMEA (National Marine Electronics Association) .....	18
7.1.3.	CMR (Compact Measurement Record) .....	18
7.1.4.	RINEX (Receiver Independent Exchange Format) .....	19
7.2.	Veri İletim Protokolleri .....	19
7.3.	Veri İletişim Linkleri.....	20
<b>8.</b>	<b>HASSAS NOKTA KONUMLAMA (PRECISE POINT POSITIONING-PPP) YÖNTEMİ.....</b>	<b>21</b>
8.1.	Real Time PPP (RT-PPP ) Yöntemi.....	25
8.2.	Real Time PPP Servisleri .....	26
8.3.	Real Time Ürünleri.....	27
8.3.1.	RTCM3EPH ve RTCM3EPH01 .....	28
8.3.2.	CLK93 .....	29
8.4.	RT-PPP Yazılımları.....	30
8.4.1.	Gnut/Tefnut.....	30
8.4.2.	RTNet.....	31
8.4.3.	P3 .....	32
8.4.4.	PPP-Wizard.....	33
8.4.5.	RTKLIB .....	34
8.4.6.	PANDA .....	35
8.4.7.	BKG BNC (Bundesamt Für Kartographie und Geodäsie Ntrip Client) ...	37
8.5.	Multi-GNSS RT-PPP.....	44
<b>9.</b>	<b>UYGULAMA.....</b>	<b>46</b>
9.1.	IGS RTS İstasyonlarının Referans Koordinatları ile RT-PPP Koordinatları Arasındaki Farkların İncelenmesi.....	46

9.2. IGS RT İstasyonlarında RT-PPP ZTD ile IGS-ZTD Arasındaki Farkların İncelenmesi .....	54
9.3. IGS RT İstasyonlarında Değerlendirmede Kullanılan Uydu Sayılarının İncelenmesi .....	57
<b>10. SONUÇ ve ÖNERİLER.....</b>	<b>61</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>62</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>69</b>



## KISALTMALAR

AC	: Analysis Center
APC	: Antenna Phase Center
BINEX	: Binary Exchange
BKG	: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BNC	: BKG Ntrip Client
CMR	: Compact Measurement Record
CNES	: Centre National d'Etudes Spatiales
CODE	: Center for Orbit Determination in Europe
DGNSS	: Differential Global Navigation Satellite System
DGPS	: Differential Global Positioning System
DLR	: Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt
EDGE	: Enhanced Data rates for GSM Evolution
EGNOS	: European Geostationary Navigation Overlay Service
ESA/ESOC	: European Space Agency's Space Operations Centre
GFZ	: Geo Forschungszentrum
GMV	: GMV Aerospace and Defense
GNSS	: Global Navigation Satellite System
GPS	: Global Positioning System
GPRS	: General Packet Radio Service
GSM	: Global System for Mobile Communications
IGS	: International GNSS Service
IGSCB	: IGS Central Bureau
ITRF	: International Terrestrial Reference Frame (ITRF)
ITRF08	: International Terrestrial Reference Frame (ITRF)-2008
JPL	: Jet Propulsion Laboratory
MSAS	: MTSAT (Multifunctional Transport Satellites) Satellite Augmentation System
NMEA	: National Marine Electronics Association
NRCan	: Natural Resources Canada
NTRIP	: Networked Transport of RTCM via Internet Protocol
PPP	: Precise Point Positioning
PP-PPP	: Post Process Precise Point Positioning
PRN	: Pseudo Random Noise
RINEX	: Receiver Independent Exchange
RMS	: Root Mean Square
RT	: Real Time
RTACC	: Real Time Analysis Center Coordinator
RTCA	: Radio Technical Commission for Aeronautics
RTCM	: Radio Technical Commission For Maritime Services
RTK	: Real-Time Kinematic
RTIGS	: Real-Time IGS Service
RT-PPP	: Real Time Precise Point Positioning
RTS	: Real Time Service
RTWG	: Real Time Working Group
SBAS	: Satellite-Based Augmentation System

SDev	: Standard Deviation
SOC	: System On Chip
SOPAC	: Scripps Orbit and Permanent Array Center
SPP	: Single Point Positioning
SPS	: Standart Positioning Service
SSR	: State Space Representation
UHF	: Ultra High Frequency
UMTS	: Universal Mobile Telecommunications System
UTC	: Universal Time Coordinated
VHF	: Very High Frequency
WAAS	: Wide Area Augmentation System



## SİMGELER

°	: Derece
P	: P1 ve P2 kod ölçülerinin iyonosfer-bağımsız kombinasyonu
$\Phi$	: L1 ve L2 taşıyıcı faz ölçülerinin iyonosfer-bağımsız kombinasyonu
$\rho$	: Hesaplanan geometrik mesafe (uydu-alıcı arası)
C	: Boşluktaki ışık hızı
dT	: GPS zamanına göre alıcı saat ofseti
dt	: GPS zamanına göre uydu saat ofseti
$T_r$	: Atmosferdeki sinyal gecikmesini (öncelikli troposfer)
N	: Taşıyıcı faz iyonosfer-bağımsız kombinasyonunun tamsayı belirsizliği bilinmeyen
$\lambda_1, \lambda_2, \lambda$	: Taşıyıcı faz iyonosfer-bağımsız kombinasyonunun tamsayı belirsizliği bilinmeyen
$\epsilon_P, \epsilon_\Phi$	: Multipath'de içeren, ilgili ölçme gürültü bileşenlerini
%	: Yüzde
Km	: Kilometre
m	: Metre
dm	: Desimetre
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre
s	: Seçilen Uyduyu,
r	: Seçilen Alıcıyı,
f	: Alıcı ve frekans bandını(L1/L2)
$\Delta\rho_{r,f}^s$ ve $\Delta L_{r,f}^s$	: Gözlemlenen -hesaplanmış (O-C) tüm ham kod ve faz gözlemleri gerekli düzeltmeleri (gel-git etkileri, anten PCO / PCV ve Aşırı rüzgar, vs.)
e sr	: Birim vektörü(Uydudan alıcıya)
$\Delta x$	: [ $\Delta x \Delta y \Delta z$ ] istasyon koordinatlarının vektörlerini
C	: Vakumlanan ışık hızını
tr ve ts	: alıcı ve uydu için saat ofsetlerini
$b_{r,f}$ , $b^s_f$	: Frekansa bağlı alıcı ve uydu için kod donanım gecikmeleri
$I_{sr,l}$	: L1 sinyaline ait eğik iyonosferik gecikmeyi
$\mu f = (\lambda_{sf} + \lambda_{sl})/2$	: taşıyıcı faz gözlemlerinin dalga boyunu
$T_r$	: Zenith troposferik gecikmeyi
Msr	: Haritalama fonksiyonunu
$N_{r,f}^s$	: Faz belirsizliğini/alıcı ve uydu faz donanım gecikmelerini absorbesini
$\epsilon_P$ ve $\epsilon_L$	: Kod ve faz gözlemleri için gürültü ve diğer modellenmemiş çok yollu etkilerin ve hataların toplamını

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. IGS istasyonları(Anonymous8, 2018).....	5
Şekil 5.1. GNSS ile konum belirleme yöntemleri (Kahveci ve ark., 2011) .....	10
Şekil 5.2. Bağıl konum belirleme (Anonim4, 2017) .....	11
Şekil 5.3. Mutlak konum belirleme(Anonim4, 2017) .....	12
Şekil 8.1. RTNet çalışma prensibi (Anonymous10, 2017).....	31
Şekil 8.2. RTNet programında PPP menüsü (Anonymous10, 2017).....	31
Şekil 8.3. P3 yazılımından ekran görüntüsü (Anonymous11, 2017).....	33
Şekil 8.4. PPP-Wizard çalışma prensibi (Anonymous12, 2017).....	34
Şekil 8.5. RTKLIB programı ekran görüntüsü (Anonymous15, 2018).....	35
Şekil 8.6. Panda yazılımı ekran görüntüsü (Shi ve Ark., 2012) .....	37
Şekil 8.7. BNC 2.12 yazılımında ekran görüntüsü (Anonymous13, 2017).....	38
Şekil 8.8. BNC hassas nokta konumlandırma akış şeması (Anonymous13, 2017).....	39
Şekil 8.9. Rtcn akışlarının rinx dosyalarına dönüşümü (Anonymous13, 2017).....	39
Şekil 8.10. BNC veri akış şeması (Anonymous13, 2017).....	40
Şekil 8.11. Yayın düzeltme akışlarını birleştiren BNC (Anonymous13, 2017).....	40
Şekil 8.12. Hassa nokta konumlandırma PPP(1) paneli (Anonymous13, 2017).....	41
Şekil 8.13. Hassa nokta konumlandırma PPP(2) paneli (Anonymous13, 2017).....	42
Şekil 9.1. Kullanılan RTS istasyonlarının konumu .....	46
Şekil 9.2. COCO istasyonuna ait referans koordinatlar ile RT-PPP koordinatları arasındaki farklar (07.10.2018).....	49
Şekil 9.3. GRAZ istasyonuna ait referans koordinatlar ile RT-PPP koordinatları arasındaki farklar (09.10.2018) .....	50
Şekil 9.4. MAJU istasyonuna ait referans koordinatlar ile RT-PPP koordinatları arasındaki farklar (10.10.2018) .....	50
Şekil 9.5. MAW1 istasyonuna ait referans koordinatlar ile RT-PPP koordinatları arasındaki farklar (03.10.2018).....	51
Şekil 9.6. SOD3 istasyonuna ait referans koordinatlar ile RT-PPP koordinatları arasındaki farklar (07.10.2018) .....	52
Şekil 9.7. TONG istasyonuna ait referans koordinatlar ile RT-PPP koordinatları arasındaki farklar (08.10.2018) .....	52
Şekil 9.8. COCO istasyonuna ait RT-PPP ZTD ile IGS-ZTD arasındaki farklar .....	54
Şekil 9.9. GRAZ istasyonuna ait RT-PPP ZTD ile IGS-ZTD arasındaki farklar .....	55

<b>Şekil 9.10.</b> MAJU istasyonuna ait RT-PPP ZTD ile IGS-ZTD arasındaki farklar .....	55
<b>Şekil 9.11.</b> MAW1 istasyonuna ait RT-PPP ZTD ile IGS-ZTD arasındaki farklar.....	56
<b>Şekil 9.12.</b> TONG istasyonuna ait RT-PPP ZTD ile IGS-ZTD arasındaki farklar .....	56
<b>Şekil 9.13.</b> COCO istasyonda değerlendirilmede kullanılan uydu sayıları .....	57
<b>Şekil 9.14.</b> GRAZ istasyonda değerlendirilmede kullanılan uydu sayıları.....	58
<b>Şekil 9.15.</b> MAJU istasyonda değerlendirilmede kullanılan uydu sayıları.....	58
<b>Şekil 9.16.</b> MAW1 istasyonda değerlendirilmede kullanılan uydu sayıları.....	59
<b>Şekil 9.17.</b> SOD3 istasyonda değerlendirilmede kullanılan uydu sayıları .....	59
<b>Şekil 9.18.</b> TONG istasyonda değerlendirilmede kullanılan uydu sayıları .....	60

## ÇİZELGELER LİSTESİ

<b>Çizelge 3.1.</b> IGS ürün çizelgesi (Anonymous8, 2018).....	6
<b>Çizelge 3.2.</b> Türkiye'de bulunan IGS istasyonları(Anonim3, 2017) .....	7
<b>Çizelge 4.1.</b> Uydu sistemlerinin durumu (Anonymous4, 2018).....	9
<b>Çizelge 8.1.</b> PPP uygulamasında değerlendirilmesi gereken hatalar ve biaslar (Ocalan ve Soycan, 2012) .....	23
<b>Çizelge 8.2.</b> Analiz merkezleri (Anonymous3, 2018) .....	26
<b>Çizelge 8.3.</b> RTS verileri (Anonymous14, 2018) .....	28
<b>Çizelge 8.4.</b> RTCM3EPH içerikleri ( <a href="http://mgex.igs-ip.net">http://mgex.igs-ip.net</a> ).....	29
<b>Çizelge 8.5.</b> Real time ürün detayları (Anonymous3, 2018) .....	29
<b>Çizelge 8.6.</b> Kullanılan CLK93 detayları ( <a href="http://www.products.igs-ip.net">www.products.igs-ip.net</a> ) .....	30
<b>Çizelge 9.1.</b> Kullanılan istasyonlara ait detaylar .....	47
<b>Çizelge 9.2.</b> Değerlendirme günlerine ait Kp index değerleri(Anonymous5, 2018).....	47
<b>Çizelge 9.3.</b> Değerlendirme günlerine ait Dst index değerleri (Anonymous6, 2018)....	48
<b>Çizelge 9.4.</b> Değerlendirme günlerine ait F10.7 index değerleri (Anonymous7, 2018)	48
<b>Çizelge 9.5.</b> Sonuçlara ait temel istatistiksel değerler .....	53

## 1. GİRİŞ

Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS) günlük hayatımızın birçok alanında kullanılmakla beraber son yıllarda gelişen ve gelişmeye devam eden teknolojiye paralel olarak gerçek zamanlı konum belirleme çalışmalarına ivme kazandırmaktadır. Zaman içerisinde konum belirleme tekniklerinde hassasiyet artarken zaman-maliyet giderlerinin azalması ve uluslararası bir datum sisteminde konum bilgisine ulaşılabilme isteği gerçek zamanlı (real-time) hassas nokta konumlama tekniğindeki araştırmaları beraberinde getirmiştir. Konum belirlemenin temel kaynağı olan uydular aracılığıyla konum belirlenirken 3 veri kümesinden faydalanılmaktadır. Bunlar; Almanac verileri, broadcast(yayın) efemerisi ve hassas efemeris veri bilgileridir. Bu veriler Uluslararası GNSS Servisi (International GNSS Service-IGS), Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü (Jet Propulsion Laboratory-JPL), Avrupa Yörünge Belirleme Merkezi (Center for Orbit Determination in Europe-CODE) gibi ajanslardan edinilebilir (Anonim1, 2017).

Mevcut konumlama sistemleri, gelişen teknoloji ve GNSS sistemlerindeki araştırmalar ile beraber IGS, JPL ve CODE vb. gibi kamu kurum/kuruluşları aracılığıyla kullanıcıların hizmetine sunulan hassas uydu yörünge ve saat düzeltmeleri konum doğruluğunda iyileşmeye olanak sağlamaktadır. Zaman içerisinde tek bir alıcı ile metre seviyelerinden santimetre seviyelerinde konum doğruluğuna ulaşabilmeyi mümkün kılan bu sistem literatürde “Hassas Nokta Konumlama (Precise Point Positioning-PPP)” olarak yer almaktadır.

Hassas Nokta Konumlama yönteminde tek bir alıcı kullanılarak fark alınmamış kod ve taşıyıcı faz ölçüleri kullanılmaktadır. Bu yöntemde ölçme süresine ve kullanılan veriye (kod/faz, tek frekans/çift frekans) bağlı olarak elde edilecek doğruluk sonuçları metre(m) ile santimetre(cm) seviyeleri arasında değişmektedir. Alıcının frekansıyla da doğrudan ilgili olan doğruluk değerleri tek frekanslı alıcılara toplanan verilerin değerlendirilmesi sonucunda metreler seviyesinde konum doğruluğuna ulaşılabilirken, çift frekanslı uydu alıcılarıyla desimetre(dm)/santimetre(cm) düzeyinde doğruluklar elde edilmektedir (Zumberge ve ark., 1997; Kouba ve Héroux, 2001; Gao ve Shen, 2002; Kouba, 2003; Choy ark., 2007) . Troposferik gecikme, uydu alıcısının saat hatası, uydu anten ofsetleri, taşıyıcı faz wind-up etkisi, gelgit etkileri gibi birçok diğer faktöründe doğruluk ve hassasiyet açısından önemli olduğu belirtilmektedir

(El Rabbany, 2006; Weston ve Schwieger, 2010). PPP tekniğinde son 10 yıl içerisinde yapılan araştırmalar genellikle verilerin sonradan değerlendirildiği (post-processed) statik/kinematik çalışmaları kapsamaktadır (Elsobeiey 2015; Elsobeiey ve El-Rabbany 2014; Zumberge ve ark., 1997).

Nisan 2013’de Uluslararası GNSS Servisi (IGS) GNSS kullanıcılarına gerçek zamanlı (real-time) servis hizmeti sunmasıyla IGS ürünlerine erişim artık oldukça kolaydır. IGS rnleri arasında gerçek zamanlı hassas nokta konumlama (Real Time Precise Point Positioning – RT-PPP ) uygulamalarını mümkün kılan yayın efemerisi, GNSS uydu yörünge ve saat düzeltme verilerini içeren bilgiler bulunmaktadır (Anonymous8, 2018).

Bu alışmada, RT-PPP yönteminin performansı, BKG Ntrip Client (BNC) v.2.12 yazılımını kullanarak hem konum doğruluğu ve hassasiyeti hem de ZTD kestirimi açısından test edilmiştir. Bu amaçla farklı coğrafi bölgelerden GPS, GLONASS, GALILEO ve BEIDOU uydularını izleyebilen 6 istasyon seçilmiştir. Değerlendirmeler sadece GPS, GPS+GLONASS ve GPS+GLONASS+GALILEO+BEIDOU konfigürasyonu kullanarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar hem doğruluk hem de hassasiyet bakımından karşılaştırmalı bir yaklaşımla verilmektedir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Son yıllarda başta IGS olmak üzere JPL, NRCan, CODE, BKG, CNES, GFZ, ESA/ESOC gibi uluslararası organizasyonlar PPP tekniğinin gerçek zamanlı uygulamalarının etkin şekilde kullanılması, yüksek doğruluktaki uydu yörünge/saat bilgilerinin hesaplanması, tamsayı belirsizliği çözüm süresinin kısaltılması ve PPP'de standartlarının oluşturulması için önemli çalışmalar ve projeler yürütmektedirler. Aşağıda hassas nokta konumlamada kullanılan yöntemlere ilişkin çalışmalardan örnekler verilmiştir.

Krzan ve Przechalski (2015) yaptıkları çalışmada IGS-RTS veri akışlarının konumlama üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla IGS01, IGS02 ve IGS03 yörünge ve saat düzeltmelerini kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlar IGS01 ile en düşük doğruluğun elde edildiğini göstermiştir.

Martin ve ark., (2015) yaptıkları çalışmada RT Kinematik PPP yönteminin deformasyon izlemede kullanılabilirliğini incelemişlerdir. Yakın gelecekte bu yöntemin deformasyon izlemede kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Li ve ark., (2015) GPS+GLONASS+GALILEO+BEIDOU uydu sistemlerini kullanarak RT-PPP yöntemini doğruluk ve güvenilirlik açısından incelemişlerdir. GPS sonuçlarına diğer uydu sistemlerinin dahil edilmesiyle yakınsama süresinde %70 lik bir iyileşmenin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca uydu yükseklik açısı artınca yalnız GPS koordinatlarının doğruluklarının oldukça düştüğü belirtilmiştir.

Ahmed ve ark., (2016) üç farklı yazılım paketini kullanarak gerçek zamanlı hassas nokta konumlama yönteminin zenit troposferik gecikme kestiriminin uygunluğunu incelemiştir. RT-ZTD değerleri IGS nihai troposfer ürünü (IGS-ZTD) ile karşılaştırmalı bir yaklaşımla verilmiştir. Elde edilen sonuçlar G-Nut/Tefnut sonuçlarının IGS-ZTD değerlerine en yakın sonucu verdiği belirtilmiştir.

Abdi ve ark., (2017) gerçek zamanlı hassas nokta konumlama yönteminin performansını test etmek için GPS, GPS+GLONASS, GPS+BEIDOU ve GPS+GLONASS+BEIDOU uydu konfigürasyonlarını kullanmıştır. GPS+BEIDOU sonuçlarının yalnız GPS sonuçlarına göre doğruluk ve yakınsama süresi açısından daha iyi olduğunu belirlemişlerdir. GPS+GLONASS konfigürasyonuna BEIDOU'nun dahil olması ile “n”, “e”, “u” bileşenlerinde sırasıyla %8 , %5, %6 seviyesinde konum doğruluğunda bir iyileşmenin olduğu belirtilmiştir.

Shi ve ark., (2017) RT kinematik PPP yöntemini uçaklardaki antenin konumunu belirlemede kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlar bu yöntemin hava fotogrametrisiyle haritalama yöntemi ile doğruluk açısından karşılaştırılabilir nitelikte olduğu belirtilmiştir.

Alcay ve Turgut (2017) RT PPP yönteminin performansını test etmek amacıyla 3 IGS RTS istasyonu kullanmışlardır. BKG Ntrip Client (BNC v.2.12) yazılımı kullanarak yaptıkları değerlendirme sonucunda elde ettikleri sonuçları doğruluk ve hassasiyet açısından incelemiştir. Elde edilen sonuçlar, 20 dakikalık bir yakınsama süresinin ardından desimetre altı bir doğruluğun elde edilebildiğini göstermiştir.

Wang ve ark., (2018) farklı analiz merkezlerinin RT SSR ürünlerini detaylı olarak incelemiştir. Ayrıca bu ürünlerin RT-PPP sonuçları üzerindeki etkisini test ederek, karşılaştırmalı bir yaklaşımla vermişlerdir.

Wang ve ark., (2018) IGS RTS ürünlerini kullanarak Multi-GNSS RT PPP yönteminin performansını incelemiştir. Elde edilen sonuçlar 15 dakikadan daha az kısa bir yakınsama süresi ile 20 cm seviyesinde bir doğruluğun elde edilebildiğini göstermiştir.

Ding ve ark., (2018) Avustralya’da GPS/Beidou gözlemlerini kullanarak RT-PPP yönteminin performansını test etmiştir. Elde edilen sonuçlar bu iki sistemin yalnız değil de birlikte kullanıldıklarında yakınsama süresinin oldukça azaldığını belirlemiştir.

### 3. ULUSLARARASI GNSS SERVİSİ (INTERNATIONAL GNSS SERVICE-IGS)

Dünya genelinde 100'den fazla ülkede 200'ün üzerinde sivil kurum/kuruluş tarafından oluşturulan (üniversiteler ve araştırma kuruluşları) yüksek hassasiyette GPS uydu yörüngelerine ücretsiz erişim sağlayan bir kurumdur. Amaç; Dünya çapındaki 400'ün üzerinde bulunan referans istasyonlarındaki verileri izlemek, bu verilere ulaşabilmek ve ITRF koordinat sisteminde ürünler üretebilmektir. Üretilen veriler genellikle konumlandırma, navigasyon, zamanlama ve bilim-toplum yararına diğer uygulamaları vb. kapsar. IGS tarafından servis edilen hizmet içerisinde izlenen uydulara ait yayın efemerisleri, yer yuvarı dönme parametreleri, izlenen küresel istasyonun hızları ve koordinatları, navigasyon bilgisi, zenit troposferik gecikmeleri, global iyonosfer haritaları vd. ürünleri içerir (Anonymous8, 2018).



Şekil 3.1. IGS istasyonları(Anonymous8, 2018)

IGS; GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou, QZSS ve SBAS'ı takip eden 400'den fazla sürekli olarak çalışan, jeodezik istasyonlardan oluşan küresel bir ağıdır. Bu analiz merkezleri, veriyi düzenli olarak işler ve resmi IGS kombine ürünlerini üreten Analiz Merkezi(Analysis Center-AC) Koordinatörüne ürünleri aktarırlar (Anonymous8, 2018). Veriler, Global Veri Merkezleri (Global Data Centers) olarak adlandırılan birimlerde arşivlenir.

**Çizelge 3.1.** IGS ürün çizelgesi (Anonymous8, 2018)

		Doğruluk	Sunum Süreci	Güncelleme	Örnekleme Aralığı
<b>GPS'e ait Uydu Yörüngeleri ve Saatleri ile İstasyon Saatleri</b>					
Yayın Efemerisi	Yörüngeler	~100 cm	gerçek zamanlı	--	günlük
	Uydu Saatleri	~5 ns RMS ~2.5 ns SDev			
Ultra-Hızlı	Yörüngeler	~5 cm	gerçek zamanlı	saat 03, 09, 15 ve 21'de (UTC)	15 dakika
	Uydu Saatleri	~3 ns RMS ~1.5 ns SDev			
Ultra-Hızlı	Yörüngeler	~3 cm	3 - 9 saat	saat 03, 09, 15 ve 21'de (UTC)	15 dakika
	Uydu Saatleri	~150 ps RMS ~50 ps SDev			
Hızlı	Yörüngeler	~2.5 cm	17 - 41 saat	saat 17'de (UTC), günlük	15 dakika
	Uydu ve İst. Saatleri	~75 ps RMS ~25 ps SDev			5 dakika
Final	Yörüngeler	~2.5 cm	12 - 18 gün	her perşembe günü	15 dakika
	Uydu ve İst. Saatleri	~75 ps RMS ~20 ps SDev			Uydu: 30s İstasyon.:5 dakika
<b>GLONASS ait Uydu Yörüngeleri</b>					
Final		~3 cm	12 - 18 gün	her perşembe günü	15 dakika

Global veri merkezlerinden; Crustal Dynamics Data Information System(CDDIS) ve Scripps Institution of Oceanography (SIO) ABD'de, Institut Géographique National (IGN) Fransa'da, Korean Astronomy and Space Science Institute (KASI) veri merkezi Kore'de bulunmaktadır. Veri merkezleri ile ilgili detaylara <http://igsceb.jpl.nasa.gov/organization/centers.html> adresinden ulaşılabilir. RTS ürünleri, bilimsel test, jeofizik izleme, tehlike algılama ve uyarı, hava tahmini, zaman senkronizasyonu, GNSS uydularını izleme, görüntü kontrolü, kamu yararına çalışmaları ve diğer birçok uygulamaları mümkün kılmaktadır (Anonymous8, 2018).

Her GPS yazılımı veriyi farklı formatta değerlendirmektedir. RINEX (Receiver Independent Exchange- alıcıdan bağımsız değişim) veri format biçimi yayınlanan IGS verileri ile farklı formatta veri değerlendiren GPS yazılımları arasında dönüşümü mümkün kılmaktadır. Ayrıca, istasyonların haftalık çözümlerine SINEX (Solution- software/technique Independent Exchange-yazılımdan bağımsız) veri formatında da ulaşılabilir (Anonymous8, 2018).

Dünya çapında 507 adet IGS istasyonu bulunmaktadır. Türkiye'de aktif olarak çalışan 3 adet IGS istasyonu mevcuttur. Bu istasyonlar; Ankara'da Harita Genel

Komutanlığı'nda bulunan ANKR, İstanbul'da İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Jeodezi Anabilim Dalı idaresindeki ISTA, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) idaresi Gebze'de bulunan TUBI'dir. Eylül 2015'de TRAB Trabzon, Türkiye istasyonu IGSSTATION-4963 mesajı uyarınca servis dışı bırakılmıştır. Ayrıca Diyarbakır ilinde bulunan DYR2'de yıllar boyunca veri kesintisi sebebiyle Şubat 2013'de servis dışı bırakılmıştır (Anonim3, 2017).

**Çizelge 3.2.** Türkiye'de bulunan IGS istasyonları(Anonim3, 2017)

İstasyon	Ülke	Şehir	Ağlar	Ajans
ANKR	Türkiye	Ankara	IGS,IGS08	BKG
DYR2	Türkiye	Diyarbakır	Former IGS	UNAVCO
ISTA	Türkiye	İstanbul	IGS,IGS Multi GNSS,IGS08,RTS	BKG
TRAB	Türkiye	Trabzon	Former IGS,IGS08	BKG
TUBI	Türkiye	Gebze	IGS	TUBİTAK MRC

Uluslararası IGS RTS analiz merkezlerinden en çok bilinenleri; BKG (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie), CNES (Centre National d'Etudes Spatiales), DLR (Deutsches Zentrum für Luftund Raumfahrt), ESA/ESOC (European Space Agency's Space Operations Centre), GFZ (Deutsches Geo Forschungs Zentrum), GMV (GMV Aerospace and Defense), NRCan (Natural Resources Canada) ve WUHAN (Wuhan Technical University)' dir. NRCan; RTWG başkanlığı (Real Time Work Groups), ESOC; Real Time Ticari Tarih Analiz Merkezi Koordinatörlüğü (Real Time Analysis Center Coordinator ((RTACC)) ve BKG ise veri akış koordinatörlüğü yapar (Anonymous2, 2018; Elsobeiey ve Al-Harbi, 2016). Uluslararası IGS RTS analiz merkezleri ile ilgili detaylar Bölüm 8.2 de verilmektedir.

## 4. GNSS İLE KONUM BELİRLEME YÖNTEMLERİ

### 4.1.GNSS

Yeryüzünde herhangi bir konumda bulunan bir alıcının konumunu herhangi bir anda belirleyen ve minimum 4 uydudan faz ve kod ölçülerinin alıcıya ulaşma zamanlarının ölçülmesi tekniğine dayanan sistemdir. Bu ölçme sistemi “geriden kestirme” yöntemine dayanır. Konumu bilinmeyen noktadan bilinen noktalara yani GNSS (Global Navigation Satellite System) uydularına yapılan ölçüm ve hesaplamaları içerir (Anonim1, 2017). GNSS uyduları tarafından iletilen mikrodalga taşıyıcı sinyallerde konum bilgisi, efemeris bilgileri, faz ve kod ölçüleri yayınlanmaktadır (Anonim1, 2017; Anonim4, 2017; Anonim5, 2017).

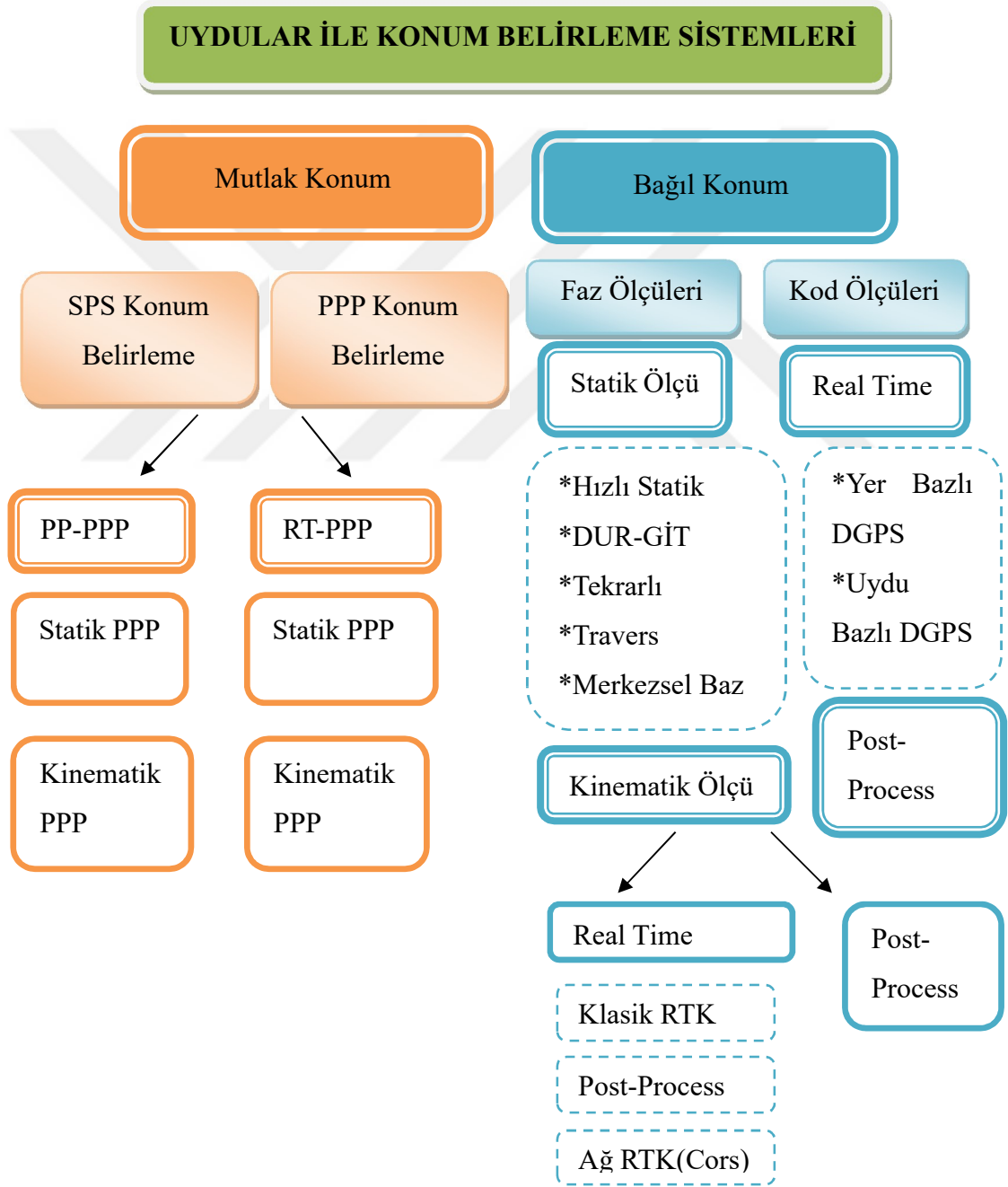
GNSS sistemini Amerika Birleşik Devletleri tarafından işletilen GPS (Global Positioning System) 30 adet uydu ile, Rusya Federasyonu tarafından işletilmekte olan GLONASS (Global Navigation Satellite System) 24 adet uydu ile, Avrupa Birliği ülkelerine ait GALILEO 18 adet uydu ile küresel uydu konumlama sistemlerini oluşturmaktadır. Ayrıca küresel uydu sistemi (GNSS) dışında bölgesel olarak Çin Halk Cumhuriyeti tarafından işletilmekte olan BeiDou/COMPASS uydu sistemi 40 adet uydu ile bulunduğu bölgeye, IRNSS uydu konumlama sistemi 8 adet uydu ile Hindistan ve çevresine, QZSS uydu konumlama sistemi ise 4 adet uydu ile Japonya ve Asya-Okyanus çevresine bölgesel konumlama hizmeti sağlamaktadır. Uydu sistemlerinin durumu Çizelge 4.1 de verilmektedir (Anonymous4, 2018).

**Çizelge 4.1.** Uydu sistemlerinin durumu (Anonymous4, 2018)

<b>Sistem</b>	<b>Uydu Tipi</b>	<b>Sinyal</b>	<b>Uydu Sayısı</b>
GPS	IIR	L1 C/A, L1/L2 P(Y)	11
	IIR-M	L1 C/A, L1/L2 P(Y), L2C, L1/L2 M	7
	IIF	L1 C/A, L1/L2 P(Y), L2C, L1/L2 M, L5	12
GLONASS	M	L1/L2 C/A & P 23	21
	M+	L1/L2 C/A & P, L3 1	2
	K	L1/L2 C/A & P, L3	1
BeiDou-1-2	MEO	B1-2, B2, B3	5
	IGSO	B1-2, B2, B3	9
	GEO	B1-2, B2, B3	6
BeiDou-3	MEO	B1-2, B1, B2, B3	19
	GEO	B1-2, B2, B3	1
Galileo	IOV	E1, E6, E5a/b/ab	3
	FOC	E1, E6, E5a/b/ab	15
QZSS	I	L1 C/A, L1C, L1 SAIF, L2C, L6 LEX, L5	4
IRNSS	IGSO	L5/S SPS & RS	4
	GEO	L5/S SPS & RS	4

## 5. GNSS ÖLÇÜ YÖNTEMLERİ

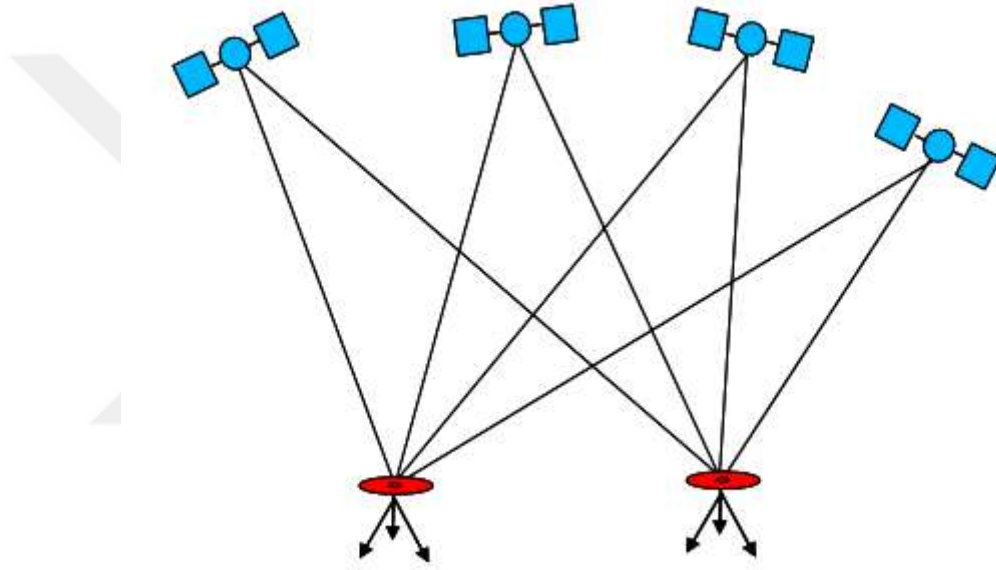
GNSS ile mutlak ve bağıl konum belirleme yöntemleri kullanılarak konum belirlenmektedir. GNSS ile ölçülen noktaların türü, istenilen duyarlılık ve sonuç ürün olarak hangi amaçla veri üretileceği ölçme metodlarından hangisinin kullanılacağı konusunda belirleyici olmaktadır. Seçilen ölçme tekniği, alıcı tipi, gözlem yapılan süre, uydu sayısı ve uyduların konumu elde edilen koordinatların doğruluğunu ve hassasiyetini doğrudan etkilemektedir.



Şekil 5.1. GNSS ile konum belirleme yöntemleri (Kahveci ve ark., 2011)

## 5.1.Diferansiyel (Rölatif/Görel) Konum Belirleme

Konumu belirlenecek olan yeni noktanın konumunun; konumu bilinen bir başka noktaya göre belirlenmesi bağıl konum belirlemedir. Bağıl konum belirlemede DGNSS yönteminde kod ölçüleri kullanılırken, RTK(real time kinematik) ile konum yönteminde ise faz ölçüleri kullanılmaktadır. Bağıl konum belirleme yönteminde konumu iyi bilinen en az bir noktaya/referansa ve düzeltme verilerini kullanıcılara iletebilmek için kablosuz iletişim linklerine ihtiyaç duyulmaktadır (Anonim1, 2017; Anonim4, 2017).

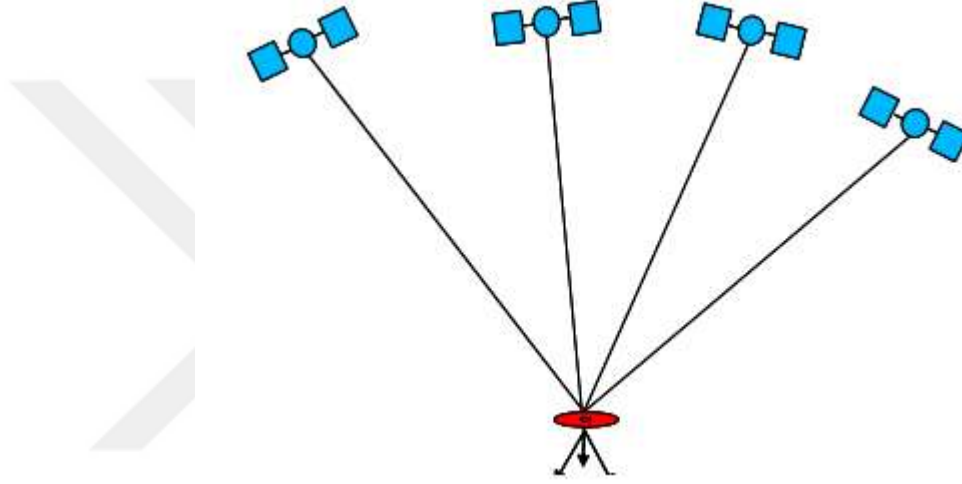


Şekil 5.2. Bağıl konum belirleme (Anonim4, 2017)

Statik konum belirleme metodunda konumu belirlenecek nokta hareketsiz(sabit) iken kinematik konum belirlemede konumu belirlenecek nokta hareket(mobil) halinde iken ölçme söz konusudur. Hareket halinde bulunan gemi, araba, uçak ya da hareketli bir platform aracılığıyla navigasyonu amaçlı anlık (real-time) konum belirleme yapılabilir. Kullanım türleri kullanıcıların isteklerine göre değişiklik gösterebilmektedir. Arazi ölçmelerinden sonra ölçülerin daha hassas sonuçlar elde etmek amacıyla ofiste değerlendirilmesi (post-processing) bu yöntemde mümkündür. Sonradan veri değerlendirme işlemi genellikle mühendislik uygulamalarında kullanılmaktadır (Anonim1, 2017; Anonim4, 2017).

## 5.2.Mutlak Konum Belirleme

Yeryüzünde bulunan herhangi bir noktanın doğrudan Dünya üzerindeki konumu (enlem/boylam/yükseklik veya X/Y/Z) tek bir GNSS alıcısı ile en az dört uydudan kod/faz ölçüleri yapılarak belirleniyorsa uygulanan ölçme tekniği mutlak konum belirlemedir. Mutlak konum belirleme Post Process-PPP (PP-PPP) ve RT-PPP uygulamalarını kapsamaktadır.



Şekil 5.3. Mutlak konum belirleme(Anonim4, 2017)

Gerçek zamanlı uygulamalar için veriler RTCM veri formatındadır. Bu uygulamalar dışında gerçek zamanlı uygulamalar için GNSS alıcıları ile diğer cihazlar arasında veri iletişimi için NMEA veri formatı kullanılmaktadır. Üretici firma tanımlı veri formatları alıcı firmasına bağlı olarak değişebilmektedir. Post-process işlemi için genellikle “binary” veri formatında olan veriler bazı firmalar tarafından “ASCII” veri formatında da kullanılmaktadır. “ASCII” formatı RINEX’e çevrilebilir ve en son sürüm RINEX 3.03’dür. En bilinen veri formatları ise; RINEX, RTCM, NMEA, CMR/CMR+, RTCA, SP3, BINEX, RAW Data vb. (Anonim1, 2017; Ocalan ve Soyacan, 2011).

Gerçek zamanlı konum belirlemede (real-time) veri iletim mekanizmaları veri alımında ve veri iletiminde önemli rol oynamaktadır. Veri iletim mekanizmaları; veri formatları, veri iletim protokolleri ve veri iletişim linklerinden oluşmaktadır (Ocalan ve Soyacan, 2011).

## 6. GNSS HATA KAYNAKLARI

GNSS gözlemleri ile elde edilen ölçüleri etkileyen bazı rastlantısal(sistematik olmayan) ve sistematik hatalar söz konusudur. Bazen bozucu etkiler rölatif konum belirleme yöntemleri kullanılmasına rağmen bozucu etkilerini devam ettirmektedir (Anonim7, 2018).

### 6.1. Sistematik Hatalar

Sistematik hatalar (bias) ve sistematik olmayan hatalar(error) GNSS ölçülerinde görülen hatalardır. Sistematik hatalar istasyona, uyduya ve gözleme bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Sistematik hatalar ölçülerden atılabilmektedir. Bu hatalar çeşitli modellemeler ile ölçülerde olan etkileri elemine edilebilmektedir. Sıcaklık, zaman vd. etkiler ile fonksiyon oluşturularak ilişkilendirilmektedir (Anonim2, 2018).

#### 6.1.1. İstasyona/Alıcıya bağlı hatalar

Alıcıya bağlı hata; alıcıda bulunan saatin hatalı olması veya GNSS zamanından farklı olması ile ilgili oluşan bir hatadır (Anonim2, 2018).İstasyona bağlı hata; istasyon noktasının koordinatının hatalı olması ve dolayısıyla yörünge izleme amaçlı çalışmaların, zaman transferi ve konumlama dışı GNSS uygulamalarını etkilemesi olarak açıklanabilir (Anonim2, 2018).

#### 6.1.2. Uyduya bağlı hatalar

Uydu hataları efemeris(yörünge) ve saat hatalarını kapsamaktadır. Bu hatalar aslında çok küçüktür ancak 1 nano saniyede ışığın 30 cm yol kat ettiği düşünülürse saatteki 10 nano saniyelik hata 3 m konum hatasına sebep olmaktadır. Uyduya bağlı hatalar uydular arası korelasyona sahip değildirler. Kod ve faz ölçülerini eşit oranda etkilemektedirler. İzleme istasyonunun sayısı ve yeri de bu hatanın miktarını önemli ölçüde etkilemektedir (Anonim2, 2018; Anonymous1, 2018).

### **6.1.2.1. Yörünge(efemeris) tanımlama ile ilgili hata**

Yörünge(efemeris) tanımlama ile ilgili hata; uydu almanac verisine göre hesaplanan konumu ile gerçek konumunun farklı yerde olmasından kaynaklanır. GNSS kontrol sistemleri düzenli olarak uydu yörüngelerinin bilgisini alırlar. Uydunun yörüngesi değiştiğinde kontrol sistemleri uydulara gerekli düzeltme bilgilerini göndererek uydu yörünge bilgisi(efemerisi) güncellenmiş olur.

Yeryuvarı başta olmak üzere Ay ve Güneş'in çekim etkisi ve daha birçok kuvvetin etkisi altında olan uydular yörüngelerinde bu etkiler ile yörüngede dönmeye devam eder. Uydu yörüngeleri modellenirken tüm bu etkiler elemine edilmiş varsayılarak "normal yörünge" de olduğu kabul edilir. Normal yörünge olarak kabul edilmesi karmaşık yörünge modellemede pratiklik sağlar ve daha kısa sürede kaba yörünge hesaplamasında yeterli olur. Ancak hassas(duyarlı) yörünge için başlangıç değeri olarak alınacağından normal yörünge önem taşımaktadır (Erdogan ve ark., 2005).

Aslında GNSS uyduları yörünge olarak iyi bilinen ve kesin diyebileceğimiz yörüngelerde gezer. Yörüngelerde uydu saati gibi minimal boyutlarda farklılıklar görülmesi olasıdır. Yörüngedeki bu ufak değişiklik konum bilgisinin hatalı hesaplanmasına neden olmaktadır. Bu hatayı elemine etmek veya etkisini azaltmak için kesin yörünge verilerini uzay tabanlı ek sisteminden (SBAS(Satellite Based Augmentation System)) ya da PPP hizmet sağlayıcılarından alınarak giderilebilmektedir. Diğer bir alternatif ise diferansiyel GNSS ve ya RTK alıcı konfigürasyonu ile sorun giderilebilmektedir (Anonymous1, 2018).

### **6.1.2.2. Uydu saat hatası**

Uydu saat hatası; GNSS saati ile uydunun kendi saatinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. GNSS uydularında sezyum atomik saat, GNSS alıcılarında ise kuvars saati kullanıldığından senkronizasyon(eşleşme) sırasında fark oluşmaktadır. Bu hata rölatif konum belirleme yönteminde tekli fark gözlemleri ile giderilebilirken PPP yönteminde ise IGS servis sağlayıcılarından hassas saat verileri yardımıyla giderilmektedir (Anonymous1, 2018).

GNSS yer kontrol sistemi tarafından uydudaki saat izlenir ve kendi saati ile karşılaştırılır. Bu hatayı elemine etmek veya etkisini azaltmak için kesin yörünge

verilerini SBAS(Satellite Based Augmentation System) sisteminden ya da PPP hizmet sağlayıcılarından kesin saat verileri alınarak giderilebilmektedir. Hassas saat ürünleri kullanılmadığında yayın efemerisi(broadcast) kullanılmaktadır ancak bu konum doğruluğunu olumsuz olarak etkilemektedir (Gurturk, 2016).

### **6.1.3. Gözleme/Ortama bağlı hatalar**

#### **6.1.3.1. İyonosferik gecikme**

İyonosfer; Dünya yüzeyinden sonra 50-1000 km yükseklikte bulunan iyonize olmuş gazlar ile ve güneş ışınlarından oluşan atmosfer tabakasıdır. İyonosferin radyo dalgalarına etkisi iyonosferdeki elektron yoğunluğuna bağlı olarak değişir ve iyonlaşma miktarı güneş ışınımı ile alakalıdır. İyonlaşma iyonosferin her bölgesinde güneş ışınımı nedeniyle aynı olmamaktadır. İyonosfer tabakasında bulunan elektron yoğunluğu radyo dalgalarını etkilemektedir. İyonosferde bulunan maksimum elektron yoğunluğunu; coğrafi konum, zaman, yer kabuğu hareketleri ve güneş ışınımı etkilemektedir. Elektronlar Güneş etkisiyle moleküllerinden ayrılarak bağımsız hale geçmektedirler. Güneşin yoğun olduğu zaman diliminde serbest elektron sayısı artmaktadır. Elektronlar geceleri iyonlar ile birleşme sağladığından azalmaktadır. Gece ve gündüz dışında mevsimsel döngüde iyonosfer tabakası için önemlidir. İyonosfer tabakasında bulunan elektron yoğunluğu uydu sinyallerinde gecikmelere sebep olmaktadır. Sinyaller bu bölgeden tam ışık hızında geçemediğinden konum hataları oluşmaktadır. Ölçülen uzunluk da faz ölçüsü kullanılmış ise etkisi daha küçük iken kod ölçüleri ile yapılan uzunluk ölçülerinde etkisi daha büyük olmaktadır. Ayrıca bu gecikme hatası iyonosferden geçen sinyalin frekansına da (L1/L2) bağlı olarak değişiklik gösterir ve çift frekanslı L1 ve L2 frekanslarının lineer kombinasyonları sayesinde GNSS alıcıları kullanılarak bu hata elemine edilebilmektedir (Anonim2, 2018; Anonim8, 2018).

#### **6.1.3.2. Troposferik gecikme**

Meteorolojik olayların meydana geldiği yeryüzünün en alt katmanı olan troposferde su buharı miktarı çok yoğundur ve yaklaşık yeryüzünden 20 km yüksektedir.

GNSS sinyallerinde gecikme; sıcaklık, nem ve atmosferik basınç nedeniyle olur. Troposfer ıslak ve kuru bileşenlerden oluşur ve GNSS sinyallerindeki kırılmanın yüzde 90' ı kuru hava bileşeninden, yüzde 10'u ise ıslak bileşeni nedeniyle olur. Bu gecikme hatası troposferden geçen sinyalin frekansına bağlı olarak değişiklik göstermez çünkü troposfer saçıcı olmayan bir tabakadır. İyonosfer gecikmesinden farkı bu hatanın ancak modellenerek giderilmesi sağlanabilmektedir. Kuru bileşendeki gecikme hava basıncı kullanılarak elemine edilebilirken ıslak bileşenin etkisi küçük ve modellenmesi de kolay değildir (Gurturk, 2016).

### **6.1.3.3. Taşıyıcı dalga faz belirsizliği**

Taşıyıcı dalga faz belirsizliği (N) bir hata olmamakla birlikte asıl hata taşıyıcı dalga fazı belirlenirken yapılır ve ölçüler etkilenmiş olur. Faz ölçülerinin duyarlılığı 1-3 mm arasında yapılır. Taşıyıcı dalga fazı (N) dengeleme yapılarak bulunabilir. Dengeleme sonucu bulunan N değeri Float(kesirli) ile  $\pm$  cm, dm; Fixed(sabit) ile  $\pm$ mm hassasiyet elde edilir (Anonim2, 2018).

## **6.2. Rastlantısal(Sistemik Olmayan) Hatalar**

Sistemik olmayan hatalar ise ölçüler/gözlemler üzerinde her ölçüde aynı etkide olmayabilir. Faz kayması sistemik olmayan bir hatadır ancak modelleme ile ortadan kaldırılabilir.

### **6.2.1. Faz kayması (cycle slip)**

Alternatif iki dalga arasındaki faz farklılığı bu hatanın sebebidir. Faz farkı aynı anda gözlemlenir ve bu hatanın nerde ne zaman ortaya çıkacağı belirsizdir. En bilinen sebebi ağaç, yapı vb. gibi etkenler ile uydudan gelen sinyalin kesintiye uğramasıdır. Çeşitli GNSS yazılımları kullanılarak bu hata giderilebilmektedir (Anonim2, 2018).

### **6.2.2. Birden fazla yol/çoklu yol (multipath)**

Mutlak ve bağıl konumlamanın her ikisini de etkileyen bu hata uydudan gelen sinyalin GNSS alıcısına farklı yollardan yani yansıtıcı bir yüzeye çarparak(bina çatısı vb.) ulaşması ile meydana gelmektedir. Uydudan çıkan sinyal GNSS alıcısına ulaşana kadar daha fazla yol alacağı için konum hatalı olarak hesaplanmış olmaktadır. Bu hatalara maruz kalmamak adına ölçü yapılan çevrede yansıtıcı herhangi bir yüzey bulunmamasına dikkat etmek gerekir. Ayrıca bu hata farkı alınmış iyonosferik gecikme eşitliği ile saptanabilmektedir. Bu hata kaynağında anten tipide önem arz etmektedir (Choke Ring, Ground Plane vb.). Uydu sayısının fazla olduğu zamanlarda yapılan ölçülerde multipath etkisi azalmaktadır. Yükseklik açısı (cut-off angle)  $10^\circ$  daha düşük olduğu zamanlarda multipath etkisi artmaktadır(Anonim2, 2018; Anonymous1, 2018).

### **6.2.3. Faz merkezi kayıklığı**

GNSS uydu alıcılarında ağırlık merkezi ve faz merkezi olmak üzere iki ayrı merkez bulunmaktadır. GNSS sinyalinin alındığı nokta faz merkezidir ve bu genelde antenin geometrik merkezidir. Konum belirleme çalışmalarında kullanılan yayın efemerisin de faz merkezi bilgisi mevcuttur. IGS ise yayınladığı final dosyalarında uydu merkezini ağırlık merkezi olarak kabul eder. Bu hata değerlendirme sırasında çeşitli yazılımlar kullanılarak giderilebilmektedir (Anonim2, 2018; Gurturk, 2016).

## **7. VERİ İLETİM MEKANİZMALARI**

### **7.1. Veri İletim Formatları**

#### **7.1.1. RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services)**

Bu servis çeşitli ülkelerden kamu kurum/kuruluşlarının, servis sağlayıcılarının, üretici firmaların ve diğer kurumların oluşturduğu bağımsız bir kuruluştur. DGPS' in faal bir şekilde kullanılmasında, hava ve deniz navigasyonu kullanımlarında önemli destek sağlamıştır. Gerçek zamanlı (real-time) uygulamalarda kullanılan bu format “binary” dosya yapısındadır. RTCM 2x sürümü yüksek bant genişliği gerektiren uygulamalarda kullanışsız veri formatı yapısından dolayı RTK uygulamalarında sıkıntı yaratmıştır. Bu sebeple Trimble firması CMR veri formatını geliştirmiştir. RTCM 2x sürümündeki bant genişliği sıkıntıları giderilerek daha etkin bir bant genişliği kullanımı sağlanarak sorunlar giderilmiş ve RTCM 3x oluşturulmuştur (Ocalan ve Soycan, 2011).

#### **7.1.2. NMEA (National Marine Electronics Association)**

Cihaz/aletler ile GNSS alıcıları arasındaki veri iletiminde kullanılır. Özellikle navigasyon amaçlı uygulamalarda kullanılır. Elektronik cihazların veri iletimi için geliştirilmiş bir veri formatı olup “ASCII” dosya yapısındadır ve veriler kolayca okunabilmektedir. Bu veri formatında navigasyon bilgileri sınırlıdır ve uydular ile ilgili gözlem verileri bulunmamaktadır. Genellikle GNSS alıcılarında NMEA mesaj çıkışı özelliği bulunsa da, uydulara ilişkin gözlem verileri olmadığından real-time uygulamalarda kullanılır ancak diferansiyel ve RTK uygulamalarında bu formatın kullanımı sınırlı kalmaktadır (Ocalan ve Soycan, 2011).

#### **7.1.3. CMR (Compact Measurement Record)**

Daha düşük band hızında veri aktaran bir veri iletim formatı olup CMR, CMR+ ve CMRx olarak 3'e ayrılır. CMR+ daha gelişmiş ve kompakt yapıdadır (Ocalan ve Soycan, 2011).

#### 7.1.4. RINEX (Receiver Independent Exchange Format)

Statik veri değerlendirilmesinde (post-processing) ve arşivinde kullanılmaktadır. Farklı GNSS alıcısı üreten firmaların, üretici firma tanımlı verilerin kombine edilmesini sağlamaktadır. Alıcıdan bağımsız veri değişim formatı olarak da bilinmektedir. RINEX formatının; RINEX 2.10, RINEX 2.11, RINEX 2.12, RINEX 2.20, RINEX 3.0, RINEX 3.01, RINEX 3.02 ve RINEX 3.03 gibi farklı sürümleri bulunmaktadır (Ocalan ve Soycan, 2011; Anonymous8, 2018).

#### 7.2. Veri İletim Protokolleri

GNSS verileri 2 standart protokol aracılığıyla internet üzerinden kullanıcılara yayınlanmakta ve dağıtılmaktadır. Bunlar; NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) Almanya Jeodezi ve Kartoğrafya Kurumu (BKG) tarafından geliştirilmiştir ve diğer RTIGS Uluslararası GNSS Servisi (IGS) tarafından geliştirilme süreci devam eden bir diğer protokoldür. NTRIP gerçek zamanlı olarak internet-radyo teknolojisinin desteklenmesi amacıyla geliştirilmiştir. Aktarım protokolü aracılığıyla gerçek zamanlı GNSS verileri alınır. Bu veriler BKG Ntrip Client (BNC) programı aracılığıyla; gerçek zamanlı GNSS verilerini aynı anda alma, çözme, dönüştürme ve işleme için kullanılır. Veri iletimi; güvenilir bir ağ aracılığıyla GNSS bilgilerini içeren dosyaların istenilen veri formatındaki veri akışının sağlanmasıdır. RTCM SC-104 Komitesi tarafından 2004'de NTRIP internet protokolü olarak RTCM standardı kabul edilmiştir. Bu protokol kapsamında kablosuz internet ile GPRS, GSM, EDGE, UMTS vb. gibi çeşitli mobil IP ağları desteklenmektedir. NTRIP güvenli veri iletimi için "Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP)" kullanır. NTRIP protokolü BINEX, RINEX, SOC veri formatlarının DGPS/RTK uygulamaları için RTCM formatı ile yörünge/saat düzeltmelerinin, yayın efemerislerinin, havacılık uygulamalarında RTCA düzeltmelerinin (EGNOS-WAAS-MSAS) ve diğer GNSS veri formatlarının kontrollü olarak akışını sağlamaktadır. NTRIP; "NtripClients", "NtripServers" ve "NtripCasters" 3 ana sistem yazılımı bileşeninden oluşmaktadır (Ocalan ve Soycan, 2011).

### 7.3. Veri İletişim Linkleri

Veri iletişim linkleri (VHF-UHF-GSM-GPRS-EDGE-UMTS vb.) real time uygulamalar için çok önemlidir. Kod ve faz ölçmelerinin düzeltmelerini gönderirler. UHF ve VHF sisteminde düzeltmelerin gönderilebilmesi için radyo modeme ihtiyaç vardır ve bu radyo modem hem gezicide hem de alıcıda olmalıdır. İnternet protokolü üzerinden yapılacak olan bağlantı GSM ise bunun ücretlendirilmesi bağlantı süresi ile hesaplanırken, GPRS de ise bağlantı sırasında indirilen veri üzerinden ücretlendirilmektedir (Anonim6, 2017; Ocalan ve Soycan, 2011).



## 8. HASSAS NOKTA KONUMLAMA (PRECISE POINT POSITIONING-PPP) YÖNTEMİ

Konum belirleme için başta uydu yörünge/saat düzeltme bilgileri ve diğer düzeltme modelleriyle birlikte tek bir GNSS alıcısı ile mutlak konum belirleme ilkesine dayalı olarak geliştirilen PPP (Precise Point Positioning) tekniği güncel olarak kullanılan bir GNSS ölçü yöntemidir. Faz gözlemleri ile kod ölçülerinin kullanıldığı PPP yönteminde sıfır fark yönteminin özel bir durumu olup sabit istasyona ve dolayısıyla eş zamanlı gözleme gereksinim duyulmamaktadır (Ocalan, 2015; Ocalan ve Soycan, 2012; Rizos ve ark., 2012; Zumberge ve ark., 1997).

PPP de hassas yörünge (ultra-rapid, rapid, final) ve uydu saat değerleri yayın efemerisi yerine kullanılmaktadır. Ölçme süresine ve kullanılan veriye bağlı olarak elde edilebilecek doğruluk değişmektedir.

GNSS (Global Navigation Satellite System) uydularına ait yörünge ve saat düzeltmeleri; IGS (International GNSS Service), CODE (Center for Orbit Determination in Europe), JPL (Jet Propulsion Laboratory) gibi merkezlerden yayınlanmaktadır. Hassas GPS/GLONASS uydu yörünge ve saat ürünleri, yayınlanan ürünlerin en kapsamlısıdır ve IGS tarafından kullanıcılara ücretsiz olarak sunulmaktadır (Ocalan, 2015). Yüksek doğrulukta uydu yörünge/saat bilgilerinin hesaplanması, tamsayı belirsizliği çözüm süresinin kısaltılması, PPP’de bazı standartların oluşturulması ve PPP tekniğinin real time uygulamalarda etkin şekilde kullanılması amacıyla JPL, NRCAN, CODE, BKG, CNES, GFZ, ESA/ESOC ve Wuhan Üniversitesi gibi uluslararası organizasyonlar tarafından bir takım proje ve araştırmalar yapılmaktadır (Ocalan, 2015).

PPP yöntemi diğer konum belirleme tekniklerinden biri olan diferansiyel konum belirleme teknikleri ile karşılaştırılacak olursa bu yöntemin en büyük avantajı koordinatı bilinen bir ya da daha fazla referans istasyonuna bu teknikte gerek duyulmamasıdır. Ancak taşıyıcı faz gözlemleri ile kod ölçülerinin ikisine birden gereksinim vardır. Ayrıca konum doğruluğu hassasiyet gerektiren yani santimetre seviyesinde sonuç elde edilmek isteniyorsa tamsayı belirsizliği (ambiguity float) çözümü için yakınsama süresinin uzun olması (ortalama 20 dakika) bu yöntemin dezavantajıdır. PPP tekniğini kullanırken bu durum real time uygulamalarda kullanım alanını daraltmaktadır. Bu yöntemde koordinatı bilinen referans istasyonuna ihtiyaç olmadığından yapılacak uygulamalarda maliyet yönünden avantaj sağlamaktadır. Dinamik ve global (ITRF) çözümlerde elde edilen bu yöntem de gözlem süresine bağlı olarak sadece alıcının gözlem verileri kullanılarak cm

mertebesinde konumlama gerçekleştirilebilmektedir (Ocalan, 2015; Ocalan ve Soycan, 2012; Rizos ve ark., 2012; Zumberge ve ark., 1997).

PPP için çok sayıda sistemin bir arada kullanımı yörünge parametrelerinde ve bu parametrelerin taşıyıcı frekans modülasyonlarında farklılığa neden olmaktadır. Kod ve faz gözlemlerinde bu farklar hatalara neden olmakta dolayısıyla konum doğruluğu olumsuz olarak etkilenmektedir (Alcay, 2016; Cai ve Gao 2007, 2012, 2013; Zhang ve ark. 2011). Bu olumsuzluğun giderilebilmesi için cm seviyesindeki konumlama varvasyonları için fark alınmamış (un-differenced) taşıyıcı faz gözlemleri ile kod gözlem bias'larında da çeşitli düzeltme modellerinin kullanılması gerekmektedir. PPP yönteminde konum doğruluğunun artırılabilmesi için okyanus yüklemesi, katı yeryüzü gelgiti, faz dönmesi (phase wind-up) etkisi, uydu anteni faz merkezi kayıklıkları vb. gibi düzeltmeleri içeren modellerinde kullanılması gerekir. Çizelge 8.1 de PPP uygulamasında kullanılması gereken düzeltme türleri gösterilmektedir (Ocalan ve Soycan, 2012; Rizos ve ark. 2012; Kouba,2003).

**Çizelge 8.1.** PPP uygulamasında değerlendirilmesi gereken düzeltme türleri (Ocalan ve Soycan, 2012)

Uydu Kaynaklı Hatalar	Alıcı Kaynaklı Hatalar	Jeofiziksel Modeller	Atmosferik Modeller
Hassas uydu saat düzeltmeleri	Alıcı anteni faz merkezi ofset değerleri	Katı yeryüzü gelgiti	Troposferik gecikme
Uydu anteni faz merkezi ofset değerleri	Alıcı anteni faz merkezi kayıklıkları	Okyanus yüklemesi	İyonosferik gecikme
Uydu anteni faz merkezi kayıklıkları	Alıcı anteni faz dönmesi	Kutup gelgiti	
Hassas uydu yörüngeleri		Plaka tektonik hareketleri	
Diferansiyel grup gecikmeleri			
Rölativite koşulu			
Uydu anteni faz dönmesi hatası			

PPP yönteminde çift frekanslı GPS gözlem (kod gözlemleri ve iyonosfer-bağımsız taşıyıcı faz gözlemleri) modelleri iyonosfer kaynaklı oluşabilecek hataların etkisini minimuma indirmek için benimsenir. Fonksiyonel model kombinasyonları PPP için ilk olarak (Zumberge ve ark., 1997 ve Kouba ve Héroux, 2001) yayınlarında uygulanır (Ocalan ve Soycan, 2012).

Birinci dereceden iyonosferik etkileri elemine etmek veya ortadan kaldırmak için uydu sinyallerinde iyonosferik olmayan doğrusal kombinasyon kullanılır (Gao ve Chen, 2004). PPP için fonksiyonel model kombinasyonları için gözlem modellerinin matematiksel eşitlikleri (8.1) ve (8.2) denklemlerinde gösterilmiştir (Ocalan ve Soycan, 2012).

$$P = \rho + C (dT - dt) + T_r + \varepsilon P \quad (8.1)$$

$$\Phi = \rho + C(dT - dt) + T_r + N\lambda + \varepsilon\Phi \quad (8.2)$$

Yukarıdaki eşitlikte;

P : P1 ve P2 kod ölçülerinin iyonosfer-bağımsız kombinasyonu

$$(P3)=(2.546P1-1.546P2)$$

$\Phi$ : L1 ve L2 taşıyıcı faz ölçülerinin iyonosfer-bağımsız kombinasyonu

$$(L3)=(2.546 \lambda_1 \Phi_1-1.546 \lambda_2 \Phi_2)$$

$\rho$  : hesaplanan geometrik mesafe (uydu-alıcı arası)

C : boşluktaki ışık hızı

dT : GPS zamanına göre alıcı saat ofseti

dt : GPS zamanına göre uydu saat ofseti

$T_r$  : Atmosferdeki sinyal gecikmesini (öncelikli troposfer)

N : Taşıyıcı faz iyonosfer-bağımsız kombinasyonunun tamsayı belirsizliği bilinmeyeni

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda$  : Sırasıyla L1, L2 taşıyıcı fazları ve kombine edilmiş L3 (10,7 cm)'ün dalga boyu

$\varepsilon_P, \varepsilon_\Phi$  : Multipath'de içeren ilgili ölçme gürültü bileşenlerini ifade etmektedir.

PPP yönteminde web tabanlı GNSS yazılımları ve farklı yazılım paketleri ile konum belirleyebilmek için kullanıcıların çeşitli alternatifleri bulunmaktadır. APPS (Automatic Precise Positioning Service), CSRS-PPP (The Canadian Spatial Reference System Precise Point Positioning) ve MagicGNSS, web tabanlı online GNSS yazılımları için alternatif olabilir. GIPSY-OASIS, Bernese ve GrafNav ise PPP hizmeti sunabilen akademik paket programları için alternatif olabilir. Bu servislerin kullanımı son derece kolay olup kullanıcılar web arayüzleri yardımıyla belirli seçeneklerle birlikte (statik/kinematik, datum tipi vb.gibi) isteklerini servise gönderir. Servis online olarak aldığı bilgiyi minimum sürede işler ve farklı çözümlemelere imkan verecek şekilde istatistik/grafiklerle birlikte kullanıcıya göndermektedir (Alkan ve Kalkan, 2011).

## 8.1.Real Time PPP (RT-PPP ) Yöntemi

Hassas nokta konumlama (PPP) tekniğinde tek frekanslı bir alıcı statik modda santimetre seviyesinde kinematik modda ise desimetre seviyesinde hassasiyet sağlamaktadır (Bisnath ve Gao 2009). Son yıllarda, gerçek zamanlı hassas yörünge ve saat düzeltme veri akışlarının kullanıma sunulmasıyla, kullanıcıların ölçü sonrasındaki post-process işlem yükünü alarak PPP işlemlerinde Dünyadaki herhangi bir yerde gerçek zamanlı veriye (Real Time PPP/RT-PPP ) ulaşmalarına imkân vermektedir.

RT-PPP yönteminin doğruluğu tam sayı belirsizliğinin çözümü dışında uydu sayısına ve geometrisine de bağlıdır. GPS uyduları dışında GLONASS uydu yörüngelerinin de IGS tarafından yayınlamasıyla RT-PPP konum belirleme hassasiyetindeki kalitenin artırılması amacıyla ikinci bir uydu sistemi ilave edilerek değerlendirmeler yapılmaktadır (Azab ve ark., 2011; Cai ve Gao 2007). Bu ikili/multi(çoklu) sistemlerde RT-PPP için yayınlanan taşıyıcı frekans modülasyonlarında ve yörünge parametrelerinde farklılık oluşabileceğinden kod ve faz gözlemlerinde oluşması muhtemel hatalar konum doğruluğunu olumsuz etkilemektedir (Cai ve Gao 2007, 2012, 2013; Zhang ve ark., 2011).

RT-PPP, atmosferik su buharı ölçümü, uzaktan algılama uygulamaları için de kullanılabilir (Jin ve Komjathy, 2010) ve hidrografik(off-shore) ölçümlerde kullanımı zamanla yaygın haline gelmektedir. Bunlara ek olarak RT-PPP akıllı ulaşım sistemleri de dahil olmak üzere çeşitli uygulamalar için kullanılması planlanan Avustralya Ulusal Konumlandırma Altyapısının (NPI) temelini teşkil etmektedir. RT-PPP 'nin yörünge ve saat düzeltmelerinin çevrimiçi veri akışının kullanıldığı bu uygulamalarda, geçici bir modem bağlantı hatası veya ağ kesintisi nedeniyle çözüm alınmayabilir. Sabitlenmesi birkaç dakika ile birkaç saat arasında sürebilmektedir. Böyle bir durumda, varsayılan tek noktalı konumlandırma moduna geçilmesinden dolayı, PPP doğruluğu düşebilmektedir. Kesin sabitlenme yapılanaya kadar RT-PPP 'nin uzun süre kullanılabilmesi için gerçek zamanlı yörüngeleri ve saat düzeltmelerini zaman serileri olarak kullanılması önerilmektedir (El-Mowafy ve ark., 2017). Uydu yörüngelerinin tahmini için Kalman filtresinin uygulanmaktadır (Hadas ve Bosy, 2015). Bulunan modeli geliştirmek ve olası periyodik değişimin üstesinden gelmek için döngüsel terim eklenmesi önerilmektedir (Heo ve ark.,2010). Kullanılan model çoklu periyodik terimleri barındırmaktadır ve IGS ultra hızlı (IGU) saat düzeltmeleri gözlemlerin doğrusal bir fonksiyon olarak kullanılan verilerinden tahmin edilmektedir (Huang ve ark., 2014).

## 8.2.Real Time PPP Servisleri

IGS alt yapısında bulunan 160 küresel ağ istasyonu, çoklu veri merkezi ile 10 adet analiz merkezi Real Time Servis (RTS) hizmetini oluşturmaktadır. RTS'ye destek sağlayan analiz merkezlerinden en bilinen analiz merkezleri; **BKG**, **DLR**, **ESA/ESOC**, **GFZ**, **GMV**, **NRCan** ve **WUHAN** dır. NRCan; RTWG başkanlığı (Real Time Work Groups), ESOC; Real Time Ticari Tarih Analiz Merkezi Koordinatörlüğü (Real Time Analysis Center Coordinator ((RTACC)) ve BKG ise veri akış koordinatörlüğünü yapmaktadır (Anonymous2, 2018; Elsobeiey ve Al-Harbi, 2016).

Çizelge 8.2. Analiz merkezleri (Anonymous3, 2018)

Analiz Merkezi	Uydular	Ürünler	
		Uydu Yörüngeleri ve Saatleri	Uydu ve İstasyon Saatleri
CNES	GPS + GLO + GAL + BDS (G) + (R) + (E) + (C)	15 dk	30 sn
CODE	GPS + GLO + GAL + BDS + QZS (G) + (R) + (E) + (C) + (J)	5-15 dk	30 sn-5 dk
GFZ	GPS + GLO + GAL + BDS + QZS (G) + (R) + (E) + (C) + (J)	15 dk	30 sn-5 dk
TUM	GAL + QZS (E) + (J)	5 dk	5 dk
JAXA	GPS +GLO + QZS (G) + (R) + (J)	5 dk	30 sn
SHAO	GPS + GLO + GAL + BDS (G) + (R) + (E) + (C)	15 dk	5 dk
Wuhan Üniversitesi	GPS + GLO + GAL + BDS + QZS (G) + (R) + (E) + (C) + (J)	15 dk	5 dk

Dünya üzerinde birçok dağıtım merkezinden real time ürünler elde edilebilmektedir. Çizelge 8.2 de real time veri merkezleri ve bu veri merkezlerine ait uydu konfigürasyonları verilmektedir. Bu dağıtım merkezlerinden biri IGS Merkez Bürosu (IGSCB) ve diğeri ise BKG'dir. Bu ürünlere ulaşabilmek için IGS RTS web sitesinden (<http://igs.org/rts>) çevrimiçi(online) kullanıcı kaydı yapılması gerekmektedir (Elsobeiey ve Al-Harbi, 2016). Bu RTS abonelik sistemi ücretsiz sunulan bir kamu hizmetidir (Anonymous14, 2018). RTS ürünleri, BKG tarafından geliştirilen NTRIP Internet protokolü aracılığıyla RTCM/SSR(State-Space Representation) veri formatı standardına göre yayınlanmaktadır. Özel lisans gerektirmeyen NTRIP uygulaması

<http://igs.bkg.bund.de/ntrip/download> adresinden indirilebilir. RTS ürünleri içerisinde yörüngelere ilişkin düzeltme bilgileri Uluslararası Yersel Koordinat Sisteminde (ITRF) yayınlanmaktadır. RTS ürünleri GNSS alıcıları tarafından elde edilen yayın (broadcast) efemerisi için GNSS uydu yörünge, saat düzeltme bilgilerini ve veri akışlarını içermektedir (Anonymous8, 2018; Erdogan B. ve ark., 2016; Ocalan, 2015; Jean ve Dach, 2014; Ocalan ve Soykan, 2012).

RTS ürünleri, yayın efemerisine uygulanacak GNSS uydu yörüngesi ve uydu saati düzeltmelerinin yanı sıra, küresel olarak dağıtılan yüksek kalite GNSS alıcılarından gelen GNSS veri akışlarını da içermektedir. Bunlar IGS01/IGC01, IGS02 ve IGS03'dür ve Çizelge 8.3 de özellikleri kısaca verilmektedir. IGS01/IGC01 tüm epokların birbirinden bağımsız olduğu tek-epok içeren bir kombinasyon çözümüdür. IGS01 uydu anten faz merkezi (APC) ve IGC01 uydu merkez kütle (CoM) ile ilgilidir. IGS02 ise Kalman filtre uygulanması sonucu oluşan bir kombinasyondur. Tam doğruluğa ulaşmak için birkaç dakika yakınsama süresi gerekmektedir. IGS02 de çözümler yörünge ortalama uydu pozisyonundan tüm analiz merkezlerinden hesaplanmaktadır ve tüm bireysel analiz merkezi çözümleri ortalama yörünge ile karşılaştırılmaktadır. Bu son derece hızlı bir çözüm imkânı vermektedir. Ortalama yörüngeye göre belirli bir analiz merkezinin yörünge farkı herhangi bir epokta sınırları aşarsa, analiz merkezinden gelen bu çözüm spesifik epokda göz ardı edilmektedir. IGS03 deneysel bir ürün olarak sunulan Kalman filtresinin kombinasyonudur. IGS03, IGS02 ye benzer ancak IGS02 den farklı olarak GLONASS düzeltmelerini de içermektedir (Abdallah A.M. ve ark., 2016; Elsobeiey ve Al-Harbi, 2016).

### **8.3.Real Time Ürünleri**

RTS ürünleri, GNSS uydu yörüngesine ait yayın efemerisi ve saat düzeltmelerinden oluşmaktadır. RTS düzeltme verileri, RTCM SSR (State Space Representation) standardına göre formatlanır ve NTRIP protokolü kullanılarak yayınlanmaktadır. RTS düzeltilmiş yörüngeler, 2014 Uluslararası Yersel Referans Sistemi (ITRF 2014) içerisinde ifade edilmektedir.

RTS verileri, Gerçek Zamanlı Analiz Merkezleri'nden (RTAC) bağımsız real-time çözümlerinin işlenmesiyle elde edilen kombinasyon çözümleridir ve bu ürünler Çizelge 8.3 de verilmektedir (Anonymous14, 2018).

**Çizelge 8.3.** RTS verileri (Anonymous14, 2018)

Ürün Adı	Açıklama	Referans Noktası	RTCM Mesajları	Sağlayıcı / Çözüm Kimliği	Bant genişliği kbits	Yazılım
IGS01	Yörünge/Saat Düzeltme, TekEpok Kombinasyonu	APC	1059 (5), 1060 (5)	258/1	1.8/sn	ESA/ESOC
IGC01	Yörünge/Saat Düzeltme, TekEpok Kombinasyonu	CoM	1059 (5), 1060 (5)	258/9	1.8/sn	ESA/ESOC
IGS02	Orbit/SaatDüzeltme, KalmanFiltre Kombinasyonu	APC	1057 (60), 1058 (10), 1059 (10).	258/2	0.6/sn	BKG
IGS03	Orbit/SaatDüzeltme, Kalman-Filtre Kombinasyonu	APC	1057 (60), 1058 (10), 1059 (10), 1063 (60), 1064 (10), 1065 (10).	258/3	0.8/sn	BKG

### 8.3.1. RTCM3EPH ve RTCM3EPH01

GPS, GLONASS, Galileo ve Beidou uyduları için yayın efemerisi BKG'nin BNC yazılımı kullanılarak üretilmiştir. Veri akışı, gerçek zamanlı IGS global ağındaki alıcıların büyük bir kısmından elde edilmektedir ve RTCM Versiyon 3 mesajlarında kodlanmaktadır. Mesajların tamamı 5 saniyede bir tekrarlanmaktadır. Yayın efemerisi içerikleri Çizelge 8.4 de verilmektedir (Anonymous14, 2018).

RTCM3EPH01; DLR'nin RETICLE yazılımını kullanan GPS için yayın efemerisidir. Veri akışı ayrıca gerçek zamanlı IGS global ağından türetilmektedir ve RTCM Versiyon 3 mesajlarında 5 saniyelik tekrarlar oranı ile kodlanmaktadır. RTCM3EPH içerikleri Çizelge 8.4 de verilmektedir.

**Çizelge 8.4.** RTCM3EPH içerikleri (<http://mgex.igs-ip.net>)

Referans Noktası	RTCM3EPH-MGEX	
Format	RTCM 3.0	
Uydu Konfigürasyonu	GPS + GLONASS + GALILEO + BEIDOU	
	Uydular	Navigasyon
RTCM Mesajı	GPS	1019
	Glonas	1020
	Galileo	1045, 1046
	Beidou	63
Analiz Merkezi	BKG	
Caster IP:Port	mgex.igs-ip.net:2101	

### 8.3.2. CLK93

IGS kombine ürünlerini üreten Analiz Merkezi(Analysis Center-AC) koordinatörleri BKG, DLR, CNES, ESA/ESOC, GFZ ve GMV tarafından yayınlanan real time ürünler Çizelge 8.5 de, CLK93 detayları Çizelge 8.6 da verilmektedir. CNES analiz merkezi CLK93 gerçek zamanlı (RTS verilerini) GPS+GLONASS+GALILEO+BEIDOU uydu sistemleri için 2015 yılından beri aynı anda yayınlatabilen tek merkezdir (Anonymous3, 2018).

**Çizelge 8.5.** Real time ürün detayları (Anonymous3, 2018)

ACs	BKG	DLR	ESA	GFZ	GMV	CNES
Ürünler	CLK10	CLK20	CLK51	CLK70	CLK80	CLK93
Sistem	G	G + R	G	G + R	G + R	G + R + E + C

**Çizelge 8.6.** Kullanılan CLK93 detayları (www.products.igs-ip.net)

Referans Noktası	APC				
Format	RTCM 3.0				
Uydu Konfigürasyonu	GPS + GLONASS + GALİLEO + BEIDOU				
	Uydular	Yörünge ve Saat	Kod Farkı	Faz Farkı	URA
RTCM Mesajı	GPS	1060	1059	1265	1061
	Glonas	1066	1065	1266	1067
	Galileo	1243	1242	1267	1244
	Beidou	1261	1260	1270	1262
Analiz Merkezi	CNES				
Caster IP:Port	mgex.igs-ip.net:2101	http://178.33.109.250:2101			

## 8.4.RT-PPP Yazılımları

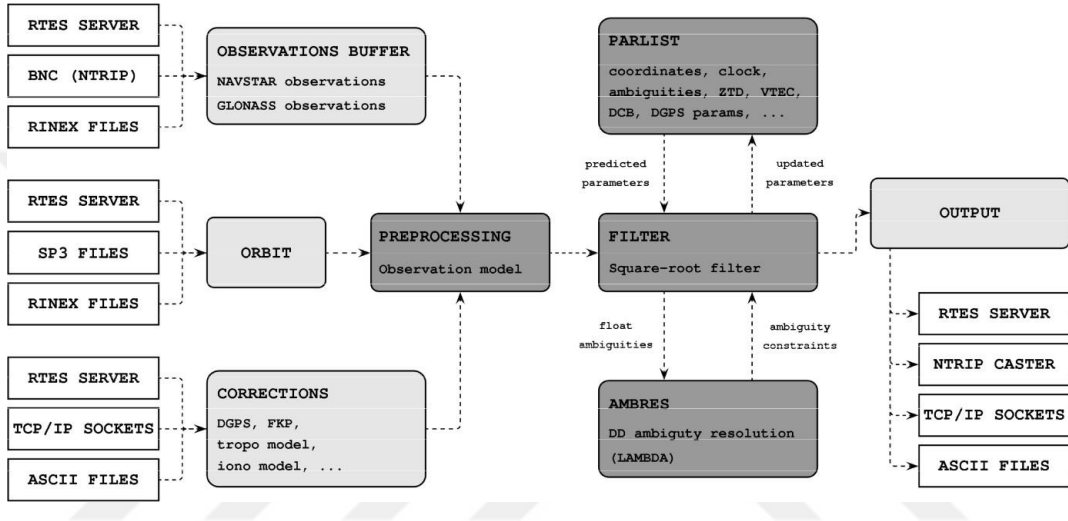
### 8.4.1. Gnut/Tefnut

Çek Cumhuriyeti Prag'da Pecny Jeodezi Gözlemevi(Geodetic Observatory Pecny-GOP) tarafından çeşitli işlem modlarında troposferik yol gecikmelerini tahmin etmek için tasarlanmış bir uygulamadır. GNut/Tefnut-PP, post-processing ve gerçek zamanlı veri işleme modunu amaçlayan ücretsiz açık kaynaklı bir uygulamadır. Tüm işlem modlarında (RT ve PP) geliştirilen modelleri daha esnek kullanım imkanı sağlamaktadır. Gözlem alt yapısında veri toplamak, veri arşivlemek ve veri dağıtmaktadır. Bu veriler;

- \*GPS, GLONASS, Galileo ve JAXA alıcılarının gözlemleri,
- \*Su buharı radyometresi,
- \*Gelgit, süper iletken ve mutlak gravimetreler,
- \*Meteorolojik gözlemler,
- \*Sismometre ölçümlerini kapsamaktadır (Anonymous9, 2017).

## 8.4.2. RTNet

Uydu saat düzeltme tahmini için kullanılan yazılım GPS Solutions tarafından geliştirilmiştir. RTNet sistemi iki kısımdan oluşmaktadır; Gerçek zamanlı veri akışı ve RTNet işleme motoru için RT Epoch Server (RTES). RTES; gerçek zamanlı veri akış biçimi farklı türünü işlemek için birden çok destek modülüne sahiptir. Ham verileri işleyerek gerçek zamanlı olarak RTNet'e veri aktarmaktadırlar (Anonymous10, 2017).



Şekil 8.1. Rtnet çalışma prensibi (Anonymous10, 2017)



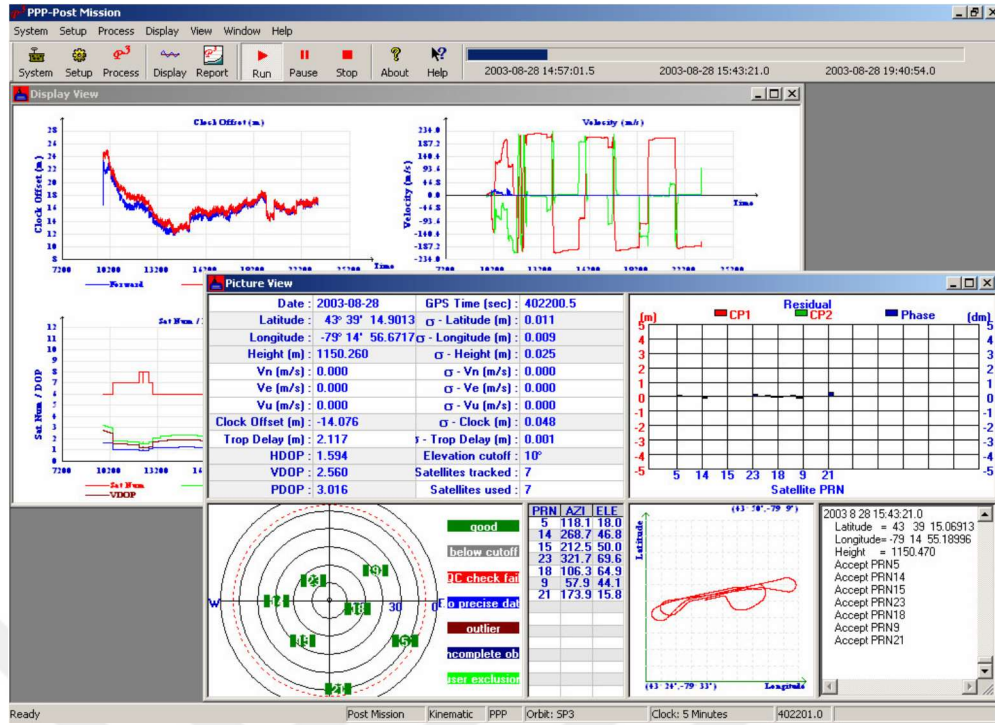
Şekil 8.2. Rtnet programında PPP menüsü (Anonymous10, 2017)

RTNet, gerçek zamanlı verileri işler ve aynı zamanda post-processing ve gerçek zamanlı RINEX veri dosyasını doğrudan işleyebilmektedir. Ham veriler çözümlene işleminden sonra çıkış dosyasına (OUT) yazılmaktadır. Troposferik gecikme, iyonosferik gecikme, uydu saati düzeltmeleri ve diğer DGPS düzeltme bilgileri ve çözümlerle ilgili ikili çıktı olarak alınmak istenen dosyalar, RTNet giriş dosyasındaki (INP) seçenek parametrelerinin ayarlanmasıyla giriş aşamasında oluşturulmaktadır (Anonymous10, 2017).

### 8.4.3. P3

GPS kodu ve taşıyıcı faz gözlemlerini kullanarak hassas nokta konumlamayı desteklemek için Kanada'da Calgary Üniversitesi P3 adlı bir yazılım paketi geliştirmiştir. Yazılım, farklı veri işleme modellerinin performansını ve farklı hata kaynaklarının konumlandırma sonuçları üzerindeki etkisini değerlendirmek için kullanılabilir. P3'teki değerlendirme, post-process veya gerçek zamanlı olarak yapılabilir ve program statik veya kinematik moda çalıştırılabilir. İki nokta konumlandırma modu bulunmaktadır. Bunlar; yalnızca kod ölçülerini kullanan Tek Nokta Konumlandırma (Single Point Positioning-SPP) ve hassas uydu yörüngesi ve saat düzeltmeleri ile birlikte kod ve faz ölçümlerini kullanan Hassas Nokta Konumlandırma (Precise Point Positioning-PPP). P3 ileri ve geri veri işlemlerini de desteklemektedir (Kirkko-Jaakkola ve ark, 2014; Anonymous9, 2017).

Yazılım, işlenen her epöğün çeşitli değerlerini listeler ve işleme sırasında çeşitli görüntüler (sky plot ve a residual plot) vermektedir. İşlem tamamlandıktan sonra, yörünge hızı, uydu alıcı saat gecikmesi, zenit troposferik gecikme tahmini, uyduların sayısı ve DOP değerleri dahil olmak üzere çeşitli grafikler görüntülenebilir. İşleme sırasında yazılımın örnek ekran görüntüsü Şekil 8.3 de gösterilmektedir (Anonymous9, 2017).



Şekil 8.3. P3 yazılımından ekran görüntüsü (Anonymous9, 2017)

#### 8.4.4. PPP-Wizard

PPP-Wizard yazılımı, CNES'deki yörünge belirleme hizmetinde geliştirilen sıfır fark belirsizlik çözümü yönteminin bir 'konsept ispatı'dır. Bu yöntem, GNSS ölçümlerini kullanarak gerçek zamanlı olarak hassas konumlandırma için uygulanabilmektedir ve bir santimetre hassasiyetli konumlandırma elde etmeyi sağlamaktadır. Avantajları şunlardır:

\*Kesinlik konusunda standart RT-PPP yöntemlerinden (10 cm RMS'den 1 cm RMS'ye) biraz daha iyi sonuç vermektedir.

\*RTK gibi yerel yöntemlerin aksine, bir referans istasyonuna ihtiyaç duymamaktadır.

\*Küresel PPP'ye kıyasla çok düşük bir ek bant genişliği ile uygulanmaktadır. Özellikle bu bant genişliği SBAS (Satellite-Based Augmentation System) sistemlerinde kullanılanlarla karşılaştırılabilir.

\*Referans istasyonunun mevcut olmadığı izole alanlar için çok uygundur.

\*Bölgesel bir büyütme yöntemi değildir. Özellikle, atmosferik parametreleri tahmin etmez ve yoğun istasyon ağına ihtiyaç duymamaktadır.

Bu program 3 bölümden oluşur. Durum alanı gösteriminde, GPS ve GLONASS uydularının yörüngelerinin ve saatlerinin hesaplanmasından oluşan ' SSR hesaplama ' kısmı birinci bölümdür. Yayın düzeltmeleri için çok düşük bir bant genişliği kullanılmaktadır ve önceden tanımlanmış bir protokol standardı kullanılarak yörünge ve saat bilgileri kullanıcılara iletilmektedir. Bu bölümü IGS kullanıcıları kullanmaktadır. Yörünge, saat bilgileri ve bir alıcının ölçümü boyunca gerçekleşen ' PPP İzleme ' olarak adlandırılan kullanıcı bölümü, gerçek zamanlı olarak tamsayı belirsizlik çözümü ile kesin konumlama ve mutlak referans konumu ile karşılaştırma yapmaktadır. Şekil 8.4 de programın genel işleyişi gösterilmektedir (Anonymous12, 2017).



Şekil 8.4. PPP-Wizard çalışma prensibi (Anonymous12, 2017)

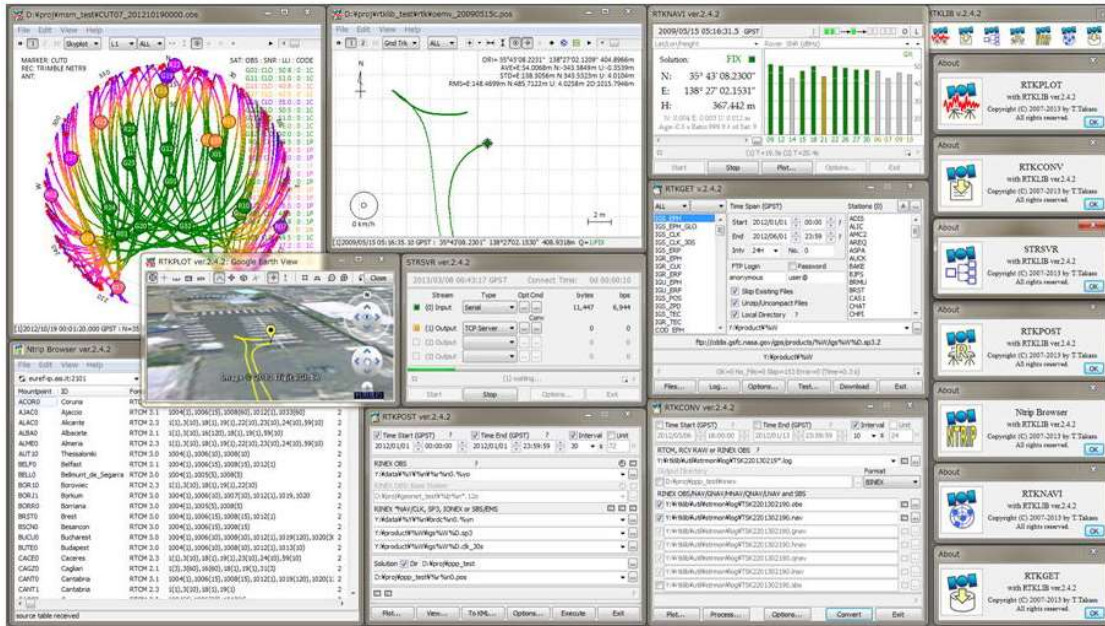
#### 8.4.5. RTKLIB

RTKLIB, RTK-GPS için standart bir platform sağlama amaçlı C dilinde yazılmış, açık kaynak kodlu en popüler değerlendirme yazılımlarından biridir. Önceleri bağıl konum belirleme tekniğine göre hizmet veren bu program 2009 yılında yayınlanan yeni versiyonuyla açık kaynak kodlu olarak kullanıcılara ücretsiz sunulmaktadır.

BNC ve PPP-WIZARD gibi yazılımlardan farkı sadece real time değil post process olarak da veri değerlendirme imkânı sağlamaktadır ve GNSS için birçok standart formatı ve protokolü desteklemektedir ( Anonymous15, 2018).

Standart ve hassas konumlama algoritmalarını GPS, GLONASS ve SBAS ile desteklemektedir. Galileo ve QZSS mevcut sürümlerde desteklenir ancak devre dışı bırakılır ( Anonymous15, 2018).

RTKLIB programı GNSS verilerini değerlendirme dışında; uydu ve navigasyon sistemi fonksiyonları, matris ve vektör fonksiyonları, zaman ve dizi fonksiyonları, koordinat dönüşümü, giriş ve çıkış fonksiyonları, hata ayıklama fonksiyonları, konumlandırma modelleri, atmosfer modelleri, anten modelleri, katı-gelgit modelleri, jeoid modeller, sıfır noktası dönüşümü, RINEX fonksiyonları, efemeris ve saat fonksiyonları, hassas efemeris ve saat fonksiyonları, alıcı ham veri fonksiyonları, RTCM fonksiyonları, çözüm fonksiyonları, Google Earth KML dönüşümü, SBAS fonksiyonları, tamsayı belirsizlik çözümü, standart konumlandırma, hassas konumlandırma, işlem sonrası konumlandırma, RTK sunucu işlevleri gibi olanaklar sağlamaktadır. RTKLIB programına ait ekran görüntüsü Şekil 8.5 de verilmektedir (Takasu ve Yasuda, 2009; Gurturk 2016; Anonymous15, 2018).



Şekil 8.5. RTKLIB programı ekran görüntüsü (Anonymous15, 2018)

#### 8.4.6. PANDA

Wuhan Üniversitesi PANDA (Positioning And Navigation Data Analyst/Konumlandırma ve Navigasyon Veri Analisti) yazılımını geliştirilmiştir ve bu

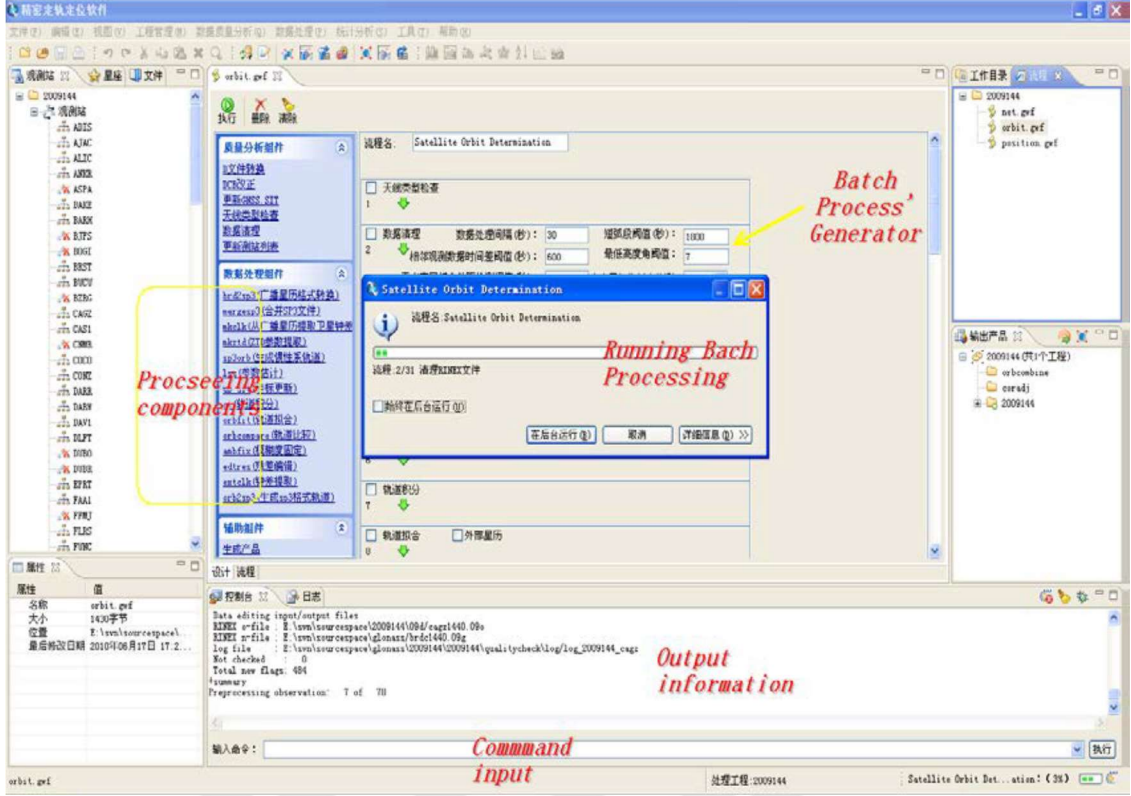
program son yıllarda özellikle mühendislik uygulamalarında büyük bir gelişme sağlamıştır.

BERNESE, EPOS, GAMIT ve GIPSY gibi bilinen önemli GPS yazılımlarından elde edilen bilgilere dayanarak, statik ve kinematik entegrasyon için çok esnek olan PANDA yazılımında filtreleme ve gözlem olarak tek yönlü uydu alıcılarından gözlemler alınarak gerçek zamanlı veriler işlenmektedir (Li ve ark., 2014).

Mevcut PANDA yazılımı, GPS, Galileo, SLR (Uydu Lazer Değişimi), KBR (K-bant Değişimi), LEO tutum ve ivme verileri dahil olmak üzere çeşitli veri türlerini işleyebilmektedir (Shi ve ark 2006). Bu veriler ayrı ayrı yer istasyonu konumlarını; Zenit Troposferik Gecikmeleri (ZTD), GPS uydularının ve LEO uydularının yörüngeleri ve saatlerini, dinamik, kinematik veya düşük dinamik modları altında Yer Dönme Parametrelerini (ERP) tahmin etmek için kullanılabilir (Geng ve ark., 2006 ve 2007, Li ve ark., 2007). PANDA, programlama mantığını sadeleştirmek amacıyla sıfır fark (ZD) modunda çalışmaktadır ve bunu yaparken GNSS verilerini detaylıca kullanmaktadır (Zhao ve ark., 2008).

PANDA ürünleri kabuksal deformasyon ve real time ZTD tahminleri olarak iki bölüme ayrılmaktadır. Yüksek hassasiyetli uygulamalarda yani (yerçekimine bağlı yörünge belirleme, meteorolojik çalışmalar, ERP zaman serilerinin analizi vb. gibi) bilimsel araştırmalarda kabuksal deformasyon kullanılmaktadır. Kinematik çalışmalarda, real time uydu yörüngelerinde, klasik araç navigasyonun da veya real-time PPP kullanıcıları için mühendislik çalışmalarında real time ZTD tahminleri kullanılmaktadır (Zhao ve ark., 2008).

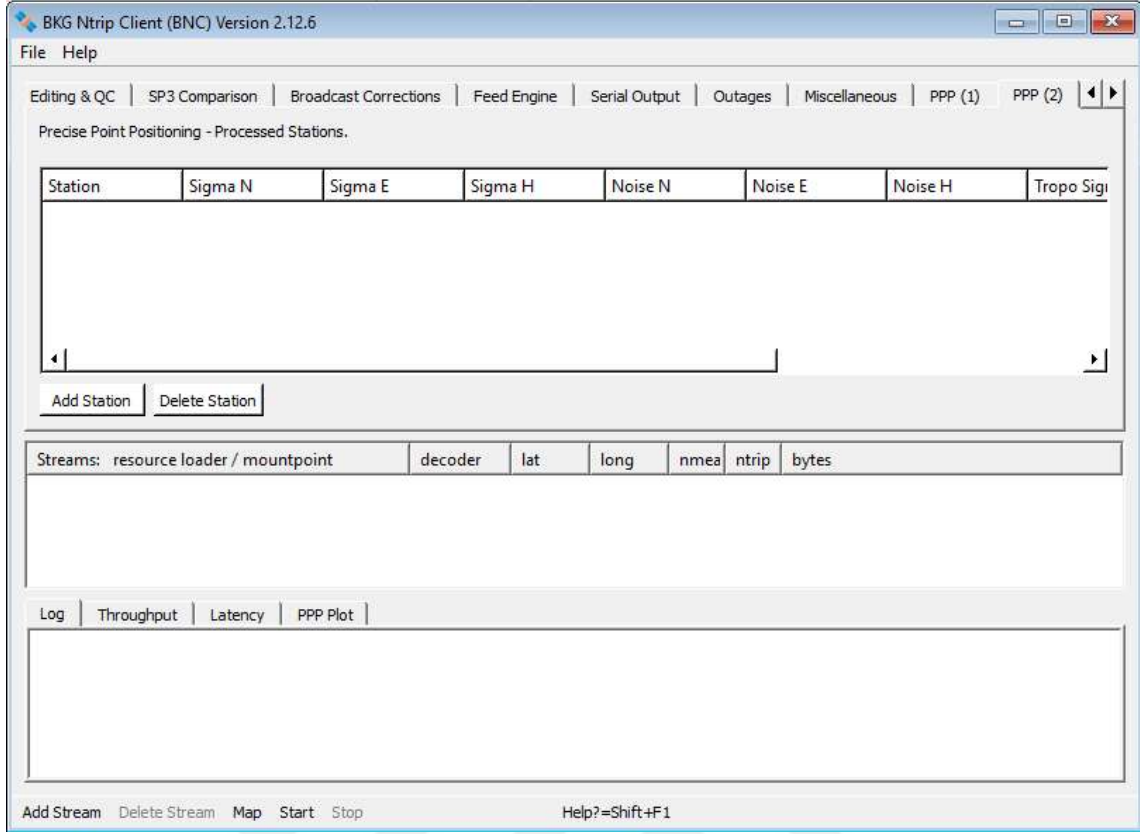
PANDA yazılımındaki ikili-fark (DD) belirsizlik çözümü sadece sıfır fark belirsizlik tahminlerine dayanmaktadır. İkili-fark belirsizlik çözümü ile çalışmalar uygulandığında, GPS uydu yörünge hassasiyeti IGS'deki çoğu Analiz Merkezinin seviyesine ulaşmaktadır (Geng et al 2006). Şekil 8.7de PANDA yazılımı ekran görüntüsü verilmektedir (Shi ve Ark., 2012).



Şekil 8.6. Panda yazılımı ekran görüntüsü (Shi ve Ark., 2012)

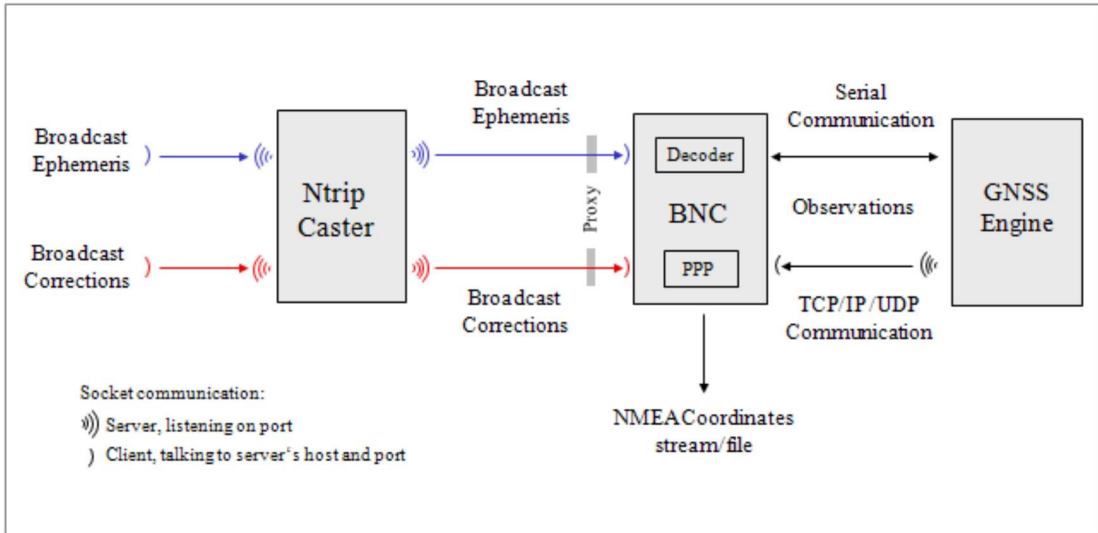
#### 8.4.7. BKG BNC (Bundesamt Für Kartographie und Geodäsie Ntrip Client)

Almanya'da bulunan bu veri merkezi, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie'nin (BKG) bölgesel bir IGS veri merkezi görevini görmektedir. NTRIP veri aktarım protokolü aracılığıyla gerçek zamanlı GNSS verileri alınır. Bu veriler BKG Ntrip Client (BNC) programı aracılığıyla gerçek zamanlı GNSS veri akışlarını aynı anda alma, çözme, dönüştürme ve işleme için kullanılmaktadır. BNC, Genel Kamu Lisansı (General Public License-GPL) kapsamında yazılmıştır (Anonymous13, 2017). BKG'nin görevi; Almanya da coğrafi referans sistemlerini ve temel coğrafi bilgileri sağlamaktır. Günümüzde Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS), mekânsal başvuru ve hassas konumlandırma için bilinen önemli bir tekniktir. İzleme istasyonlarında gözlemlenen orijinal GNSS ölçümlerinin kullanılabilirliği ve ek bilgiler ile; örneğin uydunun konumlarına (yörüngeler) ilişkin çeşitli kullanıcı uygulamalarında konum hizmetlerinin temel gerekliliklerini temin edebilmektedir. BKG; GPS-GLONASS izleme verilerini ve ürünlerini GNSS Veri Merkezi (GNSS Data Center- GDC) aracılığıyla sağlamaktadır (Ocalan ve Soycon, 2011; Anonymous13, 2017).

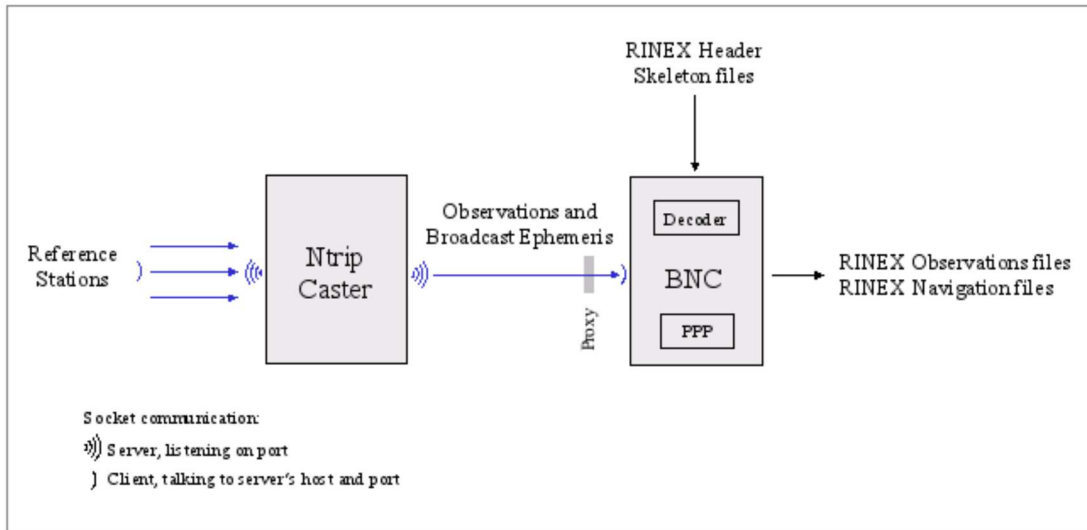


Şekil 8.7. BNC 2.12 yazılımında ekran görüntüsü (Anonymous13, 2017)

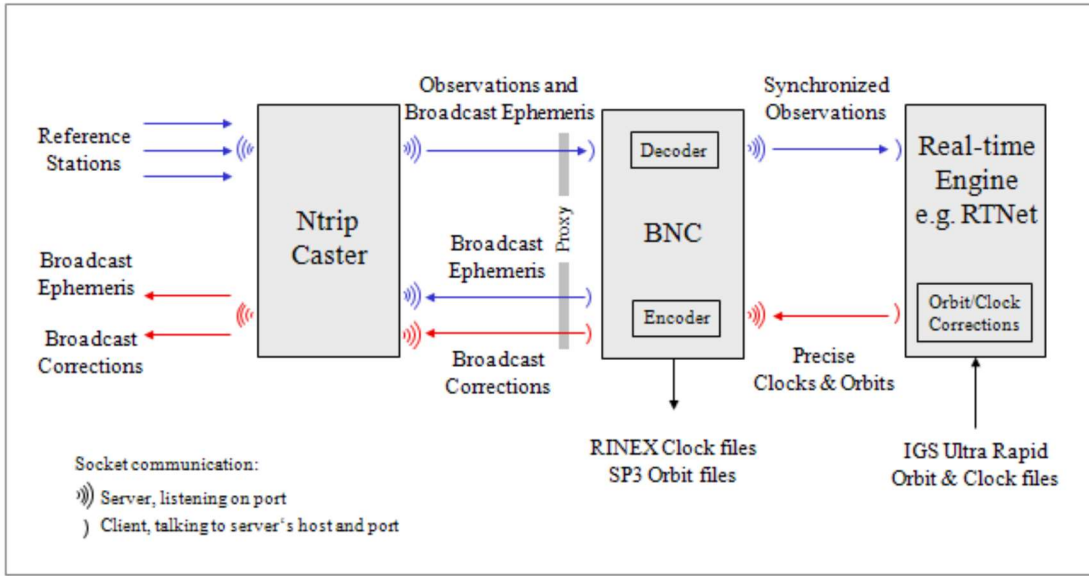
BNC 2.12 yazılımında menüleri/modüllere ait ekran görüntüsü Şekil 8.7 de gösterilmektedir. BNC’de şifre çözme ve dönüştürme algoritmaları by-pass edilerek dosyalara kaydedilmektedir. Şekil 8.8 de Hassas Nokta Konumlandırma amacıyla seri veya TCP iletişim bağlantısı yoluyla gözlemler sağlayan bir GNSS alıcısına bağlı bir BNC akış şeması, Şekil 8.9 de RTCM akışlarının RINEX dosyalarına dönüşümü ve Şekil 8.10 de hassas yörüngeleri ve saatleri tahmin eden gerçek zamanlı bir GNSS alıcısını besleyen BNC akış şeması gösterilmektedir. BNC, bu aşamada düzeltme verilerini RTCM Sürüm 3'e kodlamak ve bunları bir NTRIP Broadcaster'a aktarmak için kullanılmaktadır. Şekil 8.11 de yayınlanan RINEX veriler ile çeşitli yayın düzeltmelerini(broadcast, sp3 vb.) birleştiren BNC gösterilmektedir (Anonymous13, 2017).



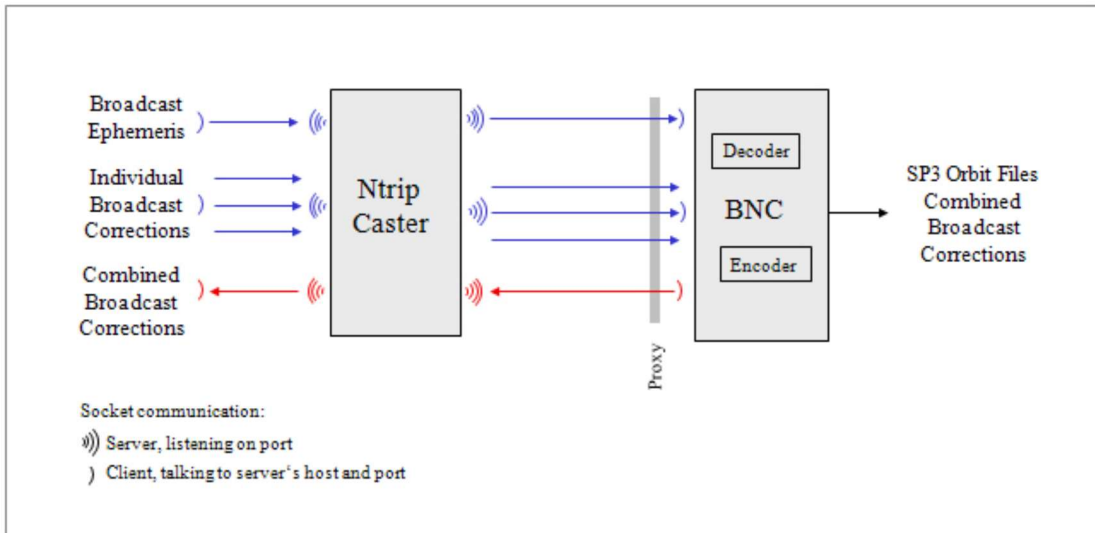
Şekil 8.8. BNC hassas nokta konumlandırma akış şeması (Anonymous13, 2017)



Şekil 8.9. RtcM akışlarının rinex dosyalarına dönüşümü (Anonymous13, 2017)

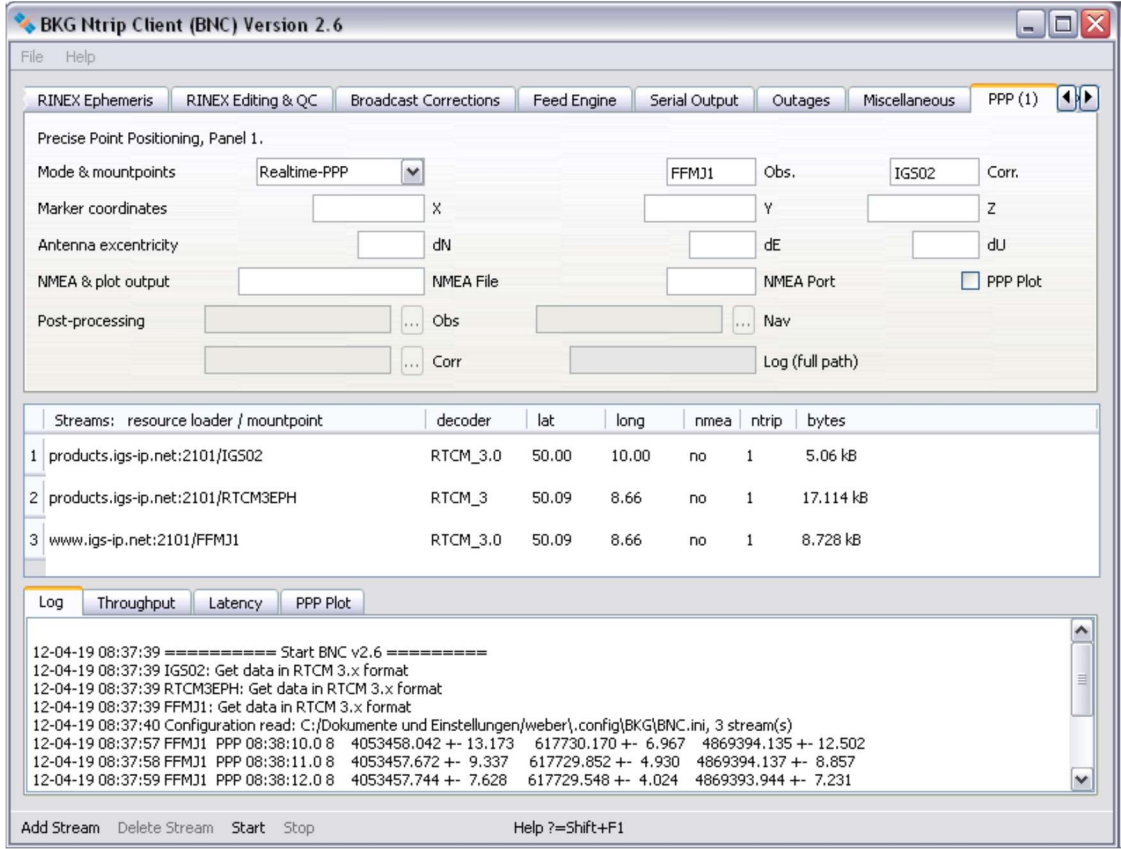


Şekil 8.10. BNC veri akış şeması (Anonymous13, 2017)



Şekil 8.11. Yayınlanan veriler ile düzeltme akışlarını birleştiren BNC (Anonymous13, 2017)

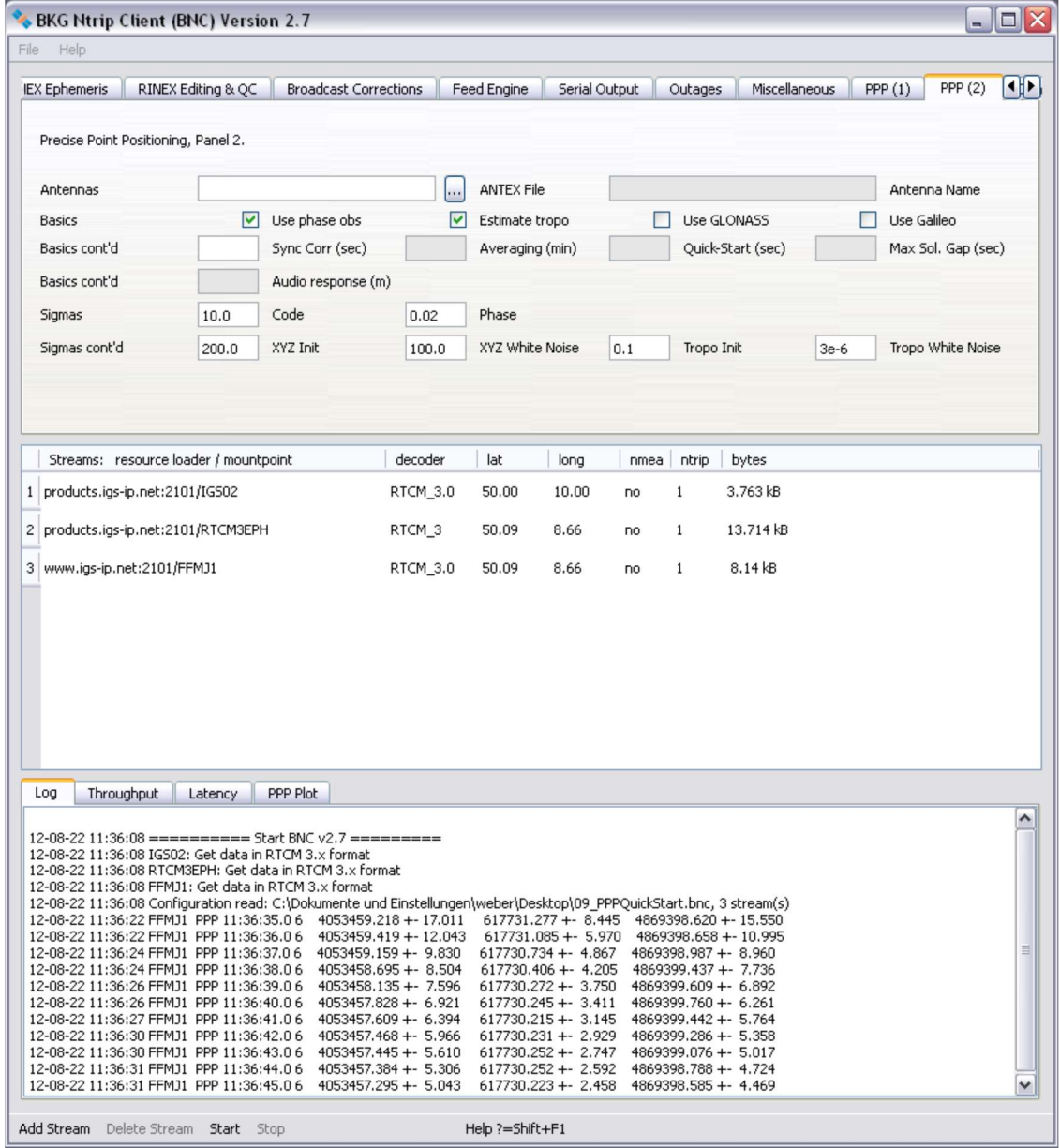
BNC Hassas Nokta Konumlandırma (PPP) yaklaşımını izleyerek Rover(gezici) pozisyonu için koordinatlar oluşturabilmektedir. İyonosfer bağımsız doğrusal kombinasyonları P3 veya L3'te kod veya kod+faz verilerini kullanmaktadır. Yapılan gözlemlere yayın efemerisi ve saat düzeltmeleri gerekmektedir. BNC bu yayın düzeltmelerini uydu anten faz merkezine (APC) yönlendirmesi gerekir. Bu tür mesajlar veren akışlar <http://igs.bkg.bund.de/ntrip/orbits> adresinde listelenmiştir. Şekil 8.12 ve Şekil 8.13 de BNC ile örnek bir PPP oturumunun ekran görüntüsü verilmektedir (Anonymous13, 2017).



Şekil 8.12. Hassa nokta konumlandırma PPP(1) paneli (Anonymous13, 2017)

PPP sonuçları, BNC'nin ana penceresinin altındaki 'Kayıt' sekmesinde gösterilmektedir. İşleme seçeneklerine bağlı olarak, aşağıdaki değerler saniyede bir kez gösterilmektedir. Kaydedilen "log" dosyasında görülen uyduların sayısı ve XYZ [m] değerleri ve troposferik değerler verilmektedir. Uygulanan algoritma aykırı ve döngü kayması tespiti içermektedir. Kabul edilen artıklar için maksimum kod gözlemleri 10 metreye ve faz gözlemleri 10 santimetreye kodlanmıştır.

Daha ayrıntılı PPP sonuçları BNC'nin log dosyasında saklanmaktadır. Seçilen işleme seçeneklerine bağlı olarak [m] 'de Gps, Glonass, Galileo ve Beidou için kod ve faz artıkları, alıcı saat hataları [m] olarak bulunmaktadır (Anonymous13, 2017).



Şekil 8.13. Hassa nokta konumlandırma PPP(2) paneli (Anonymous13, 2017)

BKG Ntrip Client (BNC) v.2.12.6 yazılımı ile bu çalışmada kullanılan koordinat değerleri elde edilmiştir. BNC yazılımı RT-PPP olanağı da sunmaktadır. BNC yazılımı yukarıda açıklandığı üzere kod+faz gözlemlerini ve yayın efemerisini kullanmaktadır. Ayrıca RTCM (Radio Technical Commission for Maritime) formatındaki SSR (State Space Representation) düzeltme ürünlerini değerlendirmeye dahil etmektedir. Sonuç ürün olarak koordinat değerlerinin yanı sıra ZTD değerleri de elde edilmektedir. Yazılıma ait bu çalışmada kullanılan detaylar Çizelge 8.6 de verilmektedir.

**Çizelge 8.6.** Kullanılan BNC yazılımına ilişkin detaylar

<b>Yazılım</b>	BNC v.2.12.6
<b>Strateji</b>	PPP
<b>Veri Kaynağı</b>	Gerçek Zamanlı (RT)
<b>Epok Aralığı</b>	1 saniye
<b>Yükseklik Açısı</b>	10 derece
<b>Uydu Sistemi</b>	GPS+GLONASS+GALILEO+BEIDOU
<b>Öncül ZHD Model</b>	Saastamoinen
<b>Haritalama Fonksiyonu (MF)</b>	1/cos (z)
<b>Ham Veri Formatı</b>	RTCM-3
<b>Yörünge ve Saat Düzeltmesi Stream Adı</b>	CLK93, Kalman Filtreleme Kombinasyonu
<b>Yörünge ve Saat Düzeltme Formatı</b>	RTCM-SSR
<b>Yayın Efemerisi</b>	RTCM3EPH
<b>Yayın Efemeris Formatı</b>	RTCM-SSR
<b>Anten Faz Merkezi Düzeltmeleri</b>	igs14.atx

## 8.5. Multi-GNSS RT-PPP

Hassas Nokta Konumlandırma (PPP), temelde hassas uygulamalar için çok revaçta olan bir konumlama tekniğidir. Son birkaç yıl içerisinde Multi-GNSS PPP araştırılmaya devam edilen bir konudur.

BKG BNC PPP'de gözlemlenebilir denklemler ve veri işleme metodu (8.3) ve (8.4) de verilmektedir.

GNSS'de kod ( $P_{i,k}^j$ ) ve faz ( $L_{i,k}^j$ ) gözlemleri için uydu( $j$ ), alıcı( $i$ ) ve frekans  $k(f_k)$ ;

$$P_{i,k}^j = \rho_i^j + M^j dT_i + \Gamma_k I_l + v(dt_i - dt^j + ISB_i^j) + \varepsilon_{p_{i,k}^j} \quad (8.3)$$

$$L_{i,k}^j = \rho_i^j + M^j dT_i + \Gamma_k I_l + v(dt_i - dt^j + ISB_i^j) + B_{i,k}^j + \varepsilon_{L_{i,k}^j} \quad (8.4)$$

$\rho_i^j$ : alıcı ve uydu arasındaki gerçek geometrik mesafe,

Uyduya bağlı düzeltmeler ve alıcı anteni faz merkez ofseti ve faz etkisi göz önüne alınarak,

$M^j dT_i$ : Islak troposfer etkisi,

$dT_i$ : Islak troposferde düşey yöndeki gecikme,

$M^j$ : Uydu yüksekliğine bağlı haritalama fonksiyonu,

kuru troposfer gecikmesi ilk troposfer modeli ile ortadan kaldırılmaktadır.

$f_k$ : ilgili iyonosfer etkisi,

$I_l$ : ilk frekanstaki iyonosfer gecikmesi,

$\Gamma_k: f_1^2 / f_k^2$ ,

$dt_i, dt^j$ : Her epok da alıcı( $i$ ) ve uydu( $j$ ) için saat ofsetleri,

Alıcı saat ofseti tüm GNSS için aynı olduğu varsayılırken  $ISB_i^j$ ;

$ISB_i^j$ : GPS ve diğer uydu sistemleri arasındaki sistemler arası bias,

$v$ : Vakumlanan ışığın hızı,

$B_{i,k}^j$ : Uydu ve alıcı donanım gecikmelerine bağlı olarak tamsayı olmayan faz belirsizlik parametresi,

$\varepsilon_{p_{i,k}^j}, \varepsilon_{L_{i,k}^j}$ : Kod ve faz gözlemlerinin modellenmemiş etkileri (termal gürültü, multipath

vb. hatalar gibi).

Daha sonra, iyonosfer gecikmesinin ilk dönemini ortadan kaldırmak için IF lineer kombinasyonuna ulaşılabilmektedir. Sırasıyla faz ve kod gözlemleri için;

$$P_{i,4}^j = \frac{f_1^2 P_{i,1}^j - f_2^2 P_{i,2}^j}{f_1^2 - f_2^2} \quad (8.5)$$

$$L_{i,4}^j = \frac{f_1^2 L_{i,1}^j - f_2^2 L_{i,2}^j}{f_1^2 - f_2^2} \quad (8.6)$$

Yukarıdaki (8.3) ve (8.4) denklemleri ile (8.5) ve (8.6) denklemleri kullanılarak GPS, GLONASS, Galileo ve BeiDou IF gözlemlenebilir denklemleri sırasıyla;

$$P_{i,4}^{j,G} = \rho_i^{j,G} + M^{j,G} dT_i + v(dt_i - dt^{j,G}) + \varepsilon_{p_i^j} \quad (8.7)$$

$$L_{i,4}^{j,G} = \rho_i^{j,G} + M^{j,G} dT_i + v(dt_i - dt^{j,G}) + B_i^{j,G} + \varepsilon_{L_i^j} \quad (8.8)$$

$$P_{i,4}^{j,R} = \rho_i^{j,R} + M^{j,R} dT_i + v(dt_i - dt^{j,R} + ISB_i^R) + \varepsilon_{p_i^j} \quad (8.9)$$

$$L_{i,4}^{j,R} = \rho_i^{j,R} + M^{j,R} dT_i + v(dt_i - dt^{j,R} + ISB_i^R) + B_i^{j,R} + \varepsilon_{L_i^j} \quad (8.10)$$

$$P_{i,4}^{j,E} = \rho_i^{j,E} + M^{j,E} dT_i + v(dt_i - dt^{j,E} + ISB_i^E) + \varepsilon_{p_i^j} \quad (8.11)$$

$$L_{i,4}^{j,E} = \rho_i^{j,E} + M^{j,E} dT_i + v(dt_i - dt^{j,E} + ISB_i^E) + B_i^{j,E} + \varepsilon_{L_i^j} \quad (8.12)$$

$$P_{i,4}^{j,C} = \rho_i^{j,C} + M^{j,C} dT_i + v(dt_i - dt^{j,C} + ISB_i^C) + \varepsilon_{p_i^j} \quad (8.13)$$

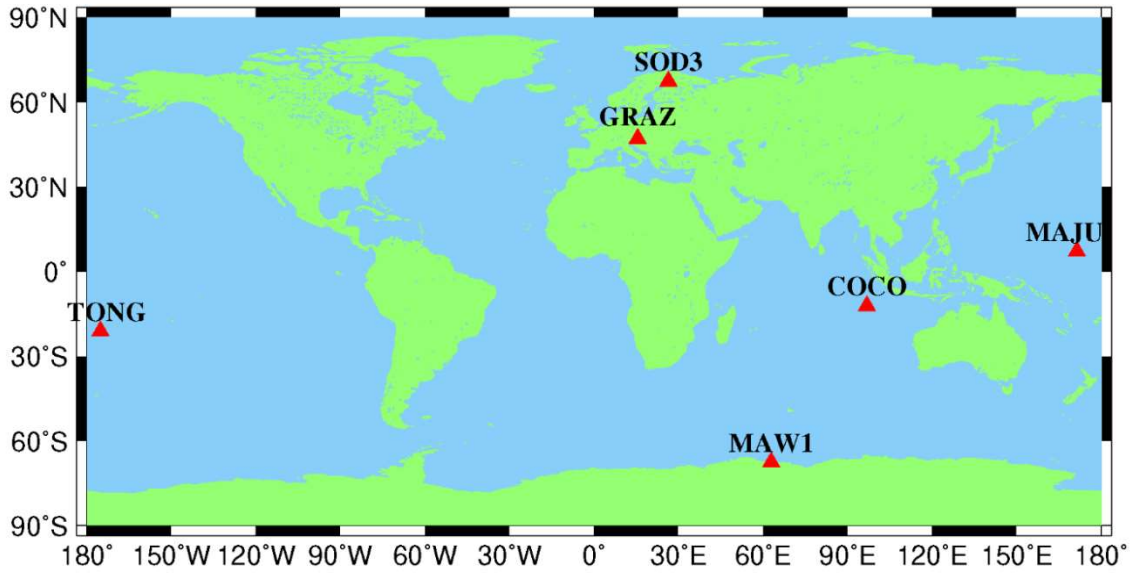
$$L_{i,4}^{j,C} = \rho_i^{j,C} + M^{j,C} dT_i + v(dt_i - dt^{j,C} + ISB_i^C) + B_i^{j,C} + \varepsilon_{L_i^j} \quad (8.14)$$

Yukarıdaki gözlem denklemlerinde GPS, GLONASS, Galileo ve BeiDou uydu sistemleri ile yapılan gözlemler G, R, E ve C harfleri ile temsil edilmektedir. BNC'de PPP verilerinin işlenmesinde genişletilmiş Kalman filtresi (extended Kalman filter-EKF) kullanılmaktadır (Abdi ve ark., 2017).

## 9. UYGULAMA

### 9.1.IGS RTS İstasyonlarının Referans Koordinatları ile RT-PPP Koordinatları Arasındaki Farkların İncelenmesi

Bu çalışmada RT-PPP yönteminin performansını test etmek amacıyla dünya üzerinde farklı bölgelerden seçilen 6 IGS RTS istasyonu seçilmiştir. İstasyonların 3 tanesi kuzey, 3 tanesi güney yarım kürede bulunmaktadır (Şekil 9.1).



Şekil 9.1. Kullanılan RTS istasyonlarının konumu

İstasyonlara ait enlem, boylam, yükseklik, alıcı, anten gibi detaylar Çizelge 9.1’de verilmektedir. RT-PPP yönteminin konumlama performansı test edilirken yalnız GPS, GPS+GLONASS ve GPS+GLONASS+GALILEO+BEIDOU verileri dikkate alınacağından, istasyonlar seçilirken bu dört sisteme ait uyduları izleyebiliyor olmalarına dikkat edilmiştir.

**Çizelge 9.1.** Kullanılan istasyonlara ait detaylar

İstasyon	Ağ	Ülke	Enlem	Boylam	Yük. (m)	Alıcı	Anten	Radom	Uydu Sistemi
COCO	IGS	Avustralya	-12.19	96.83	-35.2	SEPT POLARXS	AOAD/M_T	NONE	GPS+GLO+GAL+BDS+QZSS
GRAZ	IGS	Avusturya	47.07	15.49	538.3	SEPT POLARX5	LEIAR25.R4	LEIT	GPS+GLO+GAL+BDS
MAJU	IGS	Marşal Adaları	7.12	171.36	33.9	SEPT POLARX4TR	JAVRINGANT_DM	NONE	GPS+GLO+GAL+BDS+QZSS
MAW1	IGS	Antarktika	-67.60	62.87	59.2	SEPT POLARX5	AOAD/M_T	AUST	GPS+GLO+GAL+BDS+QZSS+IRNSS
SOD3	IGS	Finlandiya	67.42	26.39	300.8	JAVAD TRE_3 DELTA	JAVRINGANT_DM	SCIS	GPS+GLO+GAL+BDS+SBAS
TONG	IGS	Tonga	-21.14	-175.18	56.3	SEPT POLARX5	TRM59800.00	NONE	QZSS+GPS+GLO+GAL+BDS

Değerlendirme günlerinde herhangi bir jeomanyetik veya solar fırtınanın olup olmadığını belirlemek amacıyla jeomanyetik fırtına (kp) değerleri (Anonymous5, 2018), jeomanyetik aktivite (Dst) değerleri (Anonymous6, 2018) ve solar aktivite (F10.7) indisleri incelenmiştir (Anonymous7, 2018). İlgili günlerdeki Kp, Dst ve F10.7 index değerleri Çizelge 9.2-9.4 de verilmektedir. Değerlendirmelerde kullanılan saat dilimlerine karşılık gelen index değerleri incelendiğinde, herhangi bir jeomanyetik veya solar fırtınanın olmadığı görülmektedir.

**Çizelge 9.2.** Değerlendirme günlerine ait Kp index değerleri(Anonymous5, 2018)

Tarih/Saat	Kp							
	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24
03.10.2018	0.33	0.67	0.67	1.67	0.67	1.00	1.67	2.33
07.10.2018	0.33	0.67	1.00	2.33	3.67	5.33	5.33	4.67
08.10.2018	4.00	4.33	3.67	2.00	4.33	3.67	2.00	1.67
09.10.2018	3.00	2.67	3.00	3.67	3.00	3.67	2.67	3.00
10.10.2018	3.33	1.00	1.67	2.00	3.33	3.00	4.67	2.67

**Çizelge 9.3.** Değerlendirme günlerine ait Dst index değerleri (Anonymous6, 2018)

Dst (nT)																								
Tarih/Saat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
03.10.2018	-13	-12	-10	-12	-12	-10	-7	-3	-1	0	3	7	7	6	6	11	9	9	13	9	4	1	0	-5
07.10.2018	0	-1	-1	0	1	2	1	4	9	15	22	13	1	-6	-4	-14	-32	-40	-40	-45	-52	-53	-49	-40
08.10.2018	-34	-30	-29	-37	-39	-37	-36	-36	-36	-35	-35	-43	-37	-35	-36	-35	-30	-28	-30	-30	-28	-27	-26	-25
09.10.2018	-22	-22	-21	-22	-23	-24	-29	-38	-35	-28	-27	-21	-19	-19	-18	-17	-25	-30	-28	-25	-26	-28	-33	-35
10.10.2018	-32	-31	-27	-23	-20	-21	-22	-20	-18	-16	-16	-21	-30	-34	-35	-32	-27	-31	-34	-33	-31	-32	-28	-26

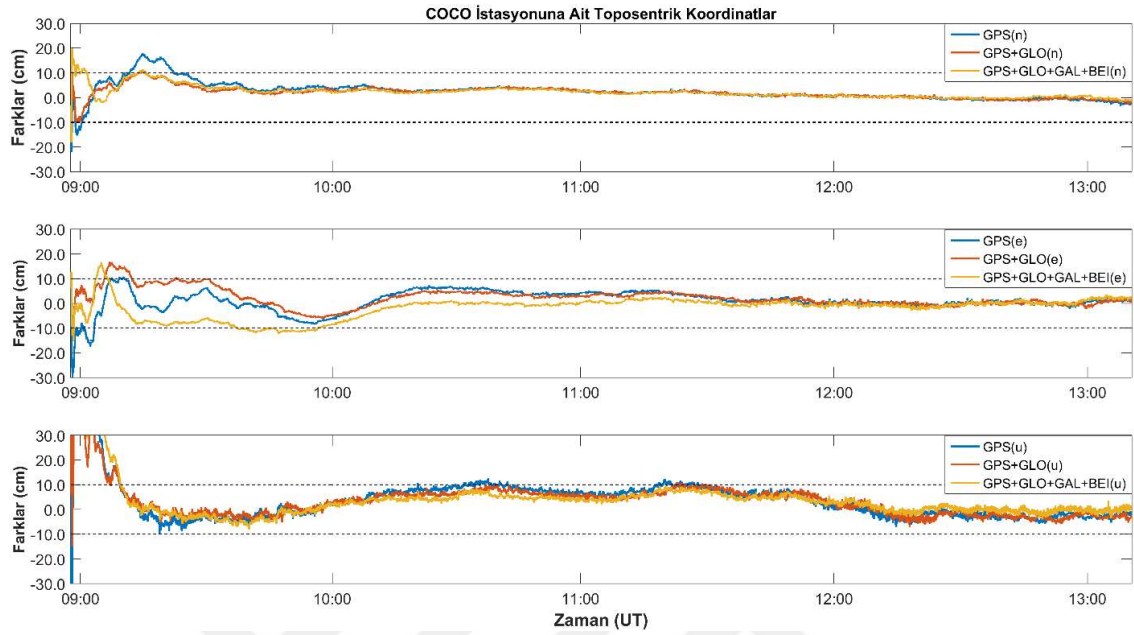
**Çizelge 9.4.** Değerlendirme günlerine ait F10.7 index değerleri (Anonymous7, 2018)

Tarih	F10.7 (sfu)
03.10.2018	68
07.10.2018	68
08.10.2018	69
09.10.2018	70
10.10.2018	70

Tüm istasyonlar için 1 saniye epok aralıklarında yaklaşık 4 saatlik koordinat değerleri BKG Ntrip Client (BNC v.2.12) yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. İlgili programda yayın efemerisi akışı olarak “RTCM3EPH”, kombine edilmiş yörünge/saat düzeltme ürünü olarak da “CLK93” kullanılmıştır. “RTCM3EPH” ve “CLK93” seçilmesinin temel nedeni dört uydu sistemini de destekliyor olmalarıdır. Ardından istasyonların ilgili günlere ait 24 saatlik gözlem dosyaları CSRS-PPP (<https://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php>) servisine gönderilerek statik değerlendirme sonucunda koordinat değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu koordinat değerleri referans koordinatlar olarak alınmıştır. Referans koordinatlar ve her bir epokta elde edilen “GPS”, “GPS+GLO”, “GPS+GLO+GAL+BEI” RT-PPP koordinatları kullanılarak XYZ yer merkezli Kartezyen sistemden Kuzey (n), Doğu (e), Yukarı (u) bileşenleri ile ifade edilen toposentrik koordinat sistemine dönüşüm gerçekleştirilmiştir. Şekil 9.2–9.7’ de her bir istasyonda elde edilen ve referans değerlerden olan farklara karşılık gelen toposentrik sistemdeki koordinat değerleri verilmektedir.

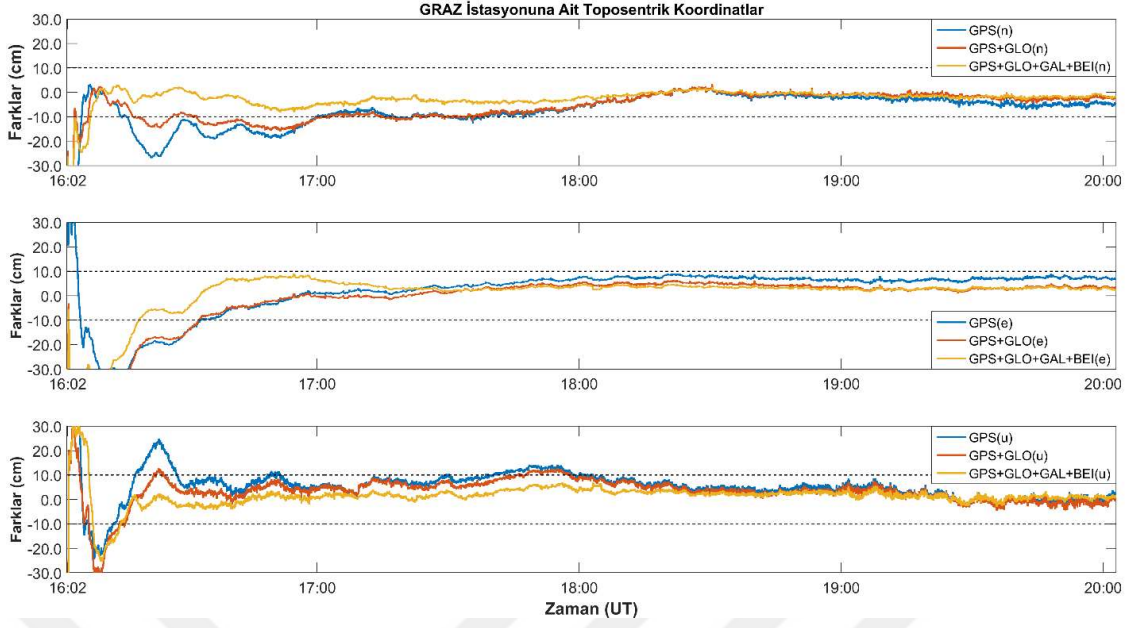
Şekil 9.2’ de güney yarımküre ekvator bölgesi istasyonlarından COCO istasyonuna ait koordinat değeri verilmektedir. İlk 20 dakikalık yakınsama süresi göz ardı edildiğinde tüm bileşenlerin  $\pm 10$  cm nin içinde olduğu görülmektedir. Kuzey bileşeninde (n) elde edilen sonuçlar diğer bileşenlerden daha iyi olup genelde 5 cm nin altında olduğu

söylenbilir. Elde edilen bileşenlerin üç uydu konfigürasyonu (“GPS”, “GPS+GLO”, “GPS+GLO+GAL+BEI”) için de benzer büyüklükte olduğu görülmektedir.



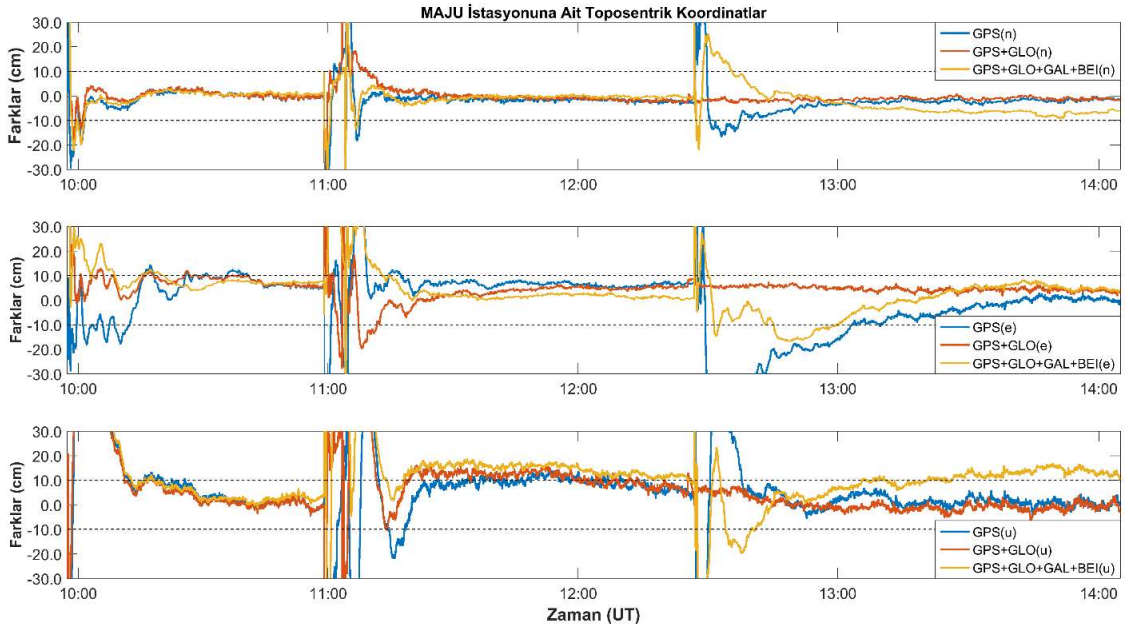
**Şekil 9.2.** COCO istasyonuna ait referans koordinatlar ile RT-PPP koordinatları arasındaki farklar (07.10.2018)

Kuzey yarı küre orta enlem bölgesi istasyonu olan GRAZ istasyonunda elde edilen sonuçlara ilişkin veriler Şekil 9.3 de verilmektedir. Sonuçlar yakınsama süresi dışında genelde  $\pm 10$  cm'nin içinde olup, GPS ve GPS+GLO 'a ait koordinat bileşenlerinin (n, u) zaman zaman 10 cm'nin üzerine çıktığı görülmektedir. Bu istasyon için en iyi sonucun “GPS+GLO+GAL+BEI” ile elde edildiği görülmektedir.



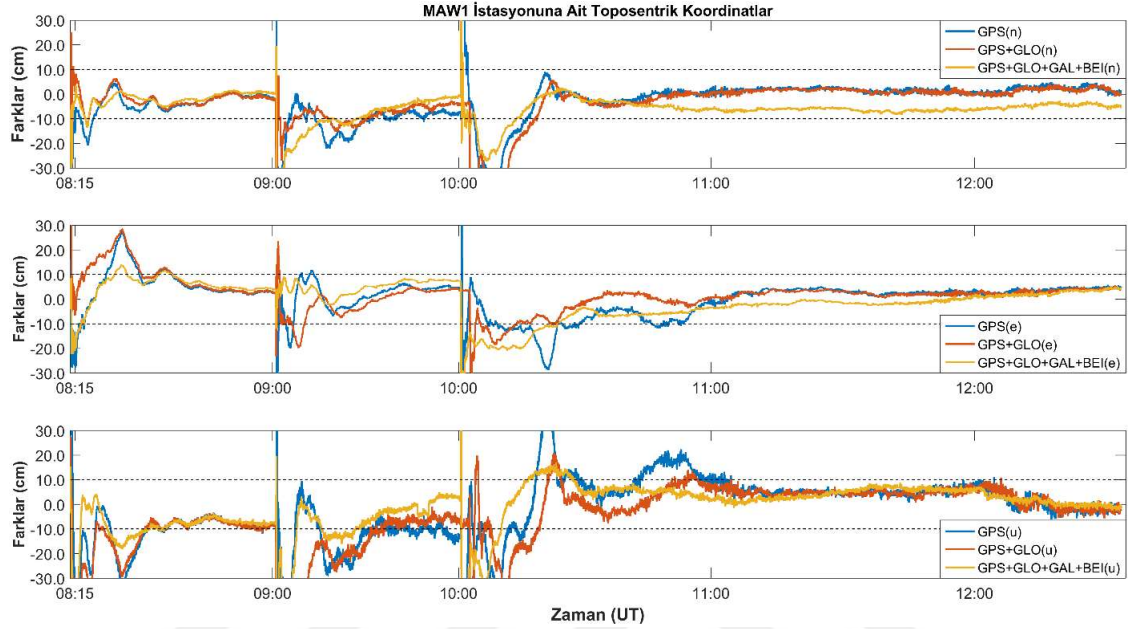
**Şekil 9.3.** GRAZ istasyonuna ait referans koordinatlar ile RT-PPP koordinatları arasındaki farklar (09.10.2018)

Kuzey yarımküre ekvator bölgesi istasyonu olan MAJU istasyonuna ait topocentric koordinatlar Şekil 9.4’ de verilmektedir. İlk yakınsama süresi dışında veri akışındaki problemler nedeniyle 10.55 ve 12.25 saatleri ve sonrasında yakınsama süresi içerisinde oldukça yüksek değerler elde edilmiştir. Bu istasyonda “n” bileşeninde elde edilen sonuçlar diğer bileşenlerden daha düşük olup, “GPS+GLO” ile diğer konfigürasyonlara nazaran daha iyi sonuç elde edilmiştir.



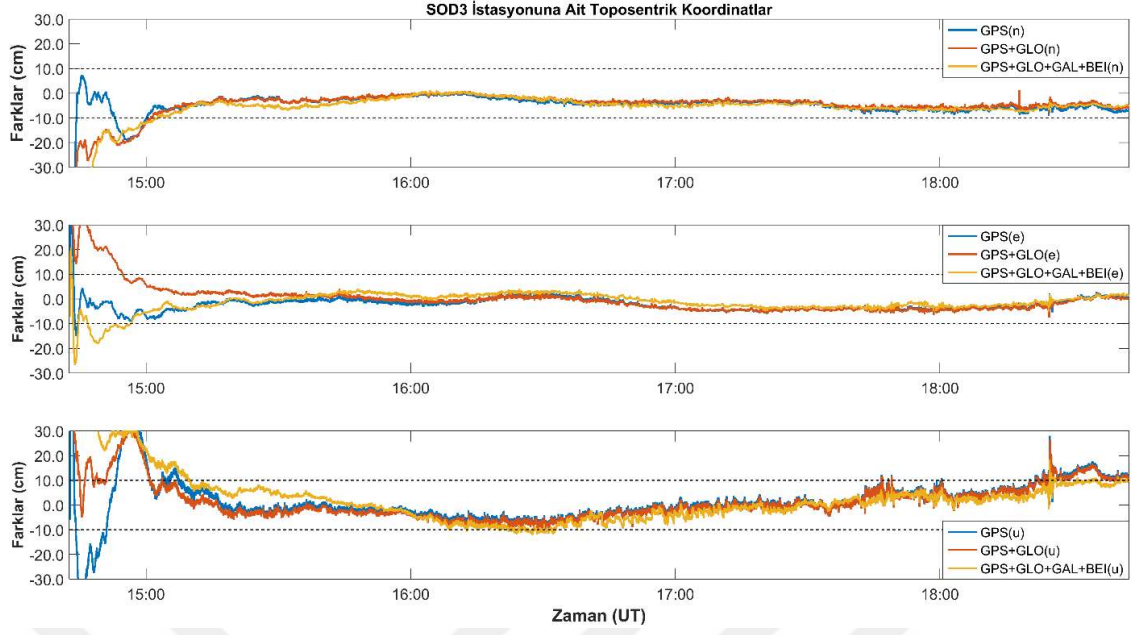
**Şekil 9.4.** MAJU istasyonuna ait referans koordinatlar ile RT-PPP koordinatları arasındaki farklar (10.10.2018)

Güney yarımküre yüksek enlem bölgesinde bulunan MAW1 istasyonuna ait sonuçlar Şekil 9.5’ de verilmektedir. MAJU istasyonunda odluğu gibi bu istasyonda da zaman zaman veri akışında problemler yaşandığı görülmektedir. Yakınsama süreleri göz ardı edildiğinde sonuçların genelde 10 cm’ nin altında olduğu söylenebilir.



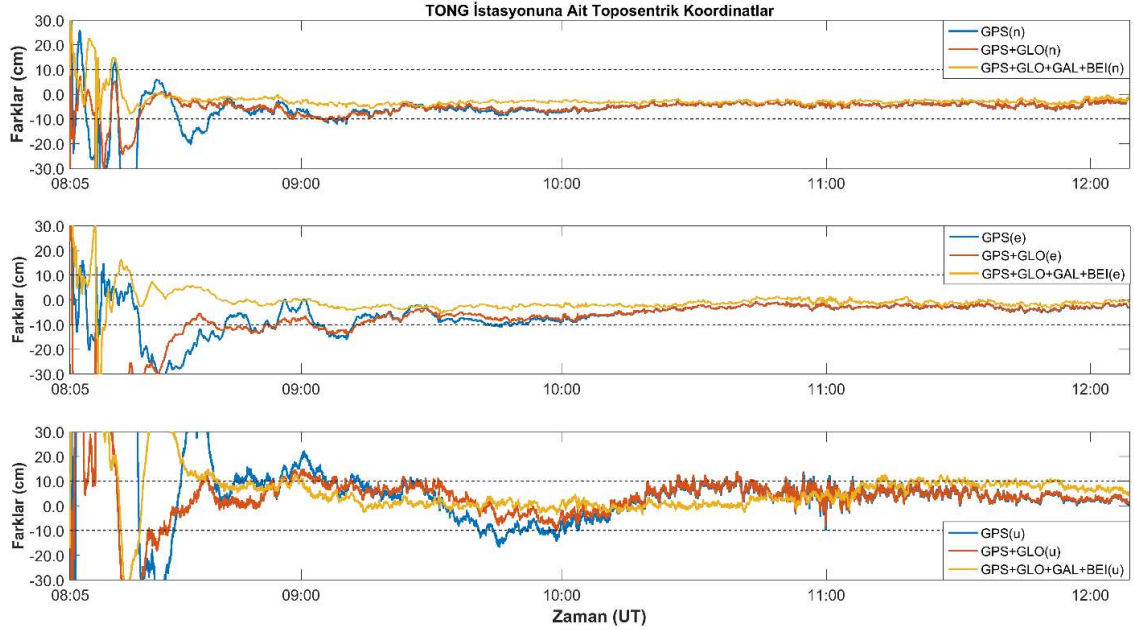
**Şekil 9.5.** MAW1 istasyonuna ait referans koordinatlar ile RT-PPP koordinatları arasındaki farklar (03.10.2018)

Şekil 9.6 ‘da Kuzey yarımküre yüksek enlem bölgesi istasyonlarından SOD3 istasyonuna ait koordinat bileşenleri verilmektedir. “n” ve “e” bileşenlerinin 5 cm nin altında, “u” bileşenin ise genelde 10 cm’ nin altında olduğu görülmektedir. Üç uydu konfigürasyonu ile de benzer sonuçların elde edildiği söylenebilir.



**Şekil 9.6.** SOD3 istasyonuna ait referans koordinatlar ile RT-PPP koordinatları arasındaki farklar (07.10.2018)

Diğer bir güney yarımküre ekvator bölgesi istasyonu olan TONG istasyonuna ait sonuçlar Şekil 9.7’ de verilmektedir. Bu istasyonda GRAZ istasyonunda olduğu gibi tüm bileşenlerde “GPS+GLO+GAL+BEI” ile daha iyi sonuçların elde edildiği, “n” ve “e” bileşenlerinin genelde 3 cm nin altında olduğu görülmektedir.



**Şekil 9.7.** TONG istasyonuna ait referans koordinatlar ile RT-PPP koordinatları arasındaki farklar (08.10.2018)

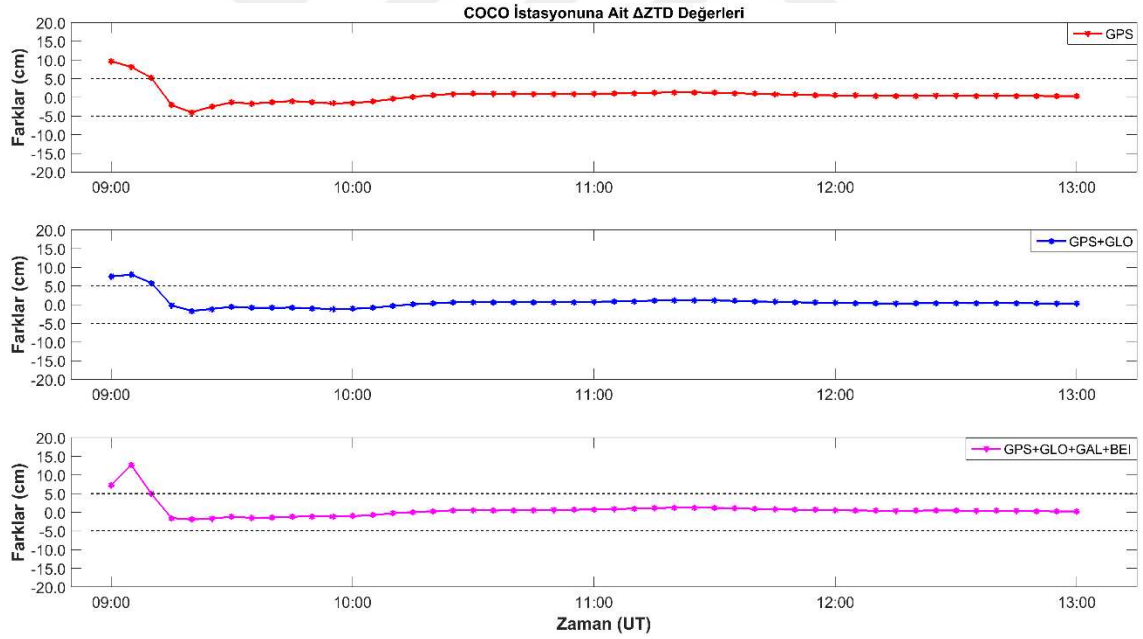
Sonuçların doğruluk yönünden incelenmesinin yanı sıra, koordinatlara ait maksimum, minimum, ortalama, std sapma gibi temel istatistikî değerler Çizelge 9.5 de verilmektedir. Çizelge incelendiğinde en yüksek farkın 575 cm ile TONG istasyonuna ait GPS+GLO'nun "u" bileşeninde olduğu görülmektedir. Maksimum değerlerin yüksek olmasının nedeni yakınsama süresi içinde elde edilmiş olmalarıdır. Ortalama değerler incelendiğinde GPS+GLO ve GPS+GLO+GAL+BEI sonuçlarının tüm istasyonlarda GPS'e göre genelde daha iyi olduğu görülmektedir. Sonuçlar tekrarlılık açısından incelemek amacıyla, std değerlerine bakıldığında tüm istasyon ve uydu konfigürasyonlarında "u" bileşeninin daha yüksek olduğu görülmektedir. En düşük std değerlerinin COCO ve TONG istasyonunda elde edildiği görülmektedir. Özellikle "n" ve "e" bileşeninde GPS+GLO+GAL+BEI ile elde edilen std değerlerinin genelde daha iyi olduğu söylenebilir.

Çizelge 9.5. Sonuçlara ait temel istatistikî değerler

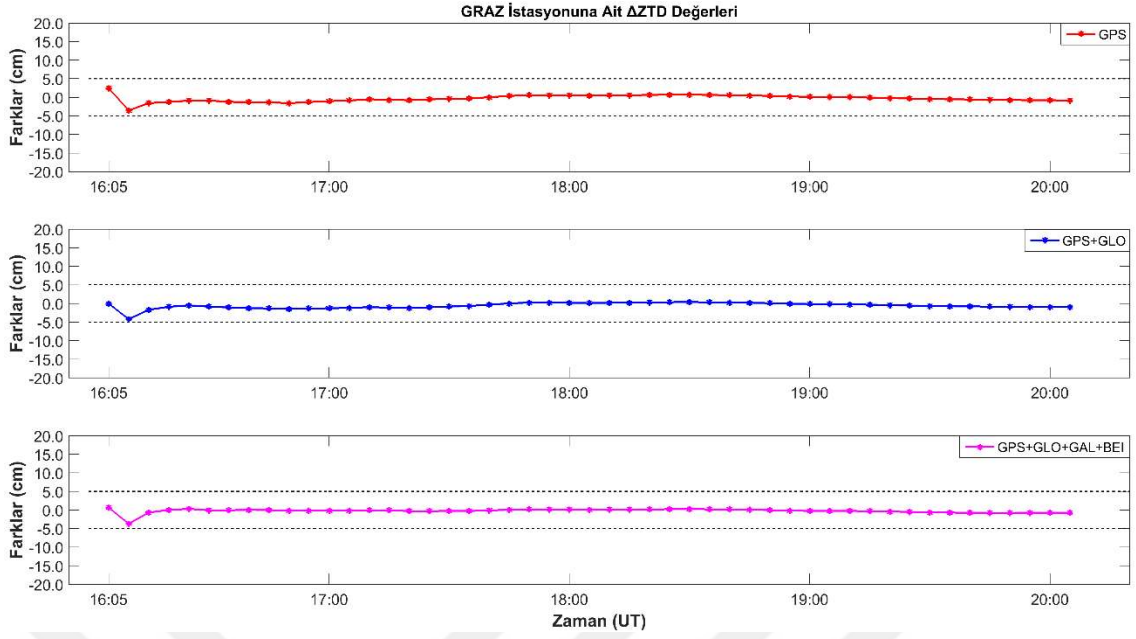
İstasyon	Uydu sistemi	Maksimum			Minimum			Ortalama			Std Sapma		
		n (cm)	e (cm)	u (cm)	n (cm)	e (cm)	u (cm)	n (cm)	e (cm)	u (cm)	n (cm)	e (cm)	u (cm)
COCO	GPS	17.9	10.7	97.3	-22.1	-30.7	-55.4	2.5	1.1	4.0	3.7	4.1	9.9
	GPS+GLO	11.2	16.9	86.8	-17.2	-10.4	-15.0	2.0	2.2	3.5	2.4	3.7	7.7
	GPS+GLO+GAL+BEI	19.8	16.6	148.3	-18.2	-15.3	-8.0	2.2	-1.9	4.2	2.4	4.3	10.9
GRAZ	GPS	3.4	65.8	123.1	-113.5	-32.4	-24.6	-7.5	1.9	5.9	8.4	10.0	11.1
	GPS+GLO	3.4	6.4	43.9	-85.8	-48.2	-82.5	-5.8	-1.5	3.2	6.0	11.0	6.3
	GPS+GLO+GAL+BEI	3.2	9.0	42.6	-82.5	-44.7	-83.2	-2.6	0.9	1.4	4.9	8.9	5.5
MAJU	GPS	134.6	115.0	313.9	-46.5	-114.6	-337.1	-1.7	-3.1	5.3	7.1	20.3	33.1
	GPS+GLO	192.9	109.8	148.0	-61.5	-28.0	-183.7	0.2	4.8	8.3	7.6	6.3	20.8
	GPS+GLO+GAL+BEI	69.6	63.4	176.7	-51.1	-36.3	-124.7	-1.3	3.9	13.8	6.1	9.3	24.7
MAW1	GPS	177.0	60.0	113.3	-63.7	-52.6	-346.1	-3.2	0.4	-2.3	9.6	7.8	14.8
	GPS+GLO	25.1	50.2	27.4	-130.2	-61.8	-383.3	-3.5	1.6	-6.1	9.0	7.0	18.5
	GPS+GLO+GAL+BEI	86.6	14.0	57.3	-55.3	-35.9	-94.4	-5.9	-0.7	-1.9	5.8	7.3	11.8
SOD3	GPS	7.4	39.5	127.6	-148.8	-14.9	-60.6	-4.6	-2.2	1.4	4.9	2.9	10.2
	GPS+GLO	1.2	61.8	114.7	-167.7	-7.6	-10.3	-5.0	0.0	1.6	7.2	6.2	8.0
	GPS+GLO+GAL+BEI	1.3	20.9	258.7	-70.1	-26.7	-12.2	-5.9	-1.4	4.2	6.3	3.8	18.4
TONG	GPS	36.1	124.3	568.8	-63.7	-35.8	-365.0	-6.4	-5.9	10.1	7.8	7.9	38.1
	GPS+GLO	22.3	58.5	575.0	-98.5	-100.8	-479.5	-5.4	-8.9	5.5	3.7	12.8	27.7
	GPS+GLO+GAL+BEI	37.8	110.3	428.9	-50.1	-41.2	-36.3	-2.5	-0.6	9.1	3.6	5.1	29.4

## 9.2.IGS RT İstasyonlarında RT-PPP ZTD ile IGS-ZTD Arasındaki Farkların İncelenmesi

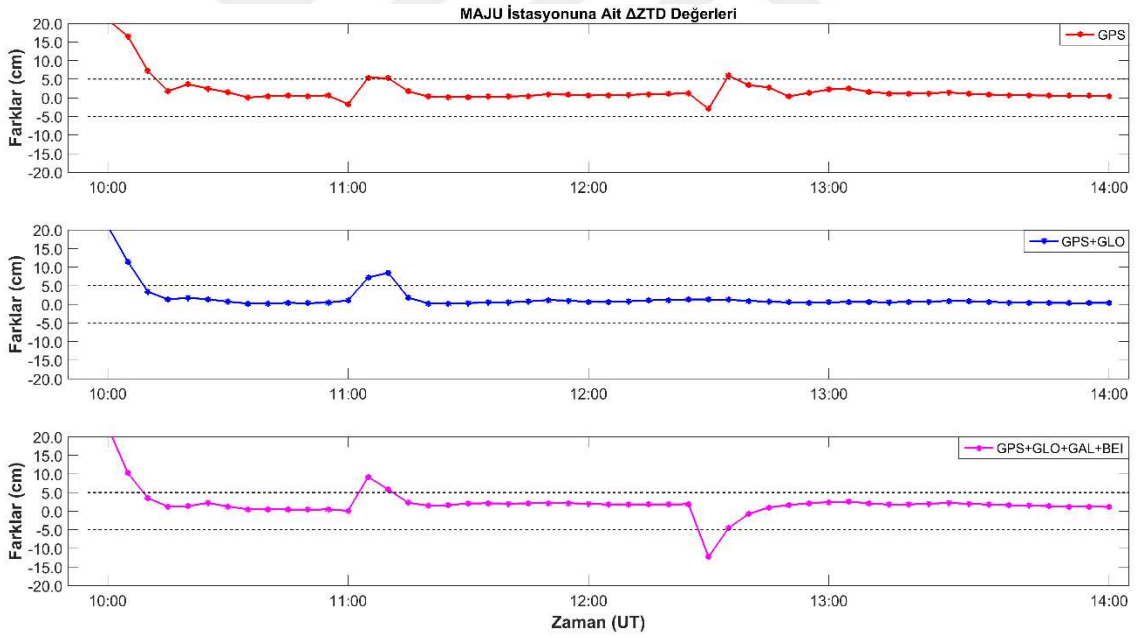
Farklı uydu konfigürasyonları ile RT-PPP yönteminin konumlama performansının doğruluk ve hassasiyet açısından test edilmesinin yansıra BKG Ntrip Client (BNC v.2.12) ile elde edilen RT ZTD değerlerinin uygunluğu incelenmiştir. Bu amaçla elde edilen RT-ZTD değerleri IGS ZTD (<ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gps/products/troposphere/zpd>) değerleriyle karşılaştırılmıştır. IGS troposfer değerleri 5 er dakikalık aralarla kestirildiğinden bu değerlere karşılık gelen RT-ZTD değerleri belirlenmiş ve aralarındaki farklar hesaplanarak Şekil 9.8-9.12’ de verilmektedir. SOD3 istasyonuna ait IGS ZTD değeri olmadığından karşılaştırmada dikkate alınmamıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde yakınsama süreleri göz ardı edildiğinde farkların çoğunlukla 2 cm’ nin altında olduğu söylenebilir. Ayrıca üç uydu konfigürasyonu ile de benzer sonuçların elde edildiği ve aralarındaki farkların önemli olmadığı görülmektedir.



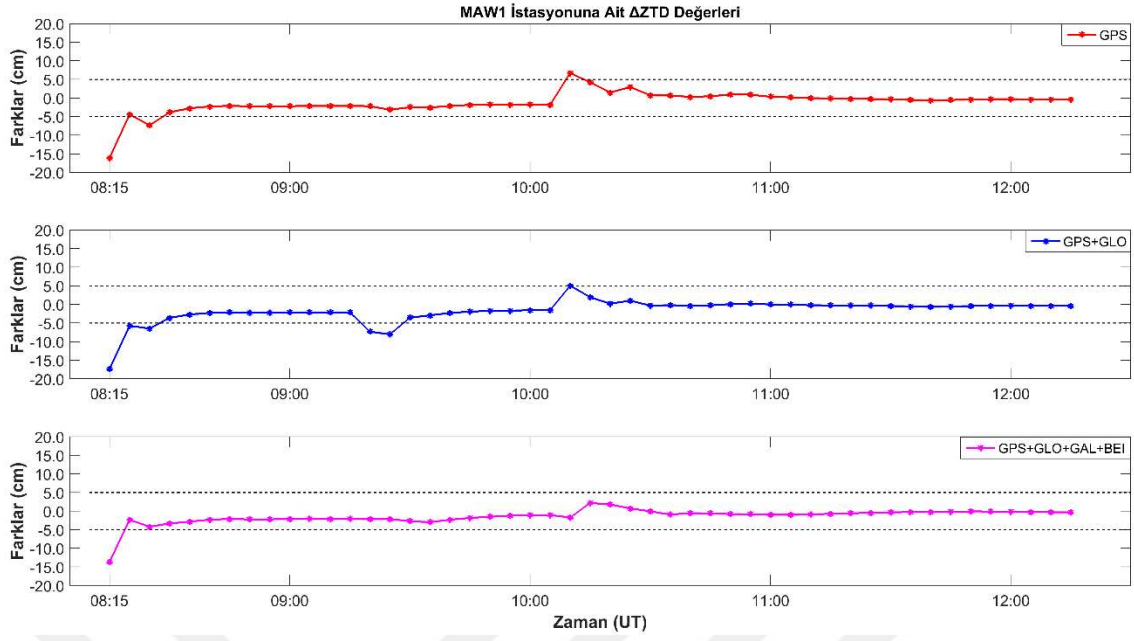
Şekil 9.8. COCO istasyonuna ait RT-PPP ZTD ile IGS-ZTD arasındaki farklar



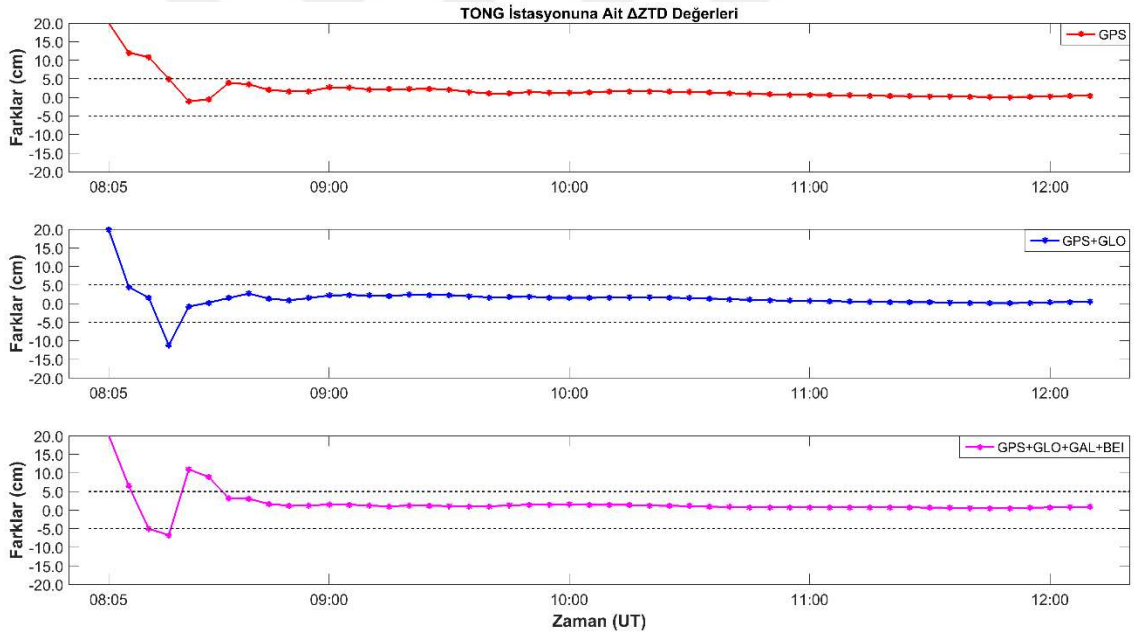
Şekil 9.9. GRAZ istasyonuna ait RT-PPP ZTD ile IGS-ZTD arasındaki farklar



Şekil 9.10. MAJU istasyonuna ait RT-PPP ZTD ile IGS-ZTD arasındaki farklar



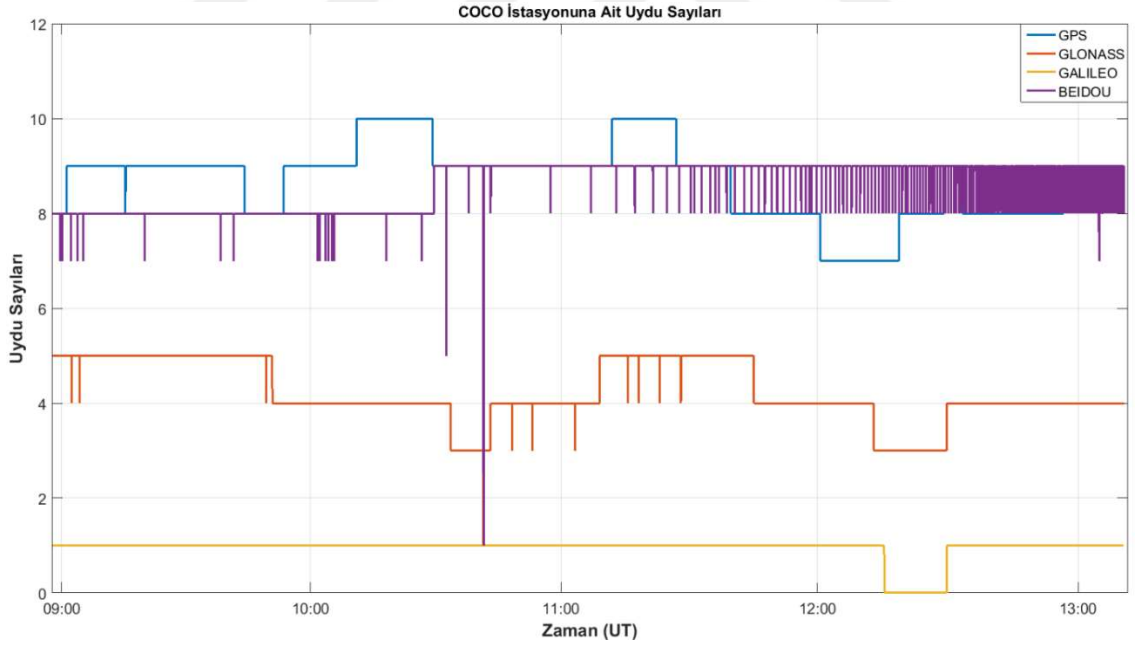
Şekil 9.11. MAW1 istasyonuna ait RT-PPP ZTD ile IGS-ZTD arasındaki farklar



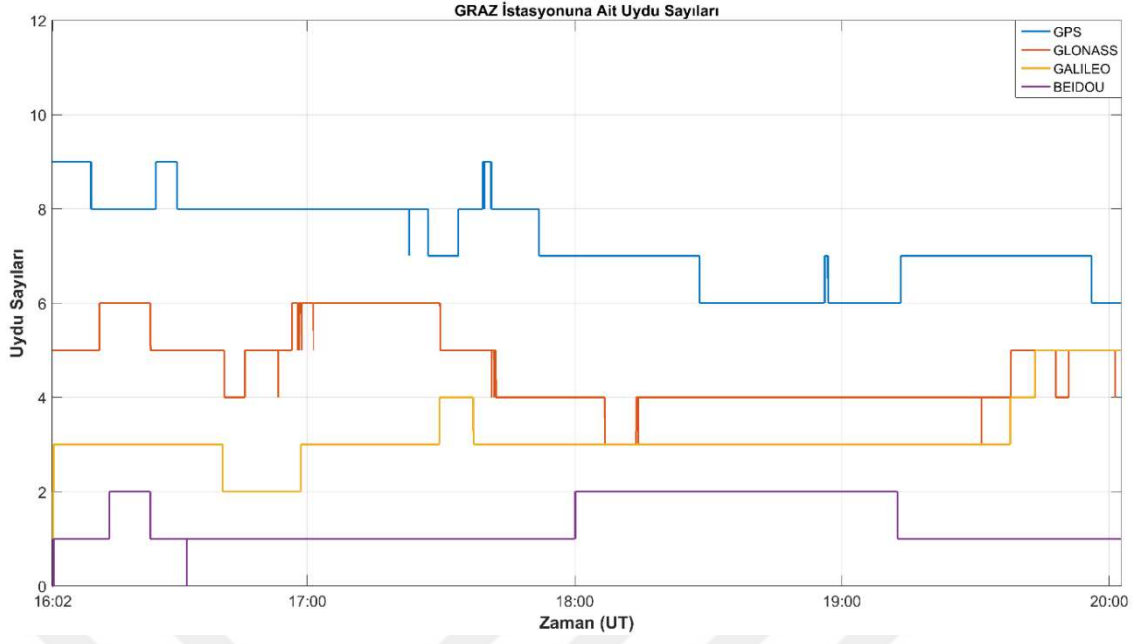
Şekil 9.12. TONG istasyonuna ait RT-PPP ZTD ile IGS-ZTD arasındaki farklar

### 9.3.IGS RT İstasyonlarında Değerlendirmede Kullanılan Uydu Sayılarının İncelenmesi

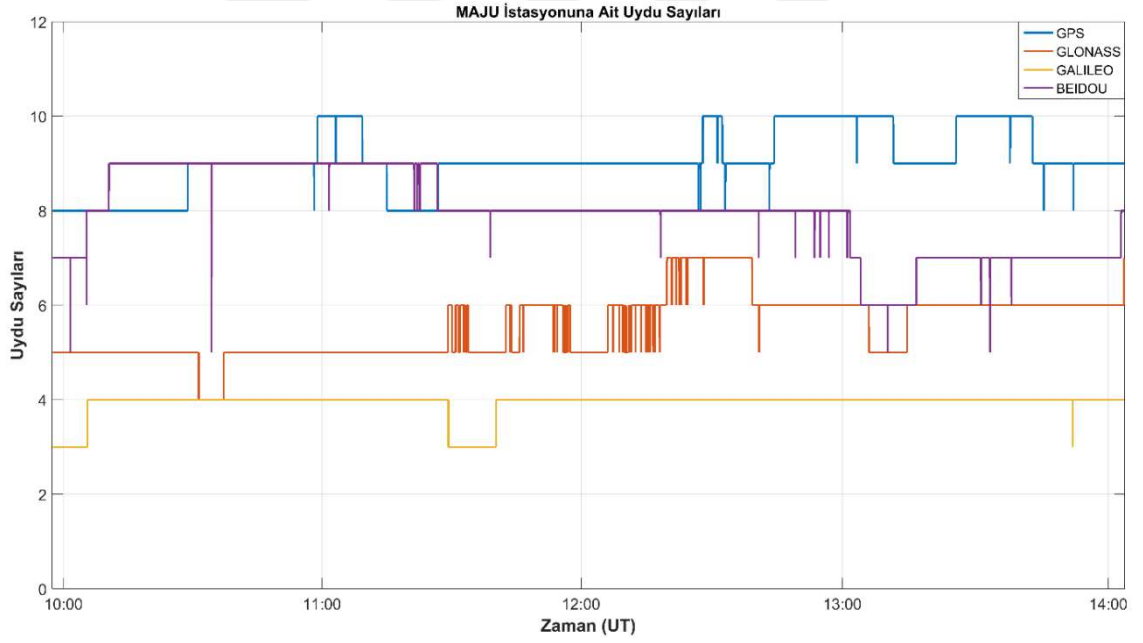
GPS ve GLONASS uydu sistemi tam kapasite ile konumlama hizmeti sunuyor olsalar da GALILEO ve BEIDOU uydu sistemleri henüz tam kapasiteye ulaşmış değildir. Bu nedenle dünya genelinde farklı bölgelerden seçilen istasyonların değerlendirmede kullandıkları uydu sayıları farklı olmaktadır. Bu çalışmada her bir istasyonda değerlendirmede kullanılan uydu türleri ve sayıları Şekil 9.13-9.18’ de verilmektedir. Uydu sayıları incelendiğinde GPS ile tüm istasyonlarda minimum 6 uydu kullanılarak değerlendirme yapıldığı, GLONASS uydu sayısının 2-8 arasında değiştiği görülmektedir. Kullanılan GALILEO uydu sayılarının genelde 3-4 tane olup zaman zaman 0 olduğu (Şekil 9.13), MAW1 istasyonunda ise maksimum seviyeye ulaştığı görülmektedir (7, Şekil 9.16). Kullanılan BEIDOU uydu sayısı ise beklendiği gibi ÇİN’e yakın istasyonlarda (COCO, MAJU) oldukça yüksek seviyeye ulaşmaktadır (9, Şekil 9.13, 9.15).



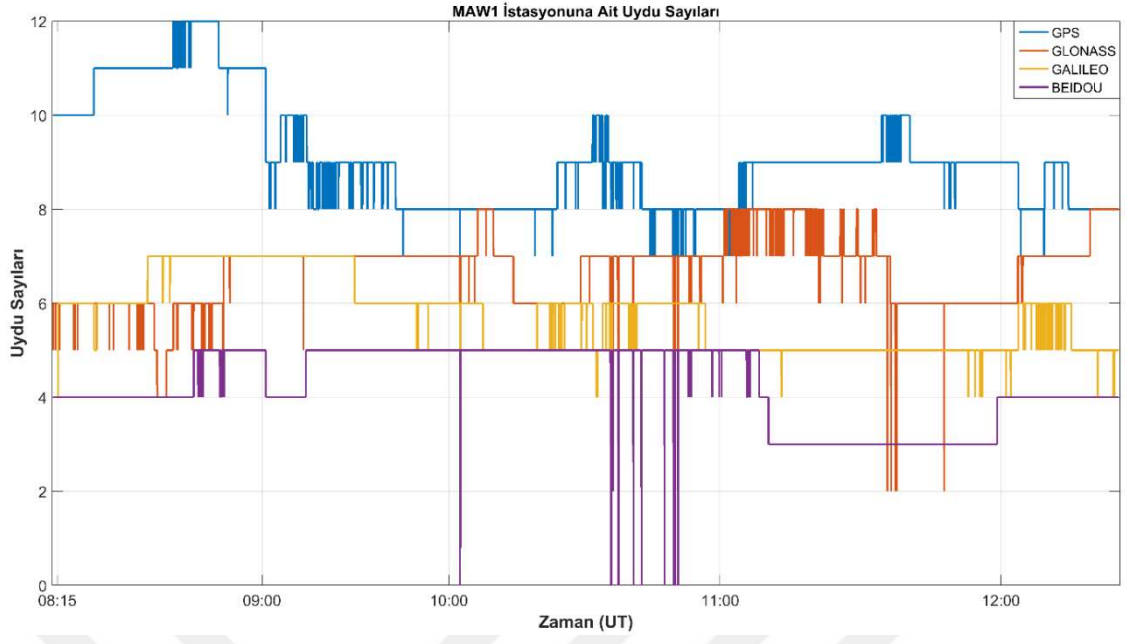
Şekil 9.13. COCO istasyonunda değerlendirilmede kullanılan uydu sayıları



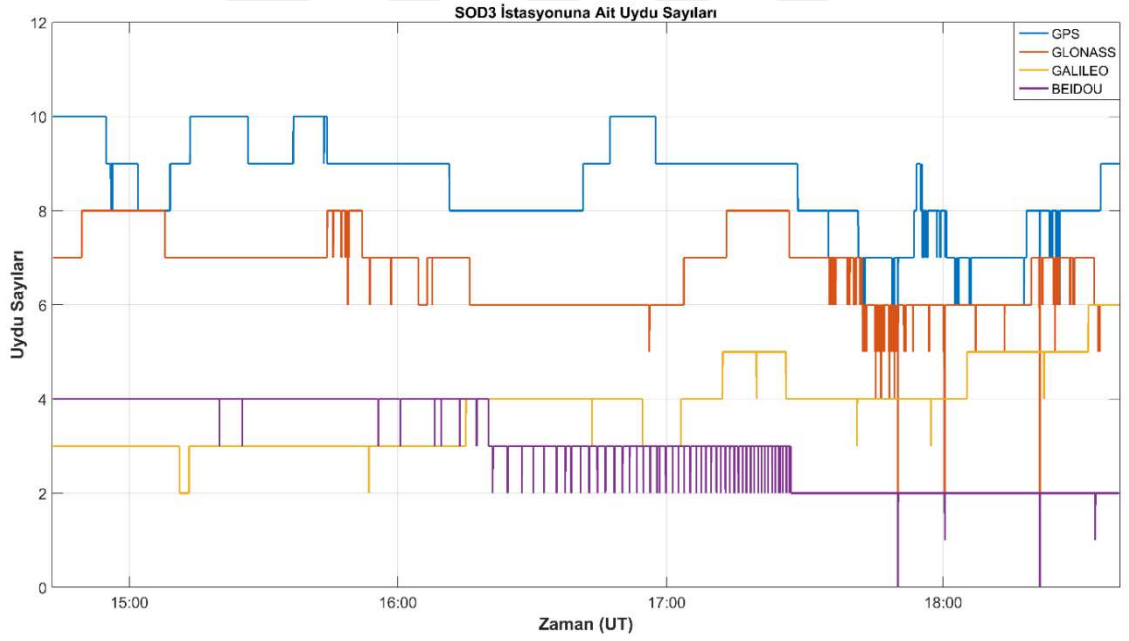
Şekil 9.14. GRAZ istasyonda değerlendirilmede kullanılan uydu sayıları



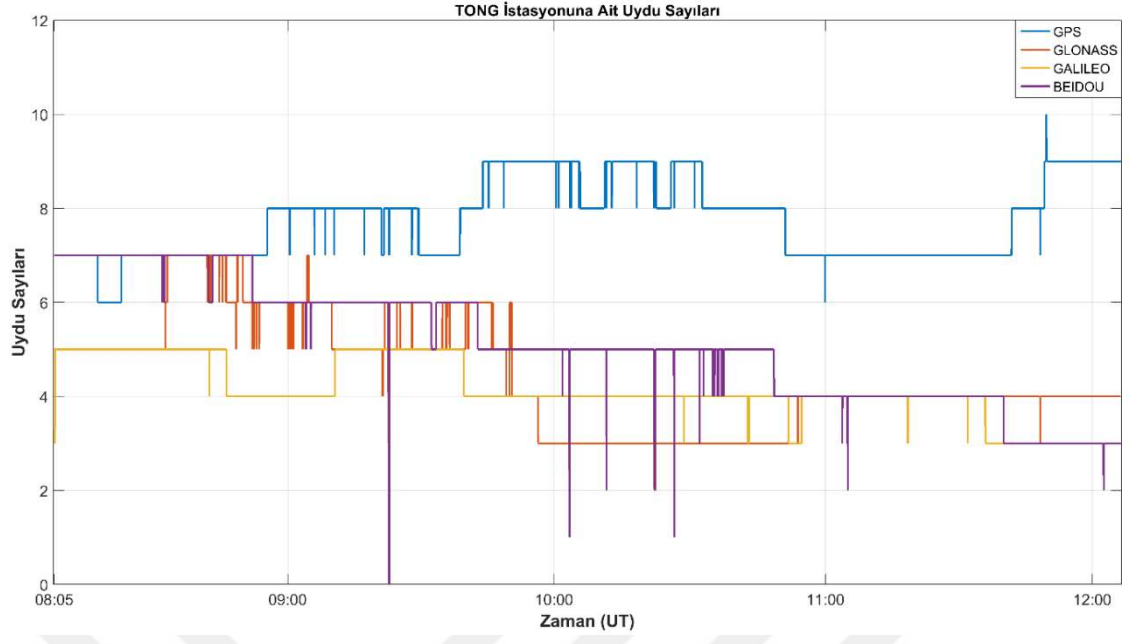
Şekil 9.15. MAJU istasyonda değerlendirilmede kullanılan uydu sayıları



Şekil 9.16. MAW1 istasyonda değerlendirilmede kullanılan uydu sayıları



Şekil 9.17. SOD3 istasyonda değerlendirilmede kullanılan uydu sayıları



**Şekil 9.18.** TONG istasyonda değerlendirilmede kullanılan uydu sayıları

## 10. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, RT-PPP yönteminin performansı, BNC yazılımı kullanılarak hem konum doğruluğu ve hassasiyeti hem de ZTD kestirimi açısından test edilmiştir. Bu amaçla farklı coğrafi bölgelerden GPS, GLONASS, GALILEO ve BEIDOU uydularını izleyebilen 6 istasyon seçilmiştir. Değerlendirmeler sadece GPS, GPS+GLONASS ve GPS+GLONASS+GALILEO+BEIDOU konfigürasyonu kullanılarak yapılmıştır. Seçilen istasyonlara ait 4'er saatlik süreçlerde 1 saniye aralıklarla elde edilen koordinat değerleri doğruluk ve hassasiyet açısından incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yaklaşık 20 dakikalık bir yakınsama süresinin ardından tüm istasyonlarda koordinat farklarının 10 cm'nin altında olduğu, değerlendirmede tüm uyduların birlikte kullanılması ile zaman zaman daha iyi sonuçların elde edildiği görülmüştür. Sonuçların tekrarlılığını test etmek amacıyla std değerleri incelendiğinde COCO ve GRAZ istasyonlarında diğer istasyonlara nazaran std değerlerinin tüm bileşenlerde daha iyi olduğu, GPS+GLO ve GPS+GLO+GAL+BEI sonuçlarının yalnız GPS sonuçlarına göre genelde daha iyi olduğu söylenebilir. RT-PPP sonuçları ayrıca ZTD kestirimi açısından da test edilmiştir. Bu amaçla elde edilen RT-ZTD sonuçları IGS-ZTD sonuçları ile karşılaştırmalı bir yaklaşımla verilmiştir. Farklar oldukça düşük olup, yakınsama süresi göz ardı edildiğinde genelde 2 cm nin altında oldu görülmüştür.

GALILEO ve BEIDOU'nun GNSS'e dahil olması ile birlikte dünya üzerinde farklı bölgelerde görülebilen ve değerlendirmede kullanılan uydu sayıları değişebilmektedir. GPS tam kapasiteyle hizmet verse de bu çalışmada olduğu gibi değerlendirmede kullanılan uydu sayısı zaman zaman 6 ya inmektedir. Sonuçlarda görüldüğü gibi de bazen GPS+GLO+GAL+BEI konfigürasyonu özellikle yalnız GPS sonuçlarına göre doğruluk ve hassasiyet açısından daha iyi sonuç vermektedir. Tüm detaylar dikkate alındığında RT-PPP uygulamalarında uydu sistemlerinin birlikte kullanılmasının daha uygun olduğu düşünülmektedir. Ancak tüm uydu sistemleri de kullanılsa elde edilen sonuçlar RT-PPP yönteminin sağladığı konum doğruluğu açısından yüksek doğruluk gerektiren jeodezik çalışmalarda kullanılabilirliğinin pek de mümkün olmadığını göstermiştir.

## KAYNAKLAR

- Abdallah A.M., Rabbou M.A., El Shazly A., 25 April 2016. Performance Evaluation Of Real Time Precise Point Positioning (RT-PPP ) In Static & Kinematic Modes In Egypt, *Melaha Conference*, Geomatic Branch, Civil Engineering Department, Cairo University.
- Abdi N., Ardalan A.A., Karimi R., Rezvani M.H., Mart 2017. Performance assessment of multi-GNSS real-time PPP over Iran, *Advances in Space Research*. DOI: 10.1016/j.asr.2017.03.024
- Ahmed F., Va'clavovic P., Teferle F.N, Dousa J., Bingley R., Laurichesse D., 2016. Comparative analysis of real-time precise point positioning zenith total delay estimates, *GPS Solutions*. DOI:10. 1007/s10291-014-0427-z.
- Alcay S., 2016. Farklı Gözlem Sürelerinde GPS-PPP ve GPS/GLONASS PPP Yöntemlerinin Konum Belirleme Performanslarının İncelenmesi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*
- Alcay S., Turgut M., 2017. Performance Evaluation of Real-Time Precise Point Positioning Method, *World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS 2017)*, IOP Publishing (IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 95 (2017) 032023, do i :10.1088/1755-1315/95/3/032023)
- Alkan, R.M., Kalkan, Y., "Precise Point Positioning-PPP (Hassas Nokta Konumlama) Tekniğinin Hidrografik Ölçmelerde Kullanılabilirliği", TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, *13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara, 18-22 Nisan, (2011).
- Anonim1, BUKRDAE (Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü).  
Adres: [http://jeodezi.boun.edu.tr/files/dosyalar/files/GPS\\_BUKRDAE\\_GED.pdf](http://jeodezi.boun.edu.tr/files/dosyalar/files/GPS_BUKRDAE_GED.pdf)  
[Ziyaret Tarihi: 09 Nisan 2017]
- Anonim2, GNSS Hata Kaynakları  
<http://aves.ktu.edu.tr/ImageOfByte.aspx?Resim=8&SSNO=26&USER=6958>  
[Ziyaret Tarihi: 20 Mayıs 2018]
- Anonim3, Türkiye, Almanya ve Yunanistan İçin Ulusal IGS İstasyonları  
<http://aves.ktu.edu.tr/ImageOfByte.aspx?Resim=8&SSNO=89&USER=3845>  
[Ziyaret Tarihi: 15 Haziran 2017]
- Anonim4, Gns Notları  
<http://www.yildiz.edu.tr/~egulal/dosyalar/GNSSNotlari.pdf>  
[Ziyaret Tarihi: 15 Haziran 2017]
- Anonim5, Beidou Uydu Konumlama Sistemi  
[https://tr.wikipedia.org/wiki/Beidou\\_uydu\\_konumland%C4%B1rma\\_sistemi](https://tr.wikipedia.org/wiki/Beidou_uydu_konumland%C4%B1rma_sistemi)  
<http://akabamuhendislik.com/beidou-nedir/>  
[Ziyaret Tarihi: 15 Haziran 2017]

Anonim6, Navigasyon ve Kinematik Konumlamada Veri İletimi ve Veri Formatları  
<http://bys.trakya.edu.tr/file/download/76600646/>  
[Ziyaret Tarihi: 09 Nisan 2017]

Anonim7, GPS Ölçü ve Hesaplarını Etkileyen Hata Kaynakları  
<https://haritaonline.blogspot.com.tr/2014/12/gps-olcu-ve-hesaplarn-etkileyen-hata.html>  
[Ziyaret Tarihi: 20 Mayıs 2018]

Anonim8, Ionolab, <http://ionolab.org/index.php?page=ionosphere&language=tr>  
[Ziyaret Tarihi: 12 Aralık 2018]

Anonymous1, An Introduction to GNSS GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo and other Global Navigation Satellite Systems, Second Edition Copyright, 2015. NovAtel Inc. *Published by NovAtel Inc.* 1120–68th Avenue N.E. Calgary, Alberta, Canada.  
<https://www.novatel.com>  
<https://eski.usak.edu.tr/erol.yavuz/942/3>  
<https://www.novatel.com/assets/Documents/Books/Intro-to-GNSS.pdf>  
[Ziyaret Tarihi: 20 Mayıs 2018]

Anonymous2, Natural Resources Canada  
<https://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php?locale=en>  
[Ziyaret Tarihi: 11 Ekim 2018]

Anonymous3, The Multi-GNSS Experiment and Pilot Project (MGEX), Precise Orbit and Clock Products.  
[http://mgex.igs.org/IGS\\_MGEX\\_Products.php](http://mgex.igs.org/IGS_MGEX_Products.php)  
[Ziyaret Tarihi: 09 Aralık 2018]

Anonymous4, Uydu Sistemlerinin Durumu.  
<http://qzss.go.jp/technical/satellites/index.html#QZSS>  
[Ziyaret Tarihi: 09 Aralık 2018]

Anonymous5, Indices of Global Geomagnetic Activity.  
<ftp://ftp.gfz-potsdam.de/pub/home/obs/kp-ap/tab/>  
[Ziyaret Tarihi: 03 Aralık 2018]

Anonymous6, Geomagnetic Activity (Dst)  
[http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst\\_realtime/index.html](http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_realtime/index.html)  
[Ziyaret Tarihi: 03 Aralık 2018]

Anonymous7, Solar Activity (F10.7)  
<http://eng.sepc.ac.cn/F107Index.php>  
[Ziyaret Tarihi: 03 Aralık 2018]

Anonymous8, The International GNSS Service (IGS), IGS Products.  
Adres: <http://igsb.jpl.nasa.gov/components/prods.html>  
[Ziyaret Tarihi: 09 Aralık 2018]

Anonymous9, Pency Geodezi Gözlemevi, Topografya ve Kartografya Jeodezi Araştırma Enstitüsü Jeodezi ve Jeodinamik Anabilim Dalı  
<http://www.pecny.cz/gop/index.php/gnss/sw/tefnut>  
Ziyaret Tarihi: 09 Nisan 2017]

Anonymous10, Post Process RTNet Giriş Dosyaları  
[http://www.gps-solutions.com/rtnet/rtnet\\_input\\_library\\_pp.php](http://www.gps-solutions.com/rtnet/rtnet_input_library_pp.php)  
[Ziyaret Tarihi: 09 Nisan 2017]

Anonymous11, P3 Yazılımı  
<http://www.p3canada.ca/>  
<http://people.ucalgary.ca/~ygao/images/p3%20brochure.pdf>  
[Ziyaret Tarihi: 15 Haziran 2017]

Anonymous12, PPP-Wizard Yazılımı  
<http://www.ppp-wizard.net/>  
[Ziyaret Tarihi: 09 Nisan 2017]

Anonymous13, BKG Ntrip Client (BNC) Yazılımı  
<http://acc.igs.org/misc/bnchelp.pdf>  
[Ziyaret Tarihi: 09 Nisan 2017]

Anonymous14, Real-time Servis Sağlayan Ürünler  
<http://www.igs.org/rts/products>  
[Ziyaret Tarihi: 12 Mayıs 2018]

Anonymous15, RTKLIB Yazılımı  
<http://www.rtklib.com>  
<http://www.geoinfo.ait.ac.th/gps/index.php/downlaod>  
[Ziyaret Tarihi: 20 Mayıs 2018]

Azab, M., El Rabbany, A., Shourky, M.N., Khalil, R. (2011). Precise Point Positioning using combined GPS/GLONASS measurements. *FIG Working Week*, 1-8, Marrakech, Morocco, 18-22 May.

Bisnath S., Gao Y., 2009. Current State of PPP and Future Prospects and Limitations. In *Observing Our Changing Earth*; Sideris, M.G., Ed.; Springer: Berlin, Germany, 2009; pp. 615–623.

Cai C., Gao Y., 2013. Modelling and assessment of combined GPS/GLONASS precise point positioning, *GPS Solutions*, 17(2), 223–236.

Cai C., Gao Y., 2012. Glonass based precise point positioning and performance analysis. *Advances in Space Research*, 51(3), 514–524.

Cai, C., Gao, Y., 2007. Precise Point Positioning Using Combined GPS and GLONASS observations, *Journal of Global Positioning Systems*, 6(1), 13-22.

- Choy S., Zhang K., Silcock D. and Wu F., (2007), Precise Point Positioning - A Case Study in Australia, *In Proc. of Spatial Sciences Institute International Conference (SSC2007)*, pp. 192-202, Hobart, Tasmania, Australia, May 14-18.
- Ding W., Tan B., Chen Y., Teferle F.N., Yuan Y., 2018. Evaluation of a regional real-time precise positioning system based on GPS/BeiDou observations in Australia., *Advances in Space Research*, Volume 61, Issue 3, 1 February 2018, Pages 951-961. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2017.11.009>
- El-Mowafy A., Deo M., Kubo N., (2017). Maintaining Real-time Precise Point Positioning During Outages of Orbit and Clock Corrections, *GPS Solut* 21:937–947, DOI 10.1007/s10291-016-0583-4
- El Rabbany, A., (2006). Introduction to GPS, The Global Positioning System. *Artech House*, 210.
- Elsobeiey M., El Rabbany A.,2014. Efficient between-satellite singledifference precise point positioning model. *J Surv Eng* 140:04014007.
- Elsobeiey M., 2015. Precise point positioning using triple-frequency GPS measurements.,*J Navig*, 68:480–492.
- Elsobeiey, M., Al-Harbi, S. 2016. Performance of real-time Precise Point Positioning using IGS real-time service . *GPS Solut*, 20: 565-571 DOI 10.1007 / s10291-015-0467-z.
- Erdogan, B., Ocalan, T., Karlitepe, F., (19-21 Ekim 2016). Farklı Igs Kombine Yörünge/Saat Ürünleri (CLK10&CLK11) Kullanarak Gerçek Zamanlı PPP (RT-PPP ) Tekniği Performansının Araştırılması. *HKMO-Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 8. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*. Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Erdogan, S., Gullu, M., Baybura, T., Tiryakioglu. I., 2005. Global Konum Belirlemede Hata Kaynakları, Afyon Kocatepe Mühendislik Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, [www.teknolojikarastirmalar.com](http://www.teknolojikarastirmalar.com), ISSN:1305-631X, *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi* ,2005 (2) 47-52
- Gao Y., Shen X., 2002. A New Method For Carrier-Phase–Based Precise Point Positioning, *Navigation*, 49(2),109-116
- Gao, Y., & Chen, K., 2004. Performance Analysis of Precise Point Positioning Using Rea-Time Orbit and Clock Products. *Journal of Global Positioning Systems* Vol. 3, No. 1-2, 95-100.
- Gurturk, M.,2016. Hava Gnss Verilerinin Değerlendirilmesinde Hassas Kinematik Nokta Konumlama.*Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Geomatik Programı, İstanbul.*
- Hadas T, Bosy J (2015) IGS RTS precise orbits and clocks verification and quality degradation over time. *GPS Solut* 19(1):93–105

- Heo JH, Cho J, Heo MB, 2010. Improving prediction accuracy of GPS satellite clocks with periodic variation behavior. *Meas Sci Technol* 21:1–8
- Huang GW, Zhang Q, Xu GC, 2014. Real-time clock offset prediction with an improved model. *GPS Solut* 18(1):95–104
- Jin SG, Komjathy A, 2010. GNSS reflectometry and remote sensing: new objectives and Results. *Adv Space Res* 46(2):111–117
- Kahveci M., Karagoz H., Selbesoglu M.O., Statik ve RTK GNSS Ölçüm ve Hesaplamalarının Karşılaştırılması, *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 2011/1, Sayı 104.  
[http://www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/899594e59b24135\\_ek.pdf](http://www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/899594e59b24135_ek.pdf)  
 [Ziyaret Tarihi: 15 Haziran 2017]
- Kirkko-Jaakkola M., Saarimäki J., Söderholm S., Guinness R., Ruotsalainen L., Kuusniemi H., (2014). P3: A Public Precise Positioning Service Based on a National GNSS Network. *Department of Geodesy and Geodynamics Finnish Geodetic Institute Kirkkonummi.*
- Kouba J., 2003. A Guide to Using International GPS Service (IGS) Products, *IGS Central Bureau*, (on-line publication at <http://igsb.jpl.nasa.gov/igsb/resource/pubs/GuidetoUsingIGSProducts.pdf>).  
 [Ziyaret Tarihi: 09 Nisan 2017]
- Kouba J., Héroux P., 2001. Precise Point Positioning Using IGS Orbit and Clock Products, *GPS Solutions*, 5(2), pp. 12-28.
- Krzan G., Przestrzelski P., 2015. Gps/Glonass Precise Point Positioning With Igs Real-Time Service Products. *Acta Geodyn. Geomater*, Vol. 13, No. 1 (181), 69–81, 2016. DOI: 10.13168/AGG.2015.0047
- Li X., Ge M., Dai X., Ren X., Fritsche M., Wickert J., Schuh H., 2015. Accuracy and reliability of multi-GNSS real-time precise positioning: GPS, GLONASS, BeiDou, and Galileo. *Journal of Geodesy*, (2015) 89:607–635. DOI 10.1007/s00190-015-0802-8
- Li M., Lou Y., Shi C., 2007. Precise orbit determination of GPS satellite using regional tracking network. *In: Proceedings of 15th International Conference on Geoinformatics.*
- Li M., Qu L., Zhao Q., Guo J., Su X., Li X., 2014. Precise Point Positioning with the BeiDou Navigation Satellite System. *Sensors* 2014, 14, 927-943; doi:10.3390/s140100927. GNSS Research Center, Wuhan University, No.129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China.

- Martin A., Anquela A.B., a, Dimas-Pages A., Cos-Gayon F., 2015. Validation of performance of real-time kinematic PPP. A possible tool for deformation monitoring. *Measurement*, Volume 69, June 2015, Pages 95-108. <http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2015.03.026>.
- Ocalan, T., (2015). GNSS Ağlarında GPS Hassas Nokta Konumlama (GPS-PPP) Tekniği Yaklaşımli Çözümler, Doktora tezi, *YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Ocalan, T., Soycan, M., (2012). RTCM/SSR Mesajları İle Gerçek Zamanlı Hassas Nokta Konumlama (PPP-RTK) Tekniği. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4(2),30-41.
- Ocalan, T., Soycan, M., GNSS Verisinin Gerçek Zamanlı İletimi İçin Uluslar arası Standartlar ve Gelişmeler, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 13. *Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara, 18-22 Nisan, (2011).
- Rizos, C., Janssen, V., Roberts, C., Grinter, T., (2012), "Precise Point Positioning: Is the Era of Differential GNSS Positioning Drawing to an End?", *FIG Working Week 2012*, Rome, Italy, 6-10 May 2012.
- Shi C., Geng J., Liu J., Ge M., 2006. Adjustment of LEO and GPS with PANDA in precision orbit determination. *In: Proceedings of ION GNSS 2006*, Sept. 26-29, Fort Worth, Texas, USA
- Shi J., Yuan X., Cai Y., Wang G., 2017. GPS real-time precise point positioning for aerial triangulation. *GPS Solut.* doi:10.1007/s10291-016-0532-2
- Shi C., Zhao Q., Li M., Lou Y., Zhang H., Tang W., Hu Z., Dai X., Guo J., Ge M., Liu J., 2012. WHU's Developments for the GPS Ultra-Rapid Products and the COMPASS Precise Products. *International GNSS Workshop July 23-27, 2012*. University of Warmia and Mazury (UWM) Olsztyn, Poland.
- Takasu, T. ve Yasuda, A., (2009). "Development of the low-cost RTK-GPS receiver with an open source program package RTKLIB": *International Convention Centre Jeju*, Korea.
- Wang Z., Li Z., Wang L., Wang X., Yuan H., 2018. Assessment of Multiple GNSS Real-Time SSR Products from Different Analysis Centers. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2018, 7, 85; doi:10.3390/ijgi7030085
- Weston N.D., Schwieger V., 2010. Cost Effective GNSS Positioning Techniques, *FIG Commission 5 Publications*, p.48.
- Zhang, X., Li, X., Guo, F., 2011. Satellite clock estimation at 1 Hz for realtime kinematic PPP applications, *GPS Solutions*, 15, 315-324.
- Zhao Q., Geng J., Lou Y., Ge M., 2008. Recent Development Of Panda Software in Gns Data Processing, *Research Center, Wuhan University*, 129# Luoyu road, 430079, Wuhan, China. ResearchGate, December, 2008. Doi: 10.1117 / 12.816261 <https://www.researchgate.net/publication/268303689>

Zumberge J.F., Heflin M.B., Jefferson D.C., Watkins M.M., Webb F.H., 1997. Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks. *J Geophys Res* 102:5005–5017.



## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Müzeyyen TURGUT  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Elazığ – 22.12.1987  
**Telefon** : 0 507 939 06 20  
**Faks** :  
**e-mail** : trgtmzyyn@gmail.com

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Balakgazi Lisesi, Merkez, Elazığ	2004
Önlisans	: Fırat Üniversitesi, Sivrice MYO, Merkez, Elazığ	2007
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2014
Yüksek Lisans	: Necmettin Erbakan Üniversitesi, Meram, Konya	

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2007	Geogis Kent Bilgi Sistemleri Harita ve Çevre Mühendislik Taahhüt San.Tic.Ltd.Şti.	Harita Teknikeri
2008	Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü	Kadastro Teknikeri
2014	Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü	Harita Mühendisi
2015-Halen	Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü	Kontrol Mühendisi

### YAYINLAR

Alcay S., Turgut M., 2017. Performance Evaluation of Real-Time Precise Point Positioning Method, *World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS 2017)*, IOP Publishing (IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 95 (2017) 032023, do i :10.1088/1755-1315/95/3/032023)