

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

**TİCARİ YAZILIMLAR İLE ÜRETİLEN KÜRESEL NAVİGASYON UYDU
SİSTEMLERİ ÇÖZÜMLERİNİN DOĞRULUĞU**

TUNA EROL

**DOKTORA TEZİ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GEOMATİK PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. D. UĞUR ŞANLI**

İSTANBUL, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TİCARİ YAZILIMLAR İLE ÜRETİLEN KÜRESEL NAVİGASYON UYDU
SİSTEMLERİ ÇÖZÜMLERİNİN DOĞRULUĞU**

Tuna EROL tarafından hazırlanan tez çalışması 14.01.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. D.Uğur ŞANLI
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. D.Uğur ŞANLI
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Cüneyt AYDIN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Bihter EROL
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. M.Tevfik ÖZLÜDEMİR
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Uğur DOĞAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

İnsanoğlunun var olduğundan bu yana “ben kimim ?” sorusu kadar önemli olmuştur “neredeyim?” sorusuna aradığı cevaplar. Bu sorunun cevabı için insan, önce etrafını sonrasında gözünün tüm gördüklerini resmetmiş, tariflemiş ve ilk adım olarak ölçmeye başlamış ve ölçme ile beraber anlamaya çalışmıştır. Şimdilerde ise gözünün gördüğünün de ötesini merak eden insanın ölçme, anlama ve anlamlandırma çabası kesintisizliğe uğramadan ama baş döndüren bir hızla ilerleyerek halen devam ediyor.

Araştırmaya dayalı bu büyük deryada bir kısma ışık tutmaya çalışan bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde hem motivasyon hem de bilgi, birikim açısından beni sürekli destekleyen hocam Sayın Prof.Dr. D.Uğur ŞANLI’ya, tezimin 6 aylık izleme dönemlerinde yönlendirmeleri ile katkı sunan Prof.Dr.Uğur DOĞAN’a ve Doç.Dr. M.Tevfik ÖZLÜDEMİR’e teşekkür ederim.

Araştırmanın Amerika kısmında bulunan istasyonlara ait verileri hiçbir uğraşı içinde olmadan, heryerden erişme imkanı sunan IGS ve onun veri arşivi SOPAC’a ve Amerika Ulusal Okyanus ve Atmosfer (NOAA) altında bulunan Ulusal Jeodezi Servisi (NGS) yetkililerine açık ve sürekli erişim imkanları sundukları için teşekkür ederim.

Araştırmanın uygulama aşamasında, uzun ve yoğun geçen değerlendirme süreçlerinde CSRS-ppp uygulamasında mail yoluyla bana oldukça yardımcı olan Natural Resources Canada’da görevli Philippe Lamothe’ye, yine aynı sürecin OPUS değerlendirme kısmında Amerika NOAA’da görevli Dave Hatcher’a belki hiç haberleri olmayacak olsa da teşekkür ederim. Araştırmamda kullandığım TOPCON Magnet ticari yazılım konusunda lisans ve kullanım süreçlerinde yardımcı olan TOPCON yetkililerine, İSKİ-UKBS’den veri temini konusunda kişisel olarak yardımcı olan Ömer GÖKDAŞ’a teşekkür ederim.

Doktora sürecince yardımcı olan arkadaşlarım Uzman Dr.Taylan ÖCALAN’a, Yük.Müh. Yener TÜREN’e ve İstanbul’a geliş gidişimde evlerini açan arkadaşlarım Erkan PEHLİVAN, Cem ÖZAT, Yahya Kemal ÖZBAY ve Mehmet HIŞIR’a teşekkür ederim.

Son olarak da beni hep destekleyen aileme ve bugünlere varmamda emeği ve duası bulunan tüm büyüklerime ve öğretmenlerime ne kadar teşekkür etsem azdır.

Ocak, 2019

Tuna EROL

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
ABSTRACT	xxi
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	7
1.3 Hipotez	8
BÖLÜM 2	9
GNSS SİSTEMLERİ	9
2.1 Global Sistemler	10
2.1.1 GPS.....	10
2.1.1.1 Uzay Bölümü	11
2.1.1.2 Kontrol Bölümü	13
2.1.1.3 Kullanıcı Bölümü.....	14
2.1.2 GLONASS.....	15
2.1.3 BEIDOU	18
2.1.4 GALILEO	24
2.2 Bölgesel Sistemler	31
2.2.1 QZSS.....	32
2.2.2 IRNSS/NAVIC.....	34
2.3 Destekleyici Sistemler	39
2.3.1 Uydu Bazlı Destekleyici Sistemler (SBAS)	39

2.3.1.1	WASS - Abd.....	39
2.3.1.2	EGNOS - Ab.....	40
2.3.1.3	MSAS (MTSAT) - Japonya	42
2.3.1.4	GAGAN - Hindistan.....	42
2.3.1.5	SNAS - Çin.....	43
2.3.2	Yer Bazlı Destekleyici Sistemler (GBAS).....	44
BÖLÜM 3		50
GNSS SERVİS SAĞLAYICILAR.....		50
3.1	IGS (International GNSS Service)	51
3.1.1	IGS Ağı.....	52
3.1.2	IGS Ürünleri	53
3.1.3	IGS Çalışma Grupları ve Projeleri.....	56
3.1.3.1	GNSS Performans İzleme Sistemi.....	58
3.1.3.2	Multi-GNSS Extension (MGEX) Projesi	58
3.1.3.3	IGS Gerçek Zamanlı Servis (RTS) Projesi.....	61
3.2	CODE (Center for Orbit Determination in Europe).....	65
3.3	JPL (Jet Propulsion Laboratory).....	67
BÖLÜM 4		70
GNSS İLE GÖZLEMLER VE KONUM BELİRLEME YÖNTEMLERİ İLE HATA KAYNAKLARI		70
4.1	GNSS Gözlemleri	70
4.1.1	Doppler Gözlemleri.....	70
4.1.2	Kod Ölçüleri	71
4.1.3	Faz Ölçüleri	74
4.2	Konum Belirleme ve Ölçü Yöntemleri.....	76
4.3	Hata Kaynakları	78
BÖLÜM 5		81
GNSS VERİ DEĞERLENDİRME BİLEŞENLERİ (YAZILIMLAR)		81
5.1	Bilimsel/Akademik Yazılımlar.....	83
5.2	Ticari Yazılımlar	87
5.3	Web Tabanlı Yazılımlar.....	88
5.4	Yardımcı Yazılımlar	96
5.4.1	TEQC	96
5.5	Yazılımların Veri Değerlendirme Süreçleri	104
5.5.1	İşlevsel Kütüphane.....	104
5.5.1.1	Fiziksel Modeller	104
5.5.1.2	Algoritmalar	105
5.5.1.3	Araçlar	107
5.5.2	Veri Platformu	108
5.5.3	Veri Değerlendirme Çekirdeği	109
BÖLÜM 6		113

UYGULAMA	113
6.1 Uygulamanın Amacı ve Araştırma Süreci.....	113
6.2 Uygulamada Kullanılan Yazılımlar ve Web Servisler	131
6.2.1 GIPSY-ppp	131
6.2.2 OPUS	134
6.2.3 CSRS-PPP	143
6.2.4 TOPCON MAGNET	145
BÖLÜM 7	154
SONUÇ VE ÖNERİLER	154
7.1 GIPSY-PPP Çözümleri	155
7.2 CSRS-PPP Çözümleri.....	161
7.3 OPUS Çözümleri	165
7.4 Uygulama-1 Analiz Sonuçları	174
7.5 TOPCON MAGNET Çözümleri.....	178
7.5.1 Uygulama-2 Baz Çözüm Sonuçları	179
7.5.2 Uygulama-2 Analiz Sonuçları	188
7.5.3 Uygulama-3 Baz Çözüm Sonuçları	191
7.5.4 Uygulama-3 Analiz Sonuçları	196
7.5.5 Uygulama-4 Baz Çözümünde Broadcast ve Precise Ephemeris Kullanımının Anlamlı Olup Olmadığının İrdelenmesi	201
7.5.6 Uygulama-4 Analiz Sonuçları	203
7.5.7 Uygulama-5 Baz Çözümünde Broadcast (GPS) ve Broadcast (GPS+GLONASS) Kullanımının Anlamlı Olup Olmadığının İrdelenmesi.....	204
7.5.8 Uygulama-5 Analiz Sonuçları	207
7.6 Sonuçların Yorumu ve Öneriler.....	208
KAYNAKLAR.....	218
ÖZGEÇMİŞ.....	223

SİMGE LİSTESİ

n	North
e	East
u	Up
S_n	Kuzey-güney yönündeki standart hata
k_n	Sabit katsayı kuzey-güney bileşeni için
S_e	Doğu-batı yönündeki standart hata
k_e	Sabit katsayı doğu-batı bileşeni için
S_u	Yukarı-aşağı yönündeki standart hata
k_u	Sabit katsayı yukarı-aşağı bileşeni için
L	Baz mesafesi
T	Oturum süresi
Δh	Yükseklik farkı
t	Oturum süresi
ns	Nano saniye
μs	Microarc-second
μs	Micrso-second
deg	Degree
Lon.	Longitude
Lat.	Latitude
Sec.	Second
$\vec{\theta}$	Alıcıya göre uydunun hız vektörünü
$\vec{U}_p$ ve $ \vec{V} $	Alıcı ve uydu konumlarını gösteren vektörler
α	$\vec{V}$ ve $\vec{U}_p$ arasındaki açıyı gösterir
t_s	Kod sinyalinin uydudan çıktığı an
t_r	Sinyalin alıcı antenine geldiği an ise
c	Işığın boşluktaki hızı
R_r^s	Uydu alıcı arasındaki mesafe
δt_r	Alıcı saati hatası
δt_s	Uydu saati hatası
$p_r^s(t_r, t_s)$	Uydu-alıcı anteni arasındaki geometrik uzunluk uzay
x_s, y_s, z_s	Uydu koordinat vektörü
x_r, y_r, z_r	Alıcı koordinat vektörü
δ_{ion}	İyonosferik hata
δ_{tro}	Troposferik hata

δ_{tide}	Gel-git etkisi
δ_{multi}	Faz sıçraması
δ_{rel}	Relativistik etkiler
ϵ	Kalıntı hataları (noise)
r	Alıcı
S	Uydu
ϕ_r	Alıcı tarafından üretilen fazı
ϕ^s	Uydudan gelen sinyalin fazını
N_r^s	Uydu-alıcı arasındaki belirsiz tam dalga boyu sayısını
ϕ_e^s	Uydudan yayınlanan fazı
Δt	GPS sinyalinin yolculuk zamanıdır
$p_r^s(t_r, t_s)$	Uydudan yayınlanan fazın alıcı antenine ulaştığı ana kadar yolculuk ettiği geometrik mesafeyi
f	Frekans
λ	Dalga boyu
X, Y, Z	Kartezyen Koordinatlar
h	Elipsoidal yükseklik
ΔS	İstasyonlar arası mesafe (km)
Δh	İstasyonlar arası yükseklik farkı (m)
t	Oturum süresi
X_0, Y_0, Z_0	Yer-merkezli (jeosentrik) kesin kartezyen koordinatlar
ϕ_0, λ_0	Coğrafi koordinatlar

KISALTMA LİSTESİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AGA	Ana GPS Ağı
AIUB	Astronomical Institute of Bern University
APPS	Automatic Precise Positioning Service
ASN	Alım için Sıklaştırma Noktaları
AUSPOS	Australian Online GPS Processing Service
BDH	BEIDOU
BEIDOU	COMPASS
BINEX	BINary EXchange
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BÖHHBÜ	Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim
C/A	Coarse/Acquisition Code
CATI	Category 1, görüş mesafesine bağlı olarak iniş yaklaşma durumu
CATII	Category 2, görüş mesafesine bağlı olarak iniş yaklaşma durumu
CATIII	Category 3, görüş mesafesine bağlı olarak iniş yaklaşma durumu
CDDIS	Crustal Dynamics Data Information System
CLS	Collecte Localisation Satellites
CNES	Centre National d'Etudes Spatiales
CNSA	China National Space Administration
CODE	Center for Orbit Determination in Europe
CORS	Continuously Operating Reference Station
CS	Commercial Service
CSRS	Canadian Spatial Reference System
CSRS-PPP	Canadian Spatial Reference System- Precise Point Positioning Service
DOD	Department of Defence ABD
DOP	Dilution of precision
ECEF	Earth-Centered Earth-Fixed
EGNOS	The European Geostationary Navigation Overlay Service
ESA	European Space Agency
FAGS	Federation of Astronomical and Geophysical Data Analysis Service
FOC	Full Operational Capability
GAGAN	GPS and GEO Augmented Navigation

GAL	GALLILEO
GAMIT	GNSS at MIT
GAPS	GPS Analysis and Positioning Software
GBAS	Ground-based Augmentation System
GDA	Geocentric Datum of Australia
GEO	Geostationary Orbit
GFZ	GeoForschungsZentrum Potsdam
GGOS	Global Geodetic Observing System
GIPSY	GNSS-Inferred Positioning System
GIPSY-OASIS	GNSS-Inferred Positioning System and Orbit Analysis Simulation Software
GLOBK	Global Kalman filter
GLONASS	GLOBAL NAVIGATION Satellite System
GLONASS	Globalnaya navigatsionnaya sputnikovaya sistema
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
GPS	Global Positioning System
GRAS	GNSS Receiver for Atmospheric Sounding
GRGS	Groupe de Recherche de Géodésie Spatiale
IAG	International Association of Geodesy
IERS	International Earth Rotation Service
IGN	Institut Géographique National
IGR	IGS Rapid
IGS	International GNSS Service
IGSO	Inclined Geosynchronous Orbit
IGU	IGS Ultra-rapid
ILRS	International Laser Ranging Service
ILS	Instrument Landing System
INC	Navigation Centre
IOV	In-Orbit Validation, 1.nesil uydular
IRCDR	IRNS CDMA Ranging Stations
IRDCN	Data Communication Network
IRIMS	Range and Integrity Monitoring Stations
IRNSS	The Indian Regional Navigation Satellite System
IRNWT	IRNS Timing Centre
IRTTT	TTC & Uplinking Stations
ISRO	Indian Space Research Organisation
ITRF	International Terrestrial Reference Frame
İSKİ-UKBS	İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi – Uydudan Konum Belirleme Sistemi
JAXA	Japonya Havacılık ve Uzay Dairesi
JPL	Jet Propulsion Laboratory
LAAS	Local Area Augmentatiton System
LASS	The local-area augmentation system
LEO	Low Earth Orbit
LRS	Laser Ranging Station

LOD	Length-of-day
MCC	Mission Control Centre
MEO	Medium Earth Orbit
MGEX	Multi-GNSS Extension
MSAS	Multi-functional Satellite Augmentation System
MTSAT	Multi-functional Satellite Augmentation System
NAS	National Airports System
NAVIC	Navigation Indian Constellation
NAVSTAR	Navigation Satellite Timing & Ranging
NDGPS	Nationwide Differential GPS
NLES	Navigation Land Earth Station
NRCan	Natural Resources Canada
NSRS	National Spatial Reference System
NTRIP	Networked Transport of RTCM via Internet Protocol
OCS	Operational Control Segment
OCX	The Next Generation Operational Control System
OPUS	Online Positioning User Service
OPUS-RS	OPUS Realtime Static
OS	Open Service
PM	Polar Motion
PM rate	Kutup Hareketi oranı
PPP	Precise Point Positioning
PRS	Public Regulated Service
PS	Precision Service
QSS	Quasi-Zenith Uydu Sistem Hizmetleri A.Ş.
QZO	Quasi Zenith Orbit
QZSS	Quasi-Zenith Satellite System
RIMS	Ranging and Integrity Monitoring Station
RINEX	Receiver Independent Exchange Format
RMS	Root Mean Square
RTCM	The Radio Technical Commission for Maritime Services
SA	Selective Availability
SAR	Search and Rescue Service
SBAS	Satellite-based Augmentation Systems
SCC	Space Craft Control Centre
SCOUT	Scripps Coordinate Update Tool
SDCM	System for Differential Corrections and Monitoring
SGA	Sıklaştırma GPS Ağı
SNAS	Satellite Navigation Augmentation System
SOPAC	Scripps Orbit and Permanent Array Center
SPAC	Satellite Positioning Research and Application Center
SPS	Special Positioning Service
TEC	Total Electron Content

TEQC	Translation Editing and Quality Check
TIGA	Tide Gauge
TKGM-CORS	Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Sürekli Gözlem Ağı
TRANSIT	NAVSAT/NAVY, Navy Navigation Satellite System
TUM	Technische Universität München
TUSAGA	Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyon Ağı
TUSAGA-Aktif	Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı-Aktif
VLBI	Very-long-baseline Interferometry
VOR	VHF Omni-directional Radio Range
WAAS	Wide Area Augmentation System
WADGPS	Wide Area Differential Global Positioning System
WDS	World Data System
Wum	Wuhan University
[O]	Open Signal
[S]	Secret Signal

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 GPS uyduları ve yörüngeleri..	11
Şekil 2.2 GPS kontrol bölümü	13
Şekil 2.3 GLONASS yer denetim istasyonlarını gösteren harita	17
Şekil 2.4 Beidou-1 kapsama alanı	19
Şekil 2.5 Beidou-2 kapsama alanı (2012 Yılı İtibariyle)	20
Şekil 2.6 Beidou uydu yörüngeleri	22
Şekil 2.7 Beidou yer kontrol anteni	23
Şekil 2.8 Galileo ilk uydu takımı	27
Şekil 2.9 1978-2014 yılları arası fırlatılmış küresel uydu konumlandırma sistemleri uyduları	29
Şekil 2.10 Dünya'nın üzerinde jeostatik yer yörüngesi, Gps, Glonass, Galileo ve Compass sistemleri; uluslararası uzay istasyonu, hubble uzay teleskobu ve iridium uydu iletişim sistemi yörüngeleri karşılaştırması	30
Şekil 2.11 GNSS'nin global gelir projeksiyonu	31
Şekil 2.12 GNSS'nin sektörlerdeki global gelir dağılımı	31
Şekil 2.13 QZSS uydularının yörüngeye fırlatılma planı	32
Şekil 2.14 Japonya'nın konumuna göre quasi-zenith yörüngesi	34
Şekil 2.15 NAVIC etki alanı	35
Şekil 2.16 IRNSS mimarisi	36
Şekil 2.17 WAAS çalışma prensibi	40
Şekil 2.18 WASS sistemine destek olan 3 adet iletişim uydusu	40
Şekil 2.19 EGNOS yer kontrol ağı	41
Şekil 2.20 EGNOS RIMS istasyonu - Berlin	42
Şekil 2.21 Dünya üzerindeki destekleyici sistemler ve etki alanları	43
Şekil 2.22 GBAS sistem yapısı	44
Şekil 2.23 GBAS çalışma prensibi	46
Şekil 2.24 GBAS sistemine (CAT I) geçiş yapılan yerler	48
Şekil 2.25 Uydu konum belirleme sistemlerinin kısa tarihçesi	49
Şekil 2.26 Günümüz itibariyle GNSS konsepti	49
Şekil 3.1 IGS ağı istasyonları tüm dünya üzerinde	53
Şekil 3.2 IGS istasyonlarında filtreleme	53
Şekil 3.3 IGS Multi-GNSS projesi kapsamındaki istasyonlar	59
Şekil 3.4 EUREF ağı	67
Şekil 4.1 Doppler etkisi	71

Şekil 4.2	Pseudorange ölçmeleri	73
Şekil 4.3	Faz ölçüsü	75
Şekil 4.4	Mutlak konum belirleme	76
Şekil 4.5	Bağıl konum belirleme	77
Şekil 4.6	GNSS ile konum belirleme yöntemleri	78
Şekil 4.7	GNSS temel hata kaynakları	79
Şekil 4.8	GNSS hata kaynakları	80
Şekil 5.1	GNSS veri değerlendirme bileşenleri	83
Şekil 5.2	Web tabanlı servislerin veri değerlendirme süreci	89
Şekil 5.3	AUSPOS kullanıcı arayüzü	91
Şekil 5.4	AUSPOS kabul edildi bilgisi	93
Şekil 5.5	AUSPOS sonuç raporu	94
Şekil 5.6	SCOUT kullanıcı arayüzü	95
Şekil 5.7	TEQC uydu görünürlük grafiği	103
Şekil 5.8	Fiziksel modeller	105
Şekil 5.9	Algoritmalar	106
Şekil 5.10	Araçlar	107
Şekil 5.11	Kullanıcı emeği ve doğruluk arasındaki ilişki	111
Şekil 6.1	IGS ağında uygun istasyon araştırma1	114
Şekil 6.2	IGS ağında uygun istasyon araştırma2	114
Şekil 6.3	Uygulama-1 ve 2 için ABD’de tespit edilen istasyonların olduğu bölge	116
Şekil 6.4	Uygulama-1 ve 2 için ABD’de tespit edilen ağ ve bazlar	116
Şekil 6.5	Uygulama-1 ve 2 için Türkiye’de tespit edilen istasyonların bulunduğu bölge	117
Şekil 6.6	Uygulama-1 ve 2 için Türkiye’de tespit edilen ağ ve bazlar	118
Şekil 6.7	1996-2016 arası ortalama yıllık kapa indeks değişimleri	119
Şekil 6.8	2012 aralık ayı güneş aktivesinin en sakin ve en yoğun olduğu günler	120
Şekil 6.9	2012 aralık ayı güneş aktivesi ve uygun gün belirleme	120
Şekil 6.10	2012 aralık ayı güneş aktivitesi grafiği	120
Şekil 6.11	SOPAC arşiv veri indirme arayüzü	121
Şekil 6.12	2012 kasım ayı güneş aktivitesi grafiği	121
Şekil 6.13	2012 aralık ve kasım ayları güneş aktivesinin en sakin ve en yoğun olduğu günler	122
Şekil 6.14	Uygulama-1-2 ve 3 için ABD’de tespit edilen istasyonların bulunduğu bölge	124
Şekil 6.15	Uygulama-3 ABD’de tespit edilen istasyonların bulunduğu bölge	124
Şekil 6.16	Belirlenen günler için sıcaklık değişimi	125
Şekil 6.17	Belirlenen günler için saatlik sıcaklık bantları	125
Şekil 6.18	Belirlenen günler için nem değişimi	126
Şekil 6.19	Belirlenen günler için yağış miktarı ve görünürlük	126
Şekil 6.20	Belirlenen günler için sıcaklık değişimi	127
Şekil 6.21	Belirlenen günler 2012 ekim için aylık bölgesel değerler	127
Şekil 6.22	Belirlenen günler 2012 aralık için aylık bölgesel değerler	128
Şekil 6.23	24 saatlik gözlem için oluşturulan alt gözlemler ve saat aralığı	128
Şekil 6.24	Uygulamalara ait değerlendirme süreci	130
Şekil 6.25	GIPSY-ppp program ekranından kesit	132

Şekil 6.26	Okyanus yükleme modellerinin etki alanları	133
Şekil 6.27	Okyanus yükleme model dosyası oluşturma	134
Şekil 6.28	OPUS akış süreci	134
Şekil 6.29	OPUS web arayüzü.....	135
Şekil 6.30	OPUS anten yükseliği ölçüm ve yönlendirme	136
Şekil 6.31	OPUS options ekranı	137
Şekil 6.32	OPUS statik çözüm yöntemi	137
Şekil 6.33	OPUS-RS 15 dakikalık data ile yatayda elde edilebilecek konum doğruluğu.....	138
Şekil 6.34	OPUS-RS 1 saatlik data ile yatayda elde edilebilecek konum doğruluğu ...	139
Şekil 6.35	OPUS-RS 15 dakikalık data ile düşeyde elde edilebilecek konum doğruluğu.....	139
Şekil 6.36	OPUS-RS 1 saatlik data ile düşeyde elde edilebilecek konum doğruluğu ..	139
Şekil 6.37	OPUS çözüm dosyası örneği	142
Şekil 6.38	CSRS-PPP kullanıcı arayüzü	143
Şekil 6.39	CSRS-PPP çözüm dosyası	144
Şekil 6.40	PPP direct v2.1 masaüstü uygulama arayüzü.....	145
Şekil 6.41	Topcon Magnet program ekranı.....	146
Şekil 6.42	Topcon Magnet point precissions sekmesi	147
Şekil 6.43	Topcon Magnet GPS obs precissions sekmesi.....	148
Şekil 6.44	Topcon Magnet GPS+postprocess sekmesi.....	148
Şekil 6.45	Topcon Magnet general, engine, troposphere sekmesi.....	149
Şekil 6.46	Topcon Magnet genel ayarlar kısmı	152
Şekil 6.47	Topcon Magnet web import ekranı.....	152
Şekil 6.48	Topcon Magnet web import istasyon arama ekranı	153
Şekil 6.49	Topcon Magnet web import ephemeris arama ekranı	153
Şekil 7.1	Jeosentrik ve toposentrik koordinat sistemleri	156
Şekil 7.2	GIPSY-PPP uygulama-1 tüm sonuçlar (n) bileşeni için	157
Şekil 7.3	GIPSY-PPP uygulama-1 tüm sonuçlar (n) bileşeni için	158
Şekil 7.4	GIPSY-PPP uygulama-1 tüm sonuçlar (e) bileşeni için	158
Şekil 7.5	GIPSY-PPP uygulama-1 tüm sonuçlar (e) bileşeni için	159
Şekil 7.6	GIPSY-PPP uygulama-1 tüm sonuçlar (u) bileşeni için	159
Şekil 7.7	GIPSY-PPP uygulama-1 tüm sonuçlar (u) bileşeni için	160
Şekil 7.8	CSRS-PPP uygulama-1 tüm sonuçlar (n) bileşeni için	162
Şekil 7.9	CSRS-PPP uygulama-1 tüm sonuçlar (n) bileşeni için	162
Şekil 7.10	CSRS-PPP uygulama-1 tüm sonuçlar (e) bileşeni için	163
Şekil 7.11	CSRS-PPP uygulama-1 tüm sonuçlar (e) bileşeni için	163
Şekil 7.12	CSRS-PPP uygulama-1 tüm sonuçlar (u) bileşeni için	164
Şekil 7.13	CSRS-PPP uygulama-1 tüm sonuçlar (u) bileşeni için	164
Şekil 7.14	OPUS uygulama-1 tüm sonuçlar (n) bileşeni için.....	166
Şekil 7.15	OPUS uygulama-1 tüm sonuçlar (n) bileşeni için.....	166
Şekil 7.16	OPUS uygulama-1 tüm sonuçlar (e) bileşeni için.....	167
Şekil 7.17	OPUS uygulama-1 tüm sonuçlar (e) bileşeni için.....	167
Şekil 7.18	OPUS uygulama-1 tüm sonuçlar (u) bileşeni için.....	168
Şekil 7.19	OPUS uygulama-1 tüm sonuçlar (u) bileşeni için.....	168
Şekil 7.20	Soler vd. 2005 çalışmasında elde ettiği değerler	169

Şekil 7.21	Uygulama-1 GIPSY-PPP, CSRS-PPP, OPUS tüm çözüm sonuçları north (n) bileşeni için	170
Şekil 7.22	Uygulama-1 GIPSY-PPP, CSRS-PPP, OPUS tüm çözüm sonuçları east (e) bileşeni için	171
Şekil 7.23	Uygulama-1 GIPSY-PPP, CSRS-PPP, OPUS tüm çözüm sonuçları up (u) bileşeni için	172
Şekil 7.24	Uygulama-1 GIPSY-PPP, CSRS-PPP, OPUS tüm çözüm sonuçları konum ve yükseklik standart sapmaları.....	173
Şekil 7.25	Topcon Magnet uygulama-2 10 günlük ABD bazlar (n) bileşeni sonuçları.	179
Şekil 7.26	Topcon Magnet uygulama-2 10 günlük ABD bazlar (e) bileşeni sonuçları.	180
Şekil 7.27	Topcon Magnet uygulama-2 10 günlük ABD bazlar (u) bileşeni sonuçları.	180
Şekil 7.28	Topcon Magnet uygulama-2 6 günlük ABD bazlar (n) bileşeni sonuçları...	181
Şekil 7.29	Topcon Magnet uygulama-2 6 günlük ABD bazlar (e) bileşeni sonuçları...	181
Şekil 7.30	Topcon Magnet uygulama-2 6 günlük ABD bazlar (u) bileşeni sonuçları...	182
Şekil 7.31	Topcon Magnet uygulama-2 10 günlük Türkiye bazlar (n) bileşeni sonuçları.....	182
Şekil 7.32	Topcon Magnet uygulama-2 10 günlük Türkiye bazlar (e) bileşeni sonuçları.....	183
Şekil 7.33	Topcon Magnet uygulama-2 10 günlük Türkiye bazlar (u) bileşeni sonuçları.....	183
Şekil 7.34	Topcon Magnet uygulama-2 6 günlük Türkiye bazlar (n) bileşeni sonuçları.....	184
Şekil 7.35	Topcon Magnet uygulama-2 6 günlük Türkiye bazlar (e) bileşeni sonuçları.....	184
Şekil 7.36	Topcon Magnet uygulama-2 6 günlük Türkiye bazlar (u) bileşeni sonuçları.....	185
Şekil 7.37	Topcon Magnet uygulama-2 ABD ve Türkiye tüm bazlar için (n) bileşeni sonuçları.....	186
Şekil 7.38	Topcon Magnet uygulama-2 ABD ve Türkiye tüm bazlar için (e) bileşeni sonuçları.....	187
Şekil 7.39	Topcon Magnet uygulama-2 ABD ve Türkiye tüm bazlar için (u) bileşeni sonuçları.....	188
Şekil 7.40	Topcon Magnet uygulama-3 10 günlük (n) bileşeni çözüm sonuçları.....	192
Şekil 7.41	Topcon Magnet uygulama-3 10 günlük (e) bileşeni çözüm sonuçları.....	193
Şekil 7.42	Topcon Magnet uygulama-3 10 günlük (u) bileşeni çözüm sonuçları.....	193
Şekil 7.43	Topcon Magnet uygulama-3 6 günlük (n) bileşeni çözüm sonuçları.....	194
Şekil 7.44	Topcon Magnet uygulama-3 6 günlük (e) bileşeni çözüm sonuçları.....	194
Şekil 7.45	Topcon Magnet uygulama-3 6 günlük (u) bileşeni çözüm sonuçları.....	195
Şekil 7.46	Topcon Magnet uygulama-3 ABD bazlar için (n) bileşeni sonuçları	195
Şekil 7.47	Topcon Magnet uygulama-3 ABD bazlar için (e) bileşeni sonuçları	196
Şekil 7.48	Topcon Magnet uygulama-3 ABD bazlar için (u) bileşeni sonuçları	196

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 GPS uydularının dünden bugüne değişimi.....	12
Çizelge 2.2 GLONASS uydu sistemlerinin yenilenme aşamaları.....	16
Çizelge 2.3 GLONASS uydu takımının durumu.....	18
Çizelge 2.4 Beidou uydu takımı.....	21
Çizelge 2.5 Beidou uydu yörünge bilgileri.....	22
Çizelge 2.6 Galileo sistemi 1. ve 2. nesil uyduların karşılaştırması.....	28
Çizelge 2.7 GPS + QZSS sistemi uydularının yıllar içerisindeki dağılımı.....	33
Çizelge 2.8 IRNSS/NAVIC uydu bilgileri.....	37
Çizelge 2.9 CATII ve CATIII gereksinimleri.....	47
Çizelge 3.1 GPS uydu yörünge / uydu ve istasyon saat bilgileri.....	54
Çizelge 3.2 GLONASS uydu yörünge bilgileri.....	54
Çizelge 3.3 IGS izleme istasyonlarının geosentrik koordinatları.....	54
Çizelge 3.4 Yer dönme parametreleri.....	55
Çizelge 3.5 Atmosferik parametreler.....	55
Çizelge 3.6 IGS çalışma grupları.....	57
Çizelge 3.7 IGS aktif pilot projeler.....	57
Çizelge 3.8 IGS eski çalışma grupları.....	57
Çizelge 3.9 IGS eski pilot projeler.....	57
Çizelge 3.10 Ekim 2017 itibarıyla mevcut olan ürünler.....	60
Çizelge 3.11 RTS analiz merkezleri.....	61
Çizelge 3.12 RTS ürünlerinin içerikleri.....	63
Çizelge 3.13 RTCM mesaj kodlarının anlamı.....	64
Çizelge 3.14 IGS yayın efemeris içeriği.....	65
Çizelge 3.15 JPL hassas yörünge ve saat kesitirim bilgileri (GPS ve GIPPSY için).....	68
Çizelge 3.16 JPL hassas yörünge ve saat kesitirim bilgileri.....	68
Çizelge 4.1 GNSS temel hata kaynakları ve ortalama hata değerleri.....	80
Çizelge 5.1 Bilimsel/Akademik yazılımlar.....	84
Çizelge 5.2 Ticari yazılımlar.....	87
Çizelge 5.3 İnternet tabanlı GNSS değerlendirme servisleri.....	89
Çizelge 5.4 İnternet tabanlı GNSS servisleri kurumlar ve erişim adresleri.....	90
Çizelge 5.5 RINEX başlık (header) verileri.....	99
Çizelge 5.6 Kalite kontrol analiz parametreleri ve anlamları.....	100
Çizelge 5.7 Veri platformu 1. adım.....	108
Çizelge 5.8 Veri platformu 2. adım.....	108
Çizelge 5.9 Veri platformu 3. adım.....	109

Çizelge 6.1	Uygulama-1 ve Uygulama-2 ABD’de tespit edilen istasyonlar ve bazlar.	115
Çizelge 6.2	Uygulama-1 ve 2 için Türkiye’de tespit edilen istasyonlar ve bazlar.....	117
Çizelge 6.3	1996-2016 yılları arasında aylık bazda kapa indeks değerleri.....	119
Çizelge 6.4	Uygulama-3 ABD’de tespit edilen istasyonlar ve bazlar.....	123
Çizelge 6.5	Tüm uygulama süreci için planlanan değerlendirme sayısı.....	129
Çizelge 6.6	Topcon Magnet Tools’un bilgi ve grafik ekranları özellikleri.....	146
Çizelge 6.7	Topcon Magnet Tools’un modülleri ve açıklamaları.....	147
Çizelge 6.8	Topcon Magnet Tools’un baz çözüm yöntemleri.....	149
Çizelge 7.1	GIPSY-ppp, CSRS-ppp ve OPUS yazılımlarının çözüm stratejileri.....	155
Çizelge 7.2	2001 Eckl vd. sonuçlarının üç bileşen (n,e,u) için max ve min değerleri (mm).....	160
Çizelge 7.3	GIPSY-PPP, CSRS-PPP ve OPUS planlanan ve gerçekleşen çözüm sayıları ve oranları.....	174
Çizelge 7.4	Topcon Magnet artan baz mesafesine (ΔS) bağlı olarak tasarlanan deneyde planlanan ve gerçekleşen çözüm sayıları ve oranları.....	179
Çizelge 7.5	Beyk-Kcek bazına ait (u) bileşeni 10 günlük ve 6 günlük değerlendirme sonuçları.....	191
Çizelge 7.6	Topcon Magnet artan yükseklik farkına (Δh) bağlı olarak tasarlanan deneyde planlanan ve gerçekleşen çözüm sayıları ve oranları.....	192
Çizelge 7.7	Long-wlsn bazına ait (n), (e) bileşleri 10 günlük ve 6 günlük değerlendirme sonuçları.....	197
Çizelge 7.8	Uygulama-3 (u) bileşeni 10 günlük ve 6 günlük değerlendirme sonuçları.....	199
Çizelge 7.9	Broadcast-Precise efemeris karşılaştırmasında kullanılan bazlar.....	201
Çizelge 7.10	Artan baz mesafesine bağlı olarak broadcast-precise efemeris farkları (n) bileşeni sonuçları (mm).....	202
Çizelge 7.11	Artan baz mesafesine bağlı olarak broadcast-precise efemeris farkları (e) bileşeni sonuçları (mm).....	202
Çizelge 7.12	Artan baz mesafesine bağlı olarak broadcast-precise efemeris farkları (u) bileşeni sonuçları (mm).....	202
Çizelge 7.13	Artan yükseklik farkına bağlı olarak broadcast-precise efemeris farkları (n) bileşeni sonuçları (mm).....	202
Çizelge 7.14	Artan yükseklik farkına bağlı olarak broadcast-precise efemeris farkları (e) bileşeni sonuçları (mm).....	203
Çizelge 7.15	Artan yükseklik farkına bağlı olarak broadcast-precise efemeris farkları (u) bileşeni sonuçları (mm).....	203
Çizelge 7.16	Broadcast(GPS)-Broadcast(GPS+GLONASS) efemeris karşılaştırmasında kullanılan bazlar.....	204
Çizelge 7.17	Broadcast(GPS)-broadcast(GPS+GLONASS) efemeris (n) bileşeni sonuçları.....	205
Çizelge 7.18	Broadcast(GPS)-broadcast(GPS+GLONASS) efemeris (e) bileşeni sonuçları.....	205
Çizelge 7.19	Broadcast(GPS)-broadcast(GPS+GLONASS) efemeris (u) bileşeni sonuçları.....	206
Çizelge 7.20	CSRS-ppp (GPS)-(GPS+GLONASS) efemeris (n), (e), (u) bileşeni sonuçları.....	207

TİCARİ YAZILIMLAR İLE ÜRETİLEN KÜRESEL NAVİGASYON UYDU SİSTEMLERİ ÇÖZÜMLERİNİN DOĞRULUĞU

Tuna EROL

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. D. Uğur ŞANLI

İlk ortaya çıktığı günden bu yana askeri amacının yanında insanoğlunun hayatına her alanda giren Küresel Konumlama Sistemi (GPS), diğer sistemlerin de (GLONASS, BEIDOU, QZSS, IRNSS vd.) devreye alınması ile oldukça yaygınlaştı. Bugün artık Küresel Yönbulum Uydu Sistemleri (GNSS) olarak hayatımızın içinde daha fazla var olmaya devam etmektedir.

Çeşitli çalışmalar ile GPS konum doğruluğunun özellikle baz uzunluğu ve oturum süresine bağlı olarak değişiminin ne olduğunu tespit etmek adına var olduğu günden bugüne kadar ortaya konmaya çalışılmıştır.

Hem uydu sistemlerinin gelişmesi, çeşitliğinin artması hem de GNSS sistemleri için servis sağlayan kuruluşların (IGS, CODE, JPL vb.) ürünleri konum doğruluğu üzerinde olumlu katkı sağlamıştır. Sistemin ilk çıktığında konum belirleme için uygulanan ölçme yöntemleri, değerlendirme yöntemleri ve değerlendirme yazılımlarında da değişim ve yenilikler kaçınılmaz olarak devam etmiştir.

GNSS sistemlerinden elde edilen veriler değerlendirilirken bilimsel/akademik, ticari yazılımlar ve kullanımı gittikçe artan web tabanlı uygulamalar kullanılmaktadır. Sistemi etkileyen bir çok etki,hata kaynağı giderilmeye çalışılsa da GNSS ile konum belirleme doğruluğunu etkileyen en büyük hata kaynakları yörünge, troposfer ve iyonosfer olarak sıralanabilir.

Tasarlanan uygulamada ABD ve Türkiye’de belirlenen ilk nokta grubunda/bazlarda oturum süresi ve baz uzunluğuna bağlı olarak akademik yazılım GIPSY-ppp, web tabanlı uygulamalar CSRS-ppp ve OPUS ile gözlem süresine (1h,2h,3h,4h,6h,12h ve 24h) bağlı olarak ve ticari yazılım TOPCON-Magnet ile değerlendirmeler yükseklik farkı sabit tutularak artan baz mesafesinde (1km’den 100km’ye kadar) iyonosfer etkisinin minimum (338 ila 347 GPS günleri) ve maksimum olduğu (282 ila 287 GPS günlerinde) koşullarda test edilmiştir. ABD ile Türkiye arasında anlamlı bir farkın olup/olmadığı irdelenmeye çalışılmıştır.

Uygulamanın ikinci kısmında ABD’de belirlenen noktalar grubunda akademik yazılım GIPSY-ppp ile referans nokta konumları kestirildikten sonra artan baz mesafesi sabit tutularak (~10-15km) artan yükseklik farkında (50m’den 1632m’ye kadar) iyonosfer etkisinin en az (338 ila 347 GPS günleri) ve en fazla olduğu (282 ila 287 GPS günlerinde) koşullarda test edilmiştir.

Üçüncü kısımda ticari yazılım TOPCON Magnet’in sunduğu broadcast ve precise efemeris özelliğinin anlamlı olup olmadığı test edilmiştir.

Dördüncü kısımda ticari yazılım TOPCON Magnet’in sunduğu broadcast (GPS) ile broadcast (GPS+GLONASS) efemeris dosyalarının baz değerlendirme sonuçlarına anlamlı bir katkı yapıp yapmadığı test edilmiştir.

Ülke çapında GNSS ile gerçekleştirilen pratik jeodezik çalışmalarda çoğunlukla ticari yazılımlara başvurulmaktadır. Ayrıca yürürlüğe yeni giren Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim (BÖHHBÜ) Yönetmeliğinde, ülke nirengi çalışmalarının yanında, yüksekliklerin ülkemizde de GPS Nivelmanı ile belirlenebileceği belirtilmekte ve bunun için gerekli kısıtlar ortaya konmaktadır. Bu araştırma ile son kullanıcılar için ölçü öncesi planlamaya yönelik deneysel doğruluk tahmini ile ticari yazılımlar için son gelişmeler ışığında sınırların ve sınırlamaların ortaya konması ve bunun yukarıdan aşağıya doğru bir hiyerarşi ile yapılması, yazılımların kullanıcılara sundukları sonuç doğruluklarının net olarak ortaya konması ve analizinin yapılması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: GPS, GNSS, Akademik yazılımlar, Online yazılımlar, Ticari yazılımlar

**ACCURACY OF GNSS SOLUTIONS FROM COMMERCIALY AVAILABLE
SOFTWARE**

Tuna EROL

Department of Geomatic Engineering
PhD Thesis

Adviser: Prof. Dr. D.Uğur ŞANLI

Global Positioning System (GPS), which has entered every aspect of human life since its first appearance, has become widespread with the introduction of other systems (GLONASS, BEIDOU, QZSS, IRNSS etc.).

Today, common name of all systems, Global Navigation Satellite Systems (GNSS) continue to exist in our lives.

Various studies have attempted to determine the GPS position accuracy, especially from the day it existed in order to determine the accuracy depending on base length and session duration.

Both the development of the satellite systems, the increase in the variety and the products that provide services for GNSS systems (IGS, CODE, JPL, etc.) have contributed positively on position accuracy. When the system was first released, changes and innovations continued inevitably in measurement methods, estimation methods and software applied for positioning.

While processing the data obtained from GNSS systems; scientific/academic, commercial software and web-based applications are being used. Although there are many effects that affect the system, the most important error sources affecting the positioning accuracy with GNSS can be listed as orbit, troposphere and ionosphere.

Designed first application, around California in USA (42 stations, 25 baseline) and Istanbul in Turkey (17 stations, 19 baseline) stations have been identified.

The height difference between the stations was kept constant and the baseline length from 0 and 100 km. the effect of height difference was tried to minimize. According to the KP index, minimum ionospheric impact days 4 through 13 in December 2012 (10 days, from 338 to 347 GPS days), and maksimum ionospheric impact days 8 through 13 in October 2012 (6 days, from 282 to 287 GPS days) were specified. Each observation data was subdivided into mutually none-overlapping 1h, 2h, 3h, 4h, 6h, 8h, 12h sessions. The academic software GIPSSY-PPP (ver 6.4), web-based applications CSRS-PPP, OPUS and commercial software were used in the TOPCON MAGNET (ver 4.0.1) assessments respectively.

GNSS solution accuracy with GIPSY-PPP, CSRS-PPP and OPUS software depending on observation sessions and GNSS accuracy were tested with TOPCON software based on observation session and baseline length. In addition, it has been studied is a meaningful difference between Turkey and the United States.

In the second part of the application, another group stations (42 stations, 26 baseline) around California, USA were selected. The baseline length between the stations was kept constant (~10-15km) and the height differences from 50 and 1632 meters. The effect of baseline length was tried to minimize. The effect of the incremental difference between stations height on GNSS positioning accuracy was tested with the commercial software TOPCON MAGNET program on days minimum ionospheric effect (10 days, from 338 to 347 GPS days) and maximum ionospheric effect (6 days, from 282 to 287 GPS days)

In the third part, it was tested whether the broadcast and precise ephemeris characteristic of the commercial software TOPCON Magnet was meaningful.

In the fourth part, it was tested whether broadcast (GPS) and broadcast (GPS + GLONASS) ephemeris files make a meaningful contribution to the baseline solution results.

In practical geodetic studies conducted with GNSS across the country, commercial software is mostly used. Besides the country horizontal control network studies, it is stated that the elevations can now be determined with GNSS in our country and the necessary constraints are introduced for this. With this research, it is aimed to reveal the boundaries and limitations and to make a top-down hierarchy in the light of the latest developments for commercial software and to make clear and accurate analysis of the results of softwares.

Keywords: GPS, GNSS, Academic Software, Web Based Software, Commercial Software

1.1 Literatür Özeti

İlk ortaya çıktığı günden bu yana askeri amacının yanında insanoğlunun hayatına her alanda giren Küresel Konumlama Sistemi (GPS), diğer sistemlerin de (GLONASS, BEIDOU, QZSS, IRNSS vd.) devreye alınması ile bugün artık Küresel Yönbulum Uydu Sistemleri (GNSS) olarak hayatımızın içinde daha fazla var olmaya devam etmektedir.

GPS var olduğu günden günümüze kadar çeşitli çalışmalar ile GPS konum doğruluğunun hangi parametrelere bağlı olarak değiştiğini gözlemlemek adına ortaya konmaya çalışılmıştır. Eckl vd. 2001 yılında yapılan çalışmaları [1] ile GPS ile türetilen bağıl konum duyarlılığının istasyonlar arası mesafe ve gözlem süresine bağlı fonksiyonu olarak ortaya koymuşlardır. Bu çalışmalarında Eckl vd. 1998 yılına ait 10 günlük veri ile baz mesafesinin 26km'den 300km'ye kadar olduğu ve gözlem süresinin de 4 saatten 24 saate kadar olduğu deneysel çalışmayı PAGES yazılımı ile yapmışlar ve n (North), e(East), u(Up) bileşenleri için aşağıdaki,

$$S_n = k_n/T^{0.5} \quad (1.1)$$

$$k_n = 9.5 \pm 2.1mm * h^{0.5} \quad (1.2)$$

$$S_e = k_e/T^{0.5} \quad (1.3)$$

$$k_e = 9.9 \pm 3.1mm * h^{0.5} \quad (1.4)$$

$$S_u = k_u/T^{0.5} \quad (1.5)$$

$$k_u = 36.5 \pm 9.1mm * h^{0.5} \quad (1.6)$$

deneysel sonuçları bulmuşlardır [1].

[1]'deki çalışmaya benzer çalışma diğer araştırmacılar Dong ve Bock 1989 [2];Larson ve Agnew 1991 [3], Feigl v.d. 1993 [4] ise

$$S_n = (L, T = 7h) = p_n + q_n L \quad (1.7)$$

formülasyonunu kullanmışlardır. Benzer şekilde 7 saatlik oturum sürelerinde baz mesafesinin 500km'den küçük ($L < 500\text{km}$) olduğu durumlarda mesafenin etkisini araştırmışlardır. [2], [3], [4] nolu çalışmalara ait gözlemler 1992 yılından önce yürütülmüş olup, var olan GPS sistemi ile en fazla 7 saatlik bir gözlem süresi imkânı bulunmaktaydı.

Yine Beeti vd. 1999 [5] tarafından sürekli gözlem yapılmayan ağlarda deformasyon kontrolü için GPS hassasiyeti ve doğruluğu üzerine farklı deneyler gerçekleştirilmiştir.

Soler vd. [6] 2005 yılında 5 adet ABD CORS istasyonuna ait 2004 yılının Haziran ayında 30 günlük gözlem verisini alt gözlem sürelerine (1,2,3 ve 4 saat) gruplayarak, gözlem süresine bağlı olarak konum doğruluğu üzerine OPUS (Online Konum Belirleme Servisi) kullanılarak elde edilen sonuçları yorumlamışlardır.

$$RMS(cm) = \frac{k}{\sqrt{T}} \begin{cases} k=1.0; \text{horizontal (north and east)} \\ k=3.7; \text{vertical} \end{cases} \quad (1.8)$$

Eckl vd. [1] deneysel formülüne benzer bir tahmin fonksiyonu sunmuşlardır. Bu formülün 2 saat ve daha az süreli gözlemlerde tam sayı belirsizliğinin çözümündeki sorunlar nedeniyle kullanılmamasını, 3 saat ve üzerindeki gözlemlerde daha doğru sonuçların elde edildiğini belirtmişlerdir [6].

HÄKLI vd. [7] 2008 yılında GPS konum belirleme doğruluğunun baz mesafesi ve oturum süresine bağlı olarak değerlendirildiği bu çalışmada, 0,6 km'den 1069 km'ye kadar 10000'in üzerinde bazda, 10 dakikadan 24 saatlik ölçüm süresi için 2003-2005 yılları için değerlendirmeler Trimble Total Control ticari yazılımı ile yapılmıştır. Mesafeye ve gözlem süresi ile yayın ya da hassas efemeris kullanılması durumunda elde edilebilecek doğruluk üzerine formül geliştirmişlerdir. Kendilerinden önce yapılan çalışmalar ile karşılaştırmalar yapmışlardır. Diğer sonuçların aksine kısa süreli gözlemlerde, doğruluğun mesafeye bağlı olduğunu da kendi deney sonuçlarında görmüşlerdir [7].

Şanlı ve Engin [8] 2009 yılında bölgesel üstü alanlarda GPS konum belirleme doğruluğu üzerine yaptıkları çalışmalarında, GPS konum doğruluğunun ölçüm süresine bağlılığı; 4 saatten 24 saate kadar olan oturum sürelerinde ve 300-3000 km bazları üzerinde GIPSY

yazılımı ile test edilmiş ve sonuçlar Eckle vd. 2001 [1] ile karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir ve Eckl vd. 2001’de elde etmiş olduğu deneysel formülü;

$$S_n = (L, T) = [80.19 \times 10^{-6} L^2 / T]^{0.5} \quad (1.9)$$

$$S_e = (L, T) = [218.21 \times 10^{-6} L^2 / T]^{0.5} \quad (1.10)$$

$$S_u = (L, T) = [951.83 \times 10^{-6} L^2 / T]^{0.5} \quad (1.11)$$

olarak bulmuşlardır [8].

Geng vd. [9] 2010 yılında Avrupa’da 12 istasyonun 2007 yılına ait 7 günlük verisini kısa gözlem süreleri (1,2,3 ve 4) ile tamsayı belirsizliğinin en uygun çözümünü PPP stratejisi için araştırmışlardır. Ve en az 3 saatlik gözlem ile mühendislik uygulamaları için gereken milimetre hassasiyetine ulaşabildiklerini gözlemlemişlerdir [9].

Tiryakioğlu vd. [10] 2010 yılında tektonik hareketlerin belirlenmesine yönelik ölçü kampanyalarında gözlem sayısı ve süresinin konum doğruluğuna olan etkilerini araştırmışlardır. GAMIT/GLOBK yazılımı ile elde etmiş oldukları sonuçlara göre en az 8 saatlik ve tekrarlı gözlem yapılmasının gerektiğini tespit etmişlerdir [10].

Öztürk ve Şanlı [11] 2011 yılında iki çalışmayı birleştirerek hem bölgesel hem de global ölçekte hassas bir fonksiyon olarak GPS konum belirleme doğruluğu üzerine yine GIPSY yazılımı ile 3 km’den 3000km’ye bazlar üzerinde değerlendirme yapmışlar ve sonuçları karşılaştırmışlardır [11].

Firuzabadi and King [12] 2011 yılında referans istasyonlarının dağılımı ve oturum süresine bağlı olarak GPS konum belirleme doğruluğu üzerine etkisini 2006 yılına ait 31 günlük veriyi 1,2,3,6,12 ve 24 saatlik gözlem dosyaları halinde ve 26km’den 585km’ye kadar baz mesafelerinde ve referans istasyon sayısı 2’den 16’ya kadar olacak şekilde GAMIT/GLOBK yazılımı ile değerlendirmiştir [12].

Dogan ve Öz Demir [13] 2013 yılında Marmara Bölgesi’nde kabuk deformasyonlarının GPS oturum süresinin fonksiyonuna bağlı olarak incelemelerinde, 10 adet sürekli gözlem istasyonunun 2002-2005 yıllarına ait 4 yıllık verisini 4,6,8,12 ve 24 saatlik gözlem sürelerinde Bernese5.0 yazılımı ile değerlendirmişler. 4 saatlik gözlem süresinde koordinat değişiminin 24 saatlik gözlem süresine göre oldukça fazla olduğunu, 4 saatlik ve saat 12:00 ve 16:00 yerel saatleri arasında artık hataların karesel toplamalarının en yüksek değerinde olduğunu, bunun günlük iyonosferik aktivitenin en

yoğun olduğu saatten ileri geldiğini belirtmişlerdir. 8 saatlik ve daha fazla süreli gözlemlerden elde edilen sonuçların 24 saatlik sonuçlara yaklaştığını tespit etmişler ve Marmara bölgesinde GPS oturum süresinin yatay yer değişiminin yüksek hassasiyette tespiti için önemli olduğunu göstermişlerdir [13].

Panos vd. [14] 2004 yılında Yunanistan’da gerçekleştirdikleri deneylerinde çok kısa baz uzunluklarında GPS statik konum belirleme doğruluğunun ticari yazılım Pinnacle ile oturum süresine bağlı olarak (15,30 dakika, 1,2,3,5,7,8,10 saat ve 1,2,3 günlük veri setleri ile) irdeledikleri çalışmalarında önceki çalışmalar ile tutarlı sonuçlar elde ettiklerini, 3 saatden 24 saate kadar gözlem süresinin anlamlı olduğu, 24 saatten fazla gözlem sürelerinde anlamlı sonuçlar elde etmediklerini, istenilen doğruluk ve maliyet açısından minimum 3 saatlik gözlem yapılması gerektiğini tespit etmişlerdir [14].

Ocalan vd. tarafından gerçekleştirilen 2011 yılına ait İSKİ-UKBS ağına ait noktalarda toplanan data (24 saatlik) ilk olarak akademik Bernese 5.0 yazılımı ile kestirilen koordinatlar kesin değer alınarak, web tabanlı OPUS, AUSPOS, SCOUT, CSRS-ppp, GAPS ve APPS uygulamaları ile değerlendirilmiş ve sonuçlar irdelenmiştir. Bağlı konum belirleme yöntemi ile hesap yapan AUSPOS servisi diğer servisler içinde en uygun, PPP tekniği ile konum belirleyen servislerden APPS sonuçları en uygun olarak tespit edilmiştir. 3 bileşen (X, Y,Z) için servislerin konum belirleme doğrulukları minimum 0.8, 0.9, 2.5 mm’den 11.8, 8,3 ve 14,0 mm aralığında dağılmıştır. Sonuç olarak bağlı konum belirleme yöntemini kullanan servislerin sonuçlarının daha iyi olduğunun yanında tüm servislerin jeodezik uygulamalarda kullanılabileceğini de ortaya koymuştur [15].

şanlı ve Kurumahmut 2008 yılında ABD’deki test ağında 26 adet bazda baz mesafesi 10km civarında sabit tutularak yükseklik farkının 50 metreden 1500metreye kadar değiştiği GPS gözlemlerinin oturum süresine bağlı olarak (1,2,3,4,6,8,12 ve 24saat) akademik yazılım GIPSY OASIS II ile irdeledikleri çalışmalarında yükseklik farkı arttıķa troposfer kestiriminden kaynaklı olarak özellikle kısa süreli oturumlarda etkisini ortaya koydukları çalışmalarını yürütmüşlerdir [16].

Subaşı ve Alkan 2011 yılında internet tabanlı GPS değerlendirme servislerinin doğruluk analiz çalışmalarında İSKİ ağına ait 6 sabit istasyondan alınan 16 Mayıs 2009 ve 6 Kasım 2009 tarihine ait 24 saatlik gözlem verisi ile web tabanlı servisler OPUS, AUSPOS ve SCOUT’da yapılan değerlendirmeleri sonucunda, konum bileşeninde 1-2cm, düşey

bileşende ise birkaç cm doğrulukla konum bilgisinin elde edildiğini, İstanbul ili genelinde yapılan bu çalışma ile söz konusu servislerden elde edilen doğruluğun bir çok ölçme uygulamasında gereksinim duyulan doğrulukta olduğunu tespit etmişlerdir [17].

Gülmez ve Tuşat tarafından 2017 yapılan deneyde TKGM CORS sistemine bağlı 6 adet istasyonda 1 günlük gözlem verisi 2,6 ve 12 saatlik alt gözlem süreleri ile web tabanlı servislerden AUSPOS, Magic-GNSS ve OPUS ile değerlendirilmiş OPUS ve AUSPOS sonuçlarının birbirine daha yakın olduğunu, 24 saatlik gözlemlerde uygulamalar arasındaki farkın santimetre altında kaldığını, 2 saatlik gözlem süresinde ise elde edilen konum doğrulukları arasındaki farkın 3-4cm seviyelerinde olduğunu tespit etmişlerdir [18].

Alçay ve İmren tarafından 2017 yılında Web-tabanlı değerlendirme servislerinin (OPUS ve AUSPOS) statik değerlendirme performansları uzun (24 s) ve kısa (2 s) gözlem sürelerinde 8 IGS istasyonunda yaptıkları deneylerinde söz konusu servisler kullanılarak, tek bir alıcı ile 24 saatlik toplanan verilerden başka hiçbir veriye gereksinim duyulmadan yer kabuğu hareketlerinin izlenmesi, yapı sağlığı izlemeleri gibi yüksek doğruluk gerektiren çalışmalar ve 2 saatlik ölçümlerin yeterli olabileceği kadastral uygulamalar gibi birçok sivil uygulamalar için yeterli olabilecek doğrulukta, oldukça kolay ve ekonomik bir şekilde konum belirlenebileceğini tespit etmişlerdir [19].

Dogan vd. tarafından 2014 yılında Marmara Sürekli Gözlem Ağında 2009 yılında yapmış oldukları gözlemlerde baz mesafesinin 6km'den 237km'ye gözlem süresinin 4 saatten 24 saate kadar olduğu 13 adet baz ile gerçekleştirdikleri deneyde, GPS gözlemleri üzerindeki mevsimsel etkileri gözlemlemek adına 2009 yılının her ayına ait 3 günlük gözlem verisi ve akademik yazılım Bernese 5.0 ile yaptıkları analizde, kış aylarında yaz aylarına göre daha yüksek doğruluk bulduklarını, oturum süresiyle GPS yatay ve düşey konum belirleme doğruluğu üzerindeki doğrusal bir ilişkinin olduğunu, özellikle hassas konum belirlemeye dönük olarak yapılacak çalışmalarda (tektonik hareketlerin tespiti, deformasyon analizi gibi) mevsimsel değişimlerin dikkate alınması gerektiğini tespit etmişlerdir [20].

Uydularla konum belirleme 1980'li yıllarda jeodezik amaçlı kullanılmaya başlandığında en önemli sorunlar; yüksek doğruluklu uydu yörüngeleri hesabı, uydu ve alıcı saati modellemeleriydi. 1980-1990 yıllar arasında gerçek zamanlı olarak 3 boyutta elde

edilen mutlak koordinat doğruluğu ortalama 100-150 metreler mertebesindeydi. Bahsedilen sorunların dışında, bu düşük doğruluğun en büyük nedenlerinden biri seçimli doğruluk erişimi (SA: Selective Availability) etkisinin, ABD tarafından kastlı olarak açık tutulmasıydı. Bunun sonucu olarak, gerçek zamanlı mutlak konum belirleme uygulamalarında hassas koordinat elde edebilmek için 2000’li yıllara kadar beklemek gerekmiştir. Diğer taraftan, mutlak konum belirlemedeki bu olumsuzluk bilim insanlarını farklı arayışlara yöneltmiş ve böylece görelî konum belirleme teknikleri ve modellemeler hızla gelişmeye başlamıştır. Gerçekte, GPS/GNSS yazılım hazırlayanlar kod ve faz gözlemlerine getirilmesi gereken düzeltmelerin neler olduğu konusunda, daha başlangıçtan beri bilgi sahibiydiler. Bu düzeltmelerin büyük bölümü metreler mertebesinde olup, GPS ile konum belirlemede öncelikle dikkate alınmaları gerekmektedir. Diğer taraftan, hesaplamalarda hassas yörünge ve uydu saati bilgileri ile L3 iyonosferden bağımsız lineer kombinasyon kullanıldığında, kod ve faz hesaplamalarında dikkate alınmamış olan bazı diğer etkilerin de hesaba katılması gerekliliği zaman içerisinde ortaya çıkmıştır. Başka bir ifadeyle, büyük etkiye sahip sorunlar giderildikçe, hesaplama ve modelleme algoritmaları geliştikçe daha küçük etkiye sahip hata kaynakları dikkate alınmaya ve gözlemlere düzeltme olarak getirilmeye başlanmıştır [51].

IGS 1990’lı yılların başından itibaren, hassas konum belirleme uygulamaları için GPS/GNSS hata kaynaklarının azaltılması ve modellenmesi hususunda en büyük katkıyı sağlamaktadır. IGS geliştirdiği uluslararası standartlar ve kullanıcılara sunmuş olduğu yüksek doğruluklu veri ve ürünlerle (yörünge ve saat düzeltmeleri, anten faz merkezi değişimleri, gel-git etkileri, atmosferik parametreler, yer dönmesi vb. modeller) gerçek zamanlı uygulamalar ve büro hesaplamaları için hassas konum belirlemeyi bugün mümkün kılar hale getirmiştir [50].

Hassas konum bilgisi gerektiren GPS/GNSS uygulamalarında (jeodezik ve jeodinamik amaçlı çalışmalar, deformasyon analizi vb. çalışmalar) bağıl konum belirleme ilkesi hala etkin olarak kullanılmaktadır. Bilindiği gibi bu yöntemde ölçülerin duyarlılığı baz uzunluğuna ve ölçü süresine bağıl olarak değişmektedir. Duyarlılığın baz uzunluğuna bağıl olarak tanımlanmasının temel nedeni, baz uzunluğu arttıkça kullanılan bağıl konumlama modelindeki başta yörünge ve atmosferik etkiler olmak üzere diğer fiziksel

etkilere ait mekânsal korelasyonun azalmasıdır. Söz konusu hataların en büyük üç adedi yörünge, troposfer ve iyonosfer olarak sıralanabilir

Günümüzde GPS'nin doğruluğunun ölçüm süresine bağlı olarak değiştiği çeşitli zamanlarda yapılan araştırmalarda ortaya konulmuştur. Ancak bunun gerçekleşebilmesi için, başlangıç faz bilinmeyenlerinin çözülmesi, IGS duyarlı yörüngelerinin kullanılması ve baz noktaları arasındaki atmosferik etkilerin giderilmesi gerekmektedir.

Yıllar içerisinde sistemdeki yenilemeler, diğer sistemlerin devreye alınmaları, farklı hesap yöntemlerinin ortaya çıkması ile temelde mutlak ve bağıl olarak konum belirleme mantığı değişmemiş olsa da, her bir yaklaşım altında yeni yöntemler hayatımıza girmektedir. İstenilen amaca, doğruluğa, konum bilgisini elde etme süresine, sahip olduğumuz teknik imkânlarla bağlı olarak birçok yöntem bugün hayatımızda ve seçilen her yöntemin kendine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

1.2 Tezin Amacı

Bugüne değin yapılan araştırmaların çoğunluğu, akademik yazılımlar ile yapılan karşılaştırmalı değerlendirmelere dayanmaktadır. Elbette ki akademik yazılımlar ile elde edilen sonuçlar, değerlendirme stratejileri, fazladan bir çok etkiyi dikkate alması açısından ideal olana en yakın, en doğru sonuçları elde ettiklerinden, sistemi ve sistemden elde edilen konum doğruluğu üzerine doğru yorumlanması açısından böyle olması da gayet normal bir durumdur.

Ticari yazılımlar ile üretilen GNSS çözümlerinin doğruluğu üzerine çalışmalar bugüne değin kısıtlı kalmıştır. Yapılan uygulamalarda ise gözlem süreleri, baz mesafeleri, çözüm stratejileri açısından dar kapsamlı ele alınmıştır. Günümüzde ülke temel GPS ağına dayalı büyük ölçekli haritaların yapılmasında ve ayrıntı ölçmelerinde GPS verileri ticari yazılımla değerlendirilmektedir. Bilinen akademik ve ticari yazılımların yanında bugün hayatımıza hızla giren web tabanlı değerlendirme servisleri de etkinliklerini, çeşitliliklerini ve kullanıcı sayısı her geçen gün artırmaktadır. Bu çalışmada ticari yazılım olan TOPCON MAGNET ile baz mesafesi ve gözlem süresine bağlı olarak, IGS ölçeğinde hassas konum belirleme doğruluğuna ne ölçüde yaklaşılabildiğini ortaya net olarak

koymak hedeflenmiştir. Böylece ticari yazılımın konum belirleme doğruluğunun gücü, dünden bugüne yazılımlar ile GNSS sistemindeki gelişmelerin yorumlanması ve gündelik kullanıcılar için önsel doğruluk tahminin ortaya konması, bunu gerçekleştirmeye çalışırken de yukarıdan aşağıya doğru bir mantıkla bu doğruluğun geçerli yönetmeliğimiz açısından irdelenmesi amaçlanmıştır.

Ülkemizdeki jeodezik çalışmalarda yoğun olarak kullanılan ticari yazılımların baz çözümü ile elde edilen konum doğruluğunun Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliğinde belirtilen doğruluklar ile ne derece uyduğu konularına ışık tutulacaktır.

1.3 Hipotez

Çalışmanın amacına göre tasarlanan deneyler ile değerlendirme stratejisinde yukarıdan aşağıya doğru bir mantıkla Akademik, Web tabanlı ve ticari yazılım ile GNSS sisteminde elde edilebilecek konum doğruluğunun hem yıllar içerisindeki değişimi, hem de yazılımların gücü ve birbirleri ile kıyaslanması imkanı ile;

Yeni ticari yazılım ve IGS ürünleriyle hala hafızalardaki 20-30 km menzili geçerli mi yoksa menzil daha genişledi mi?

Ticari yazılımın baz çözüm doğruluğu kısa mesafede akademik yazılımla uyuyor mu?

GPS+GLONASS duyarlılığı artırıyor mu? Nasıl?

Hassas yörüngenin sonuçlara etkisi var mı?

Noktalar arası aşırı yükseklik farkının etkisi ne ve akademik yazılım sonuçlarından farkı var mı?

IGS tarafından 2-3mm yatayda ve 3-5mm düşeyde konum doğruluğu olarak belirlenen “yüksek hassasiyetli standart” a ticari yazılım tarafından ulaşılabilir mi?

Ticari yazılımların baz çözümü ile elde edilen konum doğruluğu, Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliğinde belirtilen doğruluklar ile ne derece uyumakta?

GNSS SİSTEMLERİ

Günümüzdeki modern konum belirleme teknolojisi için dönüm noktası 1957 yılında ABD tarafından fırlatılan SPUTNIK yapay uydusu ile başlamış oldu [21]. 1960'larda SPUTNIK-1'in yörüngeye sokulmasından sonra ABD Johns Hopkins Üniversitesi Fizik Laboratuvarı'ndaki bilim adamları tarafından yapılan deneyler, uydunun yayınladığı radyo dalgalarının Doppler değişimleri analiz edilerek uydunun yörüngesinin saptanabileceğini gösterdi. Eğer bir uydunun konumu, konumu belirlenen bir istasyonda Doppler değişimini ölçerek saptanabilirse o zaman istasyonun konumu belirlenebiliyordu. Bugün baş döndüren hızla geldiğimiz noktadaki tüm bu sistemler 1960'larda temeli atılan ve geliştirilen TRANSIT sistemine dayanmaktadır. Sistem, ABD tarafından askeri amaçlı (uçak vb. askeri araçların konumlarını belirleyebilmek amacıyla) geliştirilmiş olup yeryüzüne yaklaşık uzaklığı 1100 km olan 6 uydudan oluşmaktaydı.

1960'lı yıllarda ilk uydularla konum belirleme sistemi olan TRANSIT sistemi ile kullanılmaya Doppler gözlemlerinin temel prensibi, kaynak ile gözlem noktası (uydu ve alıcı) arasındaki mesafenin gözlemlenen ses ve radyo dalgasının frekansının değişimi ile bulunmasına dayanmaktaydı. TRANSIT sistemi ile nokta konumunun belirlenebilmesi için çok uzun oturumlar yapılması gerekmektedir ve nokta konum doğruluğu 1 m seviyelerindeydi. Bundan dolayı bu sistem sadece kontrol uygulamaları ve navigasyon için kullanılmaktaydı. Sistemin sağladığı nokta konum duyarlılığı mühendislik uygulamaları ya da daha hassas ölçümler için (jeodezik uygulamalar, deformasyon ölçmeleri, proje uygulamaları vb.) için yeter düzeyde değildi.

Daha sonra ihtiyaçlar doğrultusunda sivil kullanıma açılan TRANSIT sistemi zamanla birçok gereksinim için yetersiz kalmaya bağladı. Sistemin en büyük eksikliği doğruluğunun çok dğk olması ve anlık veri sağlayamamasıydı [22].

TRANSIT sisteminden sonra bu program geliğtirilerek NAVSTAR GPS adını aldı. Bu ikinci nesil konum ve navigasyon belirleme sistemi Doppler gözlemleri yerine, kod (Pseudo-Range) ve faz ölçmelerini kullanmaktaydı. Bununla birlikte TRANSIT sisteminin uzun oturumlar ve dğk nokta konum duyarlılığı gibi dezavantajları giderilmiğti [23].

Bu amaçla 1970'lerin bağında ABD Savunma Bakanlığı (Department of Defence) tarafından geliğtirilen Küresel Konum Belirleme Sistemi (Global Positioning System) uydu tabanlı bir konum belirleme sistemidir. Sistemin TRANSIT sistemine göre getirdiği yenilikler; her türlü hava koğulunda, herhangi bir yer ve zamanda, anında, sürekli ve yüksek hassasiyette konum, hız ve zaman bilgisi sağlaması oldu [24].

Bununla birlikte küresel anlamda konum verisi elde etme ihtiyacı sadece ABD ile sınırlı kalmayıp zamanla tüm dünyada önemli bir konu haline gelmiğtir. Bu bağlamda zaman içerisinde Rusya tarafından GLONASS, Avrupa Birliği lkeleri tarafından GALILEO, Çin'in ürettiği BEIDOU, Japonya'nın QZSS ve Hindistan'ın IRNSS sistemleri geliğtirilmiğtir. Uydularla konum belirleme sistemlerinde ne çıkan temel dğnce sistemin ulağılabilir, sürekli, doğru, güvenilir ve kolay kullanılabilir olmasıdır.

Buğn itibariyle GPS, GLONASS, BEIDOU, QZSS, IRNSS ve diğer sistemler birlikte, Küresel Uydu Konumlandırma Sistemleri, GNSS (Global Navigation Satellite Systems) olarak anılmaktadır.

2.1 Global Sistemler

Bu bölümde tüm dünya genelinde kullanılmakta olan global sistemler hakkında bilgi verilecektir.

2.1.1 GPS

Dünya üzerinde ilk konum belirleme servisi olması açısından diğer sistemler için referans olma özelliğini sürekli koruyacaktır. 1960'lı yıllarda bağlayan ilk arağtırmalardan günümüze değin süreçte ilk ıkığ noktası olan nokta konum belirleme,

navigasyon (yön bulum) ve zaman servisi sağlaması açısından değişerek, gelişerek ilerlemesine devam etmektedir.

Küresel Konum Belirleme Sistemi (GPS) temel olarak 3 bileşenden oluşmaktadır.

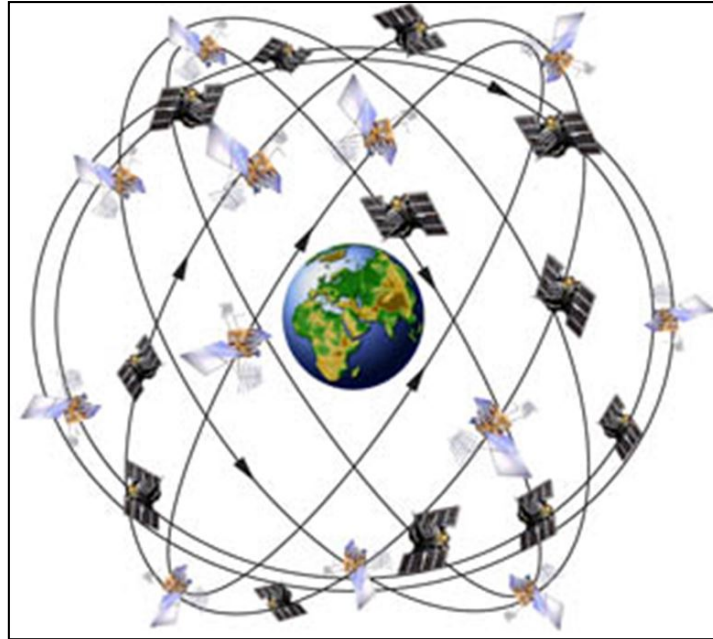
- Uzay Bölümü,
- Kontrol Bölümü ve
- Kullanıcı Bölümü.

2.1.1.1 Uzay Bölümü

GPS uzay bölümü alıcılara radyo sinyallerini ulaştıran uydu takımlarından oluşmaktadır. ABD sistem yürütücülerı uydulardan en az 24 adet uydunun sürekli olarak aktif olmasını sağlamaktadır. Bunu sağlamak amacıyla son yıllardan bu yana toplam 31 adet uydu operasyonel olarak hizmet vermektedir.

GPS uyduları 20.200km (12.550mil) yükseklikte ve orta yörüngede ve her uydu dünyayı günde iki kez dönecek şekilde geçmektedir [25].

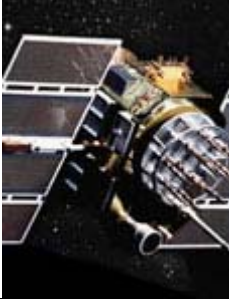
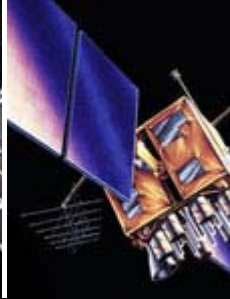
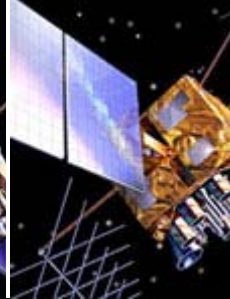
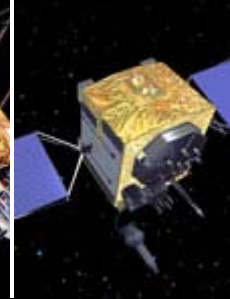
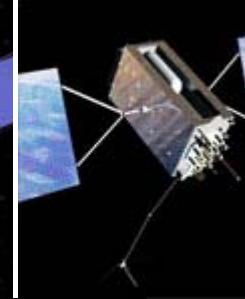
GPS uyduları dünyayı çevreleyen 6 eşit aralıklı yörüngesel düzlemde her birinde en az 4 uydu olacak şekilde dizayn edilmiştir. Böylelikle dünyanın herhangi bir yerinde en az 4 uydunun görülebilmesini sağlanmaktadır.



şekil 2.1 GPS uyduları ve yörüngeleri [25]

2011 yılından beri her durumda 24 adet uydunun aktif olması Amerikan Hava Kuvvetleri tarafından sağlanmaktadır.

Çizelge 2.1 GPS uydularının dünden bugüne değişimi [25]

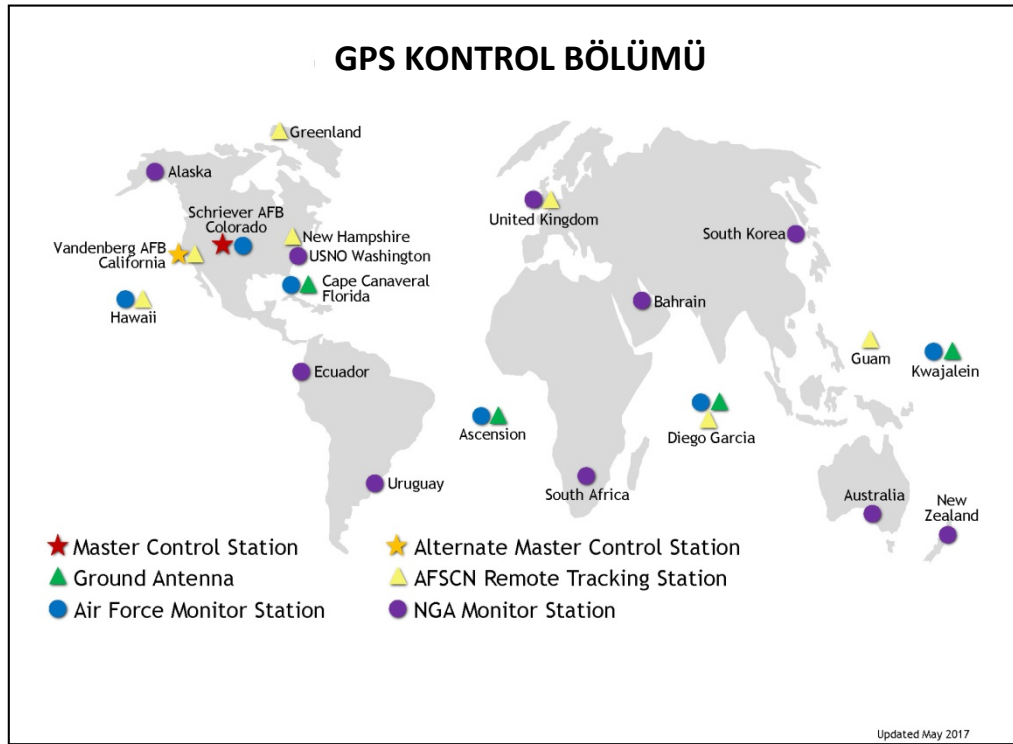
ESKİ UYDULAR		YENİLENEN UYDULAR		
				
BLOCK IIA	BLOCK IIR	BLOCK IIR-M	BLOCK IIF	GPS III/IIIF
1 operasyonel	11 operasyonel	7 operasyonel	12 operasyonel	Yapım Aşamasında
(C/A) code on L1 frequency sivil kullanıcılar için Precise P(Y) code on L1 & L2 frequencies askeri kullanım 7.5-yıl tasarlanan ömür Atılış 1990-1997 En son atılış 2016	C/A code on L1 P(Y) code on L1 & L2 Saat izleme 7.5-yıl tasarlanan ömür Atılış 1997-2004	Tüm eski sinyaller 2. Sivil sinyal L2 (L2C) Yeni askeri kod, M code sinyal karıştırmaya karşı korumalı Askeri sinyaller için esnek güç seviyeleri 7.5-yıl tasarlanan ömür Atılış 2005-2009	Block IIR-M tüm sinyalleri 3. Sivil sinyal L5 frequency (L5) Geliştirilmiş atomik saat Geliştirilmiş duyarlık, sinyal, güç ve kalite 12 yıl tasarlanan ömür Atılış 2010-2016	Block IIF tüm sinyalleri 4. Sivil sinyal L1 (L1C) Geliştirilmiş sinyal güvenliği, doğruluk ve bütünlük Seçimli doğruluk erişimi (S/A) yok 15-yıl tasarlanan ömür IIIF: lazer reflektör Tasarlanan Atılma 2018

12 Mayıs 2018 tarihi itibarıyla, GPS sisteminde hizmet dışı, ya da yörünge yedekleri dahil olmak üzere toplam 31 adet operasyonel uydu bulunmaktadır.

2.1.1.2 Kontrol Bölümü

GNSS Kontrol bölümü; ana kontrol istasyonu, kontrol istasyonları ve izleme istasyonlarından oluşur. Bu istasyonlar hassas atomik saatlerle donatılmış ve dünya üzerine homojen şekilde dağılmıştır. Ascension, Colorado Springs, Diego Garcia, Hawaii, Kwajalein’de bulunan 5 sabit izleme istasyonu ve Cope Conaverol yer anteni istasyonundan GNSS uyduları sürekli olarak takip edilir ve uyduların gönderdiği sinyaller bu istasyonlarda toplanır. Colorado Springs’de bulunan Ana kontrol ve izleme istasyonuna diğer izleme istasyonlarından toplanan veriler aktarılır.

Uyduların yeni yörünge bilgileri ve saat bilgileri, bu verilerle ana kontrol istasyonunda hesaplanarak yine online sistemiyle yer kontrol istasyonlarına gönderilir. Yer kontrol istasyonlarından, yer antenleri yardımıyla, S-Band dalgalarıyla bu bilgiler uydulara her gün düzenli olarak yüklenir [26].



Şekil 2.2 GPS kontrol bölümü [25]

Uydulara yüklenen navigasyon mesajı bilgileri, uydu modeline bağlı olarak en az 14 günlük en fazla 210 günlük bir süreyi kapsamaktadır. Almanak verileri ise efemeris parametrelerinin bir kısmından oluşmaktadır ve 15 efemeris bilgisinin yalnızca 7

tanmesini kapsamaktadır. Almanak verileri tüm uyduların yaklaşık konumlarını hesaplamada kullanılmaktadır [22].

GPS kontrol bölümü, GPS uydularını takip eden, uyduları izleyen, analizleri gerçekleştiren ve uydulara komutlar ve veriler gönderen küresel bir yer hizmetleri ağından oluşmaktadır.

Operasyonel Kontrol Bölümü (Operational Control Segment; OCS) bir ana kontrol istasyonu, bir alternatif ana kontrol istasyonu, 11 komut ve kontrol antenleri ve 16 izleme istasyonunu içerir. Bu tesislerin yerleri Şekil 2.2'deki haritada gösterilmektedir.

İlerleyen zamanda Yeni Nesil Operasyonel Kontrol Sistemi (OCX; The Next Generation Operational Control System), GPS kontrol bölümünün gelecekteki versiyonu olarak planlanmaktadır. OCX tüm modern ve eski GPS uydularını, tüm sivil ve askeri navigasyon sinyallerini yöneteceği ve yeni nesil GPS operasyonları için gelişmiş siber güvenlik ve dayanıklılık sağlayacağı planlanmaktadır. Planlanan bölümleri;

- Bir Ana Kontrol İstasyonu ve Alternatif Ana Kontrol İstasyonu
- Özel Monitör İstasyonları
- Yer Antenleri
- GPS Sistemi Simülatörü
- Standart Uzay Yönetimi Biriminden oluşması planlanmaktadır [25].

2.1.1.3 Kullanıcı Bölümü

Kullanıcı bölümü elinde GNSS alıcısı bulunan ve konum bilgisi elde etmek isteyen askeri ve sivil amaçlı kullanıcılardan oluşur. Kullanıcı bölümü daha geniş tanımlama ile kullanıcılara sunulan uygulamaya ait donanım ve hesaplama tekniklerinin geniş bir aralığı da içermektedir. Kontrol noktaları üzerine kurulan GNSS alıcıları kullanıcı bölümünü oluşturur. GNSS alıcısı; alıcı anteni, alıcı, kayıt ünitesi ve güç kaynağı bölümlerinden oluşur [27] ve ölçü sırasında;

- Anlık faz farkı ölçüleri (data, ham ölçüler)
- Yayın efemeris bilgileri (uydu yörünge bilgileri)

- Atmosferik bilgiler (iyonosfer ve troposfer bilgileri)
- Mesaj bilgileri (anten yüksekliği ve nokta bilgileri) kayıt edilir.

Alıcıların anlık üç boyutlu konumunu belirleyebilmesi için en az 4 veya daha fazla uydudan sinyal alması gerekmektedir. 3 uydu konum tespiti, 1 uydu da uydu alıcı saat farkını çözmek için gereklidir. Böylece alıcılarla yeryüzündeki noktaların konumları belirlenmektedir [28].

2.1.2 GLONASS

GLONASS (Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema veya **Global Navigation Satellite System**) Küresel Navigasyon Uydu Sistemi olarak tanımlanmaktadır.

Rusya tarafından geliştirilmiş ikinci kuşak bir küresel uydu konumlandırma sistemidir. Dünyanın GPS'den sonra ikinci işler hale gelmiş uydu konumlandırma sistemidir [29], [30].

En uygun durumda çalışabilir olarak gelişimi 1976 yılında Sovyetler Birliği'nde başlayan GLONASS, uydu takımları o zamana kadar çok sayıda taşıyıcı roketle eklemeler yoluyla 1995 yılında tamamlanabilmiştir. Sovyetler Birliği'nin çöküşünü takiben ekonomik daralma yüzünden 2001'e kadar sadece 7 uydu işler halde bulunmaktaydı. 2001 yılından sonra programın yeniden etkinleştirilmesi hayata geçirilmiştir. GLONASS, Rusya Federal Uzay Kurumu'nun (Roskosmos) 2010 yılında bütçesinin neredeyse üçte birini tüketen en pahalı yapımı olmuştur [29].

2010 yılına kadar GLONASS Rusya topraklarının tamamına ulaşmış ve 2011 yılı Ekim ayında, toplam 24 uydudan oluşan tüm yörünge takımları ile tam küresel kapsama alanına erişmiştir. GLONASS uydularının, 2011'de başlayan ve 10 yıllık yaşam süresi olan GLONASS-K sürümü ile, tasarımları bir takım yükseltmeler içermektedir.

GLONASS sisteminin öncesinde 1979'da 4 uydu ile işleyen ilk uydu destekli konum belirleme sistemi kurulmuştu. COSMOS adı verilen ilk GLONASS uydusu, 12 Ekim 1982'de uzaya fırlatılmıştı. Sistem, GPS'e benzer nitelikte birimlerden oluşmaktaydı. 8 adet yer istasyonu, sistemi kontrol etmek amacıyla Rusya sınırları içerisinde konuşlandırılmıştı.

GLONASS öncesi Tsiklon adı verilen ilk Rus konumlandırma sistemi; 15 Mayıs 1967 (Cosmos 158) ve 27 Temmuz 1978 (Cosmos 1027) tarihleri arasında yörüngeye yerleştirilmiştir. Küresel çapta olmasa da bölgesel olarak ve yönlendirilebilir özellikle uydulardan oluşan Tsiklon (Anlamı; Kuvvetli Fırtına) Sovyetler'in ilk uydu konumlandırma sistemiydi [31].

GLONASS sisteminde yörüngeler yaklaşık olarak 11 saat 15 dakikalık bir yörüngesel devir sağlayan, yeryüzünden 19,100 km yükseklikteki ve 64.8° civarında bir eğim ile birlikte yaklaşık dairesel bir yörünge düzlemindedir. Düzlemler kendilerini 15° yer değiştirme serbestisine sahiptir. Genel olarak bu yerleşim ile en az beş uydu verilen herhangi bir zamanda verilen herhangi bir noktadan görünür olabilmektedir [32].

Çizelge 2.2 GLONASS uydu sistemlerinin yenilenme aşamaları [32]

Uydu serisi	Fırlatma	Geçerli durum	Saat hatası	FDMA sinyalleri		CDMA sinyalleri			Birlikte çalışabilir CDMA sinyalleri		
				1	2	1	2	3	1	2	3
GLONASS	1982-2005	Hizmet dışı	5×10^{-13}	L1OF L1SF	L2SF						
GLONASS -M	2003-2016	Hizmette	1×10^{-13}	L1OF L1SF	L2OF L2SF			L3OC			
GLONASS -K1	2011-2013	Hizmette	5×10^{-14} - 1×10^{-13}	L1OF L1SF	L2OF L2SF			L3OC			
GLONASS -K2	2015-2024	Tasarım	5×10^{-14}	L1OF L1SF	L2OF L2SF	L1OC L1SC	L2OC L2SC	L3OC			
GLONASS -KM	2025-	Araştırma		L1OF L1SF	L2OF L2SF	L1OC L1SC	L2OC, L2SC	L3OC L3SC	L1O CM	L3OC M	L5OC M
[O] Açık sinyal (open signal) (Standart Doğruluk için) [S] Karartılmış / gizli sinyal (Yüksek Doğruluk için); [F] FDMA, [C] CDMA Glonass-M serisi 2014'ten sonra L3OC (L3-Açık-CDMA) sinyallerinide içermesi planlanmaktadır.											

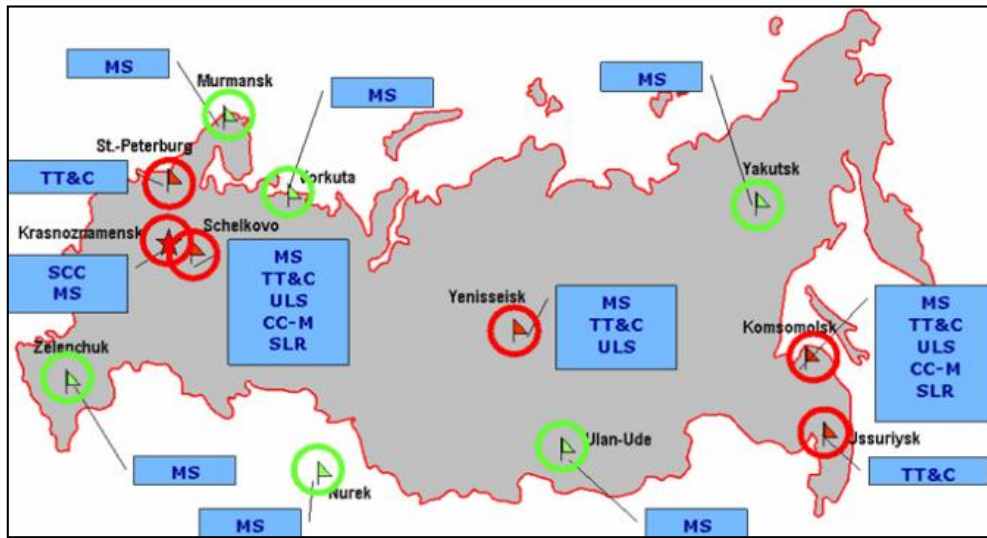
L1OCM sinyali; Geliştirilmiş GPS sinyali L1C ve Galileo / Compass sinyalleri E1'e

L5OCM sinyali; GPS sisteminin, L5 sinyaline ve Galileo / Compass sinyali E5a 'ya

L3OCM sinyali Galileo / Compass E5b sinyaline benzer modülasyonda tasarlanmıştır.

Böyle bir düzenleme ile bir çok global sisteme uyumlu GNSS alıcılarının daha kolay ve daha düşük maliyetli donanımı sağlanmış olacaktır.

GLONASS sisteminin yer kontrol bölümü Brasília, Brezilya'daki bir istasyon dışında, neredeyse tamamı eski Sovyetler Birliği toprakları içinde yer almaktadır. Yer Kontrol Merkezi ve Saat Standartları birimi Moskova'da yer almaktadır. Telemetri ve izleme istasyonları Sankt-Peterburg, Ternopil, Yeniseysk ve Komsomolsk, Ulan-Ude'de bulunmaktadır [33].



Şekil 2.3 GLONASS yer denetim istasyonlarını gösteren harita [33]

GLONASS yer bölümü aşağıdaki birimlerden oluşmaktadır.

- Bir Sistem Kontrol Merkezi;
- Beş Telemetri, İzleme ve Komuta Merkezi;
- Bir Merkezi Saat Düzeltim İstasyonu;
- Üç Yükleme İstasyonu;
- İki Lazer Menzilleme İstasyonu ve
- On İzleme ve Ölçüm İstasyonundan oluşmaktadır.

Sistem yaygınlaştıkça bugün itibarıyla GLONASS sinyallerinden yararlanabilen KUKS alıcıları üreten kuruluşların sayısı da artmaktadır. Septentrio, Topcon, C-Nav, JAVAD, Magellan Navigation, Novatel, Leica Geosystems, Hemisphere GNSS, Trimble Inc. GLONASS destekli alıcı üreten kuruluşlardır. 2011

yılından itibaren çeşitli akıllı telefon üreticilerinin son kullanıcı aygıtlarına GLONASS yeteneği eklenmiştir.

Sistemde Rusya Federasyonu topraklarının tamamını kapsayan sürekli seyrüsefer hizmetleri için 18 uydu ve dünya çapından hizmet sunulabilmesi amacıyla 24 uydu sürekli hizmet vermektedir. GLONASS sistemi dünya çapında toprakların % 100'ünü kapsamaktadır.

Çizelge 2.3 GLONASS uydu takımının durumu [33]

Uydu takımındaki toplam uydular	29 SC
İşletimde	24 SC (Glonass-M)
Devreye alma aşamasında	0 SC
Uçuş testleri	2 SC (Glonass-K)
Bakım altında	0 SC (Glonass-M)
Yedek	2 SC (Glonass-M)
Uçuş testleri aşamasında	2 SC (Glonass-M)
Hizmetten Çekme aşamasında	—

2.1.3 BEIDOU

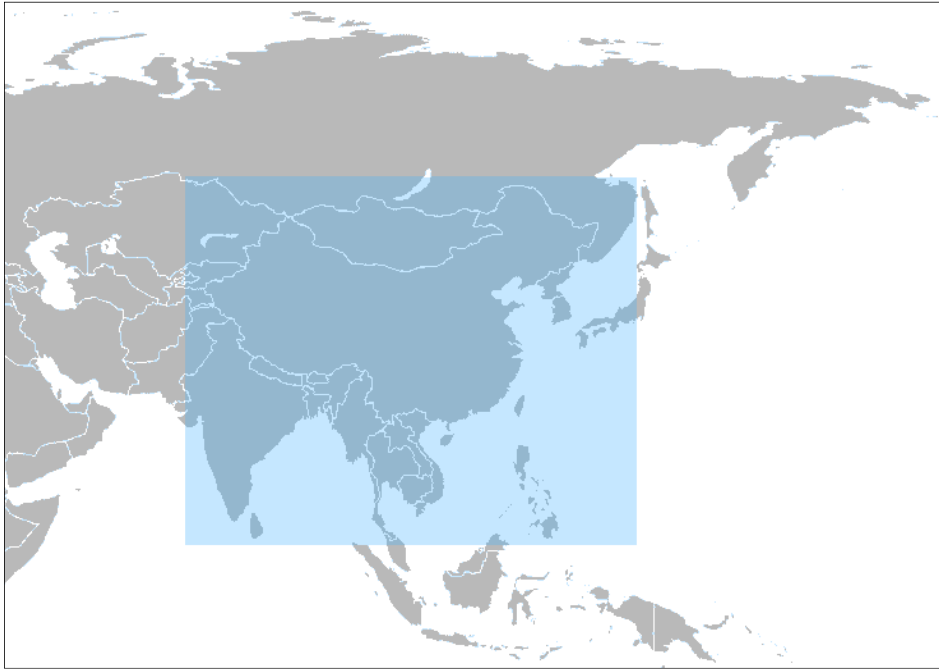
Beidou Uydu Konumlandırma Sistemi Çin merkezli uydu navigasyon sistemidir. İlk olarak bölgesel konumlama servisi olarak temelleri 1983 yılında atıldı. 1989 yılında 2 adet DFH-2/2A iletişim uyduları ile sistemin gelişimi devam etti. İlk özel uydu olan BeiDou-1A, 30 Ekim 2000'de ardından 20 Aralık 2000'de BeiDou-1B uydusu fırlatıldı. Üçüncü uydu olan BeiDou-1C, 25 Mayıs 2003'te yedek olarak yörüngeye yerleştirildi [34].

İlk konsept BeiDou-1 (BeiDou çince olup anlamı Büyük Kepçe Takımyıldızı) uyduları 15 Aralık 2003 tarihinde ilk nesil BeiDou sistemi olarak Çin'i navigasyon uydu sistemlerine sahip üç ülkeden biri haline getirerek başarılı bir şekilde devreye alındı [35].

2006 yılında, Çin resmi olarak ulusal ikinci nesil GNSS'nin BeiDou-2 (Alternatif bir isim olarak Compass) takımyıldızı dahil olmak üzere, gelişimini açıkladı.

2000 yılından bu yana faaliyet gösteren sınırlı bir test sistemi ve şu anda yapım aşamasında olan bir tam ölçekli küresel navigasyon sistemi gibi iki ayrı uydu takımından oluşmaktadır.

Resmen deneysel olarak adlandırılan Beidou Uydu Konumlandırma Sistemi ve aynı zamanda Beidou-1 olarak bilinen ilk Beidou sistemi, üç uydudan oluşmakta ve sınırlı bir kapsama alanına ve uygulamalara sahipti. 2000 yılından bu yana, başta Çinli müşteriler ve komşu bölgeler için konumlandırma hizmeti sunmaktadır.



Şekil 2.4 Beidou-1 kapsama alanı [36]

Sistemin ikinci kuşağı, Beidou Uydu Konumlandırma Sistemi denilen ve aynı zamanda COMPASS veya Beidou-2 olarak bilinen, 35 uydudan oluşan küresel bir uydu konumlandırma sistemi olarak planlanmış ve geliştirilmesine 2013 yılından beri devam edilmektedir. Kullanımdaki 10 uydu ile Aralık 2011 yılında Çin'de faaliyete geçti ve Aralık 2012 yılında Asya-Pasifik bölgesinde müşterilerine hizmet sunmaya başladı.

Sistemin tamamının 2020 yılında tamamlanması ile küresel ölçekte müşterilerine hizmete başlaması planlanmaktadır.



Şekil 2.5 Beidou-2 kapsama alanı (2012 Yılı İtibariyle) [36]

Çinli uydu konumlandırma sisteminin esas tasarısı 1980'lerde başlamıştı ve Çin Ulusal Uzak İdaresine (China National Space Administration-CNSA) göre, sistemin gelişimi üç aşamada yürütölmesi planlanmıştı.

- 2000-2003: 3 uydudan oluşun deneysel Beidou konumlandırma sistemi
- 2012 yılında: Çin ve komşu bölgelerini kapsayacak bölgesel Beidou navigasyon sistemi
- 2020 yılında: Küresel Beidou navigasyon sistemi olarak planlanmıştır. [37]

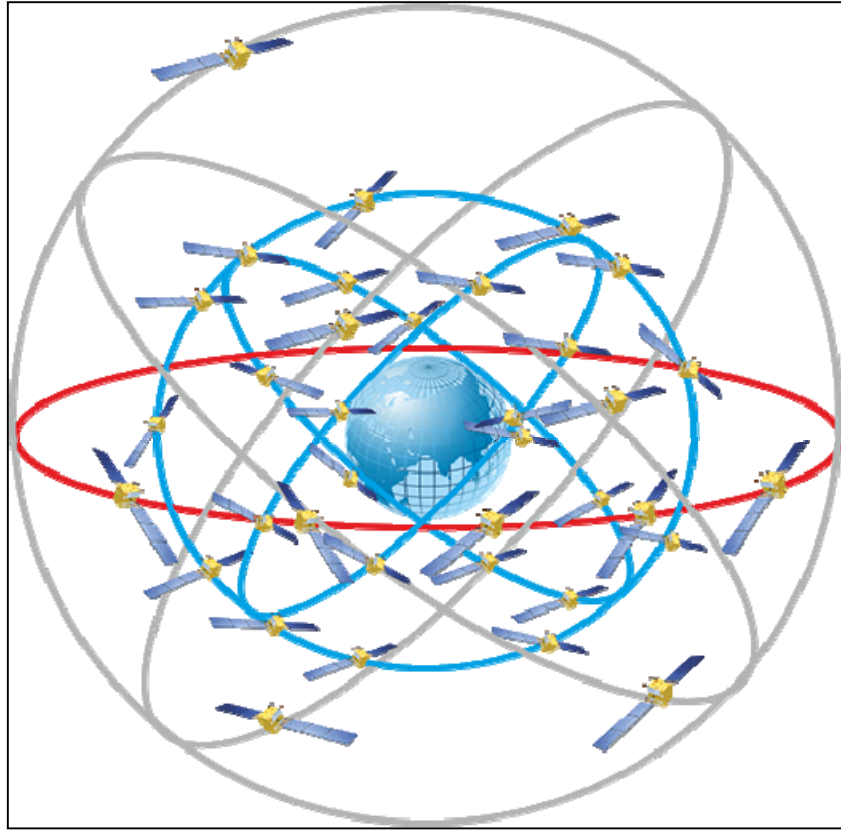
İlk uydu, Beidou-1A, 20 Aralık 2000 tarihinde Beidou-1B ise 30 Ekim 2000 tarihinde başlatıldı. Üçüncü uydu, Beidou-1C (yedek uydu), 25 Mayıs 2003 tarihinde yörüngeye girmiştir. Beidou-1C'nin başarılı başlatması da Beidou-1 navigasyon sisteminin kurulması anlamına geliyordu.

Beidou-1 dört uydudan (üç çalışma uydular ve bir yedek uydu) oluşun bir deneysel bölgesel navigasyon sistemidir. Uyduların kendileri Çin DFH-3 Jeostatik iletişim uydusuna dayalıdır ve her biri 1.000 kilogram (2200 pounds) fırlatma ağırlığına sahiptir.

Amerikan GPS, Rus GLONASS ve Avrupa Galileo sistemleri, aksine, Beidou-1 orta yörünge uyduları olarak kullanılır. Bu sistem, büyük uydu takımına ihtiyaç olmaması anlamına gelmektedir ancak aynı zamanda uyduların Dünya üzerinde görünür alanlarında kapsamayı sınırlamaktadır. Hizmet edilebilir alan boylamı 140 ° E 70 ° E gelen ve 55 ° N enlemiyle 5 ° N arasındadır. (Şekil 2.4)

Çizelge 2.4 Beidou uydu takımı [38]

Block	Fırlatma	Uydu Durumu			Mevcut Yörüngede ve Sağlık Durumu
		Başarılı	Başarısız	Planlanan	
1	2000-2007	4	0	0	0
2	2007'den	18	0	2	15
3	2015'den	13	0	27	13
Total		35	0	29	28
(Güncellenme Tarihi: 30 Mart 2018)					



Şekil 2.6 Beidou uydu yörüngeleri [38]

Çizelge 2.5 Beidou uydu yörünge bilgileri [38]

5 uydu GEO Yörüngesinde (Yer Sabit Yörünge)	58,75° E, 80° E, 110,5° E, 140° E, 160° E	
	Yükseklik	35 786 km
27 uydu MEO Yörüngesinde (Orta Yörünge)	Yükseklik	21 528 km
	Eğim	55°
	Yörünge Sayısı	3
	Periyot	12 sa. 53 dak. 24 sn.
3uydu IGSO Yörüngesinde (Eğik Yörünge)	Alt uydu yörüngeleri için kesişme boylamı 118° E	
	Eğim	55°
	Yükseklik	35 786 km

BeiDou Yer Kontrol Birimi, tüm uyduların navigasyon sinyallerini sürekli olarak izleyen ve tüm uyduların tüm gözlemlerini üreten, sistem kontrol merkezine ileten tek yönlü ölçüm istasyonları şebekesini içeren klasik merkezi bir plana dayanmaktadır. Her uydu için kesin yörünge ve saat verileri up-link istasyonları aracılığıyla uydulara yüklenmektedir.

Tek yönlü istasyonlarından oluşan bu ağ Çin'in her tarafında bulunmaktadır. Sistemin ilerleyen zamanda BeiDou performansını artırmak için küresel bir istasyon ağının kurulmasını planlanmaktadır.

Kontrol Birimi şunlardan oluşmaktadır.

- **Ana Kontrol İstasyonu;** uyduların kontrolünden sorumludur ve navigasyon mesajı oluşturmak için monitör İstasyonları tarafından alınan ölçümlerin işlenmesini yapmaktadır.
- **Yükleme İstasyonları;** Yörünge düzeltmelerini ve navigasyon mesajını BeiDou uydularına yüklemekle sorumludur.
- **İzleme istasyonları;** Tüm uydular için BeiDou verilerini kendi konumlarından görerek izleyen ve veri toplayan istasyonlardır.

Kontrol bölümü bir Ana Kontrol İstasyonu, iki Yükleme İstasyonu ve 30 Monitör İstasyonunu içermektedir [38].



Şekil 2.7 Beidou yer kontrol anteni [38]

2.1.4 GALILEO

Galileo, Avrupa Birliği tarafından ABD Ordusunun denetimi altındaki GPS (Küresel Konumlama Sistemi) ile Rus GLONASS'a alternatif uydu yönleyici sistemidir. Toplam 30 adet uydunun dünya yörüngesine oturtularak hizmet vermesi düşünölen tasarının ilk uydusu 2005 yılında gönderilmiştir.

Galileo'da prensip olarak Avrupa Birliği veya Avrupa Uzay Ajansı (European Space Agency; ESA) GPS sisteminin ABD Ordusunun emrinde olduğundan dolayı ordu, savaş veya hareket gibi durumlarda uydularının yerini değiştirebilmesi veya kullanım dışı bırakması gibi bir karar alınmaması kabul edilmiştir.

Galileo tasarısı 1999 yılında Almanya, Fransa, İtalya ve Birleşik Krallık'tan gelen dört farklı tasarı önerisinin değerlendirilmesiyle başlamıştır. 26 Mayıs 2003 tarihinde Avrupa Birliği ve Avrupa Uzay Ajansı tasarayı resmi olarak üstlenmiştir. 2006-2010 yılları arasında uzaya 30 adet uydu gönderilmesi planlanmıştır. Bu uyduların ilki Giove uydusu 28 Aralık 2005 tarihinde Kazakistan'da bulunan Baykonur Uzay Üssünden fırlatılmıştır. Tasarının ticari işletmelere açılma kararı ve Avrupa Birliği Ülkeleri dışındaki ölkelerin de ortak edilmesi kararını takiben tasarı bitiş tarihi 2 sene önceye alınması planlanmıştır.

Tasarıya göre her biri yaklaşık 675 kg ağırlığında ve boyutları 2.7 m x 1.2 m x 1.1 m olan 30 uydu, üç yörünge hattına ve 23.222 km irtifaya fırlatılması ve uyduların ömrünün 12 yıldan daha fazla olması planlanmıştır [39].

Çalışma esnasında Galileo, Fucino İtalya'da ve Münih yakınlarında Almanya'daki iki yer operasyon merkezini kullanması planlanmış, 2010 yılının Aralık ayında Brüksel'de AB bakanları Galileo projesinin merkezi Çek Cumhuriyeti Prag olarak belirlenmiştir.

21 Ekim 2011 tarihinde dört operasyonel uydudan ilk ikisi sistemi doğrulamak için devreye alınmıştır. Sonraki ikisi Galileo'yu uçtan uca sınamak için 12 Ekim 2012 tarihinde takiben devreye sokulmuştur. Bu Yörünge Doğrulama (IOV - In-Orbit Validation) aşaması tamamlandıktan sonra, ek uydular orta-onlu takım olarak yörünge etrafında İlk Operasyonel Yeteneğine (IOC) ulaşmak için çalıştırılması planlanmıştır [36].

Sadece Galileo uydularından yayılan sinyallere dayanarak bir pozisyonun ilk belirlenmesi 12 Mart 2013 tarihinde gerçekleştirilmiştir. 30 uyduluk Galileo sisteminin

(27 operasyonel ve 3 etkin yedek uydu) tamamlanması 2019 yılında planlanmaktadır [36].

Diğer küresel uydu konumlama sistemlerinden ayrı olarak Galileo sisteminde küresel arama ve kurtarma (SAR) işlevi olması planlanmaktadır. Uydular kurtarma operasyonu başlatılıp Kurtarma Eşgüdüm Merkezi, kullanıcının vericiden röle tehlike sinyallerini alacak şekilde bir transponder ile donatılmış olacaktır. Aynı zamanda, sistem durumları tespit edilmiş ve yardımcı olarak yolda olduğunu bildiren, kullanıcılara da bir sinyal gönderilmesi planlanmaktadır. Bu son özellik, mevcut GPS ve kullanıcıya geri bildirim vermeyen GLONASS konumlandırma sistemleri ile karşılaştırıldığında büyük bir yükseltme olarak kabul edilebilir [40].

5 Şubat 2014 yılında yapılan testte Galileo'nun bulduğu arama ve kurtarma işlevi için, mevcut Uluslararası Cospas-Sarsat Programının (International Cospas-Sarsat Programme) bir parçası olarak simüle edilmiş olup, tehlikeli yerlerde 5km'lik bir alanda %77, 2 km'lik bir alanda % 95 oranında başarılı olmuştur [40].

Galileo Sistemi ile:

- Şu anki GPS sisteminden daha keskin konumlama bilgisine ulaşılacak,
- İskandinavya ülkeleri gibi dünyanın kuzey bölgelerinde de konum ve navigasyon hizmetleri sağlanacak,
- Uydular savaş zamanında dahi açık kalacaktır [41].

Sistem, Amerika Birleşik Devletleri (GPS), Rusya (GLONASS), ve Çin (Beidou-1/2, COMPASS) sistemlerinin daha askeri odaklı özelliklerinin aksine, öncelikle sivil kullanım için tasarlanmıştır. Galileo sisteminde sivil ve askerî kullanıcılar için hassas konum bilgisine erişim imkanı olması planlanmaktadır.

Galileo sistemi tamamen çalışır hale geldiğinde amaçlanan 4 hedef;

- 1- **Açık Servis** (Open Service; OS): Tüm herkes için açık ve ücretsiz konumlandırma ve zamanlama servisleri hizmeti.
- 2- **Ticari Hizmet** (Commercial Service; CS): Farklı bir frekans bandında ek bir navigasyon sinyali ve katma değer hizmetleri sağlayarak işletilmesi planlanan

servis. Galileo CS servislerine erişimi kontrol etmek için CS sinyalinin şifrelenmesi planlanmaktadır.

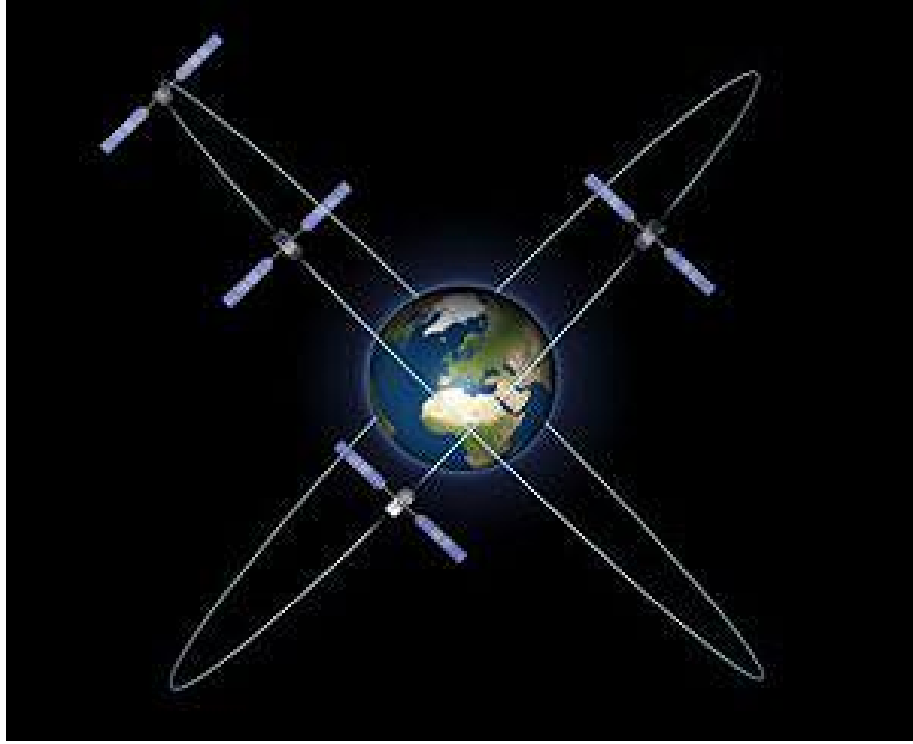
3- **Kamu Düzenleme Hizmeti** (Public Regulated Service; PRS): Yüksek düzeyde hizmet sürekliliği gerektiren hassas uygulamalar için devlet yetkili kullanıcılarla sınırlı olması planlanmaktadır.

4- **Arama ve Kurtarma Hizmeti** (Search and Rescue Service; SAR): Avrupa'nın uluslararası bir uydu tabanlı arama ve kurtarma zorluğu tespit sistemi olan COSPAS-SARSAT altında çalışması planlanmaktadır [41].

Galileo uyduları ekvatora 56 derecelik bir açıda eğimli üç yörüngesel düzlem etrafında yerden 23222km uzaklıkta yayılmış uyduları içermektedir. Her uydunun bir turu yaklaşık 14 saat sürecektir ve her bir düzlemde bir uydu, herhangi bir operasyonel uydu sistem dışı kaldığında yedek olarak devreye girecek şekilde tasarlanmıştır.

Çoğu yerde, altı ila sekiz uydunun her zaman görünür olması böylelikle birkaç santimetre içinde çok hassas bir şekilde konum belirlenmesini mümkün kılacak şekilde tasarlanmıştır. ABD'nin GPS uyduları sistemi ile birlikte çalışabilmesi ile Galileo hizmetlerinin güvenilirliği daha da artması planlanmaktadır.

İlk iki operasyonel Galileo uyduları GSAT0101 ve GSAT0102, Ekim 2011'de Fransız Guyanası'ndaki Spaceport'tan başlatıldı. İkinci çift, GSAT0103 ve GSAT0104, Ekim 2012'de yörüngeye yerleştirildi.



Şekil 2.8 Galileo ilk uydu takımı [41]

İlk seri operasyonel (IOV) uydulardan sonra, tam kapasiteli uyduların (FOC) yörüngeye yerleştirilmesine devam edildi.

İlk tam kapasiteli uyduları GSAT0201 ve GSAT0202, Ağustos 2014'te yanlış yörüngeye yerleştirilmesine rağmen 2014 sonunda ve 2015'in başında geliştirilmiş yörüngelerine taşındı.

Projenin devamında tam kapasiteli uydu çiftleri;

GSAT0203 and GSAT0204, Mart 2015;

GSAT0205 and GSAT0206, Eylül 2015;

GSAT0208 and GSAT0209, Aralık 2015;

GSAT0210 and GSAT0211, Mayıs 2016;

GSAT0207, GSAT0212, GSAT0213 and GSAT0214, Ekim 2016;

GSAT0215, GSAT0216, GSAT0217 and GSAT0218 Kasım 2017 tarihlerinde sisteme dahil edildi. İkinci seri uydular, ilk seri uyduların tüm kapasitelerine sahip olmak yanında daha yüksek iletişim ve performansa sahip olacak şekilde tasarlanmıştır.

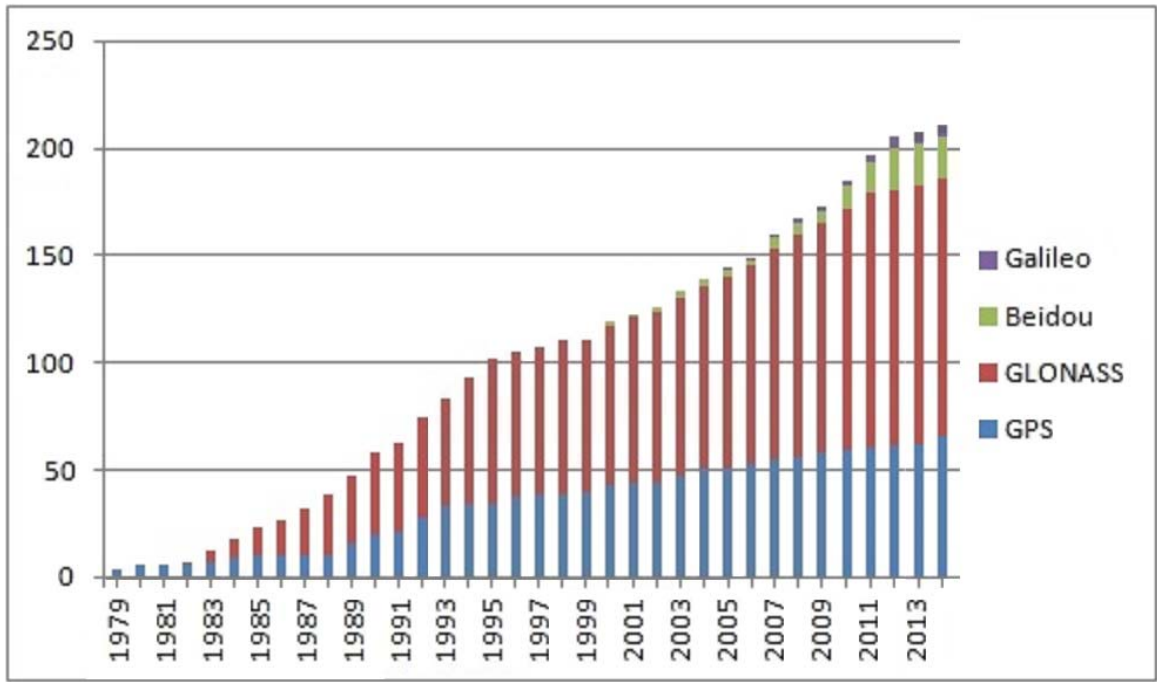
Yörüngedeki 22 Galileo uyduları (4 IOV ve 18 FOC uyduları) ile uydu sisteminin 2020 yılında tamamlanması planlanmaktadır [41].

Çizelge 2.6 Galileo sistemi 1. ve 2. nesil uyduların karşılaştırması [41]

	1.Nesil Uydular (IOV)	2.Nesil Uydular (FOC)
Ağırlık	700 kg	733 kg
Güneş Panelleri ile Genişlik	3.02 x 1.58 x 1.59 m	2.91 x 1.7 x 1.4 m
Tasarım Ömrü	12 yıldan fazla	12 yıldan fazla
Güç	1420 W (sunlight) 1355 W (eclipse)	1900 W

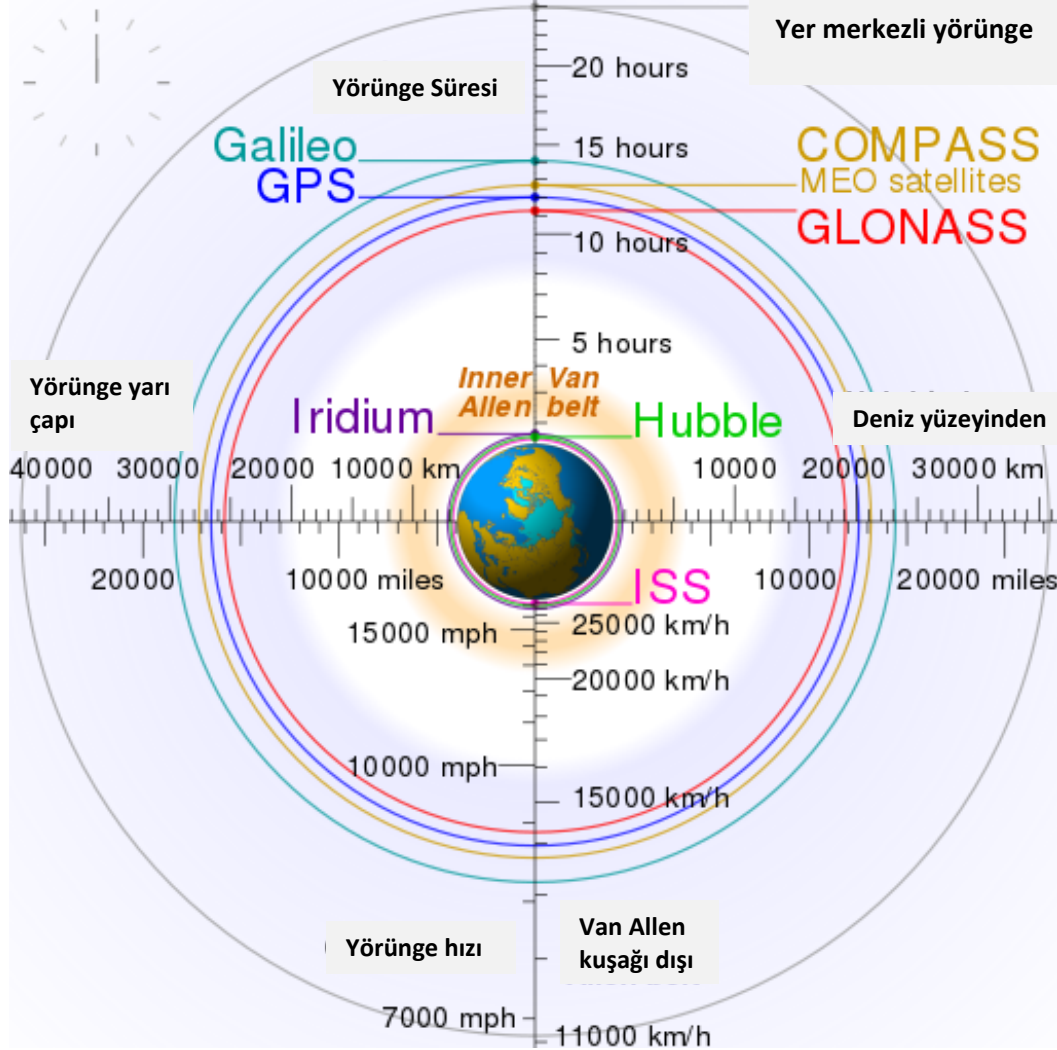
Yukarıda özetleri ve kurulum aşamasından bugüne kadar yürütülen süreçleri açısından ele alınan Küresel Konum Belirleme Servisleri; GPS, GLONASS, Beidou(COMPASS), GALİLEO her biri bir diğerinin alternatifi gibi zaman içerisinde kurulmuş olsa da bugün itibarıyla hepsi GNSS olarak adlandırdığımız Küresel Konum Belirleme Servisinin bir parçası haline gelmiştir. Sistemler birbirinin alternatifi olmaktan daha çok birbirlerini destekler şekilde çalıştıkça hem kapsadıkları alanlar, konum doğruluğu, hizmetlere erişim ve hızlilik açısından tüm insanlığın hayatının içerisinde daha fazla yer alacakları düşünülmektedir.

Aşağıdaki şekil 2.9’da 1978’den 2014 yılına kadar yörüngeye atılmış uydu sayılarının yıllar içerisindeki artış grafiği bu sistemlerin hayatın her alanında her geçen gün daha da fazla yer alacağını göstermektedir.

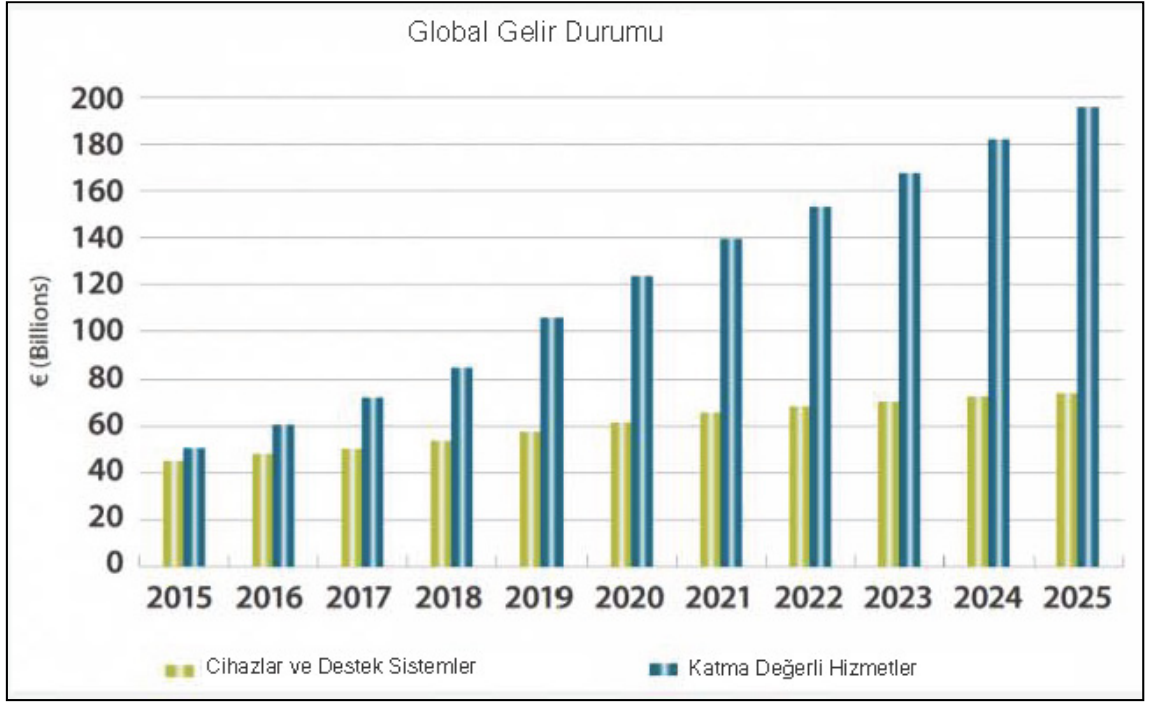


Şekil 2.9 1978-2014 arası fırlatılmış küresel uydu konumlandırma sistemleri uyduları [36]

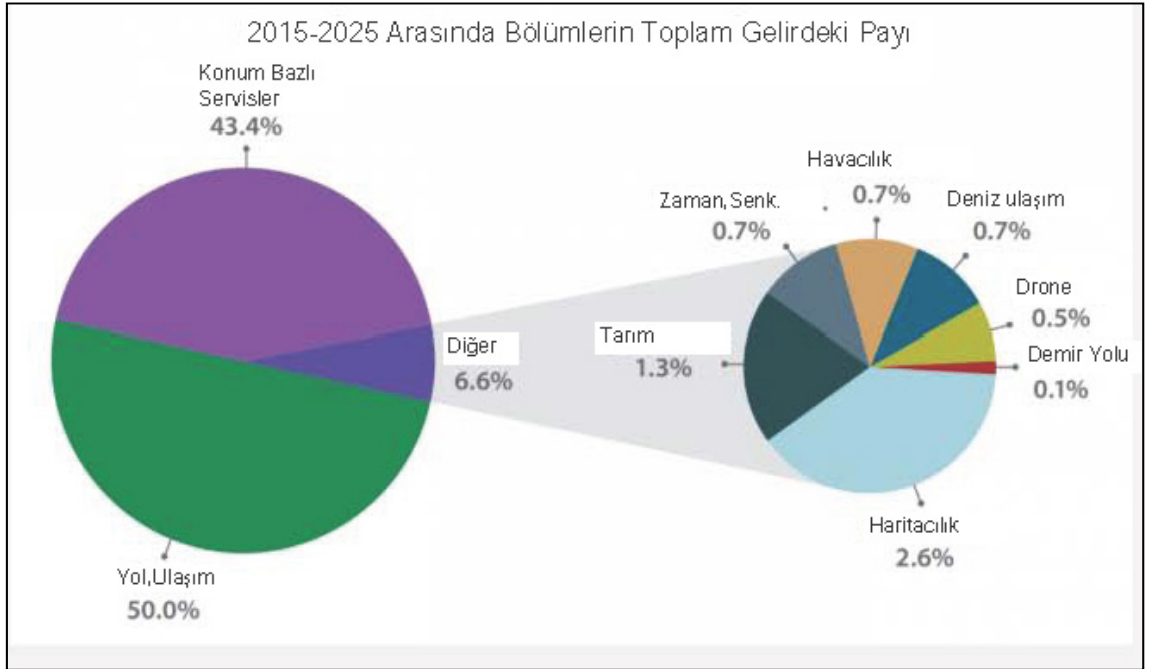
Aşağıdaki Şekil 2.10'da dünyamızı çevreleyen bu global sistemlerin dünya etrafındaki yörünge konumları ile bu sistemlerin bugün geldiği nokta olan GNSS konsepti ile 2025 yılına kadar tüm dünyada elde edilmesi hesaplanan gelir durumu Şekil 2.11 ile elde edilmesi beklenen gelirlerin sektörlere dağılımını gösteren Şekil 2.12'de kurulumu yıllar ve yüksek maliyet gerektiren bu sistemlerin uzun vadede bu maliyetlerini çıkardıkları ve hayatın her alanına yayıldıkça daha gelişeceği, yenilerinin ortaya çıkacağını da şimdiden söylebiliriz.



Şekil 2.10 Dünya'nın üzerinde jeostatik yer yörüngesi, Gps, Glonass, Galileo ve Compass sistemleri; uluslararası uzay istasyonu, hubble uzay teleskobu ve iridium uydu iletişim sistemi yörüngeleri karşılaştırması [36]



Şekil 2.11 GNSS'nin global gelir projeksiyonu [41]



Şekil 2.12 GNSS'nin sektörlerdeki global gelir dağılımı [41]

2.2 Bölgesel Sistemler

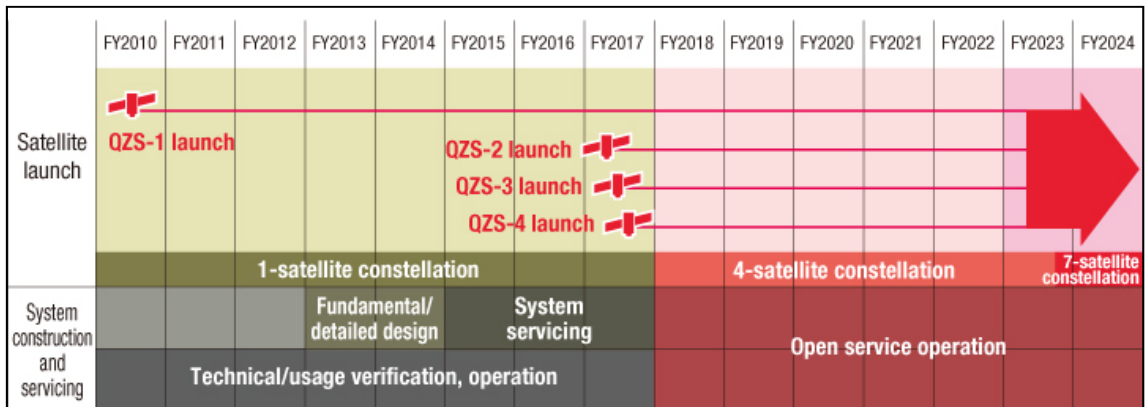
Bu bölümde küresel sistemlerden sonra kendi bölgelerinde hizmet vermekte olan Küresel Yönbulum Uydu Sistemleri (GNSS) konseptinin alt bölümde bulunan bölgesel sistemler hakkında bilgi verilecektir.

2.2.1 QZSS

Quasi-Zenith Satellite System (QZSS) uydu tabanlı Japonya'yı kapsayacak şekilde geliştirilmiş navigasyon ve konum belirleme sistemidir. 2002 yılında temel fikri ortaya atılan sistemin ilk uydusu "Michibiki" 11 Eylül 2010 tarihinde fırlatılmış, ilk etapta 2013 yılı içinde tam işler duruma geçmesi planlanmıştır. 2013 yılının Mart ayında, Quasi-Zenith Uydu Sistemi'nin 3 uydudan 4 uyduya geliştirilmesi karar verilmiş, planlanan tam kurulum takvimi 2017 yılına ötelenmiştir [42].

Sistemin yürütücülüğünü SPAC- Satellite Positioning Research and Application Center; Uydu Konumlandırma Araştırma ve Uygulama Merkezi tarafından idare edilmektedir. Bu yapı birçok bakanlığa (Eğitim, Kültür, Spor, Bilim gibi) ait ortak bir merkezdir[36].

Quasi-Zenith taşınabilir cihaz uygulamaları sağlayan iletişim tabanlı servislere (video, ses ve veri servisi) ve konumlama için kullanılabilir servislere yönelik olarak tasarlanmıştır. Kendi konumlandırma servisine ilişkin QZSS sadece kısıtlı bir doğruluk sunabilmektedir ve belirli özellikleri tek başına kullanıma uygun değildir. Bu nedenle, bir Küresel Konumlandırma Sistemini (GNSS) güçlendirme (yararlanılan bölgede yüksek kesinlikte konum doğruluğu elde etmek için) servisi olarak kullanılması öngörülmektedir. ABD Federal Havacılık İdaresi güdümlü WAAS (Geniş Alan Güçlendirme Sistemi) benzeri bir uydu tabanlı güçlendirme sistemi olan MTSAT (Multi-Functional Transport Satellite) ile birlikte daha işlevsel olacağı planlanmaktadır [43].



Şekil 2.13 QZSS uydularının yörüngeye fırlatılma planı [43]

İlk Quasi-Zenith Uydusu (QZS-1) 11 Eylül 2010'da başlatılmıştı ve Japonya Havacılık ve Uzay Dairesi (JAXA) şu anda QZSS kullanmaya başlamıştır. Daha sonra, kabine Eylül

2011'de hükümetin dört QZS uydusu fırlatacağını, gelecekte ise yedi QZS uydusuyla sistemin tamamlanacağını kararlaştırmıştır.

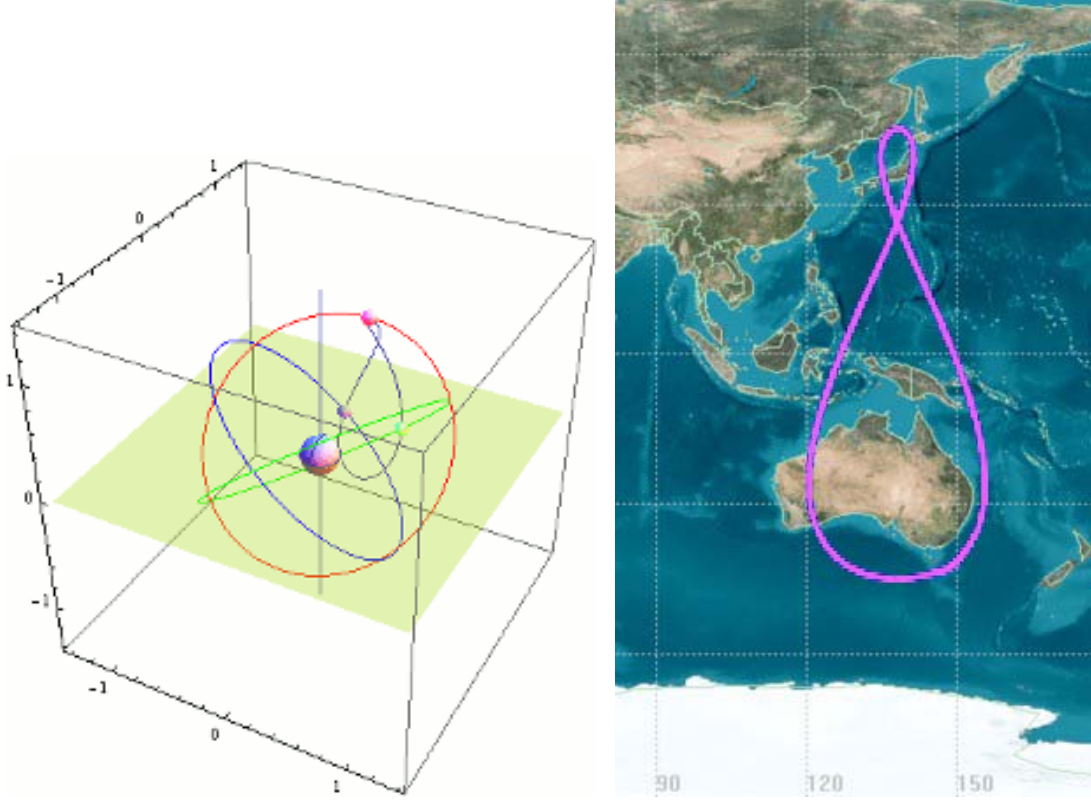
Yetkililer FY2016'dan FY2017'ye kadar piyasaya sürülecek olan ilave üç uyduyu (ikisi de yarı-zenit uydu yörüngesi; Quasi Zenith Orbit; QZO ve biri de yermerkezli yörünge; Geostationary Orbit; GEO) geliştirmeye karar vermişlerdir. Planlanan bu son şekliyle dört uydunun FY2018 ile birlikte 2018 yılında çalıştırılmasına karar verilmiştir. Geliştirme ve işletme, özel bir finans inisiyatifi (PFI) projesi ile yürütülecek ve QZS-1 de dahil olmak üzere dört uyduyu Quasi-Zenith Uydu Sistem Hizmetleri A.Ş. (QSS) tarafından işletilmesi planlanmıştır [43].

Kurulan sistemin küresel sistem olan GPS uyduları ile beraber değerlendirilerek, Japonya özelinde daha hassas konum, zaman ve navigasyon bilgisine ulaşmak üzere kullanılacak şekilde tasarlanmaktadır. Yıllar içerisinde GPS ile birlikte, işler hale gelecek uydu sayıları ve toplam uydu sayısı Çizelge 2.7'deki gibi olması planlanmıştır.

Çizelge 2.7 GPS + QZSS sistemi uydularının yıllar içerisindeki dağılımı [43]

Çoklu Frekanslı Uyduların Sayısı	Toplam	GPS	QZS
Ekim 2016	18 uydu (13 for L5)	17 uydu (12 for L5)	1 uydu
2018	25 uydu (18 for L5)	21 uydu (14 for L5)	4 uydu
2018'den sonra	38 uydu (31 for L5)	31 uydu (24 for L5)	7 uydu

QZSS, her biri 120 derecelik eğimli bölgesinde çok az eliptik jeosenkron yörüngede üç uydusundan aldığı sinyallerle çalışmaktadır. Bu nedenle eğim açısı yerdurağan değildir; yani gökyüzünde aynı yerde durmaz. Bunun yerine kendi zemin izleri 8 şekli desenler gibi asimetriktir. Bu sayede her zaman doğrudan Japonya üzerinde (dikey kesiti 60° ya da daha fazla olacak şekilde) olmasını sağlamak için tasarlanmıştır [43].



Şekil 2.14 Japonya'nın konumuna göre quasi-zenith yörüngesi [43]

QZSS'nin birincil görevi Japonya'nın pek çok kent oluşumunda GPS uydularının daha kesin sonuçlar vermesini sağlamak ve GPS ile veri elde eden uygulamaların hassasiyetini, güvenilirliğini artırmak ve verimliliğini geliştirmektir.

Quasi-Zenith Uyduları hem GPS'in L1C/A sinyalleri ile uyumlu hem de geliştirilmiş L1C, L2C ve L5 sinyalleri ile uyumludur.

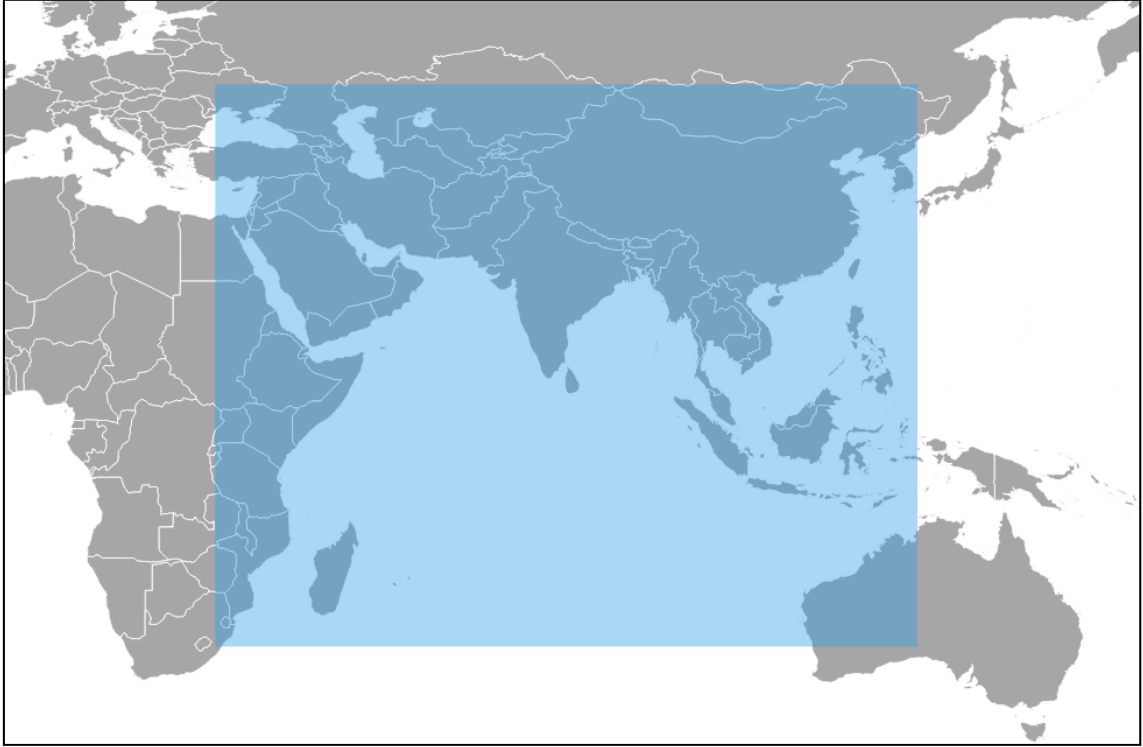
Bağımsız GPS ile karşılaştırıldığında GPS+QZSS birleştirilmiş sistemi, Quasi-Zenith uydularından gelen veriler ile sağlanan düzeltme verileri ile daha gelişmiş konumlandırma ve verim sağlamaktadır.

2.2.2 IRNSS/NAVIC

Hint Bölgesel Uydu Konumlandırma Sistemi (The Indian Regional Navigation Satellite System) IRNSS, Hindistan Uzay Araştırmaları Örgütü (ISRO, Indian Space Research Organisation) tarafından geliştirilen bir özerk ve bölgesel uydu konumlandırma sistemidir. Hindistan hükümetinin kontrolü altında işletilmektedir. IRNSS yetkili kullanıcılar (askeri) için şifreli standart konumlandırma hizmeti ve sivil kullanıcılar için açık kısıtlı hizmet gibi iki hizmet sağlaması planlanmıştır [44].

Nisan 2016'da, uyduların sonuncusunun fırlatılması ile birlikte IRNSS, Hindistan Başbakanı Narendra Modi tarafından projenin adı NAVIC (Navigation Indian Constellation) Hindistan Navigasyon Uydu Sistemleri olarak değiştirilmiştir.

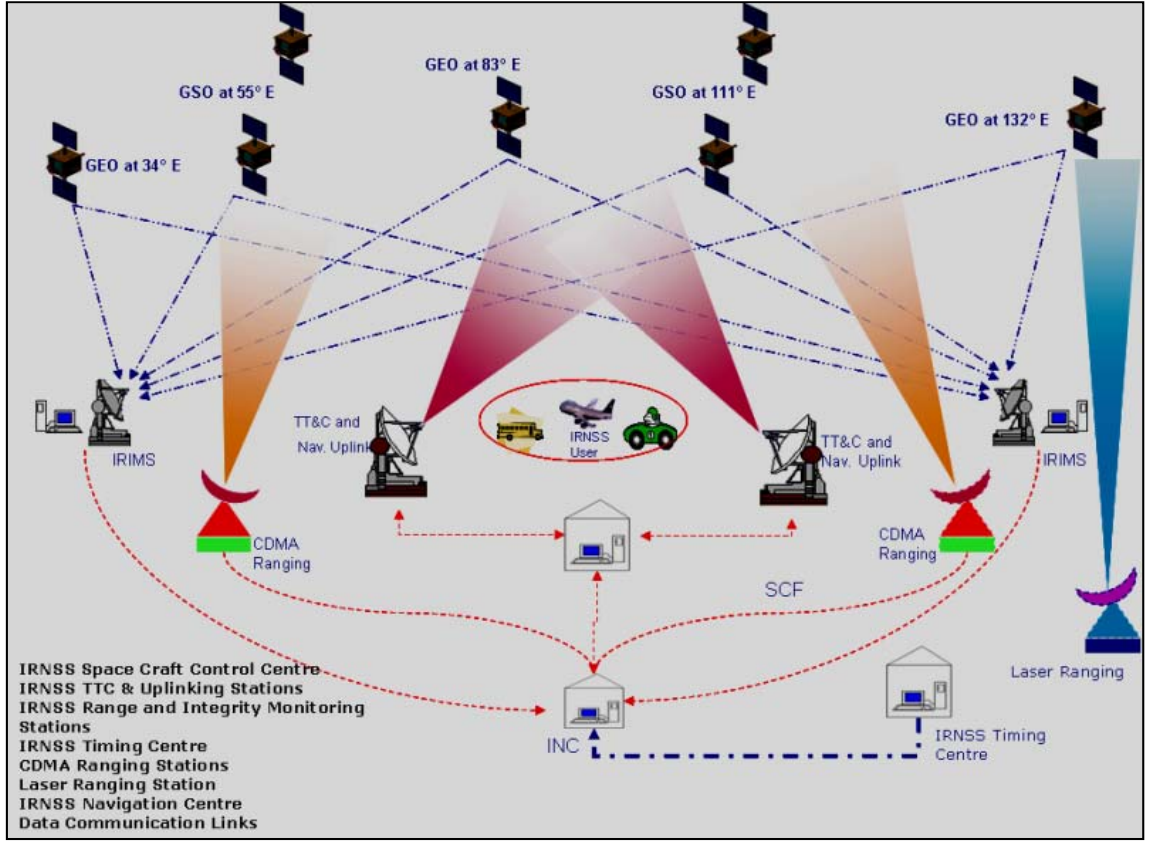
Sistem Hindistan'ı ve çevresini 1,500 km² (930 mi) lik bir alanı kapsamaktadır. Bu genişletilmiş servis alanı 30 derece güneyde 50 derece kuzey enlemleri ile 30 derece Doğu ile 130 derece Doğu boylamları arasındaki bölgeyi kapsamaktadır [45].



Şekil 2.15 NAVIC etki alanı [45]

IRNSS'nin, minimum altyapı ile tamamlandığında 7 uydu olacak şekilde tasarlanmıştır. Sistem mimarisi tüm diğer GNSS sistemlerinde olduğu gibi uzay bölümü, kontrol bölümü ve kullanıcı bölümlerinden oluşmaktadır [45].

IRNSS Uzay bölümü; 7 uydudan oluşmaktadır. Bu uydulardan 3 tanesi yermerkezli yörüngededir (GEO) ve bunlar 32.5 derece, 83 derece ve 131.5 derece doğu boylamında, diğer 4 adet yeryüzü uyduları (GSO) ikisi ekvatoru 55 derece doğu'da, diğer ikisini de 111.75 derece doğu'da geçecek (her bir düzlemde iki uydu) olacak şekilde tasarlanmıştır. GEO uyduların 9.5 yıl, GSO uyduların ömrü 11 yıl olarak planlanmıştır [46].



Şekil 2.16 IRNSS mimarisi [46]

Uydular tasarlanırken;

- DOP'u minimize edecek
- Minimum uydu sayısı ile çözülebilecek ve
- Kontrol istasyonları tarafından sürekli görünür olacak şekilde tasarlanmıştır.

Çizelge 2.8 IRNSS/NAVIC uydu bilgileri [47]

Uydu	Fırlatılma	Yörüngesi	Durumu	Açıklama
IRNSS-1A	1 Temmuz 2013	GEO 55°E	Başarısız	Atomik saat hatası
IRNSS-1B	4 Nisan 2014	GEO 55°E	Başarılı	
IRNSS-1C	16 Ekim 2014	GSO 83°E	Başarılı	
IRNSS-1D	28 Mart 2015	GSO 111.75°E	Başarılı	
IRNSS-1E	20 Ocak 2016	GSO 111.75°E	Başarılı	
IRNSS-1F	10 Mart 2016	GSO 32.5°E	Başarılı	
IRNSS-1G	28 Nisan 2016	GSO 129.5°E	Başarılı	
IRNSS-1H	31 Ağustos 2017		Başarısız	Uydu görüngesine oturmadı.
IRNSS-1I	12 Nisan 2018	GSO / 55°E	Başarılı	

NAVIC eski adıyla IRNSS yer kontrol bölümü;

IRNSS Uzay Kontrol Merkezi (SCC; Space Craft Control Centre)

IRNSS Navigasyon Merkezi (INC; Navigation Centre)

IRNSS TTC ve Uydu Yükleme İstasyonları (IRTTC; TTC & Uplinking Stations)

IRNSS Gözlem ve Bütünlük İzleme İstasyonları (IRIMS; Range and Integrity Monitoring Stations)

IRNSS Zamanlama Merkezi (IRNWT; Timing Centre)

IRNSS CDMA Gözlem İstasyonları (IRCDR; CDMA Ranging Stations)

Lazer Gözlem İstasyonu (ILRS; Laser Ranging Station)

Veri İletişim Ağından (IRDCN; Data Communication Network) oluşmaktadır.

SCC ve INC, kontrol bölümünün çekirdeğini oluşturmaktadır. IRNSS uydularının konumunu, bütünlüğünü, iyonosferik ve saat düzeltmelerini hesaplama ve navigasyon yazılımını sürdürme görevlerini yerine getirmektedir [47].

IRNSS/NAVIC kullanıcı bölümü;

IRNSS alıcılarından oluşmaktadır. Çift-frekanslı alıcılar (L5 ve S bant frekansları) veya tek frekanslı (L5 veya S bant frekansı) iyonosferik düzeltme alma kapasitesine sahip olacak şekilde planlanmıştır. Diğer GNSS sistemlerinin navigasyon verilerini alabilecek, işleyebilecek ve IRNSS uyduları da kullanıcılar tarafından sürekli olarak izlenebilecektir.

IRNSS/NAVIC’de iki konum servis hizmeti sunulması planlanmıştır.

1- Özel Konumlandırma Hizmeti (SPS; Special Positioning Service)

2- Hassas Servis (PS; Precision Service)

Her iki servis de L5 (1176.45 MHz) ve S bandında (2492.08 MHz) gerçekleştirilecektir. Navigasyon sinyalleri S-bandı frekansında (2–4 GHz) iletilecek şekilde tasarlanmıştır. Tek frekanslı kullanıcılar için de diğer GNSS sistemlerindeki uydulardan yararlanılarak iyonosferik düzeltmeler için oluşturulan grid ile hizmet kalitesinin düşmemesi de sağlanmıştır. Saat düzeltmeleri, ephemeris ve almanak bilgileri GPS, GLONASS ve Galileo sistemleri ile aynı doğrulukla iletilecek şekilde tasarlanmıştır[47].

IRNSS sistemi için beklenen doğruluk performansının, Hindistan Okyanus Bölgesi'nde (Hindistan'da 1500 km) yaklaşık 20 metre olması beklenmektedir.

IRNSS/NAVIC uygulamaları Hindistanda şu katkıları yapmaktadır.

Karasal, Hava ve Deniz Seyrüsefer

Afet Yönetimi

Araç takip ve filo yönetimi

Cep telefonları ile entegrasyon

Hassas zamanlama

Haritalama ve Jeodezik veri elde etme

Yürüyüşçüler ve gezginler için karasal navigasyon yardımı

Sürücüler için görsel ve sesli navigasyon hizmetleri sunmaktadır [46].

2.3 Destekleyici Sistemler

Bu bölümde Global ve Bölgesel uydulardan konumlama sistemlerinin yanında yine bu Global Konumlama Servislerini (GNSS) ait verileri kullanan ancak başka ara yazılım ya da donanımlar ile var olan doğruluğu belli bir bölgede artırmayı hedefleyen, planlanan amaca göre kurulumu yapılan ve hizmet sağlayan destekleyici sistemlerden bahsedilecektir.

2.3.1 Uydu Bazlı Destekleyici Sistemler (SBAS)

Çeşitli ülkeler tarafından SBAS (Satellite-based Augmentation Systems) uydu temelli destek sistemlerinin geliştirilmesi ile oluşturulmuş sistemlerdir.

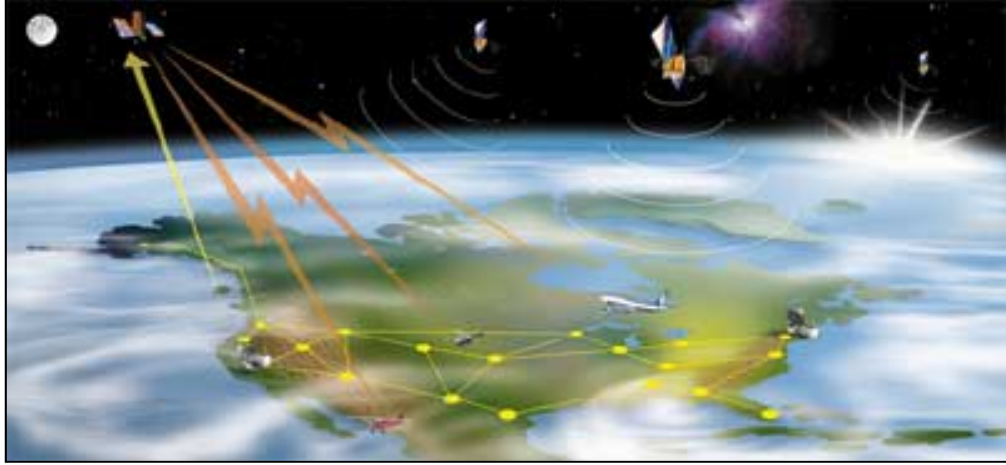
SBAS sistemi, GNSS ölçüm hatalarını düzelterek ve sinyallerinin doğruluğu, bütünlüğü, sürekliliği ve kullanılabilirliğini geliştirerek, elde edilen konum doğruluğunun ve güvenilirliğinin artırılmasını sağlamaktadır.

SBAS sistemi referans istasyonları tarafından alınan GNSS ölçümlerini kullanmaktadır. Merkezi bir hesaplama birimi tarafından GNSS ölçümleri üzerindeki düzeltmeler hesaplanarak, sistemin kapsadığı alan içerisinde uydular üzerinden yayın ile konum bilgisine ulaşmaya çalışan kaynağa iletilerek doğruluğun artırılması üzerine kurulmuştur [48].

Çeşitli ülkeler tarafından kurulan, işletilen ya da kurulum aşamasında olan sistemler şunlardır;

2.3.1.1 WAAS - ABD

WAAS, Geniş Alan Destek Sistemi sivil havacılık için geliştirilmiş hassas bir navigasyon sistemidir. WAAS'tan önce, ABD Ulusal Hava Sahası Sistemi (NAS), havacılık faaliyetlerinden kullanıcılar için istenilen yatay ve düşey konum hassasiyete sahip değildi. WAAS ile istenilen doğruluğa ulaşılmış oldu.



Şekil 2.17 WAAS çalışma prensibi [48]

WAAS, tüm navigasyon sınıflarına, rota navigasyonu, havalimanı kalkışları ve havalimanı varış noktaları dahil olmak üzere, uçuşun tüm aşamalarında hizmet vermektedir. Tüm ulusal hava sahası boyunca meteorolojik koşullarda iniş yaklaşımlarını da sağlamaktadır.



Şekil 2.18 WASS sistemine destek olan 3 adet iletişim uydusu [48]

2.3.1.2 EGNOS - Ab

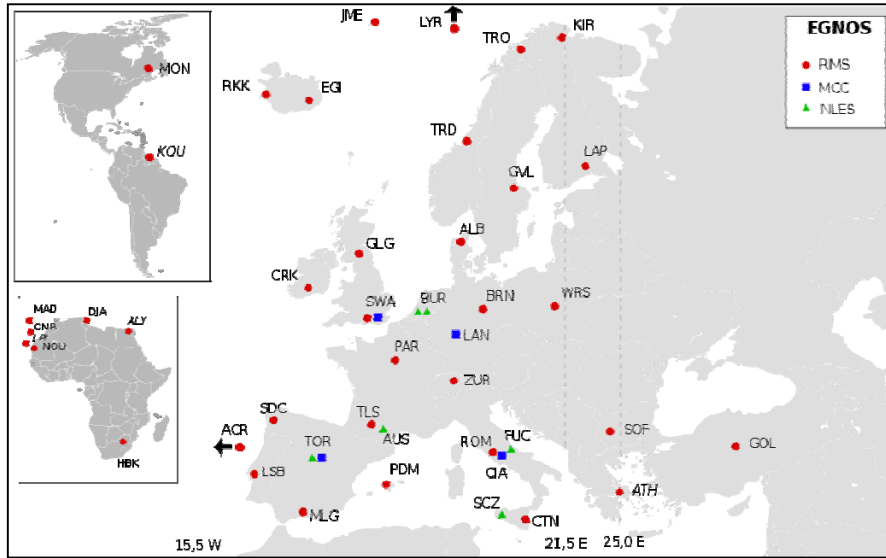
EGNOS The European Geostationary Navigation Overlay Service, Avrupa Navigasyon Paylaşım Servisi, Avrupa Uzay Ajansı (ESA; European Space Agency) ve Avrupa Hava Güvenliği Organizasyonu tarafından kurulmuştur [41].

Sistem GPS, GLONASS ve GALİLEO sistemlerin kullanacak şekilde tasarlanmıştır.

EGNOS, yaklaşık 40 yer istasyonu, 4 görev kontrol merkezi ve 6 navigasyon yer kontrol istasyonundan oluşan bir ağdan oluşmaktadır. Yer istasyonları, uydu navigasyon sistemlerinin doğruluk verilerini belirler ve onu destek uydulara transfer eder; Kullanıcılar bu verileri EGNOS özellikli bir alıcı veya internet üzerinden bu destek

uydulardan serbestçe alabilirler. Sistemin temel kullanımı havacılık ve hava taşımacılığı için oluşturulmuştur.

Teknik ve tasarım özelliklerine göre, EGNOS tarafından sağlanan düzeltmeler kullanılırken yatay konum doğruluğu yedi metreden daha iyi olması planlanmıştır. Pratikte yatay konum doğruluğu metre seviyesine ulaşmaktadır [41].



Şekil 2.19 EGNOS yer kontrol ağı [36]

EGNOS sistemine bağlı yer kontrol ağının oluşturulması için;

40 RIMS (Ranging and Integrity Monitoring Station; Gözlem ve Bütünleştirme İzleme İstasyonu); GPS uydularından sürekli toplama ve bu verileri merkezi görev kontrol merkezine iletme,

4 MCC (Mission Control Centre; Görev Kontrol Merkezi); Gelen verileri işleme ve düzeltme verilerini oluşturma,

6 NLES (Navigation Land Earth Station; Navigasyon Yer İstasyonları); Son kullanıcı cihazlarının düzeltme verilerini alması için üç coğrafi uydu transponderine doğruluk ve güvenilirlik verilerini yükleme görevlerini yürüten 40'ın üzerinde istasyon ve yapı bulunmaktadır [41].



Şekil 2.20 EGNOS RIMS istasyonu - Berlin [36]

2005’de tasarımı başlanılan sistem 1 Ocak 2009 tarihinden itibaren devreye alınmıştır.

2.3.1.3 MSAS (MTSAT) - Japonya

MSAS ya da MTSAT (Multi-functional Satellite Augmentation System) Çok Fonksiyonlu Uydu Destekli Sistem Japon Arazi, Altyapı ve Ulaştırma Bakanlığı ve Japon Sivil Havacılık Bürosu tarafından işletilmektedir. 27 Eylül 2007 tarihinde devreye alınmıştır.

Sistem ile 20metre olan doğruluk yatay ve düşeyde 1,5-2 metre seviyesine kadar artırılmıştır [36].

2.3.1.4 GAGAN - Hindistan

GAGAN (GPS and GEO Augmented Navigation) Hindistan hava sahasında modern iletişim, navigasyon ve gözetim ile Hava Trafik Yönetim sistemi için oluşturulmuştur.

Proje kapsamında, 15 Hint referans istasyonu, 3 Hint navigasyon arazi yerüstü bağlantısı istasyonu, 3 görev kontrol merkezi ve tüm ilgili yazılım ve iletişim bağlantılarından oluşan yapı bulunmaktadır.

Kurulan sistem ile pilotların Hint hava sahasında 3 m'lik bir doğrulukla sefer yapmasına olanak sağlanmış ayrıca kötü hava koşulları ile Mangalore ve Leh gibi zor yaklaşımların olduğu havaalanları için güvenli iniş imkânını artırmıştır.

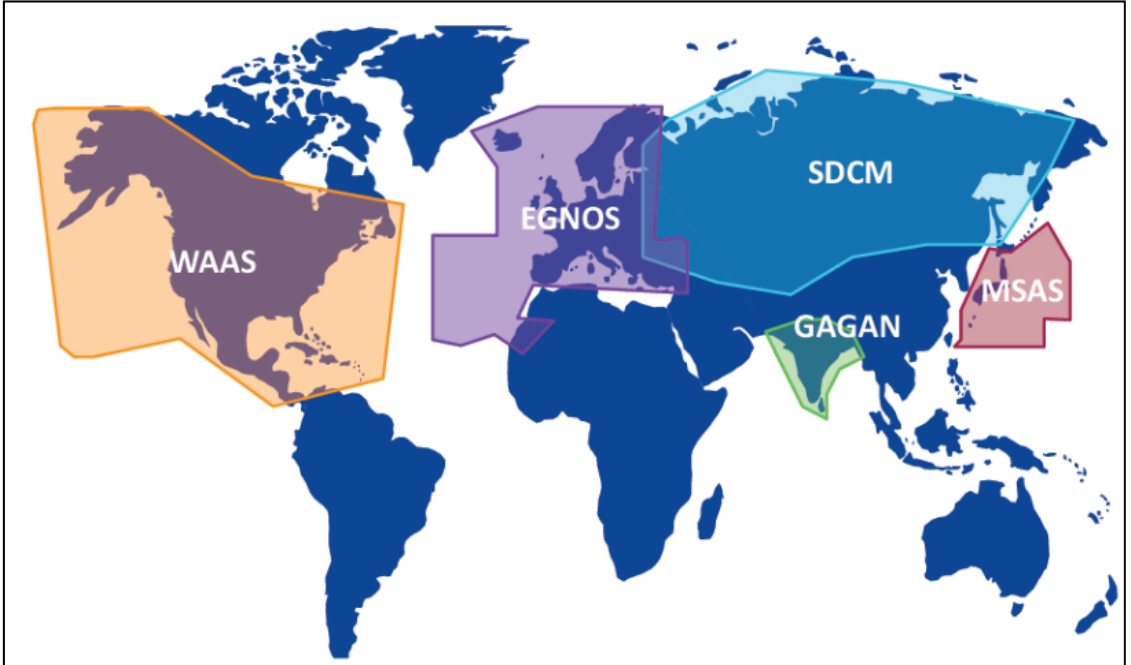
2011-2012 yıllarında başlanılan sistem 2013-2014 yılında tam kapasiteye ulaşmıştır [36].

2.3.1.5 SNAS - Çin

SNAS (Satellite Navigation Augmentation System) Çin Halk Cumhuriyeti, Uydu Navigasyon Sistemi olarak adlandırılan bu sistem için 2002 yılında ilk çalışmalar başlamış olup, Novatel firması tarafından geliştirilen 12 alıcının Pekin ve çevresine ilk etapta 11'nin kurulması planlanmıştır.

BeiDou sisteminin Çin Uydu Navigasyon Ofisi, BeiDou Sisteminin sağlayacağı hizmetler arasında geniş kapsamlı bir navigasyon sistemi ile 1 metrelik konum hassasiyetine ulaşması ifade edilmiş olup SNAS gelişimi hakkında çok az kamuya açık bilgi bulunmaktadır [46].

Yukarıda kısaca özetlenen sistemler yanında, WADGPS (Wide Area Differential Global Positioning System) Güney Kore ve SDCM (System for Differential Corrections and Monitoring) Rusya da bulunmaktadır [41].



Şekil 2.21 Dünya üzerindeki destekleyici sistemler ve etki alanları [41]

Yukarıda sayılan ticari olmayan, ülkelerin kurdukları sistemler yanında özel şirketlerden tarafından ticari amaçla işletilen sistemler de (OmniStar, Starfire, Veripos vb..) bulunmaktadır.

2.3.2 Yer Bazlı Destekleyici Sistemler (GBAS)

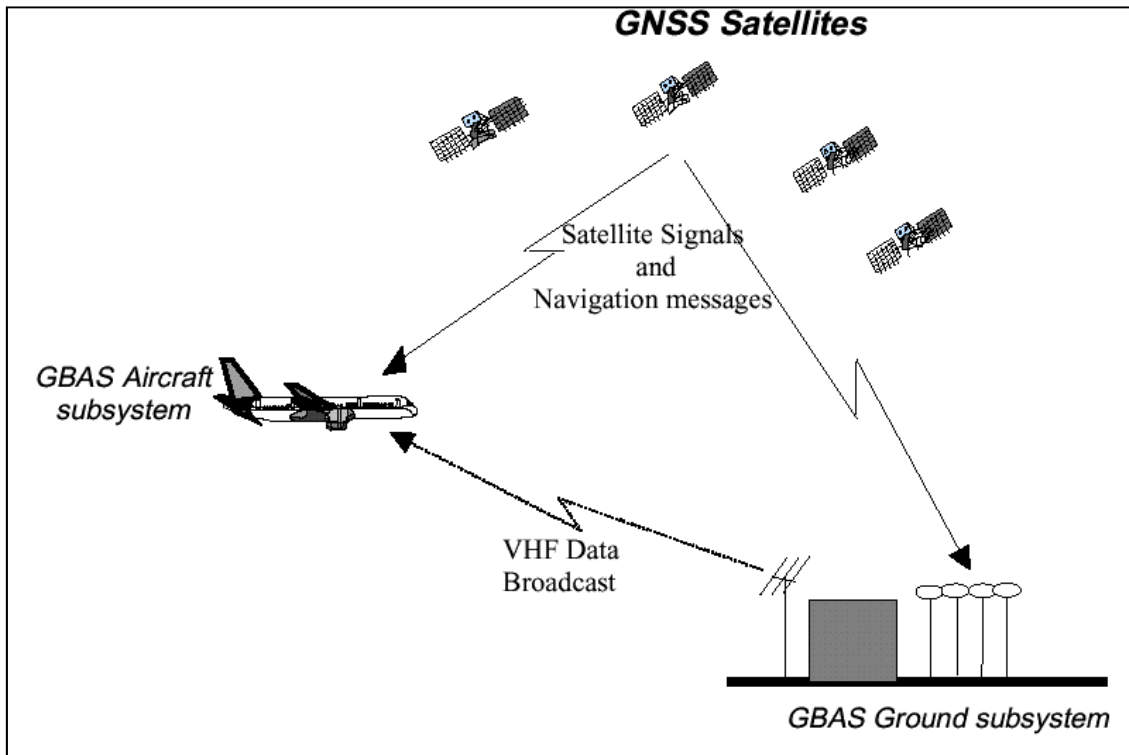
Uydu sistemlerinin birçok alanda kullanılması ile beraber Yer Bazlı Destek Sistemleri (GBAS)'de ILS (Instrument Landing System-Aletli İniş Sistemi)'ye alternatif olarak ya da ILS'nin uygulanmadığı ya da ekonomik olmadığı yerlerde çözüm için geliştirilen yeni bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır [48].

GBAS ile uçakların daha hassas havaalanlarına yaklaşımı, iniş -kalkış rehberlik hizmeti ile yer hizmetleri için çözümler bugün kullanılmaktadır.

GBAS her türlü hava koşulunda CATI – CATII – CATIII (görüş mesafesine bağlı olarak iniş yaklaşma durumları) tipi havaalanlarında kullanılabilmektedir [36].

Bir tane GBAS sistemi ile birçok pisti aynı anda desteklemek mümkündür.

Kontrol ve bakım masrafları ILS sistemine göre daha avantajlıdır ve daha stabil sinyaller ve daha az parazit oluşmaktadır.



Şekil 2.22 GBAS sistem yapısı [48]

GBAS çalışma prensibini; her türlü hava koşulunda GPS sinyalleri ile elde edilen konum verisinin düzeltme olarak gerçek zamanlı olarak uçağa iletilmesi ile hassas olarak elde edilen konum verisi ile güvenli inişi sağlayan yenilikçi bir sistem olarak tanımlamak mümkündür.

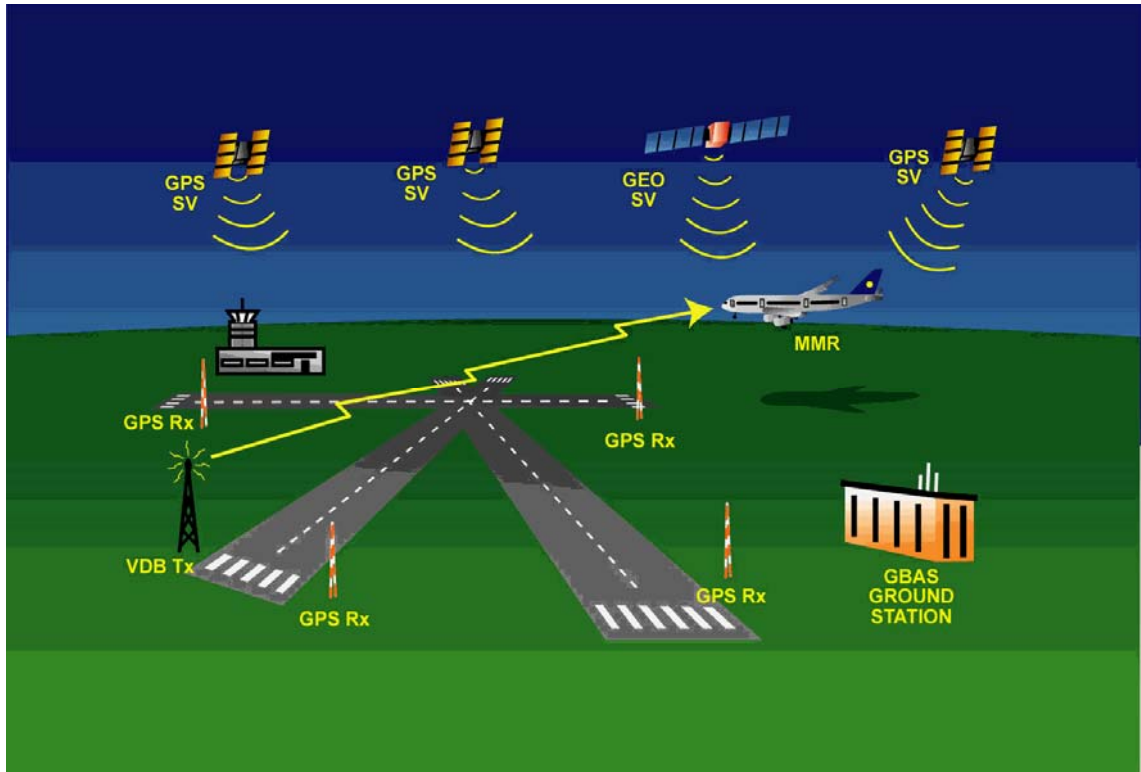
Havaalanı etrafında yerleştirilen yerel referans istasyonlarından sürekli gözlem yapılarak elde edilen veri merkez istasyona ve buradan da iniş yapmakta olan uçaktaki alıcıyı VHF bağlantısı ile gönderilen düzeltme verisi ile hassas 3 boyutlu konum elde edilmesine dayanan bir sistemdir. Bu çalışma mantığı ile yerel CORS (Sürekli Gözlem Yapan Referans İstasyonlar Ağı) ağına benzemektedir.

GBAS sistemi Amerika’da LAAS (Local Area Augmentatiton System) olarak anılmakta ve havaalanlarında kullanılmaktadır.

GNSS sisteminin gelişimi ile birlikte kullanılması mümkün hale gelmiştir. En önemli sorunlardan bir tanesi gerçek zamanlı ve anlık olarak hesap yapılması ve izlenmesinin sağlanması ile başlamıştır [48].

Yaklaşma kategorisi I durumunda meydana gelebilecek bir olumsuz durumda sistem kullanıcıyı 10 saniye içinde uyarmaktadır. GPS sisteminin böylesine hızlı bir uyarma durumu yoktur. Örneğin uydu saat hatasından kaynaklı olarak bir sorun olduğunda, o uyduyu kullanmama konusundan kullanıcıyı hızlı bir şekilde uyaran bir sistem değildir. GBAS (LAAS) gibi sistemler ile bu sorun aşılaraq sistemin kararlılığı sağlanmaktadır [48].

Bir başka sorun ise konum doğruluğudur. Uydu saat hatasından ya da iyonosferik hatadan kaynaklanan bir durum metrelerce konum doğruluğunu etkilemektedir. Uçağın konumunda meydana gelebilecek böyle bir hatanın görüşün az ya da hiç olmadığı durumlarda anlık olarak düzeltilebilmesi gereklidir.



Yerel referans istasyonları (4 adet) havaalanı etrafına yerleştirilir. Bu istasyonlardan toplanan veriler ile GBAS yer istasyonunun konumu anlık olarak hassas bir şekilde hesaplanır. Yer merkez istasyonundan havaalanının yaklaşmakta olan uçağa bulunan alıcıyı VHF vericisi ile anlık olarak düzeltme verisi gönderilir. Uçağa bulunan alıcı gelen düzeltme verisine göre konumunu iyileştirir ve uçağın hangi iniş senaryosuna göre yaklaşacağının hesabını yapan arayüze gönderir. GBAS sistemi ile ILS ve VOR sistemleri günümüzde 108 MHz den 118 MHz 'e kadar bandı ortak kullanmaktadır [48].

Sistem 20km'den itibaren uçaklara destek hizmeti vermeye başlamaktadır.

Şu an kullanımda olan Category-1 için elde edilen yaklaşma anlık konum doğruluğu yatayda 16m düşeyde 4metreye seviyesindedir. İlerleyen zamanda CATII-III ve görüşün hiç olmadığı durumlarda da otomatik iniş için sistem geliştirilmektedir.

Çizelge 2.9 CATII ve CATIII gereksinimleri [49]

Durum	Doğruluk		Bütünlük,Devamlılık				Süreklilik
	95% Yatay	95% Düşey	Pr(Devamlılık Kaybı)	Alarm Süresi	LAL	VAL	Pr(Devamlılık Kaybı)
A	16 m	20 m	$2 \times 10^{-7} / 150$ sec	6 sec	40 m	50 m	$8 \times 10^{-6} / 15$ sec
B	16 m	8 m	$2 \times 10^{-7} / 150$ sec	6 sec	40 m	20 m	$8 \times 10^{-6} / 15$ sec
C	16 m	4 m	$2 \times 10^{-7} / 150$ sec	6 sec	40 m	10 m	$8 \times 10^{-6} / 15$ sec
D	5 m	2.9 m	$10^{-9} / 15$ s (vert.); 30 s (lat.)	2 sec	17 m	10 m	$8 \times 10^{-6} / 15$ sec
E	5 m	2.9 m	$10^{-9} / 15$ s (vert.); 30 s (lat.)	2 sec	17 m	10 m	$4 \times 10^{-6} / 15$ sec
F	5 m	2.9 m	$10^{-9} / 15$ s (vert.); 30 s (lat.)	2 sec	17 m	10 m	$2 \times 10^{-6} / 15$ s (vert.); 30 s (lat.)

Bir havaalanı için tek bir tane GBAS sisteminin var olması yeterlidir. Örneğin; Chicago Ohare Havaalanı için 12 farklı parkur ve iniş yolu bulunmaktadır. ILS sisteminde her bir senaryo için 12 adet ILS sistemi kurulması gerekli iken GBAS sisteminde sadece 1 tek sistem ile tüm havaalanı yönetilebilmektedir [48].

Başka bir faydası ise inişli- çıkışlı ya da kavisli bir rota üzerinden de uçaklara yaklaşma ve iniş konusunda destek hizmetini rahatlıkla sağlanabilmesidir. ILS ve WAAS sistemine göre bu açıdan daha duyarlıdır.

Zaman içerisinde uçaklarda sadece tek bir navigasyon cihazı entegre edilmesi ile hem WAAS hem de GBAS (LASS) sistemleri için kullanılır hale geleceği düşünülmektedir. Bu sayede alıcı başına maliyet ve bakım giderlerini düşmesi ve bir standartın sağlanmasına imkân olacağı düşünülmektedir.

Sinyal karışması, Sinyal kaybolmaları ya da çok yolluluk etkisi ile hassasiyetin düşmesi sistemin sakıncaları arasında sayılabilir.

Zaman içerisinde sistemin daha da geliştirilmesi ile ILS sisteminin tamamen yerini alması beklenmektedir. Özellikle hiç görüşün olmadığı ve CATII-III durumlarında daha da yaygınlaşması ile ILS sisteminden tamamen vazgeçilmesi düşünülmektedir.



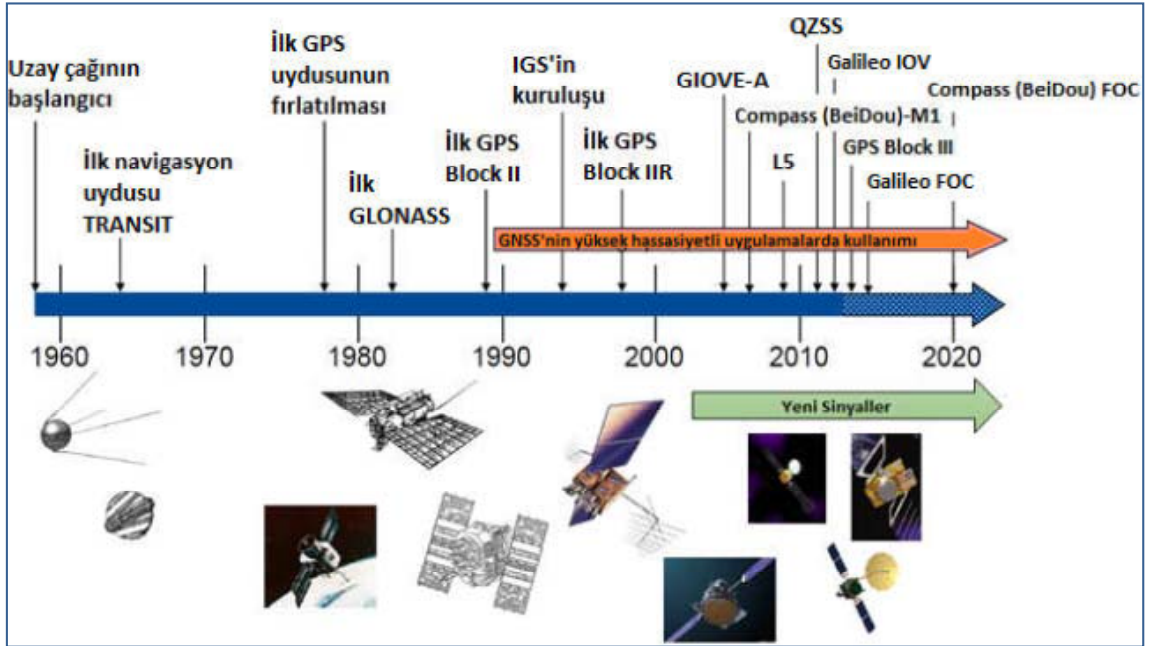
Şekil 2.24 GBAS sistemine (CAT I) geçiş yapılan yerler [49]

Yer bazlı destek sistemleri çeşitli ülkelerde çeşitli amaçlar için hem kamu hem de özel sektör tarafından (havayolu, ulaşım, planlama vb.) kullanılmaktadır.

Bunlardan bazıları, LASS – ABD, NDGPS – ABD, GRAS – Avusturya, LORAN-C (Radyo Dalgaları ile Çalışmakta) ve JPALS - ABD gibi sistemlerdir.

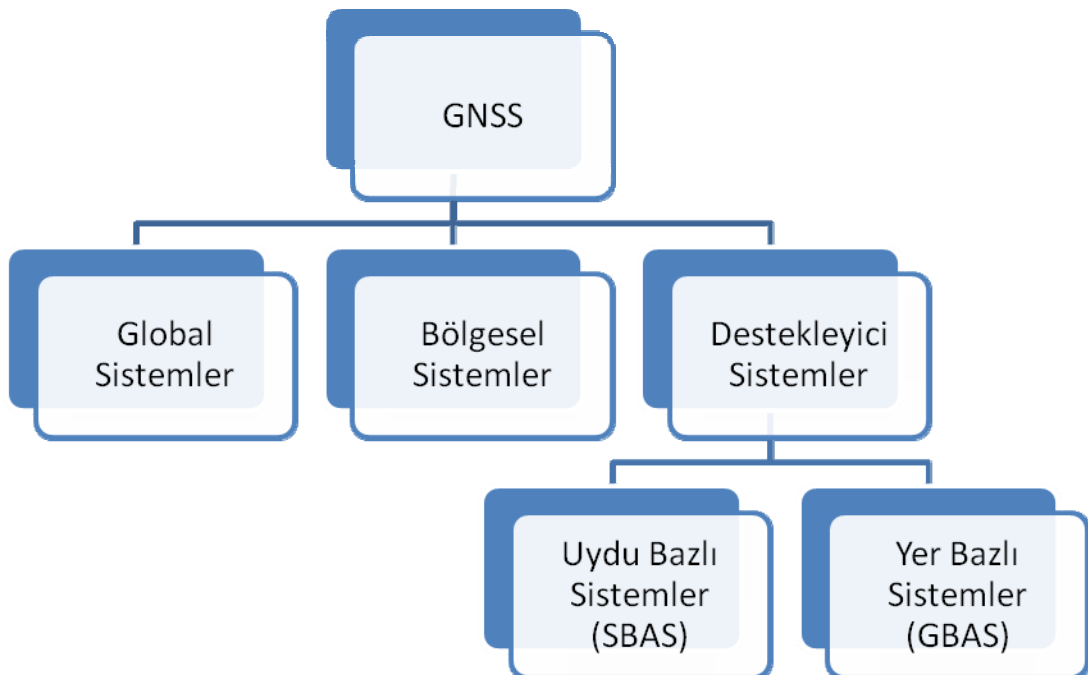
1957 yılında ABD tarafından fırlatılan SPUTNIK yapay uydusu ile başlayan uzay çalışmaları ile diğer ülkelerin oluşturduğu sistemlerin devreye girmesi ile bunun yanında gelişen teknoloji, yazılım ve araştırmaların geçen 60 yılda büyük bir ivmelenme ile devam ederek günümüzdeki modern konum belirleme teknolojilerine nasıl ulaştığımızın yol haritası hem yukarıda özetlenen içeriklerde hem de aşağıdaki Şekil 2.25 ve Şekil 2.26'da özet halinde görülmektedir. İlk ortaya çıktığında metrelerce olan konum doğruluğundan global olarak bugün anlık olarak santimetre seviyelerine ulaşmış durumdayız. Konum belirleme yöntemleri, değerlendirme süreçleri, modellemelerde yıllar içerisinde artmış, geliştirilmiş ancak ilk insanın en temel sorusu olan “Neredeyim

?” halen aynı merak ile insanlık tarafından cevaplanmaya devam etmekte ve edecek gibi görünmektedir.



Şekil 2.25 Uydu konum belirleme sistemlerinin kısa tarihçesi [50]

Giriş bölümünden bu yana özetlenen bugün geldiğimiz Küresel Yönbulum Uydu Sistemleri (GNSS) konsepti Şekil 2.26'da görülmektedir.



Şekil 2.26 Günümüz itibariyle GNSS konsepti

GNSS SERVİS SAĞLAYICILAR

Uydularla konum belirleme 1980'li yıllarda jeodezik amaçlı kullanılmaya başlandığında en önemli sorunlar; yüksek doğruluklu uydu yörüngeleri hesabı, uydu ve alıcı saati modellemeleriydi. 1980-1990 yıllar arasında gerçek zamanlı olarak 3 boyutta elde edilen mutlak koordinat doğruluğu ortalama 100-150 metreler mertebesindeydi. Bahsedilen sorunların dışında, bu düşük doğruluğun en büyük nedenlerinden biri seçimli doğruluk erişimi (SA: Selective Availability) etkisinin, ABD tarafından bilinçli olarak açık tutulmasıydı. Bunun sonucu olarak, gerçek zamanlı mutlak konum belirleme uygulamalarında hassas koordinat elde edebilmek için 2000'li yıllara kadar beklemek gerekmiştir. Diğer taraftan, mutlak konum belirlemedeki bu olumsuzluk bilim insanlarını farklı arayışlara yöneltmiş ve böylece görelî konum belirleme teknikleri ve modellemeler hızla gelişmeye başlamıştır. Gerçekte, GPS/GNSS yazılım hazırlayanlar kod ve faz gözlemlerine getirilmesi gereken düzeltmelerin neler olduğu konusunda, daha başlangıçtan beri bilgi sahibiydiler. Bu düzeltmelerin büyük bölümü metreler mertebesinde olup, GPS ile konum belirlemede öncelikle dikkate alınmaları gerekmektedir. Diğer taraftan, hesaplamalarda hassas yörünge ve uydu saati bilgileri ile L3 iyonosferden bağımsız lineer kombinasyon kullanıldığında, kod ve faz hesaplamalarında dikkate alınmamış olan bazı diğer etkilerin de hesaba katılması gerekliliği zaman içerisinde ortaya çıkmıştır. Başka bir ifadeyle, büyük etkiye sahip sorunlar giderildikçe, hesaplama ve modelleme algoritmaları geliştikçe daha küçük etkiye sahip hata kaynakları dikkate alınmaya ve gözlemlere düzeltme olarak getirilmeye başlanmıştır [51].

1960 yıllardan günümüze değin gelişerek, artarak devam eden ve tüm sistemlerin ortak adı olarak günümüzde GNSS olarak anılan Küresel Uydu Konumlandırma Sistemlerinin

işletilmesi, güncelliğini sağlanması, sistemlerden elde edilen verilerin değerlendirilme süreçlerinde kullanılan modellerin güncellenmesi, yenilenmesi ve geliştirilmesi, sistemin devamlılığı ve ondan elde edilen konum bilgisinin iyileştirilmesinde, verilerin kullanıcılara sunulması, dağıtılması, yönetilmesi süreçlerinin doğru yönetilmesi en az kurulan sistem kadar önem arz etmektedir. Yıllar içerisinde elde edilen doğruluk artışında bu kuruluşların sundukları katkılar kaçınılmazdır da denilebilir. Bu bölümde GNSS sistemlerinin bu sürecinde yer alan kuruluşlar, ürünleri ve yaptıkları katkılar hakkında bilgi verilecektir.

3.1 IGS (International GNSS Service)

Gittikçe gelişen ve çeşitlilik kazanan GPS uygulamaları karşısında bilimsel kurumlar da, GPS verisinin uluslararası standartlarda toplanıp değerlendirilmesi, sistemin herkes tarafından çok daha kolay kullanılan, çok yönlü bir global izleme sistemi haline getirilmesi için çalışmalarına devam etmektedirler. Bu yönde çalışma yapan kurumlardan biri de Uluslararası GPS Servisi (IGS, International GPS Service)'dir. 1989 yılında Planlama Komitesi adıyla kurulan IGS, 1992 yılında ilk test ölçümlerini yapmış, Ocak 1994'te resmi olarak faaliyete başlamış ve ilk hassas ürünlerini (uydu yörünge ve saat bilgileri) bilim dünyasının hizmetine sunmuştur. FAGS (Federation of Astronomical and Geophysical Data Analysis Service)'in tanınmış bir üyesi olan ve IERS (International Earth Rotation Service) ile de çok yakın çalışma ilişkisi bulunan IGS, IAG (International Association of Geodesy) tarafından faaliyete geçirilmiştir. IGS, yaklaşık 80 ülkeden 200 kurum ve kuruluşun gönüllü işbirliğine dayanan uluslararası bir kuruluştur. IGS'in kurulduğu yıllardaki adı "Uluslararası GPS Servisi" olup, daha sonra GLONASS, Galileo gibi, diğer uydu sistemlerinin de gündeme gelmesiyle adı "Uluslararası GNSS Servisi" olmuştur.

IGS (Uluslararası GNSS Hizmeti), 1994'ten beri açık erişimli, yüksek kaliteli GNSS veri ürünlerini sağlamaktadır. Bu ürünler, bilimsel, eğitsel ve ticari uygulamalar için kesin küresel referans çerçevesi oluşturmakta ve halkın hizmet aldığı bir çok uygulamaya altılık hizmeti sunmanın yanında bilimsel bir çok çalışmaya da katkı vermektedir [52]. IGS'yi ve sunduğu katkılarını kısaca başlıklar halinde ele alacak olursak;

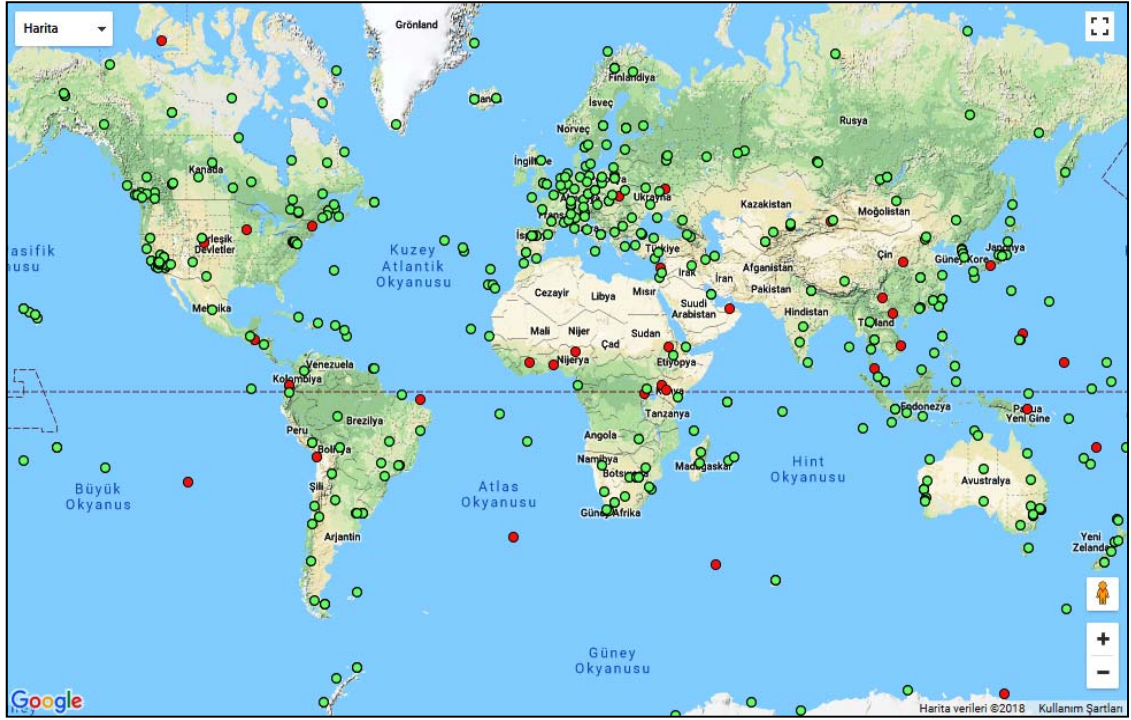
- 100'den fazla ülkede 200'ün üzerinde kurum, kuruluş ve üniversitenin gönüllü katılımıyla, dünyanın en yüksek hassasiyetli GPS uydu yörüngelerini sağlamak için ortak çalışma yürütmek,
- Bilimsel gelişim ve kamu yararı için mevcut en hassas ürünlere ücretsiz ve açık erişim sağlamak,
- Bu ürünler ile küresel ekonominin neredeyse tüm alt alanlarında milyonlarca kullanıcıya ulaşan çok çeşitli uygulamaları desteklemek,
- Uluslararası Referans Çerçevesinin (ITRF) gerçekleştirilmesini destekleyen ürünler üretirken, dünya çapında 400'den fazla referans istasyonundan veri takip etmek
- Çalışma Grupları ve Pilot Projeler aracılığıyla yeni uygulama ve ürünlerin sürekli geliştirilmesi için çalışmak,
- Jeodezik araştırma ve bilimsel yayınları desteklemek,
- Küresel Jeodezik Gözlem Sisteminin (GGOS; Global Geodetic Observing System) bir bileşeni olarak ve Dünya Veri Sisteminin (WDS; World Data System) üyesi olarak katkı sağlamak sayılabilir [52].

IGS açıklık ve erişebilirlik prensipleriyle, ITRF dünya referans çerçevesini geliştirmeye, dünya gözlem ve araştırmalarını desteklemeye en yüksek kalitede GNSS veri, ürün ve hizmetlerini sunmaya çalışmakta, bu amaçla konum, navigasyon ve zaman kesitirimlerini en yüksek kalitede sunarak bilime ve topluma yarar sağlayamaya çalışmaktadır.

Elde etmeyi amaçladığı hedeflerini düzenli olarak IGS Stratejik Planı ve IGS İlerleme Raporu ile kamuya duyurmaktadır[52].

3.1.1 IGS Ağı

IGS Uluslararası Referans Çerçevesinin (ITRF) gerçekleştirilmesini destekleyen ürünler üretirken, dünya çapında 400'den fazla referans istasyonundan veri takip etmekte, bu istasyonlardan elde ettiği verileri değerlendirme merkezi ile anlamlı hale getirmektedir.



Şekil 3.1 IGS ağı istasyonları tüm dünya üzerinde [52]

Kullanıcılara açık olarak sunulan IGS ağı üzerinde bulunan noktalarındaki verilere istenilen amaca göre filtreleme ve arama imkânı da sunulmaktadır.

Site	Location	Receiver	Antenna	Other	Network Filter
☒ Site	☒ City	☒ Receiver	☒ Antenna	☒ Last RINEX2 Available	☐ IGS14 Core
☐ Changes Pending?	☒ Country	☐ Receiver SN	☒ Radome	☒ Last RINEX3 Available	☐ IGS14
☒ Network(s)	☐ Agency	☐ Firmware	☒ Calibration	☒ Satellite System	☐ MGEX Experimental
☐ Domes #	☐ Agency Name		☐ Clock	☐ Data Center	☐ IGS08 Core
☐ Sitelog	☒ Latitude			☒ Site	☒ IGS
	☒ Longitude				☐ IGS Multi-GNSS
	☒ Height				☐ IGS08
	☒ Site				☐ RTS
					☐ Former IGS
					☐ IGS Proposed
					☐ Former MGEX

Apply Network Filter

Show 25 entries <<< Expand Site Table

Search:

Site	Network(s)	City	Country	Agency	Lat	Long
ABMF00GLP	IGS	Les Abymes	Guadeloupe	IGN	16.2623056	-61.527530
ABPO00MDG	IGS	Antananarivo	Madagascar	JPL	-19.0183060	47.229211
ADIS00ETH	IGS	Addis Ababa	Ethiopia	BKG	9.0351340	38.766301

Şekil 3.2 IGS istasyonlarında filtreleme [52]

3.1.2 IGS Ürünleri

IGS tüm GNSS gözlem veri kümelerini yeterli doğrulukla toplar, arşivler ve dağıtır. Uzunca yıllardır elde ettiği tüm veri setlerini ve ürünleri web sitesi, ftp aracılığıyla kullanıcılara sunmaktadır.

Çizelge 3.1 GPS uydu yörünge / uydu ve istasyon saat bilgileri [52]

Ürün		Doğruluk	Süresi	Yüklemeler	Örnekleme Aralığı
Broadcast	Yörünge	~100 cm	Anlık	--	Günlük
	Uydu Saati	~5 ns RMS ~2.5 ns SDev			
Ultra-Rapid (predicted half)	Yörünge	~5 cm	Anlık	saat başı 03, 09, 15, 21	15 dakika
	Uydu Saati	~3 ns RMS ~1.5 ns SDev			
Ultra-Rapid (observed half)	Yörünge	~3 cm	3 - 9 saat	saat başı 03, 09, 15, 21	15 dakika
	Uydu Saati	~150 ps RMS ~50 ps SDev			
Rapid	Yörünge	~2.5 cm	17 - 41 saat	Her gün 17:00'da	15 dakika
	Uydu ve İstasyon Saati	~75 ps RMS ~25 ps SDev			5 dakika
Final	Yörünge	~2.5 cm	12 - 18 gün	Her Perşembe	15 dakika
	Uydu ve İstasyon Saati	~75 ps RMS ~20 ps SDev			

Çizelge 3.2 GLONASS uydu yörünge bilgileri [52]

Ürün	Doğruluk	Süresi	Yüklemeler	Örnekleme Aralığı
Final	~3 cm	12 - 18 gün	Her Perşembe	15 dakika

Çizelge 3.3 IGS izleme istasyonlarının geosentrik koordinatları [52]

Ürün		Doğruluk	Süresi	Yükleme	Örnekleme Aralığı
Final positions	horizontal	3 mm	11 - 17 gün	Her Çarşamba	Haftalık
	vertical	6 mm			
Final hız	horizontal	2 mm/yr	11 - 17 gün	Her Çarşamba	Haftalık
	vertical	3 mm/yr			

Çizelge 3.4 Yer dönme parametreleri [52]

Ürün		Doğruluk	Süresi	Yüklemeler	Örnekleme Aralığı
Ultra-Rapid (predicted half)	PM	~200 μ s	Anlık	saat başı 03, 09, 15, 21	Günlük entegre 00, 06 12, 18 saatlerinde
	PM rate	~300 μ s/day			
	LOD	~50 μ s			
Ultra-Rapid (observed half)	PM	~50 μ s	3 - 9 saat	saat başı 03, 09, 15, 21	Günlük entegre 00, 06 12, 18 saatlerinde
	PM rate	~250 μ s/day			
	LOD	~10 μ s			
Rapid	PM	~40 μ s	17 - 41 saat	Her gün 17:00'da	Günlük entegre 12'de
	PM rate	~200 μ s/day			
	LOD	~10 μ s			
Final	PM	~30 μ s	11 - 17 gün	Her Çarşamba	Günlük entegre 12'de
	PM rate	~150 μ s/day			
	LOD	~10 μ s			

(PM; Polar Motion) : Kutup Hareketi, (PM rate): Kutup Hareketi Oranı, (LOD; Length-of-day):
Gün Uzunluğu

100 μ s = 3.1 mm ekvatorial dönme; 10 μ s = 4.6 mm ekvatorial dönme

21 günlük dönemler halinde IGS LOD değerlerini VLBI gözlemleri ile düzeltmektedir. 21 günlük periyotlar içerisinde her bir dönem içinde yükleme gününden uzaklaştıkça hatalar kalmaktadır.

Çizelge 3.5 Atmosferik parametreler [52]

Ürün	Doğruluk	Süresi	Yüklemeler	Örnekleme Aralığı
Final trofosferik ve zenit gecikme değerleri N, E bileşenleri	4 mm (ZPD)	< 4 hafta	Günlük	5 dakika
Final iyonosferik TEC grid	2-8 TECU	~11 gün	Haftalık	2 saat; 5 deg (lon) x 2.5 deg (lat)
Rapid ionospheric TEC grid	2-9 TECU	<24 saat	Günlük	

IGS Final (Sonuç) Ürünleri (IGS);

IGS tarafından üretilen en yüksek kalite ve iç tutarlılığına sahip ürünleridir. Haftalık olarak, her Cuma gününde, haftanın son gününde 13.00'a kadar, haftanın ilk günü için 20.00'a kadar hazırlanmaktadır. Yalnızca IGS final yörünge, saat ve yer dönme parametrelerinden hesaplanmasından yaklaşık 1-7 gün sonra üretilen IGS final trofosfer kestirimleri bu periyodun dışındadır [52].

IGS Rapid (Hızlı) Ürünler (IGR);

IGS Rapid ürünleri (IGR) final ürünleri kadar kalitelidir. Günlük olarak, önceki gözlem gününün bitiminden sonra yaklaşık 17 saat gecikmeli olarak hazırlanırlar; yani, IGS Rapid ürünleri günde yaklaşık 17.00 UTC'de piyasaya sürülür. Çoğu uygulama için IGS Final ve IGS Rapid ürünleri kullanılarak elde edilen sonuçlar arasında önemli fark yoktur [52].

IGS Ultra-rapid (Ultra Hızlı) Ürünler (IGU);

IGS, Ultra hızlı ürünleri Kasım 2000'de haftasında resmen yayınlanmaya başlatılmıştır. IGS ultra hızlı ürünler gerçek zamanlı kullanım için uygundur. Ultra hızlı ürünler günde dört kez, 03.00, 09.00, 15.00 ve 21.00 UTC'de yayınlanmaktadır. Daha önce günde iki kez yayınlanırken yayın aralığı 6 saate düşürülmüştür. Yayın aralığının düşürülmesinde en büyük etken yörünge kestirimlerinin geliştirilmesi ve uygulama hatalarının azaltılmasıdır.

Her IGS Ultra hızlı yörünge'nin ilk 24 saati, IGS saatlik izleme ağındaki en güncel GPS gözlem verilerine dayanmaktadır. Her bir dosyanın sonraki 24 saati, gözlemlenen yörüngelerden tahmin edilen yörüngelere dayanmaktadır. Her ultra hızlı ürün dosyasındaki yörüngeler, gözlemlenen ve tahmin edilen parçalar arasındaki geçiş şeklindedir. Her ultra hızlı yörünge dosyasının 3 ila 9 saatleri arasında tahmin edilen yörüngeler gerçek zamanlı uygulamalar için en uygun olanlardır [52].

3.1.3 IGS Çalışma Grupları ve Projeleri

IGS teknik Çalışma Grupları, IGS ürünlerini ve altyapısını geliştirmek gibi IGS tarafından özel ilgi duyulan konular üzerinde çalışmaktadır. Çalışma Grupları içinde, yeni

kapasitelerin veya ürünlerin tasarlandığı, geliştirildiği, test edildiği ve üretime hazırlandığı bir Pilot Proje yapısı oluşturularak işletilmeye çalışılmaktadır.

Çizelge 3.6 IGS çalışma grupları [52]

Anten Çalışma Grubu		2008'den bu yana
Bias ve Kalibrasyon Ç.G.		2008'den bu yana
Saat Ürünleri Ç.G.		2003'den bu yana
Veri Merkezi Ç.G.		2002'den bu yana
GNSS İzleme(IGMA) Ç.G.		2017'den bu yana
İyonofor Ç.G.		1998'den bu yana
Multi-GNSS Ç.G.		2003'den bu yana
Gerçek Zamanlı Ç.G.		2001'den bu yana
Referans Sistemi Ç.G.		1999'den bu yana
RINEX Ç.G.		2011'den bu yana
Uzay Araçları Yörünge Dinamiği Ç.G.		2011'den bu yana
Gel-Git Ölçümü(TIGA) Ç.G.		2001'den bu yana
Troposfer Ç.G.		1998'den bu yana

Çizelge 3.7 IGS aktif pilot projeler [52]

GNSS Performance Monitoring IGMA-IGS		2017'den bu yana
Multi-GNSS Extension (MGEX)		2016'den bu yana
Real-time (RTS)		2001'den bu yana

Çizelge 3.8 IGS eski çalışma grupları [52]

Low Earth Orbiters (LEO)		2002-2010
--------------------------	--	-----------

Çizelge 3.9 IGS eski pilot projeler [52]

International GLONASS Service (IGLOS-PP)	2000-2005
Tide Gauge (TIGA)	2001-2010

Bu deney ve pilot projeler kapsamında ön plana çıkan “MGEX (Multi-GNSS Experiment)”ve de “Real-Time Service (RTS)”, IGS ve GNSS uygulamalarının geleceği açısından, yapılan projelerin 2017 yılından beri GNSS Performans İzleme Sistemi (GNSS Performance Monitoring IGMA-IGS) ile hem üretim hem de son kullanıcılar açısından tüm sürecin ve geri dönüşlerin izlenmesi ile projelerin etkin ve performanslarının artırılması hedeflenmektedir [53].

3.1.3.1 GNSS Performans İzleme Sistemi

GNSS Performans İzleme IGMA-IGS Ortak Deneme Projesi, mevcut IGS altyapısını kullanan tüm katılımcı GNSS'ler için bir performans izleme sistemi uygulamaktadır. Deneme Projesi aracılığıyla, birleştirilmiş izleme sistemi ile ürünlerinin kullanıcı faydaları ve çoklu uygulamaların bir arada takibi mümkün olacaktır. Bu deneme projesi ile GNSS'ye olan güvenin artması beklenmektedir [52].

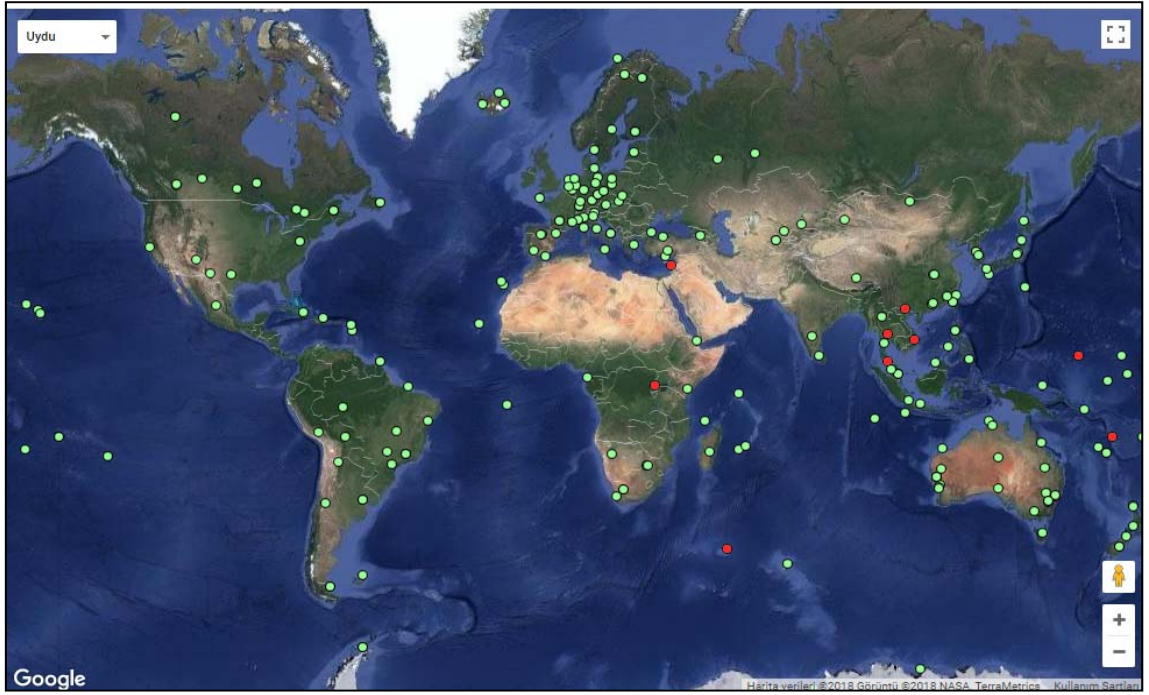
3.1.3.2 Multi-GNSS Extension (MGEX) Projesi

Multi-GNSS Projesi(MGEX), mevcut tüm GNSS sinyallerini izlemek, bir araya getirmek ve analiz etmek için IGS tarafından oluşturulmuştur [54].

GNSS modernizasyonu kapsamında yeni sistem, sinyal ve kodların geliştirilmesiyle büyüyen yapay uydu navigasyon sistemleri ve oluşan Multi-GNSS konsepti ile dünya genelinde etkin ve gerçek zamanlı kullanımı için hedeflenen yeni konum belirleme algoritmalarının, IGS servis hizmetleri içinde gelecekte etkin şekilde yer alması planlanmaktadır [53].

MGEX projesi kapsamında BeiDou, Galileo, QZSS ve NAVIC sistemlerinin yanı sıra GPS ve GLONASS uyduları ile uydu destekli sistemlere ait (SBAS) sinyalleri de içermektedir. Analiz merkezleri yeni uyduları ve sinyalleri analiz etmekte, farklı kurulum ve ekipmanların performansını karşılaştırmakta ve birden fazla GNSS gözlem verisini işleyebilecek işleme yazılımını geliştirmektedir. IGS böylelikle tüm uydu sistemlerini kapsayacak şekilde parametrelerini genişletebilecektir [54].

Dört yıllık bir süre boyunca, küresel bir çoklu GNSS istasyonu ağı kurulmuş ve mevcut GPS / GLONASS referans istasyonları ağı ile entegre edilmiştir. Buna paralel olarak diğer sistemler içinde yörünge ve saat bilgileri rutin olarak üretilebilecek noktaya gelinmiştir. 2016 yılının başında MGEX'in deneme aşamasını sonlandırması ve bir pilot proje olarak IGS çoklu GNSS faaliyetlerini sürdürmesi kararlaştırılmıştır [54].



Şekil 3.3 IGS Multi-GNSS projesi kapsamındaki istasyonlar [54]

IGS çoklu GNSS istasyonlarının son gözlem verileri RINEX3 formatındaki IGS global veri merkezlerinden temin edilebilmektedir. Bu merkezler;

- Crustal Dynamics Data Information System (CDDIS)
- Institut Géographique National (IGN)
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) altında ftp hizmeti sunmaktadır.

Beş MGEX analiz merkezi şu anda rutin olarak MGEX için özel çoklu GNSS ürünlerine katkıda bulunmaktadır.

1. Centre National d'Etudes Spatiales (CNES), Collecte Localisation Satellites (CLS), Groupe de Recherche de Géodésie Spatiale (GRGS)
2. Center for Orbit Determination in Europe (CODE)
3. GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ)
4. Technische Universität München (TUM)
5. Wuhan University, China

MGEX projesi kapsamında yürütülen çalışmalar neticesinde analiz merkezleri tarafından elde edilen deneysel ve resmi ürünler dört ana grupta toplanmaktadır.

Bunlar, hassas yörünge ve saat ürünleri, yayın efemerisleri, diferansiyel kod sinyal kayıklığı ve gerçek zamanlı ürünlerden oluşmaktadır.

Çizelge 3.10 Ekim 2017 itibariyle mevcut olan ürünler [54]

Enstitü	ID	Uydu Sistemi	Ürün
CNES/ CLS	grm	GPS+GLO+GAL	Uydu Yörüngeleri ve Saatleri (15 min; *.sp3) Uydu ve istasyon saatleri (30 s; *.clk) İstasyon koordinatları(*.snx)
CODE	com, 1961 haftaya kadar	GPS+GLO+GAL + BDS+QZS	Uydu Yörüngeleri ve Saatleri (15 min; *.sp3) Uydu ve istasyon saatleri (5 min; *.clk) Yer dönme parametreleri (12 h; *.erp) Sinyal kayıklıkları (1 d; *.bia)
CODE	COD0MGXFI N,1962 haftadan beri	GPS+GLO+GAL + BDS+QZS	Uydu Yörüngeleri ve Saatleri (5 min; *.SP3) Uydu ve istasyon saatleri (30 s/5 min; *.CLK) Yer dönme parametreleri (12 h; *.ERP) Sinyal kayıklıkları (1 d; *.BIA)
GFZ	gfm,gfb	GPS+GLO+GAL + BDS+QZS	Uydu Yörüngeleri ve Saatleri (15 min; *.sp3) Uydu ve istasyon saatleri (30 s/5 min; *.clk) Yer dönme parametreleri (1 d; *.erp) Sinyal kayıklıkları (1 d; *.bias)
JAXA	Qzf	GPS+QZS	Uydu Yörüngeleri ve Saatleri (5 min; SP3)
JAXA	JAX0MGXFIN	GPS+GLO+QZS	Uydu Yörüngeleri ve Saatleri (5 min; SP3)
TUM	Tum	GAL+QZS	Uydu Yörüngeleri ve Saatleri (5 min; SP3)
Wuhan Univ.	Wum	GPS+GLO+GAL + BDS+QZS	Uydu Yörüngeleri ve Saatleri (15 min; *.sp3) Uydu ve istasyon saatleri (5 min; *.clk) Yer dönme parametreleri (1 d; *.erp)

MGEX projesinin gerçek zamanlı ürünlerin sunumu amacıyla RTS projesi ile entegrasyonu bulunmaktadır. IGS MGEX istasyonlarından sağlanan gözlemler ile IGS-IP ağı üzerinden gerçek zamanlı olarak yayın efemerisi akışı da (RTCM3EPH) sağlanmaktadır. Bu yayın efemerisi kombine edilmiş GPS, GLONASS ve Galileo gözlemlerinden elde edilmektedir [54].

3.1.3.3 IGS Gerçek Zamanlı Servis (RTS) Projesi

Gerçek Zamanlı Servis (RTS) aracılığıyla IGS ürünlerine gerçek zamanlı erişim gerektiren uygulamaları desteklemek mümkün hale gelmektedir. RTS, global ölçekte yörünge ve saat hata düzeltmelerinin eş zamanlı olmasını sağlayarak hassas nokta konumlandırmayı (PPP'yi) daha etkin kılmaktadır [55].

RTS, dünya standartlarında yüksek hassasiyetli GNSS veri ürünleri sağlayan ağ istasyonlarının, veri merkezlerinin ve analiz merkezlerinin IGS küresel altyapısına dayanmaktadır.

RTS şu anda sadece GPS operasyonel servis olarak sunulmaktadır. Rus GLONASS uydu sistemine ait uygulamaların geliştirilmesi ve test edilmesi için deneysel bir ürün olarak sunulmaktadır . Yeni sistemler Analiz Merkezi tarafından IGS çözüm güvenilirliği ve kullanılabilirliğini yeterli görüldüğünce hizmete dahil edilmesi planlanmaktadır. Diğer GNSS uydu sistemleri de kullanıma sunuldukça sisteme eklenmesi planlanmaktadır [55].

Bu servisin hayata geçirilmesi Kanada Doğal Kaynaklar Kurumu (NRCan), Alman Kartografya ve Jeodezi Ajansı (BKG) ve Avrupa Uzay Ajansı'nın Darmstadt, Almanya'daki (ESA / ESOC) Uzay Operasyon Merkezi ile ortaklıklar yoluyla mümkün hale gelmiştir [55].

Servis dünya genelinde 160 istasyon operatörü, çoklu veri merkezi ve 10 analiz merkezi tarafından sağlanmaktadır. RTS, bir kamu hizmeti olarak IGS tarafından işletilmektedir. Kullanıcılara abonelik aracılığıyla açık ve kolay erişilebilir erişim sunulmaktadır [55].

Çizelge 3.11 RTS analiz merkezleri [55]

Merkez	Görev Tanımı
BKG	IGU yörüngelerini kullanarak GPS gerçek zamanlı yörünge ve saat düzeltmeleri hesaplamak. IGV yörüngelerini kullanarak GPS + GLONASS gerçek zamanlı yörünge ve saat düzeltmeleri hesaplamak.
CNES	IGU yörüngelerine dayalı GPS gerçek zamanlı yörünge ve saat düzeltmeleri hesaplamak. GPS + GLONASS yörünge ve saat düzeltmeleri hesaplamak.
DLR	IGU yörüngelerine dayalı GPS gerçek zamanlı yörünge ve saat düzeltmeleri hesaplamak. GPS + GLONASS yörünge ve saat düzeltmeleri hesaplamak.

Çizelge 3.11 RTS analiz merkezleri (Devamı)

ESA/ESOC	Her 2 saatte bir çalışan ESOC s/w yazılımı ile toplu yakın gerçek zamanlı yörüngeleri kullanarak, GPS gerçek zamanlı yörünge ve saat düzeltmelerini hesaplamak. IGU yörüngelerini kullanarak GPS gerçek zamanlı yörünge ve saat düzeltmeleri hesaplamak.
GFZ	IGU yörüngelerini kullanarak GPS gerçek zamanlı yörünge ve saat düzeltmeleri hesaplamak.
GMV	Yakın gerçek zamanlı yörünge çözümlerine dayalı GPS gerçek zamanlı yörünge ve saat düzeltmeleri hesaplamak. GPS + GLONASS yörünge ve saat düzeltmeleri hesaplamak.
Geo++	Pasif durumda olmakla birlikte, RTCM SSR standartlarının geliştirilmesi.
NRCan	Her saat toplu ve yakın gerçek zamanlı yörüngeleri kullanarak GPS gerçek zamanlı yörünge ve saat düzeltmeleri hesaplamak.
TUW	Pasif durumda.
WUHAN	IGU yörüngelerine dayalı GPS gerçek zamanlı saat düzeltmeleri hesaplamak.

RTS ürünleri, IGS'nin global olarak hizmet veren yüksek kalitedeki GNSS alıcılarından sağlanan veri akışı ile elde edilen, yayın (broadcast) efemerisi için oluşturulmuş GNSS uydu yörünge ve saat düzeltme bilgileridir. Bu ürünler internet üzerinden, BKG tarafından geliştirilen NTRIP protokolü vasıtasıyla ve RTCM/SSR standardına göre yayınlanmaktadır. Günümüzde yörüngelere ilişkin düzeltmeler RTS hizmeti içerisinde ITRF2014 datumundadır [56].

Bu ürünlerin oluşturulması aşamasında tüm analiz merkezlerinden gelen sonuçların, koordinatör analiz merkezi tarafından birleştirilmesi ve kombine edilmesi süreci işletilmektedir. Böylelikle daha güvenilir ve doğru sonuçların RTS hizmeti kapsamında elde edilmesi amaçlanmıştır. Günümüzde analiz merkezlerinden gelen verilere dayalı olarak toplu olarak hesaplanan kombine edilmiş IGS01/IGC01, IGS02 ve IGS03 olarak adlandırılan 3 kategorideki RTS ürünleri kullanıcılara sunulmaktadır. Bu gerçek zamanlı ürünlerin veri akışları RTCM/SSR standartında gerçekleştirilmektedir. Bunlardan IGS01/IGC01 ve IGS02 yalnızca GPS uydularına ilişkin düzeltme bilgilerini içerirken, IGS03 ise GPS ve GLONASS uyduları için hesaplanan deneysel ürünleri içermektedir. Çizelge 3.12, RTS ürünlerinin teknik içeriklerini göstermektedir [55].

Çizelge 3.12 RTS ürünlerinin içerikleri [55]

Sürüm Adı	Tanım	Referans Noktası	RTCM Mesajı	Hizmet Sağlayıcı/Çözüm ID	Band Genişliği Kbit	Yazılım
IGS01	Yörünge/Saat Düzeltmesi, Tekli epok kombinasyonu	APC	1059 (5),1060 (5)	258 / 1	1.8/san.	ESA/ESOC
IGC01	Yörünge/Saat Düzeltmesi, Tekli epok kombinasyonu	CoM	1059 (5),1060 (5)	258 / 9	1.8/ san.	ESA/ESOC
IGS02	Yörünge/Saat Düzeltmesi, Kalman Filtresi kombinasyonu	APC	1057 (60), 1058 (10), 1059 (10)	258 / 2	0.6/ san.	BKG
IGS03	Yörünge/Saat Düzeltmesi, Kalman Filtresi kombinasyonu	APC	1057(60), 1058(10), 1059(10), 1063(60), 1064(10), 1065(10)	258 / 3	0.8/ san.	BKG
APC: Antenna Phase Center (Anten faz merkezi) CoM: Center of Mass (Anten ağırlık merkezi) RTCM mesaj türlerinin yanında bulunan parantez içindeki rakamlar saniye birimindeki örneklem aralıklarıdır.						

Yukarıda listelenen RTCM v3 akışları, gerçek zamanlı Hassas Nokta Konumlandırma (PPP) ve ilgili uygulamanın geliştirilmesini ve test edilmesini desteklemek için kullanılabilmektedir.

Çizelge 3.13 RTCM mesaj kodlarının anlamı [55]

RTCM KODU	v3 Mesaj Türü
1019	GPS Broadcast Ephemeris
1020	GLONASS Broadcast Ephemeris
1045	Galileo Broadcast Ephemeris
1057	Broadcast Ephemeris için GPS yörünge düzeltmeleri
1058	Broadcast Ephemeris için GPS yörünge düzeltmeleri
1059	GPS kod düzeltmeleri
1060	Broadcast Ephemeris için kombine edilmiş GPS yörünge ve saat düzeltmeleri
1061	GPS Kullanıcı Doğruluğu
1062	Broadcast Ephemeris için GPS Yüksek kaliteli saat düzeltmeleri
1063	Broadcast Ephemeris için GLONASS yörünge düzeltmeleri
1064	Broadcast Ephemeris için GLONASS saat düzeltmeleri
1065	GLONASS kod düzeltmeleri
1066	Broadcast Ephemeris için kombine edilmiş GLONASS yörünge ve saat düzeltmeleri
1067	GLONASS Kullanıcı Doğruluğu
1068	Broadcast Ephemeris için GLONASS Yüksek kaliteli saat düzeltmeleri

IGS RTS kapsamında yayın efemerisi akışlarını da gerçek zamanlı olarak NTRIP üzerinden sağlamaktadır. Bunlar RTCM3EPH ve RTCM3EPH01 şeklindedir. RTCM3EPH, BKG tarafından geliştirilen BNC yazılımı kullanılarak GPS, GLONASS ve Galileo uyduları için üretilen yayın efemerisidir. Bu bilgi seti her 5 saniyede bir tekrarlanarak, RTCM v3'de kullanıcılara sunulmaktadır. RTCM3EPH01 ise, DLR'nin geliştirdiği RETICLE yazılımı kullanılarak hesaplanan ve yalnızca GPS uyduları için yayın efemeris bilgisinin yer aldığı bir üründür. 5 saniyede bir tekrarlanan bu ürün de RTCM v3 standardındadır [55]. Çizelge 3.14, bu yayın efemerislerinin teknik özelliklerini göstermektedir.

Çizelge 3.14 IGS yayın efemeris içeriği [55]

Yayın	Tanım	RTCM Mesajı	GNSS	Band Genişliği kbits	Yazılım
RTCM3EPH	Broadcast Ephemeris	1019(5), 1020(5), 1045(5)	GPS, GLONASS, Galileo	6.0/sec	BKG/BNC
RTCM3EPH01	Broadcast Ephemeris	1019(5)	GPS	4.0/sec	DLR/RETICLE

Global IGS RTS ürünleri, Uluslararası Karasal Referans Çerçevesi 2014'de (ITRF2014) sunulmaktadır. Bölgesel datumlarda da ETRF2000, GDA94, NAD83, SIRGAS95 veya SIRGAS2000'da ürünler kullanıcılara sunulmaktadır. Gerçek zamanlı bir PPP çözümünde bölgesel ürün akışlarından yörünge ve saat düzeltmeleri kullanılarak bölgesel datumda koordinat bilgisi elde edilebilmektedir. PPP istemcisinin koordinatları dönüştürmesini gerek kalmadan zaten sunucu tarafında yapılmaktadır.

IGS, başta yerbilimleri analizlerinin gerçekleştirilmesi olmak üzere, ITRF'nin geliştirilmesi ve güncellenmesi, yerkabuğu deformasyonlarının ve yerin dönmesinin izlenmesi, troposfer ve iyonosferin izlenmesi, uydu yörünge belirleme faaliyetleri ve de farklı nitelikteki pekçok hassas konum belirleme uygulaması için yüksek kalitedeki GNSS veri, ürün ve servis hizmetlerini kullanıcılarına sağlamaktadır. Bu kapsamda GNSS uydu efemerislerini, yeryuvarı dönme parametrelerini, izleme ağına ait istasyonların koordinat ve hız bilgilerini, uydu ve istasyonlara ait saat bilgilerini, troposferik zenit yolu gecikme kestirimlerini ve global iyonosfer haritalarını farklı kategorilerde ve doğruluk seviyelerinde kullanıcılara sunmaktadır. Bu kategoriler final ürünler (IGS), rapid ürünler (IGR), ultra-rapid ürünler (IGU) ve gerçek zamanlı (RT) ürünler olarak oluşturulmakla beraber, farklı gecikmeler, örneklem aralıkları ve doğruluk seviyelerinde kullanıcılara sunulmaktadır [52].

3.2 CODE (Center for Orbit Determination in Europe)

CODE (Center for Orbit Determination in Europe) Avrupa Yörünge Kestirim Merkezi 1992'den beri AIUB (Astronomical Institute of Bern University) tarafından işletilmekte olup;

- Bern Üniversitesi Astronomi Enstitüsü (AIUB, Bern, İsviçre)

- İsviçre Federal Topografya Ofisi (İsviçre, Wabern, İsviçre),
- Kartografya ve Jeodezi Federal Ajansı (BKG. Frankfurt a. M., Almanya), ve
- Astronomi ve Fiziksel Jeodezi Bölümü, Münih Teknik Üniversitesi (IAPG / TUM, Münih, Almanya) bölüm ve kuruluşlarının bir konsorsiyomudur [57].

CODE aşağıdaki bilimsel hizmetlere katkıda bulunmaktadır.

1. IGS için global veri işleme merkezi görevi;

Final Efemeris (iki haftalık dönemlerle yaklaşık 240 istasyon verisi ile),

Rapid Efemeris (18 saatlik dönemlerle yaklaşık 130 istasyon verisi ile) ve

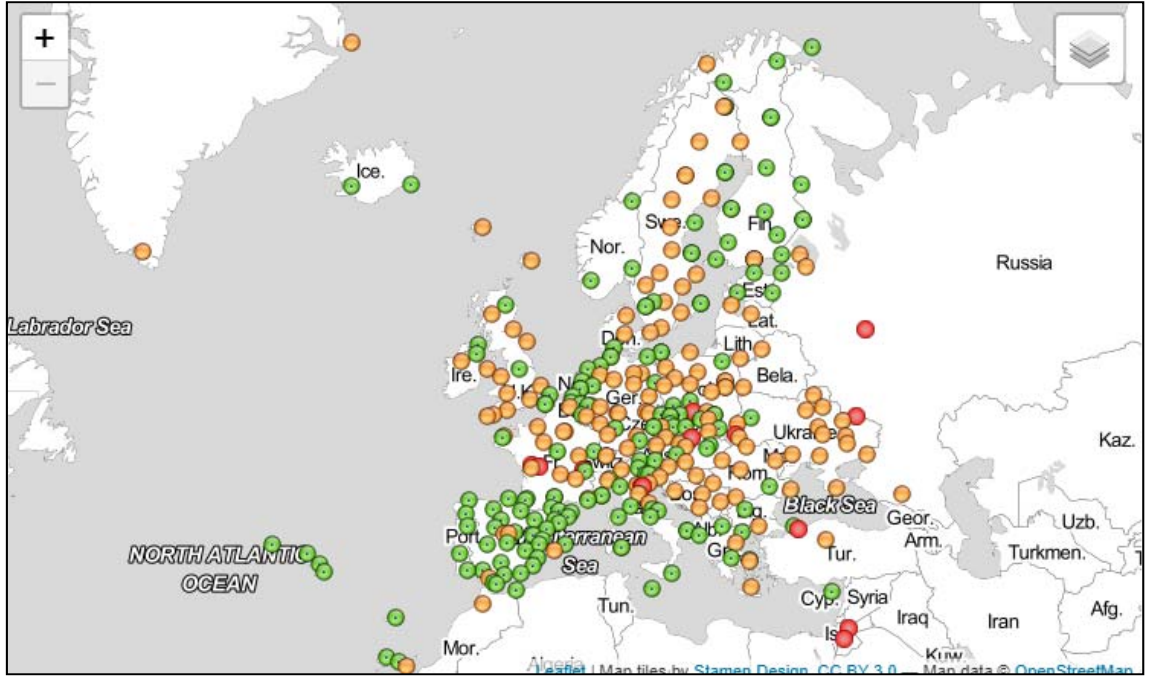
Ultra hızlı efemeris (Günde 4 kez 3 saat gecikme ile yaklaşık 90 istasyon verisi ile) bilgilerini üretmektedir.

Bunun yanında yörünge bilgileri, yerküre rotasyon parametreleri, uydu ve alıcı saat düzeltmeleri, istasyon koordinatları, troposfer ve iyonosfer modelleri, yanı sıra çok sayıda diğer ürünler düzenli olarak üretilmektedir. Bu operasyonel ürünleri en son işleme standartları ile üretilmektedir. Ayrıca GNSS ürünlerinin zaman serilerini de üretmektedir [57].

2. IGS MGEX (Multi GNSS Extension Project) Projesi için analiz merkezi görevi

3. Avrupa Sürekli Gözlemi Ağı (EPN) için analiz merkezi

Şu anda 16 analiz merkezi tarafından Avrupa GNSS istasyonları ağı düzenli olarak işlenmektedir. Birçoğu Bernese GNSS Yazılım paketini kullanmaktadır. CODE, EUREF Analiz Merkezlerinden biridir ve günlük bazda yaklaşık 50 istasyonluk bir EPN alt ağını işlemektedir. Haftalık koordinat çözümü hesaplanmakta ve EUREF'e gönderilmektedir. Ayrıca, tüm istasyonlar için günlük troposfer parametre tahminlerini (zenit gecikmeleri) hesaplamaktadır.



Şekil 3.4 EUREF ağı [57]

4. Uluslararası Lazer Ölçüm Servisine İlişkili Analiz Merkezi (ILRS)

ILRS (International Laser Ranging Service), Uluslararası Lazer Ölçüm Servisi, lazer ölçümleri ile uydulara hizmet sunan bilimsel bir hizmet olup, CODE, GLONASS uyduları için rapid yörünge kestirimleri ile en son SLR ölçümlerini karşılaştırır ve ölçümlerinin kalitesi hakkında geri bildirim oluşturarak, gözlem operatörlerine kapsamlı bir istatistik rapor eder. Aynı zamanda, bu istatistikler GNSS yörüngelerinin kalitesi hakkında bağımsız bir dış bildirim sağlamaktadır [57].

SA (Selective Availability) kapatılması (2000), Dünya dönme ekseninin geri dönüşünün tespiti (2006), Japonyadaki deprem (2011) gibi CODE tarafından gerçekleştirilen özel projelerde bulunmaktadır [57].

3.3 JPL (Jet Propulsion Laboratory)

Jet Propulsion Laboratory (JPL) NASA'nın La Cañada Flintridge, Kaliforniya, ABD'de bulunan merkezinde olan ve ABD federal hükümeti tarafından finanse edilen araştırma ve geliştirme merkezidir. Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü içerisinde NASA için yönetilmektedir [58].

JPL tarafından kendi üretimi olan GIPPSY-OASIS akademik yazılımı için türetilen hassas yörünge ve saat bilgileri Çizelge 3.15'de görülmektedir [59].

Çizelge 3.15 JPL hassas yörünge ve saat kesitirim bilgileri (GPS ve GIPPSY için) [59]

Ürün	Gecikme	3-D Doğruluk (cm)	Ürünlerin Açık FTP Adresi
Ultra-Rapid	2 saatden az	5	ftp://sideshow.jpl.nasa.gov/pub/JPL_GPS_Products/Ultra
Rapid	Ertesi Gün (16:00 UTC)	3.5	ftp://sideshow.jpl.nasa.gov/pub/JPL_GPS_Products/Rapid
Final	min 14 gün	2.5	ftp://sideshow.jpl.nasa.gov/pub/JPL_GPS_Products/Final

Jet Propulsion Laboratuvarı, Uluslararası GNSS Hizmeti (IGS) için katkıda bulunan bir Analiz Merkezi'dir. JPL, Hızlı ve Final yörüngeye ve saat tahminleri ile IGS'ye katkıda bulunmaktadır.

Çizelge 3.16 JPL hassas yörünge ve saat kesitirim bilgileri [59]

Ürün	Gecikme	3-D Doğruluk (cm)	Ürünlerin Açık FTP Adresi
Rapid	Ertesi Gün (16:00 UTC)	3.5	ftp://sideshow.jpl.nasa.gov/pub/JPL_GPS_Products/Rapid
Final	min 14 gün	2.5	ftp://sideshow.jpl.nasa.gov/pub/jpligsac

JPL IGS'ye yaptığı bu katkıların haricinde, robotik uzay ve dünya bilimi için ulusal araştırma tesisidir. JPL, Amerika'nın ilk Dünya yörüngesindeki bilim uydusunu geliştirerek uzaya açılmaya yardımcı olmuştur. İlk başarılı uzay gemisi uzay aracının oluşturulmasında ve güneş sisteminin tüm gezegenlerini, asteroitler, kuyruklu yıldızlar ve ayı incelemek için robotik görevler gerçekleştirmiştir. Görevlerine ek olarak, JPL gezegenler arası uzay aracıyla iletişim kuran dünya çapında bir antenler sistemi olan NASA'nın Derin Uzay Ağını geliştirmekte ve yönetmektedir [58].

Günümüzde JPL, dünyadaki öncü inovasyonunu sürdürmekle birlikte, gezegensel keşif, dünya araştırmaları, uzay tabanlı astronomi ve teknoloji geliştirme programlarını

hayata geçirmekte ve yeteneklerini ulusal öneme sahip teknik ve bilimsel problemlere uygulamaktadır [58].

GNSS İLE GÖZLEMLER VE KONUM BELİRLEME YÖNTEMLERİ İLE HATA KAYNAKLARI

Bu bölümde GNSS sisteminden kullanıcıların sisteme uygun olarak üretilmiş alıcıları ile elde edebilecekleri gözlem verilerinden, elde edilen gözlemlerden, konum belirleme yöntemlerinden ve konum belirleme esnasında gerek GNSS sisteminden gerekse çevresel faktörler ile oluşan hatalardan kısaca bahsedilecektir.

4.1 GNSS Gözlemleri

Sistemin ilk hayata geçirildiği 1960'lardan bu güne Doppler , Kod (Pseudo-Range) ve Taşıyıcı Dalga Faz gözlemleri yapılmaktadır.

Elde edilen bu gözlemler ile uydu-alıcı uzaklığı hesaplanır. Genellikle yüksek doğruluk isteyen ve bilimsel amaçlı çalışmalarda taşıyıcı dalga faz farkı gözlemleri kullanılmaktadır. Yüksek doğruluk istenmeyen ancak anlık (real-time) konum belirleme (örn. navigasyon amaçlı) uygulamalarında ise genellikle kod ölçüleri kullanılmaktadır.

4.1.1 Doppler Gözlemleri

Günümüzde artık kullanılsa da, Doppler ölçmeleri 1960'lı yıllarda ilk uydularla konum belirleme sistemi olan TRANSIT sistemi ile kullanılmaya başlandı. TRANSIT sistemi ile nokta konumunun belirlenebilmesi için çok uzun oturumlar gerekmektedir ve nokta konum duyarlılığı 1 m seviyelerindeydi. Bundan dolayı bu sistem sadece navigasyon ve kontrol uygulamaları için kullanılmaktaydı. Sistemin sağladığı nokta konum duyarlılığı mühendislik uygulamaları (poligon tesisi, deformasyon ölçmeleri vb.) için tatmin edici değildi.

TRANSIT sisteminden sonra bu program geliştirilerek NAVSTAR GPS adını aldı. Bu ikinci nesil konum ve navigasyon belirleme sistemi Doppler gözlemleri yerine, kod (pseudo-range) ve faz ölçmelerini kullanmaktaydı. Bununla birlikte TRANSIT sisteminin uzun oturumlar ve düşük nokta konum duyarlılığı gibi dezavantajları ortadan kaldırılmıştır. [23].

Doppler gözlemleri ile kaynak ve gözlem noktası yani uydu ve alıcı anteni arasındaki mesafenin, gözlemlenen ses ve radyo dalgasının frekansının değişimi ile bulması amaçlanır. Alıcı uydudan gelen sinyali yakalayabilmek için doppler kayıklıklarını kullanmaktadır [60].

Uydudan yayınlanan sinyalin nominal frekansta olduğu varsayılırsa,

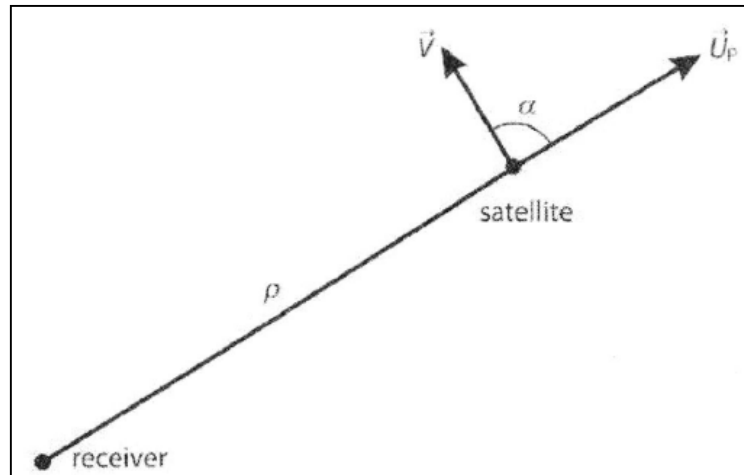
$$V_p = \vec{v} \cdot \vec{U}_p = |\vec{v}| \cos \alpha \quad (4.1)$$

Elde edilir. Bu formülde;

$\vec{v}$: Alıcıya göre uydunun hız vektörünü

$\vec{U}_p$ ve $|\vec{v}|$: Alıcı ve uydu konumlarını gösteren vektörleri,

α : $\vec{v}$ ve $\vec{U}_p$ arasındaki açıyı göstermektedir.



Şekil 4.1 Doppler etkisi [60]

4.1.2 Kod Ölçüleri

Kod gözlemleri kullanılarak uydu ile GPS alıcısının anteni arasındaki mesafenin ölçülmesi sağlanır. Uzunluk, kod sinyalinin, uydudan GPS alıcısı antenine ulaşmaya kadar geçen sürenin ışık hızı ile ölçeklendirilmesiyle bulunur. Ancak bu yöntemle elde

edilen uydu-alıcı anteni arasındaki uzunluk, alıcı ve uydu saati hataları, troposferik ve iyonosferik sinyal gecikmeleri, vb. etkilerden dolayı olması gereken geometrik mesafeden farklı olur. Kod gözlemlerine pseudo-range yani sözde/kaba uzunluk denilmesinin nedeni budur [60].

Kod sinyalinin uydudan çıktığı an t_s , sinyalin alıcı antenine geldiği an ise t_r olsun. Sinyalin uydu-alıcı anteni arasındaki mesafede herhangi bir gecikme etkisine maruz kalmadığı ve boşlukta ışık hızının yeterli doğrulukta bilindiği varsayılırsa;

$$R_r^s = (t_r - t_s) \cdot c \quad (4.2)$$

Eşitliği geçerli olacaktır. Ancak bu mümkün değildir. Alıcı ve uydu saati hataları göz önüne alındığında formül aşağıdaki gibi düzeltilmelidir.

$$R_r^s = (t_r - t_s) \cdot c - (\delta t_r - \delta t_s) \cdot c \quad (4.3)$$

Burada δt_r ve δt_s , sırasıyla alıcı saati ve uydu saati hatalarını temsil eder. Uydu saati hatası GPS uydu yörünge bilgilerinden elde edilebilmektedir. Uydu saati hataları genellikle zaman polinomları şeklinde modellenir ve kullanıcıya navigasyon mesaj dosyası ile bildirilir. Daha hassas saat düzeltmelerine ihtiyaç duyulursa, IGS merkezlerinden SP3 uzantılı hassas efemeris dosyası ile elde edilebilir.

Uydu-alıcı anteni arasındaki geometrik uzunluk uzay koordinatları cinsinden,

$$p_r^s(t_r, t_s) = \sqrt{(x_s - x_r)^2 + (y_s - y_r)^2 + (z_s - z_r)^2} \quad (4.4)$$

Eşitliği ile gösterilir. 4.1 eşitliği geometrik mesafe formülü ile değiştirilmelidir.

Burada uydu koordinat vektörü (x_s, y_s, z_s) zamanın (t_s) bir vektör fonksiyonudur. Benzer olarak (x_r, y_r, z_r) 'de zamanın (t_r) vektör fonksiyonu olarak tanımlanabilir. Bundan dolayı, geometrik mesafe iki değişkene dayalı bir fonksiyondur.

Alıcı koordinatlarının tespit edilebilmesi için, X, Y ve Z yönünde olmak üzere 3 adet koordinat bilinmeyişi ve bir de saat hatası için toplam 4 bilinmeyen çözülmesi gerekmektedir. Aynı anda en az 4 adet uyduya gözlem yapılarak uydu alıcı mesafelerinin belirlenmesiyle 4 adet denklemden söz konusu bilinmeyenler çözülebilmektedir.

GPS uydularının yerden yüksekliği yaklaşık olarak 20200 kilometredir. Bundan dolayı sinyalin yolculuk zamanı yaklaşık olarak 0.07 saniyedir. GPS anteni koordinatları

genellikle ECEF (Earth-Centered, Earth-Fixed) koordinat sistemindedir. Bu koordinat sistemi yer merkezli olduğundan, sinyal yolculuğu boyunca (≈ 0.07 saniye), GPS alıcısı dünya ile birlikte döner.

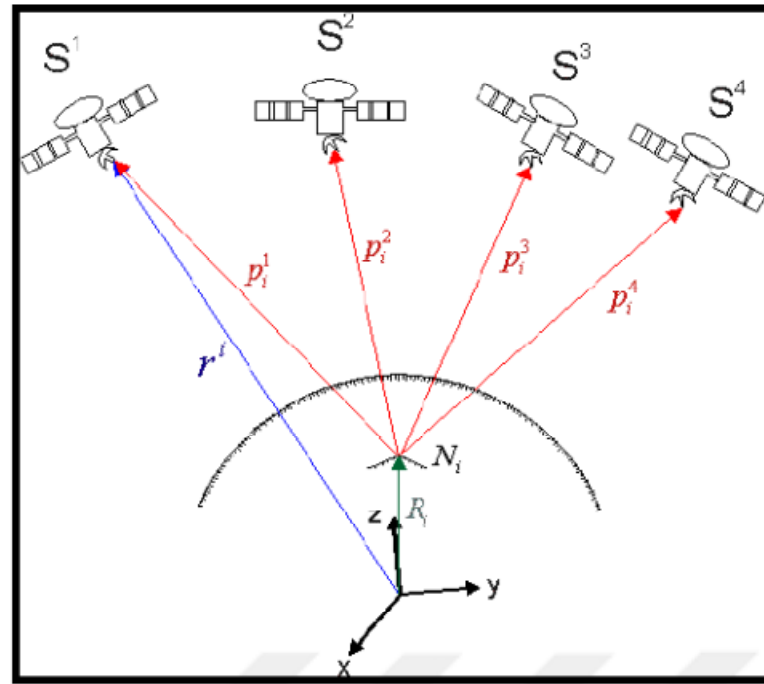
Dünyanın açısal hızı yaklaşık olarak 15 arcsec ve bu yer değiştirme yaklaşık olarak 1 arcsec'dir. Bu etkinin büyüklüğü alıcının bulunduğu istasyonun enlemine bağlıdır ve ekvatorda bu 1 arcsec'lik etki 31 metrelik yer değişimine tekabül eder. Bundan dolayı saat hataları çok yüksek değerlere ulaşır. Bu etki uygulamada negatif pseudo-range'lerin gözlemlenmesiyle elde edilebilir. Bu bağlamda, ara mesafe hesaplanırken yer dönüklük düzeltmesinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir [60].

Diğer hata kaynakları olan iyonosferik ve troposferik etkiler, gel-git etkisi, faz sıçraması, relativistik etkiler ve kalıntı hataları (noise) göz önüne alındığında;

$$R_r^s = p_r^s(t_r, t_s) - (\delta t_r - \delta t_s) \cdot c + \delta_{ion} + \delta_{tro} + \delta_{tide} + \delta_{multi} + \delta_{rel} + \epsilon \quad (4.5)$$

Eşitliği geçerli olacaktır.

Pseudo-range uzunluk ölçüleri genel olarak C/A ve P olmak üzere iki ayrı kod üzerinden gerçekleştirilmektedir. Kod ölçmelerinde hassasiyet elektronik parametrelerle ilgilidir. Genel olarak günümüzde chip uzunluğu %1 seviyelerinde olmasından dolayı, C/A kod doğruluğu 3 m ve P kod ise 30 cm dolaylarındadır.



Şekil 4.2 Pseudorange ölçmeleri [61]

4.1.3 Faz Ölçüleri

Taşıyıcı dalga faz ölçmeleri, uydudan yayınlanan faz ile alıcı tarafından oluşturulan fazın karşılaştırılması ile yapılır. Bir başka deyişle, uydudan gelen GPS sinyali fazı alıcı tarafından kaydedilmekte, aynı zamanda bu sinyalin bir benzeri de alıcı tarafından üretilmekte ve bunlar arasından kolerasyon sağlanmaktadır. Ancak yeryüzündeki alıcı, gelen taşıyıcı sinyalin kaç dalga boyu tam sayı içerdiğini bilmemektedir. Bundan dolayı taşıyıcı dalga faz ölçmeleri ile artık faz ölçülür ve kaç tam sayı dalga boyu içerdiği hesaplanır [22].

Günümüzde taşıyıcı dalga fazı, dalga boyunun %1 dalga boyu hassasiyetinde ölçülebildiğinden faz ölçme doğruluğu yaklaşık olarak 0.2 mm'ye karşılık gelmektedir. Taşıyıcı dalga faz ölçümünün hatasız yapıldığı kabul edilirse,

$$\phi_r^s = \phi_r(t_r) - \phi^s(t_r) + N_r^s \quad (4.6)$$

Bu eşitlikte r ve s indisleri sırası ile alıcı ve uyduyu, t_r GPS sinyalinin alıcıya ulaştığı anı, ϕ_r alıcı tarafından üretilen fazı, ϕ^s uydudan gelen sinyalin fazını, N_r^s ise uydu-alıcı arasındaki belirsiz tam dalga boyu sayısını işaret etmektedir.

Uydudan yayınlanan sinyalin alıcıya ulaştığı an için,

$$\phi^s(t_r) = \phi_e^s(t_r - \Delta t) \quad (4.7)$$

formülü yazılabilir. Burada ϕ_e^s uydudan yayınlanan fazı, Δt GPS sinyalinin yolculuk zamanıdır. Δt aşağıdaki gibi ifade edilebilir,

$$\Delta t = \frac{p_r^s(t_r, t_s)}{c} \quad (4.8)$$

Burada $p_r^s(t_r, t_s)$ uydudan yayınlanan fazın alıcı antenine ulaştığı ana kadar yolculuk ettiği geometrik mesafeyi c ise ışık hızını göstermektedir.

O zaman 4.6 formülü,

$$\phi_r^s = \phi_r(t_r) - \phi_e^s(t_r - \Delta t) + N_r^s \quad (4.9)$$

halini alır.

Başlangıç zamanını sıfır ve uydudan alınan sinyal fazı ile alıcı tarafından üretilen fazın nominal yani eşdeğer frekansta olduğunu varsayacak olursak,

$$\phi_r(t_r) = f(t_r), \phi_e^s(t_r - \Delta t) = f(t_r - \Delta t) \quad (4.10)$$

Bu durumda, eşitlik (4.7) eşitliği düzenlenirse,

$$\phi_r^s(t_r) = \frac{p_r^s(t_r, t_e)f}{c} + N_r^s \quad (4.11)$$

Bu eşitlikte uydu ve alıcı saati hataları katılırsa eşitlik aşağıdaki gibi düzenlenmelidir,

$$\phi_r^s(t_r) = \frac{p_r^s(t_r, t_e)f}{c} - f(\delta t_r - \delta t_s) + N_r^s \quad (4.12)$$

Daha önce tanımlandığı gibi bu eşitlikte δt_r ve δt_s sırası ile alıcı ve uydu saati hatalarını göstermektedir.

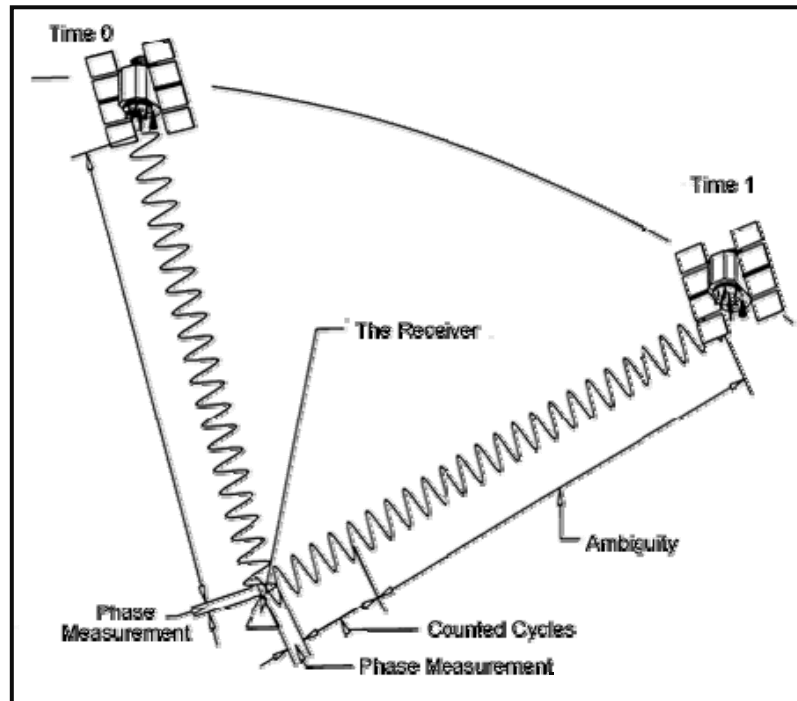
Frekans (f) ve dalga boyu (λ) arasında,

$$c = f \lambda \quad (4.13)$$

ilişkisi vardır.

İyonosferik ve troposferik etkiler, gel-git etkisi, faz sıçramaları, rölativistik etkiler ve kalıntı hataları göz önünde bulundurulduğunda 4.10 formülü şu şekilde düzenlenebilir,

$$\phi_r^s(t_r) = \frac{p_r^s(t_r, t_e) - f(\delta t_r - \delta t_s) + N_r^s - \delta_{ion} + \delta_{tro} + \delta_{tide} + \delta_{multi} + \delta_{rel} + \epsilon}{\lambda} \quad (4.14)$$

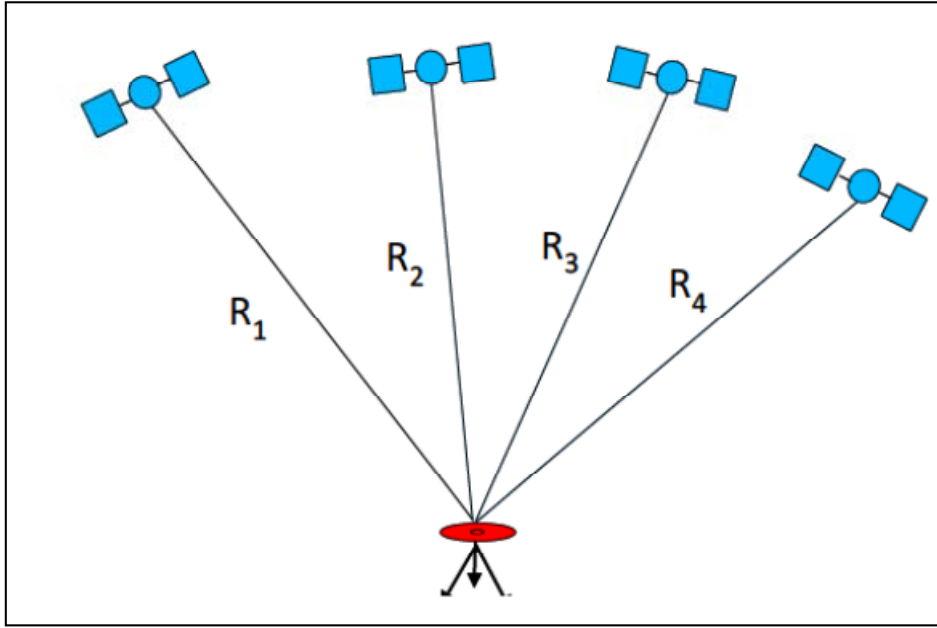


Şekil 4.3 Faz Ölçüsü

4.2 Konum Belirleme ve Ölçü Yöntemleri

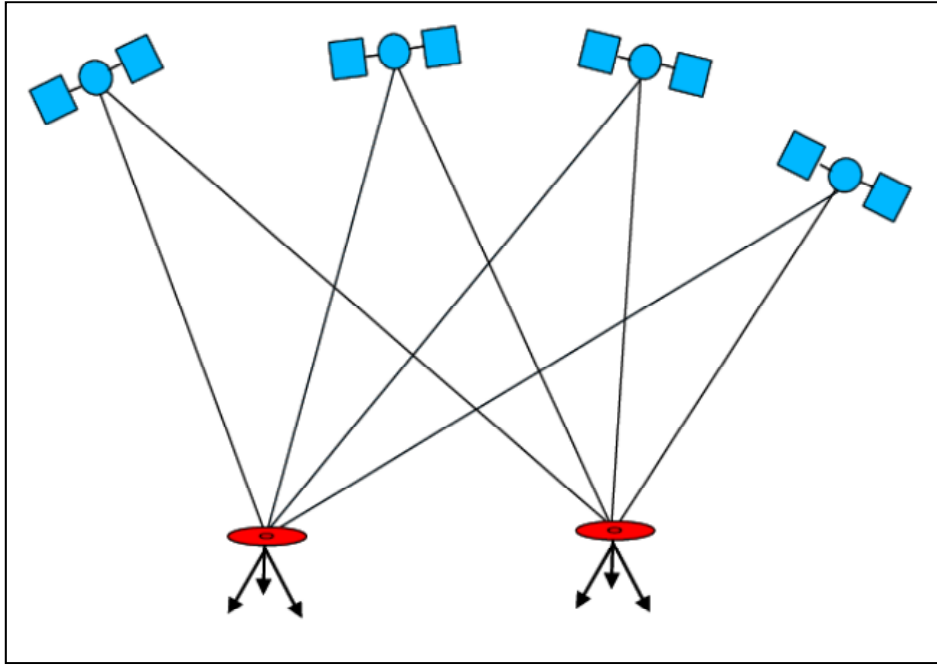
GNSS sisteminde temel amaç bulunduğumuz ya da gözlem yapılan noktanın koordinatlarını belirlemektir. Yapılan gözlemler ham ölçüler olup, anlamlı hale getirilmesi, dönüştürülmesi için sistemin var oluşundan bugüne kadar birçok yöntem ortaya çıkmış, geliştirilmiş ve geliştirilmektedir. Temel olarak GNSS ölçüleri ile noktaların konumları mutlak konum belirleme ve bağıl konum belirleme olmak üzere iki yöntem ile hesaplanmaktadır.

Mutlak konum belirleme yönteminde, tek bir GNSS alıcısı ile en az dört uydudan kod ölçüleri yapılarak alıcının bulunduğu yerin konumu doğrudan elde edilmektedir.



Şekil 4.4 Mutlak konum belirleme

Bağıl konum belirleme yönteminde ise yeni nokta konumu, konumu bilinen bir başka noktaya göre belirlenir.



Şekil 4.5 Bağıl konum belirleme

Bağıl konum belirleme yönteminde iki GNSS alıcısı ile aynı uydulara eş zamanlı olarak kod veya faz ölçüleri gerçekleştirilir. Kod ölçüleri Diferansiyel GNSS (DGNSS) ölçme yöntemi ile yaygın olarak navigasyon amaçlı uygulamalarda kullanılmaktadır.

Jeodezik amaçlı uygulamalarda faz ölçüleri kullanılmakta olup, ölçü süresi, uydu geometrisi ve efemeris bilgisine göre mm duyarlılıkla konum belirlemek mümkün olmaktadır.

Yıllar içerisinde sistemdeki yenilemeler, diğer sistemlerin devreye alınmaları, farklı hesap yöntemlerinin ortaya çıkması ile temelde mutlak ve bağıl olarak konum belirleme mantığı değişmemiş olsa da, her bir yaklaşım altında yeni yöntemler hayatımıza girmektedir. İstenilen amaca, doğruluğa, konum bilgisini elde etme süresine, sahip olduğumuz teknik imkânlarla bağıl olarak birçok yöntem bugün hayatımızda bulunmaktadır. Temel olarak son geline nokta aşağıda Şekil 4.6'da sunulan yöntemler mevcut olup, Şekil 4.6'da gösterilen yöntemlerin ayrıntılarına bir çok kaynaktan ulaşılabilir.



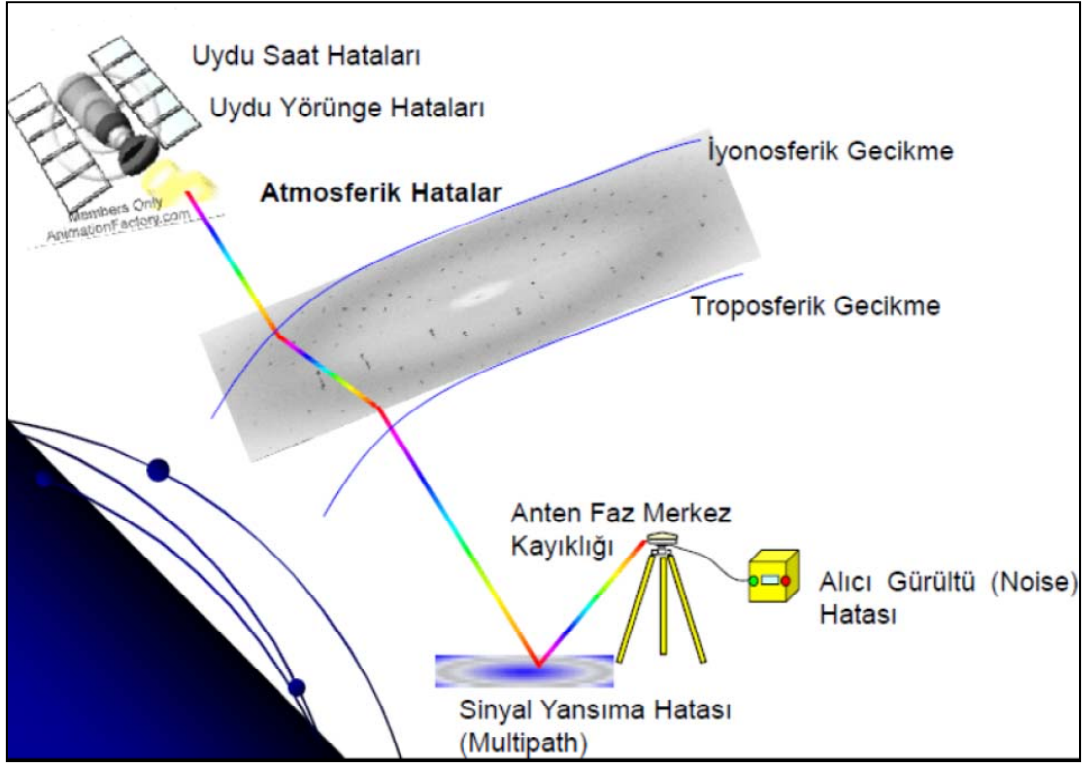
Şekil 4.6 GNSS ile konum belirleme yöntemleri

4.3 Hata Kaynakları

En basit ölçü yöntemi olarak bugün halen hayatımızda olan çelik şerit metre ile uzunluk ölçümünde bile (doğrultuya girme, belverme, sıcaklık, sıfır eki gibi) bazı etkiler ve hatalar mevcut iken dünya genelinde işletilen ve dünya üzerinde ve atmosfer dışındaki yapıları ile oldukça büyük, karmaşık olan GNSS sistemlerini etkileyen hata kaynaklarını sınıflayacak olursak;

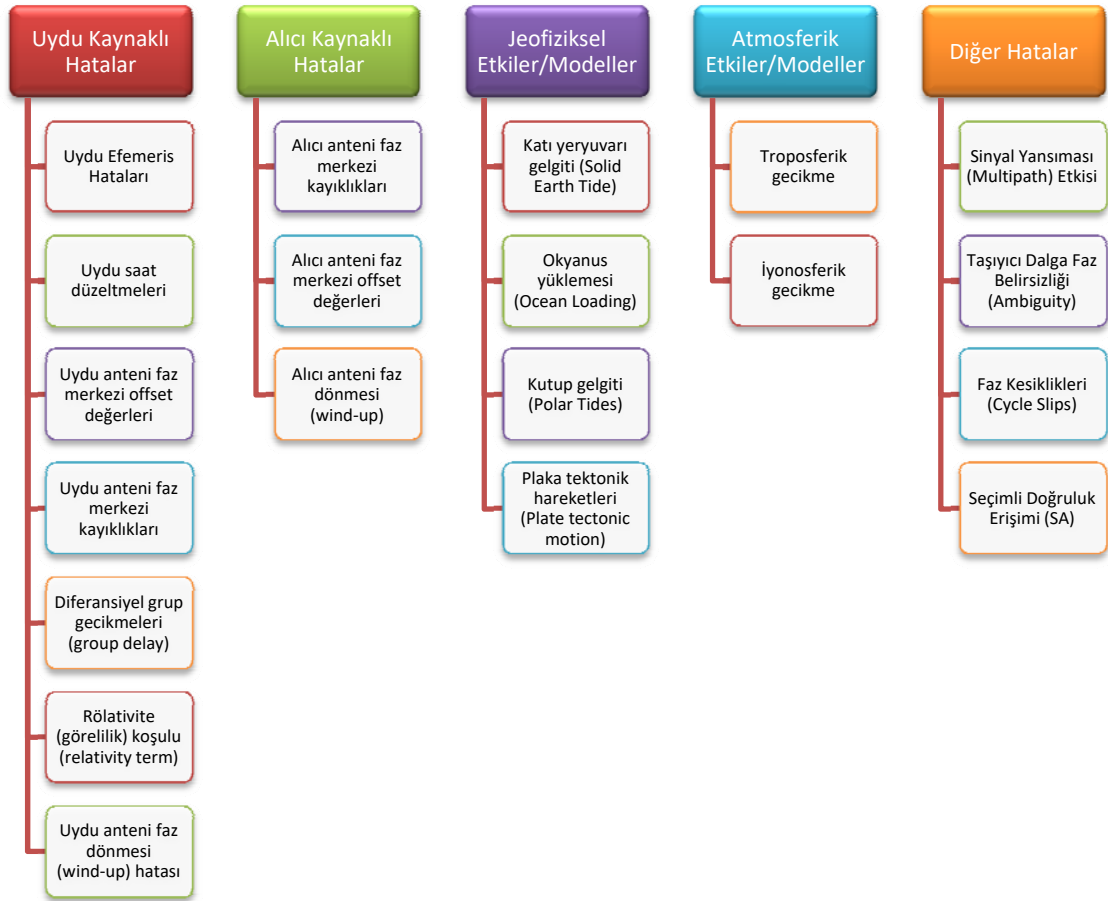
- Uydu Kaynaklı Hatalar
- Alıcı Kaynaklı Hatalar
- Jeofiziksel Etkiler/Modeller
- Atmosferik Etkiler/Modeller
- Diğer Hatalar şeklinde ana başlıklar altında toplayabiliriz.

Bu sınıflandırma içerisinde yer alan uydu saat hataları, sinyal kayıklığı, uydu yörünge hataları, iyonosferik ve troposferik gecikme, sinyal çok yolluluk etkisi ve alıcı anteni faz merkezi değişimleri gibi hata kaynakları GNSS’de temel hata kaynakları olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 4.7 GNSS temel hata kaynakları [63]

Konum belirleme yöntemleri geliştikçe elde edilen konum bilgisinin iyileştirilmesi için başkaca hata kaynaklarının da (özellikle PPP ve Diferansiyel GNSS’de) dikkate alınması gerekliliği ortaya çıkmıştır. 1980’lerde metrelerce doğruluktan başlayan konum belirleme imkanı, büyük etkiler giderildikçe ve yeni yöntemler geliştirildikçe (özellikle mutlak konum belirlemede) küçük ve daha küçük etkilerin önemi arttıkça, değerlendirme süreçlerine/uygulamalarına dahil edilmesi kaçınılmaz hale gelmiştir (Şekil 4.8). Bu hata kaynaklarının detaylarına çeşitli kaynaklardan ve internetten ulaşarak incelenebilir.



Şekil 4.8 GNSS hata kaynakları

Çizelge 4.1 GNSS temel hata kaynakları ve ortalama hata değerleri [50]

HATA BİLEŞENİ	ORTALAMA HATA DEĞERİ (metre)
Yörünge hataları	~ 0.8
Uydu saati ve sinyal kayıklığı	~ 0.3 – 4
İyonosferik gecikme	~ 7
Troposferik gecikme	~ 0.2
Anten faz merkezi değişimleri	~ 0.01 – 0.02 (yatay) / ~ 0.1 (düşey)
Sinyal Çok Yolluluk	~ 0.1 – 3 C/A kod / ~ 0.05 taşıyıcı faz

GNSS VERİ DEĞERLENDİRME BİLEŞENLERİ (YAZILIMLAR)

İlk bölümden itibaren tarihi, zaman içerisindeki gelişimi ve servis sağlayıcı kuruluşlar ile sağlanan katkılar ile anlatılan GNSS sistemlerinden elde edilen gözlem verisinin bir uygulamaya ya da yoruma dahil olabilmesi için bu ham gözlem verilerinin değerlendirilerek anlamlı hale getirilmesi gerekmektedir.

GNSS ölçülerinin değerlendirilmesindeki ilk aşama arazide toplanan verilerin alıcıdan (dahili veya harici hafızasından) bilgisayar ortamına aktarılmasıdır. Bilgisayar ortamına aktarılan ham datalar daha sonra değerlendirme yazılımına aktarılır. Aktarılan ham datalar başka değerlendirme yazılımlarında okutulacak ise GNSS alıcıdan bağımsız ortak değişim veri formatı olan RINEX (Receiver Independent Exchange Format) formatına dönüştürülür.

GNSS ölçülerinin değerlendirilmesinde (post-process) kullanılan yazılımlar bugüne değin özellikle amaçlarına yönelik olarak bilimsel ve ticari amaçlı olmak üzere iki genel sınıfa ayrılmaktaydı.

Özellikle farklı konum belirleme tekniklerinin gelişimi ile bu iki yazılım grubunun internet ortamı ile buluşması şeklinde tarif edebileceğimiz ve sayıları gittikçe artan Web Tabanlı Konum Belirleme Servislerini de üçüncü bir değerlendirme yöntemi/yazılım olarak kabul edebiliriz.

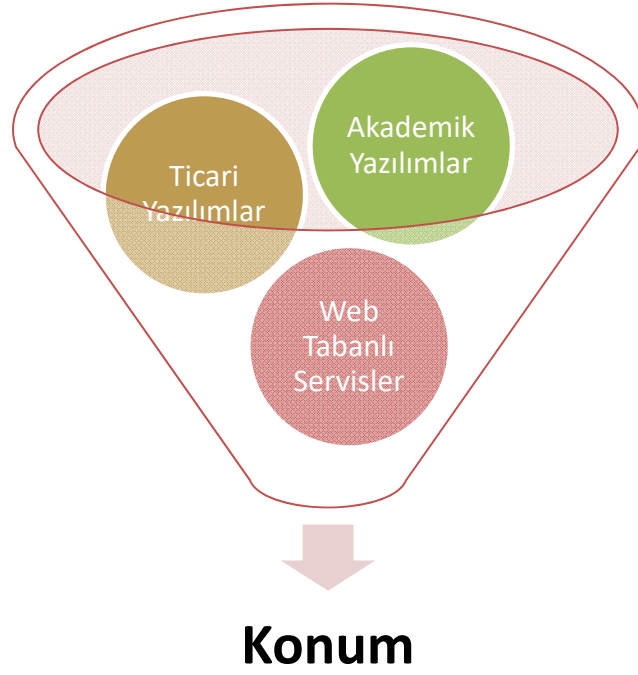
Ayrıntıları kendi alt bölümlerinde açıklanacak olan bu yazılımlar arasındaki en önemli fark; bilimsel amaçlı yazılımlarda uygulanan faz belirsizliği çözümü, faz kesikliklerinin giderilmesi, modellendirmeler gibi birçok aşama, ticari amaçlı yazılımlarda kullanıcıya yük getirmeden otomatik olarak çözümlenmektedir. Bununla birlikte, günümüzde birçok ticari yazılım atmosferik modellemeler ve yer dönme parametreleri

modellemeleri ile ilgili yeni özellikler eklenerek, bilimsel amaçlı değerlendirmelerde kullanılabilecek hale getirilmiştir. Ancak temelde bilimsel/akademik yazılımlar yüksek doğruluk isteyen çalışmalarda, ticari yazılımlar ise klasik jeodezik çalışmalarda kullanılmaktadır. Bu iki yazılım grubunun kullanım oranları sayıları gittikçe artan web tabanlı uygulama servisleri ile azalma göstermiştir. Uygulamanın amacına göre seçilen ticari ya da bilimsel/akademik yazılımların gerek maliyetleri, gerekse deneyim ihtiyacı ve profesyonellik gerektirmesi web/internet tabanlı servislerin yaygınlığını ister istemez artırmıştır. Web/internet tabanlı servisleri de bağıl konum belirleme imkânı sunan ve hassas konum belirleme PPP (Precise Point Positioning) imkânı sunan servis olarak ayrılmaktadır.

IGS standartlarında 100 km'den küçük baz uzunlukları yerel, 500 km ile 1000 km arasındakiler bölgesel ve 1000 km'yi aşanlar global baz olarak adlandırılmaktadır. 100 km'den küçük bazlarda faz gözlemleriyle görelî konum belirlemede birçok etki göz ardı edilebilmektedir.

Bugüne kadar yapılmış olan hesaplamalarda, yerel denilebilecek ağlarda (<100 km) göz ardı edilen, ancak global ölçekteki ağlar, jeofizik ve jeodinamik amaçlı ağlar ve hassas mutlak konum belirleme (PPP; Precise Point Positioning) bakımından önemli görülen bazı bozucu etkilerin dikkate alınması güneş ve ayın konumlarının da bilinmesi gerekliliği ortaya çıktıkça bu durum yazılımlarında şekillenmesinde önemli rol oynamıştır.

Bu bölümde bahsi geçen yazılım gruplarından, kullanım alanlarından, dünyadaki örneklerden, GNSS verilerini değerlendirme yazılımlarının çalışma mantığından ve birbirlerine göre olumlu/olumsuz yönlerinden bahsedilecektir.



Şekil 5.1 GNSS veri değerlendirme bileşenleri

5.1 Bilimsel/Akademik Yazılımlar

Bilimsel ve akademik yazılımlar, ülke jeodezik ağlarının kurulması, yer kabuğu hareketlerinin izlenmesi, deformasyon ölçüleri, datum parametrelerinin belirlenmesi gibi bilimsel projelerde ve akademik faaliyetlerde kullanılmak üzere araştırma merkezleri veya üniversitelerde geliştirilmektedir. Bu gruba giren bazı yazılımlara son yıllarda yapılan değişikliklerle, pratik uygulamalara yönelik özellikler eklenmiş, böylece ilgili tüm GNSS kullanıcılarına hizmet verecek nitelik kazandırılmıştır [22].

Bilimsel yazılımların kullanımı, ticari yazılımlara ve internet tabanlı değerlendirme servislerine oranla daha karmaşıktır. Bu nedenden dolayı eğitim, bilgi ve deneyime duyulan gereklilik daha fazladır. Değerlendirme sürecindeki parametre değişiklikleri (örneğin atmosferik modellemede izlenecek değişik yaklaşımlar), sonuçlarda anlamlı sayılabilecek farklılıklara neden olur. Her ne kadar son yıllarda bilimsel yazılımlara otomatik seçenekler eklenmiş olsa dahi ticari yazılımlar ve internet tabanlı değerlendirme servisleri bu açıdan çok daha pratiktir. Söz edilen internet tabanlı değerlendirme servislerinde çoğu kez yapılması gereken sadece veri dosyalarının yüklenmesi ve e-posta adresinin belirtilmesidir.

Kullanıcıların kampanya ölçüleri kadar, sürekli gözlem istasyonlarında toplanan GNSS verileri, duyarlı yörünge, alıcı-anten kalibrasyon bilgileri, koordinat sistemi ve datum parametrelerini içeren IGS (International GNSS Service) ürünleri de temel girdiler arasında sayılır. Değerlendirmede farklı alıcı türlerine ait verilerin birlikte işlenmesi neredeyse rutin bir uygulamadır ve bu yüzden gözlem ve girdi/çıktı verileri RINEX, SINEX gibi standart dosya formatlarına dönüştürülür. Bu koşullarda, çoğu kez uzun bazların değerlendirmeye girmesi kaçınılmazdır. Dile getirilen tüm etkenler akademik yazılımları kullanacak personelin her yazılımda olduğu gibi belirli bir bilgi birikimine sahip olması gerekliliğini ortaya koymaktadır [51].

Çizelge 5.1 Bilimsel/Akademik yazılımlar

Yazılım	Kurum
GAMIT-GLOBK /TRACK	MIT (Massachusetts Institute of Technology), SIO (Scripps Institution of Oceanography), Harvard University.
GIPSY-OASISII	Jet Propulsion Laboratory (JPL)
BERNESE	AIUB (Astronomical Institute of the University of Bern)
PAGE5	NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)
GEONAP	University of Hannover
DIDOP	University of New Brunswick
MSODP	University of Texas
MICROCOSM	Van Martin Systems
RTKLIB	Tomoji Takasu (Açık Kaynak Kodlu)

Bu yazılımlardan bazılarının yapıları ve sundukları hizmetlere kısaca değinecek olursak;

GAMIT-GLOBK/TRACK:

GAMIT("GNSS at MIT"), GLOBK ("Global Kalman Filter") ve TRACK, öncelikle kabuksal deformasyonu incelemek için GNSS ölçümlerini analiz etmek için oluşturulmuştur.

GAMIT, GNSS verilerinin analizi için kullanılan kısımdır. Yer istasyonları ve uydu yörüngelerinin üç boyutlu göreceli konumlarını, atmosferik zenit gecikmelerini ve yer dönme parametrelerini tahmin etmek için GPS yayını taşıyıcı fazı ve kod gözlemlerini kullanır. Yazılım, herhangi bir UNIX işletim sistemi altında çalışacak şekilde tasarlanmıştır.

GLOBK, başlıca amacı GPS, VLBI ve SLR gibi çeşitli jeodezik çözümleri birleştirmek olan bir Kalman filtre yazılımıdır. Bu, istasyon koordinatları, yer dönme parametreleri,

yörünge parametreleri ve birincil gözlemlerin analizinden elde edilen konum verilerini, kovaryans matrislerini veri veya "yarı gözlemler" olarak kabul ederek kullanır. İlk kısım çözümleri genel olarak diğer tüm parametreler ile birlikte bilinmeyen olarak kabul ederek yeniden çözüm gerçekleştirir, böylece tüm bilinmeyenler/kısıtlamalar birleşik çözümde homojen olarak uygulanabilir.

TRACK, faz gözlemleri ile DGPS çözümlerinin yapıldığı, TrackRT, ise gerçek zamanlı GPS kinematik çözümlerin yapıldığı işleme programıdır.

GAMIT / GLOBK / TRACK, ticari olmayan herhangi bir amaç için bireyler, üniversiteler ve devlet kurumları tarafından yazılı anlaşma veya telif ücreti olmadan kullanılabilir. Kendi sitesinden tüm kullanım klavuzlarına ve detaylara ulaşmak mümkündür [65], [66].

GIPSY-OASISII:

GIPSY-OASIS veya GIPSY, GNSS konum belirleme ve yörünge analizi imkânı sağlayan yazılım paketidir. Özelliklerine kısaca değinecek olursak;

- Global Navigasyon ve Uydu Sistemlerinden (GNSS) veri analizi imkânı (GPS, Rus GLONASS, Fransız DORIS ve SLR sistem verilerini kullanmaktadır.)
- Hassas santimetre düzeyinde GNSS konum belirleme ve zamanlama (GNSS uyduları ve yakın dünya yörüngesindeki uzay platformları, uçaklar, yer yüzeyindeki istasyonlar, statik veya hareketli konum belirleme, zaman hesabı ve düzeltmesi)
- Üst düzey kullanıcılar için hassas konumlandırma uygulamalarının çoğunu desteklemektedir.
- JPL'nin GPS yörüngesini ve saat ürünlerini kullanarak tek alıcı için belirsizlik çözünürlüğü yapılmasını sağlamaktadır.
- Yazılım modülleri için kullanım kılavuzu ve çevrimiçi yardım imkânı sunar.
- Her yıl GIPSY kullanıcı grubu sınıflarında ve çevrimiçi eğitimler verir.
- 20'den fazla ülkede yüzlerce araştırma ve eğitim kullanıcısına sahiptir.
- GPS veri analiziyle 25 yıldan fazla süredir JPL deneyimini kullanmakta ve geliştirmektedir.

Uygulamalara değinecek olursak;

- Jeofizik araştırma için hassas konum belirleme (Toprak deformasyonu, levha tektoniği, GNSS Ağlarının konumlandırılması (ör. PBO ve SCIGN), buzul hareketlerinin takibi, troposfer ve iyonosfer gözlemleyerek iklim çalışmaları, referans çerçevesi hesabına katkı yapmak ve yer dönme rotasyon parametrelerinin hesabı)
- Uçaklar için konum belirleme
- Hassas yörünge belirlenme

Düşük Dünya yörüngeleri: Topex / Poseidon, Jason-1, Jason-2 / OSTM, GRACE, Champ, SAC-C, COSMIC, Uzay Mekiği (ör. SRTM),

Ticari Uydular GPS ve GLONASS dahil GNSS uydu sistemleri olarak sıralanabilir.

Değişen ve gelişen sistem için yeni kullanıcılar için yazılımın yeni versiyonu GIPSYX önerilmektedir. Detaylı bilgiye kendi sitelerinden ulaşılabilir [65], [67].

MICSOCOSM:

MicroCosm, yüksek hassasiyetli bir yörünge ve jeodezik parametre belirleme yazılımı sistemidir. Bölünmüş Bayes EKK ve Cowell'in sayısal entegrasyon metodunu kullanarak, fiziksel modellemekten ödün vermeden uydu yörüngesine ve jeodezik parametrelerin çözümlerini gerçekleştirmektedir. MicroCosm'da değerlendirme sürecinde kullanılan fiziksel modeller;

Atmosferik sürüklenme, güneş radyasyonu basıncı, yerçekimi, kutupsal hareket, yer dönme etkisi, katı toprak gelgitleri, okyanus gelgitleri, tektonik plaka hareketleri, okyanus yüklemesi, gravite, yerçekimi ve nutasyon, troposferik kırılma, verici ve alıcı saat varyasyonları ve sistemsel bozuklukları ve belirsizlik modellerini kullanır ya da dikkate alır.

Program tarafından modellenen ölçümler ise;

SLR, GLRS lazer gözlemi, radar gözlemleri, TDRS gözlemleri, GNSS kod ve taşıyıcı faz (tek, çift ve üçlü farklar dahil), radar gözlem oranları, TDRS gözlem oranı, TRANET / GEOCEIVER Dopplers, DORIS Doppler radar altimetre gözlemleridir.

MicroCosm 100'den fazla uydudan oluşan tek bir veri kümesini tek bir seferde işleyecek şekilde tasarlanmıştır. Bu özelliği ile GNSS uyduları ve çoklu kullanıcı uzay sistemlerinin tamamı için yörüngeler MicroCosm ile eş zamanlı olarak belirlenebilir. Kullanılan parametre kestirim algoritmaları, her biri kendi uydu sistemine ait özel parametreleri de dahil ederek, tüm verilerin bir araya getirilmesi ile global parametrelerin çözümüne izin verir [68].

5.2 Ticari Yazılımlar

Ticari yazılımlar pratik mühendislik uygulamalarında, çoğunlukla IGS tarafından yerel baz olarak tanımlanan baz uzunluklarında (<100km) yaygın olarak kullanılmaktadır. Genellikle alıcı üreten firmalar tarafından, satın alınan GNSS setiyle birlikte önerilen yazılımlardır. Alıcılar uydulardan gelen sinyalleri kendine özgü formatlarda kaydettiği için, bu yazılımlar alıcı setinin bir parçası olarak görülmektedir. Kullanıcı düzeyinde bir sorunla karşılaşmamak ve firmanın sunduğu çözüm olanaklarından yararlanmak için bu ürünü satın alan kurum ve kuruluşlar tarafından tercih edilmektedir.

Alıcı üreten firmalar genellikle kısa baz çözümlerine odaklanmaktadır. Bunun başlıca nedeni, analizlerde ortaya çıkabilecek değerlendirme sorunlarıyla olabildiğince az karşılaşmak ve kullanıcının önceden tanımlı değişkenleri kullanarak sonuçlara ulaşması ile pratiklik sağlamaktır [64].

Çizelge 5.2 Ticari yazılımlar

Şirket	Yazılım
Topcon	Topcon Magnet Tools
Leica	Geo Office
Trimble	Trimble Geomatics Office (TGO)
Ashtech	Ashtech Office Suite (AOS)
Spectra	Precision Gnss Solutions
Pentax	Surveying EZSurv
CHC	CHC

Ticari yazılımlar genellikle jeodezik uydu alıcısı satan kuruluşların/şirketlerin, kendi alıcılarını satın alanların topladıkları veriyi gerek arazide eş zamanlı gerekse büroda sonradan değerlendirebilmeleri amacıyla bir miktarda alıcılarını pazarlamanın olmazsa olmaz bir parçası olarak ortaya çıktıklarını da söylebiliriz. En başta ifade ettiğimiz gibi

elde edilen GNSS gözlemini anlamlı hale getirmedikimiz, yani bir konum bilgisine dönüştürmediğimiz sürece bir anlamı da olmamaktadır. Anlamlı hale gelmesi ancak bir veri değerlendirme programı ile değerlendirilmesine bağlı olmaktadır.

GNSS sistemleri yenilenip geliştikçe, yeni hassas ürünler herkes tarafından oldukça kolay ulaşılabilir hale geldikçe ve yeni değerlendirme yöntemleri ile web tabanlı oldukça pratik sistemler hayatımıza girdikçe ticari yazılım üreten kuruluşlar da yazılımlarını bu yeni ürünler ve yöntemler ile geliştirmek zorunda kalmaktadır. Hem akademik/bilimsel yazılımlar hem de ticari yazılımlar açısından bu süreci en çok tetikleyen unsur web tabanlı servislerin gittikçe yaygınlaşması olmaktadır. Uygulamada Topcon Magnet (versiyon 4.1.0) kullanılmış olup, uygulama kısmında ayrıntılı bilgi verilecektir.

5.3 Web Tabanlı Yazılımlar

Gerek ticari gerekse akademik yazılımlar tüm kullanıcılara açık değildir ve belli koşullar altında lisans anlaşmaları gerektirmektedir. Kod gözlemlerine dayalı mutlak ve faz gözlemlerini kullanan bağıl konum belirleme teknikleri her iki gruptaki yazılımların standart çözümleridir. Son yıllarda oldukça yaygınlaşan PPP tekniği ise tek alıcıdan toplanan veriye dayalı olarak ortaya çıkan bir konum belirleme tekniğidir. Hangi yöntemle toplanırsa toplansın (statik veya kinematik) koordinat bilgisi üretebilmek yani gözlemlerin anlamlı hale getirilmesi için yukarıda ifade edildiği gibi bir yazılıma ihtiyaç vardır. Bir alıcıya ve internet erişimine sahip olmak dışında ek bir maliyet ya da donanım gerektirmeyen çözüm seçeneğine olan gereksinim, internet tabanlı GNSS değerlendirme servislerinin oluşturulmasını sağlamıştır [69].

İnternet tabanlı GNSS servislerinin kullanımı göreceli olarak oldukça basittir ve ek yazılım bilgisine ihtiyaç duyulmaz. Alıcılardan elde edilen veriler RINEX gibi ortak formatlara dönüştürülerek servislerin internet adreslerine yüklenmektedir. Servise göre değişkenlik göstermekle beraber, anten markası, anten yüksekliği gibi ya da değerlendirme servisinden servisine değişen kullanıcıların tanımlamasını istediği ya da bazı kısıtları belirttiği farklılar da bulunmaktadır. Yükleme işleminden sonra başlatılan değerlendirmeye ilişkin sonuç raporu bir e-posta adresi aracılığıyla kısa süre içerisinde yüklemeyi yapan kullanıcıya gönderilmektedir.



Şekil 5.2 Web tabanlı servislerin veri değerlendirme süreci

Söz konusu servisler üzerinden gerçekleştirilen çözümler, konum belirleme tekniğine bağlı olarak IGS veya bazı ülkeler için Sürekli Gözlem Yapan Referans İstasyonları (CORS) ağlarına ait sabit istasyon noktalarını referans nokta olarak kabul eder. İstenilen noktanın gözlem verileri ve koordinatları değerlendirmeye belirli ölçüler oranında otomatik olarak dahil edilir. Nokta koordinatları bu referans istasyonlara bağlı hesaplanır. Buradan anlaşılacağı üzere, kampanya ölçüleri ve e-posta adresine gelen çözümler dışında kullanıcının bilgisayarında tutması gereken fazladan yazılım veya veri yoktur. Bu yönleriyle büyük bir maliyet tasarrufu sağlanmaktadır. Yazılım öğrenmek gibi bir sürece girmemek de önemli zaman avantajı oluşturmaktadır. Genel olarak GNSS verilerinin değerlendirmesinde kullanıcılara büyük rahatlık sunan bu servislerin değerlendirme sonuçlarının hassasiyeti kullanıcılar tarafından yapılan gözlem datalarının kalitesine ve süresine bağlıdır [70].

Çizelge 5.3 İnternet tabanlı GNSS değerlendirme servisleri

Servis Adı	Konum Belirleme Tekniği	Veri	Minimum Veri ve Veri Tipi	Ölçme Metodu
OPUS	Bağıl	GPS, diğer sistemlerin ilave edilmesi düşünülüyor.	Min 15dak. RINEX 2.x ve üzeri	Statik – Hızlı Statik
SCOUT	Bağıl	GPS	1 Saat RINEX	Statik
AUSPOS	Bağıl	GPS	1 saat RINEX	Statik
CSRS-PPP	PPP	GNSS	Min 2 saat statik	Statik/Kinematik
APPS	PPP	GPS	RINEX 2.x ve üzeri	Statik/Kinematik

Çizelge 5.3 İnternet tabanlı GNSS değerlendirme servisleri (Devamı)

GAPS	PPP	GPS	RINEX	Statik/Kinematik
Center Point RTX	PPP	GNSS	Trimble, Spectra format	Statik
Magic-GNSS	PPP	GNSS	RINEX 2.x ve üstü	Statik/Kinematik

Söz konusu servisleri de kendi içerisinde Bağlı ve PPP tekniğine göre hesap yapanlar olarak sınıflandırmak mümkündür. Yukarıda listelenen servislerin özellikle bilimsel yazılım kullanıcıları açısından kısıtlı seçim yeteneğine sahip olduğu söylenebilir. Ancak, bu servislerin tamamına yakını konumlama (değerlendirme) işlemini bilimsel/akademik yazılımlar üzerinden yapmaktadır. Gözlem noktalarında koordinat üretimine yönelik en uygun çözümler literatürde genel kabul görmüş parametreler göz önüne alınarak elde edilmektedir. Atmosferik modelleme, deformasyon analizi, duyarlı jeodezik ağ çalışmaları vb. özel amaçlı çalışmalar bu tür servislerin kapsamı dışındadır [64].

Çizelge 5.4 İnternet tabanlı GNSS servisleri kurumlar ve erişim adresleri

Servis Adı	Kurum	Erişim Adresi
OPUS	NOAA-NGS/Abd	https://www.ngs.noaa.gov/OPUS
SCOUT	SOPAC/Abd	http://sopac.ucsd.edu/
AUSPOS	Geoscience/ Avustralya	http://www.ga.gov.au/
CSRS-PPP	NRCan / Kanada	http://www.nrcan.gc.ca/
APPS	NASA-JPL/ Abd	http://apps.gdgps.net
GAPS	University of New Brunswick/ Kanada	http://gaps.gge.unb.ca/
Center Point RTX	Trimble/ Abd	https://www.trimble.com/
Magic-GNSS	GMV/İspanya	https://magicgnss.gmv.com

Tezin uygulama kısmında OPUS ve CSRS-PPP web servisleri kullanılmış olup, detay bilgiye uygulama kısmında (Bölüm 6) yer verilecek olup, yukarıdaki servislerden AUSPOS ve SCOUT hakkında bu kısımda bilgi verilecektir.

AUSPOS

GeoScience Australia tarafından işletilen internet tabanlı bir GPS değerlendirme servsidir. Kullanıcılardan istenen, RINEX formatındaki gözlem dosyalarının sisteme yüklenmesidir. Veri dosyalarının yüklenmesi ftp ya da internet sayfası aracılığıyla

yapılabilmektedir. Web arayüzüne anten yüksekliği girilmesi istenilmektedir. RINEX başlangıç kısmındaki anten yüksekliği verisi kabul edilmemektedir. Veriler statik yöntemle ve çift frekanslı alıcılar tarafından 30 saniye aralıklarla (IGS standardı) toplanmış olmalıdır. Gözlem dosyalarında sadece GPS verileri dikkate alınmaktadır, eğer gözlem dosyası GLONASS veya GALILEO verisi içermekteyse bu kısımlar görmezden gelinmektedir. Yüklemenin ardından, 5 dakikadan az bir süre içinde sonuç raporu e- posta adresine gönderilmektedir [64], [70].

The screenshot shows the AUSPOS web interface. The header includes the Australian Government Geoscience Australia logo and the AUSPOS title. The left sidebar contains a navigation menu with categories like 'Astronomical Information', 'Geodesy and Global Navigation Systems', and 'AUSPOS - Online GPS Processing Service'. The main content area displays a form for uploading RINEX files. The form includes fields for 'Number of RINEX files' (set to 1), 'File Name', 'Height (m)' (set to 0.0000), 'Antenna Type' (set to DEFAULT(NONE)), and 'Your Email Address'. There are radio buttons for 'Submit RINEX using' with 'upload' selected and 'ftp' as an option. Below the form are 'submit' and 'start over' buttons. A link at the bottom says 'Back to the AUSPOS Online GPS Processing Service Introduction Page.'

Şekil 5.3 AUSPOS kullanıcı arayüzü [71]

Tamamen ücretsiz olan bu servis kullanıcılara tek seferde 20 ayrı GPS gözlem dosyası yükleme olanağı sunmaktadır. Servis ayrıca, standart RINEX dosyasından başka sıkıştırılmış formatları (GZip, Bzip, Zip ve/veya Hatanaka) da desteklemektedir. Ftp adresi belirterek dosya yükleme seçeneği mümkündür. Yüklenen RINEX dosyalarına ilişkin anten tipi ve yüksekliği de girilmelidir (Şekil 5.3).

Servise yüklenecek verilerle ilgili dikkat edilecek önemli noktalar şunlardır:

- RINEX dosyası en az 1 saatlik gözlem verisi içermelidir (önerilen 2 saat),
- Dosya ismi boşluk içermemelidir,

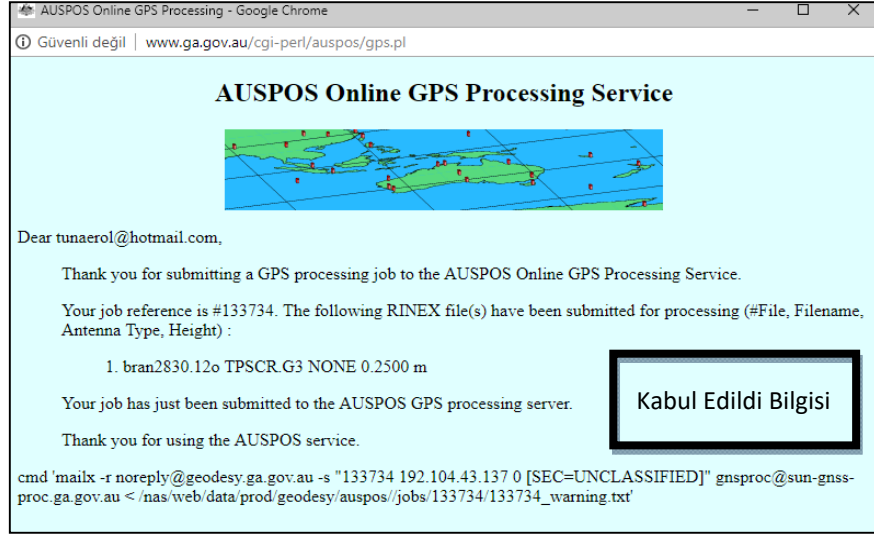
- Anten kodu IGS tarafından yayınlanan listede bulunmalıdır,
- Anten yüksekliği, ölçü noktası ve anten referans noktası (ARP) arasındaki düşey uzaklık olarak ölçülmüş olmalıdır.

Anten modeli seçilmez ise sistem standart bir model seçmekte, bu durumda yükseklik verisi 10cm'ye kadar daha kötü elde edilebilmektedir [71].

Sistem kinematik ya da anlık konum belirleme yöntemi kullanmamakta, tek frekanslı alıcılardan elde edilen gözlem verileri ile işlem yapmamaktadır. GPS sistemi dışındaki sistemlere (GLONASS, Bediou vs..) ait gözlem verileri atılarak değerlendirme yapılmaktadır [71].

Değerlendirme işlemi bilimsel bir yazılım olan Bernese (5.2 sürümü) üzerinde yürütölmektedir. Koordinatların belirlenmesinde, uygun yakınlıktaki IGS'ye ait 15 sabit noktalar referans alınmakta ve analiz IGS tarafından yayınlanan duyarlı yörünge ve saat bilgileriyle sonuçlandırılmaktadır. IGS yörüngelerinden hassas yörünge verisinin yaklaşık 2 hafta, hızlı yörünge yaklaşık 2 gün sonra hazır olduğundan ultra-hızlı yörünge verisi kullanılmaktadır. Çözüm, ikili-farklar gözlem modeli ile hesaplanmaktadır. Sonuç raporu referans alınan IGS istasyonları, ITRF2014 datumundaki kartezyen ve jeodezik koordinatlar ile hata büyüklükleri hakkında bilgi içermektedir. Bunun yanı sıra Geocentric Datum of Australia 2020(GDA2020) ve 1994 (GDA94) datumundaki Kartezyen ve jeodezik koordinatlar sonuç raporunda sunulmaktadır. Bu dönüşüm doğruluğunun santimetre altında olması sağlanmaktadır. Sistem dünyanın herhangi bir yerinde toplanan datayı değerlendirebilmektedir [64], [70], [71].

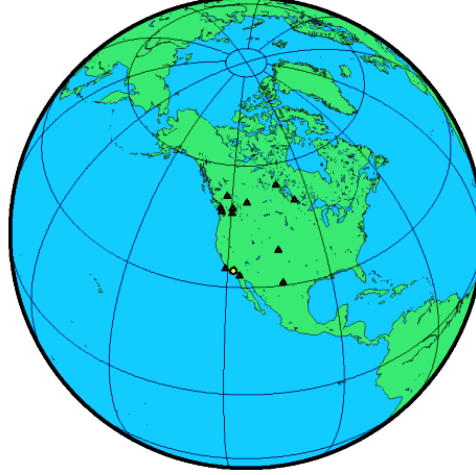
Şekil 5.3'deki arayüzden yüklenen gözlem datasından sonra, gerekli bilgiler olan anten tipi, anten yüksekliği ve mail adresi girilip sisteme yükleme işlemi yapıldıktan sonra, sistem tarafından aşağıdaki ilk kabul işlemi sistem tarafından kullanıcıya getirilmektedir.



Şekil 5.4 AUSPOS kabul edildi bilgisi

Devamında aşağıdaki Şekil 5.5'deki sonuç raporu kullanıcı mailine sistemdeki diğer kullanıcıların gönderdikleri dataların yoğunluğuna bağlı olarak oldukça kısa sürede sisteme tarafından gönderilmektedir.

2 Processing Summary



Date	User Stations	Reference Stations	Orbit Type
2012/10/09 08:00:00	BRAN	ALBH AMC2 BREW DRAO DUBO FLIN JPLM MDO1 MONP NANO PRDS VNDP WILL	IGS final

3 Computed Coordinates, ITRF2014

All coordinates are based on the IGS realisation of the ITRF2014 reference frame. All the given ITRF2014 coordinates refer to a mean epoch of the site observation data. All coordinates refer to the Ground Mark.

3.1 Cartesian, ITRF2014

Station	X (m)	Y (m)	Z (m)	ITRF2014 @
BRAN	-2502254.914	-4651653.970	3563569.374	09/10/2012
ALBH	-2341333.034	-3539049.518	4745791.282	09/10/2012
AMC2	-1248596.310	-4819428.207	3976505.959	09/10/2012
BREW	-2112007.261	-3705351.825	4726827.087	09/10/2012
DRAO	-2059164.927	-3621108.405	4814432.282	09/10/2012
DUBO	-417603.833	-4064529.824	4881432.148	09/10/2012
FLIN	-766174.712	-3611375.349	5184056.221	09/10/2012
JPLM	-2493304.656	-4655215.067	3565497.557	09/10/2012
MDO1	-1329998.880	-5328393.387	3236504.109	09/10/2012
MONP	-2386247.346	-4802359.184	3444902.351	09/10/2012
NANO	-2335726.908	-3451608.340	4812009.912	09/10/2012
PRDS	-1659603.105	-3676725.775	4925493.493	09/10/2012
VNDP	-2678090.377	-4525437.102	3597431.859	09/10/2012
WILL	-2084258.282	-3313873.002	5019853.010	09/10/2012

3.2 Geodetic, GRS80 Ellipsoid, ITRF2014

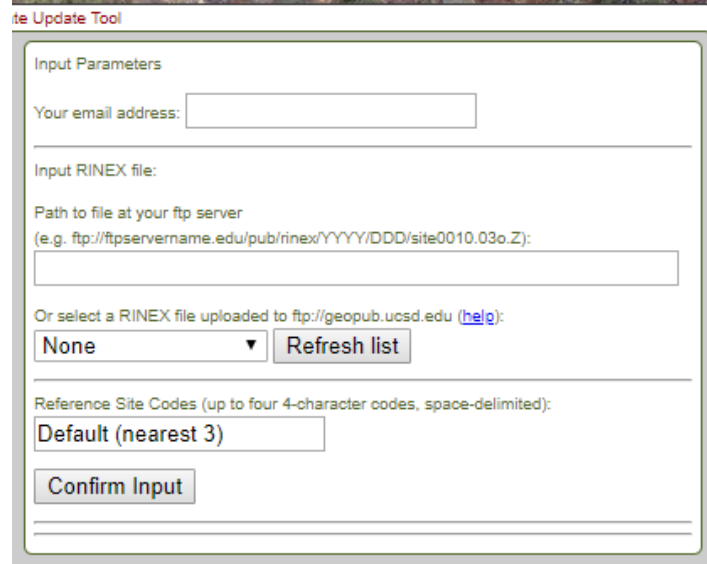
Geoid-ellipsoidal separations, in this section, are computed using a spherical harmonic synthesis of the global EGM2008 geoid. More information on the EGM2008 geoid can be found at <http://earth-info.nga.mil/GandG/wgs84/gravitymod/egm2008/>.

Station	Latitude (DMS)	Longitude (DMS)	Ellipsoidal Height(m)	Derived Above Geoid Height(m)
BRAN	34 11 05.62237	-118 16 37.38750	246.238	280.308
ALBH	48 23 23.21032	-123 29 14.89662	31.746	50.198
AMC2	38 48 11.24651	-104 31 28.54242	1911.391	1930.137
BREW	48 07 53.48387	-119 40 57.48621	238.603	257.057
DRAO	49 19 21.42560	-119 37 29.94127	541.883	558.431
DUBO	50 15 31.71127	-95 51 58.25701	245.283	274.976
FLIN	54 43 32.10118	-101 58 40.93036	311.542	342.350
JPLM	34 12 17.35501	-118 10 23.62459	423.983	457.471
MDO1	30 40 49.83826	-104 00 53.97865	2004.502	2026.581
MONP	32 53 30.98680	-116 25 20.46574	1842.552	1874.711
NANO	49 17 41.31574	-124 05 11.32838	6.583	24.059
PRDS	50 52 16.86356	-114 17 36.59456	1247.950	1263.858
VNDP	34 33 22.72507	-120 36 59.23107	-11.532	24.681
WILL	52 14 12.72139	-122 10 04.12890	1095.700	1110.444

Şekil 5.5 AUSPOS sonuç raporu

SCOUT

Scripps Coordinate Update Tool (SCOUT), Kaliforniya Üniversitesi GPS veri işleme servisidir. Servis SOPAC (Scripps Orbit and Permanent Array Center) kuruluşu altında yayın yapmakta ve geri planda GAMIT yazılımını çalıştırmaktadır [64], [72].



Şekil 5.6 SCOUT kullanıcı arayüzü [72]

Sistem IGS ultra hızlı yörünge bilgileri ile hassas yörünge bilgilerini elde etmek için gereken süreden daha kısa zamanda veri değerlendirme imkânı sununmaktadır. GPS veri dosyalarının yüklenmesinde ftp protokolü kullanılmaktadır. Bunun için SCOUT'a ait özel bir ftp servisi de hizmet vermektedir. Gözlem dosyaları en az 1 saatlik ve 30 saniye ölçme aralığında olmalıdır. Sistem Hatanaka veya zip dışındaki diğer sıkıştırma formatlarını kabul etmekte ve ayrıca koordinat sisteminin realizasyonu için isteğe bağlı IGS istasyonları seçilebilmektedir. Sisteme yüklenecek RINEX dosyası,

SITEDDDF.YYT standardında olması gerekmektedir.

SITE – 4 karakterlik istasyon kodu , DDD- yılın günü, F- sekans kodu (günlük data ise 0, saatlik data ise saati), YY- Yılın son iki hanesi, T- o (gözlem dosyası) ya da d (sıkıştırılmış format) 'yi ifade etmektedir [72].

Sistem desteklenen anten tipleri dışındaki verileri işlememektedir. Anten tipi ve yükseklik bilgileri ikinci aşamada eksiksiz sağlandıktan sonra, değerlendirme süreci başlamaktadır. Scout ön değerlendirme aşamasını TEQC (Bölüm 5.4) yazılımı ile gerçekleştirmektedir. Nokta koordinatları çalışma bölgesine yakın 3 CORS istasyonu ile

oluşturulan bazlar üzerinden türetilmektedir. Koordinat bilgileri (ölçü epoğunda ITRF2008), referans istasyonların isimleri ve diğer bilgiler e-posta ile kullanıcıya gönderilmektedir [64], [72].

5.4 Yardımcı Yazılımlar

GNSS verilerinin değerlendirilmesi sürecinde yukarıda bahsedildiği gibi bilimsel, ticari ya da web tabanlı yazılım ile servisler kullanılmaktadır. Toplanan verilerin değerlendirilme aşamasından önce ya da değerlendirme aşamasından sonra anlamlı hale getirilip sunulmasında, görselleştirilmesinde bazı yardımcı yazılımlar kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları Microsoft Excel, Matlab Simulink, Teqc vb. gibi yazılımlardır.

Bu kısımda uygulamanın bir kısmında kullanılan bu yardımcı yazılımlardan TEQC yazılımından bahsedilecektir.

5.4.1 TEQC

TEQC (Translation Editing and Quality Check) yazılımı GPS, GLONASS, GALILEO, SBAS, Bediou, QZSS, IRNS verilerinde (RINEX ya da BINEX) bir çok proses öncesi hatayı çözümleyen, basit ve güçlü bir programdır. 3 temel fonksiyonu yerine getirir. Bunlar,

- Çeviri (Translation):** Binary ya da yerli binary formattaki verilerin okunarak RINEX dosya formatına çevrilmesi

- Düzenleme, Kesme ve Birleştirme (Editing):** BINEX veya RINEX dosyalarında gerekli düzenleme işlemlerinin yapılması

- Kalite Kontrol(Quality Check):** GNSS sistemlerine ait RINEX, BINEX veya yerli binary formattaki verilerin navigasyon veri dosyası ile birlikte ya da navigasyon veri dosyası olmaksızın kalite kontrolünün yapılması

Bu 3 temel fonksiyon beraber kullanılacağı gibi ayrı ayrı da kullanılabilir. TEQC yazılımı dünya çapında kullanılan birçok alıcı tipi ile uyumlu olarak çalışmakta ve bir çok işletim sistemi için kendi sitesinde indirilebilir sürümleri bulunmaktadır.

Programın temel bazı özellikleri ve komutları şöyledir.

RINEX'e Uygunluk Analizi

TEQC ile rinex gözlem, navigasyon ve meteorolojik veri dosyalarının RINEX versiyon 2.x'a uygunluğunun testi yapılabilmektedir. TEQC yapı itibariyle RINEX 2.x üzeri mümkünse 2.10 versiyon üstü dosyaların derlenmesinde başarılı sonuçlar vermektedir.

teqc chil3380.12o

komutu çalıştırıldığında, TEQC komutu ile beraber bu veri dosyasının gözden geçirildiği görülecektir. Bu komut ile RINEX versiyon 2.XX versiyonundaki veriler gözden geçirilerek, yine aynı orjinal RINEX dosyası adında kayıt edilir. Eğer gözden geçirilmiş veri dosyasının farklı farklı bir isimde kayıt edilmesi istenirse (teqc dosyaadı > yenedosyaadı) şeklinde, iki gözlem dosyası arasındaki farkların incelenmesi isteniyorsa (diff) komutu ile gerçekleştirilebilir.

RINEX Formatına Dönüşüm

TEQC programı kullanıcılara birçok farklı alıcıya ait yerli formattaki binary veriler RINEX veri formatına dönüştürme imkanı da sunar. Şu anda birçok çift frekanslı (L1 ve L2) ve tek frekanslı (L1) alıcılarda dönüşüm işlemi yapılabilmektedir. Genel olarak TEQC programı ile çeviri yapabilmek için 3 temel bilgiye ihtiyaç duyulur. Bunlar;

- Alıcı tipi bilgisi
- Alıcıya ait yerli binary format bilgisi
- Dönüştürülmek istenen formata ait bilgi

TEQC programı alıcıya bağımlı olmayan birçok formatın yanında alıcılara bağımlı olan birçok formattaki dosyayı da okuyabilmektedir. Bu formatların program tarafından okunabilmesi için komut satırına o dosya formatına ait ekinde yazılması yeterlidir.

Örneğin;

BINEX formatı için –binex

JPL soc formatı için –soc

IGS RT için –rtigs

Astech marka alıcı için –ash

Motorola marka alıcı için –motorola vb. (tüm formatlara ait bilgilere kendi sitesinden ulaşılabilir.)

TEQC yazılımı ile format dönüşümü yapılırken dönüştürülmek istenen veri dosyası belirtilmelidir. Aksi halde program dönüştürülmek istenen veriyi gözlem (*.o) dosyasına dönüştüreceğini varsayacaktır. Örnek verecek olursak;

Elimizde 866. GPS haftasına ait yani 11 Ağustos 1996-17 Ağustos 1996 tarihlerini kapsayan Trimble SSE marka alıcı tarafından toplanmış chil.bin adında bir dosya olduğunu varsayalım.

teqc -tr s -week 866 +nav chil2240.96n chil.bin > chil2240.96o

komutunu kullanarak binary (ikili) formatta bulunan veriyi RINEX gözlem dosyasına çevirebiliriz. Burada,

- -tr: Trimble marka alıcı kullanıldığını
- -tr s: Trimble RS-232 RT 17 tip alıcı olduğunu
- +nav chil224.96n komutu ile chil.bin dosyası içindeki navigasyon dosyası bilgilerinin chil2240.96n dosyasına aktarılacağını göstermektedir.

Eğer chil.bin dosyası içinde navigasyon bilgisi bulunmuyorsa chil2240.96n dosyası oluşacaktır, ancak dosya boş olacaktır.

TEQC Programı ile RINEX Dosyalarında Düzenleme Yapılması

İki farklı dosyanın birleştirilmesi,

cat chil3380.12o chil3390.12o > chil3839.12o komutu ile yapılabilmektedir.

Ancak bu tip birleştirme ile gözlem veri dosyaları alt alta direkt olarak birleştirilecek, söz konusu birleştirilmiş dosya çift başlık bilgisine sahip olacaktır. Proses programları bu ikinci başlık bilgisine sahip satırları yorumlayamayacaktır.

Bu sorun TEQC programı kullanılarak kolayca aşılabılır. TEQC programı ile birden fazla RINEX formatındaki dosyaların birleştirilmesi için,

teqc cat chil3380.12o chil3390.12o > chil3839.12o

komutu kullanılır.

Teqc komutu kullanılarak yapılacak olan birleştirmede, ikinci gözlem dosyasına ait başlık verileri elle manuel olarak silinerek birleştirme yapılabileceği gibi ,Teqc programı ile silinmesi için,

teqc -phc chil38[12]9.12o > chil3839.12o

komutu kullanılmalıdır. Bu sayede 2. başlık verileri silinmiş olup, başlık dosyası da eklenen verilere göre güncellenmiş olacaktır.

RINEX Başlık Dosyalarında Düzenleme Yapılması

RINEX dosyalarını kullanan kullanıcıların sıklıkla karşılaştığı bir durumda, RINEX başlık dosyasındaki veriler yanlış olabilmektedir. Aslında UNIX sisteminde ‘ed’, ‘ex’ veya ‘vi’ editörlerini kullanarak da düzeltme işlemleri yapılabilmektedir.

Örneğin RINEX gözlem dosyasında istasyon adının “chila istasyonu” olarak değiştirilmesi istenirse,

teqc -o.mo "Chilao İstasyonu" chil3380.12o > chil3380.12o

RINEX başlık dosyasında yapılabilecek tüm değişiklikleri ve mevcut durumlarını, teqc ***++config chil3380.12o***

komutu ile ekrana getirebiliriz. Ekrana gelen parametreleri ve açıklamaları aşağıda verilmektedir.

Çizelge 5.5 RINEX başlık (header) verileri

KODU	AÇIKLAMA
-0.s[ystem]	Uydu Sistemi (G = GPS, R = GLONASS, S = SBAS, T = Transit, M = mixed)
-0.r[un_by]	Programı Çalıştıran Kişi
-0.d[ate]	Programın Çalıştırılış Tarihi
-0.o [perator]	Gözlemi yürüten kişi
-0.ag[eney]	Gözlemi Yapan Kurum
-0.mo[nument]	İstasyon. Adı
-0 ,mn	İstasyon Numarası
-0.rn	Alıcı Numarası
-0.rt	Alıcı Tipi
-0.rv	Alıcı Yazılımı
-0. an	Anten Numarası
-0.at	Anten Tipi

Çizelge 5.5 RINEX başlık (header) verileri (Devamı)

-0.px [WGS84xyz,m]	WGS“84 Sistemindeki Yaklaşık Kartezyen Koordinatlar (Metre Biriminde)
-0.pe[hEN,m]	Toposentrik Anten Doğruluğu (Metre Biriminde)
-0.c[omment]	Başlık DOsyasına Yorum Girişi
-0.int[erval,sec]	Veri Kayıt Aralığı (Saniye Biriminde)
-0.st[art]	ilk Ölçüye Başlama Zamanı
-0.e[nd]	Ölçüyü Bitiriş Zamanı
-0.def_wf	L1 ve L2 Fazları için Varsayılan Dalgaboyu Faktörü
-0.obs [_types]	Gözlenen Büyüklüklerin Tipi

RINEX dosya başlık verisi içeriğinde bulunan verilerden hatalı ya da eksik tanımlanmış olanları TEQC yazılımı ile düzenlemek, değiştirmek mümkündür. Örneğin; gözlem dosyasına ait başlangıç kısmında anten tipinin hatalı tanımını,

teqc -O.at "ASH701954G_M NONE" chil3380.12o > temp3380.12o

komutu ile doğru anten modelini yazarak değiştirebiliriz.

GNSS Verilerinin Kalite Kontrolü

TEQC programının en önemli görevleri arasında kalite kontrolü yapmak gelmektedir. Kalite kontrolü şu an NAVSTAR GPS gözlem dosyası verilerinde, GLONASS ve SBAS verilerinde kullanılabilmektedir. Gözlem verilerinin değerlendirilmesi kısmı jeodezik uygulamalar için önemlidir.

Yazılımın verdiği kalite kontrol çıktısı iki kısımdan oluşur. Bunlardan birincisini kısa sonuç ürünleri diğeri ise uzun sonuç ürünleri olarak adlandırabiliriz. Bu çıktı ürünlerinin her ikisinde ASCII uydu görünürlükleri grafiği ile başlayıp, ardından çeşitli parametrelere göre yapılan kalite kontrol raporları ile son bulmaktadır. Kalite kontrol analiz parametreleri ve olması gereken değerleri aşağıda sıralanmıştır.

Çizelge 5.6 Kalite kontrol analiz parametreleri ve anlamları

Receiver tracking capability	:12Svs	<i>Aynı anda gözlenebilen maksimum uydu sayısını</i>
Maximum ionospheric rate (LI)	:400.00cm/min	<i>L1 gözlemleri için maksimum iyonosferik gecikmeyi</i>
Report data gap greater than	:10.00min	<i>Belirlenen süreden daha büyük olan boşlukları rapor etmeyi</i>
Expected rms level of P1 multipath	:50.00cm	<i>P1 gözlemlerinde meydana gelen sıçramalar için maksimum karesel ortalama hatayı</i>

Çizelge 5.6 Kalite kontrol analiz parametreleri ve anlamları (Devamı)

Expected rms level of P2 multipath	:65.00cm	<i>P1 gözlemlerinde meydana gelen sıçramalar için maksimum karesel ortalama hatayı</i>
Multipath slip sigma threshold	:4.00cm	<i>Gözlemin faz sıçraması olması için eşik sigma değerini</i>
% increase in MP rms for C/A I A/S	:100.00%	
Points in MP moving averages	:50	
Minimum signal to noise for L1	:0	<i>L1 gözlemleri için minimum sinyal gürültüsünü</i>
Minimum signal to noise for L2	:0	<i>L2 gözlemleri için minimum sinyal gürültüsünü</i>
Elevation mask (cutoff)	:10.00 degrees	<i>Ufuk açısını</i>
Elevation comparison threshold	:25.00 degrees	<i>Uydu yükseklik açısını</i>
Orbit path spline fit sample time	:10 min	<i>Uydunun yayınladığı navigasyon verisinin tekrarlanma sayısını</i>
SVs w/ code data for position try	:5	<i>Uydunun yayınladığı navigasyon verisinin tekrarlanma sayısını</i>
Width of ASCII summary plot	:72	<i>ASCII uydu görünürlük diyagramının genişliğini</i>
Data indicators on summary plot	:yes	<i>Özet çıktısı için veri işaretçilerini</i>
Do ionospheric observable	:yes	<i>İyonosferik gözlemleri</i>
Do ionospheric derivative	:yes	<i>İyonosferik gözlemlerin kısmi türevlerini</i>
Do high-pass ionosphere observable	:no	
Do multipath observables	:yes	<i>Faz sıçraması gözlemlerini</i>
Do 1-ms receiver clock slips	:yes	<i>Alıcı saatindeki kesiklikleri</i>
Tolerance for 1-ms clock slips	:1.00e-02ms	<i>Alıcı saati kesiklikleri için eşik değeri</i>
Do receiver LLI slips	:yes	
Do plot file(s)	:yes	<i>Grafik ya da benzeri görselleştirmeleri</i>

TEQC yazılımı ile kalite kontrolü yapabilmek için,

teqc +qc chil3380.12o

komutu çalıştırılmalıdır. Kalite kontrolü modu için hedef dosya sadece RINEX gözlem dosyasıdır.

TEQC Programı Kullanılarak Uydu Görünürlüklerinin İzlenmesi

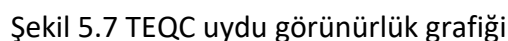
TEQC yazılımı ile kalite kontrol 2 kısımdan oluşmaktadır. Bunlardan ilki uydulara ait ASCII uydu görünürlükleri grafiğidir. Bu grafikte her uyduya ait çeşitli kalite göstergeleri zamanın bir fonksiyonu şekliyle kullanıcıya sunulmaktadır. Uydulara ait PRN (Pseudo Random Noise) numaraları her satırın başında ve sonunda gösterilmektedir. ASCII uydu

görünürlükleri grafiğinin genişliği '**w(idth)**' parametresi ile ayarlanmaktadır. Genellikle 72 karakter genişliğinde olup, 1 ila 255 satır arasında değişiklik göstermektedir.

Uydu görünürlük grafiğinin 72 satır ve 24 saatlik veriyi gösterdiği kabul edilirse her bir karakter 20 dakikalık bir zamana karşılık gelmektedir. Bu grafikte görülen her bir karakter ayrı anlam taşımaktadır. Karakter listesi ve anlamları için '**teqc ++sym**' komutu kullanılmalıdır. Karakter ve anlamları aşağıdaki gibidir.

- C karakteri: Alıcı saatinde kesiklik anlamına gelir. Büyüklüklerinin belirlenebilmesi için -cl parametresi kullanılır.
- M Karakteri: C karakteri ile benzer olarak saat kesikliği anlamına gelir. Ancak MP1 ve MP2 kod gözlemleri yapılan uydularda milisaniye biriminde saat kesikliği oluşmuştur. Büyüklüklerinin izlenmesi için -mp parametresi kullanılır.
- I Karakteri: İyonosferik gecikmeleri göstermektedir. Büyüklüklerinin belirlenebilmesi için -iod parametresi ile kullanılır.
- 1 Karakteri: Sadece MP1 kod gözlemlerinde kesiklik olduğu anlamına gelir.
- 2 Karakteri: Sadece MP2 kod gözlemlerinde kesiklik olduğu anlamına gelir.
- - Karakteri: Uydu belirlenen ufuk açısı içindedir ancak, uydudan veri alınamamıştır.
- + Karakteri: Faz ve kod ölçüleri toplanmıştır, ancak uydu belirlenen ufuk açısı dışında kalmıştır.
- ^ Karakteri: Uydu belirlenen ufuk açısı dışında olduğundan kod ve faz ölçüleri tam olarak yapılamamıştır.
- . Karakteri: Belirtilen uydudan L1 fazı ve C/A kod ölçüleri toplanabilmiştir.
- : Karakteri: Belirtilen uydudan L1 fazı ve P kod ölçüleri toplanabilmiştir.
- Karakteri: Belirtilen uydudan LI, C/A, L2 ve P2 ölçüleri toplanabilmiştir.
- *Karakter: Belirtilen uydudan LI, PI, L2 ve P2 ölçüleri toplanabilmiştir.
- , Karakteri: Belirtilen uydudan sadece C/A kod ölçüleri toplanabilmiştir.
- o Karakteri: Belirtilen uydudan LI, L2, PI, P2 ve C/A ölçümleri toplanmıştır.
- y Karakteri: Belirtilen uydudan LI, L2, PI ve P2 ölçüleri toplanmıştır.

- Aşağıda bir ASCII uydu görünürlük grafiği örneği verilmiştir. Kolayca anlaşılabilceği üzere 'o' karakteri ile belirtilen uydudan tüm gözlemlerin yapıldığı anlaşılmaktadır



5.5 Yazılımların Veri Değerlendirme Süreçleri

GNSS yazılımları genel olarak üç temel bileşenden oluşur:

1. işlevsel bir kütüphane,
2. bir veri platformu ve
3. bir veri işleme çekirdeği.

İşlevsel kütüphane, ihtiyaç duyulan tüm fiziksel modelleri, algoritmaları ve araçları sağlar. Veri platformu, kullanım için gerekli tüm datayı hazırlar ve program döngü akışını için hazırlık yapar. Veri işleme çekirdeği gözlem denklemlerini oluşturur, bunları zaman döngüsünde biriktirir ve ihtiyaca göre çözümlerini yapar.

Genel itibarıyla GNSS yazılımların temel bileşenleri 3 başlık altında toplansa da, zaman içerisinde değişen ve gelişen sistemlere göre yeni algoritmalar kullanılarak geliştirilebilir [60].

5.5.1 İşlevsel Kütüphane

Gerekli tüm fiziksel modellemeleri, algoritmaları ve araçları içerir.

5.5.1.1 Fiziksel Modeller

- 1- Troposferik etkilerin hesaplanarak gerekli düzeltmelerin getirilmesi için troposferik modellemeler.
- 2- İyonosferik etkilerin hesaplanarak gerekli düzeltmelerin getirilmesi için iyonosferik modellemeler.
- 3- Relativistik etkilerin hesaplanarak gerekli düzeltmelerin getirilmesi için relativistik etkilerin modellenmesi.
- 4- Dünya Gel-Git etkisinin hesaplanması ve modellenmesi yer sabit istasyonlar ile.
- 5- Okyanus yüklenmesi etkisinin hesaplanması ve modellenmesi özellikle deniz kenarı istasyonları için.
- 6- Alıcı anteni merkezi ile uydunun ağırlık merkezi arasındaki dönüşüm için hesaplanan uydu ağırlık merkezinin modellenmesi.
- 7- Yörünge kestirimi için solar radyasyonun modellenmesi.
- 8- LEO (Low Earth Orbit) seviyesindeki uydular için atmosferik sürüklenme etkisinin modellenmesi.
- 9- Dinamik yörünge kestirimi ve LEO seviyeli uydular için jeopotansiyel kestirim için jeopotansiyel bozukluk modellemesi.
- 10- Dinamik yörünge kestirimi ve LEO seviyeli uydular için Gel-git kaynaklı jeopotansiyel bozuklukların modellenmesi.

- 11- Ay-güneş ve gezenlerden kaynaklı çoklu karışıklığa bağlı düzeltmelerin modellenmesi.
- 12- Bölgesel ağlar için dinamik yörünge uygunluğu modellemesi.
- 13- Güneş, ay ve dünya yörüngelerinin ve kara gel-gitlerinin modellenmesi.
- 14- Troposferik haritalandırma fonksiyonun modellenmesi.
- 15- İyonosferik haritalandırma fonksiyonun modellenmesi.
- 16- Kinematik alıcılar için troposferik modelleme yapılması.
- 17- Kepler yörünge elemanlarının modellenmesi.
- 18- Uydulara ait konum vektörünün ve kepler elemanlarının Jacobian matrisinin oluşturulması [60].

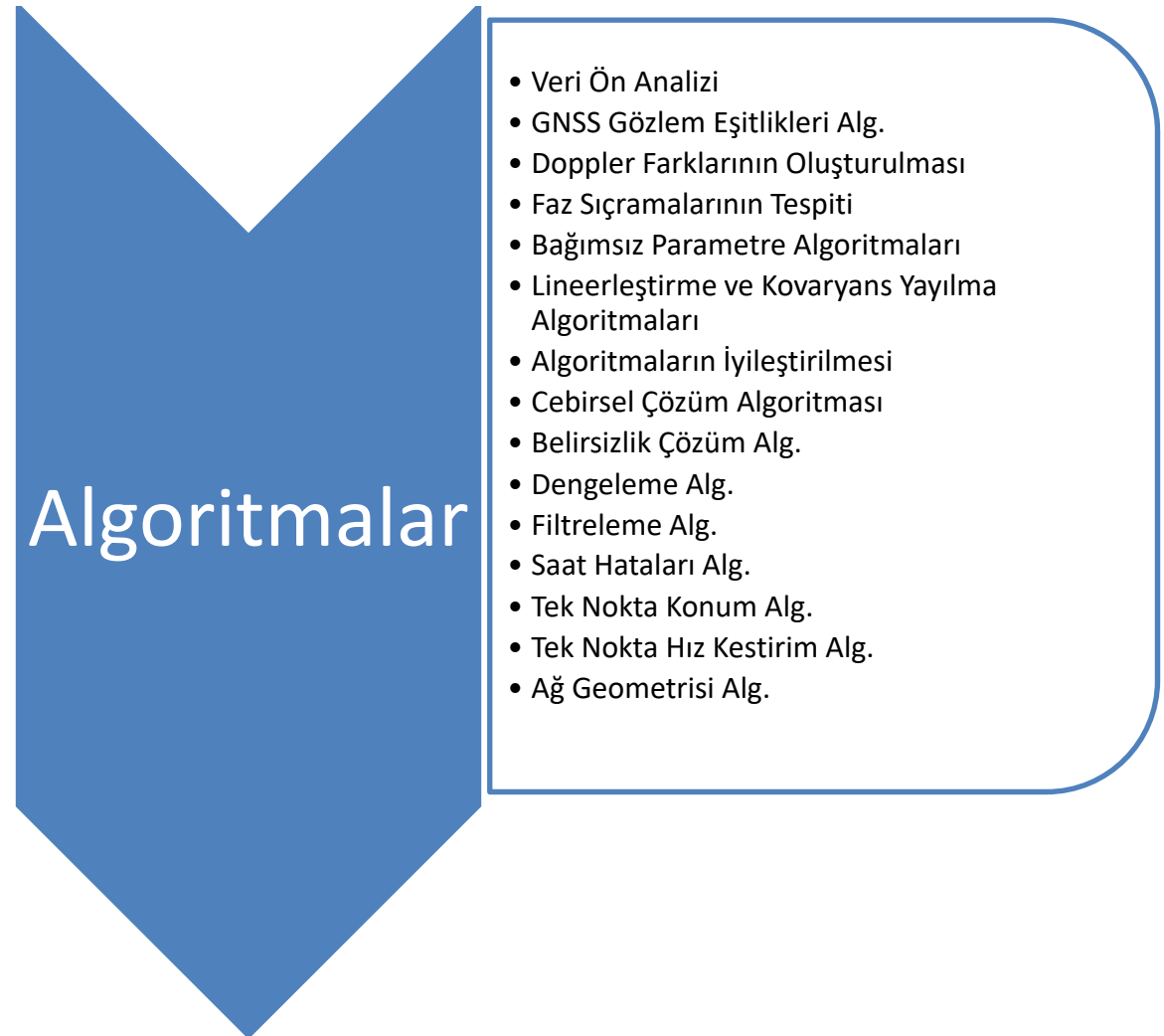


Şekil 5.8 Fiziksel modeller [60]

5.5.1.2 Algoritmalar

- 1- Verilerin öncül analizlerinin yapılması
- 2- GNSS gözlemlerine ait matematiksel eşitliklerin oluşturulması
- 3- Eğer mümkünse Doppler farklarının oluşturulması
- 4- Faz sıçramalarının tespit edilmesi
- 5- Bağımsız parametrelere ait algoritmasının oluşturulması.

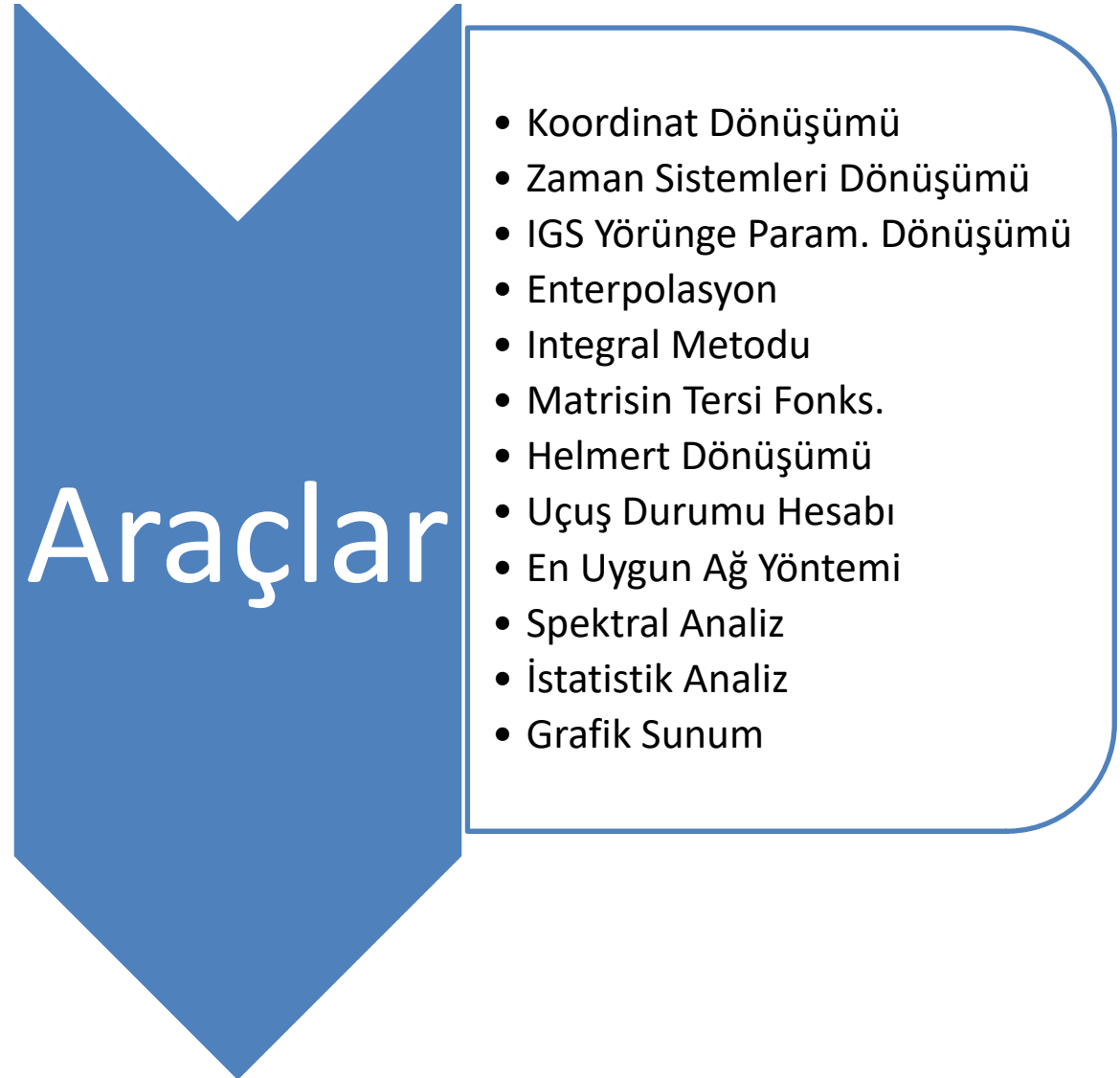
- 6- Lineer hale getirme ve kovaryans yayılımı algoritmalarının oluşturulması
- 7- Ölçülere ait birleştirilebilen ya da birleştirilemeyen gözlemler için eşitleme algoritmaları
- 8- Ölçülere ait fark alınabilen ya da alınamayan gözlemler için eşitleme algoritmaları
- 9- Doğrusallaştırma algoritması
- 10- Eşitliklerin cebirsel çözümlerine ait algoritmaların oluşturulması
- 11- Belirsizlik çözüm algoritmasının oluşturulması
- 12- Klasik dengeleme (E.K.K) algoritmasının oluşturulması
- 13- Filtreleme (Kalman, Robust kalman vs.) algoritmalarının oluşturulması
- 14- Önsel zorlanmış EKK çözümü
- 15- Saat hataları algoritmasının oluşturulması
- 16- Tek nokta konumunun belirlenmesine ait algoritmanın oluşturulması
- 17- Tek nokta hız kestirimine ait algoritmanın oluşturulması
- 18- Ağ geometrisinin doğruluğu ile ilgili algoritmanın oluşturulması [60]



Şekil 5.9 Algoritmalar [60]

5.5.1.3 Araçlar

- 1- Koordinat dönüşüm araçları
- 2- Zaman sistemleri dönüşüm fonksiyonları
- 3- IGS formatında yayınlanan yörünge parametrelerinin (broadcast) dönüşümü
- 4- Enterpolasyon araçları
- 5- Integral yöntemleri
- 6- Matrisin tersi fonksiyonları
- 7- Helmert dönüşüm araçları
- 8- Uçuş durumu hesapları
- 9- En uygun ağ yöntemi araçları
- 10- Spektral analiz yöntemi
- 11- İstatistik analiz araçları
- 12- Grafik sunum araçları [60]



Şekil 5.10 Araçlar [60]

5.5.2 Veri Platformu

Veri platformu, verilerin okunup yorumlandığı kısımdır. 3 ana kısımdan oluşmaktadır.

1. Genel Kısım (1. Bölüm)
2. Zaman Döngüsü Kısım (2.Bölüm)
3. Sonuç Kısım (3.Bölüm)

Çizelge 5.7 Veri platformu 1. adım [60]

Genel Kısım (1.ADİM)	
1	Program Başlar
2	Tüm girdi parametreleri (nutasyon veri dosyası, anlık ve hassas efemeris dosyası,..) yazılımın çalışma kontrolünün sağlanması amacıyla okunur.
3	Programın çalışması için gerekli tüm girdi verileri (Uydu bilgi dosyası, istasyon bilgi dosyası, Geopotansiyel veri dosyası, okyanus yükleme katsayısı, GNSS yörünge dosyası, kutup hareketi veri dosyası vb..) okunur.
4	Dünya, ay ve güneş yörünge dosyası okunur.
5	Dünya ve okyanus yüklenme etkileri kestirimi yapılır.
6	GNSS uydu yörünge transformasyonu (IGS formatından yerel formata) gerekli ise yapılır.
7	Gerekli ise ön değerlendirme yapılır.
8	Optimum ağ geometrisi belirlenir.

Çizelge 5.8 Veri platformu 2. adım [60]

Sonraki Zaman Döngüsü Kısım (2.ADİM)	
1	2.Kısım başlar
2	Ölçüm epoğuna ait gerekli veriler (Başlangıç koordinatları vb.) alınır.
3	İlgili epoğa ait tüm parametreler ve modelleme değerleri hesaplanır. (Dönüşüm matrisleri, kestirilen yörünge verisi, düzeltme modelleri değeri vb.)

Çizelge 5.8 Veri platformu 2. adım (Devamı)

4	Gözlem veri dosyaları okunur ve yazılım için uygun şekilde kayıt edilir.
5	Tek nokta değerlendirilmesi yapılır.
6	Tek nokta hız değeri belirlenir.
7	Veri değerlendirme çekirdeği (Bölüm 5.5.2.1)
8	2. kısım sonlandırılır.

Çizelge 5.9 Veri platformu 3. adım [60]

Sonuç Kısmı (3.ADIM)	
1	3.Kısım başlar
2	Sonuç verilerinin spektral ve istatistiksel analizleri yapılır.
3	Değerlere ait kalite kontrol ve raporlama yapılır.
4	Gerekirse iterasyon yapılır.
5	Kullanıcıya sunulacak olan dokümantasyon ve görselleştirmeler yapılır.
6	Gerekirse tahmin yapılır.
7	Program sonlandırılır.

5.5.3 Veri Değerlendirme Çekirdeği

Veri değerlendirme çekirdeği, GNSS veri işleme algoritmalarının ara geçişler ile kontrol edildiği bir seridir. İşlevsel kütüphane ve veri platformuna dayanarak, GNSS yazılımının belirli bir işlevini gerçekleştirilmesi sadece o işlevin tanımlanması, yeniden yapılandırılması ve veri işleme çekirdeğine eklenmesi ile basit bir hale gelebilir.

Çok işlevli bir veri işleme çekirdeği, tek tek tüm işlevlerin (fonksiyon, algoritma vs..) birleştirilmesinden ibarettir, tanımlanan parametreler ile işlevler arası geçişler yapılabilir. Bu nedenle, bir veri işleme çekirdeği, anahtarlarla (tanımlar) belirli program işlevlerinin bir listesidir. Belirli bir fonksiyon, veri işlemenin belirli amaçlarına bağlı olan

bir alt-çekirdek olarak adlandırılabilir böylelikle alt katmanda başka çekirdekler oluşturulabilir.

Tek nokta konum belirleme ve hız belirleme işlevleri, veri işleme çekirdeğinin iki işlevidir. Çok işlevli bir veri işleme çekirdeğinin ve bir alt-çekirdeğin yapısında olabilecek fonksiyonları aşağıdaki örnek ile daha iyi anlaşılabilir [60].

Çok Fonksiyonlu Veri Değerlendirme Çekirdeği Adımları

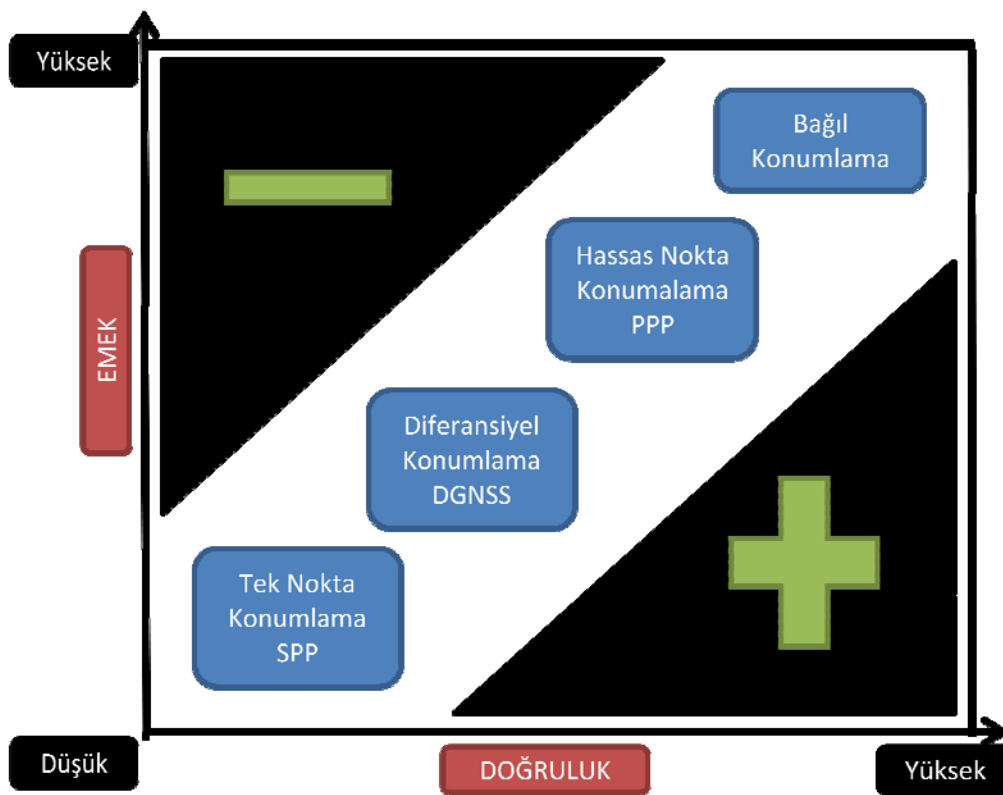
1. Tek nokta statik ve kinematik konum belirleme dinamik uygulamalar için
2. Statik ve kinematik uygulamalar için göreceli konum belirleme;
3. İyonosfer ve atmosfer sondajları;
4. Yörünge düzeltmeleri ile bölgesel tektonik izleme;
5. Küresel ağ konumlandırma ve GNSS yörünge belirlenmesi;
6. LEO yörüngesinin belirlenmesi ve jeopotansiyel hesabı [60].

Alt-Çekirdeğe Ait Yapı

1. Fiziksel modellerin değerlerinin yanı sıra yörünge ve istasyon verisini kullanan hesaplanan gözlemlerin hesaplanması (Sistem simülasyonu için kullanılabilir);
2. Lineerleştirilmiş gözlem denklemlerinin katsayılarının hesaplanması;
3. Dinamik uygulamalar durumunda, yörünge ile ilgili gözlem denklemlerini oluşturmak için varyans denklemlerini çözme;
4. Normal denklemlerin oluşturulması;
5. Normal denklemlerin toplanması;
6. İhtiyaca göre problemin çözümü [60].

Yazılımlara akademik/bilimsel, ticari yazılımlar ve web tabanlı servisler olarak 3 ana grup altında değerlendirsek de temelde işleyiş mantıkları yukarıdaki genel yazılım işleyiş mantığı gibidir. Aralarındaki temel fark dikkate aldıkları fiziksel modellerde kullandıkları algoritmalarda veri işlemlerinin daha basit ya da daha karmaşık

Bu durumda önemli olan ise, son kullanıcıların yani elinde GNSS gözlem verisi bulunan ve o elde ettiği veriyi anlamlı hale getirecek olan kişinin amacındadır. Elbette son kullanıcı hangi değerlendirme yazılımını kullanırsa kullansın sahip olduğu teknik altyapı, bilgi-birikim ve gözlem süresinin de amacıyla örtüşmesi gerekmektedir. Bu durumu aşağıdaki Şekil 5.10'da görüleceği gibi kullancının teknik imkânı ve emeği ile elde etmeyi umduğu doğruluk arasındaki ilişkide daha net görülmektedir.



Kullanıcılar bu durumda teknik imkanları dahilinde amaçlarını doğru belirlerse hem zamandan hem de paradan tasarruf elde edebilirler. Yukarıdan itibaren ifade ettiğimiz tüm bölümlerde ortaya çıktığı günden bugüne değişen, gelişen ve her gün yeni tekniklerin kullanıcıların hayatına girdiği GNSS sistemlerinde, kullanıcılar açısından sistemden elde etmeyi umdukları doğrulukların araştırılması ve önsel doğruluk tahminlerinin yapılması, kullanıcıların amaçlarına uygun olarak doğru yöntem ve

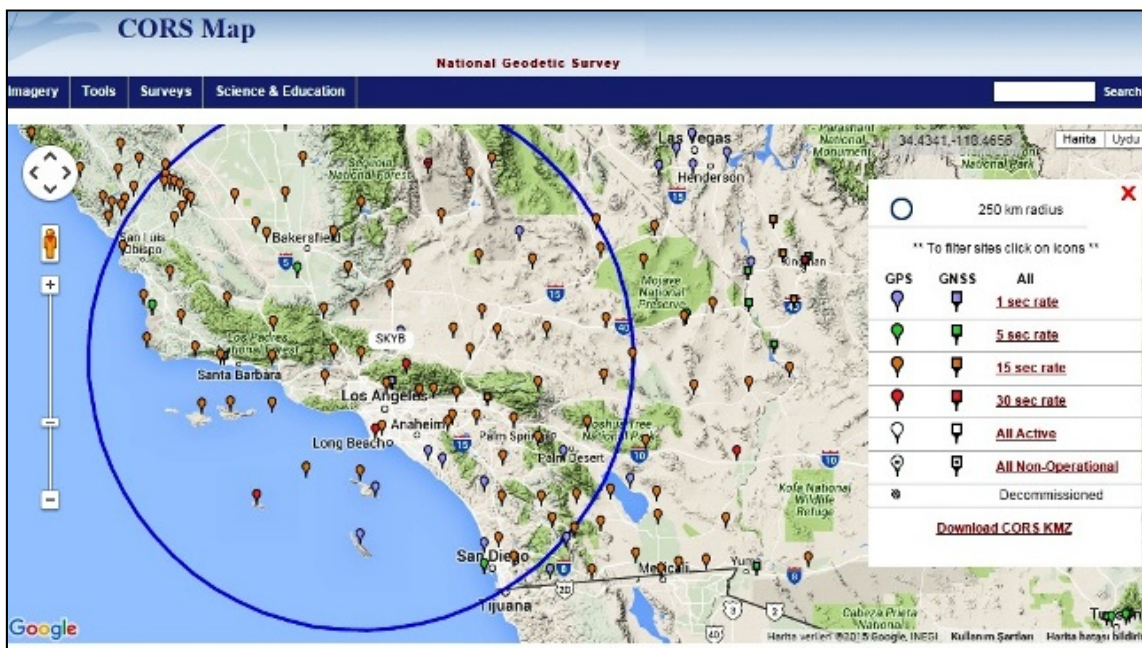
yazılımlara yönelmesine ayrıca teknik yönetmeliklerin doğru ve hızlıca güncellenmesine katkı sunacağı da kuşkusuzdur.

UYGULAMA

6.1 Uygulamanın Amacı ve Araştırma Süreci

Çalışmanın deney kısmı oluşturulurken, referans olması açısından daha önce yapılan araştırmalar ve elde sonuçlar araştırıldı. Araştırma konusu ile paralel olan literatür kısmında özetleri paylaşılan çalışmalarda üzerinde durulan en önemli hususun oturma süresi, noktalar arası baz mesafesi olduğu ve doğruluk modellerinin bu iki değişken dikkate alınarak oluşturulmuş olduğu tespit edildi. Ayrıca istasyonlar arası artan yüksek farkının da akademik yazılım ile yapılan çalışmalarda özellikle düşey bileşen üzerinde önemli olduğu tespit edildi. Bu nedenle çalışmanın deney kısmında kullanılacak istasyonlar ve istasyon çiftleri (bazlar) belirlenirken yükseklik farkı sabit tutularak artan baz mesafesi ve baz mesafesi sabit tutularak artan yükseklik farkı dikkate alınarak, iki farklı istasyonlar grubu oluşturulmasına karar verildi.

Araştırmaya, erişimi kolay ve istasyon sayısının oldukça fazla olması sebebiyle IGS ağından ve ABD'deki sürekli gözlem yapan istasyonlardan başlandı.



IGS arşivi olan SOPAC'dan istasyonlar (162 adet) ile Amerikan Ulusal CORS ağının orta enlem bölgesine düşen tüm istasyonların (158 adet) kartezyen değerleri (X,Y) ve elipsoid yükseklikleri (h) temin edildi.

Elde edilen istasyon kümesi ile tüm istasyonların birbirleri ile olan mesafeleri (ΔS) ve yükseklik farkları (Δh) hesaplandı. Araştırma için isteğe göre seçilebilecek istasyonlar veritabanı oluşturulmuş oldu.

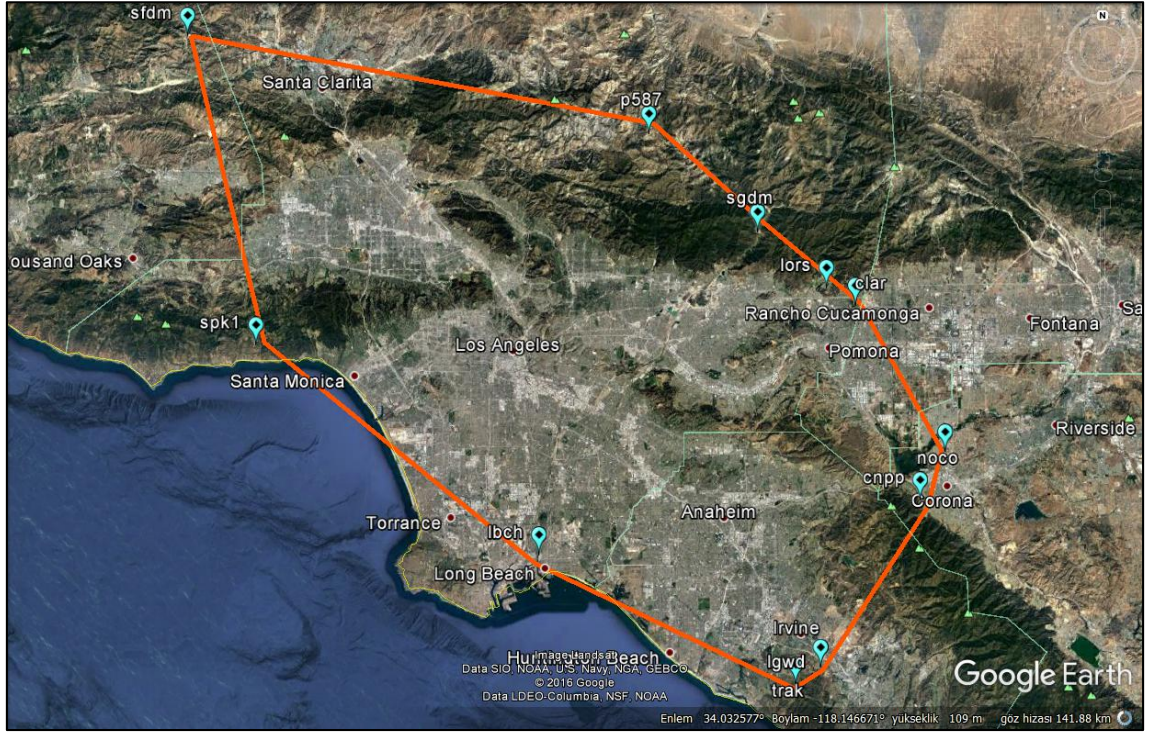
İstasyonlar arası yükseklik farkı (Δh) en fazla 500 metre ve araştırma baz mesafesi 0'dan 100km'ye olacak şekilde istasyonlar ilk elemeye tabi tutulduğunda toplam istasyon sayısı 154'e indirildi.

Daha sonra baz mesafesi (ΔS) 0'dan 100km'ye olacak şekilde (0- 0.5 -1- 2.5- 5- 7- 10- 15- 20- 25- 30- 35- 40- 45- 50- 55- 60- 65- 70- 75- 80- 85- 90- 95- 100km) 42 istasyondan oluşan 25 adet baz belirlendi.

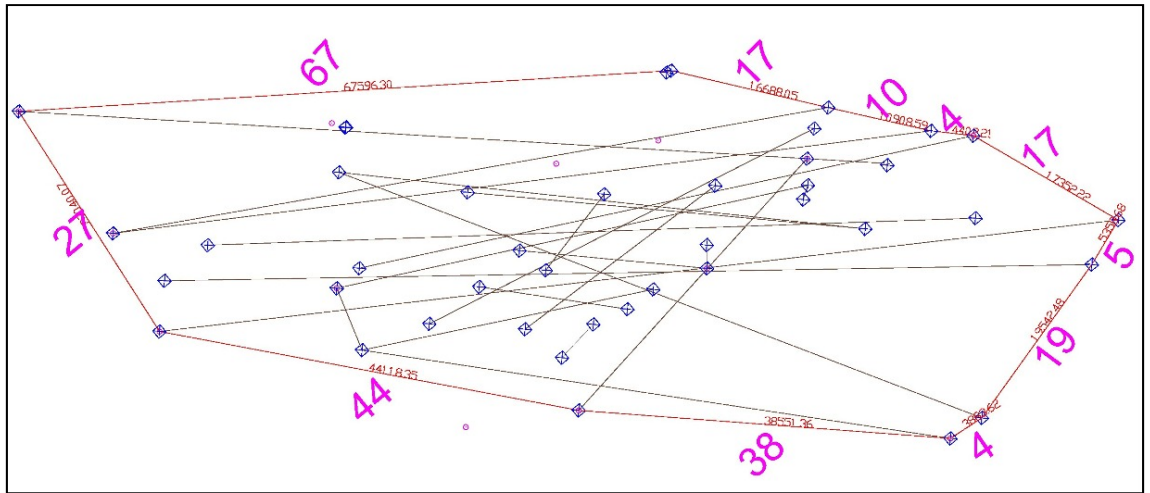
İstasyonlar arası yükseklik farkı (Δh) en fazla ~295 metre olacak şekilde ve istasyonların yüksekliklerinin en az 27m.'den en fazla 557m.'ye kadar olması sağlandı.

Çizelge 6.1 Uygulama-1 ve Uygulama-2 ABD'de tespit edilen istasyonlar ve bazlar

SIRA	İST.	İST.	ΔS (km)	Δh (m)	SIRA	İST.	İST.	ΔS (km)	Δh (m)
1	dam2	dam3	0.07	3	14	nopk	mrdm	44.66	295
2	chil	p587	0.50	33	15	cvhs	uclp	49.87	8
3	cvhs	wchs	1.55	19	16	wmap	spms	54.73	61
4	whc1	rhcl	2.41	83	17	trak	wrhs	61.53	108
5	holp	ccco	5.00	10	18	clar	lfrs	65.00	227
6	uclp	wrhs	6.93	103	19	lgwd	wmap	71.18	179
7	elsc	cit1	10.00	154	20	sgdm	rock	75.10	133
8	usc1	dyh2	15.50	13	21	twms	lapc	79.45	0
9	whc1	pkrd	19.00	37	22	rock	lors	85.27	104
10	long	mhms	25.00	77	23	sfdm	psdm	90.00	13
11	bkms	wrhs	30.77	3	24	cnpp	cbhs	95.92	16
12	azu1	lbch	35.00	172	25	spk1	noco	100.00	253
13	bran	spms	41.28	39					



Şekil 6.3 Uygulama-1 ve 2 için ABD’de tespit edilen istasyonların olduğu bölge



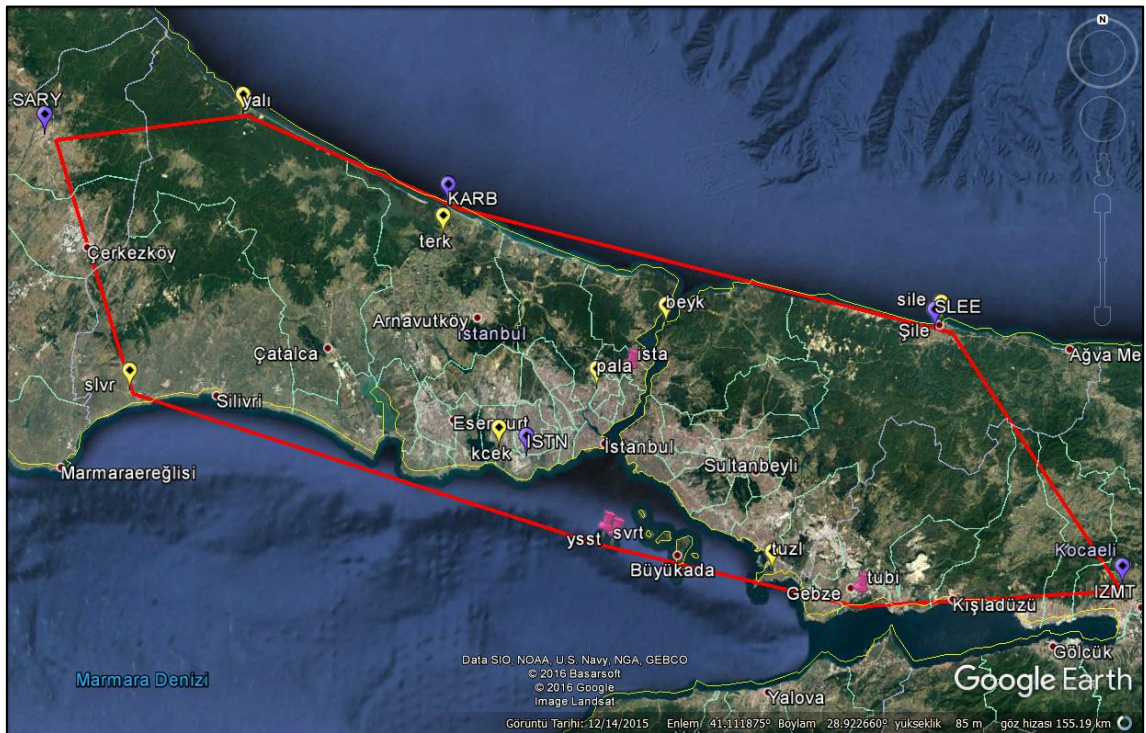
Şekil 6.4 Uygulama-1 ve 2 için ABD’de tespit edilen ağ ve bazlar

Aynı deneysel koşulların Türkiye için de sağlanması amacıyla Marmara Bölgesinde, İstanbul civarında bulunan IGS, İSKİ-UKBS ve TKGM-CORS ağına dahil olan 17 adet istasyon 19 adet baz belirlendi.

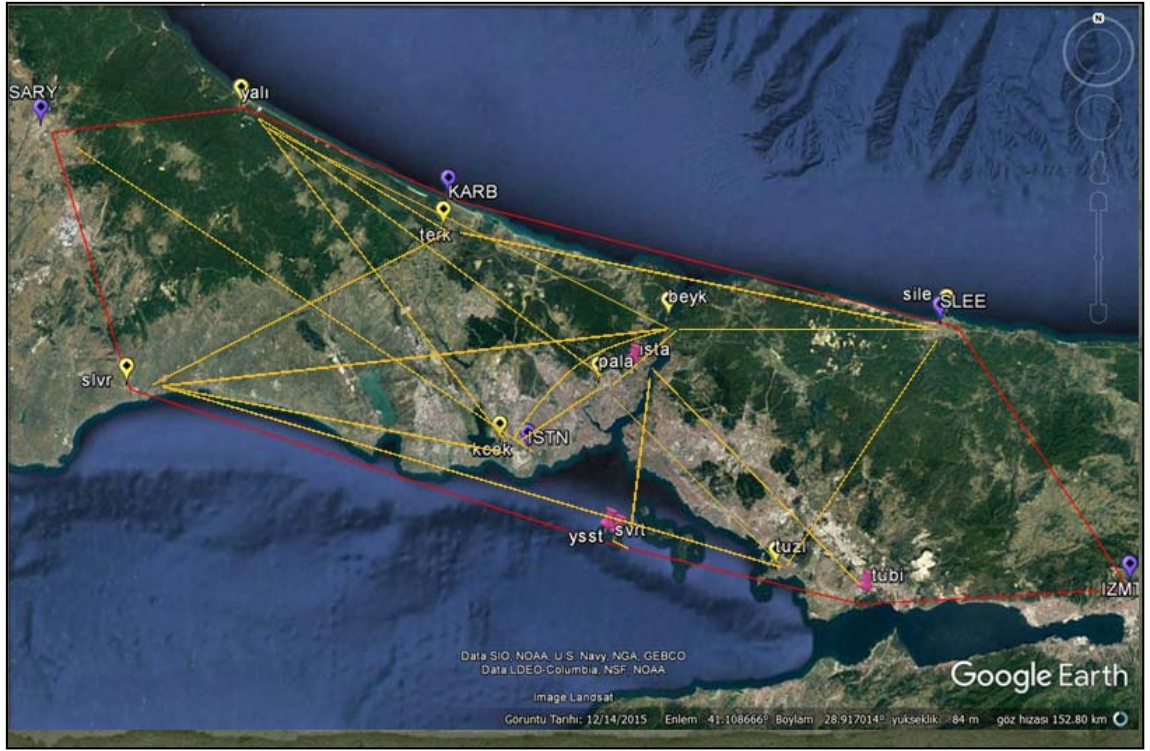
Bu oluşturulan bazların da mesafesi 0’dan 100km’ye olacak şekilde ve istasyonlar arası yükseklik farkı en fazla 122m. olması sağlandı.

Çizelge 6.2 Uygulama-1 ve 2 için Türkiye’de tespit edilen istasyonlar ve bazlar

SIRA	İSTASYON	İSTASYON	ΔS (km)	Δh (m)
1	SVRT	YSST	2	18
2	BEYK	PALA	15	69
3	KCEK	PALA	18	48
4	ISTA	SVRT	26	90
5	BEYK	KCEK	33	21
6	TERK	YALI	37	39
7	PALA	TUZL	40	115
8	BEYK	SILE	44	22
9	SILE	TUZL	48	24
10	ISTA	TUBI	51	75
11	SLVR	TERK	55	90
12	KCEK	SLVR	59	15
13	KCEK	YALI	66	36
14	PALA	YALI	71	84
15	BEYK	YALI	75	15
16	SILE	TERK	80	32
17	BEYK	SLVR	85	37
18	ISTN	SARY	92	122
19	SLVR	TUZL	106	83



Şekil 6.5 Uygulama-1 ve 2 için Türkiye’de tespit edilen istasyonların bulunduğu bölge



Şekil 6.6 Uygulama-1 ve 2 için Türkiye’de tespit edilen ağ ve bazlar

Çalışmanın deney kısmında ilk olarak iki adet istasyonlar grubu; Amerika (Los Angeles) ve Türkiye (İstanbul-Marmara)’da olmak üzere oluşturulan bazlarda 10 günlük ortak verinin bulunacağı uygun gün araştırmasına geçildi.

Amaç, yazılımların GNSS çözüm doğruluğunun test etmek olduğundan, atmosferik etkilerden elden geldiğince arındırmak için Alman Yerbilimleri Araştırma Merkezi’nin www.gfz-potsdam.de internet adresinden güneş aktivitesine ait aylık veriler 1996’dan 2016’ya kadar temin edildi ve aşağıdaki Çizelge 6.3 ve Şekil 6.7 elde edildi. Çizelge 6.3’de 2012 yılının aralık ayı minimum iyonosferik aktivite olması sebebiyle, uygun ay olarak belirlendi.

Çizelge 6.3 1996-2016 yılları arasında aylık bazda kapa indeks değerleri

	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık
1996	9	10	11	11	7	5	7	9	15	13	8	7
1997	9	11	8	10	8	7	6	7	10	10	11	4
1998	8	8	13	10	18	10	11	18	13	13	16	8
1999	10	12	14	12	8	7	10	15	19	19	14	10
2000	13	16	9	15	15	15	21	16	18	18	17	7
2001	8	7	20	22	10	10	9	11	13	20	16	9
2002	8	10	10	17	12	7	11	14	13	25	17	13
2003	13	17	21	20	26	24	19	23	18	35	28	16
2004	22	13	14	11	8	8	23	9	9	8	25	11
2005	24	11	12	11	19	12	14	14	20	8	8	9
2006	6	6	8	11	7	7	6	9	8	9	9	15
2007	10	7	8	9	8	6	7	6	9	7	7	6
2008	8	11	11	9	6	7	5	5	6	7	4	4
2009	4	5	5	4	4	4	4	5	4	3	3	2
2010	3	5	5	10	8	7	5	8	5	6	5	4
2011	6	6	8	9	9	8	8	7	12	7	5	4
2012	7	9	16	10	7	10	14	7	8	10	7	3
2013	5	6	11	5	10	13	9	8	5	8	6	5
2014	5	11	5	8	6	7	5	8	10	9	9	11
2015	9	10	16	11	8	13	9	14	16	14	12	14
2016	9	10	11	9								



Şekil 6.7 1996-2016 arası ortalama yıllık kapa indeks değişimleri

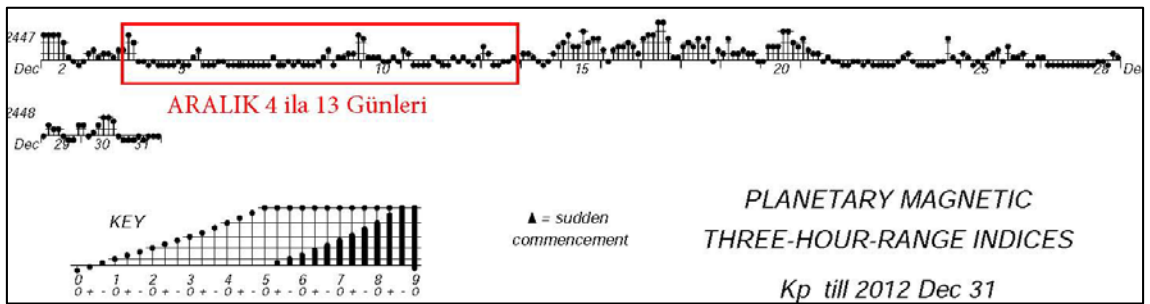
Yine aynı siteden (www.gfz-potsdam.de) Aralık ayı günlerine ait aylık güneş aktivitesinin en az ve en çok olduğu günler dikkate alınarak (Şekil 6.8), 2012 yılının Aralık ayının 4 ila 13. günleri (338 ila 347 GPS günleri-10gün) tüm istasyonlar için ortak veri bulunması ve iyonosfer aktivitesinin minimum olması nedeniyle belirlendi.

EN SAKİN GÜNLER QUIETEST DAYS												DAHA RAHATSIZ GÜNLER MOST DISTURBED DAYS				
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	D1	D2	D3	D4	D5
Jul	2012	13	26	27	18	31	19	29	25	K 22	7A	15	9	16	2	17*
Aug	2012	31	10	30	28	29	11	5	1	9	15	2*	19*	16*	20*	26*
Sep	2012	23	28	11	25	24	29	10	9	22	17	3	5	2*	4*	19*
Oct	2012	20	4	29	30	22	21	28	25	19	27	13	9	8	1	14
Nov	2012	9	30	28	4	11	22	3	29	10	8	14	1	13*	20*	24*
Dec	2012	6	8	22	7	27	31	12	23	28	5	17*	15*	20*	2*	18*

Şekil 6.8 2012 aralık ayı güneş aktivesinin en sakin ve en yoğun olduğu günler [73]

GÜN	GPS GÜNÜ	HAREKETLİ VE SAKİN GÜNLER	GÜN	GPS GÜNÜ	HAREKETLİ VE SAKİN GÜNLER
1	335		16	350	
2	336	D4	17	351	D1
3	337		18	352	D5
4	338		19	353	
5	339	Q10	20	354	D3
6	340	Q1	21	355	
7	341	Q4	22	356	Q3
8	342	Q2	23	357	Q8
9	343		24	358	
10	344		25	359	
11	345		26	360	
12	346	Q7	27	361	Q5
13	347		28	362	Q9
14	348		29	363	
15	349	D2	30	364	
			31	365	Q6

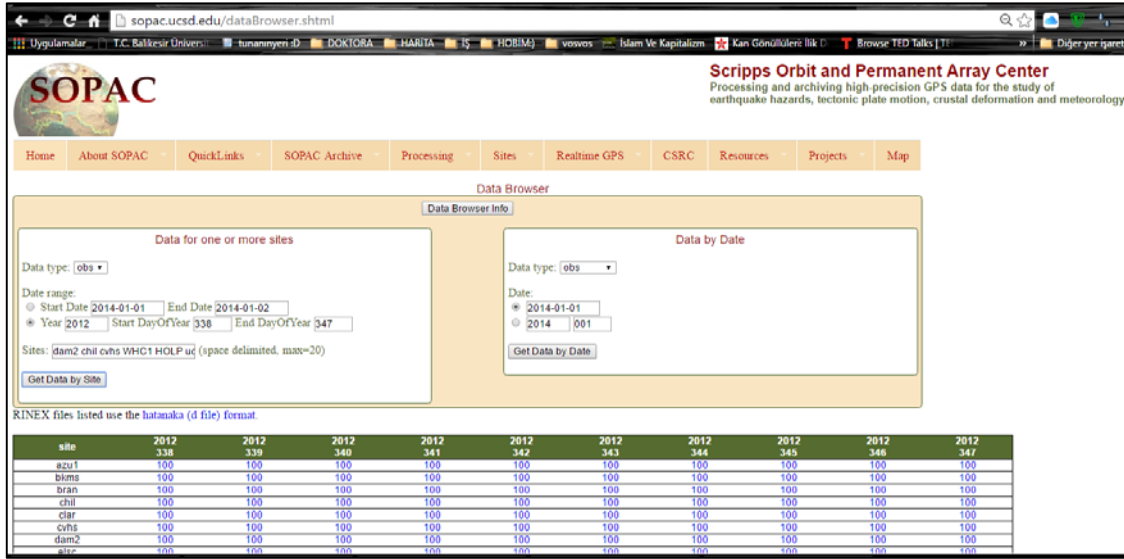
Şekil 6.9 2012 aralık ayı güneş aktivesi ve uygun gün belirleme



Şekil 6.10 2012 aralık ayı güneş aktivitesi grafiği [73]

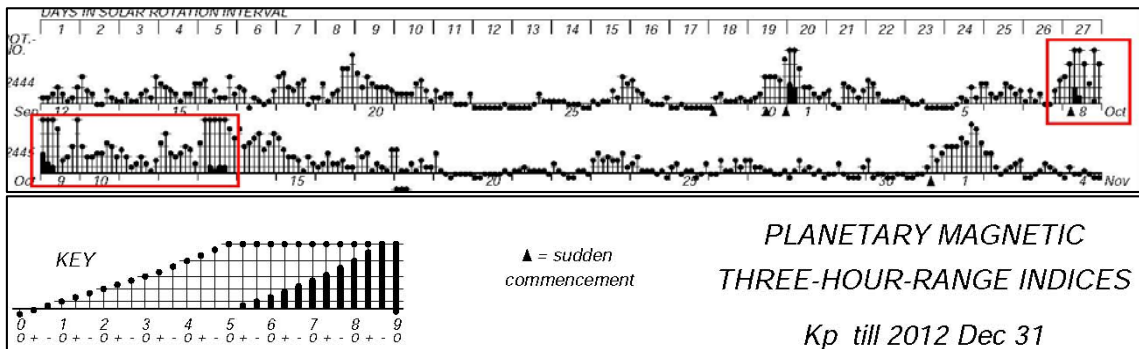
İstasyonlara ait gözlem dosyaları ABD'deki istasyonlar için SOPAC (<http://sopac-csrc.ucsd.edu>) internet adresinden, Türkiye'de Marmara bölgesinde İstanbul civarı belirlenen istasyonlar için IGS ağına dahil olan (4 adet) istasyonların verisi SOPAC internet sitesinden, TKGM-CORS ağına dahil olan (5 adet) istasyonların verisi TUSAGA-

AKTİF sisteminin internet adresinden, İSKİ-UKBS ağına dahil olan (8 adet) istasyonların verisi İSKİ'den temin edildi.



Şekil 6.11 SOPAC arşiv veri indirme arayüzü

Değerlendirmeler üzerindeki iyonosfer etkisinin anlamlı olup olmadığını test etmek amacıyla da maksimum iyonosfer koşullarında test yapabilmek için yukarıda bahsedilen kaynak siteden temin edilen veriler ışığında (Çizelge 6.3 ve Şekil 6.7) 2012 yılının istasyonlar için ortak verisi olan Ekim ayının 8 ila 13. günleri (282 ila 287 GPS günleri-6gün) belirlendi ve verileri temin edildi.



Şekil 6.12 2012 kasım ayı güneş aktivitesi grafiği [73]

EN SAKİN GÜNLER

QUIETEST DAYS

Q1

Q2

Q3

Q4

Q5

Q6

Q7

Q8

Q9

Q10

Jul	2012	13	26	27	18	31	19	29	25	K 22	7A
Aug	2012	31	10	30	28	29	11	5	1	9	15
Sep	2012	23	28	11	25	24	29	10	9	22	17
Oct	2012	20	4	29	30	22	21	28	25	19	27
Nov	2012	9	30	28	4	11	22	3	29	10	8
Dec	2012	6	8	22	7	27	31	12	23	28	5

(2012 ARALIK 4 ila 13 Günleri en ideal 10 günlük zaman dilimi)

DAHA RAHATSIZ GÜNLER

MOST DISTURBED DAYS

D1

D2

D3

D4

D5

15	9	16	2	17*
2*	19*	16*	20*	26*
3	5	2*	4*	19*
13	9	8	1	14
14	1	13*	20*	24*
17*	15*	20*	2*	18*

(2012 EKİM 8 ila 13 günleri kötü iyonosfer günleri)

Şekil 6.13 2012 aralık ve kasım ayları güneş aktivesinin en sakin ve en yoğun olduğu günler [73]

Uygulamanın ilk kısmı için belirlenen istasyonlardan ve bazlardan oluşan tasarımda istasyonlar arası baz mesafesine bağlı olarak etkinin gözlemlenmesi amacıyla, istasyonlar arası yükseklik farkının etkisi ve atmosferik etkiler en az da tutulmaya çalışılarak yazılımların gücünün ortaya konması hedeflendi.

Uygulamada bazlar arası yükseklik farkının (Δh) en fazla 300m olduğu ve genel olarak tüm istasyonların yükseklik dağılımının birbirine yakın olduğu bir ağ tasarlanarak aslında yükseklik farkı etkisini dışarıda bırakan, baz mesafesi ve oturum süresine tam odaklanılması sağlandı.

Uygulama sonucunda elde edilmesi düşünülen doğruluk formülünün baz mesafesi ve oturum süresini diğer etkilerden mümkün olduğunca arındırılmış olarak temsil etmesi sağlanmaya çalışıldı.

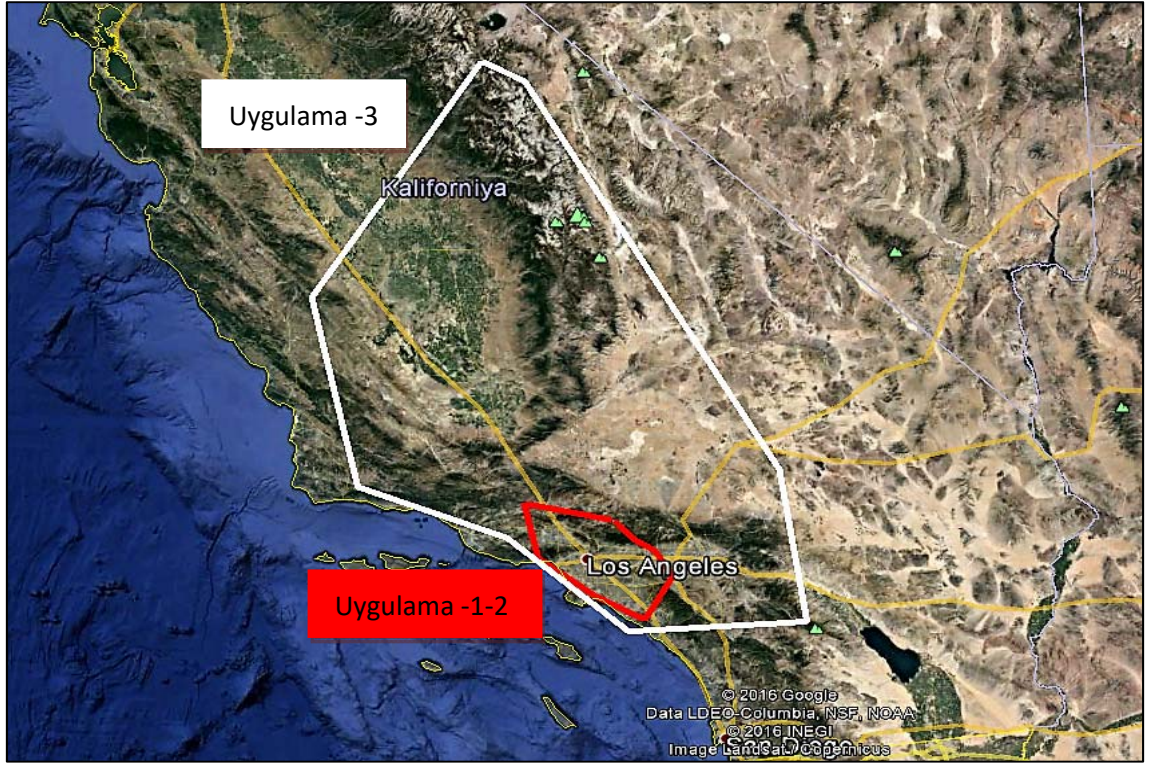
Çalışmanın devamında ikinci bir test ağı tasarlandı. Bu test ağında belirlenen istasyonlar ve bazların, baz mesafesi (L) sabit tutulmaya çalışılarak (~ 10-15km.), istasyonlar arası artan yükseklik farkına bağlı olarak baz çözüm doğruluğunun elde edilmesi ve irdelenmesi hedeflendi.

Uygulamanın sonunda elde edilecek olan baz çözümünün doğruluğunun, 2 parametrenin (baz mesafesi L ve oturum süresi t) yanında istasyonlar arası yükselik farkı (Δh) ile güçlendirmek amacıyla ve çalışmayı bu yönde genişletmenin daha önemli olacağı düşüncesiyle mevcut istasyonlardan ve bazlardan kısmen istifade ederek yeni istasyonlar ve bazlar belirlendi. Uygulamanın bu kısmında belirlenen bazların büyük çoğunluğu Şanlı ve Kurumahmut tarafından 2008 yılında yayınladıkları çalışmalarında tespit ettikleri bazlardan oluşmakta, onların çalışmalarında kullandıkları akademik

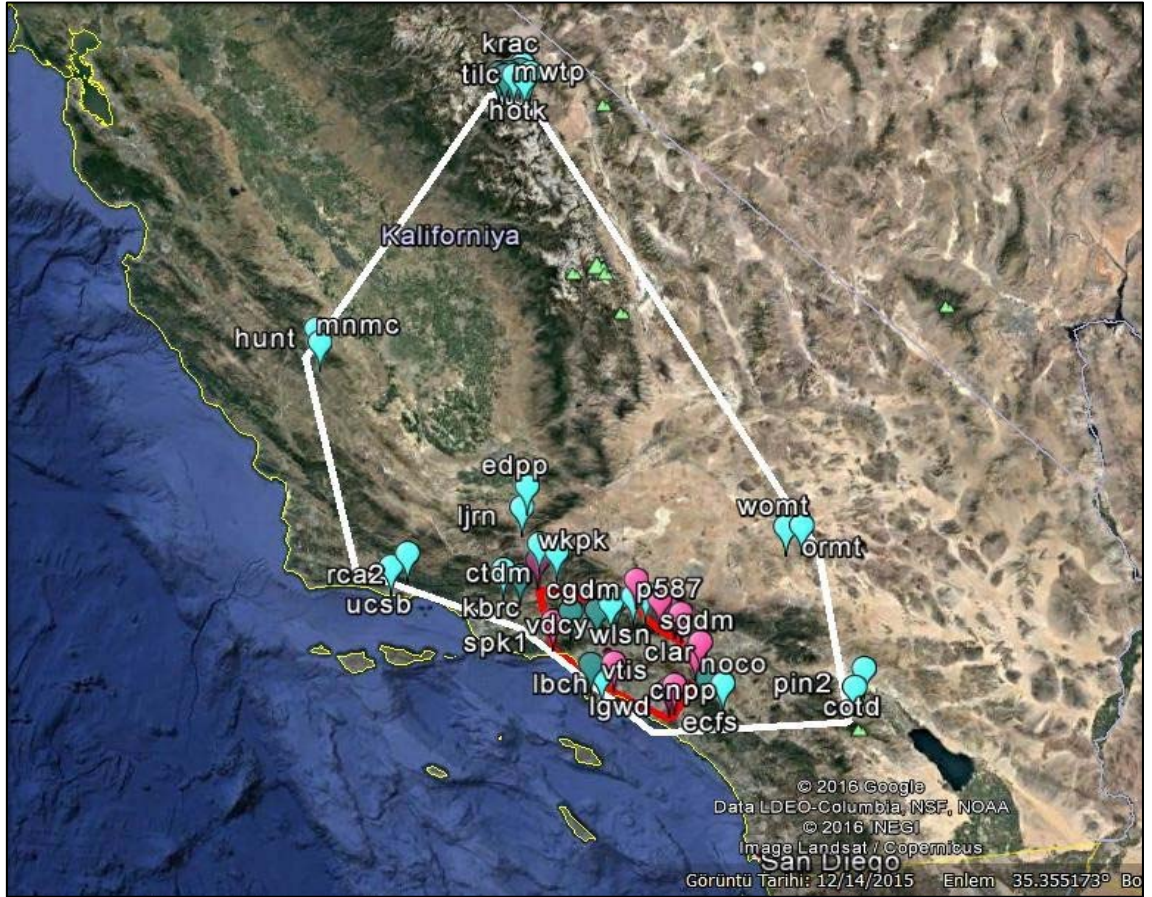
yazılım GIPSY OASIS II ile elde ettikleri sonuçların, çalışmada kullanılması planlanan ticari yazılım baz değerlendirme sonuçları ile kıyaslanması planlandı.

Çizelge 6.4 Uygulama-3 ABD’de tespit edilen istasyonlar ve bazlar

SIRA	İSTASYON	İSTASYON	ΔS (km)	Δh (m)
1	BKMS	ELSC	12.9	50
2	HOLP	WHC1	14.0	101
3	ELSC	CİT1	10.0	151
4	PVHS	VTIS	10.3	200
5	FMVT	KBRC	12.3	246
6	JPLM	PKRD	10.0	293
7	LEEP	PKRD	10.7	354
8	LFRS	VIMT	10.0	407
9	MINS	MWTP	10.0	460
10	HOTK	KNOL	13.9	509
11	ORMT	WOMT	10.7	540
12	HUNT	MNMC	10.2	613
13	LINC	RDOM	11.4	640
14	KRAC	LINC	14.7	679
15	ECFS	MJPK	14.8	727
16	CTDM	WKPK	13.1	803
17	CGDM	CHIL	11.4	863
18	LINC	TILC	13.8	891
19	SFDM	WKPK	12.1	917
20	EDPP	LJRN	15.7	1043
21	RCA2	UCSB	14.9	1189
22	COTD	PIN2	14.9	1231
23	JPLM	WLSN	11.1	1281
24	VDCY	WLSN	16.0	1387
25	CIT1	WLSN	11.9	1490
26	LONG	WLSN	13.6	1631



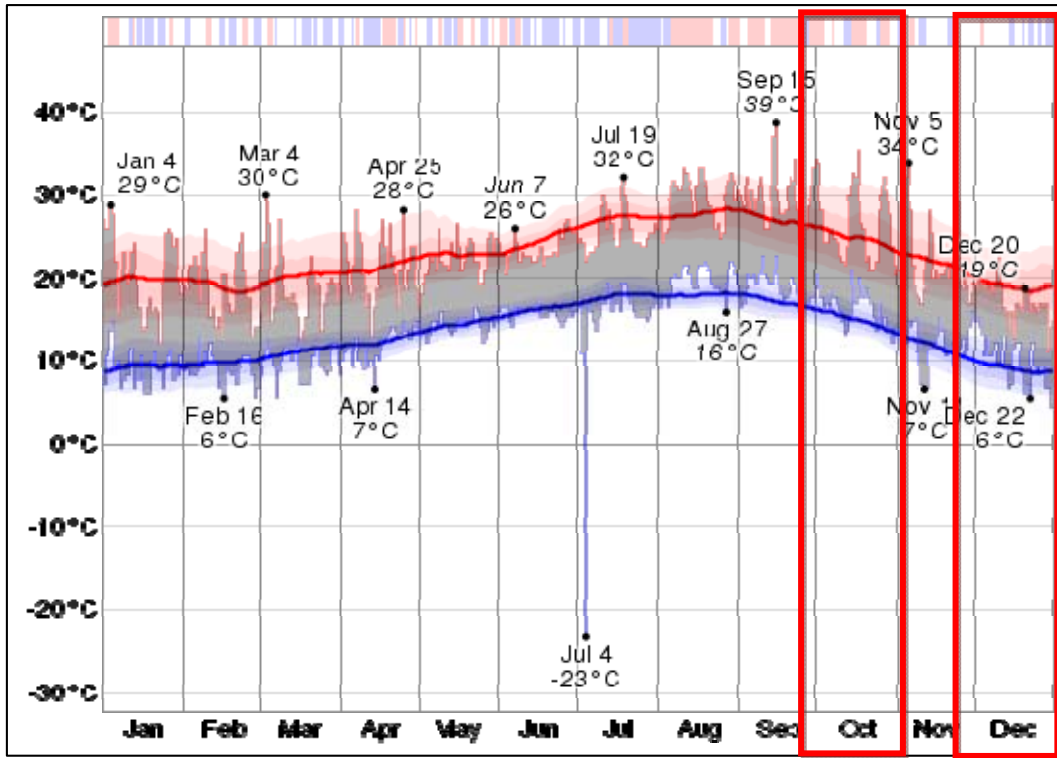
Şekil 6.14 Uygulama-1-2 ve 3 için ABD’de tespit edilen istasyonların bulunduğu bölge



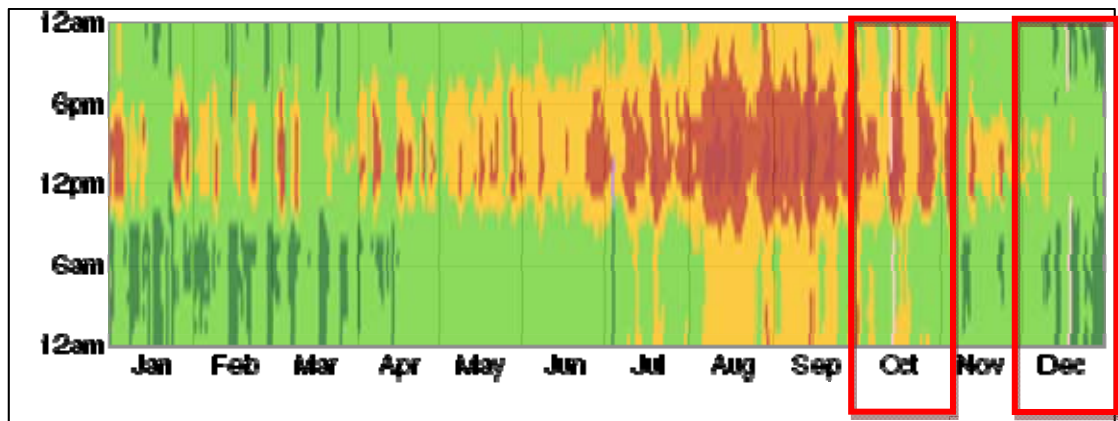
Şekil 6.15 Uygulama-3 ABD’de tespit edilen istasyonların bulunduğu bölge

Çizelge 6.4’de görülen Amerika bulunan ve baz mesafesinin ~10-15km. olduğu ve istasyonlar arası yükseklik farkının 0’dan 1631m.’ye kadar çıktığı 43 adet istasyondan oluşan 26 adet bazın, 2012 yılı 338 ila 347 ve 282 ila 287 günleri için gözlem dosyaları SOPAC arşivinden temin edildi.

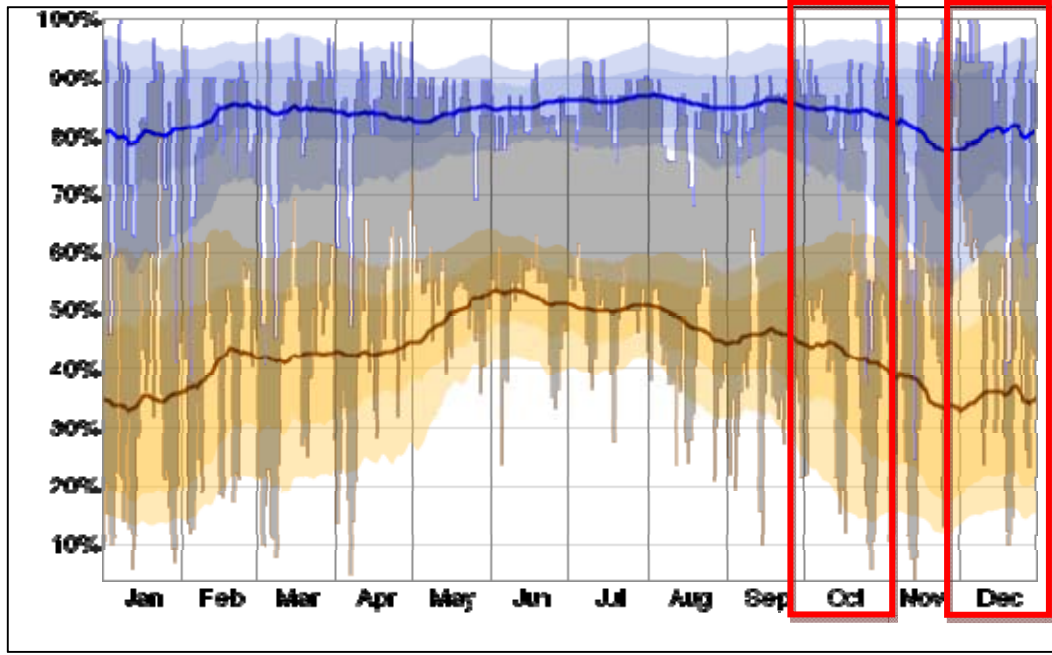
Ayrıca uygulama-1 kapsamında Amerika’da bulunan istasyonların bulunduğu bölge ile Türkiye Marmarada bulunan istasyonların bulunduğu bölgeler için gözlem günü olarak belirlenen 2012 yılı Aralık ve Ekim aylarındaki günlük hava koşullarına da bakılarak, günler arasında aşırı bir farklılığın bulunup bulunmadığı irdelendi.



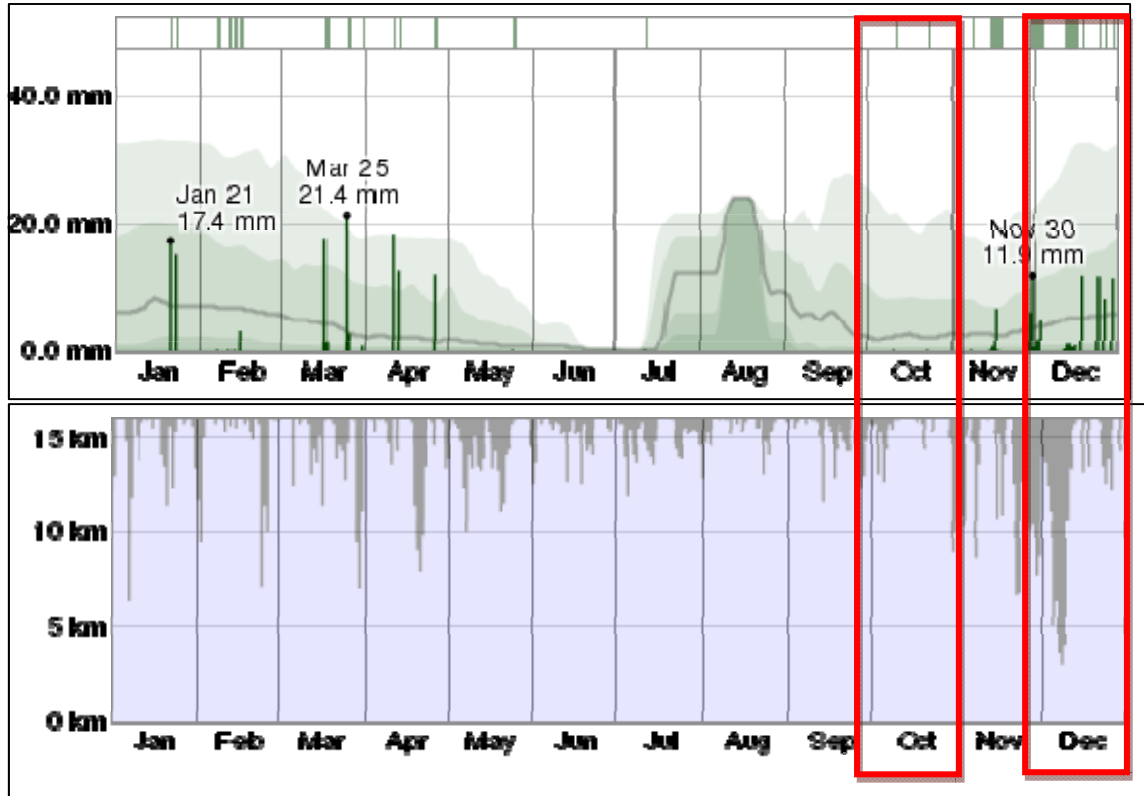
Şekil 6.16 Belirlenen günler için sıcaklık değişimi [74]



Şekil 6.17 Belirlenen günler için saatlik sıcaklık bantları [74]



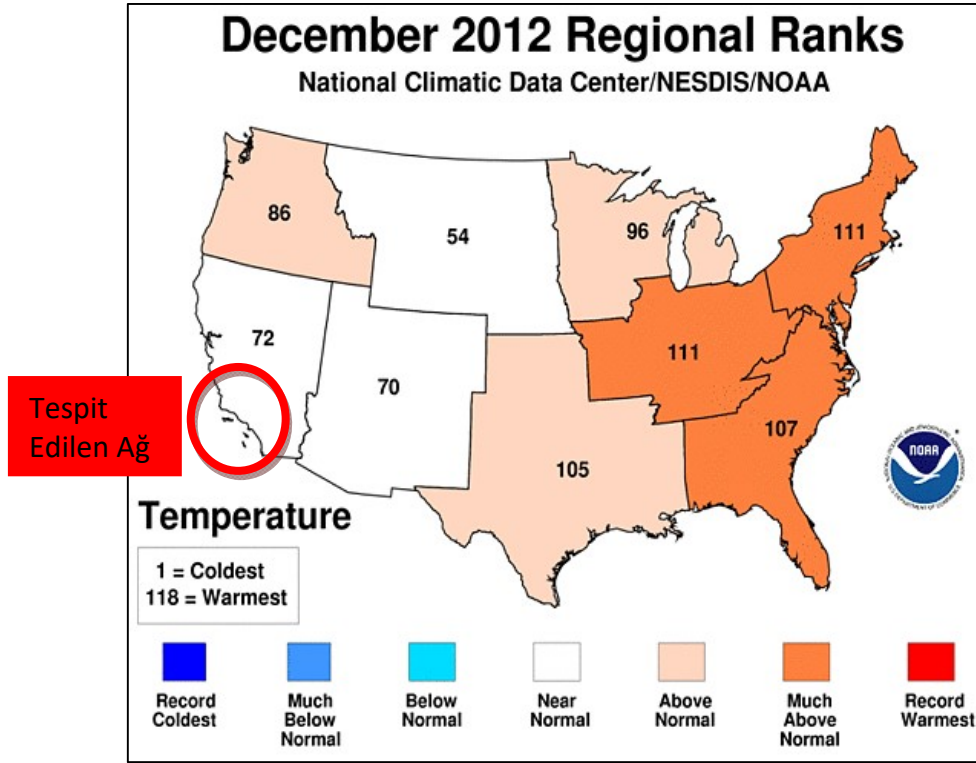
Şekil 6.18 Belirlenen günler için nem değişimi [74]



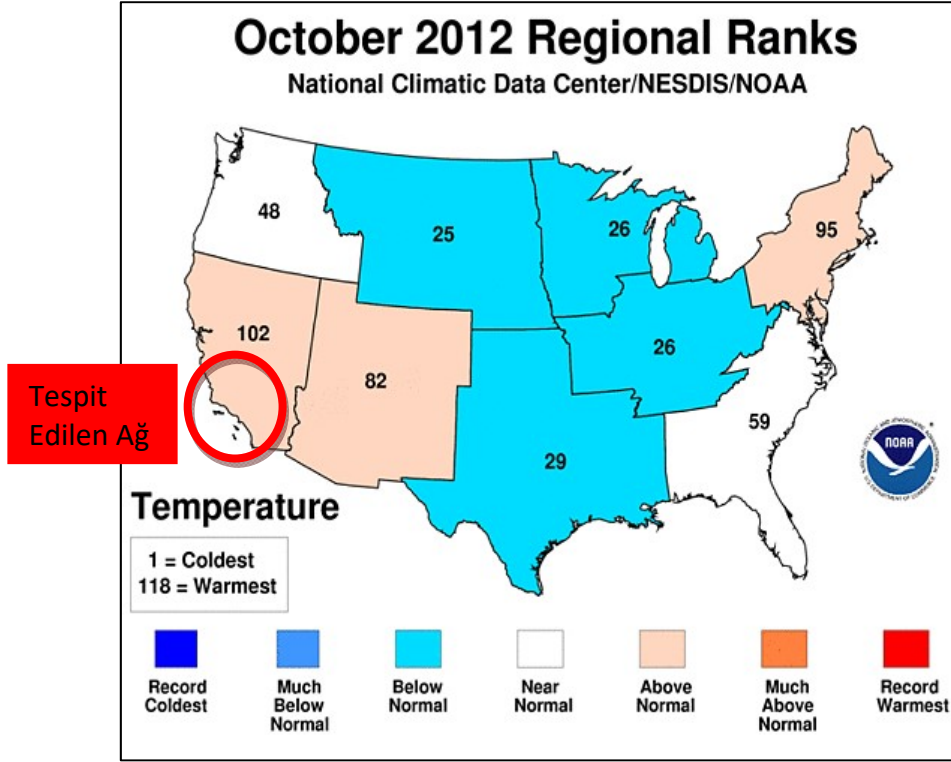
Şekil 6.19 Belirlenen günler için yağış miktarı ve görünürlük [74]

2012 EKİM		0.25 mm	0.51 mm	0.51 mm	0.25 mm	0.51 mm	0.51 mm
7		8		9		10	
Actual: 27° 17° 0.00 mm Average: 27° 16° 0.51 mm	Actual: 25° 17° 0.00 mm Average: 27° 16° 0.51 mm	Actual: 24° 17° 0.00 mm Average: 26° 16° 0.25 mm	Actual: 24° 16° 0.00 mm Average: 26° 16° 0.51 mm	Actual: 24° 14° 0.25 mm Average: 26° 16° 0.51 mm	Actual: 22° 13° 0.00 mm Average: 26° 16° 0.51 mm	Actual: 25° 14° 0.00 mm Average: 26° 15° 0.51 mm	
2012 ARALIK		2		3		4	
Actual: 19° 15° 2.03 mm Average: 21° 9° 1.27 mm	Actual: 21° 14° 4.83 mm Average: 21° 9° 1.27 mm	Actual: 20° 13° 0.00 mm Average: 21° 9° 1.27 mm	Actual: 19° 10° 0.00 mm Average: 20° 9° 1.52 mm	Actual: 20° 12° 0.00 mm Average: 20° 9° 1.52 mm	Actual: 20° 11° 0.00 mm Average: 20° 9° 1.52 mm	Actual: 19° 10° 0.00 mm Average: 20° 9° 1.78 mm	
9		10		11		12	
Actual: 20° 12° 0.00 mm Average: 20° 9° 1.52 mm	Actual: 23° 9° 0.00 mm Average: 20° 9° 1.52 mm	Actual: 22° 9° 0.00 mm Average: 20° 9° 1.78 mm	Actual: 17° 13° 1.02 mm Average: 20° 8° 1.52 mm	Actual: 17° 9° 0.76 mm Average: 19° 8° 1.78 mm	Actual: 15° 6° 2.03 mm Average: 19° 8° 1.78 mm	Actual: 17° 7° T mm Average: 19° 8° 1.78 mm	

Şekil 6.20 Belirlenen günler için sıcaklık değişimi [76]



Şekil 6.21 Belirlenen günler 2012 ekim için aylık bölgesel değerler [75]



Şekil 6.22 Belirlenen günler 2012 aralık için aylık bölgesel değerler [75]

Araştırma için tespit edilen 2012 yılı Aralık ayı 4 ile 13. günleri (GPS günleri 338 ile 347 günleri-10gün) ve 2012 yılı Ekim ayı 8 ile 13. günleri (GPS günleri 282 ile 287 günleri-6gün) için günlük hava değişimlerinin mevsim normalleri ve çok az üzerinde seyrettiği aşırı değişimlerin olmadığı görüldü.

Elde edilen tüm 24 saatlik veriler 1h, 2h, 3h, 4h, 6h, 8h, 12h 'lik alt gözlemlere TEQC yazılımı kullanılarak ayrıldı.

Saat	Değerlendirilmesi Yapılan RINEX Gözlem Dosyalarının Gözlem Süreleri ve Başlangıç-Bitiş Saatleri																							
24	0-24																							
12	0-12												12-24											
8	0-8								8-16								16-24							
6	0-6						6-12						12-18						18-24					
4	0-4				4-8				8-12				12-16				16-20				20-24			
3	0-3			3-6			6-9			9-12			12-15			15-18			18-21			21-24		
2	0-2		2-4		4-6		6-8		8-10		10-12		12-14		14-16		16-18		18-20		20-22		22-24	
1	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24

Şekil 6.23 24 saatlik gözlem için oluşturulan alt gözlemler ve saat aralığı

1 günlük yani 24 saatlik gözlem dosyasından oluşturulan alt oturum sayısı 60 adet olarak gerçekleşti. Tespit edilen istasyon noktalarında ve tasarlanan bazlarda yapılması düşünülen değerlendirme stratejisinde yukarıdan aşağıya doğru bir mantıkla akademik,

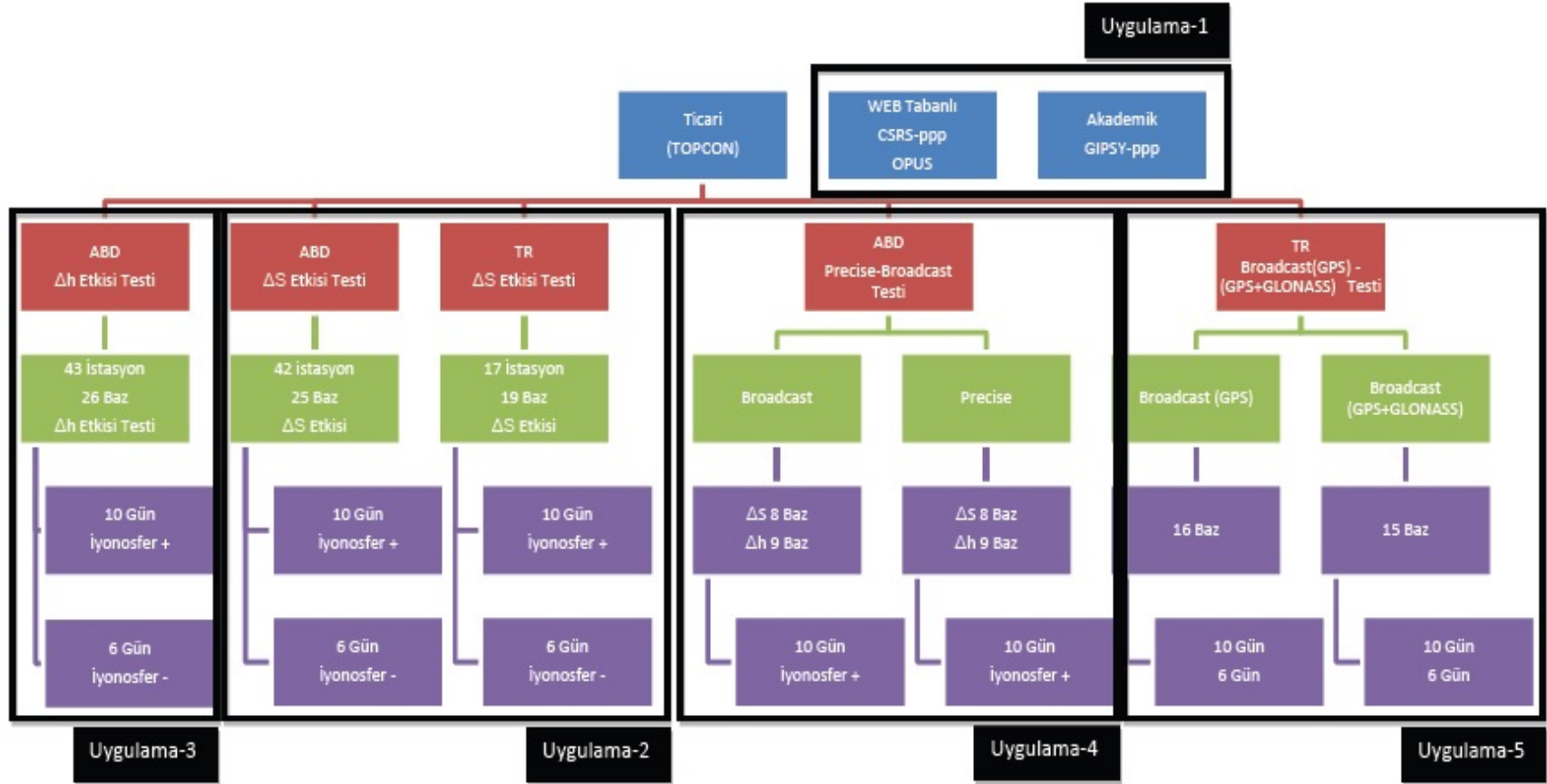
web tabanlı ve ticari yazılım ile GNSS sisteminde elde edilebilecek konum doğruluğunun hem yıllar içerisindeki değişimi, ticari yazılım sonuçları için dış doğruluğu hem de yazılımların gücü ve birbirleri ile kıyaslanması imkânı sağlanması düşünüldü.

Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde sırasıyla GIPSY-ppp (Ver.6.4), CSRS-ppp, OPUS ve Topcon Magnet (Ver.4.0.1) yazılımları kullanıldı. Uygulama süreci Şekil 6.23’de, tüm uygulama sürecinde yapılması planlanan değerlendirme sayısı Çizelge 6.5’de görüldüğü gibi planlandı.

Çizelge 6.5 Tüm uygulama süreci için planlanan değerlendirme sayısı

İSTASYONLAR VE BAZLAR	AKADEMİK	WEB TABANLI		TİCARİ	DEĞERLENDİRME SAYISI
	GIPSY-PPP	CSRS-PPP	OPUS	TOPCON- Magnet	
UYGULAMA 1.KISIM					
ABD 42İstasyon	40320	40320	40320		120960
TÜRKİYE 17 İstasyon	16320	16320	16320		48960
UYGULAMA 2.KISIM (ΔS Etkisi)					
ABD 42İstasyon 25 Baz				24000	24000
TÜRKİYE 17 İstasyon 19 Baz				18240	18240
UYGULAMA 3.KISIM (Δh Etkisi)					
ABD 43 İstasyon 26 Baz	688			24960	25648
UYGULAMA 4.KISIM (Broadcast-Precise Karşılaştırma)					
ΔS 8 Baz Δh 9 Baz				10200	10200
UYGULAMA 5.KISIM (Broadcast [GPS]- Boradcast [GPS+GLONASS]Karşılaştırma)					
ΔS 16 Baz				15360	15360
PLANLANAN TOPLAM DEĞERLENDİRME					263368

Şekil 6.24 Uygulamalara ait değerlendirme süreci



Yukarıda tasarlanan deney ortamında ticari yazılımların baz çözümleme yeteneği çerçevesinde (<20-30) km elde edilen konum doğruluğunun IGS standartları ile uyumlu olup olmadığı test edilecek ve dolayısıyla araştırma yazılımı doğruluğunun ticari yazılım ile hangi mesafeye kadar uyduğu, baz noktaları arasındaki aşırı yükseklik farkının hangi yükseklik farkından sonra etkili olduğu ve araştırma yazılımı ile karşılaştırıldığında yükseklik farkının doğruluğu nasıl etkilediği araştırma imkanı olacak. Günümüz ticari yazılım konum doğruluğunun Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliğinde belirtilen doğruluklar ile ne derece uyduğunu saptayıp meslektaşlara geleceğe yönelik önerilerde bulunma imkânı ve IGS verisi kullanılarak Amerika için üretilen doğruluk modellerinin ülkemiz ortamlarında üretilen doğruluk modelleri ile uyumlu olup olmadığını irdelenmesi ve yazılımlar ile üretilen konum doğruluğuna dair genel bir bakışın yapılması düşünülmektedir.

6.2 Uygulamada Kullanılan Yazılımlar ve Web Servisler

Uygulama sürecinde değerlendirme sırasına göre;

- GIPSY-ppp (Ver 6.4)
- CSRS-ppp
- OPUS
- TOPCON Magnet (Ver.4.0.1) kullanılmıştır.

Bu bölümde kullanılan yazılımlar ve değerlendirme servisleri hakkında ve uygulama sürecinde kullanılan yazılım ve servislerde tercih edilen değerlendirme yöntemleri ile ilgili bilgi verilecektir.

6.2.1 GIPSY-ppp

GIPSY (GNSS-Inferred Positioning System) OASIS (Orbit Analysis Simulation Software) programı JPL (Jet Propulsion Laboratory) NASA'nın La Cañada Flintridge, Kaliforniya, ABD'de bulunan merkezinde olan ve ABD federal hükümeti tarafından finanse edilen araştırma ve geliştirme merkezi tarafından oluşturulmuş bilimsel araştırma temelli bir yazılımdır.

GIPSY-ppp ise ana yazılım altında kullanıcılara mutlak olarak tek nokta hassas konum belirleme (PPP; Precise Point Positioning) yöntemi ile konum belirleme imkanı sunan modüldür. JPL uzun yıllara bağlı sürekli gözlem yapılan noktaların zaman serilerinin üretimini (1992'den günümüze) bu modül ile hesaplamakta, güncellemektedir. Yazılım Linux tabanlı olup, kullanımı uzmanlık gerektirmektedir.

Yazılım sadece lisanslı kullanıcılara açıktır, ücretsiz olarak yayınlanmamaktadır.

Uygulamada GIPSY-ppp adımları şu şekilde işletildi.

Ftp üzerinden GIPSY kurulu servera kullanıcı adı/parola ile bağlanıldı.

source /opt/goa-6.4/rc_gipsy.csh / ile GIPSY programı serverda çalıştırıldı.

Bash ^J (program ekranına geçildi.)

Öncelikle her bir istasyon için anten dosyası tanımlaması yapıldı.

**antex2xyz.py -antexfile /var/opt/goa-var/etc/antenna_cals_xmit/igs08_1604.atx -
anttype TPSCR.G3 -recname dam3 -xyzfile dam3.xyz**

ve aşağıdaki komut satırı ile program koşturularak çözüm dosyası (-stacov, istasyona ait konum ve kovaryans matrisi) elde edilir.

**gd2p.pl -i dam2/338/1h/dam23380_0001.12o -n dam2 -r 300 -type s -d 2012-12-03 -
add_ocnld -OcnldCpn \-tides WahrK1 PolTid FreqDepLove OctTid -trop_z_rw 5E-8 -
wetzgrad 5E-9 -w_elmin 7 \ -post_wind 5.0E-3 5.0E-5 -AntCal dam2/dam2.xyz -
orb_clk flinnR -arp -ion_2nd \ -amb_res 1 -stacov**

The image shows two side-by-side screenshots of a terminal window running GIPSY-ppp. The left screenshot shows the initial setup and the execution of the 'gd2p.pl' command. The right screenshot shows the output of the command, including the creation of the 'qfile' and the execution of the 'qfile' command.

```

2:195.255.118.227 - GIPSY 63 - SSH Secure Shell
File Edit View Window Help
Quick Connect Profiles

-i ion_2nd \
-add_res \
i \
~stacov
At Sun Sep 9 17:02:47 2018 local time, the following files were used
to set up the qregres run
2012-10-08.ec.gs
2012-10-08.psa.gs
2012-10-08.tup.gs
2012-10-08.wipb.gs
2012-10-08.frame.gs
2012-10-08.shad.gs
2012-10-08.anc.gs

Antenna Calibration file identified in flinnR_qib, flinnR_nor, or flinnR_nf will be used:
/var/opt/goa-var/etc/antenna_cals_xmit/igs08_1604.atx
in addition to any specified with -AntCal

The source of the orbit/clock files was:
Did an ftp to sdsbshow.jpl.nasa.gov to retrieve flinnR, flinnR_nor or flinnR_nf products
Sun Sep 9 17:02:47 2018 :
Removing any existing file
qfile
Sun Sep 9 17:02:47 2018 :
Starting /bin/rm -f qfile
Sun Sep 9 17:02:47 2018 :
Finished /bin/rm
Sun Sep 9 17:02:47 2018 :
Starting njn2 -a 10 -LC -PC -F -c 300 -n TILC -i tllc/202/24h/tllc2020.12o -ion_2nd -q qfile
Logfile for this command: logs/editor.log
! Warning ! setting GORSS limit to 27.578 > current allowable maximum = 24
(there may be unforeseen consequences ...)
Connected to 193.255.118.227

Logfile for this command: logs/editor.log
! Warning ! setting GORSS limit to 27.578 > current allowable maximum = 24
(there may be unforeseen consequences ...)
Sun Sep 9 17:02:49 2018 :
Finished njn2
Sun Sep 9 17:02:49 2018 :
Deleting data from GPS Shadow exit till 30 minutes after exit from the qfile
Sun Sep 9 17:02:49 2018 :
Starting gps_shadow -scr /tmp/shadow qfile > /dev/null
Sun Sep 9 17:02:50 2018 :
Finished gps_shadow
Sun Sep 9 17:02:50 2018 :
Starting weed_qn qfile qn qfile_weed
WEED_QN Removing these satellites from QNfile
del_qn -i qfile -o qfile_weed -a GPS06
Sun Sep 9 17:02:50 2018 :
Finished weed_qn
Overwriting the existing qfile with qfile_weed
Executing
shmm TILC -d 2012 10 08 -sta_only -trop_map NIELL -arp -info stinfo -tides WahrK1 PolTid FreqDepLove OctTid -OcnldCpn
Sun Sep 9 17:02:55 2018 :
Starting add_ocnld qregres.nml
Sun Sep 9 17:02:57 2018 :
Finished add_ocnld
Sun Sep 9 17:02:57 2018 :
Starting qregres -i qfile -o rqfile -n qregres.nml -scr SCRATCH_RESRES -shad shadow -time_dep tdp_clk_yaw -so pos

```

Şekil 6.25 GIPSY-ppp program ekranından kesit

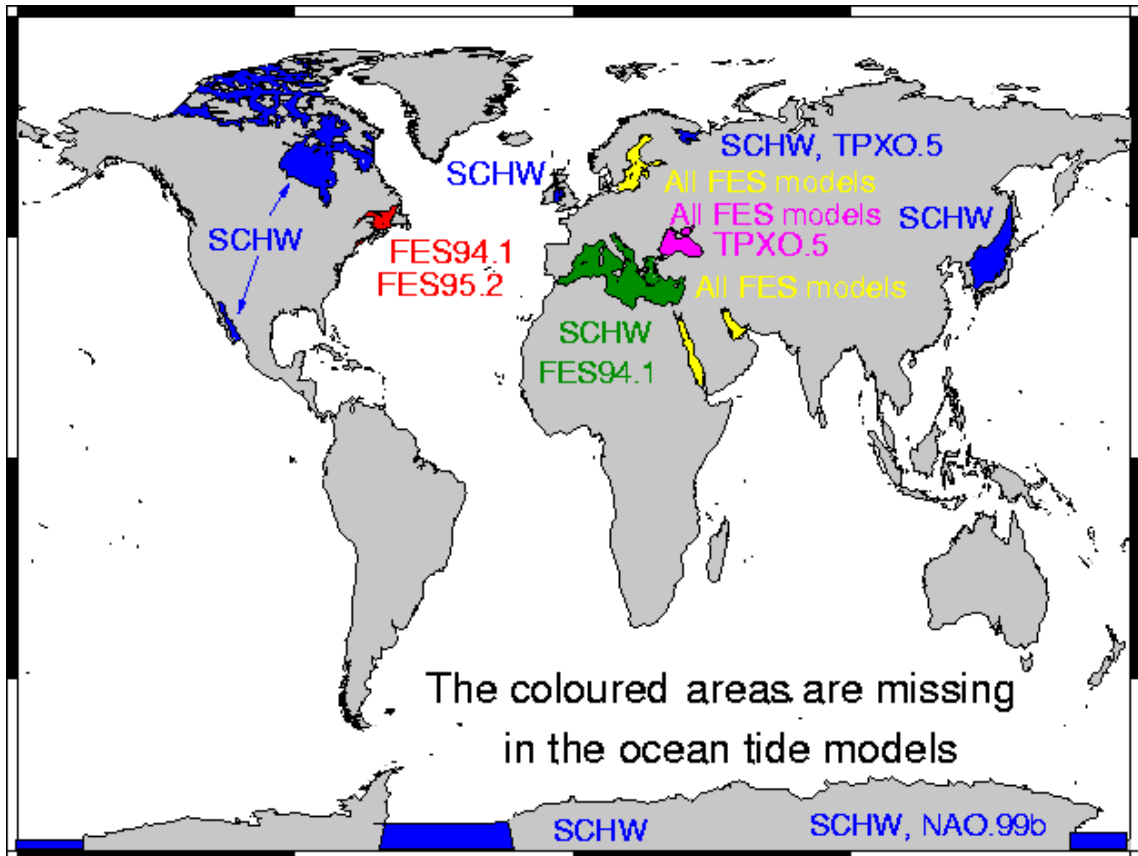
Bazı istasyonlar da program, kayıtlı veritabanında bulunmadığından hata vererek programı durdurulabilmektedir. Bu durumda öncelikle o istasyonun programın veri tabanına setenv (set environment) komutu ile tanımlanması gerekmektedir.

Yine program bazı istasyonlara ait okyanus yüklenmesi hesabını yapamadığında hata vererek akışı durdurabilmektedir. Bu durumda kullanıcı tarafından o istasyona ait okyanus yükleme modeline ait dosya tanımlanmalıdır.

Uygulamada Türkiye Marmara Bölgesindeki kullanılan noktalarda okyanus yükleme etkisinin hesaplanamamasından dolayı programdan hata alınmıştır.

Yapılan araştırmada GIPSY-ppp modülünün FES2014 ve GOT4.8ac okyanus yükleme modellerini kullandığı, <http://holt.oso.chalmers.se/loading/> adresinden oluşturulabilen BLQ dosyasını GIPSY değerlendirme adımında adresleyip, sürece dâhil edilebilmektedir.

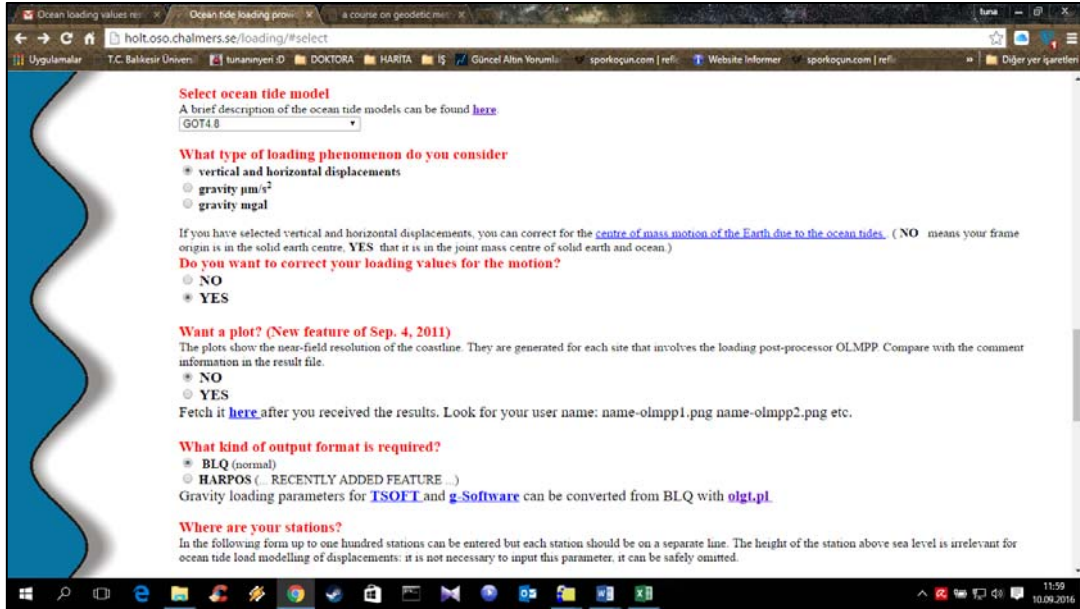
Aynı sistede tanımlaması yapılan modeller incelendiğinde,



Şekil 6.26 Okyanus yükleme modellerinin etki alanları [77]

FES ve Schwiderski modellerinin Ege, Akdeniz Bölgesini yine FES ve TPXO.5 modellerinin Karadeniz Bölgesini model dışında tuttuğundan uygulamada GIPSY-ppp

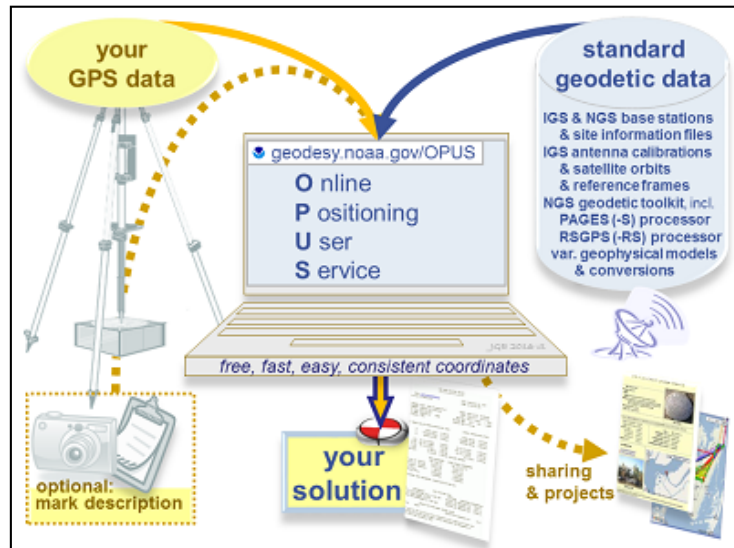
modülünün okyanus yükleme model hatası verdiği istasyonlar için <http://holt.oso.chalmers.se/loading/> adresinden GOT4.8 modeli kullanılarak okyanus yükleme dosyaları oluşturulmuş ve programa tanımlanmıştır.



Şekil 6.27 Okyanus yükleme model dosyası oluşturma [77]

6.2.2 OPUS

Online Positioning User Service (OPUS), Amerikan Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresinin (NOAA) kurmuş olduğu bir servistir.



Şekil 6.28 OPUS akış süreci [78]

Web tabanlı bu servis kullanıcılar oldukça basitleştirilmiş olarak, ulusal referans sisteminde (NSRS) yüksek doğruluklu konum elde etmelerini sağlamaktadır. <https://www.ngs.noaa.gov/OPUS/index.jsp> adresinden günün her saati ulaşılabilen servise ait arayüzde kullanıcıların topladıkları GPS gözlem verilerini Şekil 6.21’de 1. adımda gözlem dosyasını tanımlamaları,

OPUS: Online Positioning User Service
National Geodetic Survey

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

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

1 Dosya Seç Dosya seçilmedi
* data file of dual-frequency GPS observations sample

2 AERAT1675_120 SPKE Aeroantenna GPS choking ante
antenna - choosing wrong may degrade your accuracy.

3 0.025 meters above your mark
antenna height of your antenna's reference point.

4 tunaerol@hotmail.com
* email address - your solution will be sent here.

Options to customize your solution.

5 Upload to Rapid-Static for data 15 min. - 2 hrs.

6 Upload to Static for data 2 hrs. - 48 hrs.

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

NGS Home NGS Employees Privacy Policy Disclaimer USA.gov Ready

Şekil 6.29 OPUS web arayüzü [78]

2.adımda veri topladıkları anten modelini, 3. adımda anten yüksekliğini, 4.adımda kullanıcı mail adresini ve toplanan verinin uzunluğuna bağlı olarak 5. ya da 6. adımda hızlı statik ya da statik seçeneklerinden birisi ile sunucuya yüklemeleri adımından oluşan oldukça basit bir yapıdadır.

Sistem tarafından hesaplanan sonuç dosyası kullanıcı tarafından girilen e-posta adresine, kullanıcı onay verirse elde edilen sonuçlar tüm kullanıcılar ile de paylaşılmaktadır.

Yukarı anlatıldığı gibi 5 adımda gerçekleştirilen OPUS kullanım sürecinde şu hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir.

Veriler çift frekanslı GPS(L1/L2) bir alıcı ile toplanmalıdır.

Sistem tarafından yalnızca statik gözlemler işlenmektedir. Gözlem süresince anten hareket ettirilmemelidir.

Options to customize your solution.

formats: standard ▼ formats explained

base stations: Use: Exclude: identify any CORS you wish to explicitly include or exclude from your solution by typing in 4-char site IDs separated with line break
-- sample
-- find site IDs

state plane: let OPUS choose ▼ your SPCS zone

project identifier: enter the id provided by your project manager

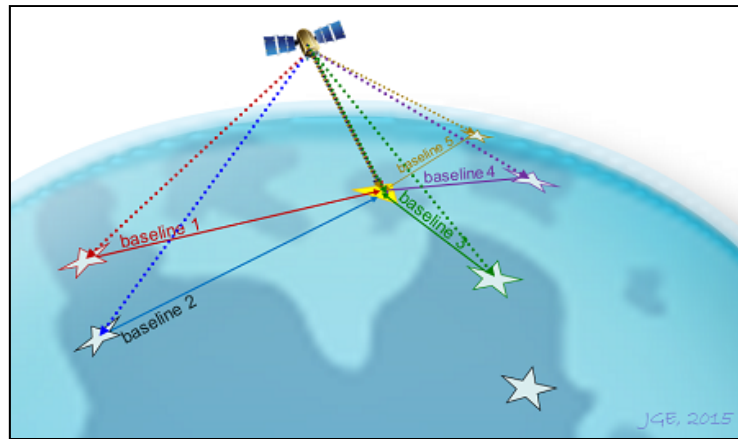
my profile: customize OPUS defaults for future solutions

share my solution: No, don't share ▼ sharing explained

Şekil 6.31 OPUS options ekranı [78]

Şekil 6.23’de web arayüzden kullanıcılar için sunulan options seçeneği ile; standart ya da daha detaylı rapor imkanı, referans olarak sistem tarafından kullanılması istenilen istasyon tanımının yapılabileceği kısım, eyaletlere bağlı olarak bölgesel referans sistemi seçimi ve sürekli kullanıcılar için aynı verileri tekrar tekrar girmemek adına bir ön tanımlama imkanı da sunulmaktadır.

Gözlem süresi 2 saat ve üstünde olan verilerde sistem tarafından statik değerlendirme yapılmakta ve PAGES yazılımı kullanılmaktadır. Statik yöntemde gözlem yapılan noktaya en yakın 3 adet sürekli gözlem yapan referans noktalarından elde edilen bağımsız bazların fark gözlemleri alınmış taşıyıcı faz gözlemlerinin değerlendirmelerinin ortalaması ile bağlı bir çözüm elde edilmektedir.



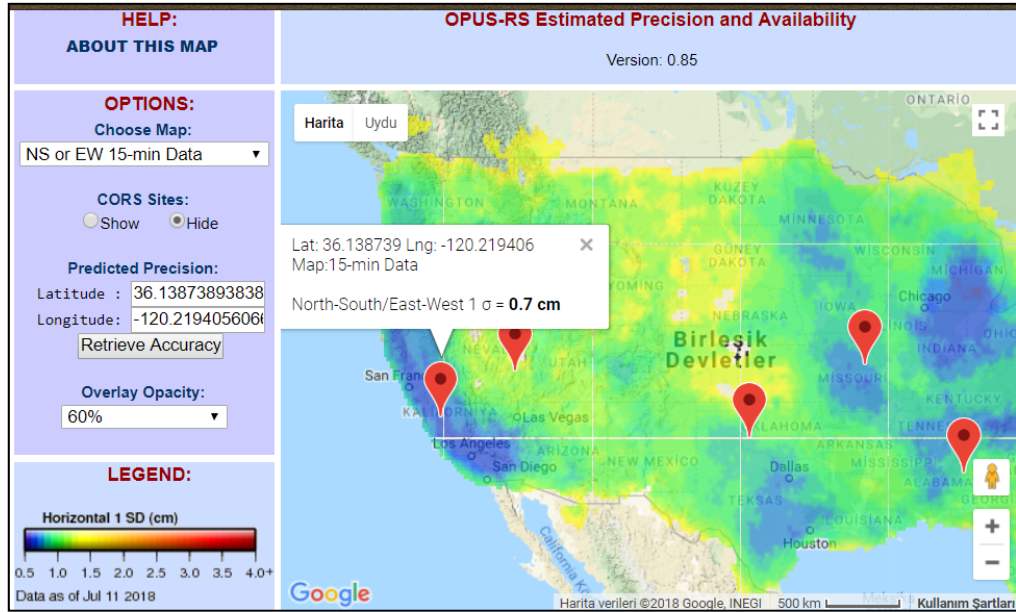
Şekil 6.32 OPUS statik çözüm yöntemi [78]

Statik çözümde normal koşullar altında, çoğu konum birkaç santimetre doğrulukla çözülebilmektedir. Ancak, öncesinde belirli bir çözümün doğruluğunu tahmin etmek

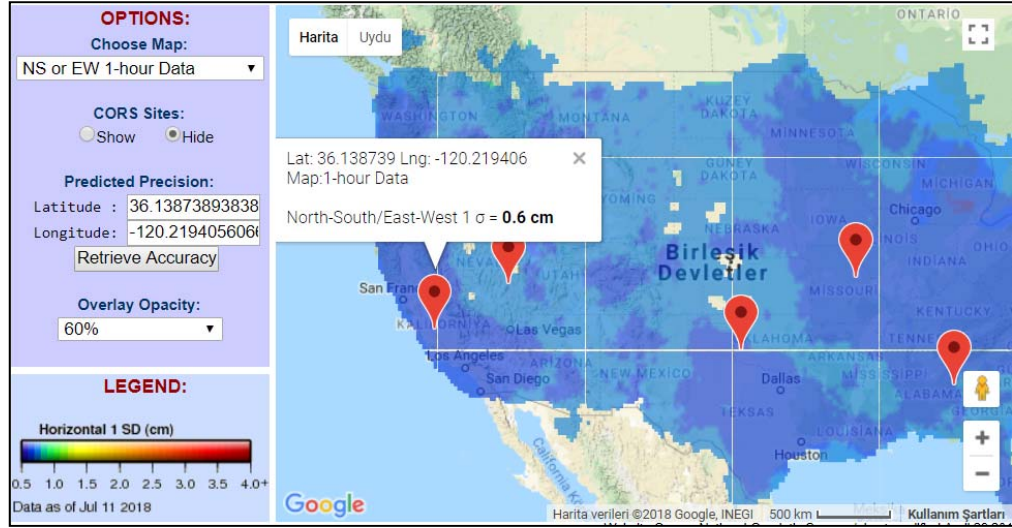
sistem açısından zordur. Antenin veya yüksekliğin yanlış tanımlanması gibi sistematik hatalar sistem tarafından algılanmamaktadır. Multipath etkisi ya da olumsuz atmosferik koşullar da çözümü olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

Hızlı statik yöntemde ise verilen RSGPS hızlı statik yazılımı ile değerlendirilmektedir. Dosyalar RSGPS hızlı-statik yazılımı kullanılarak işlenir. Hızlı statik değerlendirme, taşıyıcı faz belirsizliklerini çözmek için daha agresif algoritmalar kullanır, ancak bunun yanında daha sıkı veri sürekliliği ve geometri gereksinimleri olabilmektedir. Bazı durumlarda sistem çözüm üretememektedir.

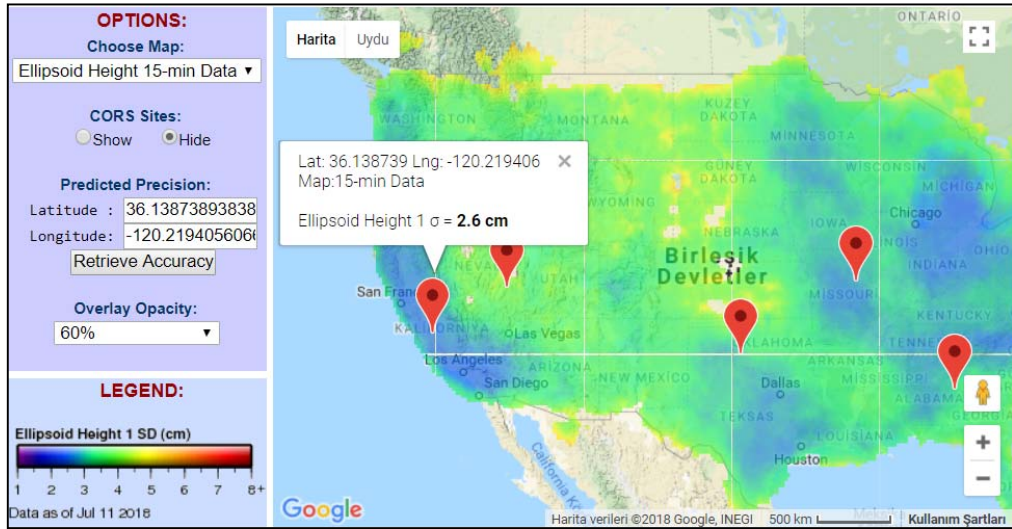
Sistem tarafından hızlı statik çözümler 9 adet sürekli gözlem yapan istasyondan oluşturulan bazların bağıl değerlendirme ile gözlem yapılan noktanın koordinatları elde edilmektedir. Sistem kullanıcılara daha önceden elde ettiği çözümlerden derlediği çalışma ile hızlı statik çözümleri için sistemin Amerika üzerinde kullanılabildiği tüm noktalarda yatay ve düşeyde olmak üzere en az 15 dakika ile 1 saatlik gözlem yapıldığında önsel doğruluk tahminlerini istatistiki olarak %95 güvenle sunmaktadır.



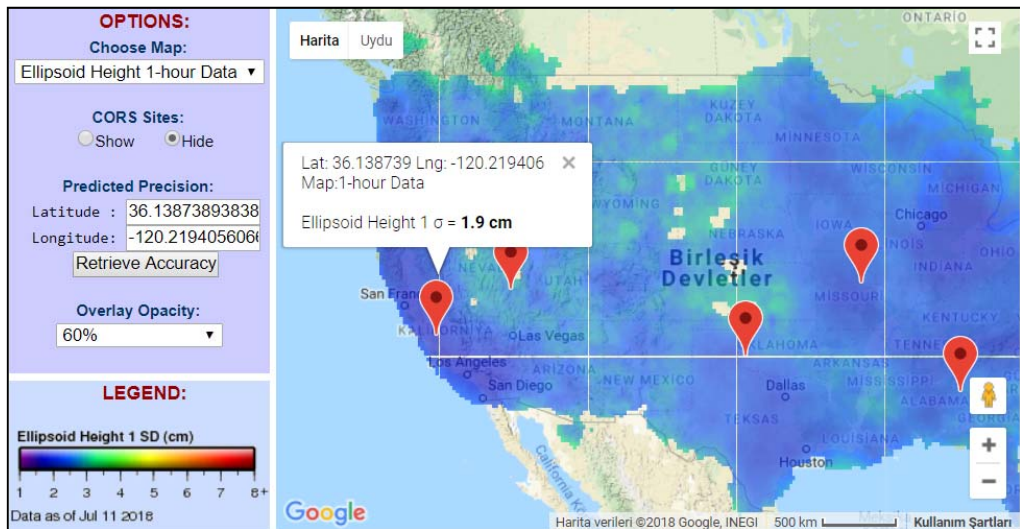
Şekil 6.33 OPUS-RS 15 dakikalık data ile yatayda elde edilebilecek konum doğruluğu [78]



Şekil 6.34 OPUS-RS 1 saatlik data ile yatayda elde edilebilecek konum doğruluğu [78]



Şekil 6.35 OPUS-RS 15 dakikalık data ile düşeyde elde edilebilecek konum doğruluğu [78]



Şekil 6.36 OPUS-RS 1 saatlik data ile düşeyde elde edilebilecek konum doğruluğu [78]

Sistem yönetimi kullancılara OPUS'dan elde edecekleri konum doğruluğunu arttırabilmeleri adına bazı öneriler sunmaktadır.

- Mümkün olduğunca uzun oturum süresi
- Farklı bir ekipman, gün ve günün farklı bir saatinde yeniden ölçüm
- Ölçüm datasını kullanıcıların kendilerinin işlemesini (faz sıçramalarını, uydu yükseklik açısını altında kalan gözlemleri vb. elimine etmeyi)
- Verileri değerlendirme için 1 gün beklemeyi (OPUS en uygun noktaları ve en uygun veri paketlerini kullanmaktadır kullanıcı verisini sisteme yükledikten sonra çoğu CORS istasyon verisi gözlemden 30 dakika sonra arşivlenmekte, Hızlı yörüngeler ertesi gün 17:00 saati ile hazır hale geldiğinden bu hususlara dikkat etmek sonuçlar üzerinde bir iyileşme sağlamaktadır.)
- Kesin ya da mutlak olarak söylenilmese de çoğu OPUS değerlendirme sonuçlarının hassas olarak elde edilmesi;
 - Hassas ya da hızlı yörünge parametrelerinin kullanılması
 - Gözlem dosyasının %90'nın kullanılması
 - Belirsizlik çözüm oranının %50'den fazla olması
 - Doğru anten modeli ve anten yüksekliği
 - Statik çözümde $RMS < 3\text{cm}$ peak to peak hata $< 5\text{cm}$
 - Hızlı statik çözümde hiçbir hata mesajının olmaması
 - Hata göstergelerinin oldukça düşük olması halinde gerçekleşmektedir.

Sistem yönetimi kullanıcılara yoğun jeomanyetik akvite durumlarında ölçümden kaçınmalarını bunun takibini Ulusal Hava Dairesinden yapabileceklerini, ayrıca troposfer modelinin enterpolasyon ile hesaplandığını yine anlık hava değişimlerinin yoğun olduğu zaman dilimlerinde ölçümden kaçınmalarının sistemden elde edecekleri konum doğruluğunu artıracığını söylemektedir. Uygulama sürecinde veriler sıkıştırılmış paketler halinde sisteme yüklenmiş ve sonuçlar tanımlanan mail adresine alınmıştır. Uygulama-1 için ülkemizde belirlenen istasyonlar için Cors ağındaki noktaların anlık ya da arşiv verisine OPUS tarafından erişim imkânı olmadığından, uygulama-1 kapsamında

Marmara bölgesinde belirlenen 17 adet istasyonun 1 ve bazı 2 saatlik gözlem verilerinden (2 saatlik gözlem verisinin sistem tarafından bazı gözlemlerin atılmasında sonra gözlem uzunluğunun 2 saatin altına düşmesinden dolayı) çözüm sonucu elde edilememiştir.

NGS OPUS SOLUTION REPORT =====	
9999 OPUS DISCLAIMER OPUS DISCLAIMER OPUS DISCLAIMER OPUS DISCLAIMER error and warning messages are appended here	
USER: Your.email@domain.com Your email address	DATE: October 27, 2004 The date and time you used OPUS
RINEX FILE: 7615289n.04o Your data file name	TIME: 18:49:54 UTC Coordinated Universal Time
SOFTWARE: page5 0407.16 master7.pl The software we used	START: 2004/10/15 13:37:00 The first observation in your data file
EPHEMERIS: igr12925.eph [rapid] The orbit file we used	STOP: 2004/10/15 18:10:00 The last observation in your data file
NAV FILE: brdc2880.04n The navigation file we used	OBS USED: 8686 / 8804 : 99% Usable / total observations in your data file
ANT NAME: ASH700829.3 SNOW Your selected antenna type	# FIXED AMB: 41 / 42 : 98% For static: Fixed / total ambiguities in your data file For rapid static: quality indicators from network and rover mode solutions (ambiguities are always 100% fixed)
ARP HEIGHT: 1.295 Your selected antenna height	OVERALL RMS: 0.020 (m) For static: The formal statistical root mean square (RMS) error of your solution For rapid static: a unitless normalized RMS
REF FRAME: NAD_83(2011) (EPOCH: 2010.0000)	IGS08 (EPOCH: 2004.7887)
X: -552474.327(m) 0.015(m)	-552475.001(m) 0.015(m)
Y: -4664767.953(m) 0.021(m)	-4664766.631(m) 0.021(m)
Z: 4300548.721(m) 0.024(m)	300548.654(m) 0.024(m)
ellipsoidal coordinates (latitude, longitude, ellipsoidal height) and accuracies	
LAT: 42 39 59.51026 0.007(m)	42 39 59.53576 0.008(m)
E LON: 263 14 44.18589 0.013(m)	263 14 44.14967 0.013(m)
W LON: 96 45 15.81411 0.013(m)	96 45 15.85033 0.013(m)
EL HGT: 314.705(m) 0.041(m)	313.753(m) 0.033(m)
The North American Vertical Datum of 1988 (NAVD88) orthometric height, if applicable, along with the geoid model used	
ORTHO HGT: 340.240(m) 0.041(m)	[NAVD88 (Computed using GEOID12A)]
UTM COORDINATES	STATE PLANE COORDINATES
UTM (Zone 14)	SPC (4002 SD S)
Northing (Y) [meters] 4726229.423	43336.983
Easting (X) [meters] 684026.367	893325.488
Convergence [degrees] 1.52234197	2.46893915
Point Scale 1.00001666	1.00004366
Combined Factor 0.99996731	0.99999430
US NATIONAL GRID DESIGNATOR: 14TPN8402626229(NAD 83) The US National Grid coordinates and referenced datum are reported, if applicable	
BASE STATIONS USED The CORS we used as reference stations and the nearest published mark are reported along with their positions and distances from your position.	
PID DESIGNATION	LATITUDE LONGITUDE DISTANCE (m)
AI1569 NLGN NELIGH CORS ARP	N421224.250 W0974743.043 99724.2
DF7469 SDSF EROS DATA CORS ARP	N434401.727 W0963718.541 119065.7
AH5054 OMH1 OMAHA 1 CORS ARP	N414641.765 W0955440.671 120751.8
NEAREST NGS PUBLISHED CONTROL POINT	
NM0874 D 276	N423846. W0964505. 2286.4

Şekil 6.37 OPUS çözüm dosyası örneği

6.2.3 CSRS-PPP

Canadian Spatial Reference System Precise Point Positioning (CSRS-PPP), NRCAN (Natural Resources Canada) kuruluşunun sağladığı bir internet tabanlı GPS değerlendirme servisedir.

Diğer web tabanlı değerlendirme servislerinde olduğu gibi şekil 6.37'deki gibi basit bir arayüz ile kullanıcılara hizmet sunmaktadır.

The screenshot displays the CSRS-PPP web interface. At the top, there is a header for the Government of Canada with the text 'Canada.ca | Services | Departments | Français'. Below this is the 'Natural Resources Canada' logo and a search bar. A navigation menu includes links for Energy, Mining/Materials, Forests, Earth Sciences, Hazards, Explosives, The North, and Climate Change. The breadcrumb trail reads: Home → Earth Sciences → Geomatics → Geodetic Reference Systems → Tools and Applications → Precise Point Positioning. The main heading is 'Precise Point Positioning'. Below this, there is a link to 'Help for CSRS PPP (Updated 2018-08-16)' and a 'Sign out' button. The form includes an 'Email for results (required)' field with the value 'tunaerol@hotmail.com'. The 'Processing mode' section has radio buttons for 'Static' (selected) and 'Kinematic'. Below this are dropdown menus for 'NAD83' and 'ITRF', and an 'Epoch (Adopted)' dropdown. The 'Vertical datum' is set to 'CGVD2013'. There is a checkbox for 'Contribute to passive control maintenance?' with a link 'what is this?'. Below this is a checkbox for 'Authorize the Canadian Geodetic Survey (CGS) to archive and publish CSRS-PPP submission and solution'. The 'Official marker station name' field is empty. A 'More options' section contains a link 'OTL File (Who should use this file?)' and a 'Dosya Seç' button. The 'RINEX observation file (required) (.zip, .gzip, .gz, .Z, .??O)' section also has a 'Dosya Seç' button. A 'Submit to PPP' button is at the bottom. A footer note states: 'Use of Canadian Geodetic Survey products and data is subject to the Open Government Licence - Canada'.

Şekil 6.38 CSRS-PPP kullanıcı arayüzü [79]

Kullanıcıların sisteme ücretsiz kayıt olması istenilmektedir. Sistem statik ya da kinematik olarak toplanan verileri NAD83 ya da ITRF datumunda ve kullanıcının tercih ettiği düşey datumda elde etmesine izin vermektedir. İlave seçenek olarak kullanıcılara kendi ölçüm yaptıkları istasyona ait okyanus yükleme dosyalarını (sistem tarafından uygun formatta) tanımlamalarına imkân vermektedir.

Servis tek veya çift frekanslı alıcılarla statik veya PPP tekniğine dayalı kinematik ölçüleri RINEX formatında (gzip, zip, unix compression tekli ya da çoklu dosyaları) GNSS verisini (GPS, GLONASS, GALILEO) değerlendirilebilme yeteneğine sahiptir.

CSRS-PPP uygulaması Final, Rapid ya da UltraRapid uydu efemeris bilgilerinden en uygununu kullanmaktadır (FINAL (+/- 2 cm): 13-15 günde mümkün, RAPID (+/- 5 cm): ertesi gün mümkün, ULTRA RAPID (+/- 15 cm): her 90 dakikada bir mümkün olmaktadır.).

Sistem ölçüm yapılan saatten yaklaşık 90 dakika sonra ancak değerlendirme yapabilmektedir. Ancak GPS+GLONASS datası birlikte kullanılacak ise bu süre 3 saate çıkmaktadır. Sistem tarafından kullanıcılara 4 farklı dosya formatında (*.csv, *.pdf, *.pos, *.sum) çözüm linki gönderilmektedir. 48 saat içerisinde indirilmeyen sonuç dosyalar sistem tarafından otomatik olarak silinmektedir.



CSRS-PPP (V 1.05 34613)



DAM2

Data Start	Data End	Duration of Observations
2012-12-03 00:00:00.000	2012-12-03 01:00:00.000	1h 0m 0.00s
Apri / Aposteriori Phase Std		Apri / Aposteriori Code Std
0.015m / 0.009m		2.0m / 2.843m
Observations	Frequency	Mode
Phase and Code	L1 and L2	Static
Elevation Cut-Off	Rejected Epochs	Observation & Estimation Steps
10.000 degrees	0.00 %	15.00 sec / 15.00 sec
Antenna Model	APC to ARP	ARP to Marker
TPSCR.G3 SCIS	L1= 0.084 m L2= 0.120 m	0.040 m

(APC = antenna phase center; ARP = antenna reference point)

Estimated Position for dam23380_0001.12o

	Latitude (+n)	Longitude (+e)	Ell. Height
ITRF08 (2012)	34° 20' 05.4107"	-118° 23' 48.7217"	583.316 m
Sigmas(95%)	0.054 m	0.116 m	0.610 m
Apriori	34° 20' 05.424"	-118° 23' 48.480"	583.390 m
Estimated - Apriori	-0.409 m	-6.181 m	-0.074 m

95% Error Ellipse (dm)

semi-major: 1.445dm

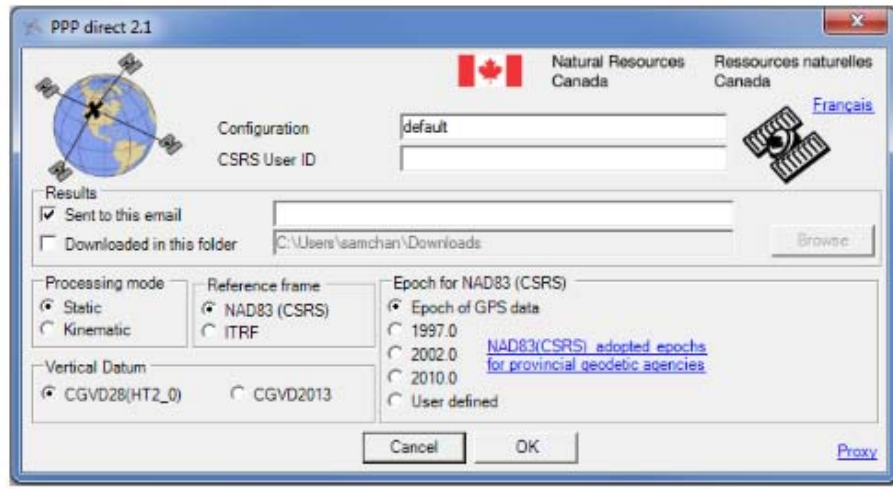
semi-minor: 0.676dm

semi-major azimuth: 87° 26' 40.19"

UTM (North) Zone 11

Şekil 6.39 CSRS-PPP çözüm dosyası

Sistem ayrıca kullanıcılara sunduğu masaüstü uygulaması ile gözlem dosyalarını gönderme ve değerlendirme sonuçlarını alma imkânı sunmaktadır.



Şekil 6.40 PPP direct v2.1 masaüstü uygulama arayüzü [79]

Bilgisayarlarına kurdukları PPP direct v2.1 uygulamasına web arayüzünde olduğu gibi tanımladıkları ön verilerden sonra gözlem dosyalarını uygulama üzerine sürükleyip bırakarak özelliği ile gözlem dosyalarını gönderebilmektedirler.

6.2.4 TOPCON MAGNET

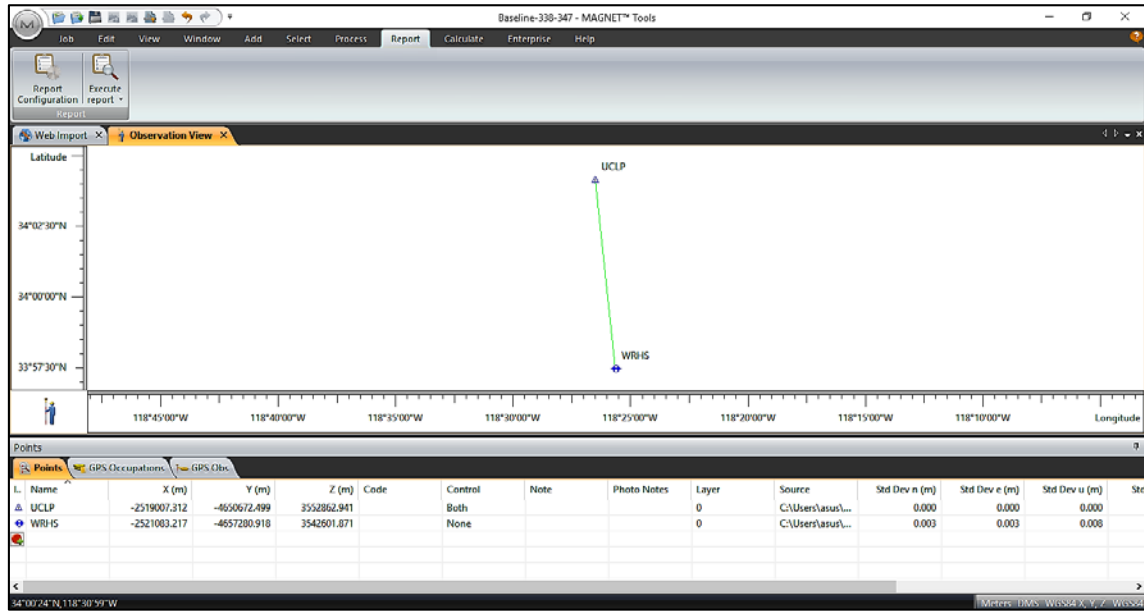
Topcon Magnet Tools Topcon'un kolay kullanıma sahip güçlü dengeleme yazılımıdır. Topcon Magnet Tools kullanıcının satın almış olduğu lisans modüllerine göre GPS RTK gözlemlerinin değerlendirilmesi, GPS statik ölçü datalarının değerlendirilmesi, Total Station ve bunların değişik birleşimleri ile çözümler üretecek modülleri içermektedir. Üretici firma TOPCON tarafından ücret karşılığında lisanslı olarak kullanıcılara satılmaktadır.

Kullanıcılar Topcon Magnet Tools ile aşağıdaki işlemleri gerçekleştirebilirler;

- GPS bazlarının sonradan değerlendirilmesini
- Total station ve/veya RTK gözlemlerinin değerlendirilmesini
- Ağ dengelemesi
- Bilgisayar ya da cihazdan doğrudan dosya alma/verme.

Çizelge 6.6 Topcon Magnet Tools'un bilgi ve grafik ekranları özellikleri

Bilgi ekranı	Nokta bilgileri , vektör ya da gözlem bilgileri , aynı isme sahip dataların görüntülenmesi ve hatların alfabetik olarak ya da zamana göre artan ya da azalan değerlerine bağlı olarak sıralaması kolaylıkla yapılabilmektedir.
Harita ekranı	Genel kullarımdaki ağ konfigürasyonları görüntülenebilir , noktaların ya da bazların hesaplanmış yaklaşık pozisyonları , seçilen baz ya da noktalar için görüntülenebilir.
Gözlem ekranı	Gözlemlerin görüntülenmesi için kullanılır.
CAD ekranı	Hat işlemleri ve yüzeyler bağlı oldukları nokta ya da hatlara bağlı olarak görüntülemek için kullanılır.
Tasarım ekranı	Dijital yüzey oluşturmak, editlemek ve yol kesitleri ile ilgili oluşturma ve editleme işlemleri , en kesit şablonlarının oluşturulması ve editlenmesi için kullanılır.
İmaging ekranı	Stereo fotoğraflar ve tarama seçenekleri için kullanılır.



Şekil 6.41 Topcon Magnet program ekranı

Harita ya da bilgi ekranları arasında geçişler oldukça kolay ve görüntüleme bilgileri editleme işlemleri kullanıcıya en kolay şekilde çalışmayı sunmaktadır. Topcon Magnet Tools değişik ihtiyaçlara göre sipariş edilebilen modüler bir yapıya sahiptir. Programın kullanıcılara sunduğu modüller;

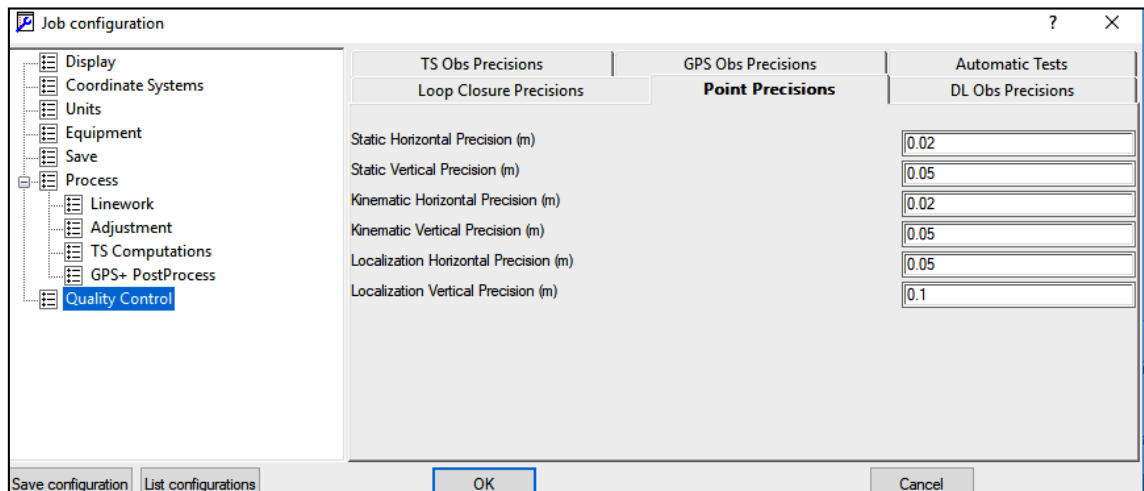
Çizelge 6.7 Topcon Magnet Tools'un modülleri ve açıklamaları

MODÜL	KULLANIM ALANI
Post Prosesing	GPS+ (GPS+GLONASS) datalarını proses motorunu içeren modüldür.
RTK	Topsurv ile kaydedilmiş olan RTK(Gerçek zamanlı kinematik) datalarının program içine alınması, görüntülenmesi, dışarıya verilmesi, raporlanması işlemleri gerçekleştirilir.
TS	Total station ile kaydedilmiş dataların program içine alınması, görüntülenmesi, dışarıya verilmesi, raporlanması işlemleri gerçekleştirilir.
GIS	Daha az hassasiyetle kaydedilmiş olan DGPS ölçü datalarının sonradan değerlendirilmesinin yapıldığı modüldür.
Dizayn	Sayısal arazi modeli oluşturulması ve editlenmesi ile ilgili kullanımı içeren modüldür.
İmaging	Taranmış görüntülerin , stereo çekilmiş fotoğraflarla ilgili çalışmalara ait işlemlerin yapılabildiği modüldür.
Gelişmiş	Proses ve dengeleme aşamaları için gelişmiş özellikleri içeren modüldür.

Uygulamamızda tek baz değerlendirmesi yöntemi kullanıldığından TOPCON Magnet'in özellikle baz değerlendirmede kullanıcılara sunduğu özelliklerden bahsedilecektir.

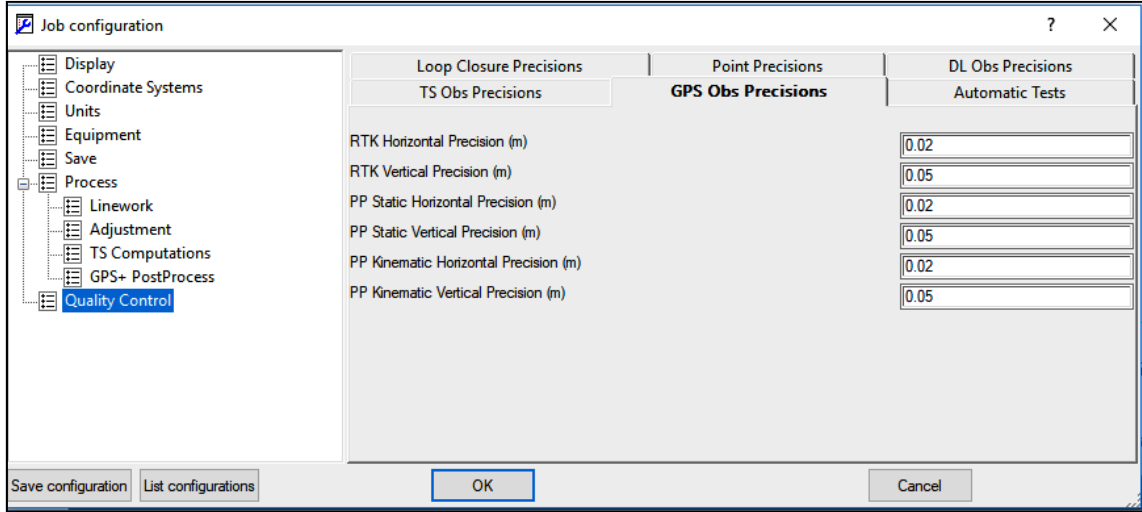
Programın İş Ayarları menüsü altında Kalite Kontrol Ayarları menüsünde;

Point precisions (Nokta Duyarlılığı) sekmesinde statik ve kinematik ölçü noktalarının yatay ve düşey duyarlılığının ayarlarını içerir. Eğer noktanın yatay (std Dev Hz) ve düşey (Std Dev u) standart sapmaları bu değerden kötü olursa noktalar Points sekmesinde, Harita ekranında ve raporlarda kırmızı renkte görüntülenir.



Şekil 6.42 Topcon Magnet point precissions sekmesi

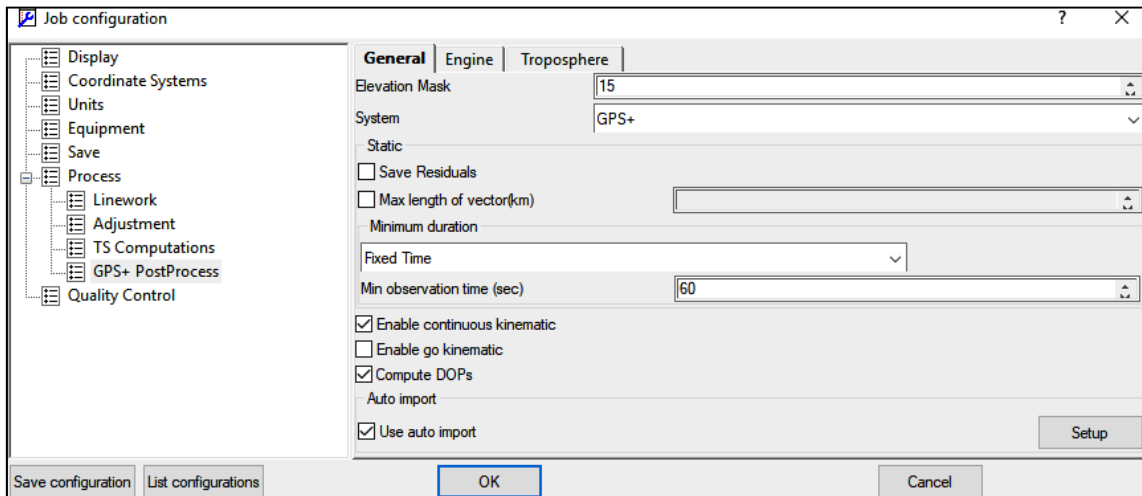
GPS Obs Precision (GPS Gözlem Duyarlılığı) sekmesi RTK vektörlerinin ve statik/kinematik proses vektörlerinin gözlem duyarlılığını ayarlandığı sekmedir. Eğer yatay ve düşey ağ dengelemesi sonucundaki RTK ve GPS proses sonuç karesel ortalamaları bu sekmede girilen değerden kötü ise GPS obs sekmesinde , harita ekranında ve raporlarda kırmızı işaretlenir.



Şekil 6.43 Topcon Magnet GPS obs precissions sekmesi

Proses Sekmesi altında;

GPS+ PostProcess (GPS ve Sonradan Değerlendirme) Sekmesi: Uydu yükseklik açısı , istasyonda minimum gözlem süresinin belirlendiği sekmedir. Sürekli kinematik ölçünün aktif ya da aktif değil olarak seçildiği bölümdür.



Şekil 6.44 Topcon Magnet GPS+postprocess sekmesi

Topcon Magnet programının kullanıcılara manuel ya da otomatik olarak program tarafından seçilerek sunulan baz değerlendirme modları şunlardır.

Çizelge 6.8 Topcon Magnet Tools'un baz çözüm yöntemleri

Baz Çözüm Yöntemi	Açıklama
L<10 km L1&L2	L1&L2 : 10km den küçük bazlarda kullanılır ve çözüm kolonunda "Fix" ya da "Float" yazacaktır.
10<L<30km L1&L2c	L1&L2c : 10km ile 30km arasındaki bazlarda kullanılır. Çözüm tipi kolonunda "Fixed , Iono Free" ya da "Float , Iono Free" yazacaktır.
30<L<400 km WideLane	WideLane : 30km ile 400km arasında bazların çözümünde kullanılır. Çözüm tipi kolonunda "Fixed , Wide Lane" ya da "Float , Wide Lane" yazacaktır.
L>400 km VLBL	VLBL : 400km den uzun bazların çözümünde kullanılır. İyonosfer ve troposfer düzeltmelerinde üçlü fazlar kullanılır. Çözüm tipinde "Iono Free" görüntülenir ve float çözüm üretilir.

Gelişmiş Proses Modülü (Advanced Module for Processing) aktif edildiğinde Process Properties penceresinde GPS+ Post Processing de üç sekme görüntülenir. General , Engine ve Troposphere dir.

The screenshot displays the 'Process Properties' window in Topcon Magnet software. It features three tabs: 'General', 'Engine', and 'Troposphere'. The 'General' tab is currently selected, showing options for 'Elevation Mask' (set to 15), 'System' (set to GPS+), and checkboxes for 'Static', 'Save Residuals', 'Max length of vector(km)' (set to 50), 'Minimum duration', 'Fixed Time', 'Min observation time (sec)' (set to 60), 'Enable continuous kinematic', 'Enable go kinematic', 'Compute DOPs', 'Auto import', and 'Use auto import'. The 'Engine' tab is also visible, showing 'Engine Type' and 'Engine Mode' dropdowns. The 'Troposphere' tab is open, showing 'Troposphere model' (set to Goad & Goodman), 'Meteop Model' (set to Goad & Goodman), and various parameters including 'Dry temperature: (°C)' (20), 'Pressure: (mBar)' (1013.2), 'Humidity: (%)' (50), and 'Zenith delay is considered constant over (hours)' (0.5). The 'OK' button is highlighted at the bottom of the 'Troposphere' tab.

Şekil 6.45 Topcon Magnet general, engine, troposphere sekmesi

General Sekmesi aşağıdakilerin seçilmesine imkân verir.

- Uydu yükseklik açısı
- Navigasyon sistemi (datalarda sadece GPS değerlendirilebileceği gibi , GPS+GLONASS datası da değerlendirilebilir.)
- Arazideki minimum bekleme süresi için iki seçenek mevcuttur.

1- Auto topo seçeneği seçildiğinde ;Topcon Magnet Tools gerekli eş zamanlı ölçüye prosese başlamak için ihtiyaç duyar. Zaman iki nokta arasındaki mesafeye ortak izlenen uydu sayısına noktalardaki cihaz türüne , cihazların tek ya da çift frekanslı olmasına , sadece GPS ya da GPS+GLONASS datalarını toplama yeteneğinde olup olmamasına bağlıdır.

2- Fixed time seçildiğinde Topcon Magnet Tools min obs.time alanında girilen değere göre eş zamanlı ölçülerden gözlemleri oluşturur.

Engine Sekmesi, kullanıcı istediği proses modunu statik, dur-git, ya da kinematik proses olarak seçebilir. Her bir seçenek için aşağıdaki şıklar mevcuttur.

- PP code only: Sadece pseudo-range ölçüsü dikkate alınır
- PP L1 only : Tek frekanslı alıcılar ile yapılan ölçüleri proses etmek için kullanılır.
- PP L2 only: Sadece L2 ölçülerini proses eder.
- PP L1&L2 : Çift frekans ölçülerini proses eder.(Çok kısa bazlarda önerilir)
- PP L1c: Uzun bazlarda toplanmış Çift frekans ölçüleri için (>30km) İyonosferden bağımsız kombinasyonu formüle edilir ve proses edilir ancak tamsayı sapmaları düzeltilmez.
- PP L1-L2 :Uzun kenar kombinasyonlarında kullanılır , genellikle uzun bazlarda araştırma amaçlı kullanılır
- PP L1+L2 :narrow-lane kombinasyonlarında genellikle araştırma amaçlı çözümlerde kullanılır
- L1&L2c : İyonosferden serbest her iki tamsayı bilinmezlik çözümünde en güçlü çözüm motorudur. Çoğunlukla çift frekanslı ölçülerin değerlendirmesi içindir. Çoğunlukla

30km altındaki bazlarda kullanılır , düşük iyonosferik aktivitelerin olduğu durumlarda bu mesafe 75km ye kadar arttırılabilir.

- VLBL : Çok uzun bazların çözümünde kullanılır. İyonosfer ve troposfer düzeltmelerinde üçlü fazlar kullanılır.
- Wide Lane : L1-L2 modunun modifiye edilmiş halidir. İyonosfer aktivitesinin L1&L2 ya da L1&L2c de çözölemeyecek kadar yüksek olduğu durumlarda kullanılır.
- RTK Fixed : TPS alıcılarından RTK çözüm motorunu kullanarak RTK çözümü için
- RTK L1 only : Sadece tek frekans datasını kullanarak RTK çözümü için kullanılır.
- RTK Code only : Sadece pseudo-range RTK datasının çözümü için kullanılır.

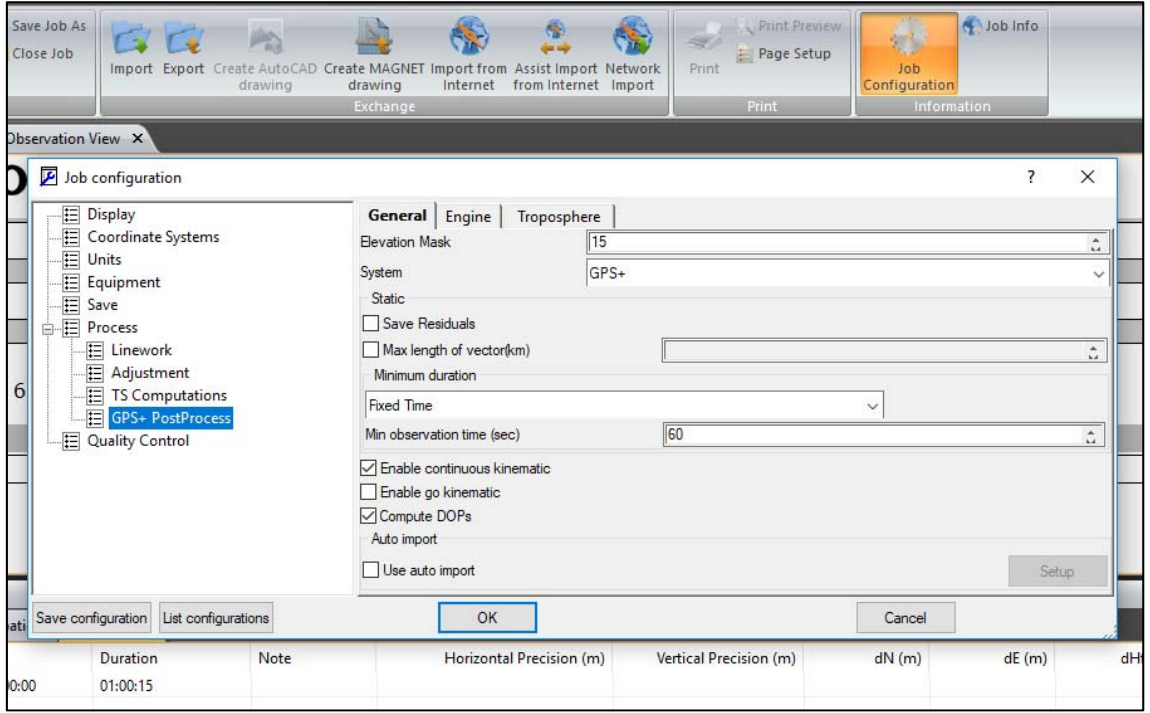
Kullanıcı her bir çözüm için **AUTO** seçebilir.Bu seçenek aşağıdaki statik ölçüler de kullanılır.

- Sadece tek frekans ölçü datası var ise Auto seçeneği L1 Only ye tekabül eder.
- Eğer proses edilen kenar 10km den kısa ise AUTO L1&L2 ye tekabül eder.
- Kenar 10km ile 30km arasında ise AUTO L1&L2c ye tekabül eder.
- 30km den 400km ye kadar AUTO Wide Lane seçeneğine tekabül eder.
- Son olarak kenar 400km den uzun ise AUTO VLBL seçeneğine tekabül eder.

Topcon Magnet Tools çiftli fark artıklarını her bir statik GPS gözlemi için kaydedebilir. Bunu yapmak için “save residual” seçeneğini aktif etmek gerekir.

Dur git ve Kinematik için AUTO seçeneği RTK Fixed seçeneğine tekabül eder.

Troposphere Sekmesi, Topcon Magnet Tools bu penceredeki tanımlanan değerlere ya da seçilen trposfer modeline göre troposfer parametrelerini kullanır.



Şekil 6.46 Topcon Magnet genel ayarlar kısmı

Programın kullanıcılara sunduğu ilave ve farklı bir özelliği, Web İmport sekmesinden gözlem yapılan nokta civarında bulunan IGS ağına dahil noktaların gözlem datalarını ölçüm yapılan tarih ve mesafeye bağlı olarak SOPAC arşivinden otomatik arama ve indirerek değerlendirme aşamasında kullanma imkanı vermesidir.

I..	Point From	Point To	Start Time	Duration	Note
	UCLP	WRHS	12.12.2012 00:00:00	24:00:00	

Şekil 6.47 Topcon Magnet web import ekranı

Web Import X		Observation View X		TOPCON		Change request		Import selected files		Version: 1.2.0.170313		Feedback Help	
Points (show on map)													
Point name		Distance to center of search area		Point coordinates		Antenna type							
WRHS		6 km		Latitude Longitude		TPSCR.G3 SCIT							
Search files >>													
UCLP		6 km		34°04'08,83N 118°26'30,9W		TPSCR.G3 SCIS							
Search files >>													
P800		8 km		34°01'18,08N 118°20'56,65W		TRM29659.00 SCIT							
Search files >>													
NOPK		9 km		33°58'47,05N 118°20'52,84W		TPSCR.G3 SCIT							
Search files >>													
LFRS		9 km		34°05'42,25N 118°24'46,16W		ASH7019458_M SCIT							
Search files >>													
GPS Obs													
Points GPS Occupations GPS Obs													
L.	Point From	Point To	Start Time	Duration	Note	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)	dH (m)	dE (m)	dHt (m)	Method	Sn	Nt
	UCLP	WRHS	12.12.2012 00:00:00	24:00:00							PP		

Şekil 6.48 Topcon Magnet web import istasyon arama ekranı

Diğer IGS ağına dâhil sürekli gözlem yapan istasyonların verilerini aramanın yanında, yine yine Web İmport sekmesinden gözlem yapılan güne ait GPS + GLONASS broadcast uydu ephemeris dosyaları ile GPS sistemine ait precise uydu ephemeris dosyalarının programa çok basit olarak alınabilmesine ve değerlendirme adımlarında kullanılabilmesine olanak sağlamasıdır.

Web Import X		Observation View X		TOPCON		Change request		Import selected files					
Search files >>													
P553		100 km		34°50'06,34N		118°52'44,26W							
Search files >>													
Number of points: 142													
Ephemeris													
☐	Day	Precision	Type	Path									
☐	12/12/2012	final	GPS	ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gps/products/1718/igs17183.sp3.Z									
☐	12/12/2012	broadcast	GPS	ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gps/data/daily/2012/347/12n/brdc3470.12n.Z									
☐	12/12/2012	broadcast	GLONASS	ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gps/data/daily/2012/347/12g/brdc3470.12g.Z									
☐	12/13/2012	final	GPS	ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gps/products/1718/igs17184.sp3.Z									
☐	12/13/2012	broadcast	GPS	ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gps/data/daily/2012/348/12n/brdc3480.12n.Z									
☐	12/13/2012	broadcast	GLONASS	ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gps/data/daily/2012/348/12g/brdc3480.12g.Z									
GPS Obs													
Points GPS Occupations GPS Obs													
L.	Point From	Point To	Start Time	Duration	Note	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)						
	UCLP	WRHS	12.12.2012 00:00:00	24:00:00									

Şekil 6.49 Topcon Magnet web import ephemeris arama ekranı

Uygulamada broadcast ephemeris kullanılarak, diğer ayarları programın kendi automatic modunda değişiklik yapmadan çözümler yapıldı. Programın kullanıcılara sunduğu precise ephemeris ile de test yapıldı sonuçlar yorumlandı.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmanın literatür kısmında taraması yapılan çalışmalarda, ticari yazılımlar ile üretilen GNSS çözümlerinin doğruluğu üzerine çalışmalar bugüne değin kısıtlı kalmıştır. Yapılan uygulamalarda ise gözlem süreleri, baz mesafeleri, çözüm stratejileri açısından dar kapsamlı ele alınmıştır. Günümüzde ülke temel GNSS ağına dayalı büyük ölçekli haritaların yapılmasında ve ayrıntı ölçmelerinde GNSS verileri ticari yazılımlar ile değerlendirilmektedir. Bilinen akademik ve ticari yazılımların yanında bugün hayatımıza hızla giren web tabanlı değerlendirme servisleri de etkinliklerini, çeşitliliklerini ve kullanıcı sayısı her geçen gün artırmaktadır. Bu çalışmada ticari yazılım olan TOPCON MAGNET ile baz mesafesi ve gözlem süresine bağlı olarak, IGS ölçeğinde hassas konum belirleme doğruluğuna ne ölçüde yaklaşılabildiğini ortaya net olarak koymak hedeflenmiştir. Böylece ticari yazılımın konum belirleme doğruluğunun gücü, dünden bugüne yazılımlar ile GNSS sistemindeki gelişmelerin yorumlanması ve gündelik kullanıcılar için önsel doğruluk tahminin ortaya konması, bunu gerçekleştirmeye çalışırken de yukarıdan aşağıya doğru bir mantıkla bu doğruluğun geçerli yönetmeliğimiz açısından irdelenmesi bu bölümde sunulacaktır.

Uygulama dâhilinde kullanılan tüm yazılım ve web servislerinin kullandıkları uydu sistemleri, konum belirleme yöntemleri, elde edilen sonuç konum bilgileri toplamı olarak tarif edebileceğimiz değerlendirme stratejileri açısından kıyaslanması aşağıdaki Çizelge 7.1’de sunulmuştur.

Çizelge 7.1 GIPSY-ppp, CSRS-ppp ve OPUS yazılımlarının çözüm stratejileri

UYGULAMA	SORUMLU KURULUŞ	YAZILIM UYDU SİSTEMİ	YÖNTEM	KISITLAR	DESTEKLENEN VERİ TİPİ	VERİ ALIMI	KOORDİNAT	KULLANILAN İSTASYONLAR
GIPSY-ppp (Ver 6.4) *Uygulamada kullanılan	NASA JPL	Gipsy-ppp (Ver 6.4)	Mutlak	Lisanslı kullanıcı olmak gerekiyor.	rinex (linux)	ftp	Ölçme epoğunda koordinatlar ve hata değerleri	PPP
		GPS						
CSRS-ppp	Natural Resources Canada	NRCan-ppp	Mutlak	Üye olmak yeterli. Tek-çift frekans fark etmiyor.	Rinex	ftp www Masaüstü uygulaması	Ölçme epoğunda coğrafik, Kartezyen ve UTM koordinat ve karesel ortalama hata	PPP
		GPS GLONASS GALİLEO						
OPUS	American National Geodetic Survey NGS	PAGES	Bağıl	15dakika-2 saat arasında Rapid Statik 2 saat üstü statik Max 10mb Çift frekanslı alıcı	Z dosya, zip, gz, pkzip	www	Ölçme epoğunda coğrafik, Kartezyen ve UTM koordinat ve karesel ortalama hata	RS: 9 istasyondan Statik: En yakın 3 CORS/IGS Ülkemizde sadece IGS
		GPS						

Uygulama sürecinde Şekil 6.24 uygulamalara ait değerlendirme süreci ve Çizelge 6.5 tüm uygulama süreci için tasarlanan değerlendirme sayısı dikkate alınarak gerçekleştirilen değerlendirmelerin sonuçları alt başlıklarda sunulmuştur.

7.1 GIPSY-PPP Çözümleri

Uygulama 1 için Amerika’da bulunan IGS ve CORS ağlarında tespit edilen 42 istasyonun ve Türkiye’de İstanbul civarında IGS, İSKİ-UKBS ve TKGM-CORS ağlarında tespit edilen 17 istasyonun 2012 Aralık ayı 10 günlük ve Ekim ayı 6 günlük olmak üzere, 16 günlük ve tüm alt gözlemleri (1h, 2h, 3h, 4h, 6h, 8h, 12h) için yapılan değerlendirmeler sonucunda kartezyen koordinatlar (X,Y,Z) ITRF 2008 datumunda elde edildi.

Uygulamanın başında GIPSY-PPP programı ile Çizelge 6.5’de sunulan toplam (40320+16320+688) 57328 olarak tasarlanan değerlendirme sayısı veri kayıpları, değerlendirme sürecinde hata alınıp programın sonlanmasından dolayı (39584+15916+688) 56188 olarak gerçekleştirildi.

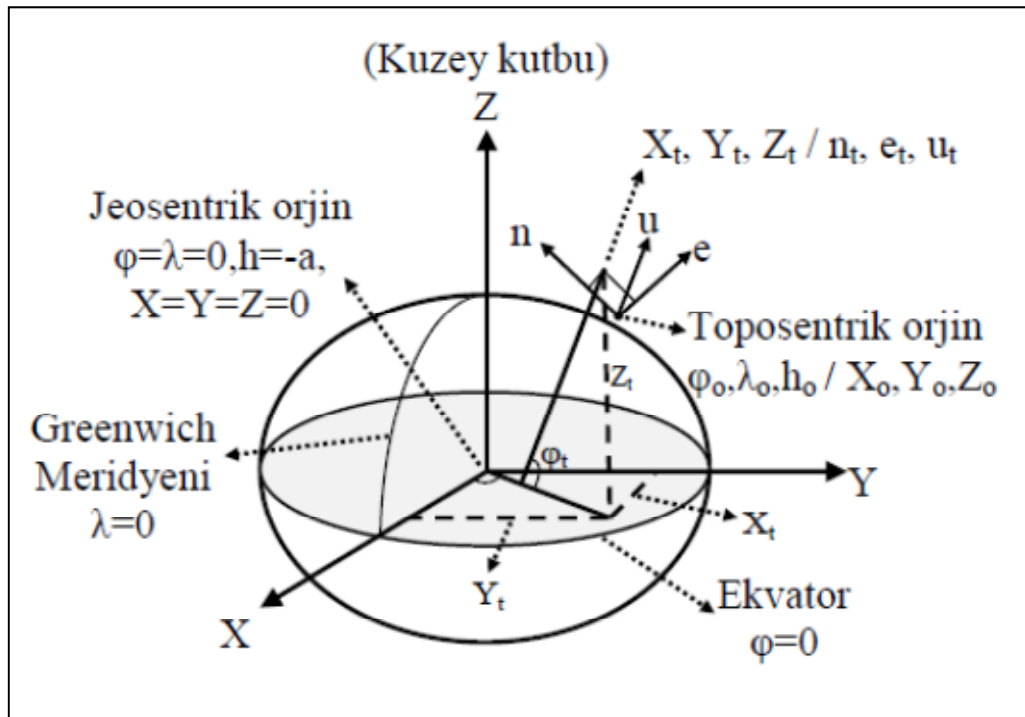
Her bir istasyona ait veri setleri ile yapılan değerlendirmelerden sonra elde edilen çözüm dosyaları “.stacov” uzantılı dosyadan alınıp koordinat bilgilerinin günlere ve saatlere göre ayrı ayrı tasnif edilmesi, ilgili dosyalardan sonuç koordinatlar alınırken

oluşabilecek hataların önüne geçilmesi, karşılaştırmanın kolay yapılabilmesi amacıyla Microsof Excel ortamında makro tasarlanarak elde edilen veri setlerinin düzenlenmesi sağlanmıştır. Böylece hazırlanan makro ile sonuçlarının hızlı ve güvenli bir biçimde Excel dosyasında özetlenmesi sağlanmış, tüm sonuçlar düzenli şekilde organize edildi.

Hesaplanan kesin koordinatlar ve her bir ölçü süresine ait elde edilen koordinatlar kullanılarak X, Y, Z yer merkezli Kartezyen sistemden Doğu (e), Kuzey (n), Yukarı (u) bileşenleri ile ifade edilen toposentrik kartezyen sistemine dönüşümü GIPSY-PPP programında;

```
stacov2env -r dam2/ref/dam2REF_stacov -i dam2/338/1h/*_stacov
```

stacov2env komutu ile dönüşümleri sağlanmıştır.



Şekil 7.1 Jeosentrik ve toposentrik koordinat sistemleri [80]

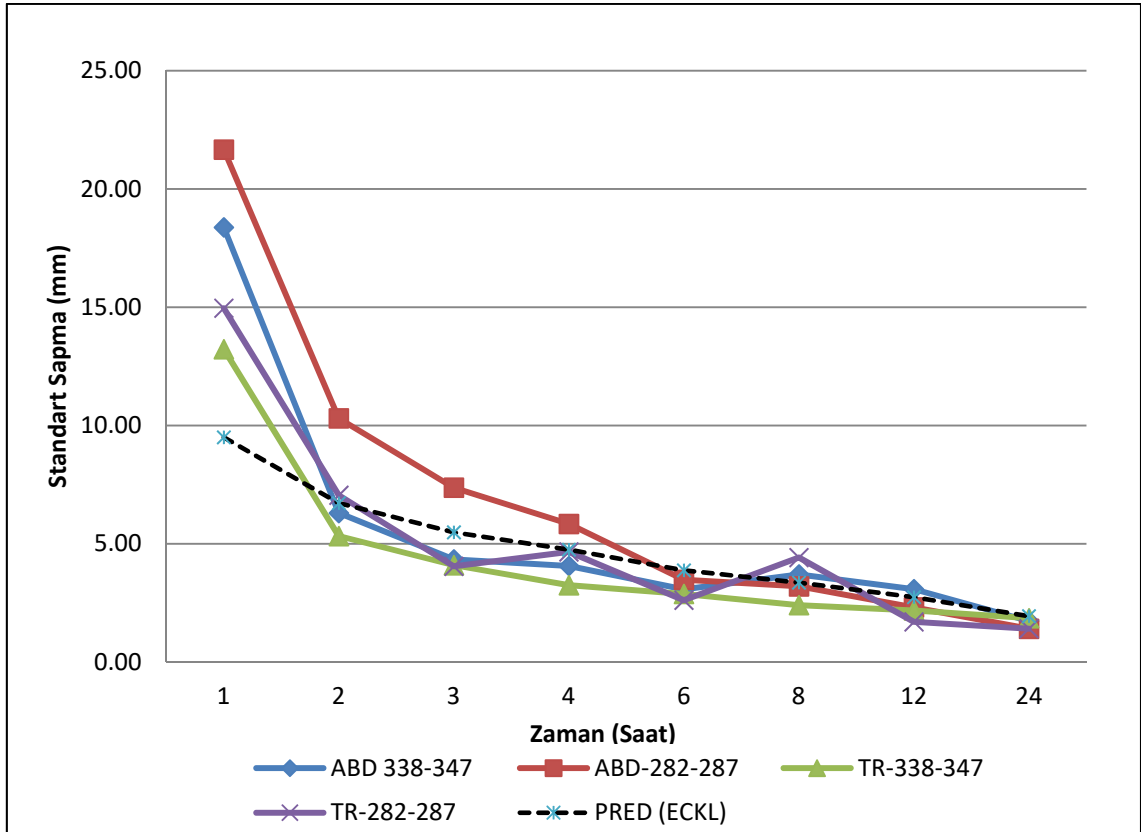
Bu dönüşümün temel bağıntısı aşağıdaki Fomül 7.1’de görüldüğü gibidir.

$$\begin{bmatrix} e_t \\ n_t \\ u_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin(\lambda_0) & \cos(\lambda_0) & 0 \\ -\sin(\varphi_0)\cos(\lambda_0) & -\sin(\varphi_0)\sin(\lambda_0) & \cos(\varphi_0) \\ \cos(\varphi_0)\cos(\lambda_0) & \cos(\varphi_0)\sin(\lambda_0) & -\sin(\varphi_0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_t - X_0 \\ Y_t - Y_0 \\ Z_t - Z_0 \end{bmatrix} \quad (7.1)$$

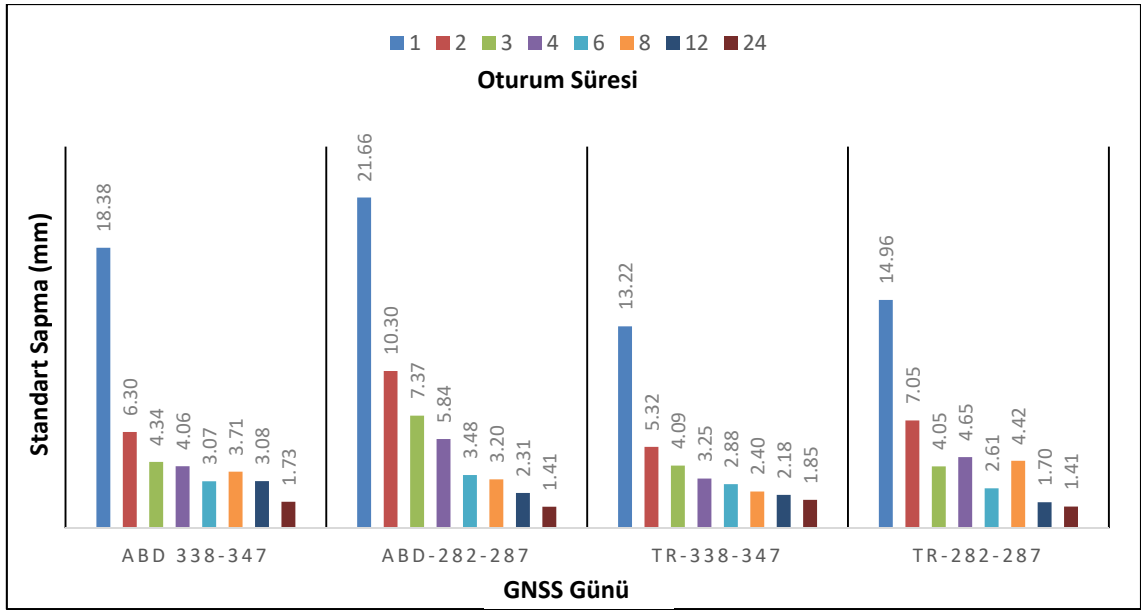
Burada X_0, Y_0, Z_0 noktanın hesaplanan yer-merkezli (jeosentrik) kesin kartezyen koordinatlarını, φ_0, λ_0 noktanın X_0, Y_0, Z_0 jeosentrik kartezyen koordinatları kullanılarak hesaplanan coğrafi koordinatlarını, X_t, Y_t, Z_t , t zamanındaki jeosentrik

kartezyen koordinatlarını, et, nt, ut ise noktanın toposentrik koordinatlarını göstermektedir (Şekil 7.1).

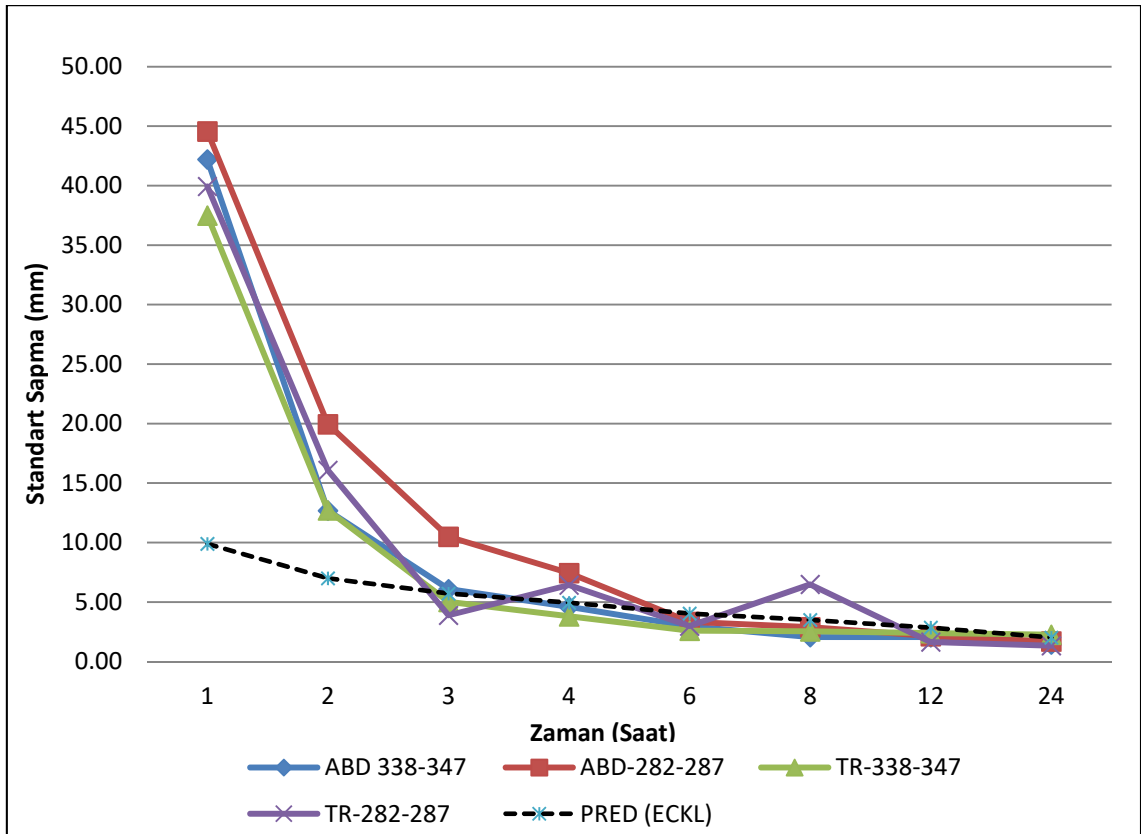
GIPSY-PPP yazılımı ile elde edilen ABD 42 istasyona ve Türkiye 17 istasyona ait 10 ve 6 günlük tüm alt gözlemler için elde edilen sonuçların ortalaması üç bileşen n (North, Kuzey), e (East, Doğu) ve u (Up, Yukarı, Yükseklik) için Şekil 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6 ve 7.7’de aşağıda sunuldu.



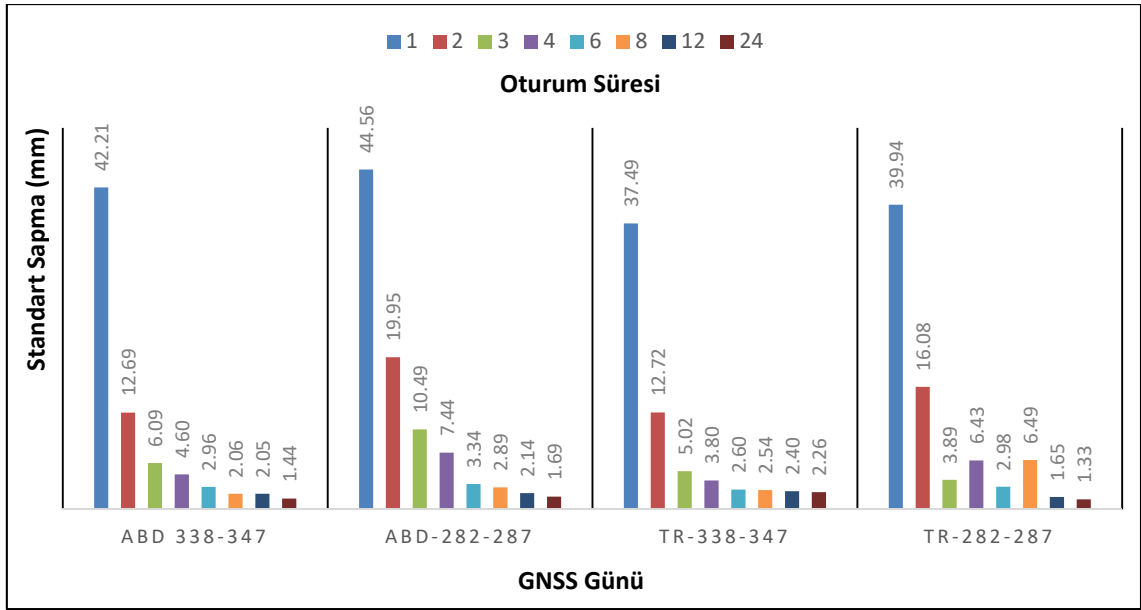
Şekil 7.2 GIPSY-PPP uygulama-1 tüm sonuçlar (n) bileşeni için



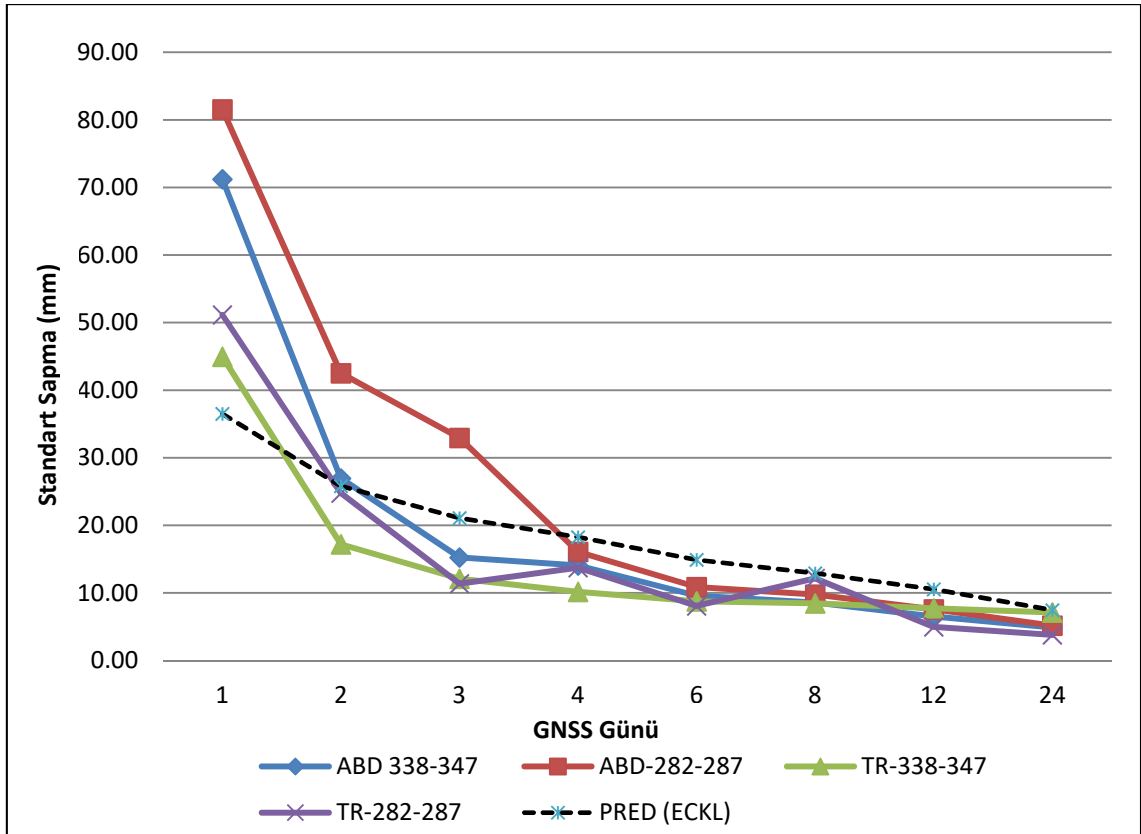
Şekil 7.3 GIPSY-PPP uygulama-1 tüm sonuçlar (n) bileşeni için



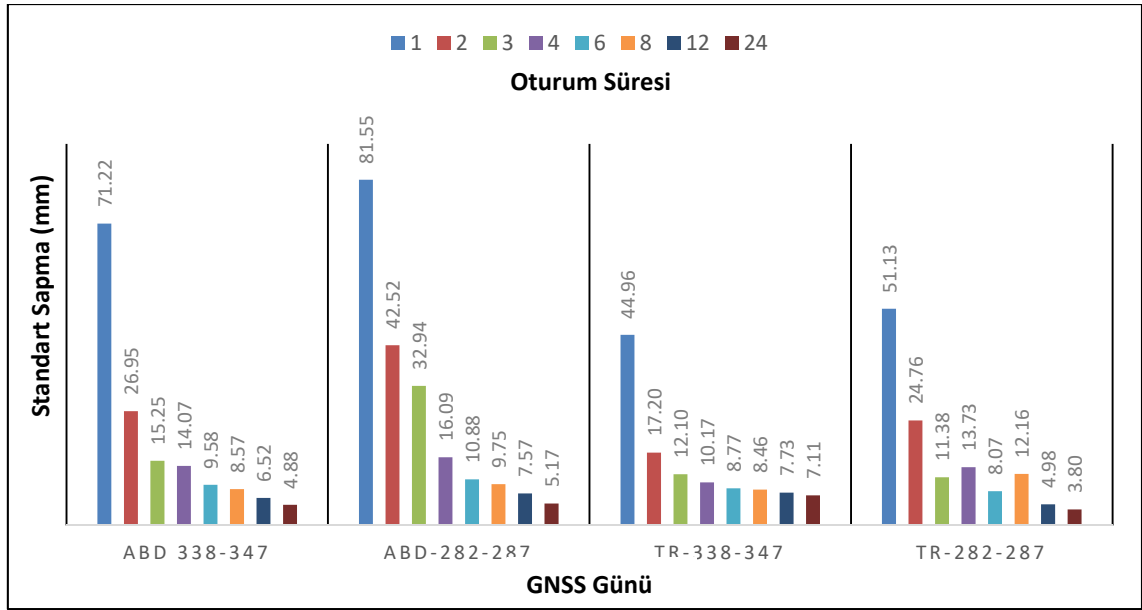
Şekil 7.4 GIPSY-PPP uygulama-1 tüm sonuçlar (e) bileşeni için



Şekil 7.5 GIPSY-PPP uygulama-1 tüm sonuçlar (e) bileşeni için



Şekil 7.6 GIPSY-PPP uygulama-1 tüm sonuçlar (u) bileşeni için



Şekil 7.7 GIPSY-PPP uygulama-1 tüm sonuçlar (u) bileşeni için

Şekil 7.2, 7.4 ve 7.6'daki grafiklerde Eckl vd. tarafından 2001 yılında yapılan çalışmadan üç bileşen (n,e,u) için elde edilen tahmini doğruluk fonksiyonu gösterilmiştir. Eckl vd. 2001 yılında yapılan çalışmaları [1] ile GPS ile türetilen bağıl konum duyarlılığının istasyonlar arası mesafe ve gözlem süresine bağlı olarak fonksiyonu olarak ortaya konmuştur. Bu çalışmalarında Eckl vd. 1998 yılına ait 10 günlük veri ile baz mesafesinin 26km'den 300km'ye kadar olduğu ve gözlem süresinin de 4 saatten 24 saate kadar olduğu deneysel çalışmayı PAGES yazılımı ile yapmışlar ve kuzey (n), doğu (e), yukarı (u) bileşenleri için $S_n = k_n/T^{0.5}$ ve $k_n = 9.5 \pm 2.1mm * h^{0.5}$, $S_e = k_e/T^{0.5}$, $k_e = 9.9 \pm 3.1mm * h^{0.5}$, $S_u = k_u/T^{0.5}$, $k_u = 36.5 \pm 9.1mm * h^{0.5}$ deneysel sonuçları bulmuşlardır [1].

Çizelge 7.2 2001 Eckl vd. sonuçlarının üç bileşen (n,e,u) için max ve min değerleri (mm)

OTURUM SÜRESİ	Sn	max	min	Se	max	min	Su	max	min
1	9.50	11.60	7.40	9.90	13.00	6.80	36.50	45.60	27.40
2	6.72	8.20	5.23	7.00	9.19	4.81	25.81	32.24	19.37
3	5.48	6.70	4.27	5.72	7.51	3.93	21.07	26.33	15.82
4	4.75	5.80	3.70	4.95	6.50	3.40	18.25	22.80	13.70
6	3.88	4.74	3.02	4.04	5.31	2.78	14.90	18.62	11.19
8	3.36	4.10	2.62	3.50	4.60	2.40	12.90	16.12	9.69
12	2.74	3.35	2.14	2.86	3.75	1.96	10.54	13.16	7.91
24	1.94	2.37	1.51	2.02	2.65	1.39	7.45	9.31	5.59

2001 yılında yapılan uygulamada minimum oturum süresi 4 saat olmasına ve bağıl değerlendirme (baz çözümü) olmasına rağmen, elde edilen doğruluk kestirim formülünden diğer alt gözlemler (1h, 2h, 3h ve 4h) de hesaplanarak grafiğe dahil edilmiştir. Her ne kadar Eckl vd.'nin sonuçları 4 saat ve üzeri gözlem süreleri için üretilmiş ve bu gözlem süreleri için geçerli olsa da 2001 yılında yapılmış bu çalışmadan elde edilen sonuçların sunumu birebir kıyaslamadan çok günümüze olan değişimi göstermek adına türetilerek grafiklere dahil edildi.

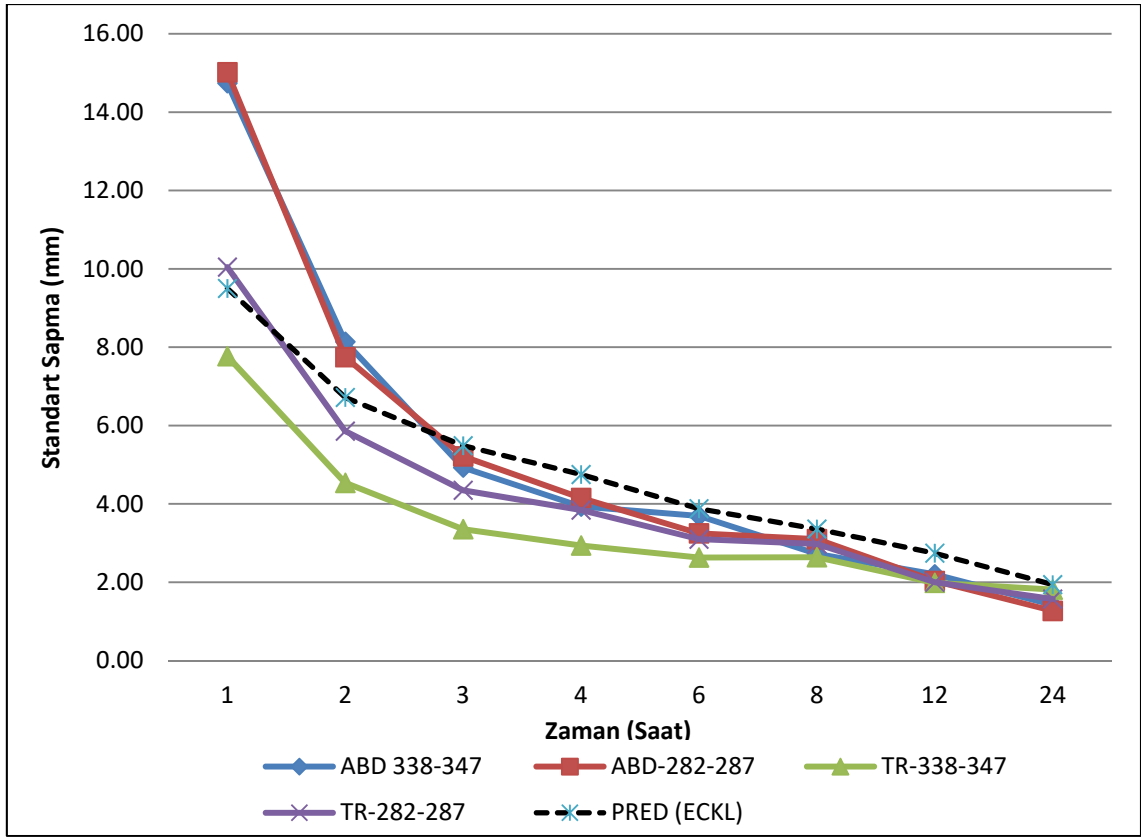
7.2 CSRS-PPP Çözümleri

Uygulama 1 için Amerika'da bulunan IGS ve CORS ağlarında tespit edilen 42 istasyonun ve Türkiye'de İstanbul civarında IGS, İSKİ-UKBS ve TKGM-CORS ağlarında tespit edilen 17 istasyonun 2012 Aralık ayı 10 günlük ve Ekim ayı 6 günlük olmak üzere, 16 günlük ve tüm alt gözlemleri (1h, 2h, 3h, 4h, 6h, 8h, 12h) için yapılan değerlendirmeler sonucunda kartezyen koordinatlar (X,Y,Z) ITRF 2008 datumunda elde edildi.

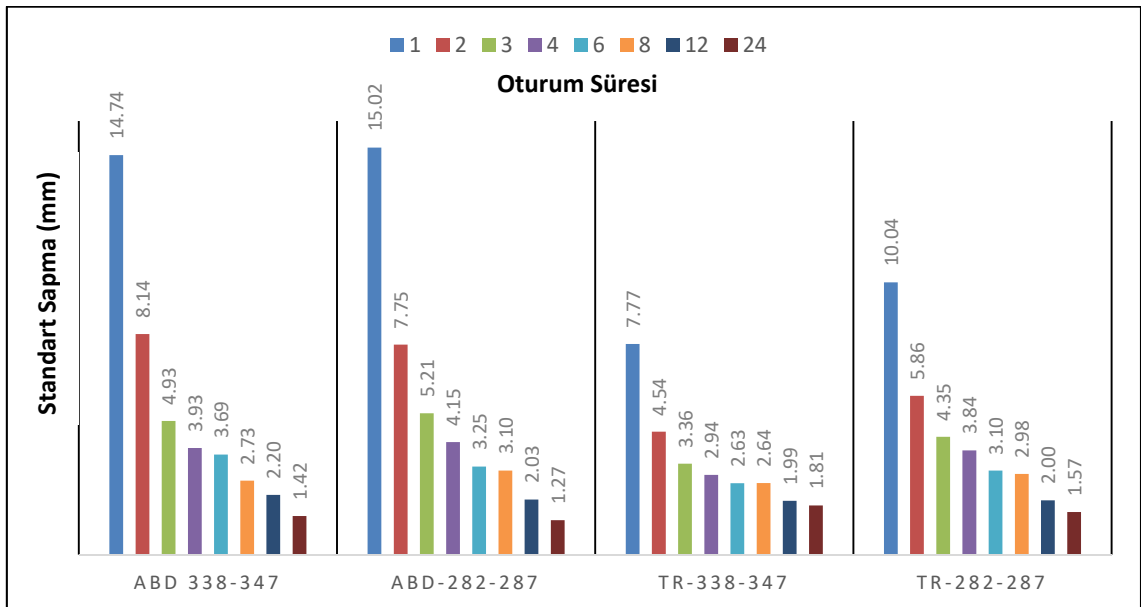
Uygulamanın başında CSRS-PPP web tabanlı değerlendirme servisi ile Çizelge 6.5'de sunulan toplam (40320+16320) 56640 olarak tasarlanan değerlendirme sayısı veri kayıpları, değerlendirme servisinden geri dönüş yapılmamasından dolayı (39584+15900) 55484 olarak gerçekleştirildi.

Her bir istasyona ait veri setleri ile yapılan değerlendirmelerden sonra mail adresine gönderilen *.csv, *.pdf, *.pos, *.sum uzantılı dosyalardan alınıp koordinat bilgilerinin günlere ve saatlere göre ayrı ayrı tasnif edilmesi, ilgili dosyalardan sonuç koordinatlar alınırken oluşabilecek hataların önüne geçilmesi, karşılaştırmanın kolay yapılabilmesi amacıyla Microsof Excel ortamında makro tasarlanarak elde edilen veri setlerinin düzenlenmesi sağlanmıştır. Böylece hazırlanan makro ile sonuçlarının hızlı ve güvenli bir biçimde Excel dosyasında özetlenmesi sağlanmış, tüm sonuçlar düzenli şekilde organize edildi.

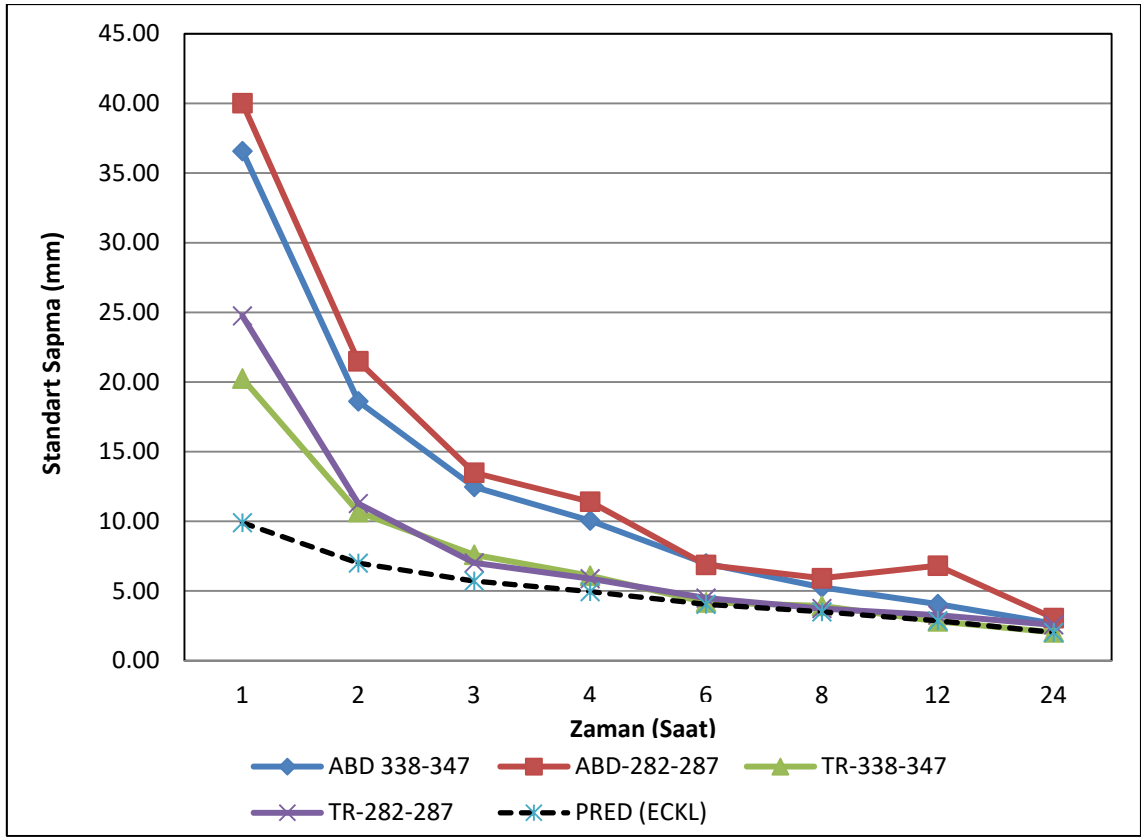
Hesaplanan kesin koordinatlar ve her bir ölçü süresine ait elde edilen koordinatlar kullanılarak X, Y, Z yer merkezli Kartezyen sistemden Doğu (e), Kuzey (n), Yukarı (u) bileşenleri ile ifade edilen toposentrik kartezyen sistemine dönüşümü GIPSY-PPP çözüm sonuçları (7.1 Bölümü) bölümünde, formül 7.1 deki dönüşüm matrisi ile yapıldı.



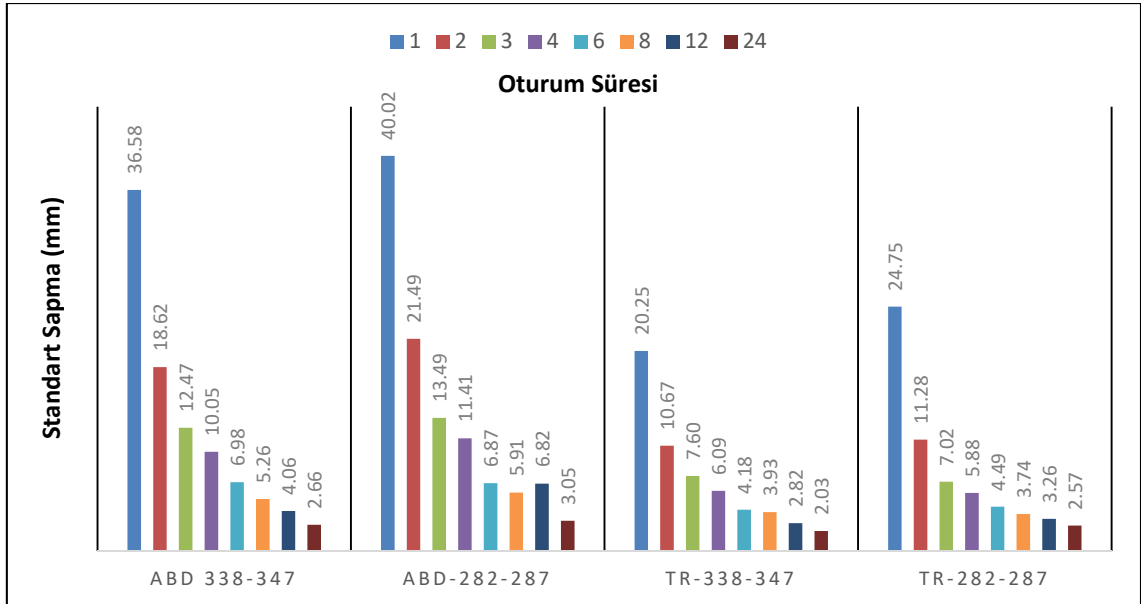
Şekil 7.8 CSRS-PPP uygulama-1 tüm sonuçlar (n) bileşeni için



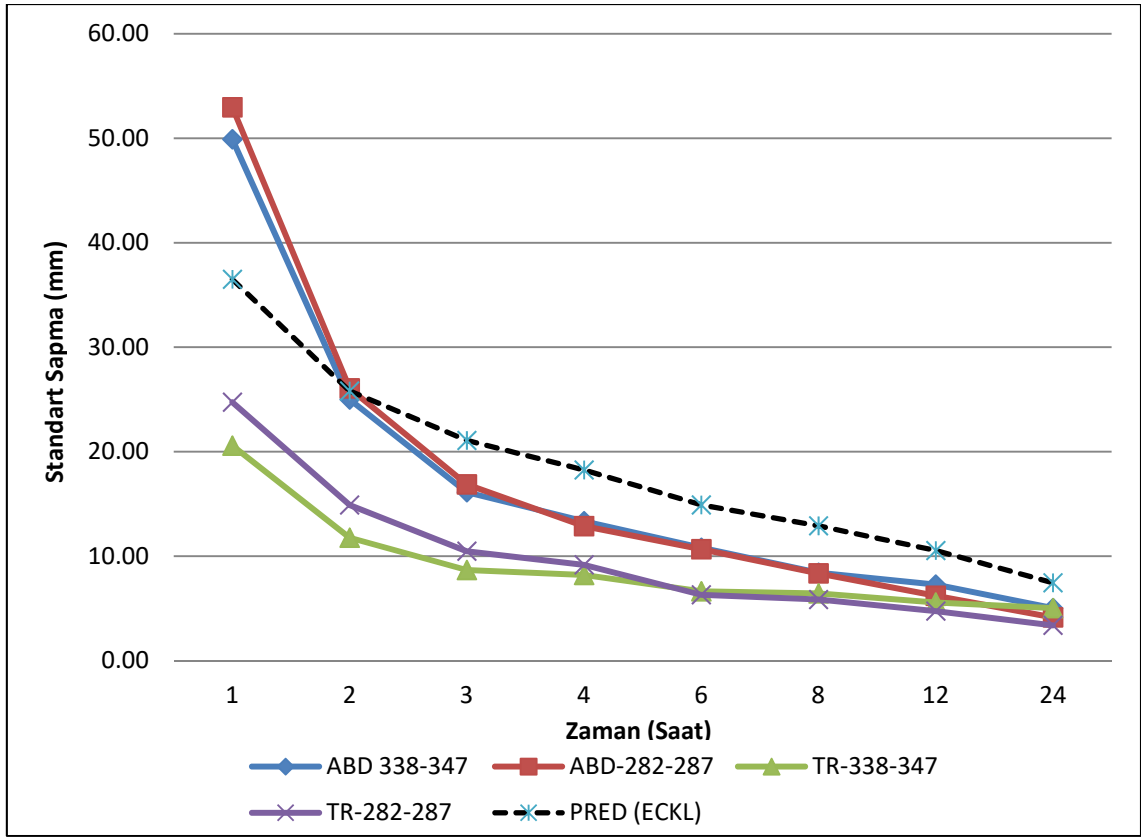
Şekil 7.9 CSRS-PPP uygulama-1 tüm sonuçlar (n) bileşeni için



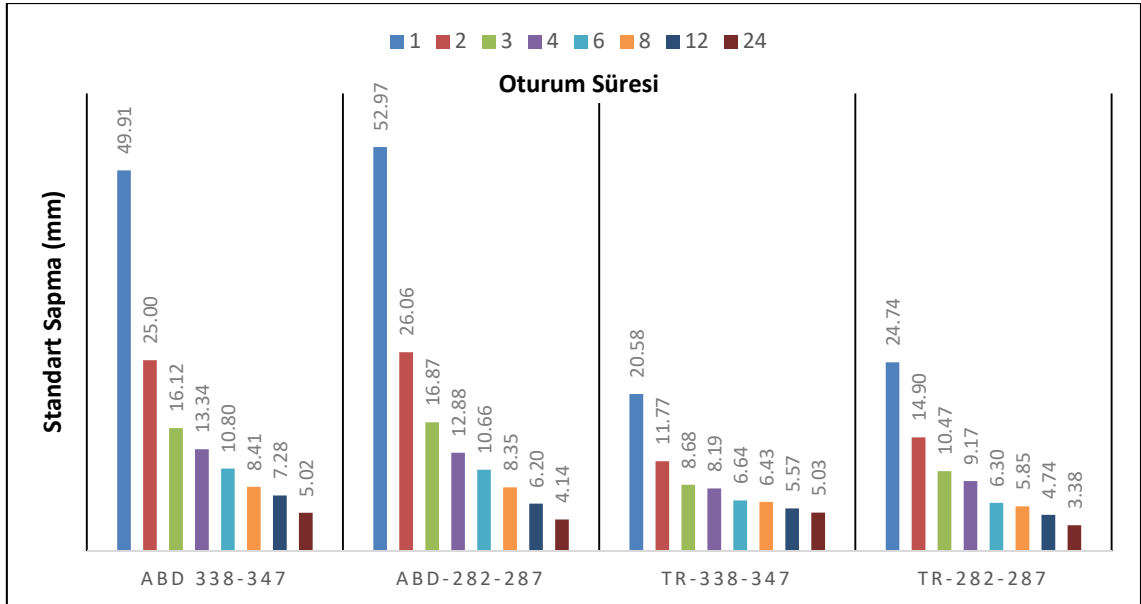
Şekil 7.10 CSRS-PPP uygulama-1 tüm sonuçlar (e) bileşeni için



Şekil 7.11 CSRS-PPP uygulama-1 tüm sonuçlar (e) bileşeni için



Şekil 7.12 CSRS-PPP uygulama-1 tüm sonuçlar (u) bileşeni için



Şekil 7.13 CSRS-PPP uygulama-1 tüm sonuçlar (u) bileşeni için

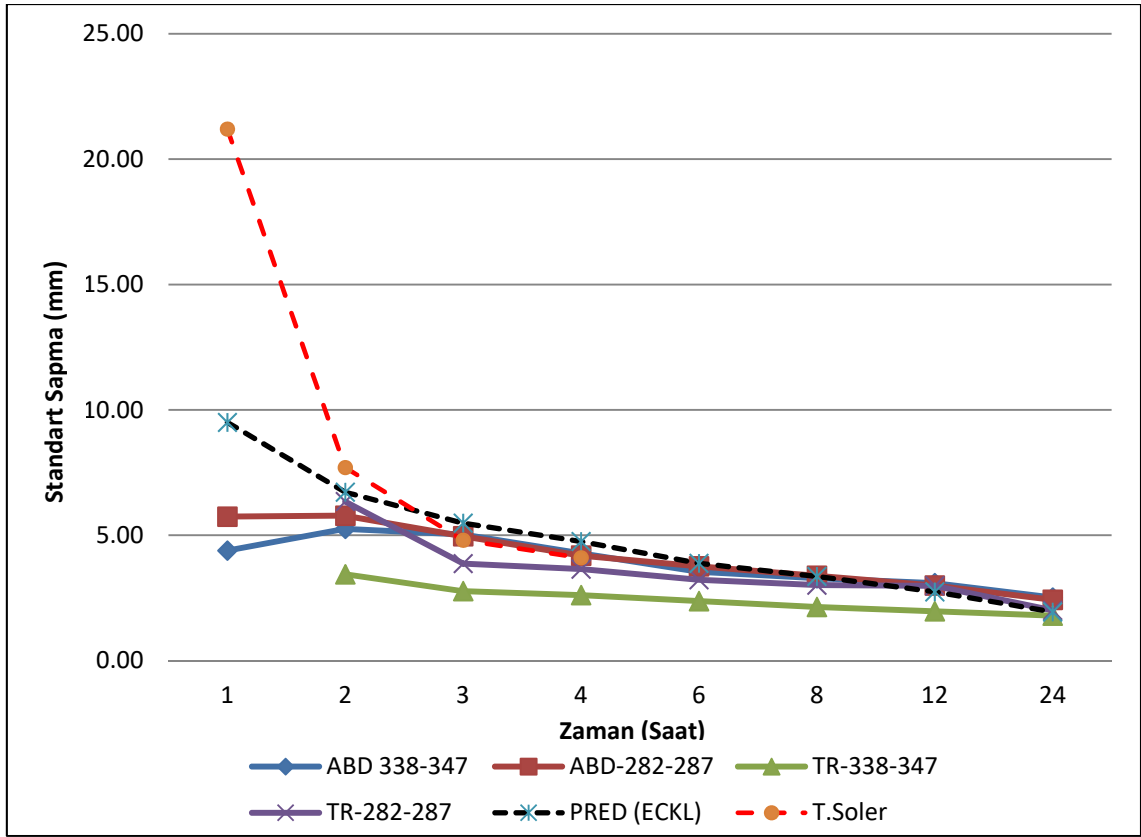
7.3 OPUS Çözümleri

Uygulama 1 için Amerika’da bulunan IGS ve CORS ağlarında tespit edilen 42 istasyonun ve Türkiye’de İstanbul civarında IGS, İSKİ-UKBS ve TKGM-CORS ağlarında tespit edilen 17 istasyonun 2012 Aralık ayı 10 günlük ve Ekim ayı 6 günlük olmak üzere, 16 günlük ve tüm alt gözlemleri (1h, 2h, 3h, 4h, 6h, 8h, 12h) için yapılan değerlendirmeler sonucunda kartezyen koordinatlar (X,Y,Z) ITRF 2008 datumunda elde edildi.

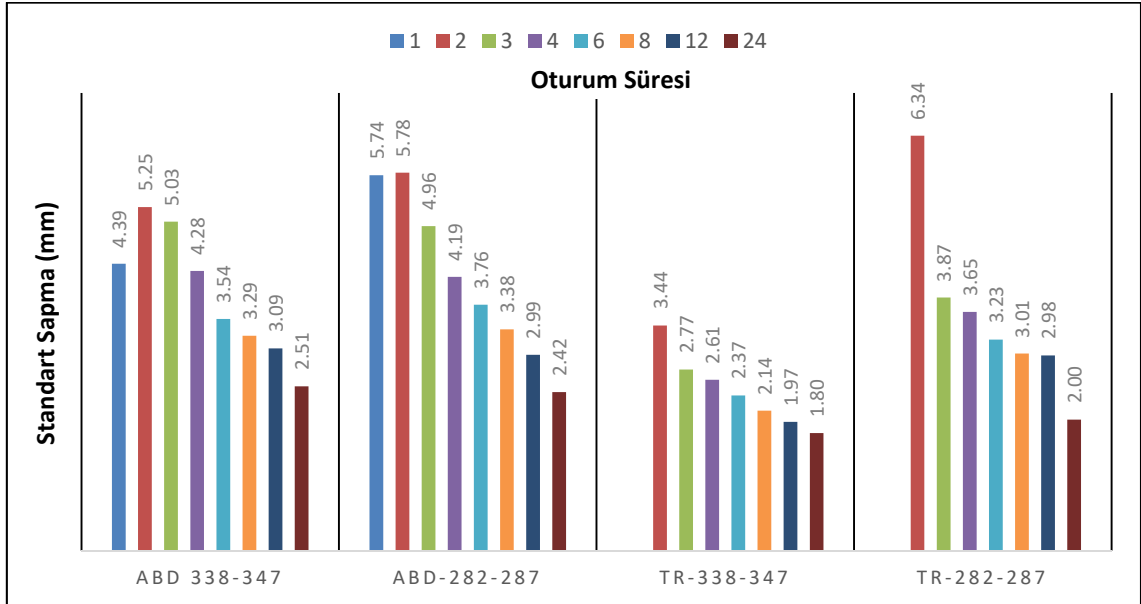
Uygulamanın başında OPUS web tabanlı değerlendirme servisi ile Çizelge 6.5’de sunulan toplam (40320+16320) 56640 olarak tasarlanan değerlendirme sayısı veri kayıpları, ülkemizde belirlenen istasyonlar için cors ağındaki noktaların anlık ya da arşiv verisine OPUS tarafından erişim imkânı olmadığından, uygulama-1 kapsamında Marmara bölgesinde belirlenen 17 adet istasyonun 1 ve 2 saatlik gözlem verilerinden (2 saatlik gözlem verisinin sistem tarafından bazı gözlemlerin atılmasında sonra gözlem uzunluğunun 2 saatin altına düşmesinden dolayı) çözüm sonucu elde edilememesinden dolayı (38985+8709) 47694 olarak gerçekleştirildi.

Her bir istasyona ait veri setleri ile yapılan değerlendirmelerden sonra mail adresine gönderilen OPUS-RS (15dakika-2 saat aralığındaki veriler için üretilen çözüm) ve OPUS-S (2 saatten 48 saate kadar olan veriler için üretilen çözüm) çözüm sonuçları, web servisine tanımlanan mail adresinden indirilip, koordinat bilgilerinin günlere ve saatlere göre ayrı ayrı tasnif edilmesi, ilgili dosyalardan sonuç koordinatlar alınırken oluşabilecek hataların önüne geçilmesi, karşılaştırmanın kolay yapılabilmesi amacıyla Microsof Excel ortamında makro tasarlanarak elde edilen veri setlerinin düzenlenmesi sağlanmıştır. Böylece hazırlanan makro ile sonuçlarının hızlı ve güvenli bir biçimde Excel dosyasında özetlenmesi sağlanmış, tüm sonuçlar düzenli şekilde organize edildi.

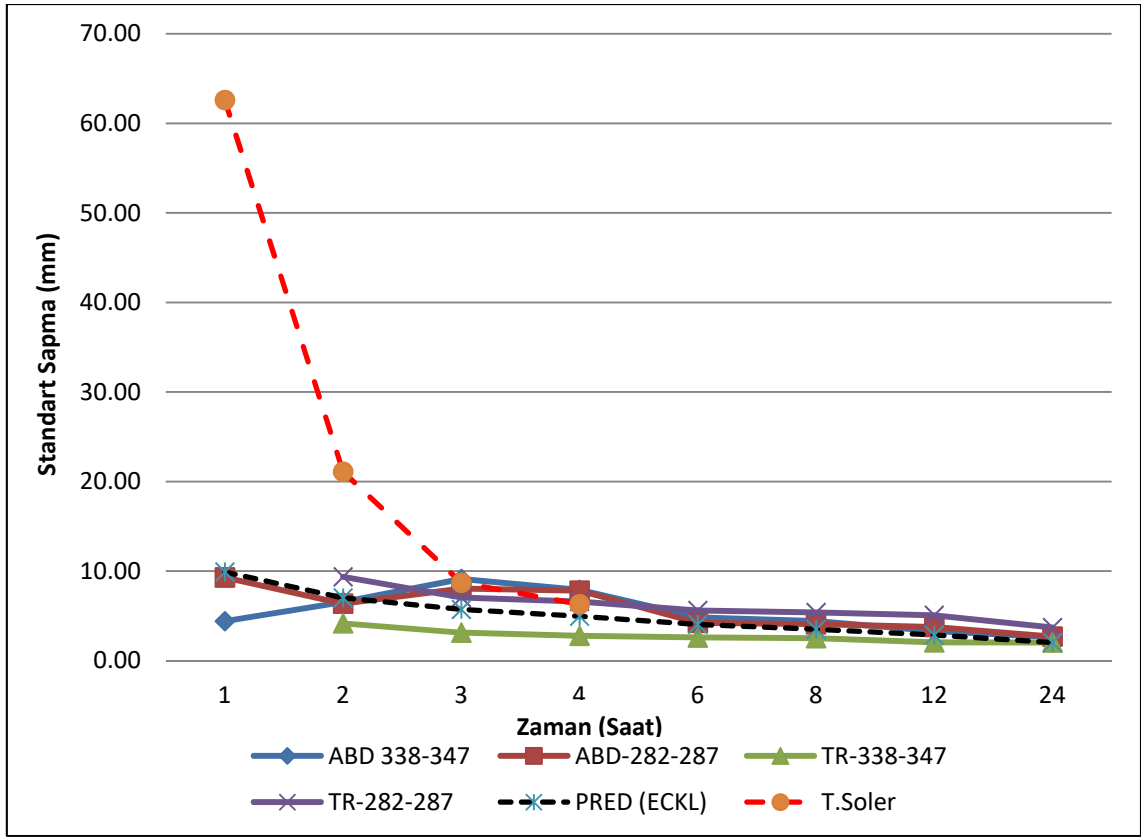
Hesaplanan kesin koordinatlar ve her bir ölçü süresine ait elde edilen koordinatlar kullanılarak X, Y, Z yer merkezli Kartezyen sistemden Doğu (e), Kuzey (n), Yukarı (u) bileşenleri ile ifade edilen toposentrik kartezyen sistemine dönüşümü GIPSY-PPP çözüm sonuçları (7.1 Bölümü) bölümünde açıklanan formül 7.1 deki dönüşüm matrisi ile yapıldı.



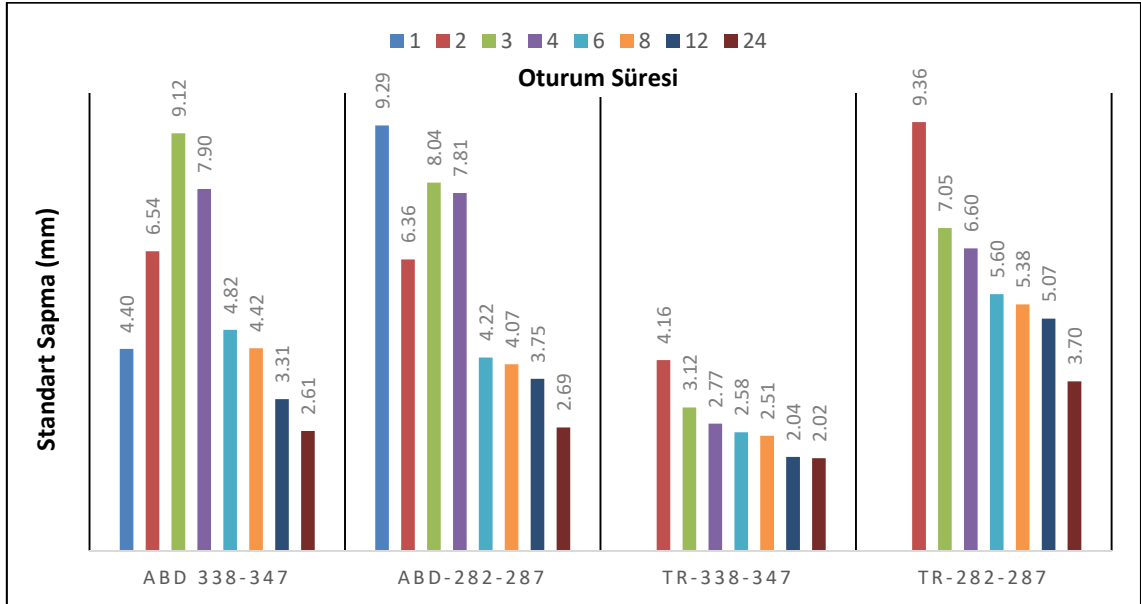
Şekil 7.14 OPUS uygulama-1 tüm sonuçlar (n) bileşeni için



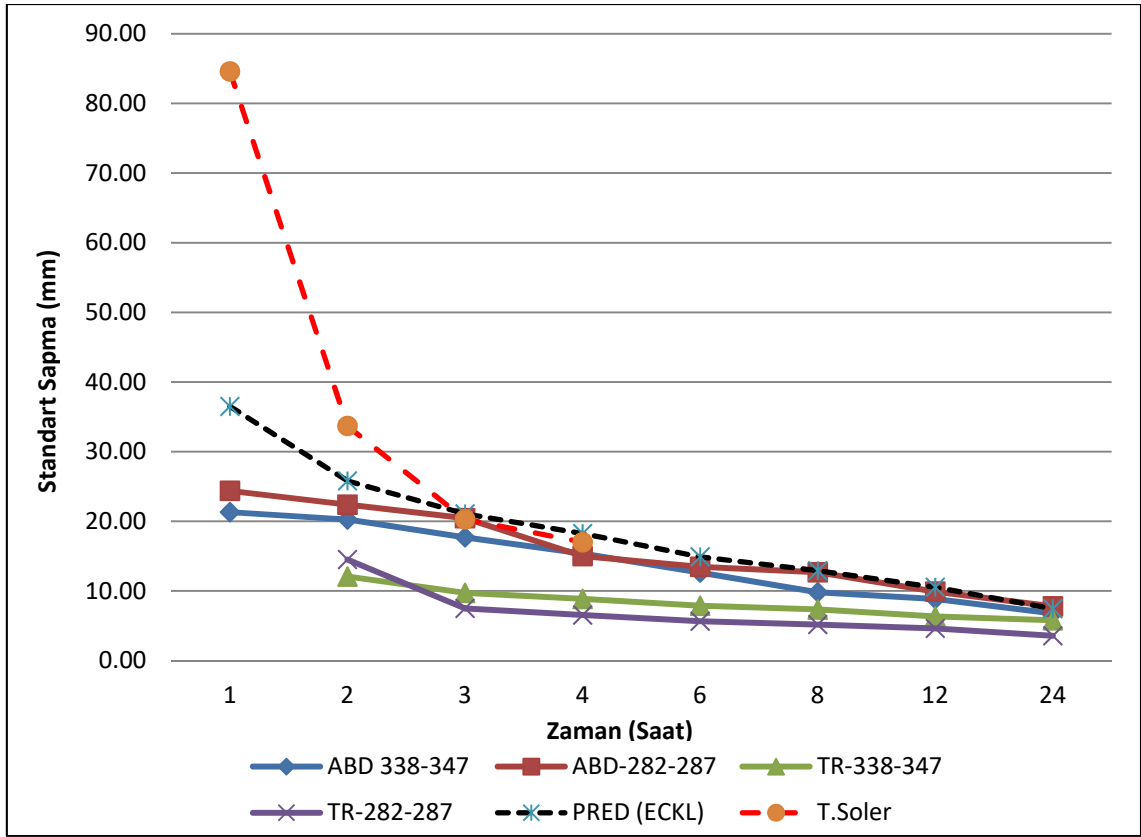
Şekil 7.15 OPUS uygulama-1 tüm sonuçlar (n) bileşeni için



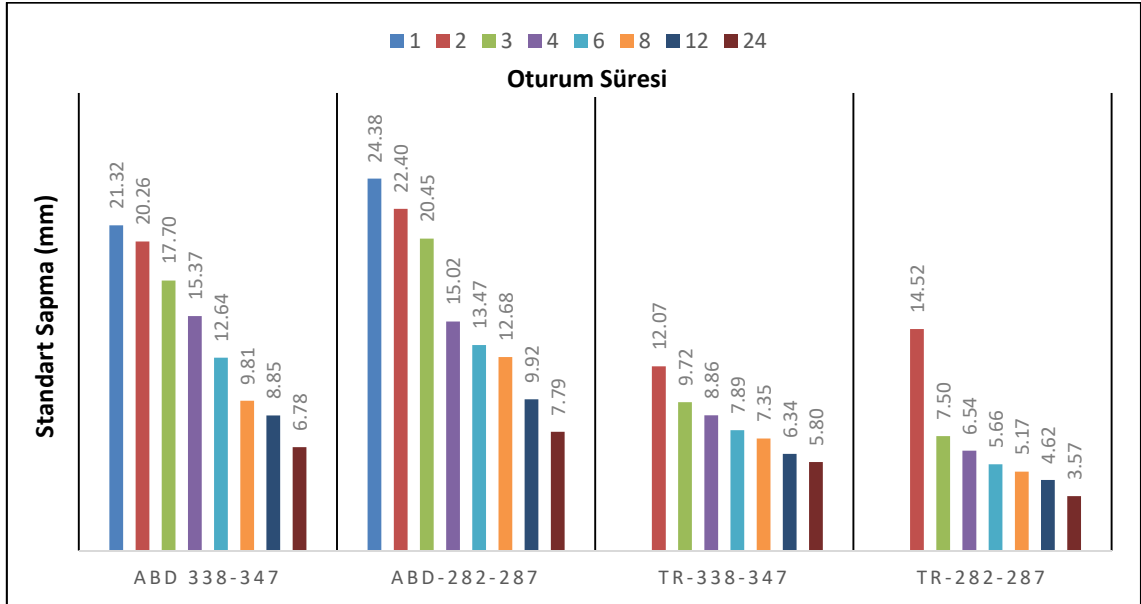
Şekil 7.16 OPUS uygulama-1 tüm sonuçlar (e) bileşeni için



Şekil 7.17 OPUS uygulama-1 tüm sonuçlar (e) bileşeni için



Şekil 7.18 OPUS uygulama-1 tüm sonuçlar (u) bileşeni için



Şekil 7.19 OPUS uygulama-1 tüm sonuçlar (u) bileşeni için

Şekil 7.14, 7.16 ve 7.18'deki grafiklerde Eckl vd tarafından 2001 yılında yapılan çalışmadan üç bileşen (n,e,u) için elde edilen tahmini doğruluk fonksiyonu ile T.Soler vd. [6] 2005 yılında 5 adet ABD CORS istasyonuna ait 2004 yılının Haziran ayında 30

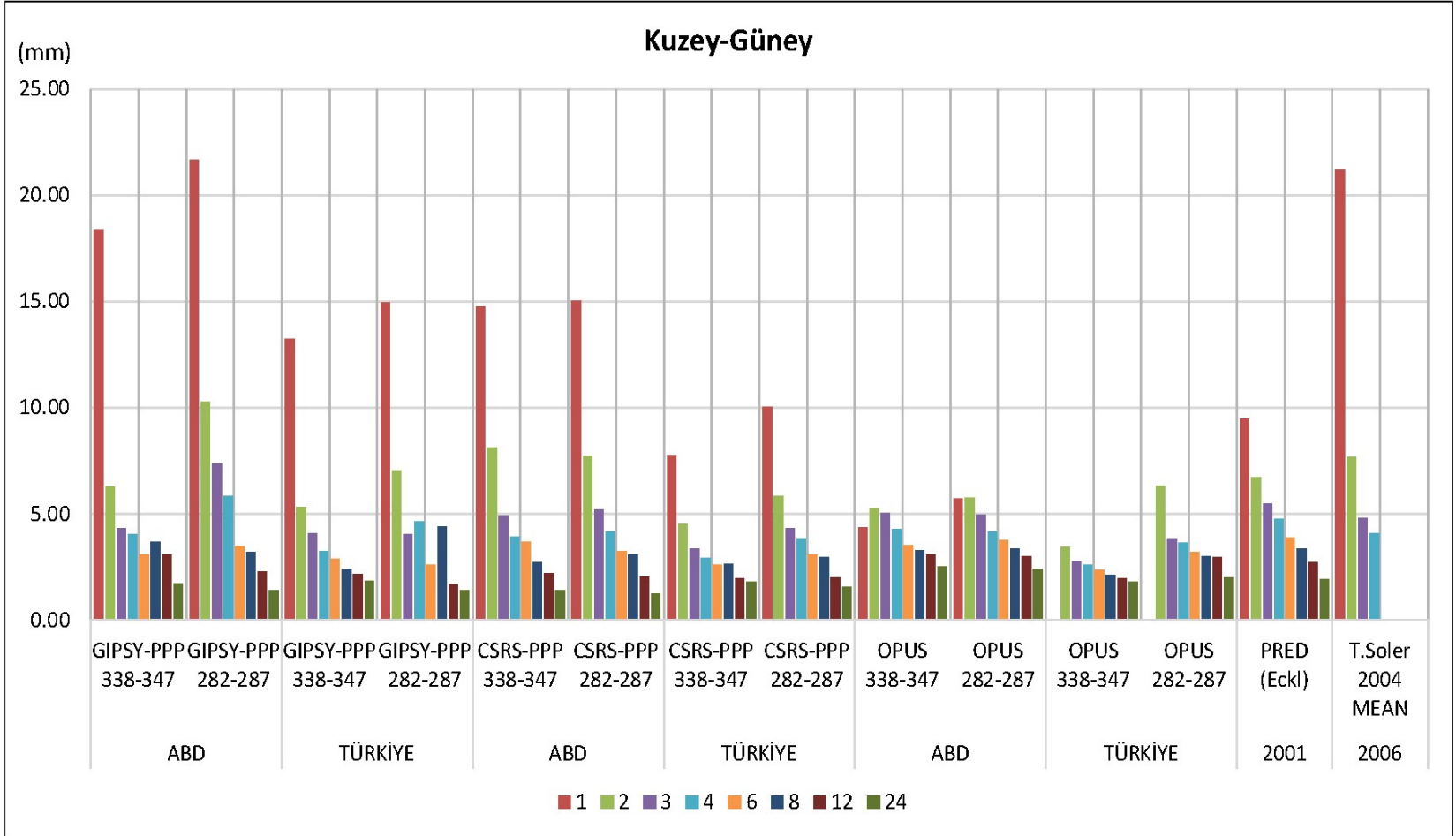
günlük gözlem verisini alt gözlem sürelerine (1,2,3 ve 4 saat) gruplayarak, gözlem süresine bağlı olarak konum doğruluğu üzerine OPUS (Online Konum Belirleme Servisi) kullanılarak elde edilen sonuçlara (Şekil 7.20’de sunulan değerler cm birimindedir.) ait değerlerde grafiğe eklenmiştir.

<i>T</i> (h)			GODE	MBWW	MIA3	SLAI	TCUN	MEAN	PRED
1	RMS	<i>n</i>	1.92	2.29	2.57	2.21	1.61	2.12	0.95
		<i>e</i>	5.28	5.86	8.10	6.85	5.21	6.26	0.99
		<i>u</i>	7.31	7.35	12.63	8.12	6.91	8.46	3.65
2	RMS	<i>n</i>	0.71	0.67	1.07	0.86	0.55	0.77	0.67
		<i>e</i>	1.63	1.45	3.62	2.32	1.52	2.11	0.70
		<i>u</i>	2.70	2.74	5.89	3.07	2.47	3.37	2.58
3	RMS	<i>n</i>	0.39	0.42	0.67	0.52	0.43	0.48	0.55
		<i>e</i>	0.60	0.43	1.48	1.05	0.77	0.87	0.57
		<i>u</i>	1.67	1.53	3.30	1.89	1.76	2.03	2.11
4	RMS	<i>n</i>	0.30	0.34	0.62	0.41	0.38	0.41	0.48
		<i>e</i>	0.83	0.37	0.83	0.60	0.54	0.63	0.50
		<i>u</i>	1.27	1.22	3.14	1.64	1.21	1.70	1.83

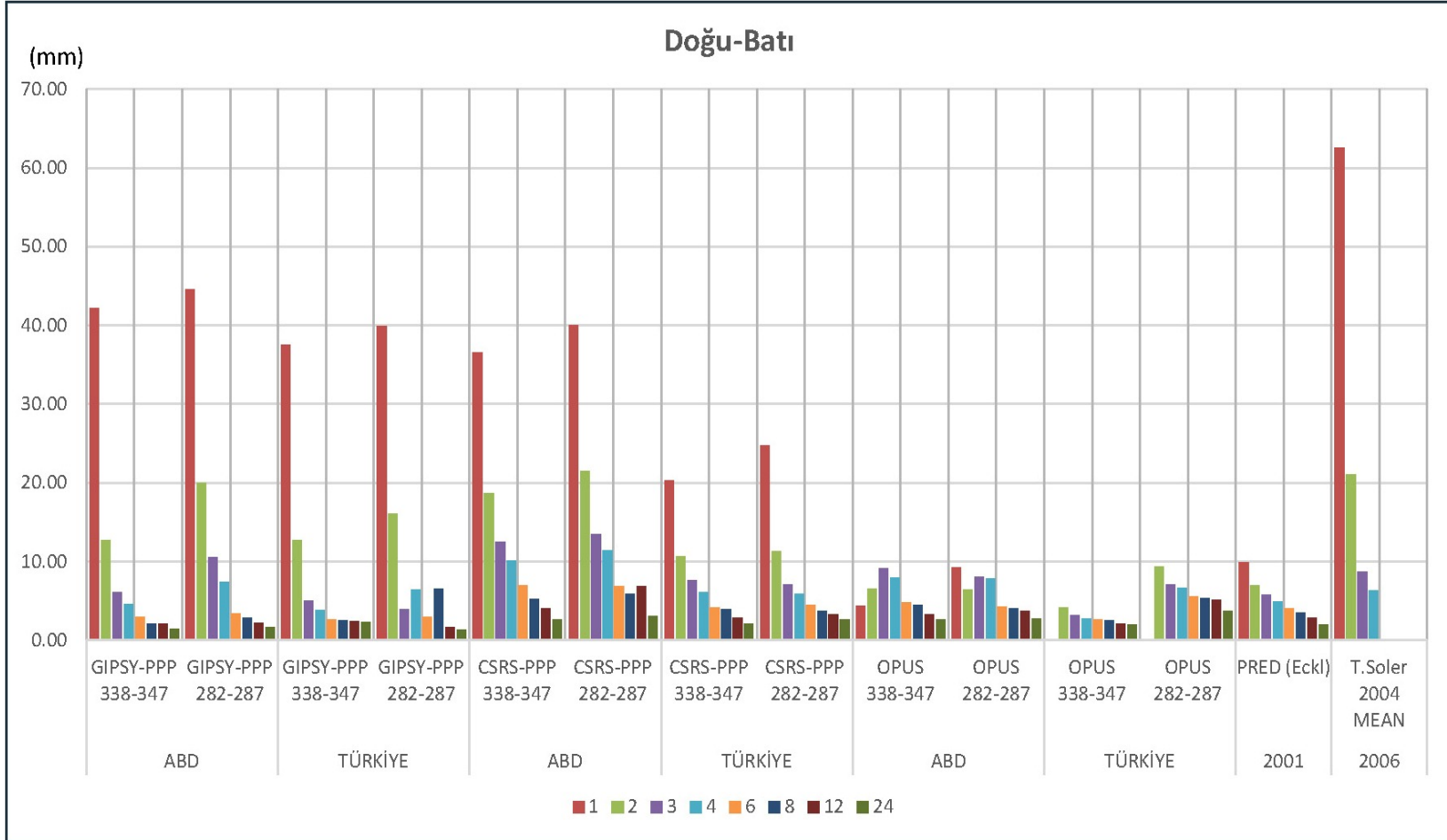
Şekil 7.20 Soler vd. 2005 çalışmasında elde ettiği değerler [6]

Uygulamanın 1. Kısmı için GIPSY-PPP, CSRS-PPP ve OPUS sonuçlarını hem ABD’deki istasyonlar (42 adet) hem de Türkiye’deki istasyonlar (17 adet) için 10 günlük (uygun iyonosfer) ve 6 günlük(daha kötü iyonosfer) belirlenen periyotlarda tüm sonuçları birlikte değerlendirdiğimizde her üç bileşen Kuzey (*n*), Doğu (*e*) ve Yükseklik (*u*) için aşağıdaki Şekil 7.21, 7.22 ve 7.23’deki, konum doğruluğu içinde Şekil 7.24’deki sonuçlar elde edildi.

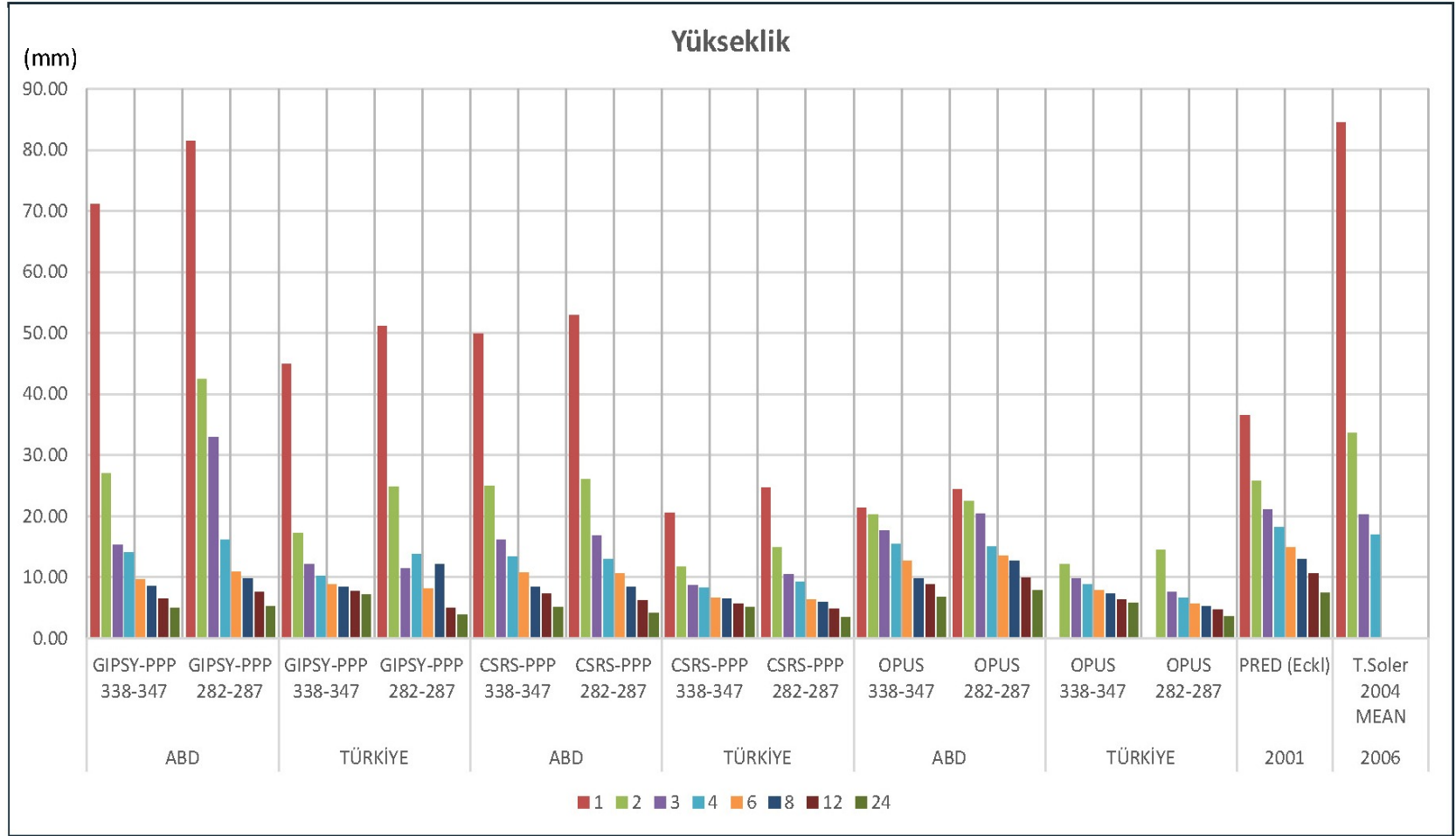
Şekil 7.21 Uygulama-1 GIPSY-PPP, CSRS-PPP, OPUS tüm çözüm sonuçları kuzey (n) bileşeni için

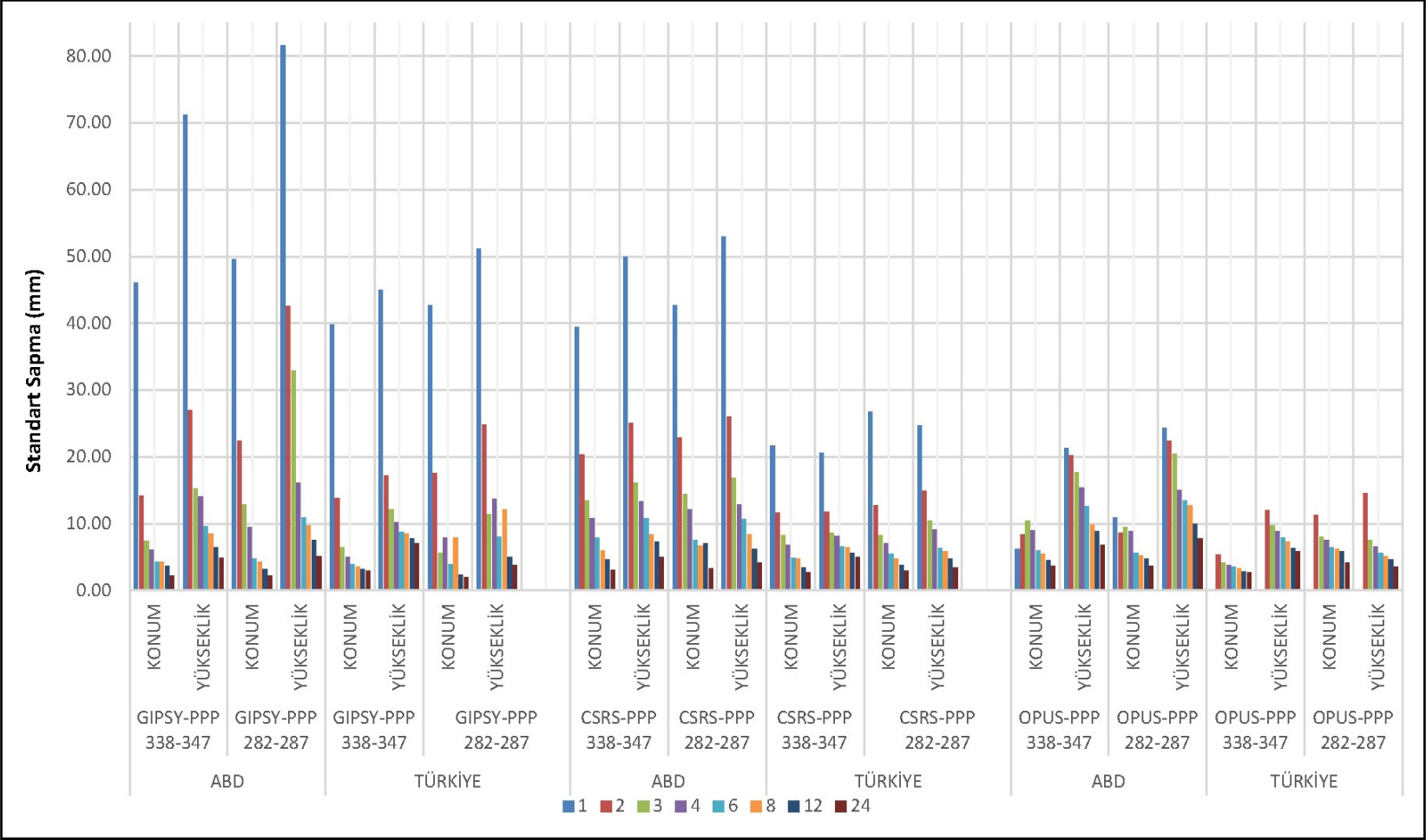


şekil 7.22 Uygulama-1 GIPSY-PPP, CSRS-PPP, OPUS tüm çözüm sonuçları doğu (e) bileşeni için



Şekil 7.23 Uygulama-1 GIPSY-PPP, CSRS-PPP, OPUS tüm gözüm sonuçları yükseklik (u) bileşeni için





Şekil 7.24 Uygulama-1 GIPSY-PPP, CSRS-PPP, OPUS tüm gözüm sonuçları konum ve yükseklik standart sapmaları

Akademik yazılım GIPSY-PPP ve web tabanlı servisler CSRS-PPP ve OPUS'dan planlanan ve uygulama sonunda elde edilen çözüm sayıları ve çözüm oranları Çizelge 7.3 'deki gibi gerçekleşmiştir.

Çizelge 7.3 GIPSY-PPP, CSRS-PPP ve OPUS planlanan ve gerçekleşen çözüm sayıları ve oranları

	GIPSY- PPP	GIPSY- PPP	ORAN	CSRS- PPP	CSRS- PPP	ORAN	OPUS	OPUS	ORAN
	<i>Plan.</i>	<i>Gerç.</i>		<i>Plan.</i>	<i>Gerç.</i>		<i>Plan.</i>	<i>Gerç.</i>	
ABD	41008	40272	%98	40320	39584	%98	40320	38985	%97
TR	16320	15916	%97	16320	15900	%97	16320	8709	%53
TOPLAM	57328	56188		56640	55484		56640	47694	

7.4 Uygulama-1 Analiz Sonuçları

Uygulamanın ilk adımı (Uygulama-1) olan akademik yazılım GIPSY-ppp (Ver 6.4), web tabanlı servisler CSRS-ppp ve OPUS ile kullanılacak bazlar için istasyonların 24 saatlik verilerinin 10 günlük ve 6 günlük ortalamalarından tüm istasyonların kesin değerleri X,Y,Z (ITRF 2008) elde edilmiştir. Sonuçların yorumlanması üç yazılım/uygulama üzerinde elde edilen toplam 159.366 adet değerlendirme sonucu ile gerçekleştirilmiştir.

Online uygulamalar için yıllar içerisinde yapılan değerlendirmelerde (grafiklerde sunulan 2001 Eckl vd ile 2005 T.Soler çözüm sonuçları) elde edilen konum doğruluğunun artmış olduğu belirlenmiştir. Konum doğruluğunun artışının nedeni, sadece yazılımlarda olan gelişmelere ilaveten, GPS yanında diğer uydu sistemlerinin devreye alınmış olması (uygulamamız açısından GLONASS datası da kullanılmıştır), modellemelerdeki iyileştirmeler, daha fazla etkiyi içeren modellerin değerlendirme sürecine dahil edilmesi ve yeni değerlendirme tekniklerinin uygulanması (PPP; Precise Point Positioning) olarak tanımlanabilir.

Yüksek doğruluk isteyen uygulamalarda daha önce kullanılması mümkün olmayan mutlak konum belirleme yönteminin PPP tekniği ile kayda değer bir ilerleme yaptığı saptanmıştır. Böylece tek bir alıcı ile de hassas konum bilgisine ulaşılabileceği görülmüştür (Şekil 7.21, 7.22, 7.23, 7.24).

PPP ya da bağıl değerlendirme yapılsa da iyonosferik aktivitenin artmasının (Uygulamamızda 282 ila 286 GPS günleri) sonuçlar üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu tespit edildi. Özellikle bu etkinin düşey bileşen üzerinde daha fazla olduğu görülmüştür (Şekil 7.21, 7.22, 7.23, 7.24).

Türkiye özelinde Marmara bölgesi İstanbul civarında kullanılan noktalardan yola çıkarak;

Uygulamanın ilk kısmındaki 3 yazılım ve web servisinde minimum 1 saatlik gözlem ile;

- 0.5 cm ila 5cm aralığında yatayda, 3 cm ila 9cm arasında düşeyde konum doğruluğuna ulaşılabilceği tespit edildi.
- 6 saatlik gözlem süresinden sonra iyonosferik etkinin gözlem süresinin artmasıyla oldukça düştüğü, ancak kısa süreli gözlemlerde dikkate alınması gerektiği tespit edilmiştir.
- Bu uygulamalardan herhangi birini kullanarak cm altında konum bilgisine ulaşmak için 12 saatlik gözlem yapılması gerektiği tespit edildi.

İnternet tabanlı GPS değerlendirme servisleri kullanılarak tek bir alıcı ile toplanan verilerden yeterli doğrulukta konum bilgisi elde edilebilmektedir. Bu servisler, mevcut tüm GPS alıcılarını bir gezici alıcıya dönüştürerek ölçmelerin üretkenliğini artırmakta, süresini düşürmektedir. Böylece toplamda saha çalışmalarının maliyeti önemli ölçüde azalmaktadır. Ancak saha çalışmalarıyla toplanan verilerin GPS değerlendirme servisleriyle hassas olarak değerlendirilebilmesi için IGS tarafından hassas yörünge dosyalarının (Hassas Efemeris; +/-2cm, 2hafta sonrasında, Hızlı efemeris; +/-5cm ertesi gün, ultra hızlı efemeris; +/-15cm, 90 dakika sonrasında) yayınlanması beklenmelidir. Ölçüm yapar yapmaz yukarıda bahsedilen doğruluklara ulaşmak mümkün değildir.

Ülkemizdeki tescile esas olarak üretilen harita ve harita bilgileri açısından referans olarak kabul edilen “Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgilerinin Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY)”ni 26 Haziran 2018 tarihli ve 30460 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmişti. Bahsi geçen yönetmeliğimize göre GNSS tekniği ile ülkemizde yürütülmekte olan jeodezik çalışmalarda;

C1 Derece Noktalar (AGA; Ana GPS Ağı) için en az 3 noktadan en fazla 30km'lik bazlardan oluşan, minimum eş zamanlı 6 uydudan kayıt yapabilen çift frekanslı alıcılar ile 15" saniye ya da daha az kayıt aralığında, 10°'lik uydu yüksekliğinde, en az 2 saat oturum yapılması koşuluyla, *"C1 derece ağı, TUTGA/TUSAGA-Aktif noktalarının ölçme anındaki TUREF koordinatları değişmez alınarak dengelenir. Dengeleme sonucunda nokta jeodezik koordinatları (ϕ, λ, h) ve standart sapmaları ($\sigma_\phi, \sigma_\lambda, \sigma_h$) hesaplanır. Bu hesap sonucunda; $\sigma_\phi, \sigma_\lambda < \pm 3.0$ cm, $\sigma_h < \pm 5.0$ cm olmalıdır."* (Yönetmelik Madde 14-15).

C2 Derece Noktalar (SGA; Sıklaştırma GPS Ağı) için en az 2 bağımsız bazdan oluşan 15km'ye kadar, en az eş zamanlı 5 uyduyu gözlemleyebilen tek ya da çift frekanslı alıcılar ile en az 1 saatlik (tek frekanslı alıcılar için 90dakika) oturum yapılması koşuluyla *"TUTGA/TUSAGA-Aktif ve C1 noktalarının ölçme epoğundaki koordinatları değişmez alınarak, C2 noktalarının ölçme epoğundaki jeodezik (ϕ, λ, h) koordinatları ve standart sapmaları ($\sigma_\phi, \sigma_\lambda, \sigma_h$) farklı zamanlarda yapılan kayıtların birlikte değerlendirilmesiyle hesaplanır. Değerlendirme sonucunda; $\sigma_\phi, \sigma_\lambda < \pm 4.0$ cm, $\sigma_h < \pm 5.0$ cm olmalıdır."* (Yönetmelik Madde 19-20).

C3 Derece Noktalar (ASN; Alım için Sıklaştırma Noktaları) en az 2 bağımsız baz ile en fazla 10km'ye kadar, en az eş zamanlı 5 uyduyu gözlemleyebilen tek ya da çift frekanslı alıcılar ile en az 20 dakikalık (tek frekanslı alıcılar için 30dakika, 5km'den büyük bazlarda her bir km için ilave 3 dakika, tek frekans için 5 dakika) oturum yapılması koşuluyla *"C3 nokta koordinatları, bağlantı noktalarının referans epoğundaki koordinatları değişmez alınarak hesaplanır, Değerlendirme sonucunda; $\sigma_\phi, \sigma_\lambda < \pm 5.0$ cm $\sigma_h < \pm 6.0$ cm olmalıdır."* (Yönetmelik Madde 22).

C4 Poligon Noktalarında, noktalarının koordinatları; C1, C2 ve C3 noktalarına dayalı statik, hızlı statik, kinematik veya gerçek zamanlı kinematik yöntemlerden biriyle, en fazla 5km baz uzunluğunda, en az 10dakikalık oturum ile belirlenebilir. Ölçümler, en az iki referans noktasına dayalı olarak hesaplanan noktanın konum doğruluğu yatayda ve düşeyde ± 8 cm (dahil)'den daha iyi olmalıdır." (Yönetmelik Madde 27).

Detay Noktalarında, en fazla 5km baz uzunluğunda en az 3 epok olarak ölçülmeli ve yatay konum doğruluğu ± 7 cm, ortometrik yükseklik doğruluğu ± 7 cm'den iyi olmalıdır (Yönetmelik Madde 46).

BÖHHBÜY'nin "**TUSAGA-Aktif İstasyonları ile Baz Uzunluğuna Bağlı Olmaksızın Statik Ölçü Yöntemi Kullanılarak Nokta Koordinatlarının Belirlenmesi**" başlıklı 23.Maddesinde; C1, C2, C3 ve C4 derece noktaların; en az üç adet TUSAGA-Aktif referans istasyonu ve yörünge doğruluğu ± 3 cm ve daha doğru olan hassas yörünge bilgileri kullanmak ve ölçümü yapılan her noktanın yönetmelikte tanımlı derecesine göre GNSS ölçümü yapmak, karşılık geldiği ilgili C derece noktanın yer seçimi, tesis ve doğruluk ölçütlerine uymak şartıyla baz uzunluğuna bağlı olmaksızın üretilebilir." denilmektedir.

BÖHHBÜY'nin Yönetmeliğin 29. Maddesinde noktaların helmert ortometrik yükseklikleri geometrik nivelman, trigonometrik nivelman veya **GNSS nivelmanı** yöntemlerinden biriyle belirlenebileceği ifade edilmiş, "Bağlantı Nivelmanı" başlıklı 31.Madde de;

"(1) Sıklaştırma alanında TUDKA99'un I. veya II. derece noktaları yoksa bu ağa bağlantıyı sağlayacak "bağlantı nivelmanı" yapılır. Bağlantı nivelmanı, geometrik nivelman veya **GNSS nivelmanı yöntemiyle** yapılabilir." Aynı maddenin (b) bendinde;

"GNSS nivelmanı ile bağlantı: Proje alanının 20 km'ye kadar yakınından geçen I. veya II. derece nivelman geçkisinin bulunmaması durumunda; bir nivelman noktasından başlayarak, başka bir nivelman noktasına dayanacak şekilde noktalar arası uzaklıkları 15 km'yi geçmeyecek bir GNSS nivelman geçkisi oluşturulur. Geçki noktaları, hem geometrik nivelman hem de GNSS ölçümlerine olanak sağlayacak şekilde ek-4'e uygun ana nivelman noktası olarak tesis edilir ve numaralandırılır. Geçki noktalarında C1 derece ölçüm ve doğruluk ölçütlerini sağlayacak şekilde (en az 2 saat gözlem) GNSS ölçüm ve değerlendirmeleri yapılır. Ancak I. veya II. derece nivelman geçkisinin, proje alanına 20 km'den yakın olması halinde de arazi eğiminin %25'ten fazla ve ulaşımın güç olduğu durumlarda, İdarenin onayı alınarak GNSS nivelmanı bağlantısı yapılabilir. TGyy kullanılarak bu noktalar arasındaki Helmert ortometrik yükseklik farkı ($AH=A_h-A_N$) elde edilir. " denilmektedir.

BÖHHBÜY'nin Yönetmeliğin 38.Maddesinde bağlantı nivelmanı için kapanma değeri;
 $w_{[mm]} \leq 12\sqrt{S_{[km]}}$ olarak belirlenmiştir.

Uygulamanın ilk aşamasında kullanılan yazılımlardan ya da servislerden birini kullanarak yönetmeliğin beklediği doğruluklara ulaşabilmek için en az 2 saat ölçme yapılması gerekmektedir. Ancak yönetmelikte 2018 yılında yapılan son değişiklikle bağıl değerlendirme dışında bir yöntemin ülke jeodezi ağlarında yapılacak gözlemlerin değerlendirme yöntemi olarak kullanılabileceğinden bahsedilmemektedir.

IGS tarafından 2-3mm yatayda ve 3-5mm düşeyde konum doğruluğu “yüksek hassasiyetli standart” olarak belirlenmiştir. Bu standart genellikle çok yüksek doğruluk istenen yer kabuğu hareketleri, deformasyon ölçmeleri, IGS ölçeğinde yapılan ölçmeler vb. gibi çalışmalarda ulaşılması istenilen standartı ifade etmektedir. Bu yüksek standarta ulaşılması için değerlendirmeler genelde bağıl olarak yapılmakta ve oturum süreleri oldukça uzun olmaktadır.

Uygulamanın ilk kısmında kullanılan 3 uygulama yatayda en az 12 saat, düşeyde ise 24 saatlik gözlem ile IGS tarafından tanımlanan “yüksek hassasiyetli standart”a ulaşılabilir. Dünya üzerinde tek bir alıcı ile de yüksek doğruluklu çalışmalar için gerekli olan konum doğruluğuna giriş kısmında bahsedildiği gibi yıllar içinde ulaşılmış olduğu belirlenmiştir.

7.5 TOPCON MAGNET Çözümleri

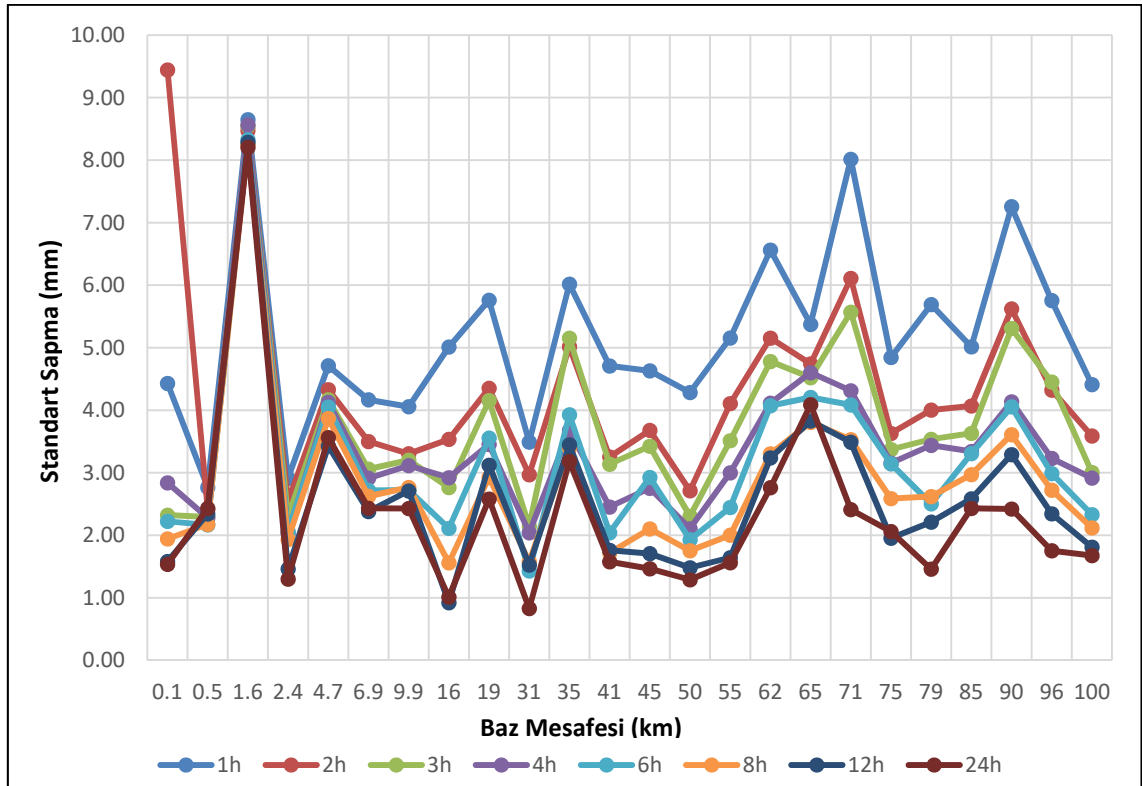
Uygulamanın 2. kısmı için ticari yazılım çözüm sonuçlarının irdelenmesi amacıyla oluşturulan Amerika’da bulunan ilk istasyonlar grubundan (Çizelge 6.1, Şekil 6.3) tespit edilen 25 adet baz ve Türkiye’de tespit edilen istasyonlar grubundan (Çizelge 6.2, Şekil 6.5) tespit edilen 19 adet bazda, istasyonlar arası yükseklik farkı sabit tutularak, artan baz mesafesine ve gözlem süresine bağlı olarak yapılan değerlendirmeler sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Deney kısmı için planlanan değerlendirme sayıları ile gerçekleştirilen değerlendirme sayıları aşağıda Çizelge 7.4 ‘de sunulmuştur.

Çizelge 7.4 Topcon Magnet artan baz mesafesine (ΔS) bağlı olarak tasarlanan deneyde planlanan ve gerçekleşen çözüm sayıları ve oranları

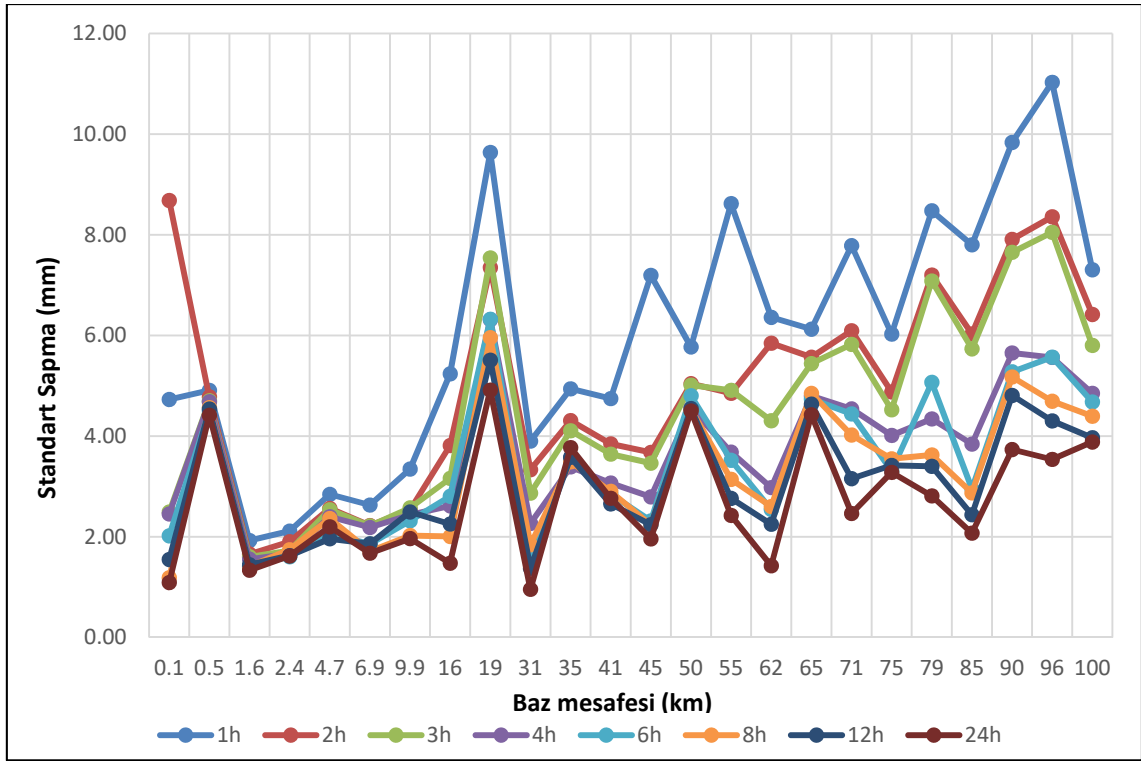
İSTASYONLAR VE BAZLAR	TİCARİ	TİCARİ	Gerçekleşme Yüzdesi
	TOPCON-Magnet Tasarlanan Değerlendirme	TOPCON-Magnet Gerçekleşen Değerlendirme	
TİCARİ YAZILIM UYGULAMA 2.KISIM (ΔS Etkisi)			
ABD 42İstasyon 25 Baz	24000	23620	%98
TÜRKİYE 17 İstasyon 19 Baz	18240	17859	%98
TOPLAM DEĞERLENDİRME		41479	

7.5.1 Uygulama-2 Baz Çözüm Sonuçları

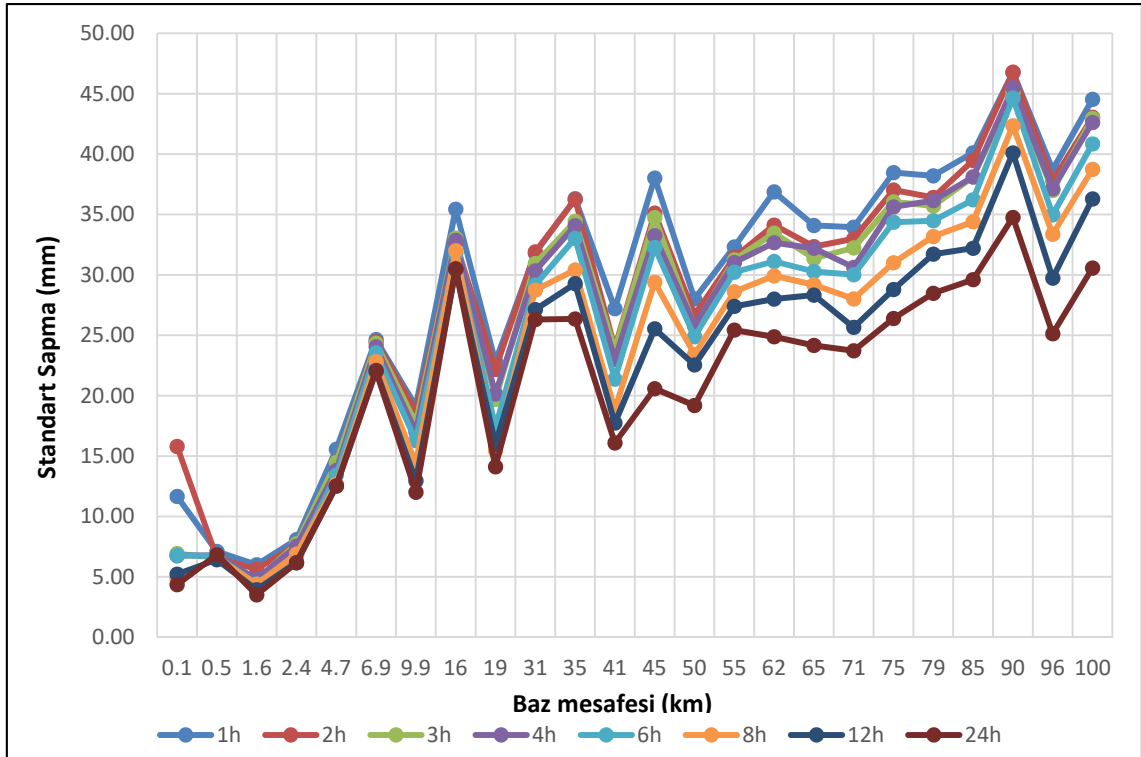
ABD’de tespit edilen bazlara ait 2012 Aralık ayı 10 günlük (338 ila 347. GPS günleri) yapılan değerlendirmeler üç bileşen kuzey (n), doğu (e) ve yükseklik (u) için çözüm sonuçları Şekil 7.25, Şekil 7.26 ve Şekil 7.27’de aşağıda sunulmuştur.



Şekil 7.25 Topcon Magnet uygulama-2 10 günlük ABD bazlar (n) bileşeni sonuçları

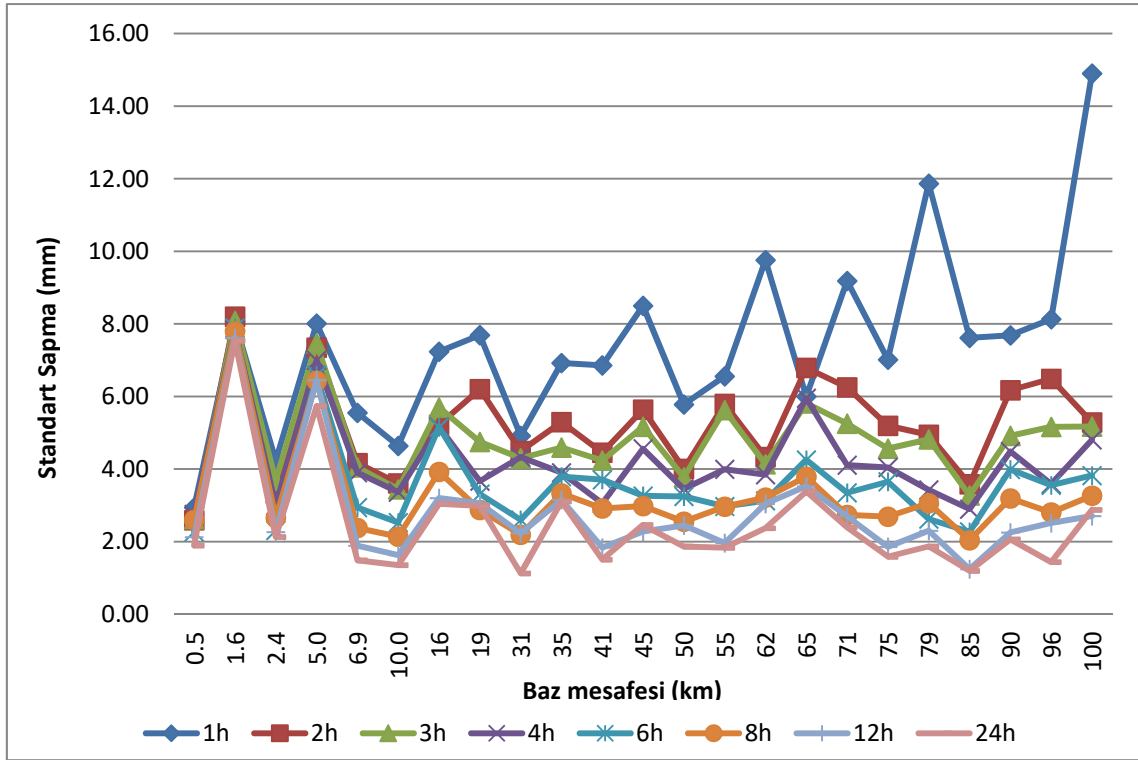


Şekil 7.26 Topcon Magnet uygulama-2 10 günlük ABD bazlar (e) bileşeni sonuçları

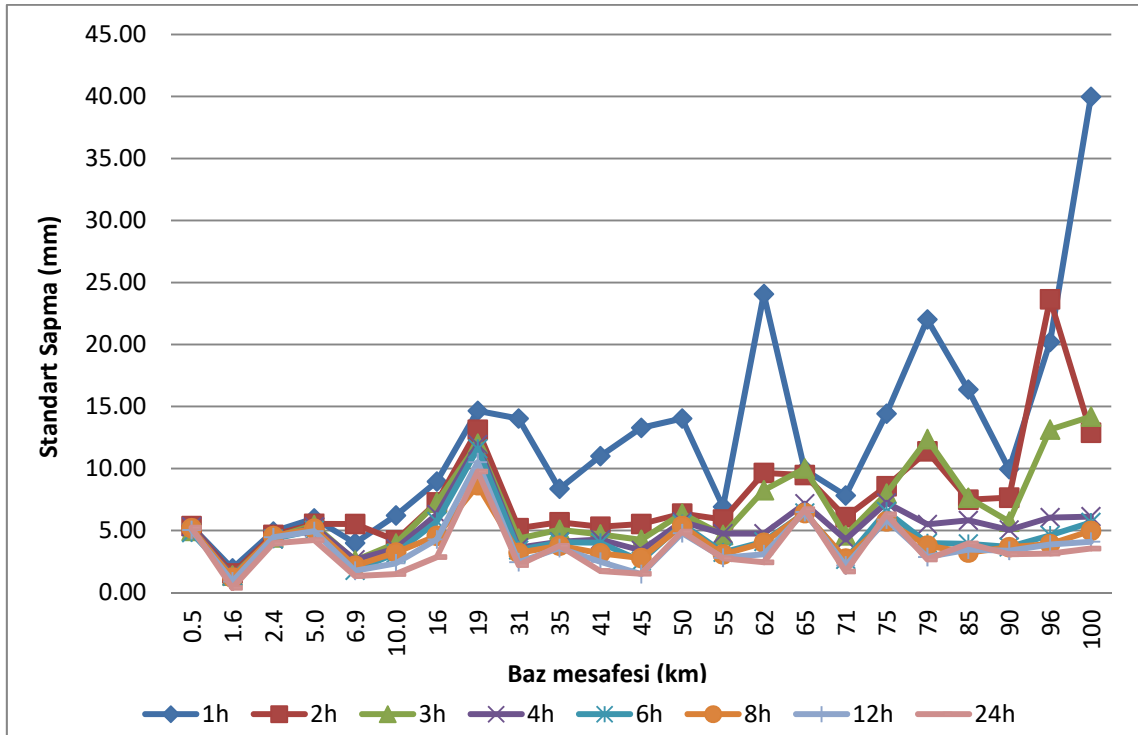


Şekil 7.27 Topcon Magnet uygulama-2 10 günlük ABD bazlar (u) bileşeni sonuçları

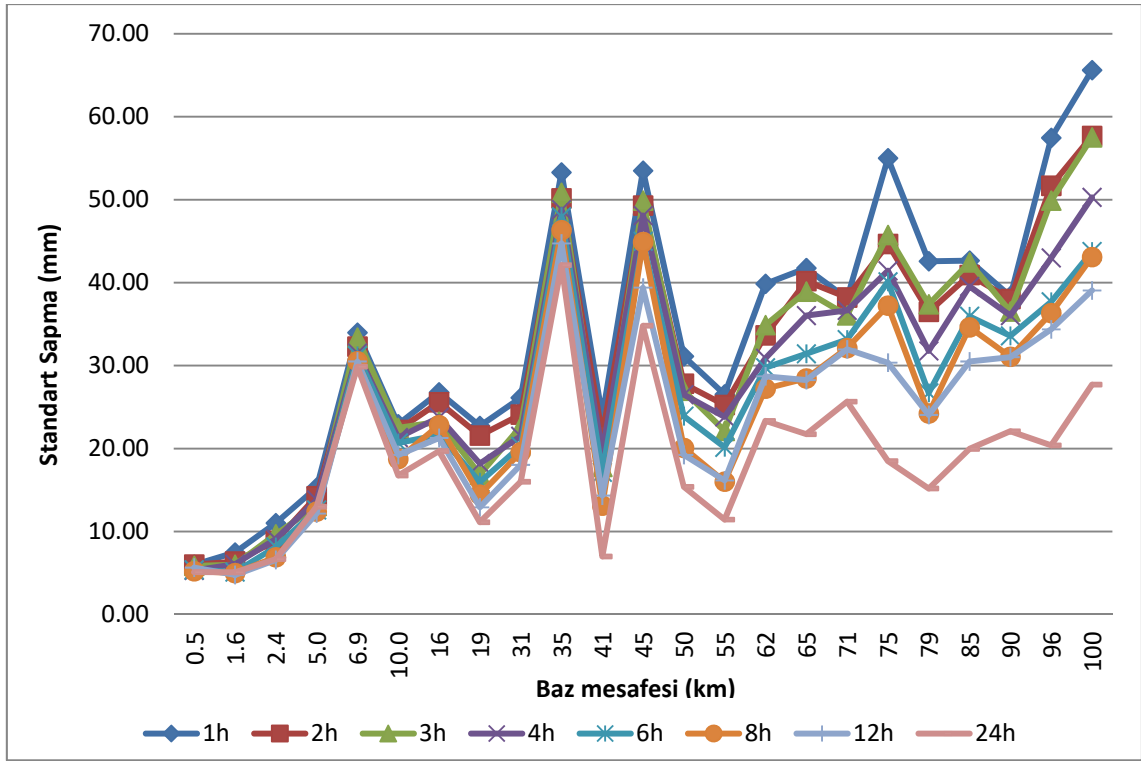
ABD’de tespit edilen bazlara ait 2012 Ekim ayı 6 günlük (282 ila 287. GPS günleri) yapılan değerlendirmeler üç bileşen kuzey (n), doğu (e) ve yükseklik (u) için çözüm sonuçları Şekil 7.28, Şekil 7.29 ve Şekil 7.30’da aşağıda sunulmuştur.



Şekil 7.28 Topcon Magnet uygulama-2 6 günlük ABD bazlar (n) bileşeni sonuçları

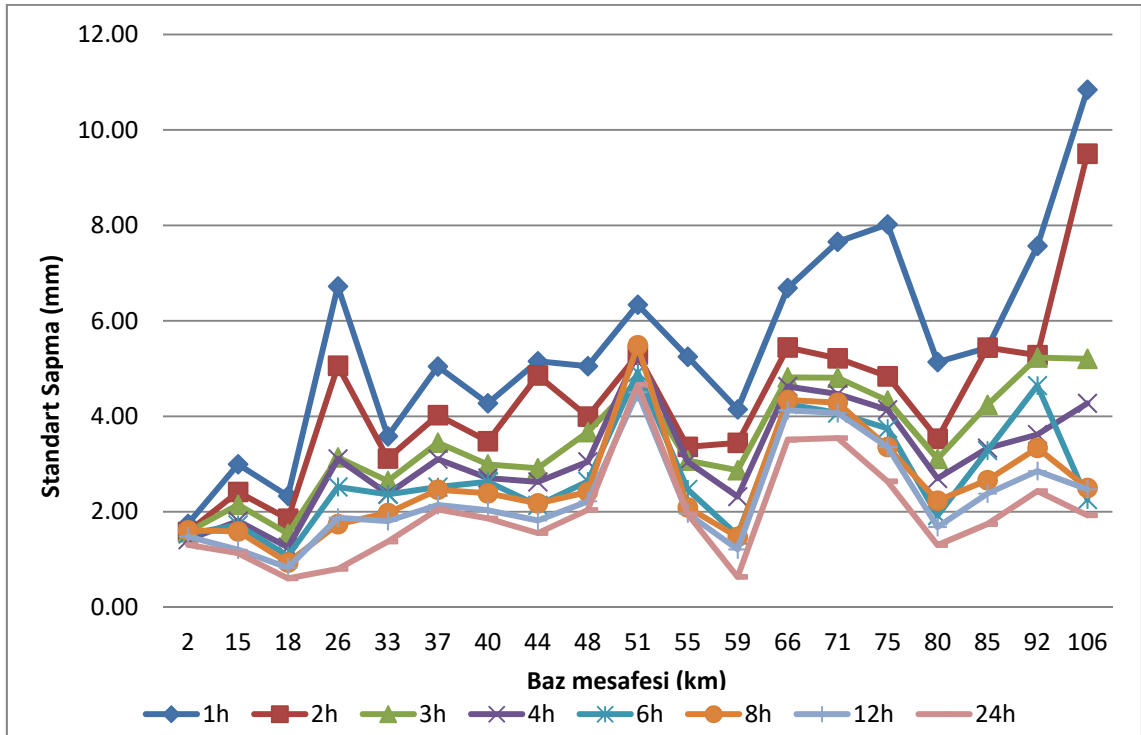


Şekil 7.29 Topcon Magnet uygulama-2 6 günlük ABD bazlar (e) bileşeni sonuçları

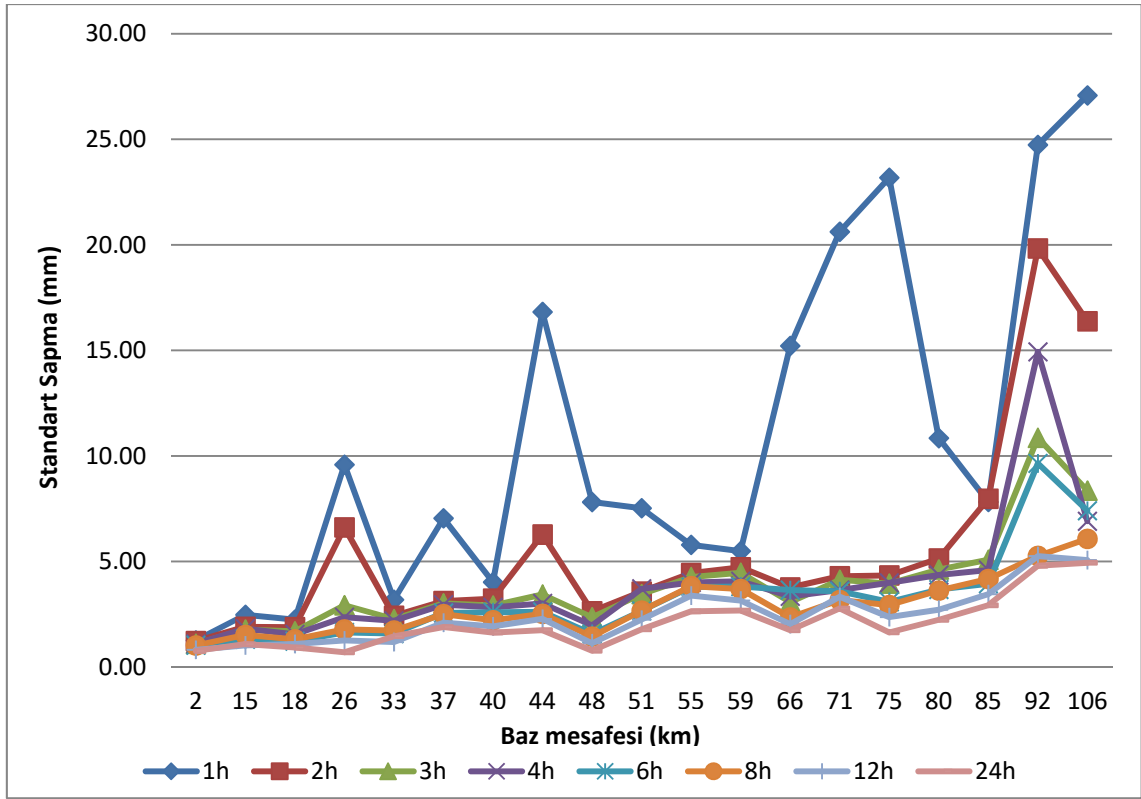


Şekil 7.30 Topcon Magnet uygulama-2 6 günlük ABD bazlar (u) bileşeni sonuçları

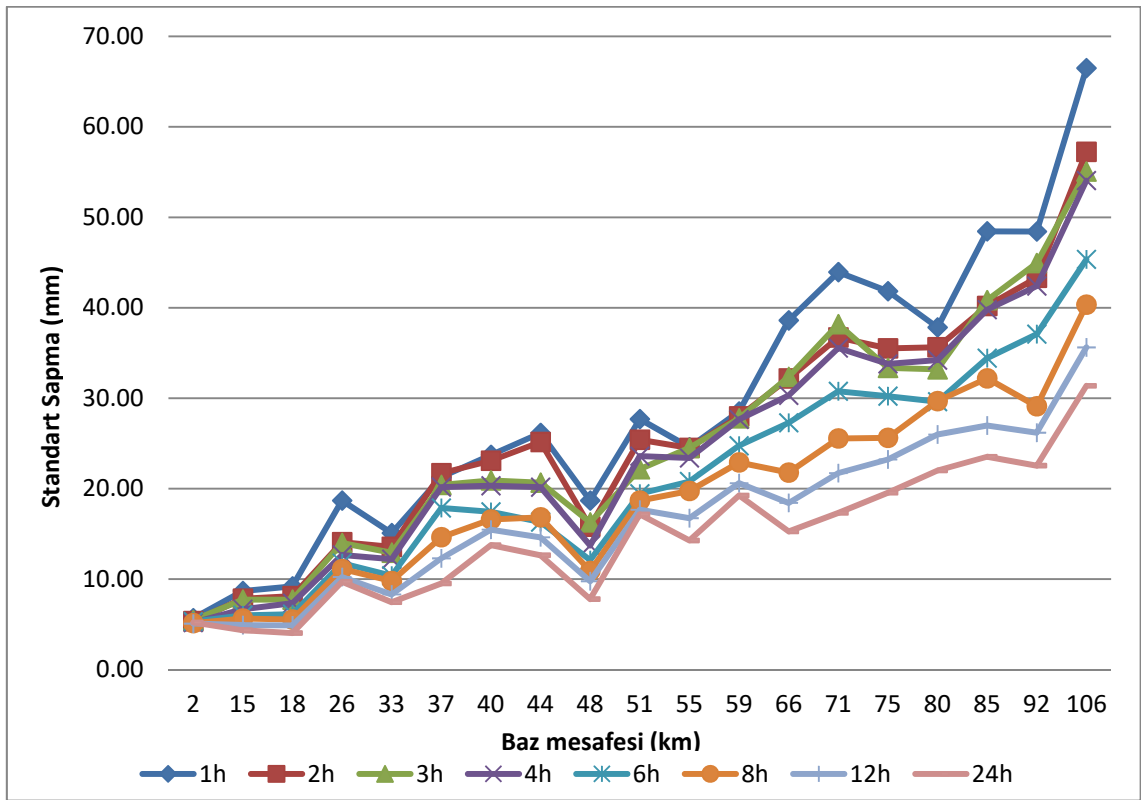
Türkiye’de tespit edilen bazlara ait 2012 Aralık ayı 10 günlük (338 ila 347. GPS günleri) yapılan değerlendirmeler ve üç bileşen kuzey (n), doğu (e) ve yükseklik (u) için çözüm sonuçları Şekil 7.31, Şekil 7.32 ve Şekil 7.33’de aşağıda sunulmuştur.



Şekil 7.31 Topcon Magnet uygulama-2 10 günlük Türkiye bazlar (n) bileşeni sonuçları

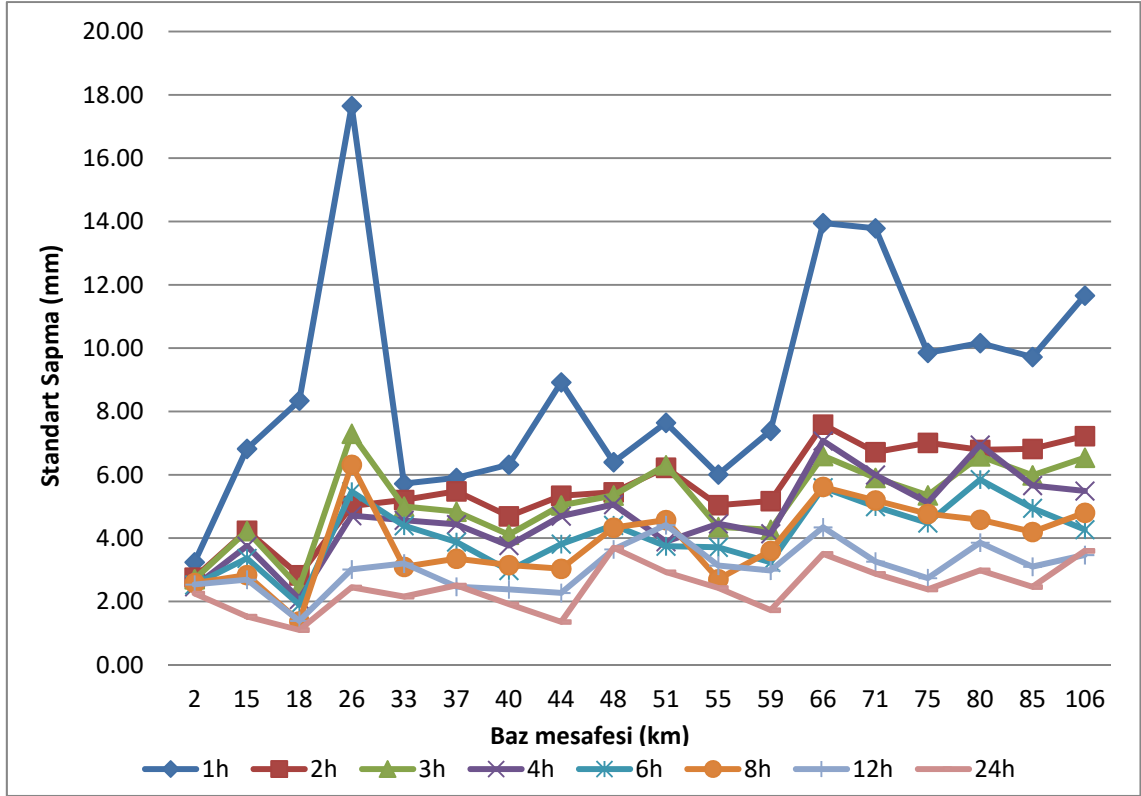


Şekil 7.32 Topcon Magnet uygulama-2 10 günlük Türkiye bazlar (e) bileşeni sonuçları

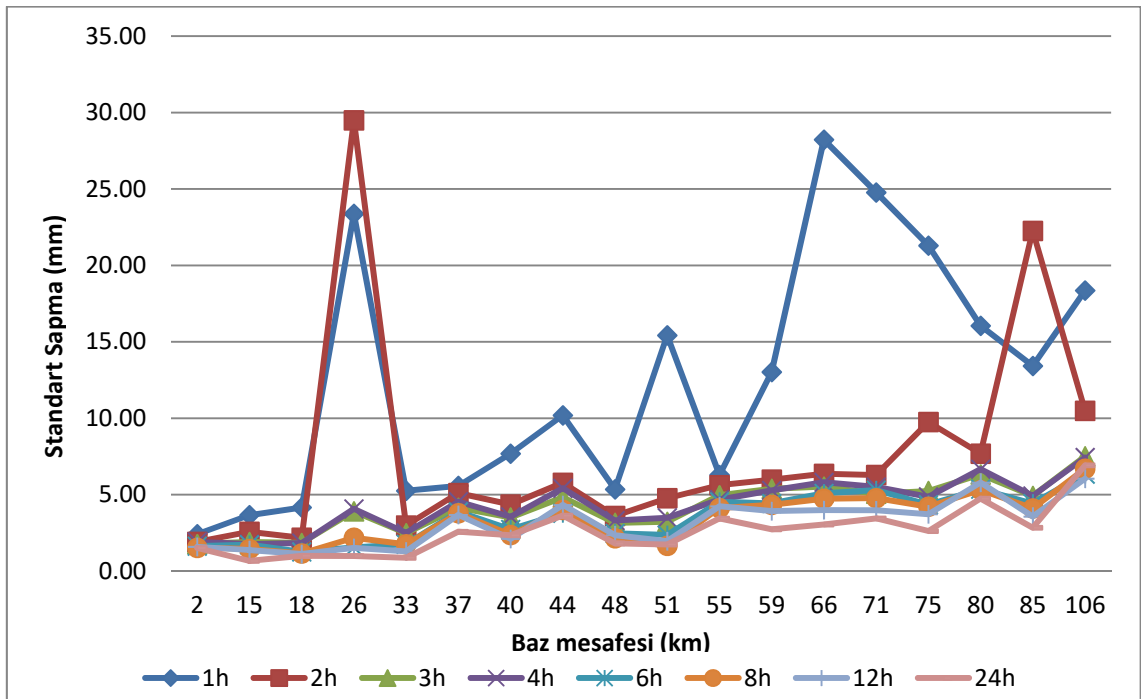


Şekil 7.33 Topcon Magnet uygulama-2 10 günlük Türkiye bazlar (u) bileşeni sonuçları

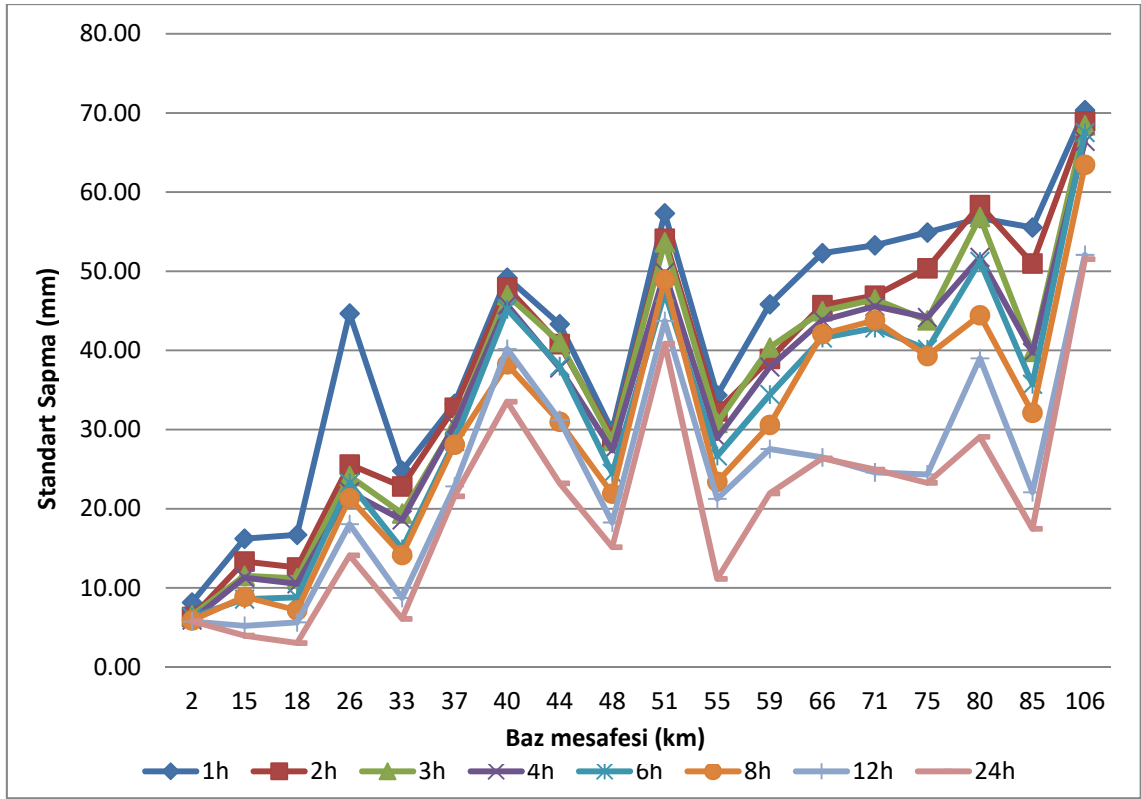
Türkiye’de tespit edilen bazlara ait 2012 Ekim ayı 6 günlük (282 ila 287. GPS günleri) yapılan değerlendirmeler ve üç bileşen kuzey (n), doğu (e) ve yükseklik (u) için çözüm sonuçları Şekil 7.34, Şekil 7.35 ve Şekil 7.36’da aşağıda sunulmuştur.



Şekil 7.34 Topcon Magnet uygulama-2 6 günlük Türkiye bazlar (n) bileşeni sonuçları

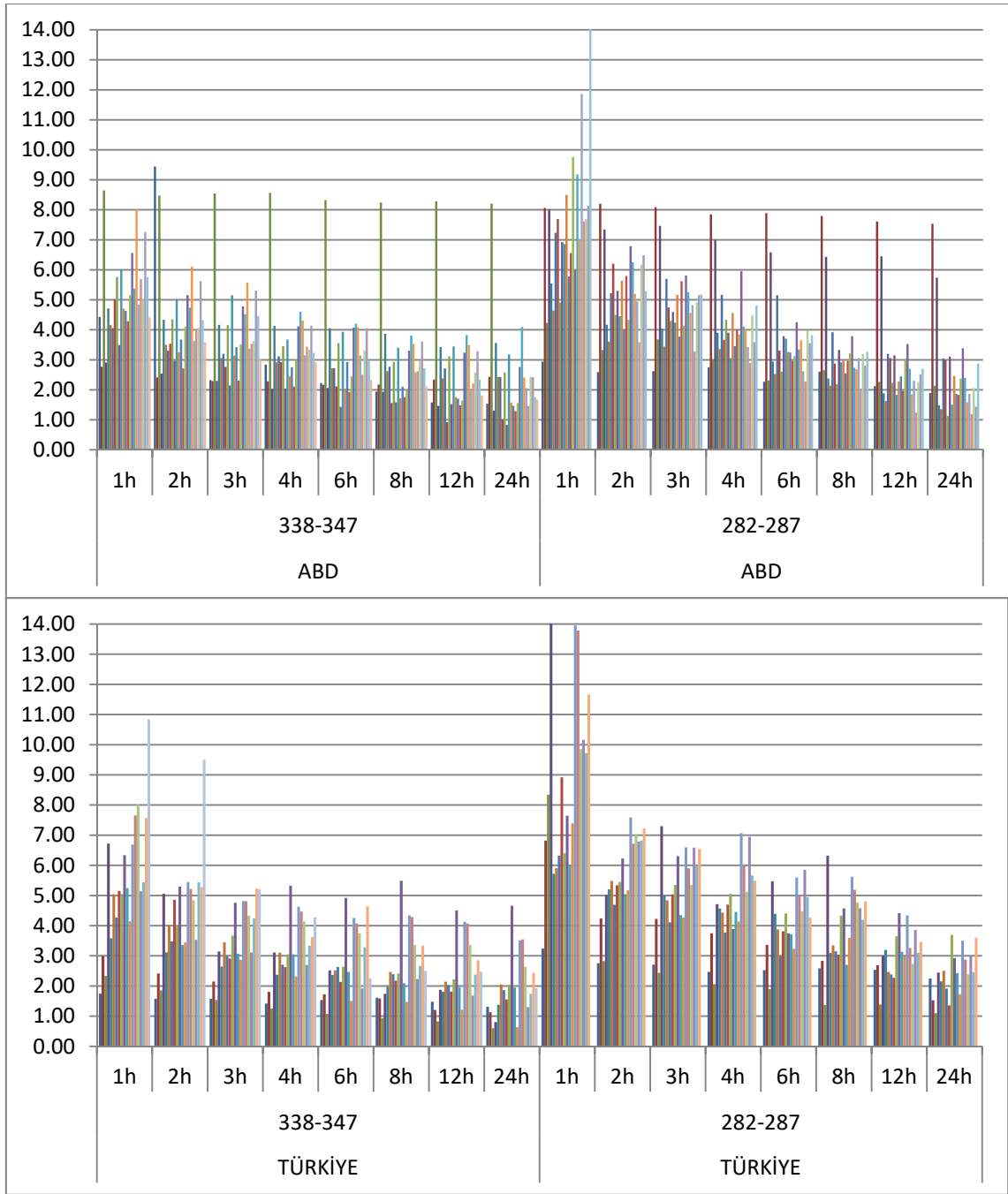


Şekil 7.35 Topcon Magnet uygulama-2 6 günlük Türkiye bazlar (e) bileşeni sonuçları

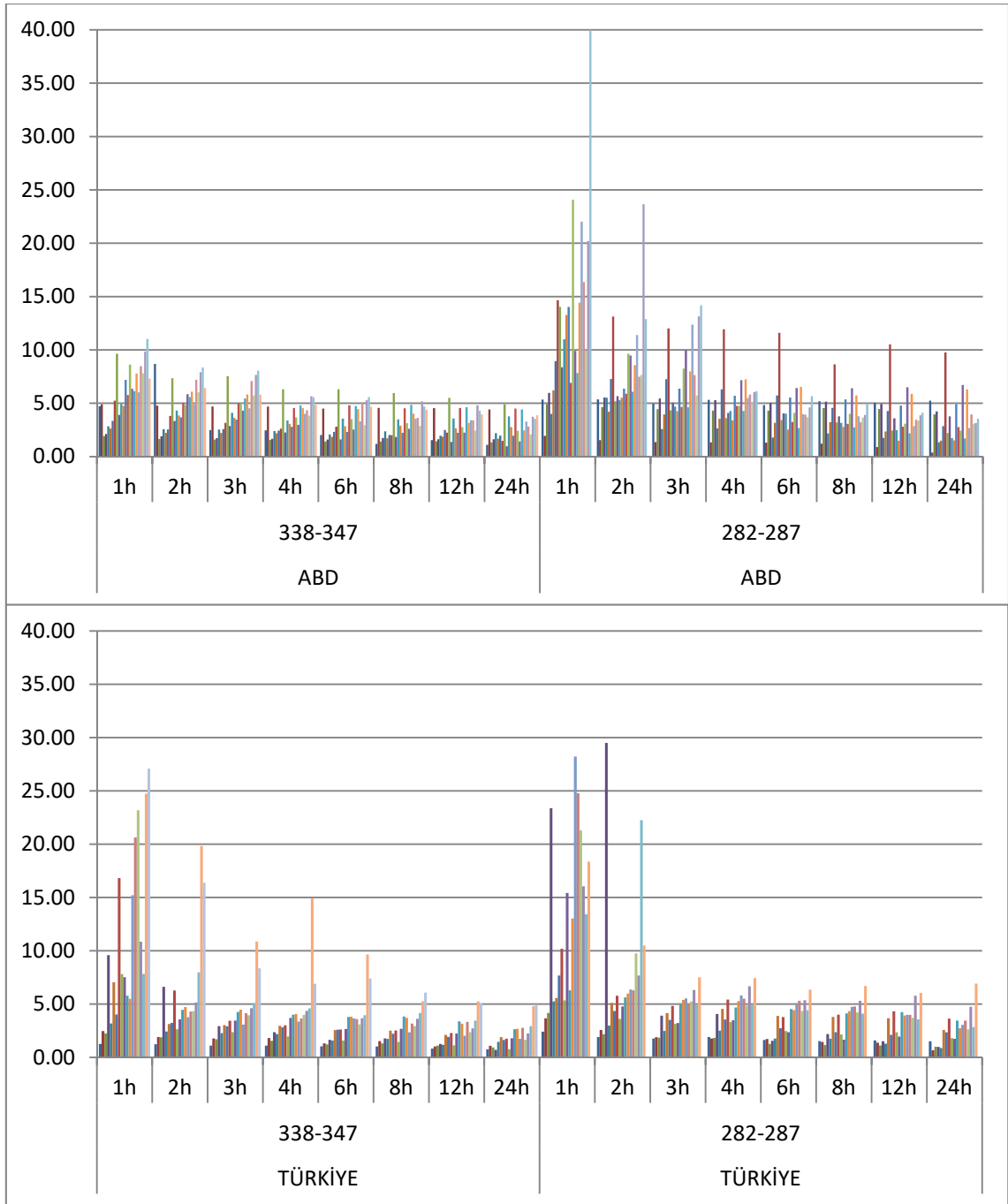


Şekil 7.36 Topcon Magnet uygulama-2 6 günlük Türkiye bazlar (u) bileşeni sonuçları

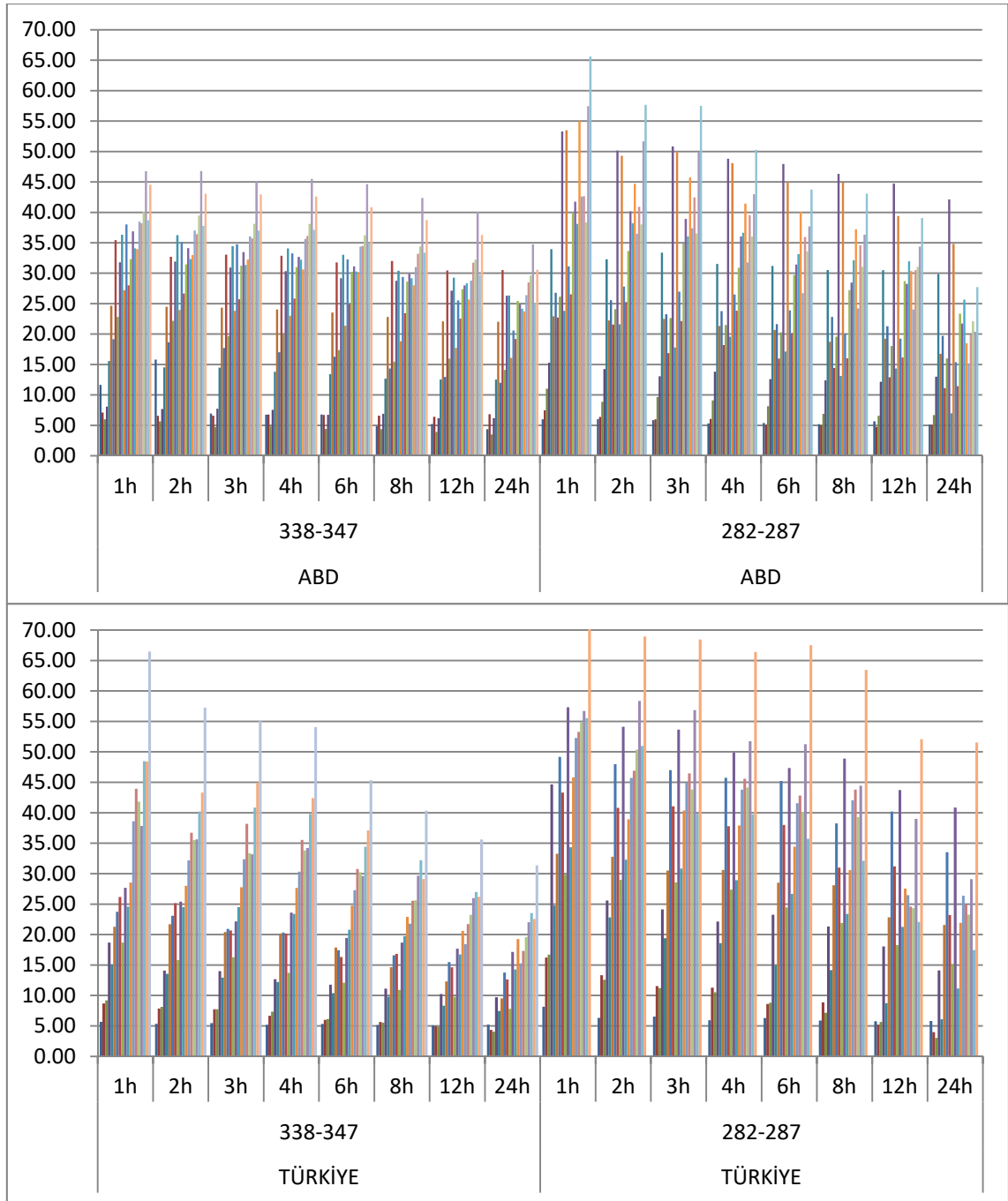
ABD’de ve Türkiye’de tespit edilen tüm bazların 10 günlük ve 6 günlük değerlendirme sonuçlarının birlikte sunumu 3 bileşen (n,e ve u) için Şekil 7.37, Şekil 7.38 ve Şekil 7.39’da aşağıda sunulmuştur.



Şekil 7.37 Topcon Magnet uygulama-2 ABD ve Türkiye tüm bazlar için (n) bileşeni sonuçları



Şekil 7.38 Topcon Magnet uygulama-2 ABD ve Türkiye tüm bazlar için (e) bileşeni sonuçları



Şekil 7.39 Topcon Magnet uygulama-2 ABD ve Türkiye tüm bazlar için (u) bileşeni sonuçları

7.5.2 Uygulama-2 Analiz Sonuçları

Tezin ana konusu olan ticari yazılımların konum belirleme doğruluğunun tespiti ile IGS standartları, ülkemizdeki jeodezik gözlem ve değerlendirmeler konusunda standartları belirleyen yönetmeliğin ve gündelik kullanıcılar açısından, kısım kısım ele alınan ve Bölüm 6 ve Bölüm 7’de uygulama adımları ile elde edilen sonuçları irdelediğimizde;

GNSS değerlendirme yazılımlarına dair araştırmaların ağırlıklı olarak akademik/bilimsel ve son yıllarda hayatımıza giren online/web değerlendirme servisleri üzerinde yoğunlaştığı ve bu servislerinde arka planında ağırlıklı olarak akademik/bilimsel yazılım kullandığı dikkate alındığında ticari yazılımlar açısından araştırmaların oldukça az olduğu görülmektedir.

Uygulama-2 olarak Bölüm 6 ve Bölüm 7.5.1’de sunulan deneyde, hem Amerika Birleşik Devletleri’nde hem de Türkiye’de istasyonlar arası yükseklik farkının sabit ya da minimum tutularak, 0 km’den 100km’ye artan baz mesafesinde ve farklı oturum sürelerinde (1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 ve 24saat) baz değerlendirme sonuçlarını (41479 toplam değerlendirme) irdeleğinde;

1. 0’dan 100km’ye kadar artan baz mesafesinde yatay bileşenler Kuzey (n) ve Batı (e) grafikleri şekil 7.25, 7.26, 7.28, 7.29, 7.31, 7.32, 7.34, 7.35’de görüleceği üzere yatay bir trend içinde oldukları, bu bileşenler üzerindeki doğruluğun baz mesafesinden daha çok oturum süresine bağlı olduğu,
2. Yatay bileşenler Kuzey (n) ve Batı (e)’nın baz mesafesine bağlı oluşunun akademik/bilimsel yazılımlar için yapılan araştırma sonuçları ile benzer yapıda olduğu,
3. Ancak 1 ve 2 saatlik oturum sürelerinin yukarıda bahsedilen grafikler şekil 7.25, 7.26, 7.28, 7.29, 7.31, 7.32, 7.34, 7.35’de görüleceği üzere diğer oturum sürelerine (3, 4, 6, 8, 12 ve 24saat) bağlı olarak yapılan çözümlerden ayrıştığını, bunun en temel sebebinin kısa gözlem sürelerinde uydu-alıcı geometrisi ve troposferik düzensizliklerin etkisi olarak sayılabileceği,
4. Düşey bileşen (u) grafikleri şekil 7.27, 7.30, 7.33, 7.36 incelendiğinde, düşey bileşen doğruluğunun, yatay bileşenlere (n ve e) göre daha kötü olduğu, bu durumun beklenen bir durum olduğu ve GNSS sistemlerinin genel tasarımıından ileri gelen uyduların sadece pozitif yarımkürede izlenebilmesi, özellikle kısa süreli gözlemlerde kötü uydu-alıcı geometri etkisi, yükleme etkilerinin (atmosferik, okyanus, farklı su kütlelerinin yüklemesi) sonucu olduğu,

5. Düşey bileşen Up (u) grafikleri Şekil 7.27, 7.30, 7.33, 7.36 incelendiğinde baz mesafesine ve oturum süresine bağlı olarak artan bir trend içinde olduğu, bu bileşenin doğruluğunun oturum süresi yanında baz mesafesine de bağlı olduğu,
6. Düşey bileşenin Up (u) baz mesafesine ve oturum süresine bağlı oluşunun akademik/bilimsel yazılımlar için yapılan araştırma sonuçlarında bu açıdan ayrıldığı,
7. Akademik yazılımlarda çeşitli filtre yöntemleri ve uygun istatistik algoritmalar kullanılarak mutlak troposferin zamana bağlı uygun kestirilmesine karşın, istasyonlar arasındaki mesafenin artmasına rağmen ticari yazılım tarafından kullanılan standart troposfer modelinin yetersiz kalmasının sonucu olduğu,
8. Uygulama-2’de iki farklı zaman diliminde 10 günlük (en az iyonosferik aktivite) ve 6 günlük (en fazla iyonosferik aktivite) yapılan değerlendirmede; iyonosferik aktivitenin artmasının (Uygulamamızda 282 ila 286 GPS günleri) sonuçlar üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Özellikle bu etkinin düşey bileşen üzerinde daha fazla olduğu görülmüştür.
9. Ticari yazılımlar için genel kullanım aralığının 50km civarında olduğu genel kabulünün, yıllar içerisinde GNSS sistemlerindeki gelişmeler, yazılımlar ve standart algoritmalarındaki değişimlere bağlı olarak arttığını ve ticari yazılımlar için 50km olarak görülen kabulden çok daha uzun bazlarda istenilen doğrulukta baz değerlendirmesinin yapılabildiği,
10. Ülkemizdeki jeodezik çalışmalara referans olan yönetmeliğimiz açısından;
Yatay bileşenler Kuzey (n) ve Doğu (e) için doğruluğun 0’dan 100km’ye kadar bazlar için 1 saatlik gözlem süresinde dahi istenilen seviyeye rahatlıkla ulaştığını,
11. Düşey bileşen (u) için yönetmeliğin belirlediği sınırlarda (15km ve en az 2 saatlik oturum süresi) tespit edilen Beyk-Kcek bazına ait (baz mesafesi:15km, istasyonlar arası yükseklik farkı:69metre) 10 günlük ve 6 günlük değerlendirme sonuçları (mm biriminde) incelendiğinde;

Çizelge 7.5 Beyk-Kcek bazına ait (u) bileşeni 10 günlük ve 6 günlük değerlendirme sonuçları

	1h	2h	3h	4h	6h	8h	12h	24h
10 GÜN	8.69	7.84	7.74	6.68	6.01	5.65	4.93	4.35
6 GÜN	16.22	13.33	11.54	11.29	8.58	8.87	5.20	3.98

Yönetmeliğin istediği koşulları sağladığı, hatta 1 saatlik gözlem süresinin de istenilen doğruluk için yeterli olduğu görülmektedir.

12. Baz mesafesinin 50km'nin üzerine çıktığında ve kısa gözlem sürelerinde istenilen doğruluk sınırlarının aşıldığı, baz mesafesinin 100km'yi aştığı (Slvr-Tuzl bazında) ve en fazla iyonosferik aktivitede 24 saatlik gözlemin dahi istenilen doğruluğa ulaşamadığı tespit edilmiştir. Bu durumun en temel sebebinin 1993 yılında Blewitt tarafından yapılan araştırmada noktalar arası troposferik korelasyonun baz mesafesi 100km'yi geçtiğinde ortaya çıkmaya başlamasından ileri geldiği,
13. IGS tarafından belirlenen “yüksek hassasiyetli standart” 2-3mm yatayda ABD’de tespit edilen 10km’den kısa baz uzunluklarında, 6 saat üzeri oturum süreleri ile uygun atmosferik koşullarda ancak ulaşılabilirdiği, iyonosferik etkinin artması ile 6 saat gözlem süresinin de yetersiz kaldığı, Ülkemizde tespit edilen 20km’ye kadar bazlarda uygun atmosferik koşullarda 1 saatlik gözlemler haricinde istenilen doğruluğa ulaşılabilirdiği, 50km’ye kadar bazlarda ise gözlem süresinin 12 saat ve üzerine çıkarıldığında ancak bu yüksek standarta ulaşılabilirdiği, iyonosferik aktivitenin artması halinde ise 20km’ye kadar bazlarda gözlem süresinin 6 saat ve üzerine çıkarıldığında ancak bu standartın sağlanabilirdiği,
14. IGS tarafından belirlenen “yüksek hassasiyetli standart” olan 3-5mm düşeyde konum doğruluğuna ise baz mesafesine bağlı olarak tasarlanan deneyde (Uygulama-1) ulaşılammıştır.

7.5.3 Uygulama-3 Baz Çözüm Sonuçları

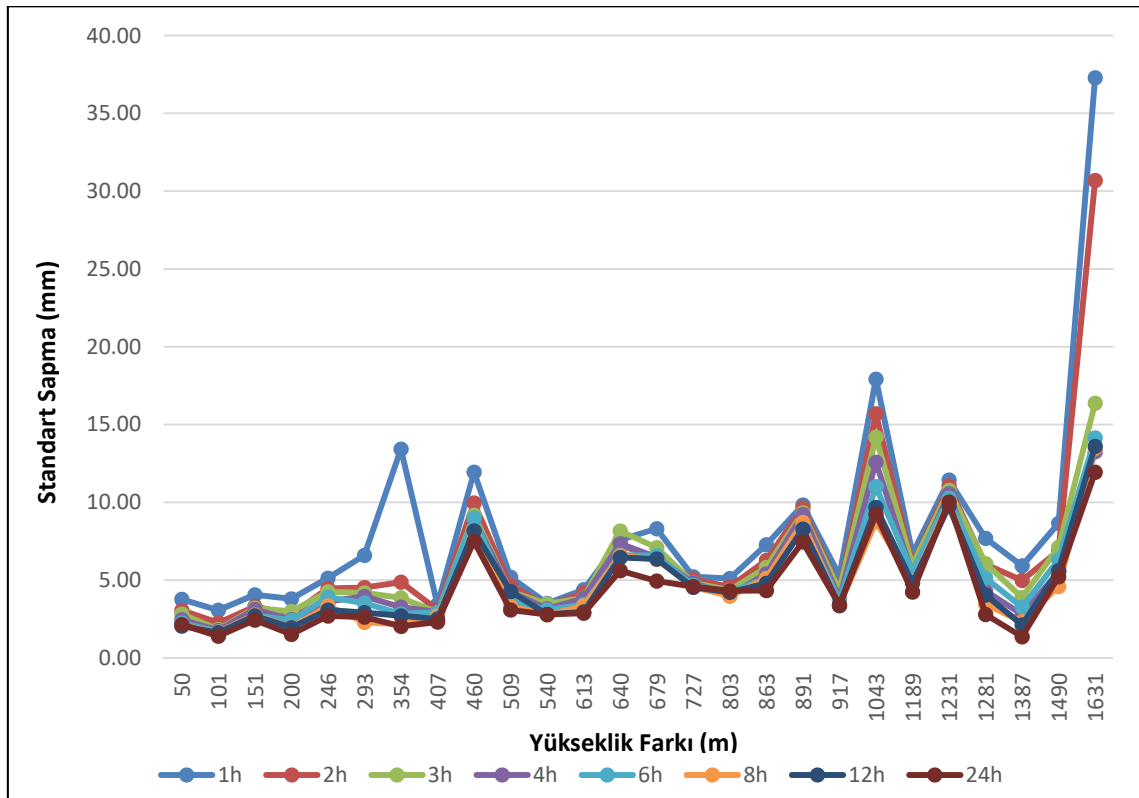
Uygulamanın ticari yazılım çözüm sonuçlarının irdelenmesi amacıyla oluşturulan Amerika’da bulunan ikinci istasyonlar grubundan (Çizelge 6.4, Şekil 6.15) tespit edilen 26 adet bazda, istasyonlar arası mesafe sabit tutularak ($\approx 10-15$ km) artan yükseklik

farkına ve gözlem süresine bağlı olarak yapılan değerlendirmeler sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edildi. Deney kısmı için planlanan değerlendirme sayıları ile gerçekleştirilen değerlendirme sayıları aşağıda Çizelge 7.6 'da sunuldu.

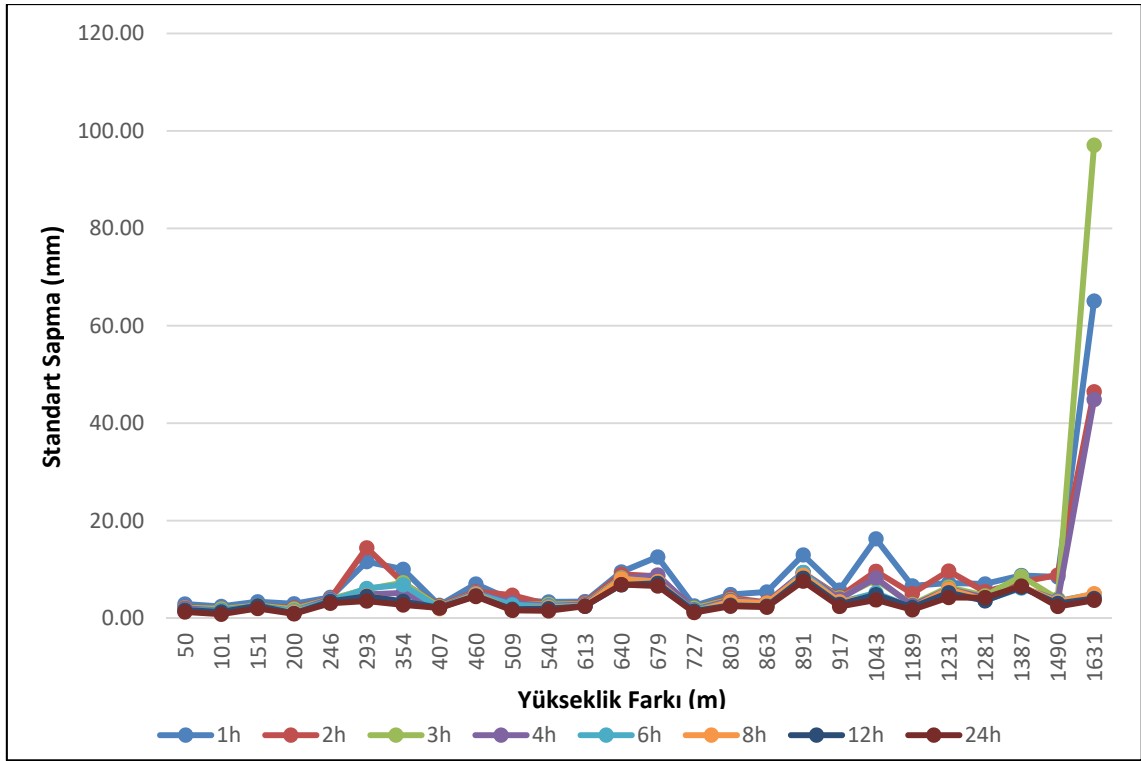
Çizelge 7.6 Topcon Magnet artan yükseklik farkına (Δh) bağlı olarak tasarlanan deneyde planlanan ve gerçekleşen çözüm sayıları ve oranları

İSTASYONLAR VE BAZLAR	TİCARİ	TİCARİ	Gerçekleşme Yüzdesi
	TOPCON-Magnet Tasarlanan Değerlendirme	TOPCON-Magnet Gerçekleşen Değerlendirme	
UYGULAMA 3.KISIM (Δh Etkisi)			
ABD 43 İstasyon 26 Baz	25648	24913	%97

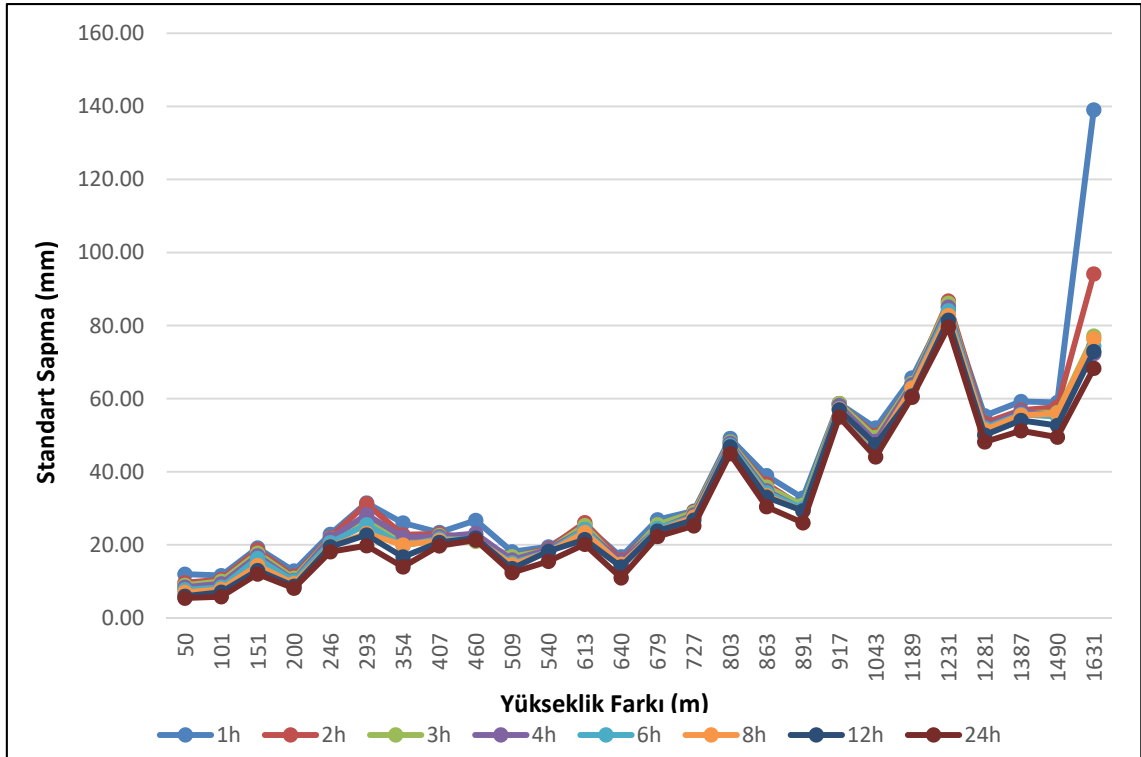
ABD'de tespit edilen bazlara ait 2012 Aralık ayı 10 günlük (338 ila 347. GPS günleri) yapılan değerlendirmeler üç bileşen kuzey (n), doğu (e) ve yükseklik (u) için çözüm sonuçları Şekil 7.40, Şekil 7.41 ve Şekil 7.42'de aşağıda sunuldu.



Şekil 7.40 Topcon Magnet uygulama-3 10 günlük (n) bileşeni çözüm sonuçları

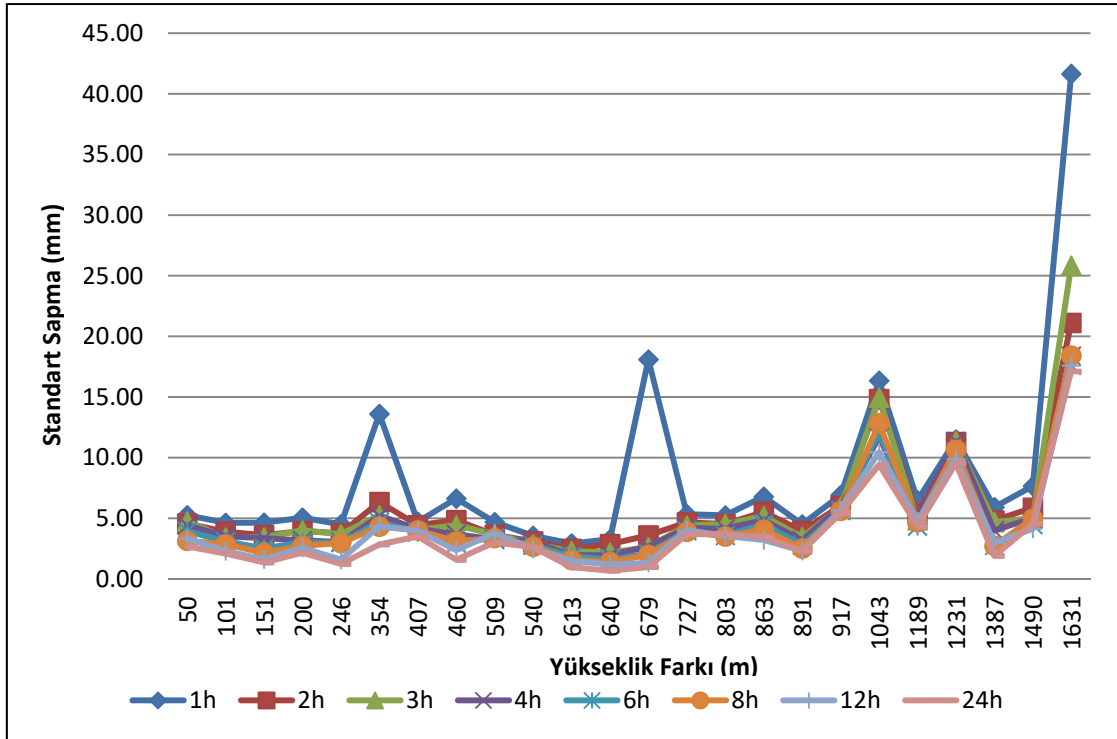


Şekil 7.41 Topcon Magnet uygulama-3 10 günlük (e) bileşeni çözüm sonuçları

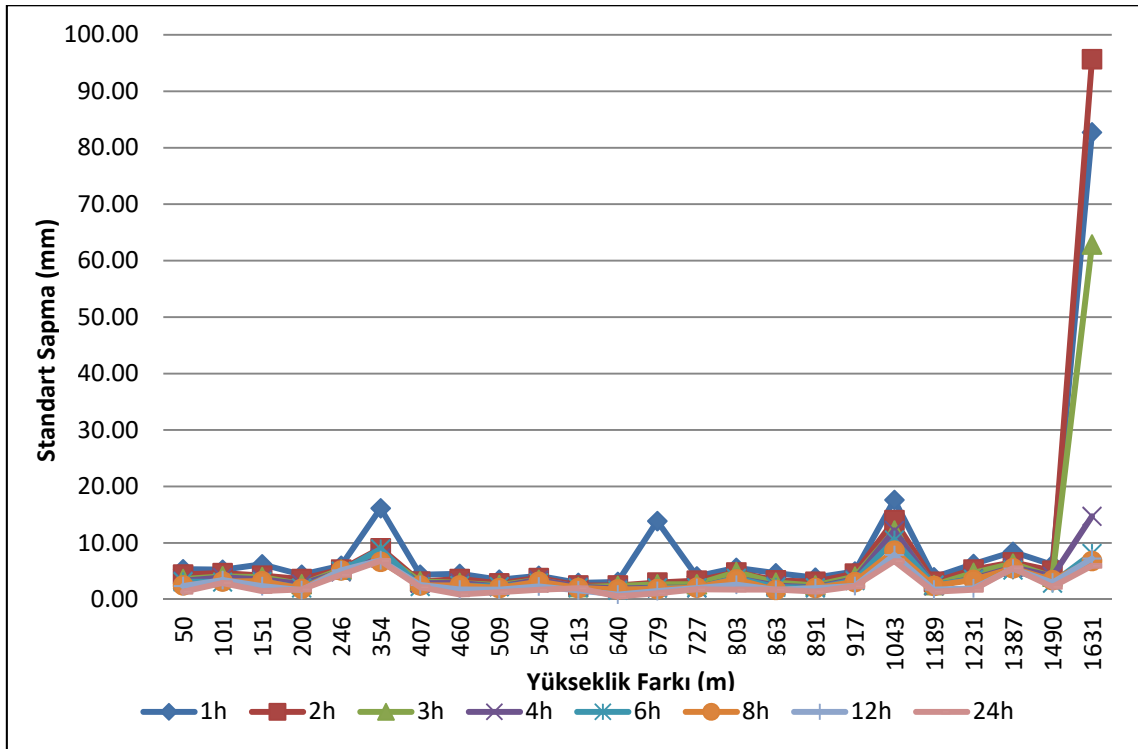


Şekil 7.42 Topcon Magnet uygulama-3 10 günlük (u) bileşeni çözüm sonuçları

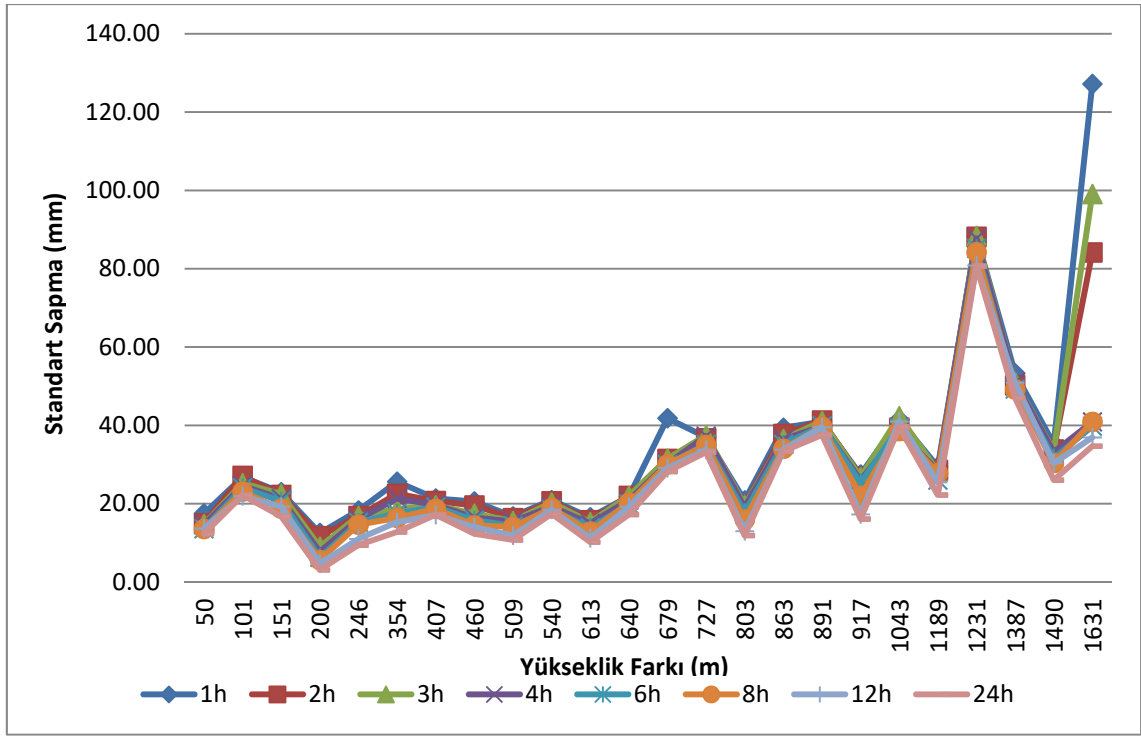
Uygulama-2 için ABD’de tespit edilen bazlara ait 2012 Ekim ayı 6 günlük (282 ila 287. GPS günleri) yapılan değerlendirmeler üç bileşen kuzey (n), doğu (e) ve yükseklik (u) için çözüm sonuçları Şekil 7.43, Şekil 7.44 ve Şekil 7.45’de aşağıda sunulmuştur.



Şekil 7.43 Topcon Magnet uygulama-3 6 günlük (n) bileşeni çözüm sonuçları

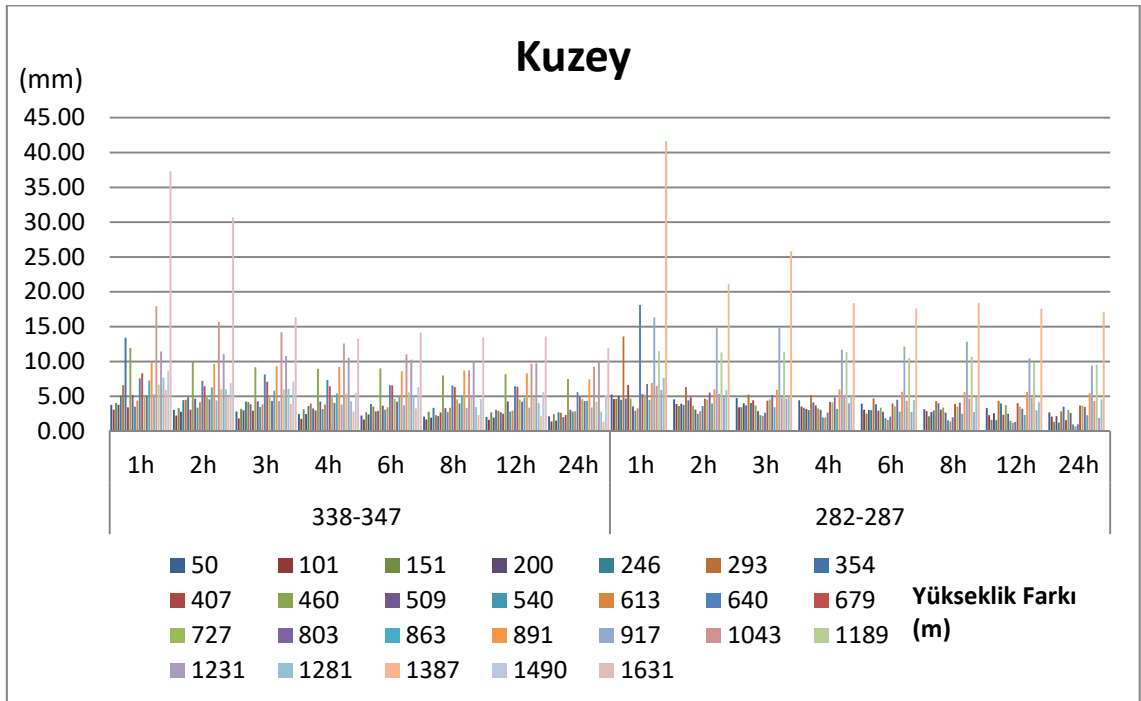


Şekil 7.44 Topcon Magnet uygulama-3 6 günlük (e) bileşeni çözüm sonuçları

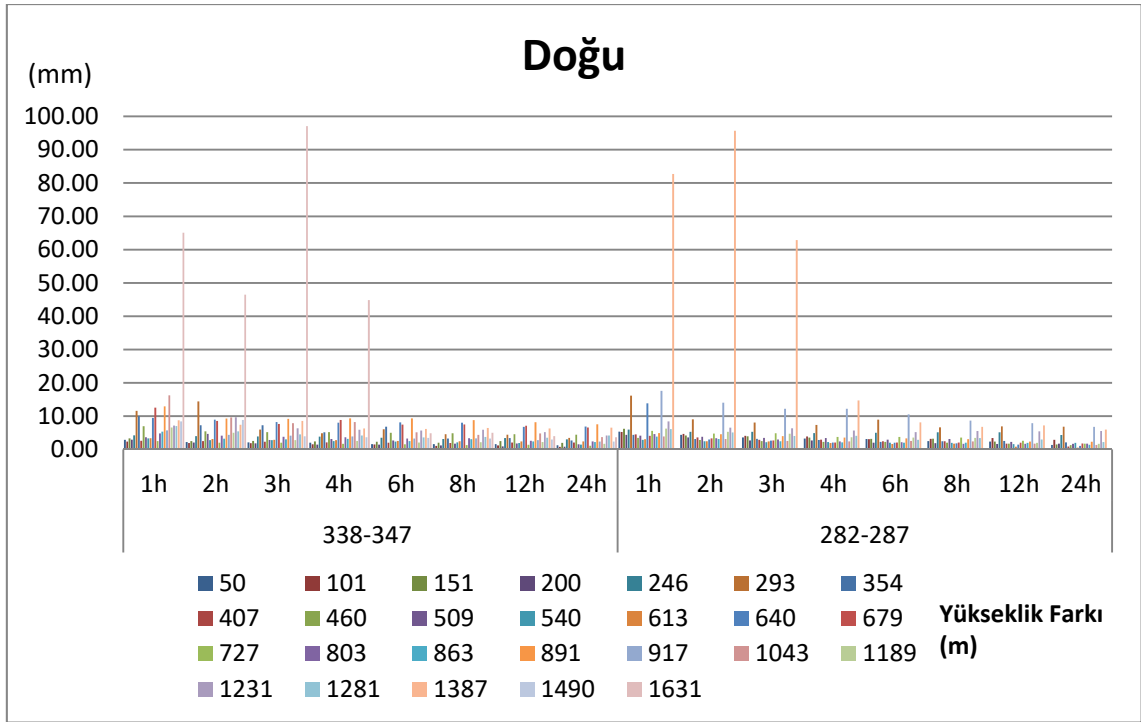


Şekil 7.45 Topcon Magnet uygulama-3 6 günlük (u) bileşeni çözüm sonuçları

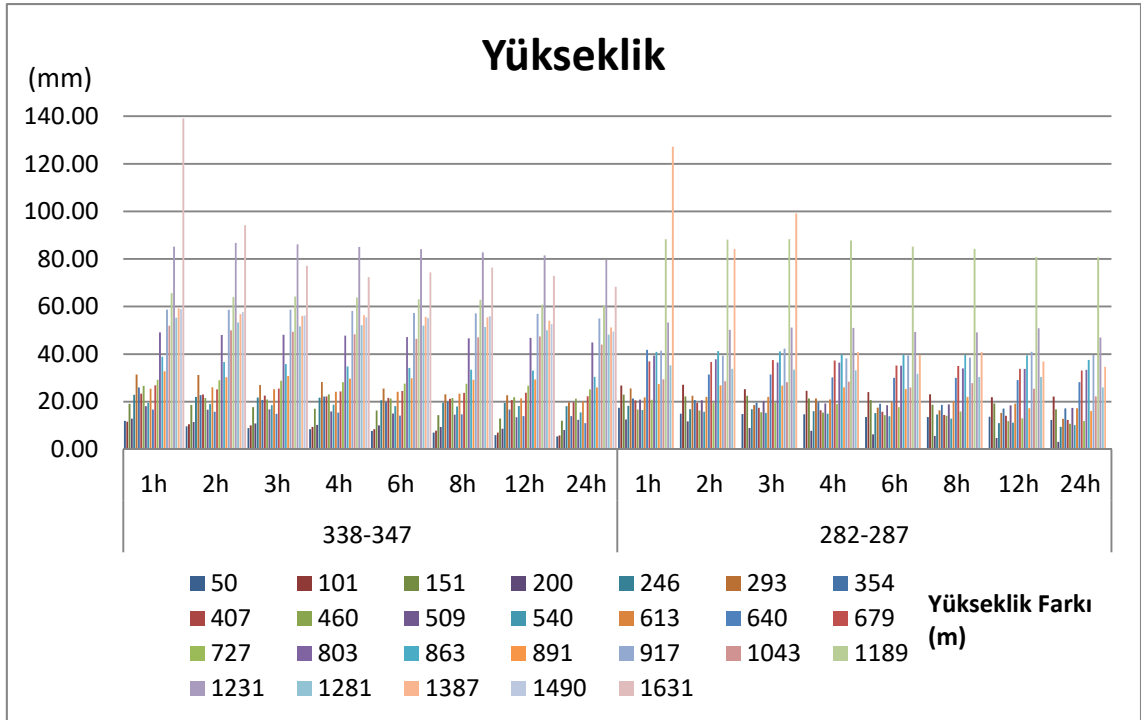
ABD’de tespit edilen uygulama-2 kapsamında belirlene tüm bazların (Çizelge 6.4, Şekil 6.15) 10 günlük ve 6 günlük değerlendirme sonuçlarının birlikte gösterimi 3 bileşen kuzey (n), doğu (e) ve yükseklik (u) için Şekil 7.46, Şekil 7.47 ve Şekil 7.48’da aşağıda sunulmuştur.



Şekil 7.46 Topcon Magnet uygulama-3 ABD bazlar için (n) bileşeni sonuçları



Şekil 7.47 Topcon Magnet uygulama-3 ABD bazlar için (e) bileşeni sonuçları



Şekil 7.48 Topcon Magnet uygulama-3 ABD bazlar için (u) bileşeni sonuçları

7.5.4 Uygulama-3 Analiz Sonuçları

Uygulama-3 olarak Bölüm 6 ve Bölüm 7.5.3’de sunulan deneyde, Amerika Birleşik Devletleri’nde tespit edilen (43 istasyon 26 baz) istasyonlar arası mesafesinin sabit

tutularak (10-15 km), 50 metreden 1631metreye kadar artan yükseklik farkında ve farklı oturum sürelerinde (1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 ve 24saat) baz değerlendirme sonuçlarını (24913 toplam değerlendirme) irdelendiğinde;

1. 50'den 1631metreye kadar artan yükseklik farkında yatay bileşenler Kuzey (n) ve Barı (e) grafikleri Şekil 7.40, 7.41, 7.43, 7.44'de görüleceği üzere yatay bir trend içinde oldukları, bu bileşenler üzerindeki doğruluğun baz mesafesinden daha çok oturum süresine bağlı olduğu,
2. Yatay bileşenler Kuzey (n) ve Batı (e)'nin baz mesafesine bağlı oluşunun akademik/bilimsel yazılımlar için yapılan araştırma sonuçları ile benzer yapıda olduğu,
3. Ancak istasyonlar arası yükseklik farkının 1000 metreden fazla olan bazlarda kısa oturum süresinden başlayarak doğruluğun gittikçe azaldığı ve tasarlanan Uygulama-2'de Long-Wlsn bazında (13,6km baz mesafesi,1631 metrelik yükseklik farkında) her iki bileşen için elde edilen sonuçların Şekil 7.42, Şekil 7.45'de ve aşağıdaki sonuçlarda (mm biriminde) görüleceği üzere genel ortalamanın çok üzerine çıktığı,

Çizelge 7.7 Long-wlsn bazına ait (n), (e) bileşleri 10 günlük ve 6 günlük değerlendirme sonuçları

	Kuzey (n) Bileşeni							
	1h	2h	3h	4h	6h	8h	12h	24h
10 Gün	37.29	30.69	16.37	13.25	14.14	13.49	13.60	11.93
6 Gün	41.65	21.12	25.83	18.38	17.61	18.42	17.59	17.12
	Doğu (e) Bileşeni							
	1h	2h	3h	4h	6h	8h	12h	24h
10 Gün	65.08	46.46	97.08	44.86	4.89	5.00	4.01	3.65
6 Gün	82.72	95.69	62.87	14.72	8.15	6.81	7.24	5.96

4. Uygulama-2 sonuçlarında da bahsedildiği gibi düşey bileşen yükseklik (u) Şekil 7.42, 7.45 incelendiğinde, düşey bileşen doğruluğunun, yatay bileşenlere (n ve e) göre daha düşük olduğu, bu durumun beklenen bir durum olduğu ve GNSS sistemlerinin genel tasarımından ileri gelen uyduların sadece pozitif yarımkürede izlenebilmesi, özellikle kısa süreli gözlemlerde kötü uydu-alıcı geometri etkisi,

yükleme etkilerinin (atmosferik, okyanus, farklı su kütlelerinin yüklemesi) sonucu olduğu,

5. Düşey bileşen $U_p(u)$ grafikleri Şekil 7.42 ve 7.45 incelendiğinde baz mesafesi sabit tutulduğunda, istasyonlar arası yükseklik farkına ve oturum süresine bağlı olarak artan bir trend içinde olduğu, bu bileşenin doğruluğunun oturum süresi yanında, istasyonlar arası yükseklik farkına da bağlı olduğu,
6. Düşey bileşenin $U_p(u)$ istasyonlar arası yükseklik farkına ve oturum süresine bağlı oluşunun akademik/bilimsel yazılımlar için yapılan araştırma sonuçlarında bu açıdan ayrıldığını,
7. Yükseklik farkının küçük ve baz mesafesinin 10-15km civarında olduğu bazlarda troposferin davranışı hemen hemen aynı ve istasyonlar arasında zenit gecikmelerinde bir öteleme bulunmadığı bilinmektedir. Baz mesafesi sabit tutulduğunda ancak istasyonlar arasındaki yükseklik farkının giderek arttığı bir modelde (Uygulama-3) zenit gecikmelerinde bir öteleme oluşmaktadır. Uygulama-3'de tasarlanan deneyde baz mesafesi ~10-15km ve istasyonlar arası yükseklik farkı 50metreden 1631metreye olacak şekilde planlanmıştır.
8. Akademik yazılımlarda çeşitli filtre yöntemleri ve uygun istatistik algoritmalar kullanılarak mutlak troposferin zamana bağlı uygun kestirilmesine karşın, istasyonlar arasındaki mesafenin sabit tutulmasına rağmen, istasyonlar arasındaki yükseklik farkının artması ile ticari yazılım tarafından kullanılan standart troposfer modelinin yetersiz kalmasının sonucu olduğu,
9. Uygulama-3'de de iki farklı zaman diliminde 10 günlük (en az iyonosferik aktivite) ve 6 günlük (en fazla iyonosferik aktivite) yapılan değerlendirmede; iyonosferik aktivitenin artmasının (Uygulamamızda 282 ila 286 GPS günleri) sonuçlar üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Özellikle bu etkinin düşey bileşen üzerinde daha fazla olduğu görülmüştür.
10. Ülkemizdeki jeodezik çalışmalara referans olan BÖHNBÜY açısından, yatay bileşenler Kuzey (n) ve Doğu (e) için doğruluğun istasyonlar arası yükseklik farkının 50 metreden 1631 metreye kadar çıktığı uygulama-3'de bazlar için 1 saatlik gözlem süresinde dahi istenilen seviyeye rahatlıkla ulaştığını, ancak yükseklik

farkının en fazla olduğu (1631metre) ve iyonosferik aktivitenin nispeten daha yoğun olduğu durumlarda ise yatay bileşenler üzerindeki etkinin artmasıyla özellikle kısa oturum sürelerinde (1h, 2h ve 3h) istenilen doğruluklara ulaşılamadığı,

11. Düşey bileşen (u) için BÖHHBÜY'nin belirlediği sınırlarda (15km ve en az 2 saatlik oturum süresi) Uygulama-3'de kullanılan bazlara ait 10 günlük ve 6 günlük değerlendirme sonuçlarına Çizelge 7.8'de (mm biriminde) incelendiğinde;

Çizelge 7.8 Uygulama-3 (u) bileşeni 10 günlük ve 6 günlük değerlendirme sonuçları

		Δh	10 Gün		6 Gün	
			1h	2h	1h	2h
1	BKMS-ELSC	50	11.95	9.63	17.48	14.97
2	HOLP-WHC1	101	11.58	10.50	26.77	27.10
3	ELSC-CİT1	151	19.14	18.67	22.93	22.24
4	PVHS-VTIS	200	12.84	11.44	12.51	11.70
5	FMVT-KBRC	246	22.87	22.02	18.26	16.84
6	JPLM-PKRD	293	31.46	31.22		
7	LEEP-PKRD	354	26.00	22.73	25.60	22.51
8	LFRS-VIMT	407	23.39	23.00	21.33	20.67
9	MINS-MWTP	460	26.70	21.56	20.57	19.54
10	HOTK-KNOL	509	18.10	16.61	16.73	16.29
11	ORMT-WOMT	540	19.44	18.99	20.89	20.61
12	HUNT-MNMC	613	25.42	26.09	16.52	15.78
13	LINC-RDOM	640	16.72	15.80	21.84	21.99
14	KRAC-LINC	679	26.87	25.16	41.82	31.42
15	ECFS-MJPK	727	29.24	29.05	36.97	36.71
16	CTDM-WKPK	803	49.12	48.08	20.83	19.59
17	CGDM-CHIL	863	38.93	36.66	39.38	37.80
18	LINC-TILC	891	32.80	30.31	40.96	41.24
19	SFDM-WKPK	917	58.68	58.61	27.43	26.85
20	EDPP-LJRN	1043	51.99	50.01	41.44	39.41
21	RCA2-UCSB	1189	65.69	64.01	29.43	28.62
22	COTD-PIN2	1231	85.18	86.74	88.26	88.17
23	JPLM-WLSN	1281	55.32	53.30		
24	VDCY-WLSN	1387	59.23	56.81	53.30	50.23
25	CIT1-WLSN	1490	58.95	57.68	35.26	33.82
26	LONG-WLSN	1631	139.05	94.15	127.18	84.16

İstasyonlar arası yüksekli farkı 800metreyi bulduğunda yönetmeliğin istediği doğruluk sınırlarının aşıldığı, kısa gözlem süreleri yanında daha uzun süreli gözlem yapılsa da yükseklik bileşeni üzerindeki bozucu etkinin azalmadığı,

12. BÖHHBÜY açısından GNSS ile bağlantı nivelmanına dair standartlarda nivelman yol uzunluğu için 15km belirlenirken, bağlantı nivelmanı yapılacak istasyonlar arasındaki yükseklik farkına dair bir standart belirlenmemiştir. Noktalar arasındaki aşırı yükseklik farkı ya da engebeli arazilerin çeşitli jeodezik uygulamaların (geometrik, trigonometrik yükseklik belirleme) sonuçları üzerinde etkisi eskiden beri bilinmektedir. Bu durum kendisini özellikle standart troposfer modellerini kullanan ticari yazılımlarda da göstermektedir. Ülkemiz gibi yer yer yüksekliklerin aşırı değiştiği ve engebeli arazilerde yapılacak yükseklik belirleme çalışmalarında bu durum önem arz etmektedir.
13. Yatay bileşenler (n, e) yanında düşey bileşen (u) üzerindeki bu durumun en temel sebebinin ticari yazılımda kullanılan standart troposfer modellerinin, troposferin baz mesafesine bağlı olan korelasyonunun yanında yükseklik farkına bağlı olan korelasyonunu kestirmede yetersiz kaldığı söylenebilir.
14. IGS tarafından belirlenen “yüksek hassasiyetli standart” 2-3mm yatayda Uygulama-3 kapsamında tespit edilen ortalama 10-15km’lik bazlarda, 200metreye kadar istasyonlar arasındaki yükseklik farkı ve 1 ve 2saatlik gözlem süreleri haricinde ve uygun atmosferik koşullarda ancak ulaşılabildiği, iyonosferik etkinin artması ile ancak 12 saat ve üzerindeki gözlem sürelerinde ancak bu yüksek standarta ulaşılabildiği,
15. IGS tarafından belirlenen “yüksek hassasiyetli standart” olan 3-5mm düşeyde konum doğruluğuna ise istasyonlar arası yükseklik farkına bağlı olarak tasarlanan deneyde (Uygulama-3) ulaşamamıştır.
16. Uygulama-2 ile Uygulama-3 arasında özellikle düşey bileşen (u) doğruluğunun tespitine dair yapılan değerlendirmelerde, artan baz mesafesi ve artan yükseklik farkı açısından ortaya çıkan grafikler Şekil 7.27, Şekil 7.30, Şekil 7.33, Şekil 7.36 ve Şekil 7.42, Şekil 7.45 incelendiğinde (u) bileşeni üzerindeki etkinin her iki durumda

da farklı yapıda olduğu, bunun troposferin yatay ve düşey karakterinin farklılığından ileri geldiği düşünülmektedir.

7.5.5 Uygulama-4 Baz Çözümünde Broadcast ve Precise Ephemeris Kullanımının Anlamli Olup Olmadığının İrdelenmesi

Topcon Magnet yazılımın kullanıcılara sunduğu imkanlardan birisi de programın kullanımına dair detayların açıklandığı Bölüm 6.2.4’de bahsedilen “Web İmport” arayüzü ile programa dahil edilen gözlem dosyasına bağlı olarak broadcast ya da precise uydu yörünge dosyalarının IGS veritabanından programa alınarak, baz değerlendirme sürecinde kullanılabilmesidir.

Programın kullanıcılara sunduğu bu ek özellik için ABD’de uygulama-2 ve uygulama-3 adımları için tespit edilen bazlarda broadcast(GPS) ve precise(GPS) uydu yörünge bilgilerinin kullanılmasının anlamlı olup olmadığı irdelendi.

Bu kısımda test edilen bazlar aşağıda Çizelge 7.9’da sunuldu.

Çizelge 7.9 Broadcast-Precise efemeris karşılaştırmasında kullanılan bazlar

UYGULAMA-1				UYGULAMA-2			
Sıra	Baz	Baz Mesafesi (km)	Yükseklik Farkı (m)	Sıra	Baz	Yükseklik Farkı (m)	Baz Mesafesi (km)
1	CVHS-WCHS	1.55	19	1	BKMS-ELSC	50	12.9
2	HOLP-CCCO	4.74	10	2	ELSC-CIT1	151	10
3	ELSC-CIT1	9.93	154	3	JPLM-PKRD	293	10
4	WHC1-PKRD	19.47	37	4	HOTK-KNOL	509	13.9
5	BRAN-SPMS	41.28	39	5	KRAC-LINC	679	14.7
6	TRAK-WRHS	61.53	108	6	CGDM-CHIL	863	11.4
7	TWMS-LAPC	79.45	0	7	EDPP-LJRN	1043	15.7
8	SPK1-NOCO	99.83	253	8	JPLM-WLSN	1281	11.1
				9	LONG-WLSN	1631	13.6

Çizelge 7.10 Artan baz mesafesine bağlı olarak broadcast-precise efemeris farkları (n) bileşeni sonuçları (mm)

	BAZLAR	UYGULAMA -1 ARTAN BAZ MESAFESİNE GÖRE															
		B-1h	P-1h	B-2h	P-2h	B-3h	P-3h	B-4h	P-4h	B-6h	P-6h	B-8h	P-8h	B-12h	P-12h	B-24h	P-24h
KUZEY	CVHS-WC	8.65	8.68	8.47	8.37	8.55	8.49	8.57	8.45	8.33	8.41	8.24	8.11	8.29	8.14	8.20	7.85
	HOLP-CCO	4.71	4.64	4.33	4.26	4.17	4.06	4.13	3.96	4.05	3.75	3.87	3.33	3.43	3.34	3.56	3.16
	ELSC-CIT1	4.06	4.14	3.31	3.53	3.20	3.47	3.12	3.37	2.72	2.89	2.77	3.06	2.71	2.94	2.43	2.76
	WHC1-PK	5.76	5.82	4.35	4.17	4.16	3.86	3.45	3.13	3.56	3.25	2.93	2.90	3.12	3.03	2.58	2.50
	BRAN-SPN	4.71	4.62	3.25	3.47	3.14	2.80	2.45	2.57	2.04	2.21	1.72	1.79	1.76	1.52	1.58	1.35
	TRAK-WR	6.56	6.58	5.15	5.16	4.78	5.01	4.11	4.41	4.07	4.09	3.30	4.13	3.24	3.46	2.76	3.54
	TWMS-LA	5.69	4.47	4.00	3.20	3.54	2.83	3.44	2.67	2.50	2.12	2.62	2.61	2.21	1.73	1.46	1.38
	SPK1-NO	4.41	3.75	3.59	3.08	3.01	2.86	2.92	2.60	2.33	2.27	2.12	1.87	1.81	1.92	1.68	1.52

Çizelge 7.11 Artan baz mesafesine bağlı olarak broadcast-precise efemeris farkları (e) bileşeni sonuçları (mm)

	BAZLAR	UYGULAMA -1 ARTAN BAZ MESAFESİNE GÖRE															
		B-1h	P-1h	B-2h	P-2h	B-3h	P-3h	B-4h	P-4h	B-6h	P-6h	B-8h	P-8h	B-12h	P-12h	B-24h	P-24h
DOĞU	CVHS-WC	1.92	1.88	1.66	1.64	1.60	1.50	1.55	1.53	1.42	1.28	1.41	1.45	1.44	1.21	1.34	1.39
	HOLP-CCO	2.84	2.82	2.56	2.56	2.54	2.37	2.40	2.38	2.07	2.08	2.36	2.19	1.96	1.96	2.20	1.64
	ELSC-CIT1	3.35	3.20	2.53	2.81	2.57	2.74	2.43	2.58	2.32	2.57	2.02	2.29	2.49	2.54	1.96	2.24
	WHC1-PK	9.64	10.37	7.35	7.45	7.54	7.84	6.31	6.51	6.32	7.08	5.96	6.13	5.51	5.92	4.91	5.12
	BRAN-SPN	4.75	5.12	3.84	4.11	3.64	3.90	3.07	3.56	2.85	3.30	2.90	3.42	2.65	2.83	2.76	2.97
	TRAK-WR	6.36	5.93	5.85	5.67	4.31	4.12	2.98	3.46	2.54	2.84	2.60	2.71	2.25	2.02	1.42	1.57
	TWMS-LA	8.48	7.76	7.20	6.77	7.08	6.84	4.34	4.90	5.07	4.46	3.63	4.39	3.40	3.73	2.81	3.45
	SPK1-NO	7.30	7.78	6.42	6.90	5.80	6.31	4.85	6.23	4.68	5.68	4.40	5.23	3.97	4.91	3.88	5.18

Çizelge 7.12 Artan baz mesafesine bağlı olarak broadcast-precise efemeris farkları (u) bileşeni sonuçları (mm)

	BAZLAR	UYGULAMA -1 ARTAN BAZ MESAFESİNE GÖRE															
		B-1h	P-1h	B-2h	P-2h	B-3h	P-3h	B-4h	P-4h	B-6h	P-6h	B-8h	P-8h	B-12h	P-12h	B-24h	P-24h
YÜKSEK	CVHS-WC	6.00	6.05	5.63	5.56	4.73	4.93	4.82	4.88	4.42	4.37	4.38	4.48	3.93	4.12	3.51	3.70
	HOLP-CCO	15.57	15.51	14.52	15.14	14.48	14.11	13.81	13.96	13.42	13.35	12.68	12.60	12.52	12.61	12.52	12.81
	ELSC-CIT1	19.14	18.86	18.67	18.48	17.72	17.59	17.01	16.83	16.28	16.10	14.35	14.55	12.95	13.03	12.00	11.39
	WHC1-PK	22.82	23.53	22.17	21.69	19.68	19.47	20.15	19.41	17.36	16.98	15.46	15.24	15.96	15.44	14.12	13.36
	BRAN-SPN	27.20	27.13	23.96	24.12	23.82	24.14	23.00	23.38	21.37	21.59	18.83	18.87	17.74	17.28	16.09	16.05
	TRAK-WR	36.87	36.65	34.13	33.20	33.46	32.81	32.67	32.11	31.11	30.49	29.92	29.40	28.00	27.32	24.88	24.31
	TWMS-LA	38.20	37.59	36.41	35.75	35.71	35.05	36.15	35.40	34.49	34.00	33.18	32.34	31.72	30.98	28.47	27.88
	SPK1-NO	44.54	43.30	43.05	42.44	42.95	42.25	42.62	41.61	40.85	40.23	38.74	37.59	36.29	35.10	30.57	28.93

Çizelge 7.13 Artan yükseklik farkına bağlı olarak broadcast-precise efemeris farkları (n) bileşeni sonuçları (mm)

	BAZLAR	UYGULAMA -2 ARTAN YÜKSEKLİK FARKINA GÖRE															
		B-1h	P-1h	B-2h	P-2h	B-3h	P-3h	B-4h	P-4h	B-6h	P-6h	B-8h	P-8h	B-12h	P-12h	B-24h	P-24h
KUZEY	BKMS-ELSC	3.77	4.35	3.05	4.08	2.81	3.99	2.46	3.63	2.25	3.45	2.08	3.45	2.05	3.24	2.14	3.48
	ELSC-CIT1	4.06	4.14	3.31	3.53	3.20	3.47	3.12	3.37	2.72	2.89	2.77	3.06	2.71	2.94	2.43	2.76
	PLM-PKRI	6.59	6.47	4.52	4.34	4.18	3.91	3.95	3.65	3.52	3.38	2.29	2.12	2.92	3.04	2.63	1.97
	IOTK-KNO	5.19	5.18	4.65	4.68	4.26	4.33	4.24	4.21	3.64	3.60	3.31	3.51	4.27	3.67	3.08	3.24
	KRAC-LINC	8.30	8.26	6.44	6.42	7.09	6.91	6.46	6.55	6.57	6.94	6.33	6.51	6.36	6.27	4.94	4.97
	CGDM-CHI	7.27	7.11	6.27	5.98	5.81	5.60	5.40	5.19	5.12	4.92	5.10	4.93	4.80	4.39	4.33	3.92
	EDPP-LJRN	17.92	18.09	15.70	15.29	14.19	14.35	12.58	12.42	11.01	11.65	8.76	9.19	9.68	10.00	9.23	9.49
	PLM-WLS	7.69	7.87	6.00	5.99	6.06	5.94	4.30	4.17	5.13	5.14	3.45	3.41	4.05	4.07	2.79	2.86
	ONG-WLS	37.29	36.76	30.69	29.84	16.37	17.11	13.25	13.04	14.14	13.96	13.49	13.26	13.60	13.73	11.93	12.05

Çizelge 7.14 Artan yükseklik farkına bağlı olarak broadcast-precise efemeris farkları (e) bileşeni sonuçları (mm)

	BAZLAR	UYGULAMA -2 ARTAN YÜKSEKLİK FARKINA GÖRE															
		B-1h	P-1h	B-2h	P-2h	B-3h	P-3h	B-4h	P-4h	B-6h	P-6h	B-8h	P-8h	B-12h	P-12h	B-24h	P-24h
DOĞU	BKMS-ELSC	2.90	3.24	2.25	2.66	2.12	2.58	2.03	2.75	1.61	2.39	1.62	2.27	1.62	2.09	1.25	2.34
	ELSC-CIT1	3.35	3.20	2.53	2.81	2.57	2.74	2.43	2.58	2.32	2.57	2.02	2.29	2.49	2.54	1.96	2.24
	PLUM-PKRF	11.58	11.51	14.43	14.48	5.96	6.05	4.88	5.28	6.08	6.13	4.57	4.41	4.46	4.30	3.50	3.93
	IOTK-KNO	3.67	4.36	4.70	4.79	2.86	2.79	3.13	2.85	2.72	2.57	1.72	2.25	1.80	1.91	1.56	1.84
	KRAC-LINC	12.55	12.61	8.58	8.91	7.66	7.16	8.85	7.75	7.44	7.36	7.49	7.37	7.13	6.74	6.58	7.12
	CGDM-CHI	5.36	5.29	3.22	3.37	3.06	3.18	3.16	3.17	2.50	2.47	3.10	2.95	2.42	2.36	2.22	2.33
	EDPP-LJRN	16.27	16.29	9.61	9.47	7.88	7.91	8.21	8.22	5.16	5.84	4.40	4.38	4.81	4.50	3.72	3.30
	PLUM-WLS	7.01	7.39	5.43	5.34	4.55	4.38	4.19	4.38	3.61	3.61	3.76	3.79	3.55	4.10	4.19	3.90
	ONG-WLS	65.08	67.48	46.46	46.39	97.08	100.42	44.86	45.57	4.89	5.06	5.00	4.76	4.01	4.21	3.65	3.71

Çizelge 7.15 Artan yükseklik farkına bağlı olarak broadcast-precise efemeris farkları (u) bileşeni sonuçları (mm)

	BAZLAR	UYGULAMA -2 ARTAN YÜKSEKLİK FARKINA GÖRE															
		B-1h	P-1h	B-2h	P-2h	B-3h	P-3h	B-4h	P-4h	B-6h	P-6h	B-8h	P-8h	B-12h	P-12h	B-24h	P-24h
YÜKSEKLİK	BKMS-ELSC	11.95	13.99	9.63	11.90	8.92	11.42	8.41	11.26	7.71	10.56	7.00	10.28	5.94	9.14	5.40	8.84
	ELSC-CIT1	19.14	18.86	18.67	18.48	17.72	17.59	17.01	16.83	16.28	16.10	14.35	14.55	12.95	13.03	12.00	11.39
	PLUM-PKRF	31.46	31.22	31.22	31.24	27.02	26.45	28.26	28.55	25.51	25.50	23.12	23.03	22.70	22.29	19.74	19.15
	IOTK-KNO	18.10	18.29	16.61	16.46	16.76	16.73	15.87	15.82	15.04	15.14	14.56	14.46	13.51	14.63	12.38	12.87
	KRAC-LINC	26.87	26.63	25.16	24.89	25.51	24.93	24.34	24.37	24.51	24.19	23.70	23.60	23.78	23.69	22.28	21.95
	CGDM-CHI	38.93	38.77	36.66	36.44	35.82	35.69	34.79	34.72	34.21	34.11	33.45	33.38	33.02	32.97	30.42	30.34
	EDPP-LJRN	51.99	51.88	50.01	50.17	49.41	49.41	48.35	48.10	46.43	46.68	47.02	47.13	47.43	46.59	44.05	44.15
	PLUM-WLS	55.32	55.50	53.30	53.06	51.67	51.24	52.17	52.33	51.96	52.36	51.39	51.76	50.03	50.11	48.17	47.77
	ONG-WLS	139.05	137.81	94.15	93.52	77.15	83.59	72.31	72.72	74.35	74.20	76.38	77.10	72.91	73.96	68.31	69.66

Çizelge 7.10, 7.11, 7.12, 7.13, 7.14, 7.15’de B; yayın (broadcast) efemeris sonuçlarını, P; hassas (precise) efemeris sonuçlarını göstermektedir.

7.5.6 Uygulama-4 Analiz Sonuçları

Bölüm 7.5.5’de baz çözümünde broadcast (yayın) ve precise (hassas) efemeris kullanımının anlamlı olup olmadığının irdelendiği Uygulama-4’de hem artan baz mesafesine bağlı olarak hem de artan yükseklik farkına bağlı olarak ele alınmış, ilave yapılan toplam 10200 adet değerlendirme sonuçları Çizelge 7.10, 7.11, 7.12, 7.13, 7.14, 7.15’e göre;

- IGS tarafından uydu yörünge bilgilerinin Çizelge 3.1’de sunulan değerlerine göre broadcast uydu yörüngelerinin anlık olarak yayınlanmakta ve ~100 cm doğrulukta olduğu , hassas yörünge bilgilerinin ortalama 2 haftalık bir sürede yayınlanmakta ve ~2.5 cm doğrulukta kullanıcılara sunulmaktadır.
- Her üç Kuzey (n), Doğu (e) ve Yükseklik (u) bileşeninde, tüm alt gözlemlerde (1h, 2h, 3h, 4h, 6h, 8h, 12h ve 24h) anlamlı bir sonuç ortaya çıkmamıştır.
- Ticari yazılım ile baz değerlendirmesinde broadcast ve precise efemeris kullanımının ayrı ayrı test edildiği uygulama-4’de, baz çözüm sonuçları üzerinde

fark yaratacak bir etkisi bulunamamış olup, her iki çözüm sonuçlarının birbirine çok yakın olduğu tespit edilmiştir.

- Ticari yazılım kullanan bir kullanıcının elde ettiği veriyi değerlendirme için hassas yörünge bilgilerinin yayınlanması için 2 haftalık bir süre beklemesinin de bir anlamı olmadığı düşünülmektedir.

7.5.7 Uygulama-5 Baz Çözümünde Broadcast (GPS) ve Broadcast (GPS+GLONASS) Kullanımının Anlamlı Olup Olmadığının İrdelenmesi

Topcon Magnet yazılımın kullanıcılara sunduğu imkanlardan birisi de programın kullanımına dair detayların açıklandığı Bölüm 6.2.4’de bahsedilen “Web İmport” arayüzü ile programa dahil edilen gözlem dosyasına bağlı olarak broadcast uydu yörüngelerinden GPS ve GLONASS verilerinin programa alınarak, baz değerlendirme sürecinde kullanılabilmesidir.

Programın kullanıcılara sunduğu bu ek özellik için Türkiye’de uygulama-2 adımıyla tespit edilen bazlarda broadcast(GPS) ve broadcast(GPS+GLONASS) uydu yörünge bilgilerinin kullanılmasının uygulama sürecinde tespit edilen 10 günlük ve 6 günlük veri aralığında anlamlı olup olmadığı irdelendi.

Bu kısımda test edilen bazlar aşağıda Çizelge 7.16’da sunuldu.

Çizelge 7.16 Broadcast(GPS)-Broadcast(GPS+GLONASS) efemeris karşılaştırmasında kullanılan bazlar

UYGULAMA-1							
Sıra	Baz	Baz Mesafesi (km)	Yükseklik Farkı (m)	Sıra	Baz	Baz Mesafesi (km)	Yükseklik Farkı (m)
1	BEYK-PALA	15	69	11	PALA-YALI	71	84
2	KCEK-PALA	18	48	12	BEYK-YALI	75	15
3	BEYK-KCEK	33	21	13	SILE-TERK	80	32
4	TERK-YALI	37	39	14	BEYK-SLVR	85	37
5	PALA-TUZL	40	115	15	ISTN-SARY	92	122
6	BEYK-SILE	44	22	16	SLVR-TUZL	106	83
7	SILE-TUZL	48	24				
8	SLVR-TERK	55	90				
9	KCEK-SLVR	59	15				
10	KCEK-YALI	66	36				

Çizelge 7.17 Broadcast(GPS)-broadcast(GPS+GLONASS) efemeris (n) bileşeni sonuçları

		KUZEY (338-347 GÜNLERİ)															
KM		1h (G+G)	1h (GPS)	2h (G+G)	2h (GPS)	3h (G+G)	3h (GPS)	4h (G+G)	4h (GPS)	6h (G+G)	6h (GPS)	8h (G+G)	8h (GPS)	12h (G+G)	12h (GPS)	24h (G+G)	24h (GPS)
BEYK-PALA	15	3.77	2.99	2.82	2.41	2.44	2.15	1.84	1.81	1.56	1.72	1.67	1.59	1.35	1.21	1.19	1.13
KCEK-PALA	18	2.13	2.33	1.90	1.85	1.56	1.54	1.32	1.26	1.05	1.07	1.00	0.94	0.84	0.83	0.74	0.60
BEYK-KCEK	33	4.12	3.58	3.40	3.12	2.91	2.65	2.34	2.37	2.00	2.36	1.94	1.97	1.54	1.81	1.32	1.38
TERK-YALI	37	4.17	5.04	3.74	4.02	3.45	3.45	2.85	3.10	2.51	2.52	2.48	2.46	2.16	2.14	2.31	2.05
PALA-TUZL	40	4.17	4.27	3.57	3.48	3.24	2.99	2.99	2.71	2.68	2.63	2.59	2.39	2.39	2.03	2.39	1.86
BEYK-SİLE	44	4.67	5.15	3.59	4.86	3.14	2.91	2.81	2.63	2.55	2.14	2.55	2.18	2.17	1.82	2.03	1.55
SİLE-TUZL	48	4.50	5.05	4.06	4.00	3.38	3.67	2.76	3.05	2.44	2.64	2.25	2.42	1.87	2.22	1.99	2.04
SLVR-TERK	55	4.31	5.25	3.12	3.36	2.69	3.07	2.42	3.05	1.97	2.47	1.82	2.09	1.65	1.96	1.67	1.95
KCEK-SLVR	59	3.82	4.15	3.04	3.44	2.59	2.87	2.40	2.32	2.17	1.51	1.91	1.47	1.64	1.21	1.39	0.64
KCEK-YALI	66	7.01	6.69	5.40	5.44	4.99	4.82	4.70	4.63	4.24	4.25	4.15	4.34	3.79	4.12	3.61	3.51
PALA-YALI	71	5.09	7.66	5.22	5.22	4.84	4.81	4.78	4.47	4.30	4.07	4.26	4.29	3.77	4.07	3.65	3.55
BEYK-YALI	75	6.03	8.02	4.96	4.84	5.03	4.33	4.25	4.14	3.92	3.75	3.51	3.36	3.72	3.36	3.15	2.64
SİLE-TERK	80	7.78	5.14	6.82	3.53	3.15	3.11	3.26	2.70	2.46	1.92	2.30	2.23	2.09	1.68	1.59	1.30
BEYK-SLVR	85	5.67	5.44	3.88	5.44	3.36	4.24	2.51	3.33	2.47	3.28	1.93	2.66	1.91	2.38	1.37	1.74
ISTN-SARY	92	6.53	7.57	6.34	5.28	4.83	5.23	4.37	3.62	4.76	4.64	3.95	3.34	3.43	2.85	3.32	2.44
SLVR-TUZL	106	6.57	10.84	6.46	9.50	3.87	5.21	4.02	4.27	3.26	2.26	3.39	2.50	2.88	2.47	2.87	1.93

		KUZEY (282-287 GÜNLERİ)															
KM		1h (G+G)	1h (GPS)	2h (G+G)	2h (GPS)	3h (G+G)	3h (GPS)	4h (G+G)	4h (GPS)	6h (G+G)	6h (GPS)	8h (G+G)	8h (GPS)	12h (G+G)	12h (GPS)	24h (G+G)	24h (GPS)
BEYK-PALA	15	5.96	6.82	4.79	4.24	4.44	4.23	3.54	3.75	3.25	3.36	2.73	2.83	2.37	2.69	1.35	1.52
KCEK-PALA	18	5.03	8.34	3.58	2.83	2.52	2.44	2.11	2.07	1.82	1.90	1.46	1.37	1.61	1.38	0.98	1.10
BEYK-KCEK	33	7.02	5.72	5.83	5.21	5.55	5.00	4.73	4.56	4.29	4.39	3.24	3.09	2.64	3.20	1.53	2.15
TERK-YALI	37	6.13	5.90	5.00	5.48	4.65	4.84	4.35	4.43	3.74	3.88	3.51	3.35	2.60	2.47	2.60	2.51
PALA-TUZL	40	6.44	6.32	4.88	4.69	4.38	4.11	3.93	3.77	3.10	2.98	3.56	3.15	2.93	2.38	2.36	1.92
BEYK-SİLE	44	6.66	8.92	5.70	5.34	5.37	5.04	4.48	4.70	3.90	3.81	3.50	3.03	2.18	2.27	1.49	1.35
SİLE-TUZL	48	7.26	6.40	6.58	5.45	4.95	5.35	4.86	5.06	4.16	4.41	4.24	4.33	3.48	3.65	3.03	3.70
SLVR-TERK	55	7.52	6.01	4.73	5.04	4.08	4.35	3.67	4.45	3.63	3.71	2.48	2.70	2.69	3.13	1.93	2.43
KCEK-SLVR	59	6.43	7.39	5.15	5.17	4.55	4.27	5.06	4.14	3.40	3.24	3.90	3.60	3.27	2.96	1.76	1.73
KCEK-YALI	66	10.57	13.95	8.96	7.59	7.69	6.60	8.12	7.07	7.08	5.60	6.03	5.62	4.66	4.34	3.47	3.51
PALA-YALI	71	9.09	13.79	8.16	6.72	6.40	5.90	6.87	6.00	5.63	5.00	5.56	5.19	4.13	3.26	3.24	2.88
BEYK-YALI	75	7.67	9.85	6.39	7.01	5.17	5.35	4.53	5.12	4.17	4.48	3.62	4.77	2.87	2.74	2.69	2.38
SİLE-TERK	80	7.48	10.16	8.29	6.79	6.07	6.59	6.69	6.95	4.97	5.85	5.14	4.58	4.38	3.86	3.44	2.99
BEYK-SLVR	85	9.25	9.72	6.98	6.82	5.80	5.99	5.27	5.66	4.57	4.95	3.71	4.20	2.73	3.10	2.10	2.46
SLVR-TUZL	106	10.29	11.66	8.45	7.22	6.82	6.54	6.72	5.49	4.85	4.27	5.71	4.80	4.31	3.47	4.06	3.60

Çizelge 7.18 Broadcast(GPS)-broadcast(GPS+GLONASS) efemeris (e) bileşeni sonuçları

		DOĞU (338-347 GÜNLERİ)															
KM		1h (G+G)	1h (GPS)	2h (G+G)	2h (GPS)	3h (G+G)	3h (GPS)	4h (G+G)	4h (GPS)	6h (G+G)	6h (GPS)	8h (G+G)	8h (GPS)	12h (G+G)	12h (GPS)	24h (G+G)	24h (GPS)
BEYK-PALA	15	2.62	2.47	2.01	1.91	1.83	1.78	1.74	1.82	1.20	1.32	1.45	1.52	1.13	1.02	0.89	1.09
KCEK-PALA	18	2.57	2.25	2.54	1.89	1.77	1.70	1.68	1.55	1.66	1.22	1.57	1.31	1.58	1.09	1.43	0.92
BEYK-KCEK	33	3.47	3.19	2.71	2.43	2.50	2.27	2.30	2.19	1.78	1.58	1.81	1.73	1.55	1.18	1.60	1.46
TERK-YALI	37	5.52	7.05	2.97	3.12	2.72	3.02	2.67	2.95	2.36	2.56	2.13	2.51	1.85	2.10	1.94	1.89
PALA-TUZL	40	3.47	4.02	2.63	3.24	2.54	2.91	2.22	2.83	1.93	2.59	1.62	2.22	1.43	1.93	1.15	1.64
BEYK-SİLE	44	4.65	16.82	4.03	6.28	3.36	3.43	3.20	3.02	2.66	2.61	2.57	2.52	2.48	2.28	1.99	1.75
SİLE-TUZL	48	3.79	7.82	2.98	2.64	2.60	2.36	2.46	1.97	2.20	1.57	2.27	1.44	1.99	1.13	1.83	0.78
SLVR-TERK	55	6.18	5.79	4.76	4.45	4.40	4.26	4.04	4.01	3.90	3.79	3.75	3.83	3.34	3.38	2.67	2.64
KCEK-SLVR	59	5.28	5.49	4.81	4.72	4.44	4.47	3.79	4.07	3.53	3.81	3.14	3.70	3.06	3.15	2.31	2.68
KCEK-YALI	66	10.12	15.21	3.25	3.77	4.10	3.07	2.52	3.35	2.52	3.65	1.73	2.35	1.62	2.03	1.25	1.74
PALA-YALI	71	7.91	20.62	3.64	4.30	3.23	4.14	2.84	3.65	2.95	3.59	2.32	3.17	2.16	3.33	1.87	2.77
BEYK-YALI	75	8.16	23.18	3.95	4.34	5.67	3.95	3.29	3.99	2.65	3.09	2.77	2.94	2.37	2.36	2.00	1.64
SİLE-TERK	80	9.04	10.84	10.20	5.15	4.89	4.62	4.62	4.36	4.19	3.67	3.59	3.62	3.15	2.72	2.75	2.24
BEYK-SLVR	85	7.58	7.82	5.36	7.97	5.04	5.09	4.45	4.60	3.98	3.95	4.04	4.17	3.39	3.45	2.68	2.92
ISTN-SARY	92	8.64	24.74	8.54	19.83	5.91	10.86	8.93	14.93	5.28	9.65	3.98	5.27	3.74	5.26	3.18	4.80
SLVR-TUZL	106	11.56	27.08	13.43	16.38	6.55	8.36	5.15	6.91	4.66	7.41	5.15	6.07	4.23	5.07	3.65	4.94

		DOĞU (282-287 GÜNLERİ)															
KM		1h (G+G)	1h (GPS)	2h (G+G)	2h (GPS)	3h (G+G)	3h (GPS)	4h (G+G)	4h (GPS)	6h (G+G)	6h (GPS)	8h (G+G)	8h (GPS)	12h (G+G)	12h (GPS)	24h (G+G)	24h (GPS)
BEYK-PALA	15	3.56	3.66	2.83	2.57	1.97	1.90	1.82	1.76	1.56	1.72	1.59	1.45	1.45	1.38	0.67	0.67
KCEK-PALA	18	3.89	4.16	2.87	2.18	1.77	1.84	1.91	1.84	1.46	1.26	1.47	1.15	1.20	1.12	0.88	1.00
BEYK-KCEK	33	4.42	5.25	3.43	2.98	2.64	2.48	2.28	2.50	1.94	1.76	1.97	1.78	1.56	1.29	1.20	0.87
TERK-YALI	37	6.42	5.58	4.86	5.10	4.31	4.15	4.29	4.55	3.72	3.88	3.40	3.79	3.10	3.68	2.40	2.58
PALA-TUZL	40	6.16	7.68	4.76	4.35	3.66	3.51	3.75	3.55	3.25	2.73	3.90	2.36	2.01	2.11	1.49	2.34
BEYK-SİLE	44	7.21	10.19	6.24	5.78	5.26	4.83	5.43	5.42	4.83	3.79	4.27	4.00	4.96	4.32	3.71	3.63
SİLE-TUZL	48	8.08	5.35	5.16	3.61	3.74	3.15	4.15	3.31	3.44	2.47	3.95	2.15	3.44	2.35	2.98	1.81
SLVR-TERK	55	10.16	6.25	7.49	5.62	5.60	4.96	6.08	4.68	5.33	4.54	5.13	4.12	4.57	4.24	3.93	3.44
KCEK-SLVR	59	9.98	13.03	7.50	5.98	5.81	5.38	5.84	5.28	4.98	4.43	5.56	4.34	3.90	3.93	3.39	2.73
KCEK-YALI	66	7.53	28.22	5.90	6.36	5.42	5.53	5.00	5.81	3.98	5.09	4.51	4.74	3.48	3.99	3.00	3.05
PALA-YALI	71	9.56	24.77	7.16	6.29	5.59	5.06	5.29	5.51	4.51	5.30	4.94	4.77	4.19	3.98	3.47	3.48
BEYK-YALI	75	9.33	21.29	6.18	9.75	5.63	5.24	5.43	4.86	4.62	4.35	4.49	4.21	3.81	3.72	2.56	2.62
SİLE-TERK	80	10.15	16.05	7.78	7.68	6.35	6.33	7.92	6.67	5.33	5.36	6.18	5.31	5.66	5.79	5.31	4.75
BEYK-SLVR	85	14.31	13.42	6.46	22.26	5.51	4.92	5.56	4.92	4.69	4.42	4.74	4.10	3.88	3.57	4.04	2.84
SLVR-TUZL	106	22.78	18.36	12.07	10.49	8.29	7.51	8.77	7.44	6.91	6.35	8.73	6.70	6.58	6.05	6.75	6.92

Çizelge 7.19 Broadcast(GPS)-broadcast(GPS+GLONASS) efemeris (u) bileşeni sonuçları

		YÜKSEKLİK (338-347 GÜNLERİ)															
KM		1h (G+G)	1h (GPS)	2h (G+G)	2h (GPS)	3h (G+G)	3h (GPS)	4h (G+G)	4h (GPS)	6h (G+G)	6h (GPS)	8h (G+G)	8h (GPS)	12h (G+G)	12h (GPS)	24h (G+G)	24h (GPS)
BEYK-PALA	15	9.81	8.69	8.01	7.84	7.59	7.74	6.78	6.68	6.03	6.01	5.78	5.65	5.02	4.93	4.53	4.35
KCEK-PALA	18	8.88	9.20	7.97	8.12	7.45	7.73	7.29	7.34	6.55	6.13	5.95	5.54	5.41	4.89	3.85	4.04
BEYK-KCEK	33	16.01	15.09	13.99	13.57	13.49	12.93	12.36	12.20	10.77	10.39	10.21	9.79	8.55	8.31	7.50	7.45
TERK-YALI	37	21.59	21.29	21.52	21.70	20.27	20.42	19.52	20.18	16.72	17.87	14.07	14.64	12.25	12.30	9.29	9.52
PALA-TUZL	40	24.14	23.74	23.26	23.09	21.04	20.92	20.88	20.33	17.13	17.44	16.92	16.59	15.53	15.47	14.35	13.76
BEYK-SİLE	44	23.97	26.16	21.89	25.15	20.72	20.67	20.66	20.17	16.44	16.31	17.29	16.84	15.04	14.63	13.16	12.64
SİLE-TUZL	48	17.74	18.69	15.82	15.80	16.13	16.28	13.48	13.71	12.05	12.10	11.09	10.91	9.85	9.77	7.97	7.80
SLVR-TERK	55	26.17	24.58	24.58	24.51	24.13	24.50	23.37	23.39	20.70	20.80	19.66	19.75	16.43	16.74	13.74	14.28
KCEK-SLVR	59	33.78	28.53	33.09	27.99	33.99	27.78	33.51	27.66	27.85	24.75	25.66	22.90	21.62	20.61	17.83	19.25
KCEK-YALI	66	33.71	38.60	32.76	32.18	34.86	32.35	31.04	30.31	26.53	27.28	22.66	21.78	18.95	18.43	16.00	15.27
PALA-YALI	71	40.31	43.94	37.81	36.72	37.58	38.18	36.25	35.54	31.76	30.77	26.70	25.56	21.85	21.72	18.37	17.32
BEYK-YALI	75	43.13	41.83	40.35	35.51	40.60	33.36	38.52	33.80	34.77	30.23	29.65	25.62	24.72	23.23	20.25	19.55
SİLE-TERK	80	47.00	37.83	43.21	35.64	36.48	33.19	37.88	34.21	31.89	29.62	30.26	29.68	25.15	25.99	22.45	22.01
BEYK-SLVR	85	43.85	48.45	42.01	40.20	42.43	40.84	41.02	39.79	36.52	34.43	33.80	32.19	27.88	26.99	24.24	23.53
ISTN-SARY	92	43.32	48.42	44.77	43.31	44.14	44.94	41.87	42.40	36.39	37.08	31.17	29.11	27.31	26.19	23.74	22.55
SLVR-TUZL	106	57.85	66.48	57.52	57.24	54.22	55.06	53.17	54.06	48.24	45.35	41.94	40.34	36.24	35.61	31.87	31.37

		YÜKSEKLİK (282-287 GÜNLERİ)															
KM		1h (G+G)	1h (GPS)	2h (G+G)	2h (GPS)	3h (G+G)	3h (GPS)	4h (G+G)	4h (GPS)	6h (G+G)	6h (GPS)	8h (G+G)	8h (GPS)	12h (G+G)	12h (GPS)	24h (G+G)	24h (GPS)
BEYK-PALA	15	15.64	16.22	13.39	13.33	12.19	11.54	11.68	11.29	9.04	8.58	9.36	8.87	5.19	5.20	4.02	3.98
KCEK-PALA	18	15.02	16.70	12.15	12.59	10.94	11.21	10.85	10.52	9.09	8.81	7.20	7.16	5.64	5.65	3.15	3.03
BEYK-KCEK	33	24.73	24.79	22.74	22.81	20.10	19.40	19.25	18.59	15.89	14.92	15.08	14.15	9.34	8.73	6.84	6.08
TERK-YALI	37	34.55	33.27	32.91	32.77	31.10	30.52	30.37	30.60	28.22	28.51	27.32	28.10	21.20	22.83	21.00	21.57
PALA-TUZL	40	49.18	49.19	48.06	47.96	48.05	47.00	46.02	45.75	45.53	45.20	44.88	38.25	39.98	40.19	34.25	33.52
BEYK-SİLE	44	41.56	43.31	41.20	40.80	41.28	41.05	38.19	37.79	36.67	38.01	31.67	30.99	30.22	31.22	22.87	23.21
SİLE-TUZL	48	31.19	29.85	29.37	28.98	29.48	28.55	27.88	27.37	26.01	24.47	22.71	21.91	18.73	18.27	15.65	15.15
SLVR-TERK	55	36.63	34.33	34.08	32.30	29.98	30.84	30.66	28.93	25.85	26.68	24.16	23.40	19.36	21.25	10.28	11.14
KCEK-SLVR	59	44.60	45.82	42.57	38.93	41.23	40.37	39.97	37.90	33.86	34.43	30.97	30.59	25.25	27.54	20.57	21.93
KCEK-YALI	66	49.83	52.28	46.26	45.73	45.67	44.96	43.76	43.81	40.80	41.57	38.15	42.07	25.21	26.48	27.92	26.37
PALA-YALI	71	50.40	53.28	48.22	46.91	46.30	46.47	45.37	45.58	40.89	42.83	40.04	43.81	23.83	24.59	25.03	24.95
BEYK-YALI	75	51.71	54.89	48.08	50.37	45.20	43.81	45.56	44.15	41.32	40.14	39.97	39.29	23.38	24.33	24.56	23.26
SİLE-TERK	80	59.35	56.70	59.72	58.36	57.83	56.86	53.39	51.75	53.19	51.26	48.74	44.44	40.56	39.00	32.19	29.08
BEYK-SLVR	85	52.79	55.53	44.39	50.97	40.97	39.82	40.56	39.74	36.84	35.73	33.16	32.12	21.20	22.08	17.81	17.46
SLVR-TUZL	106	72.28	70.36	70.94	68.93	69.53	68.44	68.15	66.42	65.36	67.53	62.88	63.45	51.40	52.07	50.68	51.53

Çizelge 7.17, 7.18 ve 7.19’da sütunlarda (G+G); GLONASS ve GPS verilerinin birlikte değerlendirilme sonuçlarını, (GPS); sadece GPS gözlem verilerinin değerlendirilme sonuçlarını göstermektedir. Aynı çizelgelerde koyu renkli (yeşil) alanlar; bazlarda ve oturma sürelerinde değerlendirme sonuçlarından standart sapması daha küçük olanları belirtmektedir.

Çizelge 7.20 CSRS-ppp (GPS)-(GPS+GLONASS) efemeris (n), (e), (u) bileşeni sonuçları

			ABD		TÜRKİYE	
OTURUM SÜRESİ T (h)			CSRS-PPP 338-347	CSRS-PPP 282-287	CSRS-PPP 338-347	CSRS-PPP 282-287
1	RMS	<i>n</i>	14.74	15.02	7.77	10.04
		<i>e</i>	36.58	40.02	20.25	24.75
		<i>u</i>	49.91	52.97	20.58	24.74
2	RMS	<i>n</i>	8.14	7.75	4.54	5.86
		<i>e</i>	18.62	21.49	10.67	11.28
		<i>u</i>	25.00	26.06	11.77	14.90
3	RMS	<i>n</i>	4.93	5.21	3.36	4.35
		<i>e</i>	12.47	13.49	7.60	7.02
		<i>u</i>	16.12	16.87	8.68	10.47
4	RMS	<i>n</i>	3.93	4.15	2.94	3.84
		<i>e</i>	10.05	11.41	6.09	5.88
		<i>u</i>	13.34	12.88	8.19	9.17
6	RMS	<i>n</i>	3.69	3.25	2.63	3.10
		<i>e</i>	6.98	6.87	4.18	4.49
		<i>u</i>	10.80	10.66	6.64	6.30
8	RMS	<i>n</i>	2.73	3.10	2.64	2.98
		<i>e</i>	5.26	5.91	3.93	3.74
		<i>u</i>	8.41	8.35	6.43	5.85
12	RMS	<i>n</i>	2.20	2.03	1.99	2.00
		<i>e</i>	4.06	6.82	2.82	3.26
		<i>u</i>	7.28	6.20	5.57	4.74
24	RMS	<i>n</i>	1.42	1.27	1.81	1.57
		<i>e</i>	2.66	3.05	2.03	2.57
		<i>u</i>	5.02	4.14	5.03	3.38
GPS			GPS+GLONAS			

7.5.8 Uygulama-5 Analiz Sonuçları

Bölüm 7.5.7’de baz çözümünde broadcast (GPS) ve broadcast (GPS+GLONASS) kullanımının anlamlı olup olmadığının irdelendiği Uygulama-5’de, artan baz mesafesine bağlı olarak tasarlanan ve Uygulama-2’de kullanılan İstanbul civarındaki bazlar ele alınmış, ilave yapılan toplam 14980 adet değerlendirme sonuçları Çizelge 7.14, 7.15, 7.16 göre;

- Uygulamada kullanılan Topcon Magnet ticari yazılım sonuçlarında, her üç bileşen içinde anlamlı bir farkın olmadığı incelendiği bu deneyde, Çizelge 7.14, 7.15 ve 7.16’da görüleceği üzere sadece GPS ya da GPS+GLONASS verisinin değerlendirme sürecine dahil edilmesi durumunda, elde edilen sonuçların (baz mesafesi ve gözlem süresine göre) standart sapmaları incelendiğinde anlamlı bir farkın olmadığı görülmektedir.

- Uygulama-1 kapsamında web tabanlı servis CSRS-ppp uygulamasının çözüm stratejileri Çizelge 7.1’de görüleceği üzere CSRS-ppp web tabanlı servis, PPP değerlendirme sürecinde GPS ve GLONASS verilerini işleyebilmektedir. ABD ve Türkiyede tespit edilen istasyonlara ait 10 günlük ve 6 günlük değerlendirme sonuçlarının sunulduğu Şekil 7.21, 7.22 ve 7.23’de, ABD’de tespit edilen istasyonların sadece GPS sistemine ait veri, Türkiye’deki istasyonların ise GPS ve GLONASS sistemlerine ait verileri toplamaktadır. ABD’de tespit edilen istasyonlardan ayrı olarak Türkiye’deki istasyonlarda ilaveten GLONASS verisinin de değerlendirme sürecine dahil edilmesinin sonuçları Çizelge 7.20’de görülmektedir. Çizelge 7.20 incelendiğinde özellikle iyonosferik aktivitenin daha fazla olduğu kısa gözlem sürelerinde (1, 2, 3, 4saat) elde edilen sonuçlar GPS+GLONASS verisi kullanmanın anlamlı olduğu ve sonuçlara olumlu katkı yaptığı görülmüştür.
- Uygulama-5 ve Uygulama-1’de bahsedilen değerlendirme sonuçları açısından irdelendiğinde ticari yazılım kullanımda farklı uydu sistemlerden de veri toplanarak başka bir deyişle gözlem/ölçü sayısını artırmanın, çetilendirmenin olumlu katkı yapacağını söyleyebiliriz.

7.6 Sonuçların Yorumu ve Öneriler

1960’lı yıllarda başlayan uydularla konum belirleme yöntemleri, ilk ortaya çıktığı günden bu yana askeri amacının yanında insanoğlunun hayatına her alanda giren Küresel Konumlama Sistemi (GPS), diğer sistemlerinde (GLONASS, BEIDOU, QZSS, IRNSS vd.) devreye alınması ile bugün artık Küresel Yönbulum Uydu Sistemleri (GNSS) olarak hayatımızın içinde daha fazla var olmaya devam etmektedir. GNSS sistemlerinden elde edilen gözlem verisinin bir uygulamaya ya da yoruma dahil olabilmesi için bu ham gözlem verilerinin değerlendirilerek anlamlı hale getirilmesi gerekmektedir. Bugün itibariyle akademik yazılımlar, web tabanlı servisler ya da ticari yazılımlar ile GNSS sistemlerinden elde edilen veriler değerlendirilerek anlamlı hale getirilmektedir.

Yazılımlara akademik/bilimsel, ticari yazılımlar ve web tabanlı servisler olarak 3 ana grup altında değerlendirsek de temelde işleyiş mantıkları Bölüm 5’de açıklandığı gibi genel yazılım işleyiş mantığındadır. Aralarındaki temel fark dikkate aldıkları fiziksel

modellerde kullandıkları algoritmalarda veri işlemlerinin daha basit ya da daha karmaşık olmasından ileri gelmektedir. Bunun da en temel sebebi, kullanım amaçlarının farklı olmasındandır.

Bu durumda önemli olan ise, son kullanıcıların yani elinde GNSS gözlem verisi bulunan ve o elde ettiği veriyi anlamlı hale getirecek olan kişinin amacının ne olduğudur. Elbette son kullanıcı hangi değerlendirme yazılımını kullanırsa kullansın sahip olduğu teknik altyapı, bilgi-birikim ve gözlem süresinin de amacıyla örtüşmesi gerekmektedir. Bu durum Şekil 5.11’de görüldüğü gibi kullancının teknik imkânı ve emeği ile elde etmeyi umduğu doğruluk arasındaki ilişkide daha net görülmektedir.

Kullanıcılar bu durumda teknik imkanları dahilinde amaçlarını doğru belirlerse hem zamandan hem de paradan tasarruf edebilirler. Yukarıdan itibaren ifade edilen tüm bölümlerde, ortaya çıktığı günden bugüne değişen, gelişen ve her gün yeni tekniklerin kullanıcıların hayatına girdiği GNSS sistemlerinde, kullanıcılar açısından sistemden elde etmeyi umdukları doğrulukların araştırılması ve önsel doğruluk tahminlerinin yapılması, kullanıcıların amaçlarına uygun olarak doğru yöntem ve yazılımlara yönelmesine ayrıca teknik yönetmeliklerin doğru ve hızlıca güncellenmesine katkı sunacağı da kuşkusuzdur.

Günümüze kadar çeşitli çalışmalar ile GNSS konum doğruluğunun hangi parametrelere bağlı olarak değiştiğini gözlemlemek adına var olduğu günden bugüne kadar ortaya konmaya çalışılmıştır. Yapılan araştırmaların çoğunluğu, akademik yazılımlar ile yapılan karşılaştırmalı değerlendirmelere dayanmaktadır. Elbette ki akademik yazılımlar ile elde edilen sonuçlar, değerlendirme stratejileri, fazladan bir çok etkiyi dikkate alması açısından ideal olana en yakın, en doğru sonuçları elde ettiklerinden, sistemi ve sistemden elde edilen konum doğruluğu üzerine doğru yorumlanması açısından böyle olması da gayet normal bir durumdur.

Ticari yazılımlar ile üretilen GNSS çözümlerinin doğruluğu üzerine çalışmalar bugüne değin kısıtlı kalmıştır. Yapılan uygulamalarda ise gözlem süreleri, baz mesafeleri, çözüm stratejileri açısından dar kapsamlı ele alınmıştır. Günümüzde ülke temel GPS ağına dayalı büyük ölçekli haritaların yapılmasında ve ayrıntı ölçmelerinde GPS verileri ticari yazılımla değerlendirilmektedir. Bilinen akademik ve ticari yazılımların yanında bugün hayatımıza hızla giren web tabanlı değerlendirme servisleri de etkinliklerini, çeşitliliklerini ve kullanıcı sayısı her geçen gün artırmaktadır. Bu çalışmada ticari yazılım

olan TOPCON MAGNET ile baz mesafesi ve gözlem süresine bağlı olarak konum belirleme doğruluğunun gücü, dünden bugüne yazılımlar ile GNSS sistemindeki gelişmelerin yorumlanması ve gündelik kullanıcılar için önsel doğruluk tahmininin ortaya konması, bunu gerçekleştirmeye çalışırken de yukarıdan aşağıya doğru bir mantıkla (Akademik yazılım- web tabanlı servisler- ticari yazılım şeklinde) bu doğruluğun geçerli yönetmeliğimiz açısından irdelenmesi amaçlanmıştır.

Ülkemizdeki jeodezik çalışmalarda yoğun olarak kullanılan ticari yazılımların baz çözümü ile elde edilen konum doğruluğunun Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY)'nde belirtilen doğruluklar ile ne derece uyduğu konularına ışık tutulmaya çalışılmıştır.

Uygulamanın ilk adımı (Uygulama-1, Bölüm 7.1, 7.2, 7.3) olan akademik yazılım GIPSY-ppp (Ver 6.4), web tabanlı servisler CSRS-ppp ve OPUS ile kullanılacak bazlar için istasyonların 24 saatlik verilerinin 10 günlük ve 6 günlük ortalamalarından tüm istasyonların kesin değerleri X,Y,Z (ITRF 2008 datumunda) elde edilmiştir. Sonuçların yorumlanması üç yazılım/uygulama üzerinde elde edilen toplam 159.366 adet değerlendirme sonucu ile gerçekleştirilmiştir.

- Online uygulamalar için yıllar içerisinde yapılan değerlendirmelerde (grafiklerde sunulan 2001 Eckl vd ile 2005 T.Soler çözüm sonuçları) elde edilen konum doğruluğunun artmış olduğu belirlenmiştir. Konum doğruluğunun artışının nedeni, yazılımlarda olan gelişmelere ilaveten, GPS yanında diğer uydu sistemlerinin devreye alınmış olması (uygulamamız açısından GLONASS verisi de kullanılmıştır), modellemelerdeki iyileştirmeler, daha fazla etkiyi içeren modellerin değerlendirme sürecine dahil edilmesi ve yeni değerlendirme tekniklerinin uygulanması (PPP; Precise Point Positioning) olarak tanımlanabilir.
- Yüksek doğruluk isteyen uygulamalarda mutlak konum belirleme yönteminin PPP tekniği ile kayda değer bir ilerleme yaptığı saptanmıştır. Böylece tek bir alıcı ile de hassas konum bilgisine ulaşılabileceği görülmüştür (Şekil 7.21, 7.22, 7.23, 7.24).
- PPP ya da bağıl değerlendirme yapılsa da iyonosferik aktivitenin artmasının sonuçlar üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu, özellikle bu etkinin düşey bileşen üzerinde daha fazla olduğu görülmüştür (Şekil 7.21, 7.22, 7.23, 7.24).

- Türkiye özelinde Marmara bölgesi İstanbul civarında kullanılan istasyonlardan yola çıkarak;

Uygulamanın ilk kısmındaki 3 yazılım ve web servisinde minimum 1 saatlik gözlem ile;

- 0.5 cm ila 5cm aralığında yatayda, 3 cm ila 9cm arasında düşeyde konum doğruluğuna ulaşılabilceğı,
- 6 saatlik gözlem süresinden sonra iyonosferik etkinin gözlem süresinin artmasıyla oldukça düştüğü, ancak kısa süreli gözlemlerde dikkate alınması gerektiğı,
- Bu uygulamalardan herhangi birini kullanarak cm altında konum bilgisine ulaşmak için 12 saatlik gözlem yapılması gerektiğı tespit edildi.
- Uygulamanın ilk aşamasında kullanılan yazılımlardan ya da servislerden birini kullanarak BÖHHBÖY'nin beklediğı doğruluklara ulaşabilmek için en az 2 saat ölçme yapılması gerekmektedir. Ancak BÖHHBÜY'de 2018 yılında yapılan son değişiklikte bağıl değerlendirme dışında bir yöntemin ya da bağıl değerlendirme imkânı olsa da web tabanlı değerlendirme servislerinden (OPUS gibi) ülke jeodezi ağlarında yapılacak gözlemlerin değerlendirmesinde kullanılabileceğinden bahsedilmemektedir. İleride bu değişikliğin BÖHHBÖY'ne girmesinin kullanıcılar açısından maliyet ve değerlendirme kolaylıklarını sağlayacağını söyleyebiliriz.
- Uygulamanın ilk kısmında kullanılan 3 uygulama ile (GIPSY-ppp, CSRS-ppp ve OPUS) yatayda en az 12 saat, düşeyde ise 24 saatlik gözlem ile IGS tarafından tanımlanan “yüksek hassasiyetli standart”a ulaşılabilir. Dünya üzerinde tek bir alıcı ile de yüksek doğruluklu çalışmalar için gerekli olan konum doğruluğuna giriş kısmında bahsedildiğı gibi yıllar içinde ulaşılmış olduğu belirlenmiştir.
- Belirlenen 2 grup istasyonlardan (Türkiye ve ABD olmak üzere) uygulama-1 için elde edilen sonuçların (Şekil 7.21, 7.22, 7.23, 7.24) birbirine oldukça yakınsamasının, aynı enlem bölgelerinde bulunmasının bir sonucu olduğu, ABD'de elde ettiğimiz/edeceğimiz deneysel sonuçları, ülkemizdeki uygulamalara ışık tutması açısından da değerlendirebileceğimiz düşünülmektedir.
- Dogan vd. tarafından [20] 2014 yılında yapılan ve mevsimsellik etkisini araştırdıkları çalışmalarında kış aylarında yaz aylarına göre daha yüksek doğruluk

tespit ettikleri çalışmaları dikkate alındığında, uygulama için belirlenen 10 günlük (2012 yılı Kasım) ve 6 günlük (2012 yılı Ekim) periyotlar için mevsimsel etkilerin oldukça düşük olduğu ve göz ardı edilebileceği düşünülmektedir.

Uygulama-2 olarak Bölüm 6 ve Bölüm 7.5.1’de sunulan deneyde, hem Amerika Birleşik Devletleri’nde hem de Türkiye’de istasyonlar arası yükseklik farkının sabit ya da minimum tutularak, 0 km’den 100km’ye artan baz mesafesinde ve farklı oturum sürelerinde (1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 ve 24saat) baz değerlendirme sonuçları (41479 toplam değerlendirme) irdelendiğinde;

- 0’dan 100km’ye kadar artan baz mesafesinde yatay bileşenler Kuzey (n) ve Doğu (e) Şekil 7.25, 7.26, 7.28, 7.29, 7.31, 7.32, 7.34, 7.35’de görüleceği üzere yatay bir trend içinde oldukları, bu bileşenler üzerindeki doğruluğun baz mesafesinden daha çok oturum süresine bağlı olduğu, düşey bileşen (u) Şekil 7.27, 7.30, 7.33, 7.36 incelendiğinde baz mesafesine ve oturum süresine bağlı olarak artan bir trend içinde olduğu, bu bileşenin doğruluğunun oturum süresi yanında baz mesafesine de bağlı olduğu,
- Ancak 1 ve 2 saatlik oturum sürelerinin Şekil 7.25, 7.26, 7.28, 7.29, 7.31, 7.32, 7.34, 7.35’de görüleceği üzere diğer oturum sürelerine (3, 4, 6, 8, 12 ve 24saat) bağlı olarak yapılan çözümlerden ayrıştığı, bunun en temel sebebinin kısa gözlem sürelerinde uydu-alıcı geometrisi ve troposferik düzensizliklerin etkisi olarak sayılabileceği,
- Düşey bileşenin (u) baz mesafesine ve oturum süresine bağlı oluşunun akademik/bilimsel yazılımlar için yapılan araştırma sonuçlarından bu açıdan ayrıldığı,
- Uygulama-2’de iki farklı zaman diliminde 10 günlük (en az iyonosferik aktivite) ve 6 günlük (en fazla iyonosferik aktivite) yapılan değerlendirmede; iyonosferik aktivitenin artmasının (Deneyde 282 ila 286 GPS günleri) sonuçlar üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Özellikle bu etkinin düşey bileşen üzerinde daha fazla olduğu görülmüştür.
- Ticari yazılımlar için genel kullanım aralığının 50km civarında olduğu genel kabulünün, yıllar içerisinde GNSS sistemlerindeki gelişmeler, yazılımlar ve standart

algoritmalarındaki değişimlere bağlı olarak arttığını ve ticari yazılımlar için 50km olarak görülen kabulden çok daha uzun bazlarda istenilen doğrulukta baz değerlendirmesinin yapılabildiği,

- Ülkemizdeki jeodezik çalışmalara referans olan BÖHKBÜY açısından; Yatay bileşenler Kuzey (n) ve Doğu (e) için doğruluğun 0'dan 100 km'ye kadar bazlar için 1 saatlik gözlem süresinde dahi istenilen seviyeye rahatlıkla ulaştığını,
- Düşey bileşen (u) için BÖHKBÜY'nin belirlediği sınırlarda (15km ve en az 2 saatlik oturum süresi) tespit edilen Beyk-Kcek bazına ait (baz mesafesi:15km, istasyonlar arası yükseklik farkı:69metre) 10 günlük ve 6 günlük değerlendirme sonuçları (mm biriminde) incelendiğinde (Çizelge 7.5) BÖHKBÜY'nin istediği koşulları sağladığı, hatta 1 saatlik gözlem süresinin de istenilen doğruluk için yeterli olduğu belirlenmiştir. Baz mesafesinin 50km'nin üzerine çıktığında ve kısa gözlem sürelerinde istenilen doğruluk sınırlarının üzerine çıkıldığı, baz mesafesinin 100km'yi aştığı (Slvr-Tuzl bazında, Şekil 7.33, 7.36) ve en fazla iyonosferik aktivitede 24 saatlik gözlemin dahi istenilen doğruluğa ulaşamadığı tespit edilmiştir.
- IGS tarafından belirlenen "yüksek hassasiyetli standart"lara yatay bileşenler (kuzey ve doğu) açısından (2-3mm) kısa baz uzunluklarında (20km'ye kadar) ve uygun atmosferik koşullarda en az 6 saat oturum yapıldığında ulaşılabilirdi, iyonosferik aktivitenin artması halinde 6 saatlik gözlem süresinin de yetersiz kaldığı tespit edilmiş olup, IGS tarafından düşey bileşen için belirlenen standarta (3-5mm) tasarlanan deneyde (Uygulama-2) ulaşılammıştır.

Uygulama-3 olarak Bölüm 6 ve Bölüm 7.5.3'de sunulan deneyde, Amerika Birleşik Devletleri'nde tespit edilen (43 istasyon 26 baz) istasyonlar arası mesafenin sabit tutularak (10-15 km), 50 metreden 1631 metreye kadar artan yükseklik farkında ve farklı oturum sürelerinde (1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 ve 24saat) baz değerlendirme sonuçları (24913 toplam değerlendirme) irdelendiğinde;

- 50'den 1631metreye kadar artan yükseklik farkında yatay bileşenler Kuzey (n) ve Doğu (e) Şekil 7.40, 7.41, 7.43, 7.44'de görüleceği üzere yatay bir trend içinde

oldukları, bu bileşenler üzerindeki doğruluğun baz mesafesinden daha çok oturum süresine bağlı olduğu,

- Ancak istasyonlar arası yükseklik farkının 1000 metreden fazla olan bazlarda kısa oturum süresinden başlayarak doğruluğun gittikçe azaldığı ve tasarlanan deney uygulama-3'de Long-Wlsn bazında (13,6km baz mesafesi,1631 metrelik yükseklik farkında) her iki bileşen için elde edilen sonuçların Şekil 7.42, Şekil 7.45'de ve Çizelge 7.6'daki sonuçlarda (mm biriminde) görüleceği üzere genel ortalamanın çok üzerine çıktığı,
- Düşey bileşen (u) grafikleri Şekil 7.42 ve 7.45 incelendiğinde baz mesafesi sabit tutulduğunda, istasyonlar arası yükseklik farkına ve oturum süresine bağlı olarak artan bir trend içinde olduğu, bu bileşenin doğruluğunun oturum süresi yanında, istasyonlar arası yükseklik farkına da bağlı olduğu,
- Yükseklik farkının az ve baz mesafesinin 10-15km civarında olduğu bazlarda troposferin davranışı hemen hemen aynı ve istasyonlar arasında zenit gecikmelerinde bir öteleme bulunmadığı bilinmektedir. Baz mesafesi sabit tutulduğunda ancak istasyonlar arasındaki yükseklik farkının giderek arttığı bir modelde (Uygulama-3) zenit gecikmelerinde bir öteleme oluşmaktadır.
- Akademik yazılımlarda çeşitli filtre yöntemleri ve uygun istatistik algoritmalar kullanılarak mutlak troposferin zamana bağlı uygun kestirilmesine karşın, istasyonlar arasındaki mesafenin sabit tutulmasına rağmen, istasyonlar arasındaki yükseklik farkının artması ile ticari yazılım tarafından kullanılan standart troposfer modelinin yetersiz kalmasının sonucu olduğu düşünülmektedir.
- Uygulama-3'de de iki farklı zaman diliminde 10 günlük (en az iyonosferik aktivite) ve 6 günlük (en fazla iyonosferik aktivite) yapılan değerlendirmede; iyonosferik aktivitenin artmasının (Uygulamamızda 282 ila 286 GPS günleri) sonuçlar üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu belirlenmiş olup özellikle bu etkinin düşey bileşen üzerinde daha fazla olduğu belirlenmiştir.
- Ülkemizdeki jeodezik çalışmalara referans olan BÖHKBÜY açısından, yatay bileşenler Kuzey (n) ve Doğu (e) için doğruluğun istasyonlar arası yükseklik farkının 50 metreden 1631 metreye kadar çıktığı uygulama-3'de, bazlar için 1 saatlik

gözlem süresinde dahi istenilen seviyeye rahatlıkla ulaştığını, ancak yükseklik farkının en fazla olduğu (1631metre) ve iyonosferik aktivitenin nispeten daha yoğun olduğu durumlarda ise yatay bileşenler üzerindeki etkinin artmasıyla özellikle kısa oturum sürelerinde (1h, 2h ve 3h) istenilen doğruluklara ulaşılamadığı,

- Düşey bileşen (u) için BÖHKBÜY'nin belirlediği sınırlarda (15km ve en az 2 saatlik oturum süresi) Uygulama-3'de kullanılan bazlara ait 10 günlük ve 6 günlük değerlendirme sonuçları Çizelge 7.8, Şekil 7.42 ve 7.45 incelendiğinde, istasyonlar arası yüksekli farkı 800 metreyi bulduğunda yönetmeliğin istediği doğruluk sınırlarının aşıldığı, kısa gözlem süreleri yanında daha uzun süreli gözlem yapılsa da yükseklik bileşeni üzerindeki bozucu etkinin azalmadığı,
- BÖHKBÜY açısından GNSS ile bağlantı nivelmanına dair standartlarda nivelman yol uzunluğu için 15km belirlenirken, bağlantı nivelmanı yapılacak istasyonlar arasındaki yükseklik farkına dair bir standart belirlenmemiştir. Noktalar arasındaki aşırı yükseklik farkı ya da engebeli arazilerin çeşitli jeodezik uygulamaların (geometrik, trigonometrik yükseklik belirleme) sonuçları üzerinde etkisi eskiden beri bilinmektedir. Bu durum kendisini özellikle standart troposfer modellerini kullanan ticari yazılımlarda da göstermektedir. Ülkemiz gibi yer yer yüksekliklerin aşırı değiştiği ve engebeli arazilerde yapılacak yükseklik belirleme çalışmalarında bu durum önem arz etmektedir.
- Yatay bileşenler (n, e) yanında düşey bileşen (u) üzerindeki bu durumun en temel sebebinin ticari yazılımda kullanılan standart troposfer modellerinin, troposferin baz mesafesine bağlı olan korelasyonunun yanında yükseklik farkına bağlı olan korelasyonunu kestirmede yetersiz kaldığı söylenebilir.
- Uygulama-2 ile Uygulama-3 arasında özellikle düşey bileşen (u) doğruluğunun tespitine dair yapılan değerlendirmelerde, artan baz mesafesi ve artan yükseklik farkı açısından ortaya çıkan grafikler Şekil 7.27, Şekil 7.30, Şekil 7.33, Şekil 7.36 ve Şekil 7.42, Şekil 7.45 incelendiğinde (u) bileşeni üzerindeki etkinin her iki durumda da farklı yapıda olduğu, bunun troposferin yatay ve düşey karakterinin farklılığından ileri geldiği düşünülmektedir.

Bölüm 7.5.5’de ticari yazılımda baz çözümünde broadcast (yayın) ve precise (hassas) efemeris kullanımının anlamlı olup olmadığının irdelendiği Uygulama-4’de hem artan baz mesafesine bağlı olarak hem de artan yükseklik farkına bağlı olarak ele alınmış, ilave yapılan toplam 10200 adet değerlendirme sonuçlarına ve Çizelge 7.10, 7.11, 7.12, 7.13, 7.14, 7.15’e göre;

- Kuzey (n), Doğu (e) ve Yükseklik (u) bileşenlerinde, tüm alt gözlemlerde (1h, 2h, 3h, 4h, 6h, 8h, 12h ve 24h) anlamlı bir sonuç ortaya çıkmamıştır.
- Ticari yazılım ile baz değerlendirmesinde broadcast ve precise efemeris kullanımının ayrı ayrı test edildiği deneyde (uygulama-4), baz çözüm sonuçları üzerinde fark yaratacak bir etkisi bulunamamış olup, her iki çözüm sonuçlarının birbirine çok yakın olduğu tespit edilmiştir.
- Ticari yazılım kullanan bir kullanıcının elde ettiği veriyi değerlendirme için hassas yörünge bilgilerinin yayınlanması için 2 haftalık bir süre beklemesinin de bir anlamı olmadığı düşünülmektedir.

Bölüm 7.5.7’de ticari yazılımda baz çözümünde broadcast (GPS) ve broadcast (GPS+GLONASS) kullanımının anlamlı olup olmadığının irdelendiği Uygulama-5’de artan baz mesafesine bağlı olarak tasarlanan deneyde (Uygulama-2) kullanılan İstanbul civarındaki bazlar ele alınmış, ilave yapılan toplam 14980 adet değerlendirme sonuçları Çizelge 7.17, 7.18 ve 7.19 ve 7.20’ye göre;

- Uygulamada kullanılan Topcon Magnet ticari yazılım sonuçlarında, her üç bileşen içinde anlamlı bir farkın olup olmadığı incelendiği bu deneyde (Uygulama-5), Çizelge 7.14, 7.15 ve 7.16’da görüleceği üzere sadece GPS ya da GPS+GLONASS verisinin değerlendirme sürecine dahil edilmesi durumunda, elde edilen sonuçların (baz mesafesi ve gözlem süresine göre) standart sapmaları incelendiğinde anlamlı bir farkın olmadığı,
- Uygulama-1 kapsamında web tabanlı servis CSRS-ppp uygulamasının çözüm stratejileri Çizelge 7.1’de görüleceği üzere CSRS-ppp web tabanlı servis, PPP değerlendirme sürecinde GPS ve GLONASS verilerini işleyebilmektedir. ABD ve Türkiyede tespit edilen istasyonlara ait 10 günlük ve 6 günlük değerlendirme sonuçlarının sunulduğu Şekil 7.21, 7.22 ve 7.23’de, ABD’de tespit edilen

istasyonlarda sadece GPS sistemine ait veri, Türkiye'deki istasyonların ise GPS ve GLONASS sistemlerine ait veriler toplanmaktadır. ABD'de tespit edilen istasyonlardan ayrı olarak Türkiye'deki istasyonlarda ilaveten GLONASS verisinin de değerlendirme sürecine dahil edilmesinin sonuçları Çizelge 7.20'de görülmektedir. Çizelge 7.20 incelendiğinde özellikle iyonosferik aktivitenin daha fazla olduğu durumda ve kısa gözlem sürelerinde (1, 2, 3, 4 saat) elde edilen sonuçlara göre GPS+GLONASS verisi kullanmanın anlamlı olduğu ve sonuçlara olumlu katkı yaptığı görülmüştür.

- Uygulama-5 ve Uygulama-1'de elde edilen değerlendirme sonuçları açısından, ticari yazılım kullanımda farklı uydu sistemlerden de veri toplanarak başka bir deyişle gözlem/ölçü sayısını artırmanın, çeşitlendirmenin veri stratejisi açısından (Sistemlerin kapatılması, engellenmesi, veri kayıpları vb.) olumlu katkı yapacağını söyleyebiliriz.
- Tüm uygulama süreçlerine dâhil ettiğimiz istasyonlar IGS ve ülkelerin köklü kuruluşları tarafından yüksek standartlara göre tesis edildiklerinden, Bölüm 4.3'de bahsedilen çevresel etkilerin ve kullanıcı kaynaklı hataların oldukça önemsiz hale geldiği hatta yok sayıldığı göz önüne alınarak elde ettiğimiz tüm doğruluk değerlerinin ideale yakın olduğu, gündelik kullanıcılar açısından erişilebilecek doğrulukların daha kötü olabileceği,
- Yine uygulama sürecinde kesin değer olarak elde edilen istasyonlara ait konum bilgilerinin yine GNSS yazılımları ile elde edilmiş değerler olduğu, dış bir yöntem ile doğrulanmadığı için GNSS sistemlerinden kaynaklı tekrarlanabilecek etkilerin elde edilen doğrulukların içerisinde yer aldığı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Eckl, M. C., Snay, R. A., Soler, T., Cline, M. W., ve Mader, G. L., (2001). "Accuracy of GPS-derived relative positions as a function of interstation distance and observing-session duration", *Journal of Geodesy*, 75: 633-640.
- [2] Dong, D.N., ve Bock, Y., (1989). "Global Positioning System Network Analysis with Phase Ambiguity Resolution Applied to Crustal Deformation Studies in California", *J. Geophys. Res.* 94 (B4): 3949–3966.
- [3] Larson, K.M., ve Agnew, D.C., (1991). "Application of the global positioning system to crustal deformation measurement", 1. Precision and accuracy. *J. Geophys. Res.* 96 (B10): 16547–16565.
- [4] Feigl, K.L., Agnew, D.C., Bock, Y., Dong, D., Donellan, A., Hager, B.H., Herring, T.A., Jackson, D.D., Jordan, T.H., King, R.W., Larsen, S., Larson, K.M., Murray, M.H., Shen, Z.K., ve Webb, F.H. (1993). "Space geodetic measurement of crustal deformation in central and southern California", 1984–1992. *J Geophys Res* 98(B12): 21 677-21 712.
- [5] Betti, B., Biagi, L., Crespi, M., ve Riguzzi, F., (1999). "GPS sensitivity analysis applied to non-permanent deformation control Networks", *J. Geodesy* 73: 158–167.
- [6] Soler, T., Michalak, P., Weston, N.D., Snay, R.A. ve Foote, R.H., (2005). "Accuracy of OPUS solutions 1- to 4-h observing sessions", *GPS Solut* (2006) 10: 45–55.
- [7] Hakli, P., Koivula, H., ve Puupponen, J., (2008). "Assessment of Practical 3-D Geodetic Accuracy for Static GPS Surveying", *Integrating Generations FIG Working Week 14-19 June 2008, Stockholm, Sweden*.
- [8] Sanli, D. U. Ve Engin, C., (2009). "Accuracy of GPS Positioning Over Regional Scales", *Survey Review*, 41 (312): 192-200.
- [9] Geng, J., Meng, X., Teferle, R.N. ve Dodson, A.H., (2010). "Performance of precise point positioning with ambiguity resolution for 1- to 4-h observation periods", *Surv Rev* 42:155–165.
- [10] Tiryakioğlu, İ., Dereli, M.A., Erdoğan, S. Ve Gülal, E., (2010). "Tektonik Hareketlerin Belirlenmesine Yönelik Ölçü Kampanyalarında GNSS Gözlem Sayı ve Sürelerinin Konum Doğruluğuna Olan Etkilerinin Araştırılması", *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi* 2010, 2(2): 32-38.

- [11] Ozturk, D. ve Sanli, D. U., (2011). "Accuracy of GPS Positioning from Local to Regional Scales: A Unified Prediction Model", *Survey Review*, 43(223): 579-589.
- [12] Firuzabadi, D. ve King, R.W., (2012). "GPS Precision as a Function of Session Duration and Reference Frame Using Multi-Point Software", *GPS Solutions*, 16:191-195.
- [13] Demir, D.O. ve Dogan, U., (2013). "Determination of crustal deformations based on GPS observing-session duration in Marmara region, Turkey", *Elsevier*.
- [14] Panos, A., (2004). "Estimating the Optimum Duration of GPS Static Observations for Short Baseline Length Determination in Greece", *FIG Working Week 2004 Athens, 22-27 Mayıs 2004, Greece*.
- [15] Ocalan, T., (2013). "Analysis of web-baes online services for GPS relative and precise point positioning techniques", *Bol. Ciênc. Geod., sec., v. 19(2) : 191-207*,
- [16] Sanlı, D.U. ve Kurumahmut, F., (2008). "Accuracy of GPS Positioning in the Presence of Large Height Differences", *Integrating Generations FIG Working Week 2008 Stockholm, 14-19 June 2008, Sweden*.
- [17] Subaşı, H.K. ve Alkan, R.M., (2011). "İnternet Tabanlı GPS Değerlendirme Servislerinin Doğruluk Analizi: İstanbul Örneği", *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan 2011, Ankara*.
- [18] Gülmez, S. ve Tuşat, E., (2017). "The Analysis of GPS Data in Different Observation Periods Using Online GNSS Process Services", *International Journal of Environment and Geoinformatics (IJEgeo)* is an international, multidisciplinary, peer reviewed, open access journal.
- [19] Alçay, S. ve Imren, H., (2017). "Opus ve Auspos Web Tabanlı GPS Değerlendirme Servislerinin Farklı Gözlem Süreleri İçin Doğruluk Performanslarının İncelenmesi", *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6 (2): 452-466.
- [20] Dogan, U., (2014). "Investigation of GPS Positioning Accuracy During The Seasonal Variation", *Elsevier, Measurement Volume 53, July 2014, (P): 91-100*.
- [21] Eren, K. ve Uzel, T., (1995). *GPS Ölçmeleri*, Yıldız Üniversitesi Yayınları, Yayın No:301, İstanbul.
- [22] Kahveci, M. ve Yıldız F., (2009). *GPS/GNSS Uydularla Konum Belirleme Sistemleri*, 2.Basım, Nobel Yayın Dağıtım, İstanbul.
- [23] Wolf, P. R., (2000). *Adjustment Computation*. 3rd edition, Landmark Enterprises, USA.
- [24] El-Rabbany, A., (2002). *Introduction to GPS: The Global Positioning System*. Artech House, London, British.
- [25] GPS, GPS uydularının dünden bugüne değişimi, www.gps.gov, 15 Temmuz 2018.
- [26] Seeber, G., (1993). *Satellite Geodesy: Foundations, Methods, and Applications*, 2nd edition, Berlin, New York.

- [27] Leick, A., (1990). GPS Satellite Surveying, Department of Surveying Engineering ,University of Maine, Urana.
- [28] Ersoy, N., (1997). İstanbul Nirengi Çalışmalarının Yersel ve GPS Ölçüleri İle Değerlendirilmesi ve Analizi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı, Üniversite Yayın No: YTÜ.En.Dr.-97.0330/Enstitü Yayın No: En.FBE-97.008 YTÜ Basım Yayın Merkezi, İstanbul.
- [29] GLONASS, GLONASS uydu sistem bilgileri, www.glonass-iac.ru, 15 Temmuz 2018.
- [30] Encyclopedia Astronautica, GLONASS uydu sistem bilgileri, astronautix.com, 10 Temmuz 2018.
- [31] Keith, M., (2000). "A Review of GLONASS", The Hydrographic Journal, Issue 98.
- [32] Urlichich, Y., Subbotin, V., Stupak, G., Dvorkin, V., Povalyaev, A., ve Karutin. S., (2011). "GLONASS: Developing Strategies for the Future", GPS World.
- [33] GSSC, GLONASS yer denetim istasyonları, <https://gssc.esa.int>, 15 Temmuz 2018.
- [34] China GPS Rival Beidou Starts Offering Navigation Data, BBC, 27 Aralık 2011.
- [35] Wikipedia, Compass due Next Year Asian Surveying and Mapping, <https://en.wikipedia.org>, 4 Mayıs 2017.
- [36] Wikipedia, Bediou-2 kapsama alanı, wikipedia.org, 23 Temmuz 2018.
- [37] CNSA, Comparable with American and Russian in terms of performance and BeiDou-1 navigates for China, China National Space Administration, <http://www.cnsa.gov.cn>, 23 Temmuz 2018.
- [38] GLONASS, Beidou uydu takımı, www.glonass-iac.ru, 23 Temmuz 2018.
- [39] Culver, V. D. J., (2001). "Galileo: The Declaration of European Independence", presentation at the Royal Institute of Navigation.
- [40] GPS Daily, Galileo uydu sistemi, <http://www.gpsdaily.com>, 24 Temmuz 2018.
- [41] GSA, Galileo uydu sistemi, www.gsa.europa.eu, 24 Temmuz 2018.
- [42] GPS World, QZSS uydu sistemleri, www.gpsworld.com, 24 Temmuz 2018.
- [43] QZSS, GPS+QZSS uydu sistemleri dağılımı, <http://qzss.go.jp>, 24 Temmuz 2018.
- [44] The Times of India, (2014). How Kargil spurred India to design own GPS, 5 April 2014, India.
- [45] Asian Surveying and Mapping, (2009). First IRNSS satellite by December, Magazine article, 5 Mayıs 2009.
- [46] ESA, IRNS Mimarisi, <https://gssc.esa.int>, 24 Temmuz 2018.
- [47] ISAC, IRNS/NAVIC uydu bilgileri, www.isac.gov.in, 06 Ağustos 2017.
- [48] FAA, WASS sistemleri, <https://www.faa.gov>, 28 Temmuz 2018.
- [49] Stanford, CATII ve CATIII gereksinimleri, <http://www-leland.stanford.edu>, 06 Eylül 2017.

- [50] Öcalan, T. (2015). GNSS Ağlarında GPS Hassas Nokta Konumlama (GPS-PPP) Tekniği Yaklaşımlı Çözümler, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [51] Kahveci, M., (2010). "GPS/GNSS Gözlemlerini Değerlendirme Yöntemlerinde Son Gelişmeler", HKMO Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi 2010/1 Sayı 102.
- [52] IGS, IGS istasyonları, <http://www.igs.org>, 29 Temmuz 2018.
- [53] Öcalan, T. ve Soykan, M., (2012). "GNSS/CORS Ağları İçin Bir Perspektif ve RTK Konum Belirlemede Gelişmeler", XYZ Dergi, Haziran 2012.
- [54] IGS, IGS MGEX Project internet sayfası, <http://www.igs.org/mgex>, 29 Temmuz 2018.
- [55] IGS, IGS RTS Project internet sayfası, <http://www.igs.org/rts>, 29 Temmuz 2018.
- [56] IGS Technical Report, (2014). www.igs.org, Editors: Yoomin Jean, Rolf Dach, Astronomical Institute University Of Bern, Published in May 2015.
- [57] AIUB, EUREF ağı, http://www.aiub.unibe.ch/research/code_analysis_center/index_eng.html, 29 Temmuz 2018.
- [58] JPL, JPL hakkında bilgi, <https://www.jpl.nasa.gov>, 29 Temmuz 2018.
- [59] JPL, GIPYS-OASIS çalışma prensipleri, <https://gipsy-oasis.jpl.nasa.gov>, 29 Temmuz 2018.
- [60] Xu, G., (2007). GPS: Theory, Algorithms and Applications, Second Edition, Springer-Verlag, , Berlin, Germany.
- [61] Landscaper.de, Pseudorange ölçme prensibi, http://www.toralf-schumann.de/bilder/gps/gps_p6.gif, 29 Temmuz 2018.
- [62] Aktuğ, B. ve Lenk, O., (2010). "Yeni Gelişmeler Işığında Ağ Hiyerarşisi, Ölçü Süreleri ve Duyarlık Ölçütlerinin İncelenmesi", Harita Dergisi, 144:40-50.
- [63] BEUN, GNSS temel hata kaynakları, <http://geomatik.beun.edu.tr>, 30 Temmuz 2018.
- [64] Bahadur, B. ve Üstün A., (2014). " İnternet Tabanlı GNSS Veri Değerlendirme Servisleri" Harita Dergisi, Sayı 152, Temmuz 2014.
- [65] UNAVCO, GLOBK kullanımı, <https://www.unavco.org>, 05 Ağustos 2018
- [66] GEOWEB, GIPSY kullanımı, <http://geoweb.mit.edu/gg>, 05 Ağustos 2018
- [67] NASA, GIPSY özellikleri, <https://gipsy-oasis.jpl.nasa.gov>, 05 Ağustos 2018.
- [68] MICROSCOSM, Microcosm özellikleri, <http://www.vmsi-microcosm.com>, 05 Ağustos 2018.
- [69] El-Mowafy, A., (2011). "Analysis of web-based GNSS post-processing services for static and kinematic positioning using short data spans", Survey Review, 43: 535-549.

- [70] Tsakiri, M., (2008). "GPS processing using online services", Journal of Surveying Engineering, 134: 115-125.
- [71] GA GOV, Auspos arayüzü, <http://www.ga.gov.au>, 30 Temmuz 2018.
- [72] SOPAC, Scout arayüzü, <http://sopac.ucsd.edu>, 26 Temmuz 2018.
- [73] GFZ, Kapa indeks verileri, <https://www.gfz-potsdam.de>, 30 Temmuz 2018.
- [74] WEATHERSPARK, Sıcaklık bantları, Sıcaklık değişimleri, Nem değişim grafikleri, <https://weatherspark.com/history/29963/2012/Los-Angeles-California-United-States>, 15 Temmuz 2018.
- [75] NCDC, Meteorolojik veriler aylık, <http://www.ncdc.noaa.gov/temp-and-precip/us-maps/1/201212>, 30 Temmuz 2018.
- [76] WUNDERGROUND, günler için hava değişim grafikleri <https://www.wunderground.com/history/airport/KCQT/2012/10/8>, 30 Temmuz 2018.
- [77] HOLT, Okyanus yükleme veri, <http://holt.oso.chalmers.se/loading>, 26 Temmuz 2018.
- [78] NGS, OPUS veri ekran bilgileri, <https://www.ngs.noaa.gov/OPUS>, 26 Temmuz 2018.
- [79] CSRS, CSRS web arayüzü ve kullanım bilgileri, <https://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php>, 20 Temmuz 2018.
- [80] Yigit, C.O., (2016). "Experimental assessment of post-processed Precise Point Positioning for Structural Health Monitoring", Geomatics, Natural Hazards and Risk, 7(1):360-383.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Tuna EROL
Doğum Tarihi ve Yeri :09.09.1980 Balıkesir
Yabancı Dili :İngilizce
E-posta :tunaerol@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Harita Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2005
Lisans	Harita Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2002
Lise	Meslek Lisesi	Tapu ve Kadastro Meslek Lisesi	1998

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2008-Halen	Balıkesir Üniversitesi / Yapı İşl.Dai.Bşk.	Mühendis
2004-2008	Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü	Mühendis
2001-2004	Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü	V.H.K.İ.

YAYINLARI

Bildiri

- [1] Erol, T., (2018). "Accuracy of GNSS from Commercially Available Software", European Geosciences Union General Assembly 2018, 09-13 Nisan 2018, Vienna.
- [2] Erol, T. ve Turen, Y., (2018). "Atletizm Müsabakalarında Jeodezik Yersel Ölçme Sistemleri", 1.Uluslararası Beden Eğitim,Spor, Rekreasyon ve Dans Kongresi, Nisan 2018, İstanbul.
- [3] Turen, Y. ve Erol, T., (2018). "Spor Oyunlarında Gps Kullanımı", 1.Uluslararası Beden Eğitim,Spor, Rekreasyon ve Dans Kongresi, Nisan 2018, İstanbul.