



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**AKADEMİK YAZILIMLARIN GİRDİ DOSYALARININ VERİ
TABANLARINDAN OTOMATİK ELDE EDEN YAZILIM
GELİŞTİRMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayfer Feyza DURSUN

Danışman: Prof. Dr. Ömer YILDIRIM

TOKAT- 2025

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Ömer YILDIRIM danışmanlığında hazırlamış olduğum “Akademik Yazılımların Girdi Dosyalarının Veri Tabanlarından Otomatik Elde Eden Yazılım Geliştirmesi” adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

.../.../...

Ayfer Feyza DURSUN

JÜRİ KABUL VE ONAY



TEŞEKKÜR

Bu çalışmamın gerçekleştirilmesinde bana güvenerek destek olan, kendisine ne zaman danışsam bana değerli vaktini ayırıp engin bilgilerini, fikirlerini ve önerilerini sabırla anlatarak paylaşan, samimiyetini ve güler yüzünü hiç esirgemeyen kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Ömer YILDIRIM'a teşekkürü borç bilir şükranlarımı sunarım.

Tez sürecim boyunca kıymetli bilgileriyle büyük katkılar sunan, her danışmam da bana yardımlarını esirgemeyen, yenilikçi ve farklı fikirleriyle her türlü katkıyı sağlayan değerli hocam Doç. Dr. Fuat BAŞÇİFTÇİ ve Ayhan CİNGÖZ'e çok teşekkür ederim. Çalışmam esnasında Matlab yazılımı konusunda bilgilerini paylaşarak desteğini esirgemeyen Ömer YASLI'ya teşekkürü borç bilirim.

Çalışmam boyunca maddi manevi desteklerini esirgemeyen, stresimi alan, her ihtiyacım olduğunda yanımda olan, fikirleriyle ilham olan çok değerli kardeşlerim Elif Merve DURSUN ile Yusuf Turan DURSUN'a ve kilometrelerce uzakta olup yakınlığıyla, desteğiyle bunu hiç hissettirmeyen, her anımda yanımda olan canım kuzenim Elif'ime teşekkürlerimi borç bilirim.

Tüm eğitim öğretim hayatım boyunca inançlarını, güvenlerini, maddi manevi desteklerini hiç eksik etmeyen, beni bu günlere sevgi ve saygı kelimelerinin anlamlarını bilecek şekilde yetiştirerek getiren bu hayattaki en büyük şansım olan sevgili annem Kamuran DURSUN ve babam Hasan Yılmaz DURSUN'a sonsuz teşekkür eder onlara ithaf ederim.

ÍTHAF (ADAMA)



Aileme...

ÖZET

AKADEMİK YAZILIMLARIN GİRDİ DOSYALARININ VERİ TABANLARINDAN OTOMATİK ELDE EDEN YAZILIM GELİŞTİRMESİ

DURSUN, Ayfer Feyza

Yüksek Lisans, Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ömer YILDIRIM

Nisan 2025, 75 Sayfa

Bu yüksek lisans tezinde, küresel konumlama sistemleri (GNSS) verilerinin işlenmesinde kullanılan VIP.m adlı yazılımın mevcut koşullarda yetersiz kaldığı belirlenmiş ve yazılımın güncellenmesi süreci ele alınmıştır. VIP.m, değişen veri adresleri, teknolojik gelişmelere uyumsuzluk ve sürdürülebilir olmayan yapısı nedeniyle işlevselliğini büyük ölçüde yitirmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, yazılımın mevcut haliyle geliştirilemeyeceği kanaatine varılmış ve sıfırdan yeni bir yazılım tasarlanmasına karar verilmiştir.

Bu kapsamda geliştirilen AFD (Automatic File Downloader) yazılımı, MATLAB ortamında oluşturulmuş olup, özellikle IGS (International GNSS Service) ve IGL (International Geodynamics and GNSS Laboratory) veri setlerinin otomatik olarak indirilmesini ve organize edilmesini sağlamaktadır. AFD, dinamik bir kullanıcı arayüzü, FTP ve HTTP protokol desteği, tarih formatı dönüşümleri ve dosya yönetim sistemleri ile kullanıcı deneyimini önemli ölçüde iyileştirmektedir. Ayrıca, optimize edilmiş algoritmalar sayesinde veri işleme sürecinde doğruluk ve hız açısından önemli performans artışları sağlanmıştır.

Modüler yapısı ile genişletilebilir şekilde tasarlanan AFD, GNSS veri indirimi ve ön işleme süreçlerinde araştırmacılara işlevsel ve güncel bir çözüm sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: GNSS, Bernese 5.4, Matlab

ABSTRACT
**SOFTWARE DEVELOPMENT TO AUTOMATICALLY OBTAIN ACADEMIC
SOFTWARE’S INPUT FILES FROM DATABASES**

DURSUN, Ayfer Feyza
Master’s Thesis, Department of Geomatics Engineering
Advisor: Prof. Dr. Ömer YILDIRIM
Nisan 2025, 75 Pages

In this master's thesis, the limitations of the VIP.m software, which was used for processing Global Navigation Satellite System (GNSS) data, were identified, and the process of updating the software was examined. Due to changes in data sources, lack of compatibility with technological advancements, and an unsustainable structure, VIP.m was deemed no longer functional. Following evaluations, it was concluded that the software could not be effectively improved in its current form, and a completely new software solution was developed from scratch.

Within this scope, a new software named AFD (Automatic File Downloader) was developed using MATLAB. It was designed to automate the downloading and organization of GNSS data, particularly from IGS (International GNSS Service) and IGL (International Geodynamics and GNSS Laboratory). AFD provides a dynamic user interface, supports FTP and HTTP protocols, performs date format conversions, and incorporates a structured file management system, significantly enhancing user experience. Furthermore, optimized algorithms were implemented to improve both the accuracy and speed of data processing.

AFD has been designed with a modular architecture that allows for future expansion and integration of different data sources and functionalities.

Keywords: GNSS, Bernese 5.4, Matlab

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	iii
İTHAF (ADAMA)	iv
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 GPS Küresel Navigasyon Sistemi (Global Positioning System).....	3
1.1.1 Uzay Bölümü	6
1.1.2 Kontrol Bölümü	9
1.1.3 Kullanıcı Bölümü	10
1.1.4 GPS Sinyali Özellikleri.....	11
1.2 GLONASS	16
1.2.1 Uzay Bölümü	18
1.2.2 Kontrol Bölümü	21
1.2.3 Kullanıcı Bölümü	21
1.3 GALILEO	22
1.3.1 Uzay Bölümü	24
1.3.2 Kontrol Bölümü	25
1.3.3 Kullanıcı Bölümü	26
1.4 BEIDOU.....	26
1.4.1 Uzay Bölümü	28
1.4.2 Kontrol Bölümü	30
1.4.3 Kullanıcı Bölümü	31
1.5 IRNSS (NavIC)	31
1.5.1 Uzay Bölümü	32

1.5.2 Kontrol Bölümü	34
1.5.3 Kullanıcı Bölümü	35
1.6 QZSS.....	36
1.6.1 Uzay Bölümü	37
1.6.2 Kontrol Bölümü	38
1.6.3 Kullanıcı Bölümü	39
2. BERNESE v5.2.....	40
2.1 BERNESE v5.2 Yazılımı Kullanıcı Dosyaları.....	43
2.1.1 DATAPOOL Klasörü	44
2.1.2 KAMPANYA Klasörü	46
2.1.3 SAVEDISK Klasörü	48
2.1.4 GPSUSER52 Klasörü	50
3. UYGULAMA.....	51
3.1 VIP.m Yazılımı.....	51
3.2 AFD (Automatic File Downloader) Yazılımı	58
3.3 AFD Yazılımı Genel Özellikleri	61
3.4 AFD Yazılımında Kullanılan Dosyalar ve İlgili Siteler:	65
4. SONUÇ	68
KAYNAKLAR	70
EKLER	74

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo No	Sayfa
Tablo 1. 1 GPS Uyduları ve Özellikleri (Url 5, 2024)	8
Tablo 1. 2 GLONASS Sisteminin Navigasyon Radyo Sinyallerinin Özellikleri (Url 15, 2024).....	19
Tablo 1. 3 GLONASS Uydu Türleri (Url 15, 2024)	20
Tablo 1. 4 Galileo Uydu Türleri (Url 17, 2024)	24
Tablo 1. 5 Galileo Sisteminin Navigasyon Radyo Sinyallerinin Özellikleri (Url 17, 2024).....	25
Tablo 1. 6 Beidou Uydu Türleri (Url 20, 2024).....	29
Tablo 1. 7 Beidou-3 Navigasyon Radyo Sinyallerinin Özellikleri (Url 20, 2024)	30
Tablo 1. 8 IRNSS Uydu Türleri (Url 25, 2024).....	33
Tablo 1. 9 IRNSS Sisteminin Navigasyon Radyo Sinyallerinin Özellikleri (Url 25, 2024).....	34
Tablo 1. 10 QZSS Uydu Türleri (Url 26, 2024)	37
Tablo 1. 11 QZSS Sisteminin Navigasyon Radyo Sinyallerinin Özellikleri (Url 26, 2024).....	38
Tablo 3. 1 AFD Yazılımı için İnternette İndirilen Dosyalar ve İlgili Siteler	67

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil No	Sayfa
Şekil 1. 1 GPS Uydu Dağılımı (Url 2, 2024).....	4
Şekil 1. 2 GPS Evrimi-Uzay Segmenti (Url 9, 2024)	6
Şekil 1. 3 GPS Yörünge Düzlemleri ve Güncel Uyduları (Url 4, 2024)	7
Şekil 1. 4 GPS Kontrol Segmenti (Url 6, 2024)	9
Şekil 1. 5 GPS-Kontrol-Uzay-Kullanıcı Bölüm İlişkileri (Url 7, 2024)	10
Şekil 1. 6 C/A Kod Dalga Boyu (Chip Uzunluğu) ve Çözünürlüğü	12
Şekil 1. 7 P Kod Chip Uzunluğu ve Çözünürlüğü	13
Şekil 1. 8 Navigasyon Mesajının Yapısı (Url 8, 2024)	14
Şekil 1. 9 L2-CNAV Navigasyon Mesajı (Url 11, 2024).....	15
Şekil 1. 10 L5-CNAV Navigasyon Mesajı (Url 12, 2024).....	15
Şekil 1. 11 CNAV-2 Navigasyon Mesajı (Url 13, 2024)	16
Şekil 1. 12 GLONASS Uyduları (Url 14, 2024).....	17
Şekil 1. 13 GLONASS Yapısı (Url 15, 2024)	18
Şekil 1. 14 GLONASS Sisteminin Navigasyon Radyo Sinyallerinin Spektrumu (Url 15, 2024).....	19
Şekil 1. 15 GLONASS Yer Kontrol Merkezleri (Revnivkyh ve ark., 2017).....	21
Şekil 1. 16 Galileo Uyduları (Url 17, 2024)	23
Şekil 1. 17 Galileo Sisteminin Navigasyon Radyo Sinyallerinin Spektrumu (Url 17, 2024).....	25
Şekil 1. 18 Galileo Kontrol Bölümü (Url 17, 2024).....	25
Şekil 1. 19 Beidou Uyduları (Url 20, 2024)	27
Şekil 1. 20 BDS Uydularının Yer İzleri (Url 24, 2024)	28
Şekil 1. 21 Beidou Sisteminin Navigasyon Radyo Sinyallerinin Spektrumu (Url 20, 2024).....	29
Şekil 1. 22 Çin Uydu Navigasyon Sistemi Yönetim Ofisi Test ve Değerlendirme Araştırma Merkezi: Görünür BDS Uydularının Sayısı (Yayınlanma zamanı: 2024-08- 06) (Url 23, 2024)	31
Şekil 1. 23 IRNSS Uyduları (Url 25, 2024).....	32
Şekil 1. 24 IRNSS Sisteminin Navigasyon Radyo Sinyallerinin Spektrumu (Url 25, 2024).....	33
Şekil 1. 25 IRNSS Kontrol Bölümü (Url 25, 2024).....	35
Şekil 1. 26 QZSS Uyduları (Url 26, 2024)	36
Şekil 1. 27 QZSS Sisteminin Navigasyon Radyo Sinyallerinin Spektrumu (Url 26, 2024).....	37
Şekil 1. 28 QZSS Kontrol Bölümü (Url 26, 2024)	39

Şekil 2. 1 Bernese GNSS Yazılımını Kullanan Kuruluşların Dünya'daki Coğrafi Dağılımı (Url 29, 2024)	41
Şekil 2. 2 Bernese v5.2 Yazılımı İlk Ekran Görüntüsü	42
Şekil 2. 3 Bernese v5.2 Bilimsel GNSS Yazılımında Kullanıcı Dosyaları	43
Şekil 2. 4 Bernese 5.2 GNSS Yazılımında Veri Akışı (Dach R. ve ark., 2015)	43
Şekil 2. 5 Bernese v5.2 Bilimsel GNSS Yazılımı DATAPool Ana Dosyaları	44
Şekil 2. 6 Bernese v5.2 Bilimsel GNSS Yazılımı KAMPANYA Klasörüne Ait Alt Klasörler	46
Şekil 2. 7 Bernese v5.2 GNSS Yazılımı Savedisk Klasöre Ait Klasörler	49
Şekil 2. 8 Bernese v5.2 GNSS Yazılımı GPSUSER52 Klasöre Ait Klasörler	50
Şekil 3. 1 VIP.m Arayüz Görüntüsü	54
Şekil 3. 2 VIP.m Giriş Bilgileri Ekranı	56
Şekil 3. 3 VIP.m İndirilen ve İndirilmeyen Veriler Ekranı	57
Şekil 3. 4 AFD Yazılımında Renklendirme Öncesi	59
Şekil 3. 5 AFD Yazılımında Dosyaların Seçilmesi	60
Şekil 3. 6 AFD Yazılımında İndirilen ve İndirilemeyen Dosyaların Output'a Yazdırılması	61
Şekil 3. 7 AFD Yazılımında Matlab Kod Örneği-1	62
Şekil 3. 8 AFD Yazılımı Matlab Kod Örneği-2	64

KISALTMALAR LİSTESİ

ABD:	Amerika Birleşik Devletleri
AFD:	Automatic File Downloader
AIUB:	Bern Üniversitesi Astronomi Enstitüsü
AS:	Anti Spoofing
ATM:	Atmosfer Dosyaları
BPE:	Batch Processing Example
C/A:	Coarse/Acquisition, Clear Access
CBS:	Coğrafi Bilgi Sistemi
CDDIS:	Crustal Dynamics Data Information System
CS:	Commercial Service
DCB:	Diferansiyel Kod Bozulması
DoD:	Department of Defence
EGNOS:	European Geostationary Navigation Overlay Service
EOP:	Yer Yönelme Parametreleri
ESA:	European Space Agency
FTP:	File Transfer Protocol
GCC:	Ground Control Center
GCS:	Ground Control Station
GEN:	Genel Dosyalar
GEO:	Geostationary Earth Orbit
GLONASS:	GLObal NAVigation Satellite System / GLObalnaya NAvigatsionnaya Sputnikovaya Sistema
GMS:	Ground Management System
GNSS:	Global Navigation Satellite System
GPS:	Global Positioning System
GRD:	Grid Dosyaları
GSS:	Galileo Sensor Station
HDI:	Yüksek Dereceli İyonosfer Düzeltmeleri
IGL:	International Geodynamics and GNSS Laboratory
IGS:	International GNSS Service
IGSO:	Inclined Geosynchronous Orbit

ILRS:	Uluslararası Lazer Ranging Hizmeti
ION:	İyonosfer Dosyaları
IMU-GNSS:	Inertial Measurement Unit - Global Navigation Satellite System
IRNSS:	Indian Regional Navigation Satellite System
ITRF:	International Terrestrial Reference System
ISRO:	Indian Space Research Organization
İHA:	İnsansız Hava Aracı
JAXA:	Japan Aerospace Exploration Agency
JGS:	Japan Geodesic System
L1:	Link 1
L2:	Link 2
L5:	Link 5
LEO:	Düşük Yeryüzü Yörüngesi
MEO:	Medium Earth Orbit
MMS:	Mobile Mapping Systems
MSC:	Ana Kontrol İstasyonu
MS:	Monitor Stations
NAT:	Network Address Translation
NAVIC:	Navigation Indian Constellation
NAVSTAR/GPS:	NAVigation Satellite Timing And Ranging Global Positioning System/ Global Positioning System
OCS:	Operational Control Segment
ORB:	Yörünge Dosyaları
ORX:	30 Saniyelik RINEX Dosyaları
OS:	Open Service
OUT:	Çıkış Dosyaları
PCF:	Process Control File
P KOD:	Precision/Protected Kod
PPP:	Precise Point Positioning
PRS:	Public Regulated Service
RAW:	Ham Veriler
RS:	Restricted Service

RTK-CORS:	Real Time Kinematic Continuously Operating Reference Station
SA:	Selective Availability
SAR:	Search and Rescue Service
SBAS:	Satellite Based Augmentation System
SLR:	Satellite Laser Ranging
SOL:	Çözüm Dosyaları
SPS:	Standard Positioning Service
STA:	Proje İle İlgili Dosyalar
TEC:	Total Electron Content
TT&C:	Telemetry, Tracking and Command
QZZS:	Quasi-Zenith Satellite System
ULS:	Uplink Station
UTC:	Coordinated Universal Time
VIP:	Veri İndirme Programı
VMF1:	Vienna Haritalama Fonksiyonu

1. GİRİŞ

İnsanoğlu varoluşundan bu yana her daim ‘Nerede’ olduğunu bilmek istemiştir. Konumunu belirlemek için de varolduğu zamanın en gelişmiş yöntemini kullanmıştır. Bu yöntemlerin en başında yıldızlar, güneş, ay, dağlar, nehirler, rüzgar yönleri gibi doğal unsurlar etkili olmuştur. Zamanla bu yöntemler yerini teknolojik buluşlarla beraber pusulaya, haritalara bırakmıştır. Günümüzde ise konum belirleme yöntemleri yerini uydulara bırakmıştır.

Tarihin başlangıcından bu yana insanların konumunu belirlemesinin ve bilmek istemesinin en temel sebebi kendini savunma, dışarıdan gelebilecek hayvansal veya insansal saldırılara karşı önlem alma ihtiyacından doğmuştur. Toplumlar varlıklarını devam ettirebilmek ve korunmak için çeşitli savunma araçları geliştirmişlerdir. Eski zamanlarda askeri liderler ordularını savaş meydanını gören hakim bir tepeden yönetirlermiş. İnsanlık geliştikçe ve teknoloji ilerledikçe hakim tepenin yerini önce balonlar, ardından keşfi ile birlikte uçaklar ve son olarak geçtiğimiz yüzyılın ortasında en geniş gözlem alanını sağlayan uydular almıştır (Arslan, 2009).

Uydularla konum belirleme tarihte olduğu gibi askeri savunma amacıyla başlamış, sivil kullanıma açılarak gelişme göstermiş ve günümüzde de hala gelişmesi devam etmektedir. 1957 yılında Sovyetler Birliği’ne ait olan STUPNIK-I uydusunun uzaya gönderilmesi ile birlikte uydularla konum belirleme ilk kez başlamıştır (Konukseven, 2021). 1973 yılında Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı yapmış olduğu deneyler neticesinde Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System (NAVSTAR GPS) adıyla bir global konum belirleme sistemi oluşturmak için çalışmalara başlamıştır. Kısa bir süre sonra ilk GPS uydusu olan Uydu-1 yörüngeye yerleştirilmiştir fakat netice alınamadan Uydu-1 uydusu arızalanmıştır. 1985 yılında 11 tane GPS Block-I uyduları, 1989 yılında ise Block-II uyduları fırlatılmaya başlamış ve 1994 yılında yörünge de hareket etmeye başlamıştır. Block-III uydularının tasarımı tamamlanmış ve günümüzde aktif halde çalışmaktadır (Kahveci ve Yıldız, 2022). Günümüzde operasyonel anlamda kullanılan 31 adet GPS uydusu bulunmaktadır.

Uydu navigasyon sisteminin gerekliliği ve faydalarından dolayı benzer bir şekilde 1970’li yıllarda Sovyetler Birliği tarafından çalışmalar başlatılmıştır. 1976 yılında GLONASS konum belirleme sisteminin planı hazırlanmış ve ilk uydu 1982 yılında

yörüngeye yerleştirilmiştir. 1991 yılında Sovyetler Birliğinin dağılması ile GLONASS'ın takip edilmesi ve geliştirilmesi Rusya Federasyonu tarafından devam ettirilmeye başlanmıştır. 1995 yılında tamamlanan ve çalışır hale gelen proje, günümüzde 25 uydudan oluşan küresel konum belirleme sistemi olarak hizmet vermektedir (Gündoğan, 2023).

ABD ve Rusya ordularına bağlı olarak kullanılan uydu sistemleri GPS ve GLONASS'ın sivil kullanıcılara her zaman açık olup olmayacağı düşüncesi ile diğer ülkeler kendi küresel konum belirleme sistemlerini oluşturmak istemişlerdir. Bunun üzerine Avrupa Birliği ve Avrupa Uzay Ajansı bu iki sisteme alternatif olarak 23 uydudan oluşan Galileo uydu sistemini oluşturmuşlardır (Gündoğan, 2023).

Günümüzde Küresel Konum Belirleme sistemlerinde bu üç sistem ana servis sağlayıcı olarak faaliyet göstermektedir. Bu üç sistemin dışında Çin (Beidou/Compass), Hindistan (IRNSS), Japonya (QZSS) ise uluslararası platformlarda yerini almıştır (Koca ve Ceylan, 2017).

Tüm bu küresel uydu sistemlerinin genel adına Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS: Global Navigation Satellite System) adı verilmiştir. Günümüzde bu sistemler yüksek doğruluklu ve 4 boyutlu (X, Y, Z + t) konum belirlemek için sıklıkla kullanılmaktadır (Ocalan ve ark., 2016). Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS: Global Navigation Satellite System), alıcının koordinat, hız ve zaman bilgilerinin küresel olarak elde edilmesini yörüngeleri belli olan uydulardan yapılan ölçmelerle sağlanmaktadır. Her türlü hava şartlarında, devamlı olarak, gerekli uydu sayısı ve uydu geometrisi ile üç boyutlu konum ve hız bilgisi anlık olarak hesaplanabilmektedir (Hoffman-Wellenhof ve ark., 2008; Kaplan ve Hegarty, 2017).

Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS: Global Navigation Satellite System) temel de üç hizmeti kullanıcılara sunmaktadır. Bunlar konumlama, navigasyon ve zamanlama (Positioning, Navigation and Timing, PNT). Küresel anlamda hizmet veren uydu sistemlerinin başlangıcı Küresel Konumlama Sistemi (GPS: Global Positioning System) sonrasında geliştirilen GLONASS (GLObalnaya NAVigatsionnaya Sputnikovaya Sistema), Galileo ve Beidou oluşturmaktadır. Bölgesel ölçekte ise QZSS (Quasi-Zenith Satellite System) ve IRNSS (Indian Regional Navigation Satellite System) sistemi oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra Uydu Tabanlı Destekleyici Sistemler (Satellite Based Augmentation System, SBAS) de doğruluk, kullanılabilirlik ve

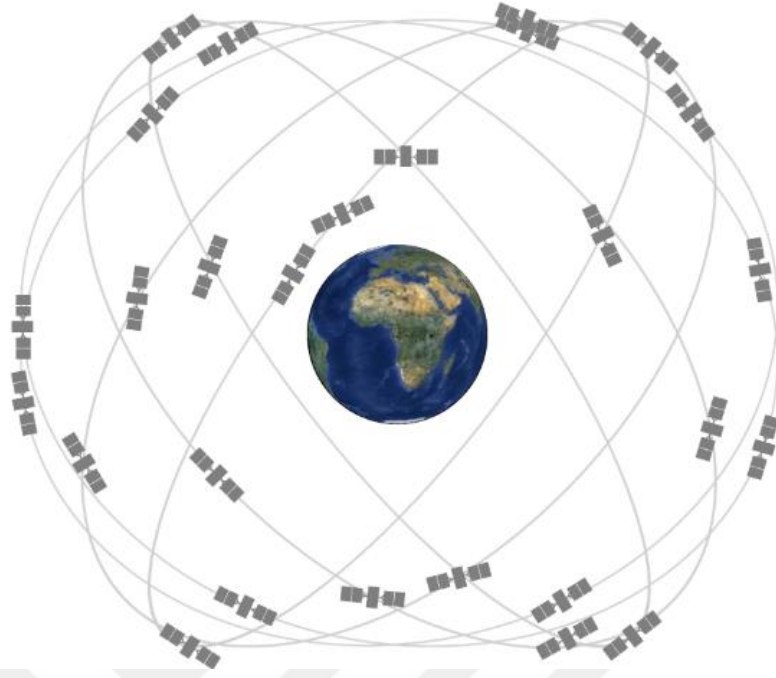
güvenlik amacıyla GNSS kapsamında ele alınmaktadır. Bu gelişmeler ışığında yeni tasarım uydularla birlikte yeni sinyal konfigürasyonları ve uydu sayısındaki artış dikkate alındığında GNSS'in hem navigasyon hem de diğer çalışma alanlarına daha etkin ölçüde katkı sağlaması beklenmektedir (Montenbruck ve ark., 2014).

İlk başlarda askeri amaç için planlanan sistem sivil kullanıcılara açılarak sistemin gelişmesine ve yaygınlaşmasına katkı sağlamıştır. GNSS sistemleri global ve bölgesel olarak mühendislik çalışmalarında uzay ve uydu bazlı sistemler aktif olarak kullanılmaktadır. Kullanım alanları, askeri amaçlar başta olmak üzere tektonik ve jeodezik çalışmalar, sivil navigasyon ihtiyaçlarını karşılamak, doğru deprem tahminleri ve analizleri yapabilmek, heyelan, yanardağ gibi doğal tektonik hareketleri takip etmek araştırmak, hassas tarım çalışmaları yapmak, CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri), uzaktan algılama, ulaşım için veri toplamak, atmosfere ilişkin troposferin fiziksel parametrelerinin tahmin edilmesi ile daha doğru hava durumu tahminleri yapabilmek bunlardan sadece bazılarıdır (Pektaş, 2010;Larson ve ark., 1997;Jakowski ve ark., 2005;Bellone ve ark., 2016;Langley ve ark., 2017;Nykiel ve ark., 2019).

GNSS sistemleri üç bölümden oluşmaktadır: Uzay bölümü, Kontrol bölümü ve Kullanıcı bölümü.

1.1 GPS Küresel Navigasyon Sistemi (Global Positioning System)

GPS projesi, navigasyon sistemlerinin kısıtlı yapabildiği işlevlerini aşabilmek amacıyla 1960'larda bir dizi gizli mühendislik çalışmaları da dahil olmak üzere ilk denemelerde ortaya çıkan, 1973 yılında ABD Savunma Bakanlığı (DoD) tarafından geliştirilen sistemdir. Esas olarak 24 uydu ile çalışacak şekilde geliştirilen sistem 1994 yılında tam olarak kullanılabilir hale getirilmiştir. İlk uydu 1977 yılında fırlatılmıştır. 1978'den 2020'ye 74 adet GPS uydusu başarılı bir şekilde yörüngeye yerleştirilmiştir. Bu uyduların 43 tanesi görev süresini doldurmuş, 31 tanesi ise aktif bir şekilde çalışmaktadır. Şekil 1.1'de GPS'in uydu dağılımı görülmektedir.



Şekil 1. 1 GPS Uydu Dağılımı (Url 2, 2024)

İlk olarak askeri amaçlı geliştirilen bu sistem 1983 yılında sivil kullanımına açılmıştır. ABD kongresi 2000 yılında GPS sistemini sivillerin kullanımına sunmak adına adım atmış ve dünyanın her yerindeki sivil kullanıcılara ücretsiz erişim sağlanmıştır. GPS uydularının zamanla kapasiteleri geliştirilmiş bunun sonucunda boyutları ve maliyetleri de artış göstermiştir. GPS uyduları orta dünya yörüngesinde (MEO) yaklaşık 20.200 km'lik bir yörünge yüksekliğine sahiptir. Her uydu Dünya'nın çevresini günde iki kez dolaşmaktadır. GPS uyduları Dünya'yı çevreleyen eşit aralıklarla bulunan altı ayrı yörünge düzlemine yerleştirilmiştir. Uydu yörüngeleri dünyanın neredeyse her noktasından en az dört uydu görebilecek şekilde planlanmıştır (Dawoud, 2012;GPS World, 2014;Url 1, 2024;Url 2, 2024;Url 3, 2024). Şekil 1.2'de GPS'in evrimi ve uzay segmenti görülmektedir.

Dönem	Uydu Üreticisi	Blok	Uydu Sayısı
1978 - 1985	Rockwell	Blok I	11 (10) Uydu
1989 - 1997	Boeing	Blok II/IIA	28 Uydu
1997 - 2004	Lockheed Martin	Blok IIR	13 (12) Uydu
2005 - 2009	Lockheed Martin	Blok IIR-M	8 Uydu
2010 - Günümüz	Boeing	Blok IIF	12 Uydu
2014 - 2024	Lockheed Martin	Blok III	32'ye kadar Uydu

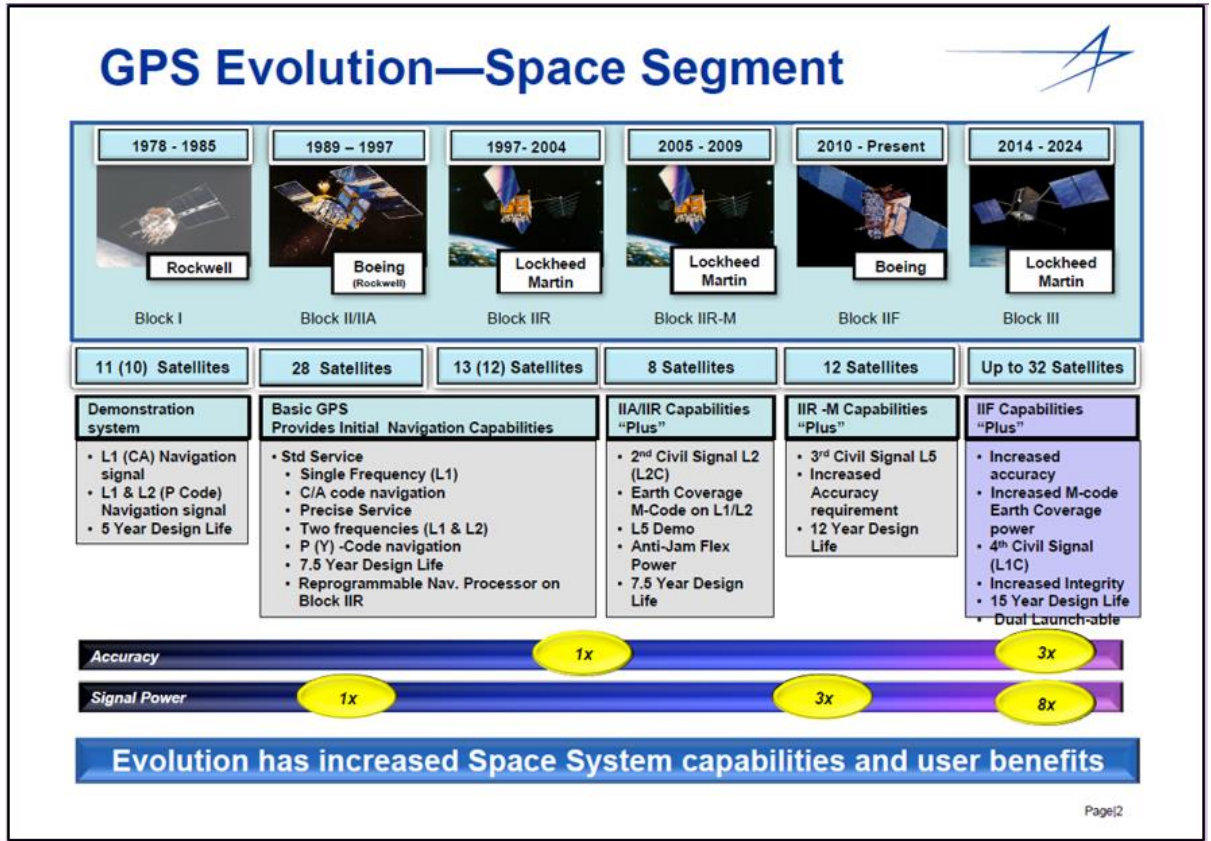
Uydu Blokları ve Özellikleri

Blok	Özellikler
Blok I	L1 (C/A) Navigasyon sinyali, L1 & L2 (P kodu), 5 yıllık tasarım ömrü
Blok II/IIA	Standart hizmet, tek frekans (L1), P kodu navigasyonu, iki frekans (L1 & L2), programlanabilir tasarım
Blok IIR	2. Sivil sinyal L2C, Geniş kapsama alanı, M-kodu, 7,5 yıl tasarım ömrü
Blok IIR-M	3. Sivil sinyal L5, Artırılmış kapsama, 12 yıllık tasarım ömrü
Blok IIF	Artırılmış sinyal gücü, yeni M-kodu, dünya çapında kapsama, 15 yıl tasarım ömrü
Blok III	Çok yüksek hassasiyet, yeni sinyaller, düşük gürültü seviyesi, çift yönlü iletişim

Gelişim İstatistikleri

Kriter	Blok I	Blok II	Blok IIR	Blok IIR-M	Blok IIF	Blok III
Doğruluk	1x	1x	1x	1x	3x	8x
Sinyal Gücü	1x	1x	1x	1x	3x	8x

Not: Gelişim ile birlikte uzay sistemi kapasitesi ve kullanıcı faydaları artmıştır.



Şekil 1. 2 GPS Evrimi-Uzay Segmenti (Url 9, 2024)

GPS üç ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlar; Uzay Bölümü, Kontrol Bölümü ve Kullanıcı Bölümüdür.

1.1.1 Uzay Bölümü

Bu bölüm, ekvator ile 6 yörünge düzlemine yerleştirilmiş 21 ana ve 3 yedek olmak üzere toplam 24 uydudan oluşacak şekilde planlanmıştır. Fakat uyduların ömürlerinin planlanandan daha uzun süre çalışmaya devam etmesi üzerine günümüzde toplam 31 GPS uydusu faaliyet göstermektedir. Uydular yeryüzünden yaklaşık 20200 km uzaklıkta, 11 saat 58 dakikada bir tam tur yapmaktadırlar. (Kahveci ve Yıldız, 2022).

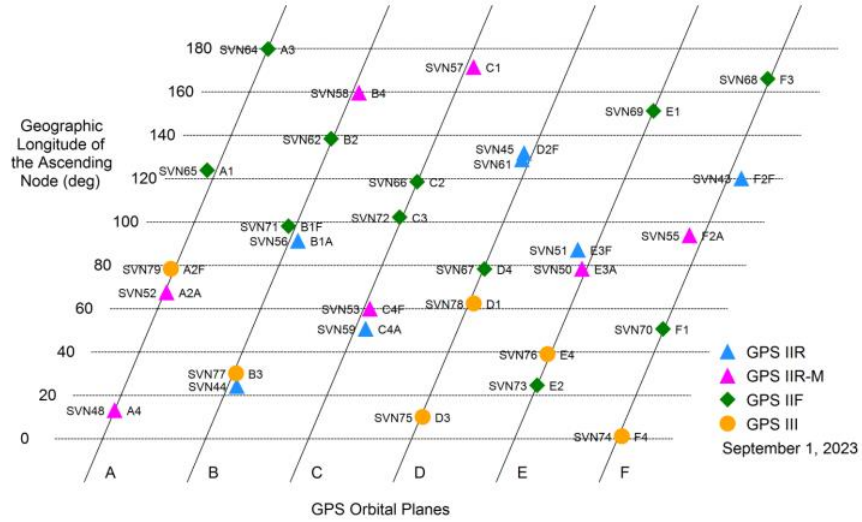
Uydulara ilişkin genel özellikler;

Uydular görevleri ve sürelerine göre 5 gruba ayrılmaktadır. Bunlar; Blok I, Blok II/IIA, Blok IIR/IIR-M, Blok IIF ve GPS III. Blok I ve Blok II/IIA uyduları misyonlarını tamamladıkları için günümüzde kullanılmamaktadır. Aktif olarak kullanılan uydular Şekil 2.' de verilmektedir (Url 4, 2024). Şekil 1.3'de GPS'in yörünge düzlemleri ve güncel uyduları görülmektedir.



UNCLASSIFIED

Slant Chart (GPS Satellite Locations)



UNCLASSIFIED

Şekil 1. 3 GPS Yörünge Düzlemleri ve Güncel Uyduları (Url 4, 2024)

Blok I uyduları, 1978 ve 1985 yılları arasında on bir tane fırlatılan Navigasyon Geliştirme Uydularıdır. Seçici Kullanılabilirlik (S/A) kısıtlaması o zamanlar henüz uygulanmamıştır. Yaklaşık 845 kg ağırlığında ve bazılarının 10 yıl sürmesine rağmen planlanan ortalama ömürleri 4,5 yıldır.

Blok II/IIA uyduları ise operasyonel uydulardır. Bunlar 1989'dan itibaren fırlatılan ve çoğu hala faaliyette olan toplam 28 uydudan oluşmaktadır. Yaklaşık 1500 kg ağırlığında ve 7,5 yıllık planlanmış ortalama ömürleri vardır (Sanz Subirana ve ark., 2013).

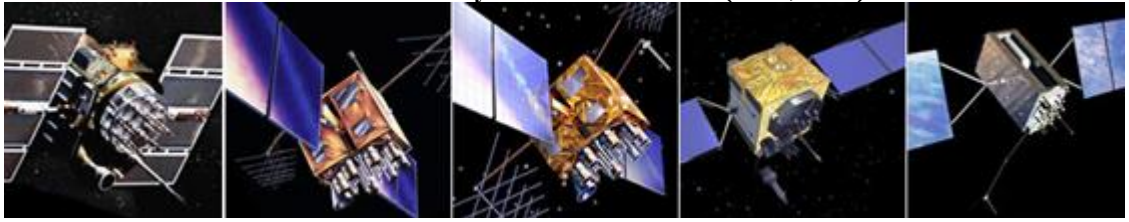
Blok IIR uyduları yedek operasyonel uydulardır. Bu uydular, amaçlanan tasarım ömürleri doldukları için II/IIA serisinin yerini alacak şekilde üretilmiştir. Yaklaşık 2000 kg ağırlığında olan bu uyduların ortalama ömürleri 10 yıldır.

Blok IIR-M uyduları, modernize uydulardır. IIR-M serisi uydular, IIR serisinin yükseltilmiş versiyonlarıdır. 1989 yılında planlaması yapılan bu uydular 21 adet uydudan oluşmaktadır.

Blok IIF uydularının planlanması 1996 yılında yapılmıştır. Blok IIF uyduları, Blok IIR-M uyduları tarafından sağlanan sinyallerin yanında yeni bir sivil sinyali (L5) sağlamaktadır. Ortalama ömürleri 12 yıldır.

GPS III uyduları ise birlikte çalışabilirliği geliştirerek navigasyon yeteneklerinde önemli gelişmeler sağlayacaktır. Bu uyduların ortalama ömürleri 15 yıldır. Kullanım alanları askeri amaçlıdır. Tablo 1.1’de GPS’in uyduları ve özellikleri görülmektedir.

Tablo 1. 1 GPS Uyduları ve Özellikleri (Url 5, 2024)



Uydu Bloğu	BLOCK IIA	BLOCK IIR	BLOCK IIR-M	BLOCK IIF	GPS III/IIIF
İşletmede Olan Uydu Sayısı	0	6	7	12	6
Temel Özellikler	- Sivil kullanıcılar için C/A kodu (L1 frekansı) - Askeri kullanıcılar için P(Y) kodu (L1 ve L2 frekansları)	- C/A kodu (L1 frekansı) - P(Y) kodu (L1 & L2 frekansları) - Dahili saat izleme sistemi	- Tüm eski sinyaller - 2. sivil sinyal (L2C) - Askeri kullanıcılar için yeni M kodu - Askeri sinyaller için esnek güç seviyeleri	- Tüm Block IIR-M sinyalleri - 3. sivil sinyal (L5 frekansı) - Gelişmiş atomik saatler - Daha iyi doğruluk, sinyal gücü ve kalite	- Tüm Block IIF sinyalleri - 4. sivil sinyal (L1C) - Geliştirilmiş sinyal güvenilirliği ve bütünlüğü - "Seçilebilir Kullanılabilirlik" özelliği yok - IIIF: Lazer reflektörler ve arama-kurtarma yükü
Tasarım Ömrü	7,5 yıl	7,5 yıl	7,5 yıl	12 yıl	15 yıl
Fırlatma Yılları	1990-1997 (Sonuncusu 2019'da hizmet dışı kaldı)	1997-2004	2005-2009 ↓	2010-2016	İlk fırlatma 2018

Kullanımda olan GPS uydularına ait frekans bilgileri aşağıdaki gibidir;

Blok IIR : L1 C/A, L1/L2 P(Y)

Blok IIR-M : L1 C/A, L1/L2 P(Y), L2C, L1/L2 (M)

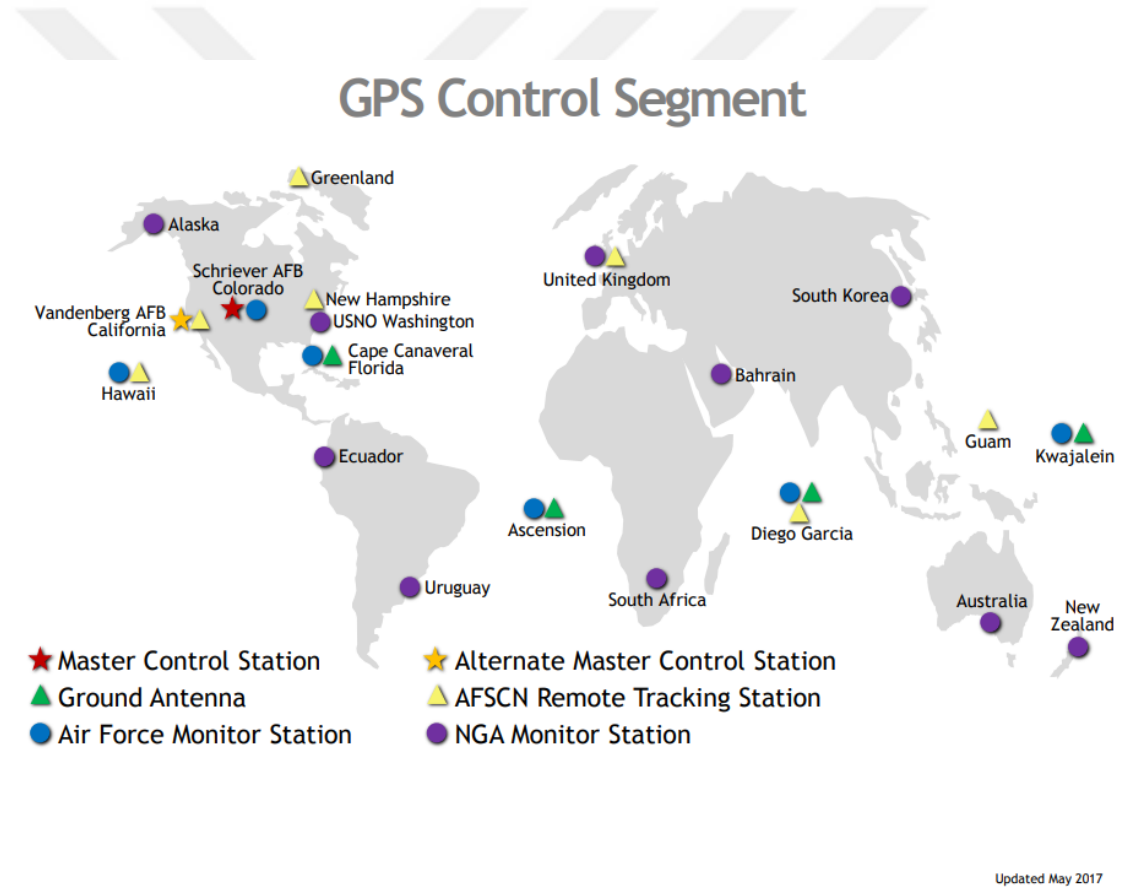
Blok IIF : L1 C/A, L1/L2 P(Y), L2C, L1/L2 (M), L5

Blok III (GPS III) : L1 C/A, L1/L2 P(Y), L2C, L1/L2 (M), L1C, L2C, L5

GPS'in modernizasyonu programının asıl odak noktası, uydu sistemi için yeni navigasyon sinyallerinin eklenmesidir.

1.1.2 Kontrol Bölümü

GPS Kontrol Bölümü, GPS uydularını izleyen, analizler gerçekleştiren ve veriler gönderen küresel bir yer tesisleri ağından oluşmaktadır. Ana kontrol istasyonu, yer antenleri ve izleme istasyonlarını içeren İşletim Kontrol Sisteminden (OCS: Operational Control Segment) oluşmaktadır. Şekil 1.4'te GPS'in kontrol segmenti görülmektedir.



Şekil 1. 4 GPS Kontrol Segmenti (Url 6, 2024)

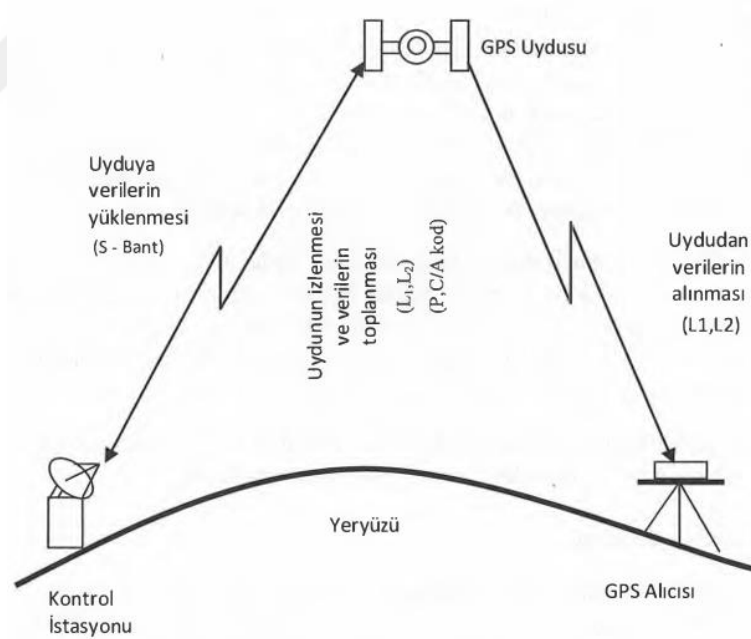
Yukarıdaki haritada konumları gösterilen bu tesisler, bir ana kontrol istasyonu, bir alternatif ana kontrol istasyonu, 11 komuta ve kontrol anteni ile 16 izleme sahasından meydana gelmiştir. Bu istasyonların amacı, uyduların sağlıklı bir biçimde çalışmalarını

sağlamak, uydu saatlerinin düzeltmelerinin hesaplanmasını yapmak ve yeni hesaplanan yörünge saat düzeltmesi gibi bilgilerin uydulara yüklenmesinden oluşmaktadır.

Ana kontrol istasyonu, tüm sistemin kontrolünden, her bir uydu için uydu efemeris bilgilerinin ve saat düzeltmelerinin hesabından sorumluyken diğer istasyonlar, uydu efemerislerinin belirlenebilmesi için gerekli veriler toplar ve izleme istasyonu olarak görev yapmaktadır. Uydularda meydana gelen sorunları çözerken aynı zamanda SA (Selective Availability) ve AS (Anti Spoofing) özelliklerini kontrol altında tutmaktadır.

1.1.3 Kullanıcı Bölümü

Askeri ve Sivil kullanıcılar olmak üzere ikiye ayrılan bu bölüm, çok farklı amaçlarla GPS'i kullanan herkes kullanıcısıdır. Şekil 1.5'te GPS'in kontrol, uzay ve kullanıcı bölümlerinin arasındaki ilişki görülmektedir.



Şekil 1. 5 GPS-Kontrol-Uzay-Kullanıcı Bölüm İlişkileri (Url 7, 2024)

GPS kullanım alanı oldukça geniştir. Askeri kullanımda; arama kurtarma, hedef bulma, füze güdümü, kara, deniz ve hava araçlarının navigasyonu, uçakların herhangi bir hava koşullarında iniş ve kalkışı gibi kritik kullanım sahası olurken Sivil kullanımda; aynı

şekilde kara, hava ve deniz araçlarının navigasyonu, kadastral ölçmeler, CBS veri tabanının geliştirilmesi, İnsansız Hava Araçları (İHA), araç takip sistemleri (IMU/GNSS), gerçek zamanlı aktif kontrol ağları (RTK CORS), Mobil Haritacılık (Mobile Mapping Systems), deformasyon ölçmeleri, güvenlik, hidrografik ölçmeler bunlara örnek olarak verilmektedir.

GPS ile klasik ölçme yöntemleri karşılaştırıldığında GPS'in üstün özellikleri;

- Gece gündüz 24 saat sürekli ölçüm yapılabilmektedir.
- Hava durumundan bağımsızdır.
- Noktalar arası görüş zorunluluğu yoktur.
- GPS ölçmelerindeki aletlerin kullanımı daha kolay ve kurulumu daha hızlıdır.
- Kullanıcı hatalarının olmaması ekonomik olarak daha ucuz olmasına sebep olmaktadır.
- Üç boyutlu nokta koordinatları elde edilmektedir.
- Jeodezik doğrular ve ölçümler daha yüksek doğruluktadır.
- Gerçek zamanlı konum, hız ve zaman bilgisi sağlanmaktadır.

GPS'in zayıf yönleri ise;

Ağaçlıklı bölgelerde, ormanlarda, madenlerde veya kapalı mekanlarda kullanılamamaktadır çünkü alıcı anteni gökyüzünü görmek zorundadır (Kahveci ve Yıldız, 2022).

1.1.4 GPS Sinyali Özellikleri

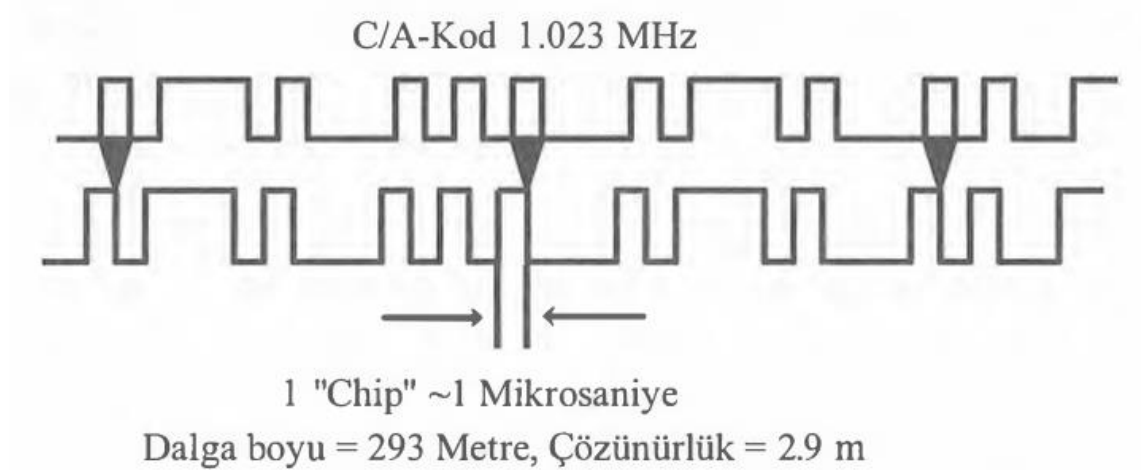
GPS ölçmelerinde elektromanyetik dalgalar kullanılarak uydulardan kullanıcılara veri akışı sağlanmaktadır. Her GPS uydusu temel de iki frekansa sahiptirler. Bunlar L1 (Link 1) ve L2 (Link 2) frekanslarıdır. L1 frekansı 1575.42 MHz ve L2 frekansı 1227.60 MHz'dir. GPS sisteminin modernizasyonu ile eklenen L5 frekansı ise 1176.45 MHz'dir. Frekans tahsisindeki kolaylıklar ve iyonosferik etkilerinin diğer bantlara göre daha küçük olması nedeniyle L-bant kullanılmaktadır. L-bant kullanılmasının nedeni sinyallerin yağmur, bulut, sis, fırtına ve bitki örtüsü gibi ortamlarda rahat yayılırlar ve GPS alıcıları tarafından tüm hava koşullarında sinyalleri alabilirler. Kontrol Bölümü ile uydular arasındaki veri akışı S-bant (1783.74 ve 2227.5 MHz) üzerinden yapılmaktadır.

GPS sisteminde çift frekans olmasının ; L1 frekansı herhangi bir neden ile kesilmesi durumunda L2 frekansı yedek görevi görmektedir. Çift frekansa sahip olduğu için iyonosferik düzeltme olanağı sağlanmaktadır.

C/A Kodu

C/A kod L1 taşıyıcısı üzerine yerleştirilmiş alıcının uydudan gönderilen sinyali ne kadar sürede aldığını belirlemek için kullandığı bir dizidir. Bu kod 1 MHz'lik PRN kod olup her 1023 bitlik kod sonunda (milisaniyede bir) tekrar etmektedir. GPS alıcılarının uydulara en kısa sürede kilitlenmesini sağlamak için C/A kod periyodu çok kısa seçilmiştir. Sivil kullanıcılar için oluşturulan bu kod tüm kullanıcılara açıktır ve her navigasyon uydusunun ilettiği C/A kodu o uyduya özeldir.

C/A kodunun, Standart Konum Belirleme Hizmeti (SPS: Standard Positioning Service) performansına bakıldığında GPS ile elde edilen doğruluğun büyük ölçüde çalışma moduna bağlı olduğu belirtilmektedir. Bu sebeple sadece GPS uydularıyla sadece GPS uydularıyla konum belirleme yapan bir alıcı için C/A kod alıcılarının doğruluğunun ~5-10 metre, bu durumun C/A kodlu DGPS alıcılarında ise ~0.7-3 metre arasında değişmektedir (McDonald, 2002). Şekil 1.6'da C/A kod dalga boyu ve çözünürlüğü görülmektedir.



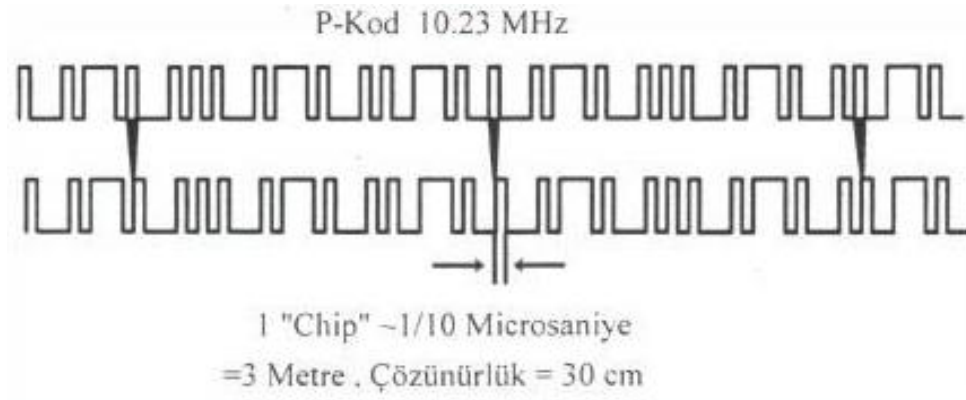
Şekil 1. 6 C/A Kod Dalga Boyu (Chip Uzunluğu) ve Çözünürlüğü

P/Y Kodu

Sadece askeri veya izin verilmiş kullanıcılara sunulan, uydu-alıcı mesafesinin belirlenmesini sağlayan koddur. P-Kod L1 ve L2 taşıyıcıların her ikisine de yerleştirilmiştir. Yaklaşık 266.4 günlük kod uzunluğundadır. Kod uzunluğunun tamamı birer haftalık toplam 37 haftaya bölünmüştür. Bu 37 haftalık kodun 1'er haftalık bölümleri her bir uyduya verilerek o uydunun PRN numarasını ifade etmesi sağlanmıştır. 37 ayrı PRN P-kodu verilmiştir. Bu yüzden tüm uydulara ait PRN kodu karışmamaktadır. Uzun periyotlu olan bu kodların yeryüzündeki alıcılar tarafından alınması çok zor olduğu için daha kolay alınmasını sağlayan Z-sayacı (Z-count) tanımlanmıştır.

P-Kodu'nu elektronik karıştırmaya (jamming) ve aldatmaya (spoofing) karşı korumak için A-S (Anti Spoofing) özelliği kullanılarak şifrelenmiştir. Şifrelenmiş P-Kodu'na Y-Kod adı verilmiştir. Y-Kod şifrelenmiş olduğu için sadece yetkili askeri ve sivil güvenlik kullanıcılarının kullanımına açık hale getirilmiştir.

Sadece GPS uydu sinyallerini kullanan tek bir alıcı için P/Y kod alıcılarının doğruluğu ~2-9 metre, P/Y kodlu DGPS alıcılarında bu doğruluğun ~0.5-2 metre arasında değişmektedir (McDonald, 2002; Kahveci ve Yıldız, 2022). Şekil 1.7'de P kod chip uzunluğu ve gözünürlüğü görülmektedir.



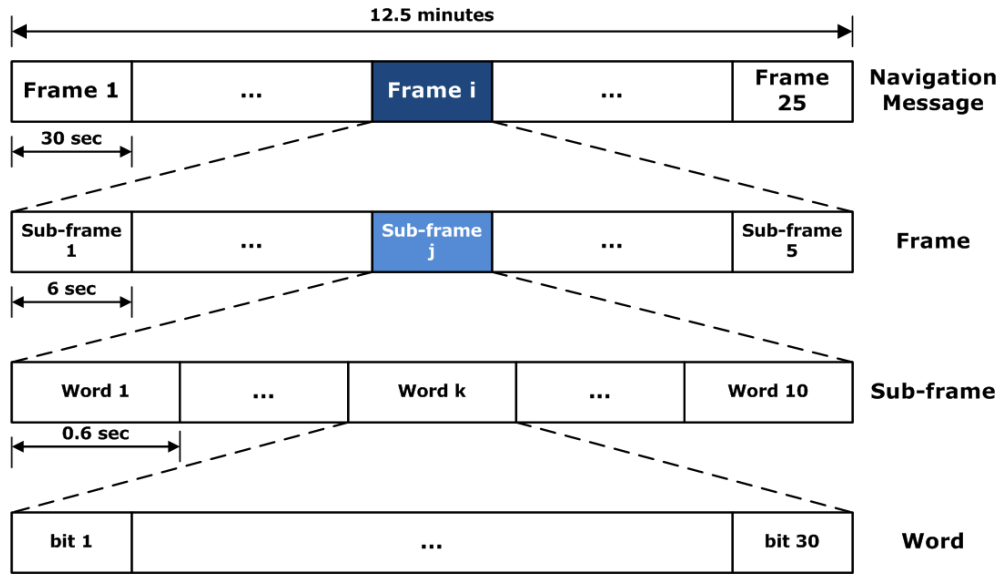
Şekil 1. 7 P Kod Chip Uzunluğu ve Çözünürlüğü

Navigasyon Mesajı

Her uydu, navigasyon mesajı aracılığıyla kullanıcılara geri gönderilen yer antenlerinden navigasyon verilerini almaktadır. Navigasyon mesajı, kullanıcının konumunu

belirlemek için gereken tüm bilgileri sağlamaktadır. Efemeris ve saat parametreleri genellikle her iki saatte bir güncellenmektedir. Almanak ise altı günde bir güncellenmektedir. L1 C/A navigasyon mesajına ek olarak GPS modernizasyonu sonucunda dört yeni mesaj daha eklendi. Bunlar; L2-CNAV, CNAV-2, L5-CNAV, MNAV. Bunların ilk üçü sivil mesajlarken, MNAV askeri bir mesajdır (Url 10, 2024).

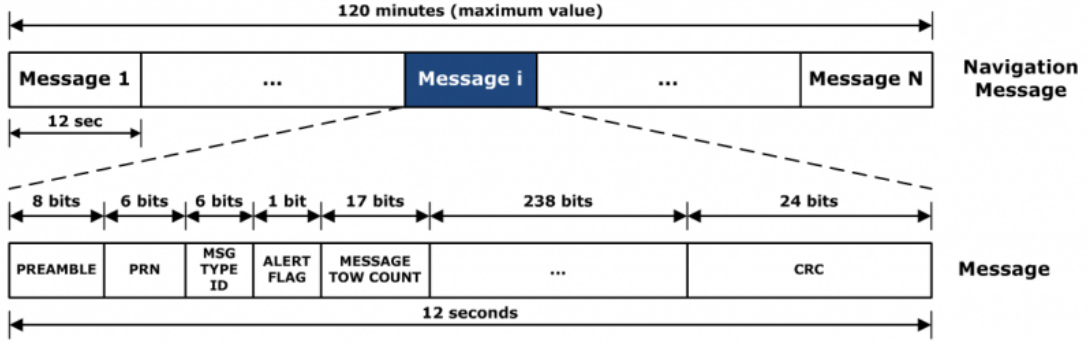
L1 C/A: 50 bit/s’lik çip oranına sahip iyonosferik model katsayılarını, efemeris ve uydu saat hatalarını, uydu durumunu, gerekli olan diğer bilgileri içeren, P-Kod ve C/A-Kod üzerine bindirilmiş 1500 bit uzunluğunda mesajdır. Tüm uydular tarafından yayınlanmakta olan navigasyon mesajının tamamı 25 sayfadan oluşmakta ve iletilmesi 12.5 dakika sürmektedir (Altuntaş, 2021). Şekil 1.8’de navigasyon mesajının yapısı görülmektedir.



Şekil 1. 8 Navigasyon Mesajının Yapısı (Url 8, 2024)

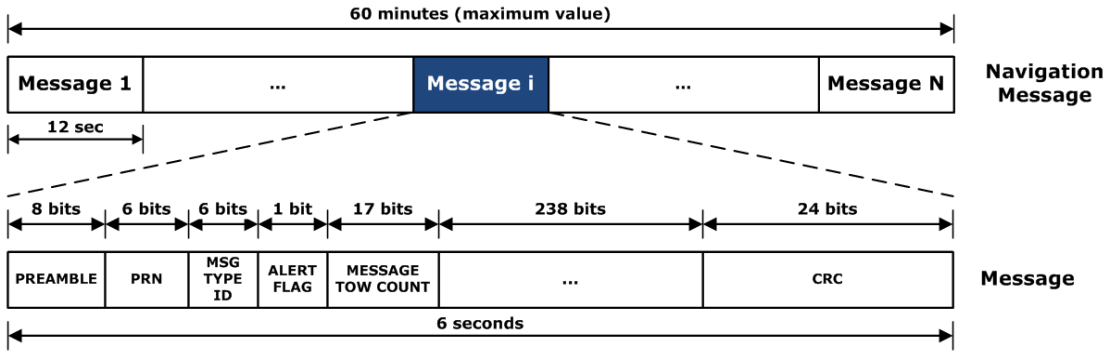
L2-CNAV: Her mesaj Preamble, Message Type ID, Alert Flag, Message TOW count ve CRC gibi sabit verilerden oluşmaktadır. 63’e kadar farklı mesaj türü tanımlamak mümkündür ancak şuanda 10-14 ve 30-37 mesaj türleri tanımlanmıştır. Geriye kalan tanımlanmamış ve kullanılmayan mesaj türleri gelecekteki kullanım için ayrılmıştır. Mesajların yayınlanması rastgele keyfidir ancak en uygun kullanıcı performansı

sağlayacak şekilde sıralanmıştır. Şekil 1.9’da L2-CNAV navigasyon mesajı görülmektedir.



Şekil 1. 9 L2-CNAV Navigasyon Mesajı (Url 11, 2024)

L5-CNAV: Temelde L2-CNAV aynı bilgileri verilerini içeren L5I sinyal bileşenine modüle edilir. Mesaj yapısı tamamen aynıdır. Fakat içeriği biraz farklıdır. L2-CNAV’da olduğu gibi 63’e kadar farklı mesaj türü tanımlanabilir fakat şu anda sadece 10-14 ve 30-37 mesaj türleri tanımlanmıştır. Geriye kalan mesaj türleri gelecekteki kullanım için ayrılmıştır. Şekil 1.10’da L5-CNAV navigasyon mesajı görülmektedir.



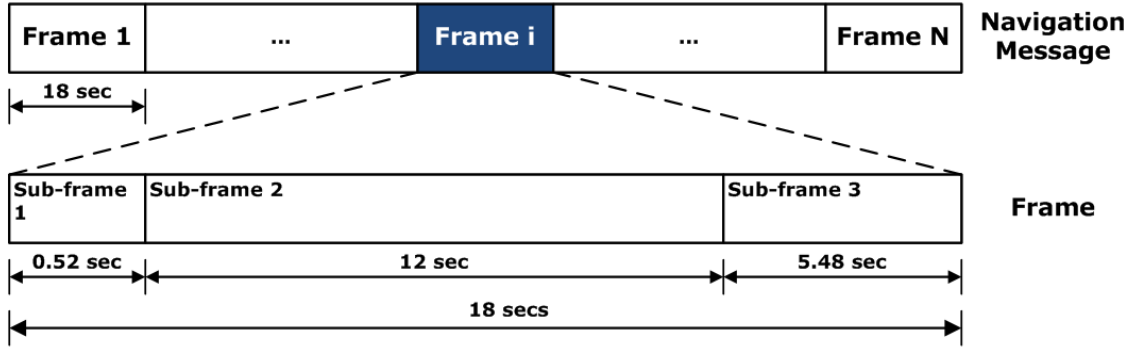
Şekil 1. 10 L5-CNAV Navigasyon Mesajı (Url 12, 2024)

CNAV-2: CNAV-2 mesajı L1C sinyaline modüle edilir ve alt çerçevelerden oluşmaktadır. Her çerçeve, kullanıcılara veri mesajı seti yayınlamak için birden fazla çerçeveye ihtiyaç duyan değişken uzunlukta üç alt çerçeveye bölünmektedir. Şekil 1.11’de CNAV-2 navigasyon mesajı görülmektedir.

Alt Çerçeve 1 (9 bit) Dahili Zamanı sağlar

Alt Çerçeve 2 (600 bit) saat ve efemeris verilerini sağlar

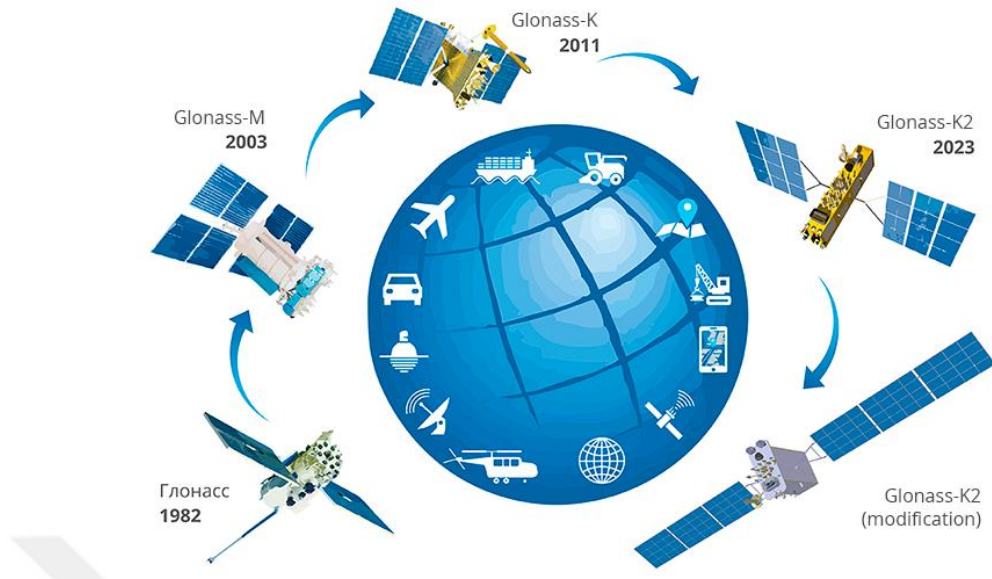
Alt Çerçeve 3 (274 bit) birden fazla sayfaya aktarılan diğer navigasyon verilerini sağlar (Url 10, 2024).



Şekil 1. 11 CNAV-2 Navigasyon Mesajı (Url 13, 2024)

1.2 GLONASS

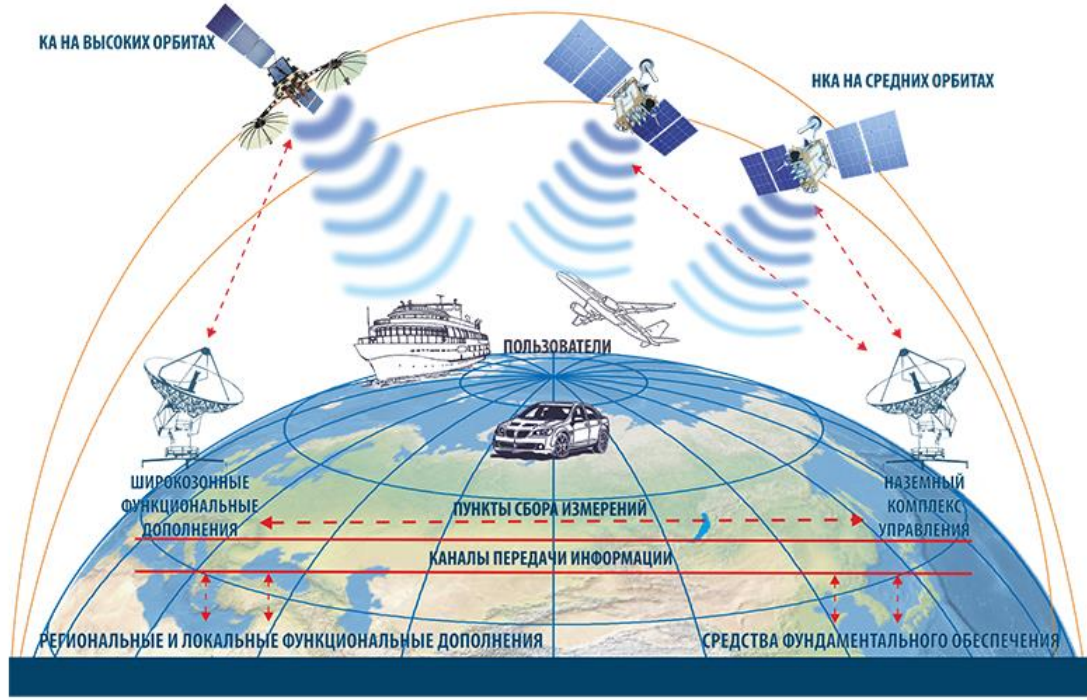
V.S. Shebashevich tarafından 1957 yılında uyduları, navigasyon amacıyla kullanma fikri ortaya atılmıştır. Sovyet Rusya bağımsızlığını arttırmak adına birtakım araştırmalara başlamıştır. Bunun sonucunda 1963 yılında ilk yerli düşük yörüngeli sistem 'Cicada' üzerinde bu çalışmalar kullanılmıştır. 1967 yılında ilk yerli navigasyon uydusu Cosmos-192 uzaya fırlatılmıştır. 1979 yılında 'Cicada' sistemi dört uydusu ile hizmete girmiştir. Daha sonra bu uydulara yerlerini tespit etmek için bir takım ölçüm ekipmanları yerleştirilmiştir. Şekil 1.12'de GLONASS Uyduları görülmektedir.



Şekil 1. 12 GLONASS Uyduları (Url 14, 2024)

Uydular bu sinyalleri alarak gemiler, uçaklar gibi bazı nesnelerin tam koordinatlarının hesaplanmasının yapıldığı özel istasyonlara yeniden yayınlanmıştır. Cici da uzay navigasyon sistemi ve modernize edilmiş olan Cici da-M askeri kullanıcıların navigasyon ihtiyacı için tasarlanmıştır. 2008’de bu iki sistemde durdurularak GLONASS sistemini kullanmaya başlamıştır. Alçak yörünge uydu navigasyon sistemlerinin özellikle denizlerdeki başarıları, genel amaçlı bir navigasyon sistemine ihtiyaç olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bunun sonucunda, 19.100 km yükseklikte, 11 saat 15 dakika 44 saniye periyoda sahip, 24 uydudan oluşan GLONASS adında yüksek yörüngeli yerli navigasyon sistemi oluşturulmuştur. Bununla beraber yüksek yörüngeli navigasyon sistemini oluşturmanın iki sorunu (birincisi; uydu zaman ölçeklerinin saniyenin milyarda biri olan nanosaniye hassasiyetle karşılıklı senkronizasyonu ikincisi; navigasyon uydularının yörünge parametrelerinin yüksek hassasiyetle belirlenmesi ve tahmin edilmesi) çözülmüştür. Ekim 1982’de Cosmos-1413 uydusunun fırlatılmasıyla yüksek yörüngeli GLONASS uçuş testleri başlamıştır. GLONASS sistemi 1993 yılında resmi olarak faaliyete başlamış, 1995 yılında ise tam kapasite yani 24 uydusu ile kullanıma geçmiştir. 1990’lı yıllardaki ekonomik sıkıntılar nedeniyle sekteye uğramış olsa da 2002 yılında tekrardan çalışmalar başlatılarak GLONASS’ın performansı, kapasitesi geliştirilmeye devam etmiştir (Birinci, 2021; Url 14, 2024).

GLONASS’da Uzak Bölümü, Kontrol Bölümü ve Kullanıcı Bölümü olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Şekil 1.13’de GLONASS’ın yapısı görülmektedir.



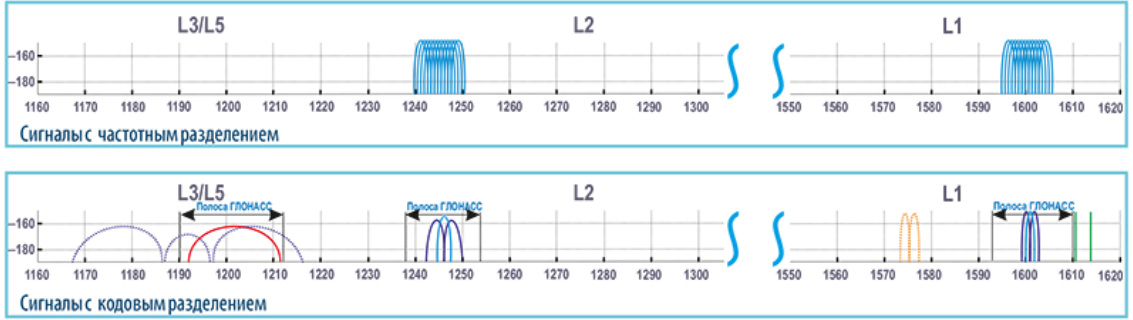
Şekil 1. 13 GLONASS Yapısı (Url 15, 2024)

1.2.1 Uzak Bölümü

Kontrol bölümü tarafından iletilen navigasyon mesajını ve radyo navigasyon sinyallerini iletmek, uzak bölümün görevidir. GLONASS uyduları yeryüzünden yaklaşık 19.100 km yükseklikte, 3 yörüngeden oluşan her bir yörüngede 8 uydusu ile toplam 24 uydu, 11 saat 15 dakika 44 saniyelik periyotlar ile yörünge de dönmektedir (Jeffrey, 2010).

GLONASS sistemi farklı uydulardan gelen sinyalleri ayırmak için bir frekans yöntemi belirlemiştir; biri L1, diğeri L2 aralığında olan kendi taşıyıcı frekans çiftini kullanmaktadır. Yükseltilmiş GLONASS-M uyduları ise ekstra L3 bandında navigasyon radyo sinyali yaymaktadır. Üçüncü kuşak uydu olan GLONASS-K1 ise 2011 yılında ilk uydusu fırlatılmıştır. GLONASS-K2 ise 2014’te fırlatılmıştır. Bu uydular 2020 yılından sonra K1 modelinin yerini alması beklenmektedir. GLONASS-KM uyduları ise en son geliştirilen uydulardır. Tablo 1.3’te GLONASS Uydu türleri görülmektedir. GLONASS koordinat sistemi GNSS sistemleri ile birlikte entegre olabilmesi için International

Terrestrial Reference System (ITRF)’e bağlanmıştır (Koca ve Ceylan, 2018;Konukseven, 2021;Url 15, 2024;Url 16, 2024). Şekil 1.14’te GLONASS Sisteminin navigasyon radyo sinyallerinin spektrumu ve Tablo 1.2’de GLONASS Sisteminin navigasyon radyo sinyallerinin özellikleri görülmektedir.



Şekil 1. 14 GLONASS Sisteminin Navigasyon Radyo Sinyallerinin Spektrumu (Url 15, 2024)

Tablo 1. 2 GLONASS Sisteminin Navigasyon Radyo Sinyallerinin Özellikleri (Url 15, 2024)

Menzil	Taşıyıcı Frekansı (MHz)	Sinyal Türü	PSP Kod Süresi (Sembol Sayısı)	Saat Frekansı (MHz)	Modülasyon Türü	Dijital Aktarım Hızı (bit/s)
L1	1.600,995	L1OCd, L1OCp	1.023 / 4.092	1.023 / 1.023	BPSK (1), BOC (1,1)	125 (pilot sinyali)
L2	1.248,06	L2 KS1, L2OCp	1.023 / 4.092	1.023 / 1.023	BPSK (1), BOC (1,1)	250 (pilot sinyali)
L3	1.202,025	L3OCd, L3OCp	10.230 / 10.230	10.23 / 10.23	BPSK (10), BPSK (10)	100 (pilot sinyali)

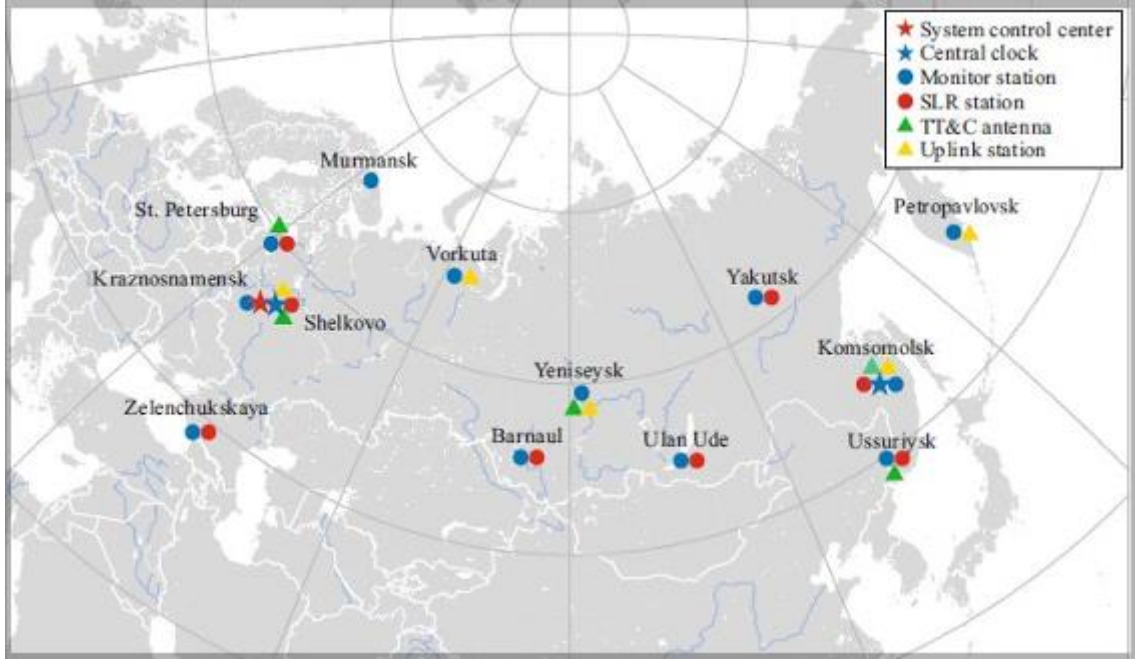
Tablo 1. 3 GLONASS Uydu Türleri (Url 15, 2024)



Özellikler	SC "GLONASS"	SC "Glonass-M"	SC "Glonass-K"	SC "GLONASS-K2"
Dağıtım Yılları	1982-2005	2003-2016	2011-2018	2017'den sonra
Durum	Hizmet dışı	Kullanımda	Yörüngeye L1'ya dayalı olarak geliştirilme aşamasındadır	Geliştirme aşamasında
Fırlatma Roketi	-	LV "Soyuz-2.1b", LV "Proton-M"	LV "Soyuz-2.1b", LV "Proton-M"	-
Garanti Edilen Aktif Çalışma Süresi (Yıl)	3.5	7	10	10
Uzay Aracı Kütlesi (kg)	1500	1415	935	1600
Uzay Aracı Boyutları (m)	2,71×3,05×2,71	2,71×3,05×2,71	2,53×3,01×1,43	2,53×6,01×1,43
Enerji Tüketimi (Watt)	1400	1400	1270	4372
Yürütme Türü	Mühürlü	Mühürlü	Mühürsüz	Mühürsüz
BSU'nun Teknik Spesifikasyonları / Gerçeklere Uygun Olarak Günlük Dengesizlik	$5 \cdot 10^{-13} / \pm 10^{-12}$	$5 \cdot 10^{-13} / \pm 5 \cdot 10^{-14}$	$1 \cdot 10^{-13} / \pm 5 \cdot 10^{-14}$	$1 \cdot 10^{-13} / \pm 5 \cdot 10^{-14}$
Sinyal Türü	FDMA	Esas olarak FDMA (K4 755-76 ile CDMA)	FDMA ve CDMA	FDMA ve CDMA
Açık Erişim Sinyalleri	L1OF (1602 MHz)	L1OF (1602 MHz) L2OF (1246 MHz) L3OC (1202 MHz)	L1OF (1602 MHz) L2OF (1246 MHz) L3OC (1202 MHz) L1OC (1575.42 MHz)	L1OC (1575.42 MHz) L2OC (1248 MHz)
Yetkili Erişime Sahip Sinyaller	L1SF (1602 MHz) L2SF (1246 MHz)	L1SF (1602 MHz) L2SF (1246 MHz)	L1SF (1602 MHz) L2SF (1246 MHz) L3SF (1202 MHz)	L1SC L2SC
Ek Ekipman	Uydu bazlı radyo iletişim bağlantıları	Uydu bazlı radyo iletişim bağlantıları	Uydu bazlı radyo iletişim bağlantıları	Cospas-Sarsat arama ve kurtarma sistemi

1.2.2 Kontrol Bölümü

GLONASS uydularının kontrolü Moskova yakınlarındaki Krasnoznamensk'te bulunan bir kontrol merkezidir. Bu merkez; 12 izleme istasyonu, 8 lazer mesafe istasyonu, 4 TT&C (Telemetry, Tracking and Control) istasyonu ve 5 yükleme istasyonundan oluşmaktadır. GLONASS kontrol bölümü uyduların durumunu izler, efemeris düzeltmelerini belirler, uydu saat hatalarını GLONASS zamanına ve eş güdümlü evrensel zamana (UTC) göre belirlemekte aynı zamanda günde iki kez uydulara düzeltmeler yapmaktadır (Kaplan ve Hegarty, 2017;Jeffrey, 2010). Şekil 1.15'te GLONASS'ın yer kontrol merkezleri görülmektedir.



Şekil 1. 15 GLONASS Yer Kontrol Merkezleri (Revnivkyh ve ark., 2017)

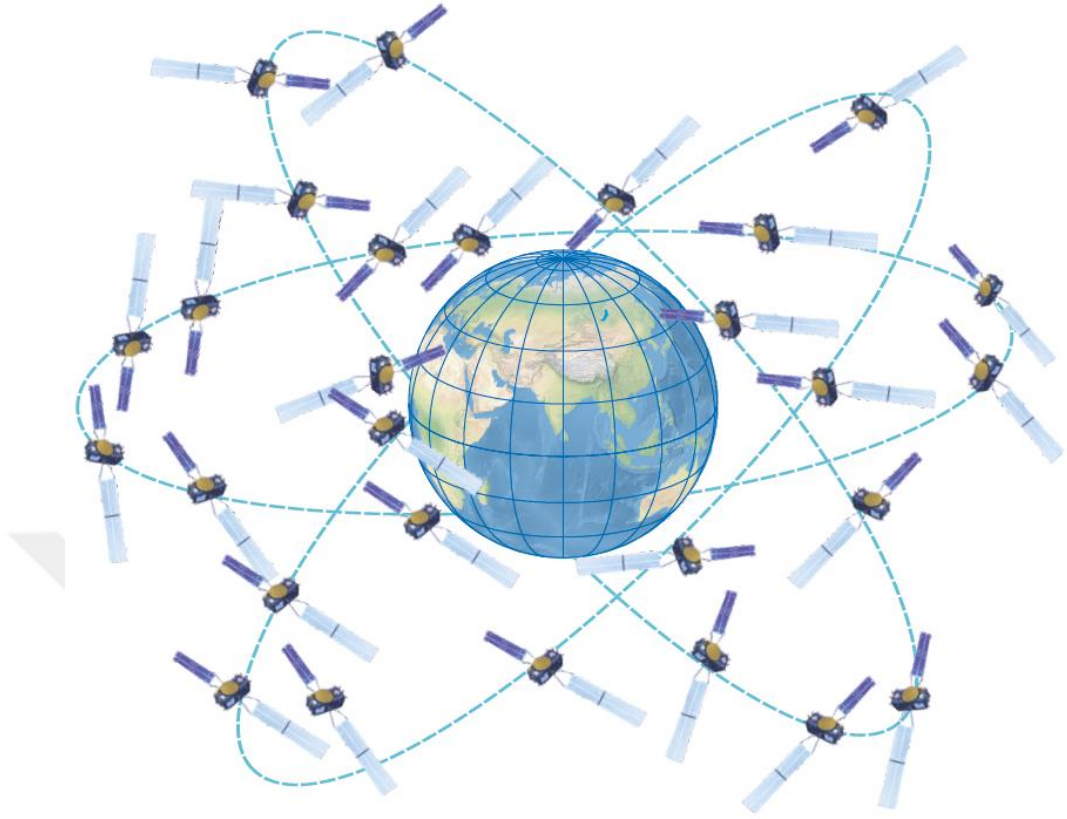
1.2.3 Kullanıcı Bölümü

GLONASS, kullanıcıları için küresel navigasyon hizmeti sağlamaktadır. İşlemciler ve antenlerden oluşan L-bantlı radyo alıcısı GLONASS, uydular tarafından yayınlanan sinyali işleyerek koordinatları elde eder; konumunu, hızını ve kesin zamanını belirlemektedir. Uygulama alanı oldukça geniş olup bunlara örnek olarak; konum tabanlı hizmetler, araçlarının konumlarının izlenmesi, jeodezik ve haritacılık çalışmalarının yapılması, mühendislik ve inşaat desteği, yol yapımı, demir raylarının

inşaatı, boru hatlarının döşenmesi, akıllı ulaşım sistemleri, seyahat rotalarının planlanması, tarımda sulama ve hasadın iyileştirilmesi, hava araçlarının navigasyonu, uzay araçlarının yörüngelerinin belirlenmesi, gemi rotalarının belirlenmesi, toprak deformasyon takibi, madencilik, dünyanın dönüş parametrelerinin incelenmesi, enerji hatlarının senkronizasyonu, su ve orman kaynaklarının izlenmesi sadece bunlardan bazılarıdır (Url 15).

1.3 GALILEO

Avrupa Birliği ve Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından üye ülkelerin uzay navigasyonu alanında ABD veya Rusya'ya karşı bağımsızlığını kazanmak adına küresel navigasyon sistemi olan Galileo'yu 1994 yılında oluşturmuştur. Avrupa GNSS programı iki yönün geliştirilmesini istemiştir. Birincisi; Avrupa Sabit Navigasyon Yer Paylaşım Hizmeti (EGNOS) adı verilen, mevcut GPS ve GLONASS'a fonksiyonel eklemeler için sistemler oluşturulması, ikincisi sivil kullanıma yönelik aynı zaman da kamu-özel ortaklığı ilkeleri üzerine kurulan kendi GNSS sistemini oluşturmaktır. Şekil 1.16'da Galileo Uyduları görülmektedir.



Şekil 1. 16 Galileo Uyduları (Url 17, 2024)

1999 yılında Avrupa GNSS projesi ismini İtalyan gökbilimci Galileo Galilei'ye ithafen bu ismi almıştır. Deneysel uydular olan GIOVE-A ve GIOVE-B 2005-2008 yıllarında yörüngeye fırlatılmıştır. İlk iki operasyonel uydu 2011 yılında fırlatılmıştır. Diğer GNSS sistemleri gibi bağımsız olarak, 24 saat, her türlü hava şartlarında, konum, hız ve zaman bilgisi sağlayan aynı zamanda diğer sistemlerle entegre çalışabilecek şekilde tasarlanmış uydu navigasyon sistemidir. Galileo temelde dört navigasyon hizmeti sağlayacak şekilde oluşturulmuştur. Bunlar;

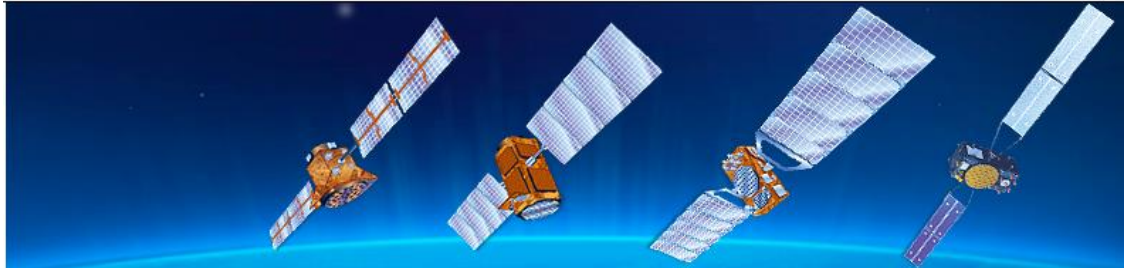
- Açık hizmet (OS), her türlü kullanıcıya ücretsiz bilgi sağlayacak,
- Ticari hizmet (CS), şifrelenmiş sinyal daha yüksek hassasiyet ve daha yüksek veri aktarımı yapacak,
- Kamu için düzenlenmiş hizmet (PRS), devlet tarafından düzenlenen erişime sahip bilgi verisi sağlayacak.
- Arama Kurtarma Hizmeti (SAR), tehlike altındaki insanların yerinin tespitini yapacak.

Galileo diğer uydu sistemleri gibi Uzay Bölümü, Kontrol Bölümü ve Kullanıcı Bölümü olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır (Url 19, 2024;Url 18, 2024).

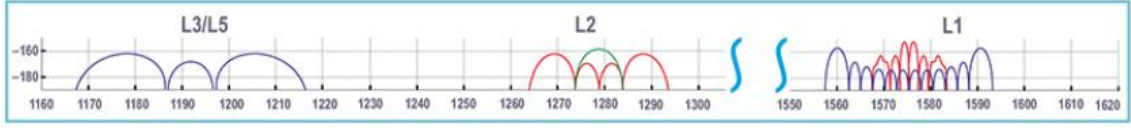
1.3.1 Uzay Bölümü

Galileo 23.222 km yükseklikte, 27 aktif 3 yedek olmak üzere toplam 30 uydudan oluşmaktadır. 14 saat 4 dakika 45 saniyelik periyotlarla yörüngede dönmektedir. Şekil 1.4'te Galileo Uydu türleri, Tablo 1.5'te Galileo Sisteminin navigasyon radyo sinyallerinin özellikleri ve Şekil 1.17'de Galileo Sisteminin navigasyon radyo sinyallerinin spektrumu görülmektedir.

Tablo 1. 4 Galileo Uydu Türleri (Url 17, 2024)



Özellikler	Galileo GIOVE-A	Galileo GIOVE-B	Galileo IOV	Galileo FOC
Ana Yüklenici	SSTL	EADS Astrium GmbH	EADS Astrium GmbH	OHB AG (22 uydu için sözleşme)
Aktif Kullanım Süresi	2 yıl	2 yıl	12 yıl	12 yıldan fazla
Bağlantı Ağırlığı	600 kg	630 kg	700 kg	730 kg
Boyutlar	1,3 m × 1,8 m × 1,65 m	0,95 m × 0,95 m × 2,4 m	3,02 m × 1,58 m × 1,59 m	2,74 m × 1,58 m × 1,59 m
Güneş Enerjisi Kapasitesi	667W	1100W	1420W	1420W
Sinyaller	Yalnızca tek frekansta (L1+E5 veya L1+E6)	L1, E5, E6	L1, E5, E6	L1, E5, E6
BSU (Saat Sistemi)	2 Rb (Kararlılık 10 ns)	2 Rb (10 ns stabilite), 2 PHM (1 ns stabilite)	2 Rb (10 ns stabilite), 2 PHM (1 ns stabilite)	2 Rb (10 ns stabilite), 2 PHM (1 ns stabilite)



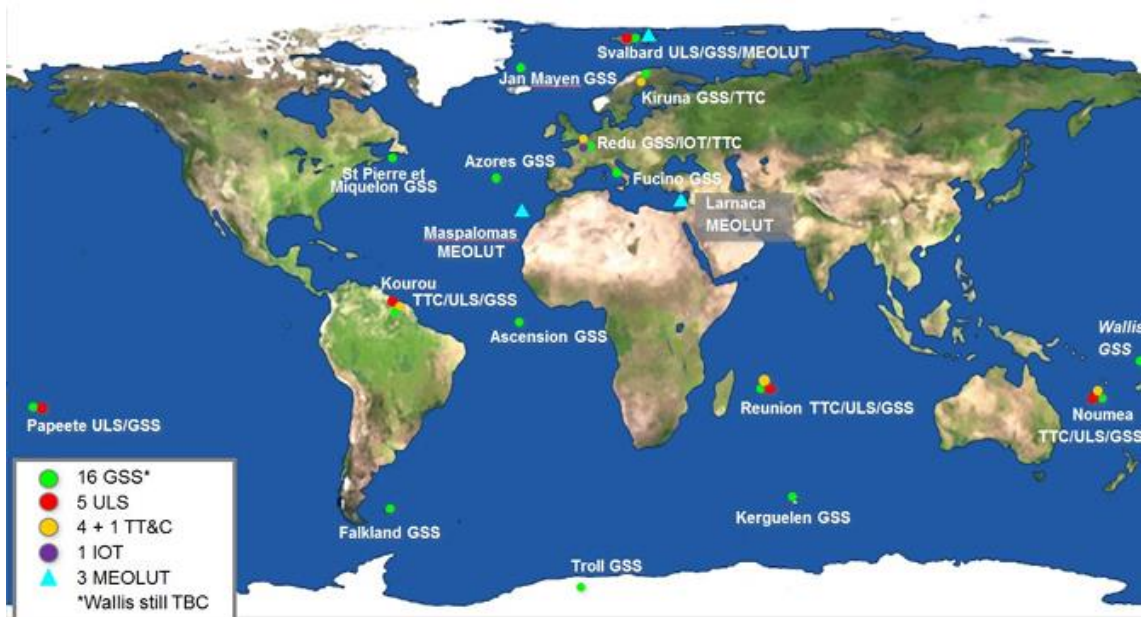
Şekil 1. 17 Galileo Sisteminin Navigasyon Radyo Sinyallerinin Spektrumu (Url 17, 2024)

Tablo 1. 5 Galileo Sisteminin Navigasyon Radyo Sinyallerinin Özellikleri (Url 17, 2024)

Menzil	Taşıyıcı Frekansı (MHz)	Sinyal Türü	PSP Kod Süresi (Sembol Sayısı)	Saat Frekansı (MHz)	Modülasyon Türü	Dijital Aktarım Hızı (bit/s)
E1	1.575,42	E2-B, E1-C (pilot)	4.096 / 4.092 / 25	1.023 / 1.023	SVOS(6, 1, 1/11), SVOS(6, 1, 1/11)	125 / 250, Hayır
E6	1.278,75	E6B, E6C (pilot)	5.115 / 1 / 5.115 / 100	5.115 / 5.115	BPSK	500 / 1000, Hayır
E5	1.191,79	E5a-I, E5a-Q (pilot), E5b-I, E5b-Q (pilot)	10.230 / 20, 10.230 / 100, 10.230 / 4, 10.230 / 100	10.23 / 10.23	AltBOC (15,10), AltBOC (15,10), AltBOC (15,10), AltBOC (15,10)	25 / 50, Hayır, 125 / 250, Hayır

1.3.2 Kontrol Bölümü

Yer Hizmetleri Bölümü (GMS) ve Yer Kontrol Bölümü (GCS) olmak üzere iki tane yer kontrol merkezinden oluşmaktadır. Şekil 1.18’de Galileo kontrol bölümü görülmektedir.



Şekil 1. 18 Galileo Kontrol Bölümü (Url 17, 2024)

Bu bölüm, uyduların her türlü kontrolü ve yönetilmesi işlemlerinin yapıldığı bölümdür (Falcone ve ark., 2017).

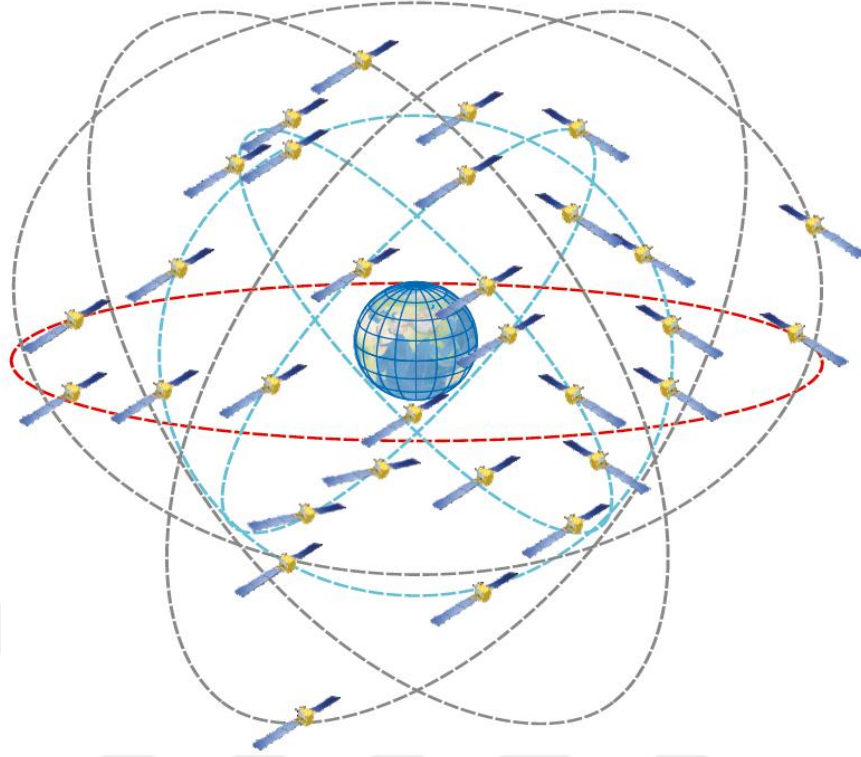
Galileo uydu sisteminin Kontrol Bölümü; İki Yer Kontrol Merkezi (GCC), Beş İzleme ve Kontrol İstasyonu (TT&C), Dokuz C-bandında yeryüzünden uzaya yayın yapan istasyon (ULS), kırk adet Galileo Sensör İstasyonu (GSS) olmak üzere toplam 4 bölümden oluşmaktadır (Berkes, 2002).

1.3.3 Kullanıcı Bölümü

Galileo Kullanıcı Bölümü, diğer uydu sistemleri gibi kara, hava, denizdeki tüm kullanıcılar için uygulama alanına bağlı olarak istediği verileri sağlayacak bir sistemdir. Kullanım alanları; havacılık, uzay, deniz taşımacılığı, karayolu taşımacılığı, cep telefonları, bilgisayarlar, mühendislik hizmetleri, tarım faaliyetleri gibi birçok alanda konum, hız ve zaman verisi sağlamaktadır.

1.4 BEIDOU

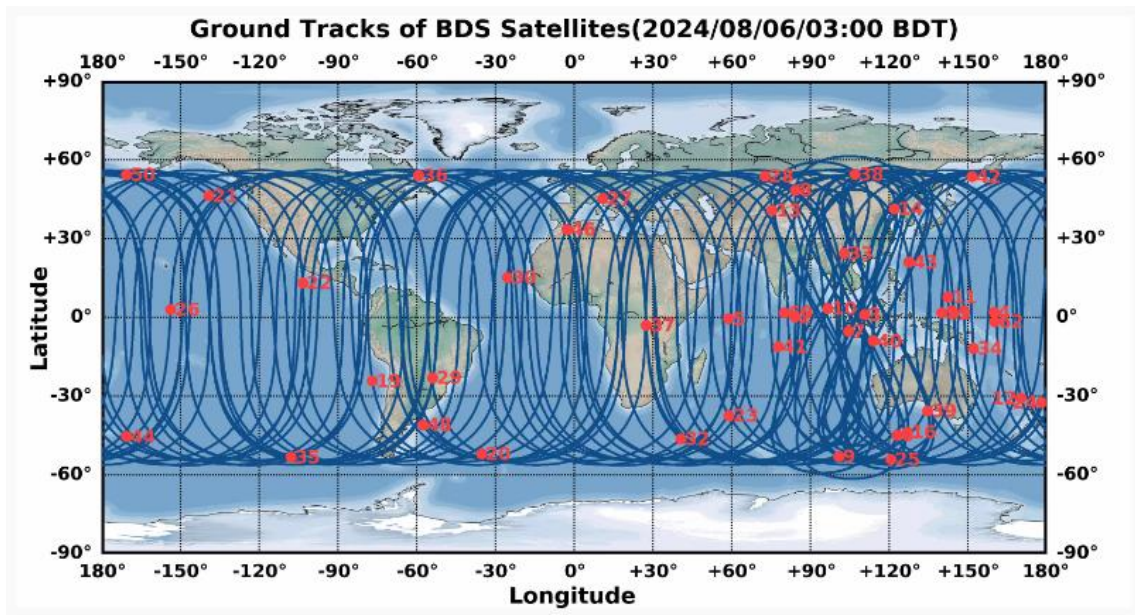
Çin'in ulusal bağımsızlık ve güvenliğini sağlamak isteği doğrultusunda kendi küresel uydu navigasyon sistemi olan Beidou Uydu Navigasyon Sistemi oluşturulmuştur. Çin Ulusal Bölgesel navigasyon sistemi oluşturma fikri ilk defa 1983 yılında ortaya atılmıştır. 1989 yılında ise ilk deneysel testleri yapılmaya başlanmıştır. Beidou sisteminin ilk aşaması ise 1994 yılında yapılmıştır. 2000 yılında Beidou-1A ve Beidou-1B adında iki tane sabit uydu uzaya fırlatılmıştır. 2003 yılında ise üçüncü sabit uydu olan Beidou-1C fırlatılarak sistemin performansının artırılması sağlanmıştır. Şekil 1.19'da Beidou Uyduları görülmektedir.



Şekil 1. 19 Beidou Uyduları (Url 20, 2024)

İkinci nesil Beidou sistemi ise 2004 yılında Beidou-2'nin geliştirilmesi ile sisteme dahil edilmiştir. 2012 yılı sonuna kadar 14 uydu daha fırlatılarak sistem geliştirilmesine devam edilmiştir. Beidou-1 ve Beidou-2 birbirlerine senkronize edilecek şekilde tasarlanmıştır. Asya ve Pasifik bölgesindeki kullanıcılara konum, hız, zaman ve diğer hizmetleri sunmak için oluşturulmuştur.

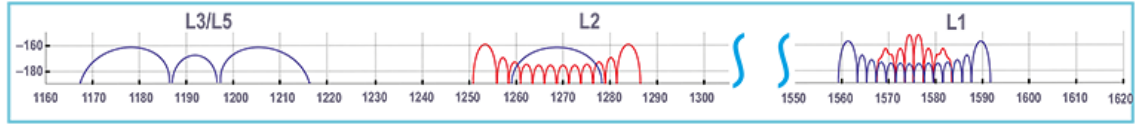
Üçüncü nesil Beidou-3 sisteminin oluşturulmasının amacı ise İpek Yolu üzerinde bulunan ülkelerdeki kullanıcılara temel ve küresel hizmet sağlamak için 2009 yılında başlanmıştır. Çin bu sistemi oluştururken dünya çapındaki kullanıcılara bağımsız olarak, ücretsiz halka açık bir şekilde, diğer uydu navigasyon sistemleriyle uyumlu, kademeli olarak daha iyi hizmet vermeyi amaçlayan Beidou Uydu Navigasyon Sistemi, 35 uydudan oluşmaktadır. 2035'ten önce daha yaygın, daha entegre, daha akıllı uzay-zaman sistemi inşa etmek temel hedefidir (Url 21, 2024;Url 22, 2024). Şekil 1.20'de BDS Uydularının yer izleri görülmektedir.



Tablo 1. 6 Beidou Uydu Türleri (Url 20, 2024)



Özellikler	BeiDou Sabit ve Jeosenkron Eğilimli Yörüngede	BeiDou SC Orta Dairesel Yörüngede
Ana Yüklenci	Çin Uzay Teknolojisi Akademisi (CAST)	Çin Uzay Teknolojisi Akademisi (CAST)
Uydu Platformu	DFH-3/3B	DFH-3B
Aktif Kullanım Süresi	~15 yıl	~10 yıl
Ağırlık	828 kg	850 kg
Sinyaller	L1 (B1), L2 (B3), L3/L5 (B2)	L1 (B1), L2 (B3), L3/L5 (B2)
BSU (Saat Sistemi)	2 Rb (Çin'de üretilmiştir)	2 Rb (Avrupa üretimi)
Ek Özellikler	Lazer reflektörler, kozmik parçacık kaydediciler	Lazer reflektörler, kozmik parçacık kaydediciler



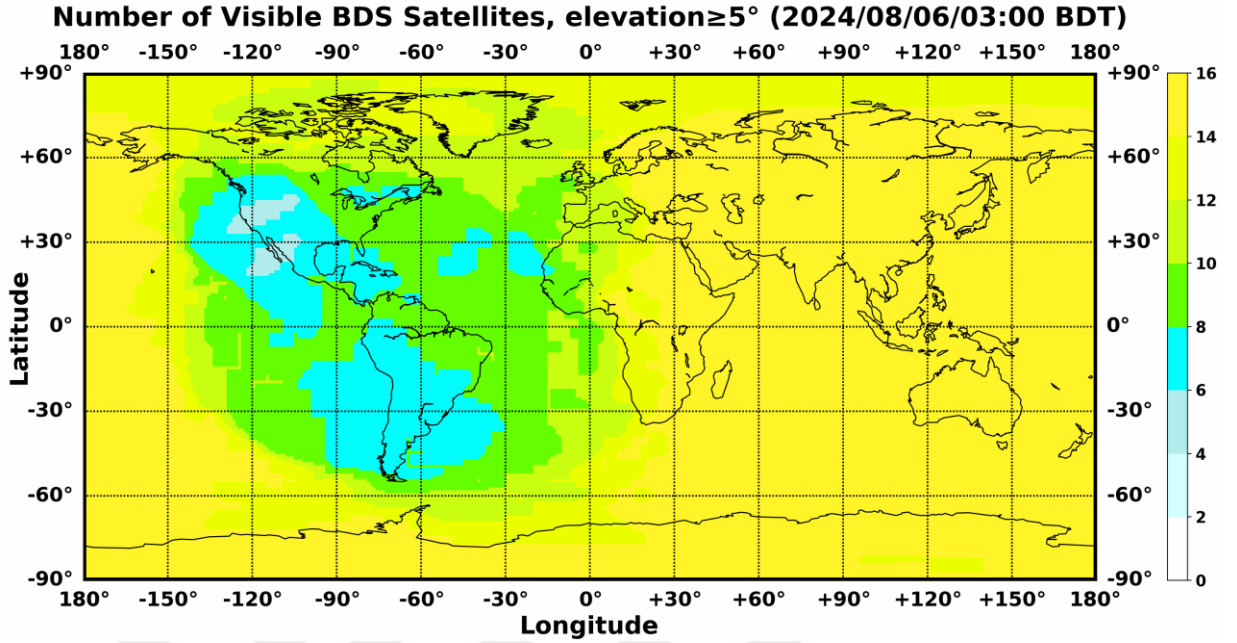
Şekil 1. 21 Beidou Sisteminin Navigasyon Radyo Sinyallerinin Spektrumu (Url 20, 2024)

Tablo 1. 7 Beidou-3 Navigasyon Radyo Sinyallerinin Özellikleri (Url 20, 2024)

Menzil	Taşıyıcı Frekansı (MHz)	Sinyal Türü	PSP Kod Süresi (Sembol Sayısı)	Saat Frekansı (MHz)	Modülasyon Türü	Dijital Aktarım Hızı (bit/s)
B1 (L1)	1.575,42	B1C	10.230 (birincil)	1,023 (birincil)	BOC (1,1)	100
	1.575,42	B1C-SBAS	1.023	1,023	BPSK (10)	500
	1.561,098	B1I	2.046	2,046	BPSK (10)	50 (D1) / 500 (D2)
B2 (L3)	1.176,45	B2a	10.230	10,23	BPSK (10)	200
	1.207,14	B2b	10.230	10,23	BPSK (10)	1000
	1.207,14	B2b-PPP	10.230	10,23	BPSK (10)	1000
B3 (L2)	1.268,52	B3I	10.230	10,23	BPSK (10)	50 (D1) / 500 (D2)

1.4.2 Kontrol Bölümü

Ana kontrol istasyonu (MSC), zaman senkronizasyonu ve izleme istasyonu (MS) gibi çeşitli istasyonlarla beraber; uydular arası bağlantı koordinasyonu ve yönetim tesislerinden oluşan bölüme Kontrol Bölümü denmektedir. İstasyonların konumu veya hangi amaçlarla neler yapıldığı konusunda kaynaklarda detaylı bilgiler verilmemektedir. Fakat bilindiği üzere uyduların kontrolünden ve diğer istasyonlarla arasındaki iletişimi sağlamadan Ana kontrol istasyonu sorumludur. Yükleme istasyonu yörünge düzeltmeleri gibi bir takım eklenmesi gereken verilerin yüklenmesi işleminden sorumludur. İzleme istasyonları ise uyduların izlenmesi, her türlü bilgi ve verileri Ana kontrol istasyonuna bilgilendirmek ve aktarmaktan sorumludur. Şekil 1.22’de Çin Uydu Navigasyon Sistemi yönetim ofisi test ve değerlendirme araştırma merkezi: görünür BDS uydularının sayısı görülmektedir.



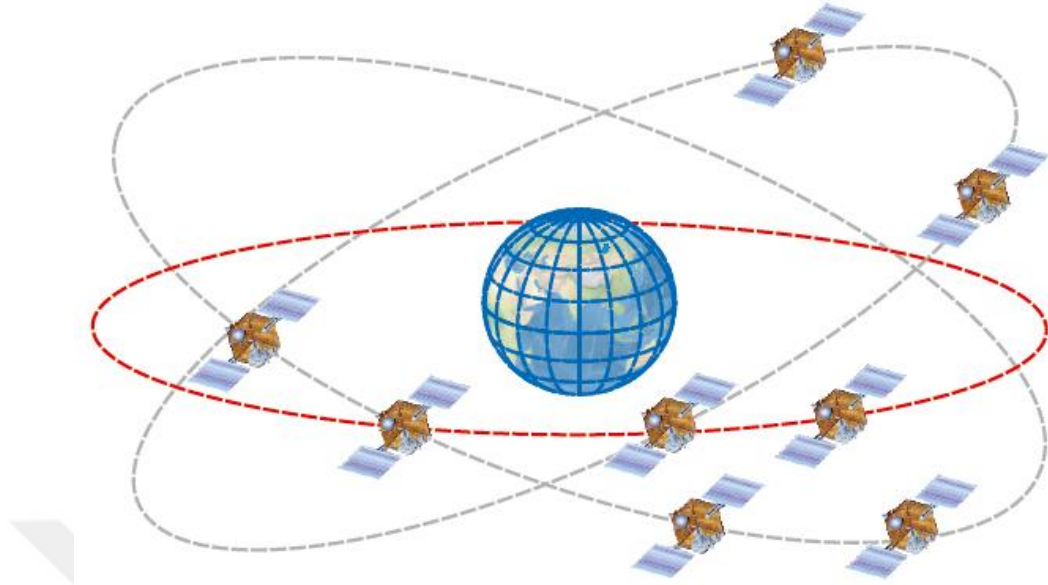
**Şekil 1. 22 Çin Uydu Navigasyon Sistemi Yönetim Ofisi Test ve Değerlendirme Araştırma Merkezi:
Görünür BDS Uydularının Sayısı (Yayınlanma zamanı: 2024-08-06) (Url 23, 2024)**

1.4.3 Kullanıcı Bölümü

Beidou sistemi ile uyumlu cihazları kullanabilen herkes Kullanıcı Bölümünü oluşturmaktadır. Beidou Uydu Sistemi diğer uydu sistemleri ile senkronize çalışabilen özelliği ile birçok kullanım alanında kullanıcılara yardımcı olmaktadır. Bunlara örnek olarak; ulaşım, tarım, ormancılık, balıkçılık, kamu güvenliği, afet önleme, özel nüfus bakımı, cep telefonu, bilgisayar gibi toplu uygulamalarda navigasyon özelliği, elektrik verilebilmektedir (Url 21, 2024;Url 22, 2024).

1.5 IRNSS (NavIC)

Hindistan Bölgesel Navigasyon Uydu Sistemi olan IRNSS, Hindistan'ın bölgesel konum belirleme sistemidir. Şekil 1.23'de IRNSS uyduları görülmektedir.



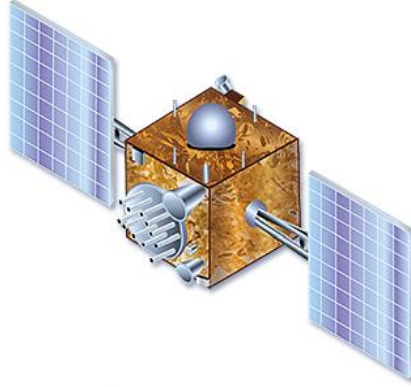
Şekil 1. 23 IRNSS Uyduları (Url 25, 2024)

Hint Uzay Araştırmaları Kurumu (ISRO), bağımsız bir konum belirleme sistemi oluşturmak istediğinden 2006 yılında ilk çalışmalarını başlatmıştır. Bu çalışmalar sonucunda ilk uydusu olan IRNSS-1a'yı 2013 yılında uzaya fırlatmıştır. Operasyonel olarak toplam 7 uydudan oluşan sistem 2016 yılında tamamlanmıştır ve yeni bir isim almıştır: NavIC (Kaynarca, 2008;Url 25, 2024).

1.5.1 Uzay Bölümü

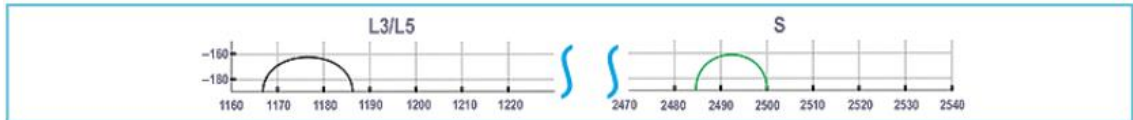
IRNSS Uydularının 4 tanesi yaklaşık olarak 35.786 km yükseklikte, 3 tanesi ise 24.000 km yüksekliktedir. IRNSS navigasyon sinyalleri, S ve L5 olmak üzere iki bantta ileten tek GNSS sistemidir (Url 25, 2024). Tablo 1.8'de IRNSS Uydu türleri, Tablo 1.9'da IRNSS Sisteminin navigasyon radyo sinyallerinin özellikleri ve Şekil 1.24'te IRNSS Sisteminin navigasyon radyo sinyallerinin spektrumu görülmektedir.

Tablo 1. 8 IRNSS Uydu Türleri (Url 25, 2024)



IRNSS -1A uzay aracı

Özellikler	Bilgiler
Ana Yüklenci	Hindistan Uzay Araştırma Örgütü (ISRO)
Aktif Kullanım Süresi	10 yıldan fazla
Ağırlık	1.425,18 kg (başlangıç), 596,09 kg (kuru)
Boyutlar	1,8 m × 1,426 m × 1,743 m
Güç Sistemi	2 adet 1671 W gücünde güneş paneli, 1 adet 90 Ah kapasiteli akü
Sinyaller	L5 ve S bantlarında açık ve özel
BSU (Saat Sistemi)	2 Rb
Ek Özellikler	- C bantlı alıcı-verici - Lazer reflektörler - L5 ve S bantlarında iki spiral dizili (çap 1,1 m) anten



Şekil 1. 24 IRNSS Sisteminin Navigasyon Radyo Sinyallerinin Spektrumu (Url 25, 2024)

Tablo 1. 9 IRNSS Sisteminin Navigasyon Radyo Sinyallerinin Özellikleri (Url 25, 2024)

Menzil	Taşıyıcı Frekansı (MHz)	Sinyal Türü	PSP Kod Süresi (Sembol Sayısı)	Saat Frekansı (MHz)	Modülasyon Türü	Dijital Aktarım Hızı (bit/s)
L5	1.176,45	SPS*	1.023	1,023	BPSK (1)	50
		RS Verileri**		2,046	BOC (5,2)	50
		RS Pilotu		2,046	BOC (5,2)	50
S	2.492,028	SPS	1.023	1,023	BPSK (1)	50
		RS Verileri		2,046	BOC (5,2)	50
		RS Pilotu		2,046	BOC (5,2)	50

1.5.2 Kontrol Bölümü

IRNSS, Standart Konum Belirleme (SPS) ve Kısıtlı Hizmet (RS) olmak üzere iki farklı görev için oluşturulmuştur. Şekil 1.25'te IRNSS kontrol bölümü görülmektedir.



- ISRO Navigasyon Merkezi
- ▲ Bütünlük ölçüm ve kontrol istasyonu
- CDMA sinyali kullanan aralık ölçüm istasyonu (EVO kompleksi)
- ISRO Sistemi Geçici Destek Merkezi
- ★ Uydu kontrol merkezi

Şekil 1. 25 IRNSS Kontrol Bölümü (Url 25, 2024)

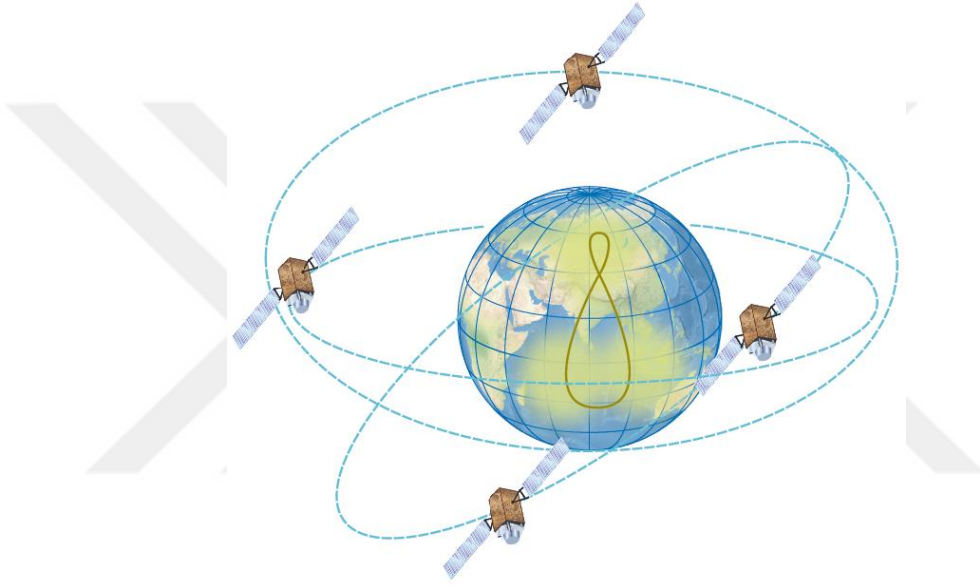
Standart Konum Belirleme tüm kullanıcılara açık olacak şekilde konum bilgisi, veri ve bilgi sağlamaktadır. Kısıtlı Hizmet sadece yetkili kullanıcılar için özel oluşturulmuş şifreli bir askeri hizmet sağlamaktadır. İki adet uydu kontrol merkezi bulunmaktadır. Aynı zamanda 4 ölçüm istasyonu, ağ zamanlama merkezi ve menzil ölçüm istasyonu sistemlerinden oluşmaktadır (Pırtı ve ark., 2021).

1.5.3 Kullanıcı Bölümü

Hindistan ve Hindistan sınırlarını 1.500 km aşan bölgede kullanıcılara konum bilgisi hizmeti sağlayan bağımsız bir uydu navigasyon sistemidir. Kullanıcılarına kendi bölgesinde her türlü mühendislik projelerinde, uzay, havacılıkta, araç takip sistemlerinde, teknolojik aletlerde konum verisi sağlamaktadır (Url 28, 2024).

1.6 QZSS

QZSS, Japonya'yı kapsayacak şekilde tasarlanmış, Pasifik-Asya bölgesindeki kullanıcılara hizmet vermek amacıyla yapılan bölgesel navigasyon uydu sistemidir. Bu sistemin yapılmasına yönelik ilk çalışmalar 2003 yılında başlanmış, 2004-2005 yıllarında ilk değerlendirme çalışmaları yapılmış ve 2008 yılında üretimine başlanmıştır. İlk 'Michibiki' uydu aracı 2010'da uzaya fırlatılmıştır. Şekil 1.26'da QZSS Uyduları görülmektedir.



Şekil 1. 26 QZSS Uyduları (Url 26, 2024)

QZSS'in yoğun kentsel alanlarda ve dağlık bölgelerde navigasyon erişebilirliğini arttırmak, acil durumlar ve doğal afetler gibi önemli durumlarda uyarı vermek, kısa mesaj iletimi sağlamak gibi görevleri bulunmaktadır. Bu görevler kapsamında üç temel hizmet sağlamaktadır:

Özellikle yoğun kentsel alanlarda ve dağlık bölgelerde sağlanan konum hizmetleri, kullanıcılar için navigasyon erişebilirliğini arttırmaktadır.

Yer istasyonları ağının ölçümleri sonucunda hesaplanan düzeltmeler ve bilgileri iletmektedir.

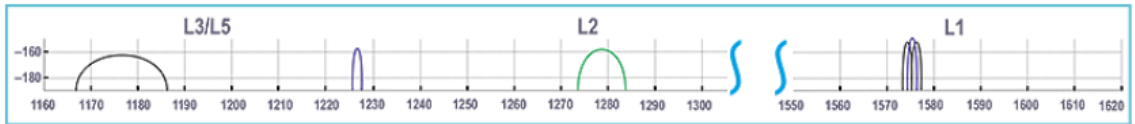
Yoğun kentsel alanlarda ve dağlık bölgelerde iletişim ve veri iletimini, santimetre hassasiyetinde yüksek hassasiyetli konumlandırma hizmeti ile sağlamaktadır (Url 26, 2024).

1.6.1 Uzay Bölümü

Japonya Havacılık ve Uzay Araştırması Ajansı (JAXA) tarafından yönetilen QZSS uyduları, toplam 5 uydudan oluşmakta ve yeryüzünden yaklaşık 31.911 km yüksekte olup 23 saat 56 dakika 4 saniye periyoduyla dönmektedir. QZSS uydu sisteminin sinyal yapısı, ABD-Japonya bilim teknik çalışma grubunun araştırmaları ve münazaraları neticesinde oluşturulmuştur. Çalışmalar neticesinde L1 ve L5/E5a frekans bantlarında, L2 bandının üst kısmı Galileo'yu, alt kısmı GPS'i tamamlayacak şekilde yapılmıştır. QZSS sistemi, parametre açısından ITRF' e benzeyen, Japonya'ya ait Japonya Jeodezik Sistemi (JGS) adında kendi koordinat sistemini kullanmaktadır (Url 26, 2024;Url 27, 2024). Tablo 1.10'da QZSS Uydu türleri, Tablo 1.11'de QZSS Sisteminin navigasyon radyo sinyallerinin özellikleri ve Şekil 1.27'de QZSS Sisteminin navigasyon radyo sinyallerinin spektrumu görülmektedir.

Tablo 1. 10 QZSS Uydu Türleri (Url 26, 2024)

Cihaz Tipi	QZS-1	QZS-2	QZS-3	QZS-4	QZS-1R
Ana Yüklenci	Mitsubishi Electric Corp.	Mitsubishi Electric Corp.	Mitsubishi Electric Corp.	Mitsubishi Electric Corp.	Mitsubishi Electric Corp.
Aktif Kullanım Süresi	12 yıl	15 yıl	15 yıl	15 yıl	15 yıl
Ağırlık	4.100 kg (başlangıç), 1.800 kg (kuru)	4.000 kg (başlangıç), 1.550 kg (kuru)	4.700 kg (başlangıç), 1.685 kg (kuru)	4.000 kg (başlangıç), 1.550 kg (kuru)	4.100 kg (başlangıç), 1.600 kg (kuru)
Boyutlar	2,35m × 2,35m × 5,70m	2,40m × 2,35m × 6,20m	2,40m × 2,40m × 5,41m	2,40m × 2,85m × 6,20m	5,40m × 2,90m × 2,90m
Sinyaller	L1, L2, L5, L6	L1, L2, L5, L6	L1, L2, L5, L6	L1, L2, L5, L6	L1, L2, L5, L6
Ek Özellikler	Lazer reflektörler	Lazer reflektörler	Lazer reflektörler	Lazer reflektörler	Lazer reflektörler



Şekil 1. 27 QZSS Sisteminin Navigasyon Radyo Sinyallerinin Spektrumu (Url 26, 2024)

Tablo 1. 11 QZSS Sisteminin Navigasyon Radyo Sinyallerinin Özellikleri (Url 26, 2024)

Menzil	Taşıyıcı Frekansı (MHz)	Sinyal Türü	PSP Kod Süresi (Sembol Sayısı)	Saat Frekansı (MHz)	Modülasyon Türü	Dijital Aktarım Hızı (bit/s)
L1	1.575,42	L1 C/A	10.230	1,023	BPSK	50/50
		L1C D	10	1,023	BOC (1,1)	50/100
		L1C P	10.230	1,023	BPC (1,1)	Veri yok
		L1-SAIF	10.230	1,023	BPSK	250/500
L2	1.227,6	L2C	10.230	1,023	BPSK	25/50
L5	1.176,45	L5I	10.230	10,23	BPSK	50/100
		L5Q	10.230	10,23	BPSK	Veri yok
L6	1.278,75	LEX	10.230	5.115	BPSK	2.000

1.6.2 Kontrol Bölümü

-QZSS, Hitachi-Ota (Ana) ve Kobe (Yedek) olmak üzere 2 kontrol istasyonundan oluşmaktadır. Şekil 1.28’de QZSS kontrol bölümü görülmektedir.

-İzleme İstasyonları Ağı: Sapporo, Kobe, Miyako Adası olmak üzere 3 tanesi Japonya’da;

Tromso, İstanbul, Dubai, Maspalomas, Bangkok, Kandy, Singapur, Jakarta, Mauritius, Johannesburg, Perth, Darwin, Brisbane, Fiji, Wellington, Makassar, Manila, Inuvik, Lethbridge, Panama, Sao Paulo, Santiago 22 tanesi Japonya sınırları dışında bulunmaktadır.

-13 SLAS istasyonu

-Lazer ölçüm noktası

-Zaman yönetimi istasyonu

Kontrol Bölümünü oluşturmaktadır (Url 26, 2024).



Şekil 1. 28 QZSS Kontrol Bölümü (Url 26, 2024)

1.6.3 Kullanıcı Bölümü

QZSS uydu sistemi, Japonya'yı kapsayan çalışma bölgesinde tutarlı, yüksek doğruluklu, hassas konum bilgisi sağlamak için tasarlanmış ve bu amaç doğrultusunda kullanıcılarına hizmet vermektedir. O bölgede her türlü mühendislik hizmetlerinde, yol projelerinde, kamu faaliyetlerinde, araç takip sistemlerinde, doğal afetlerin tespiti ve sonrasında oluşacak hasar konusunda ihtiyaç halinde, ulaşım, trafik, havacılık, uzay gibi alanlarda hassas konum, zaman verisi kullanıcılarına sağlamaktadır (Url 26, 2024).

2. BERNESE v5.2

GNSS verilerinin değerlendirilmesi birtakım yazılımlar aracılığı ile yapılmaktadır. Bu yazılımlar ticari amaçlı ve bilimsel akademik amaçlı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Ticari amaçlı yazılımlar, ticari firmalar tarafından üretilen GNSS alıcıları ile birlikte alıcının sağlamış olduğu veriyi işleyebilmesi için hazırlanan yazılımlardır.

Bilimsel akademik yazılımlar ise bilimsel çalışmalar yapmakta olan araştırma merkezleri, üniversiteler gibi kuruluşlarda hazırlanan, deformasyon ölçüleri, datum parametrelerinin belirlenmesi gibi çalışmalarda kullanabilmek amacıyla üretilen yazılımlardır (İnal ve Salgın, 2008). Bilimsel akademik yazılımlara örnek vermek gerekirse Bernese GNSS yazılımı, Bern Üniversitesi Astronomi Enstitüsü'nde (AIUB) geliştirilen yüksek hassasiyetli jeodezik çalışmalarda kullanılan çoklu GNSS veri işleme yazılımıdır. Bu yazılım genel olarak eğitim ve araştırma için akademisyenler, ölçme firmaları, yüksek doğruluk, yüksek performans ve güvenilirlik gerektiren ticari kullanıcılar tarafından kullanılmaktadır.

Bernese GNSS yazılımının güncel sürümü olan '5.4' 2023 yılından itibaren kullanıcılar tarafından kullanılmaktadır. Fakat çok yaygın olmadığı için bu tez çalışmasında 'v5.2' sürümü kullanılmıştır.

Son güncellemeleri ile beraber yazılımın genel özellikleri;

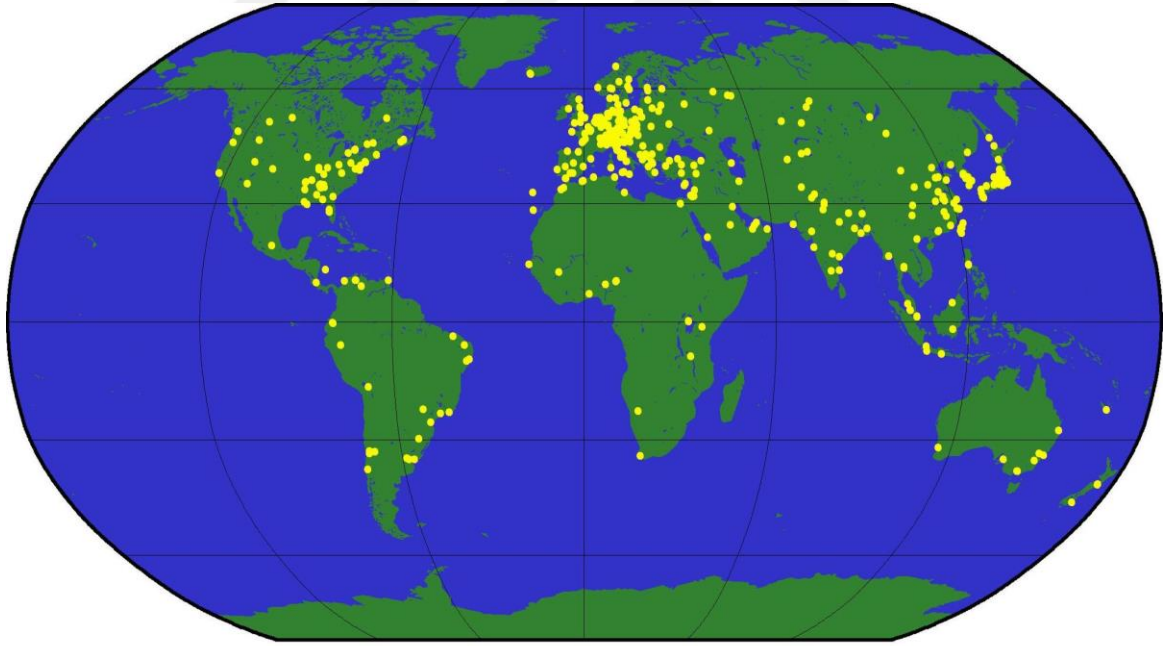
- Son teknolojik modellemesi yapılmıştır.
- GUI aracılığıyla tüm ilgili işleme seçenekleri üzerinde ayrıntılı kontrol yapılması.
- Linux, Windows ve OSX platformlarında kullanılabilir olması.
- Çoklu GNSS kapasitesi olması.
- Gelişmiş uydu yörünge modellemesi yapılması.
- PPP için belirsizlik çözümü olması.
- IGS/IERS sözleşmeleri ve dosya formatlarının desteği yapılması.

Özellikler ve öne çıkanlar:

- Küresel ve bölgesel navigasyon uydu sistemleri olan GPS, GLONASS, Galileo, Beidou, QZSS için işleme yeteneği olması.
- GPS, GLONASS, Galileo, Beidou için belirsizlik çözünürlüğü.
- LEO işleme yeteneği vardır.

- IGS ve IERS 2010 sözleşmelerine uyumludur.
- Farklı sinyaller kullanarak çoklu GNSS işleme için tasarlanmış ayarlanabilir kod ve faz sapması işleyebilmektedir.
- Normal denklem düzeyinde esnek parametre işleme yapabilmektedir.
- En son troposfer modelleri; VMF3, GMF/GPT
- Yüksek dereceli iyonosfer düzeltmelerini (HOI) içeren iyonosfer modelleme yapmaktadır.
- Gelişmiş GNSS veri simülasyon aracı bulunmaktadır.

Bernese GNSS yazılımı tüm dünyada kullanılmakta olup, 700'den fazla kurum Bernese GNSS yazılımının kullanıcı veri tabanına kayıtlıdır (Url 29, 2024;Başçiftçi, 2017). Şekil 2.1'de Bernese GNSS yazılımını kullanan kuruluşların Dünya'daki coğrafi dağılımı görülmektedir.



GM 2023 Sep 08 13:42:23 Geographical Distribution of Institutions using the Bernese GNSS Software

Şekil 2. 1 Bernese GNSS Yazılımını Kullanan Kuruluşların Dünya'daki Coğrafi Dağılımı (Url 29, 2024)

Yazılımın genel uygulamaları;

- Küçük boyutlu tek ve iki frekanslı ölçmelerin hızlı çözümü
- Sabit ağların otomatik çözümü

- Gerçek zamanlı uygulamaları proses etmesi
- Çok sayıda alıcıdan toplanan verileri çözümlemesi
- GPS ve GLONASS verilerinin birlikte çözümlenmesi
- İyonosfer ve troposferin izlenmesi
- Saat tahmini ve zaman dönüşümü
- Yörünge belirleme
- SLR yörünge doğrulama

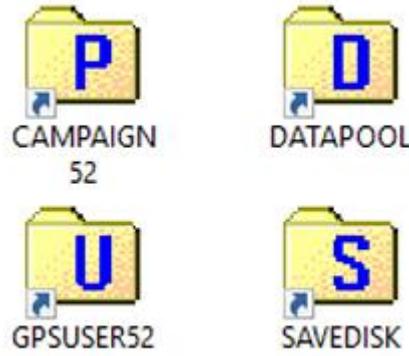
olarak söylenebilir (Dach ve ark., 2015;Url 29, 2024).

Bernese v5.2 GNSS yazılımının Windows sistemli bir bilgisayara kurulduğunda görülen ilk ekran görüntüsü Şekil 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2. 2 Bernese v5.2 Yazılımı İlk Ekran Görüntüsü

Bernese v5.2 yazılımı şu ana kadar geliştirilmiş diğer yazılımlardan farklı olarak programın kurulması sonucunda kullanıcıya işlem kolaylığı sağlaması açısından DATAPOOL ve SAVEDISK alanları eklenmiştir ve kurulum gerçekleştiğinde karşımıza dört adet klasör çıkmaktadır. Bu dosyalar Şekil 2.3’te gösterilmektedir.



Şekil 2. 3 Bernese v5.2 Bilimsel GNSS Yazılımında Kullanıcı Dosyaları

Bu dosyalardan;

CAMPAING52 dosyası GNSS çözümünde oturumların bulunduğu dizindir.

DATAPOOL dosyası GNSS çözümüne ilgili çözümde kullanılacak verilerin bulunduğu, ham verilerin yüklendiği ve ilgili kampanyanın içerisinde doldurulması için gerekli bilgilerin olduğu dizindir.

GPSUSER dosyası genel parametrelerin oluşturulduğu ve ilgili aralıklarla güncellenecek dosyaların bulunduğu dizindir.

SAVEDISK dosyası yapılan çözüm sonuçlarının saklandığı alan olarak oluşturulmuş dosyadır. Böylelikle kullanıcı tekrardan çalışma yapması halinde geçmiş çalışmaların kaydedilip saklanması bir sonraki çalışma için yararlı olacaktır.



Şekil 2. 4 Bernese 5.2 GNSS Yazılımında Veri Akışı (Dach ve ark., 2015)

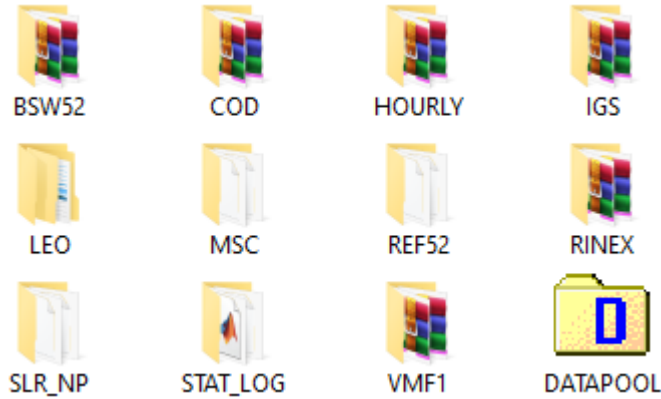
2.1 BERNESE v5.2 Yazılımı Kullanıcı Dosyaları

Kullanıcı Bernese v5.2 yazılımında otomatik çözümleme yapacaksa, diğer versiyonlarından farklı olarak DATAPOOL klasörünü doldurması gerekir. Fakat manuel çözümleme yapacaksa KAMPANYA klasörünü doldurması gerekmektedir. Şekil 2.4'te Bernese 5.2 GNSS yazılımında veri akışı görülmektedir.

2.1.1 DATAPOOL Klasörü

DATAPOOL klasörü, harici dosyaların indirilip saklanacağı bir depolama alanı olarak tasarlanmıştır. Bernese İşleme Motoru (BPE: Bernese Processing Engine) otomatik olarak çalıştırıldığında, oluşturulan kampanyaya ait gerekli verilerin yer aldığı bir dizin görevi görmektedir. Şekil 2.5'te DATAPOOL ana dosyaları görülmektedir. Bu yapı, verilerin her seferinde yeniden indirilmesine kıyasla bir dizi avantaj sunar:

- Dosyalar birden fazla kampanya için kullanılacaksa yalnızca bir kez indirilmesi yeterlidir.
- Harici dosyaların indirilmesi, Bernese GNSS yazılımından bağımsız bir şekilde, planlanan kullanılabilirlik doğrultusunda çalıştırılan komut dosyalarıyla düzenlenebilir.
- Bu yöntem, işlemleri harici veri kaynaklarının erişilebilirliğine bağımlı olmaktan çıkarır.



Şekil 2. 5 Bernese v5.2 Bilimsel GNSS Yazılımı DATAPOOL Ana Dosyaları

DATAPOOL Klasörünün Yapısı ve İçeriği

DATAPOOL dizini, farklı kaynak dosya türleri ve formatlarını göz önüne alarak çeşitli alt klasörlere ayrılmıştır. DATAPOOL klasöründeki dosyaların içerikleri ve bunların temin edilebileceği kaynaklar şunlardır (Dach ve Walser, 2015; Bülbül, 2018).

RINEX: GNSS istasyonlarına ait veriler, RINEX dosyaları aracılığıyla sağlanmaktadır. Bu klasörde GPS ve GLONASS dosyalarının yanı sıra Hatanaka formatındaki gözlem dosyaları bulunmaktadır. RINEX dosyaları, işlem sırasında sabit kalması gereken

"kaynak" dosyalarıdır ve ulusal veya uluslararası veri merkezlerinden indirilebilmektedir. Projeye özgü dosyalar bu klasöre kopyalanmalı ve istasyon adlarının benzersizliği sağlanmalıdır (Dach ve Walser, 2015).

HOURLY: RINEX klasörüne benzer şekilde, ancak saatlik RINEX verilerini içermektedir. Bu klasör genellikle gerçek zamanlı uygulamalar için kullanılmaktadır (Dach ve Walser, 2015).

LEO: Düşük Yeryüzü Yörüngesi (LEO) veri işleme için gerekli dosyalar bu klasörde saklanmaktadır. İlgili dosyalar ATTIT alt klasöründe yer almaktadır (Dach ve Walser, 2015).

SLR_NP: SLR (Satellite Laser Ranging) verileri bu klasörde tutulmaktadır. Uluslararası Lazer Ranging Hizmeti'nden (ILRS) indirilen normal nokta dosyaları, SLR gözlemleriyle yörünge doğrulama işlemlerinde kullanılmaktadır (Dach ve Walser, 2015).

STAT_LOG: İstasyon bilgileriyle ilgili dosyalar burada depolanmaktadır. İstasyon listeleri, referans çerçeve verileri ve ekipman bilgilerini içermektedir. Örneğin, IGB08.snx veya IGS14.snx gibi dosyalar referans çerçeve doğrulama işlemleri için kullanılabilir (Dach ve Walser, 2015).

COD: GNSS analizlerinde temel harici bilgiler olan yörüngeler, Yer Yönelme Parametreleri (EOP) ve uydu saati düzeltmeleri bu klasörde bulunmaktadır. Bu dosyalar belirli FTP adreslerinden indirilebilmektedir (Dach ve Walser, 2015).

BSW52: Bernese formatına özgü harici veri dosyalarını içermektedir. Örneğin, iyonosfer dosyaları (ION) veya diferansiyel kod bozulması dosyaları (DCB) bu klasöre eklenebilmektedir (Dach ve Walser, 2015).

REF52: Referans çerçeve dosyaları ve kampanya boyunca kullanılan diğer ilgili dosyalar burada saklanmaktadır. Projeye özgü dosyalar genellikle bu alana yerleştirilmektedir (Dach ve Walser, 2015).

MSC: Bernese İşleme Motoru (BPE) ile otomatik işlem için örnek dosyalar bu klasörde bulunmaktadır (Dach ve Walser, 2015).

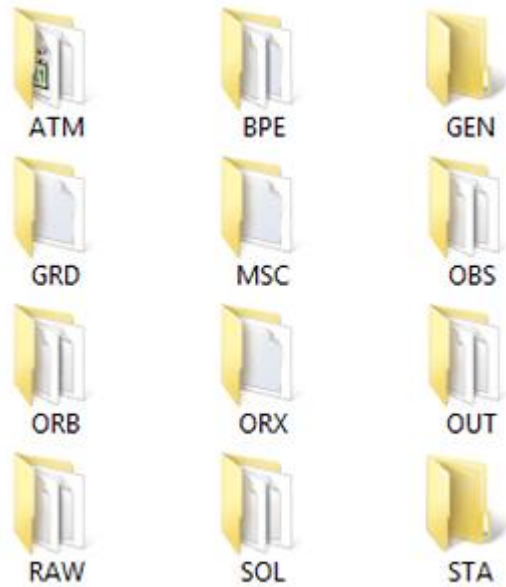
VMF1: Vienna Haritalama Fonksiyonu (VMF1) grid verileri bu klasöre kaydedilmekte ve belirli adreslerden indirilebilmektedir (Dach ve Walser, 2015).

Bernese v5.2 ve DATAPOOL Klasörünün Önemi

Bernese GNSS yazılımının önceki sürümlerinden farklı olarak, Bernese v5.2 ile otomatik çözümleme işlemlerinin daha kolay bir şekilde başlatılabilmesi için DATAPOOL dizini uygun şekilde düzenlenmiştir. Bu tez çalışmasında DATAPOOL dizininde bulunması gereken dosyalar ve bu dosyaların temin edilebileceği kaynaklar ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır.

2.1.2 KAMPANYA Klasörü

Bernese v5.2 GNSS değerlendirme yazılımında CAMPAIGN52 klasörü, mevcut kampanyalar üzerinden çalışma yapılmasını sağlamaktadır. Diğer yazılımlarda "kampanya" yerine genellikle "proje" terimi kullanılmasına karşın, Bernese yazılımında kampanya kavramı ile çalışmanın düzenli bir şekilde yürütülmesi hedeflenmiştir. Bu klasör, otomatik çözümleme işlemlerine geçmeden önce oluşturulmalıdır. Kampanya oluşturulduktan sonra, DATAPOOL klasörü uygun verilerle doldurulur ve işlem yapılacak PCF (Process Control File) komutuna bağlı olarak program tarafından otomatik şekilde düzenlenmektedir. Şekil 2.6'da KAMPANYA klasörüne ait alt klasörler görülmektedir.



Şekil 2. 6 Bernese v5.2 Bilimsel GNSS Yazılımı KAMPANYA Klasörüne Ait Alt Klasörler

Alt Klasörler ve İçerikleri

- **ATM (Atmosfer Dosyaları):**

Bu klasörde yer alan dosyalar, IGS işlemlerinden elde edilen global iyonosfer modelleridir. Faz belirsizliği çözümünü desteklemek ve daha yüksek mertebeli iyonosferik düzeltmeler sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Program tarafından otomatik olarak ATM klasörüne yüklenmektedir (Dach ve Walser, 2015; Bülbül, 2018).

- **GEN (Genel Dosyalar):**

Proje veya kullanıcıya özgü olmayan genel parametreler bu klasörde saklanmaktadır. Uydulara ait hata bilgilerini içeren CRX dosyaları, anten faz merkezi kayıklıklarını gösteren PHAS_IGS.REL dosyası, alıcı türleri bilgisi içeren RECEIVER ve uydu yörüngelerine ilişkin bilgiler bulunan SATELLIT dosyaları bu klasörde yer almaktadır. Bu dosyalar zaman zaman güncellenmeli ve GPS/GEN klasörüne kopyalanmalıdır (Dach ve Walser, 2015; Bülbül, 2018).

- **GRD (Grid Dosyaları):**

Bu klasör, .GRD uzantılı grid dosyalarını barındırmaktadır (Dach ve Walser, 2015; Bülbül, 2018).

- **ORB (Yörünge Dosyaları):**

Yörüngeye ilişkin hassas bilgiler burada saklanmaktadır. .PRE uzantılı hassas yörünge dosyaları, genellikle CODE analiz merkezinin sağladığı ürünlerdir. Alternatif olarak, IGS'nin birleştirilmiş nihai ürünleri de kullanılabilir (Dach ve Walser, 2015; Bülbül, 2018).

- **OUT (Çıkış Dosyaları):**

Program çalışması tamamlandıktan sonra oluşturulan özet dosyalar ile saatlik RINEX dosyaları burada bulunmaktadır (Dach ve Walser, 2015; Bülbül, 2018).

- **RAW (Ham Veriler):**

Bu klasör, ham GNSS verilerinin RINEX formatındaki dosyalarını içermektedir (Dach ve Walser, 2015; Bülbül, 2018).

- **ORX (RINEX Dosyaları):**

Projede kullanılan istasyonlara ait RINEX dosyaları ile IGS istasyonlarına ilişkin RINEX dosyaları bu klasörde bulunmaktadır (Dach ve Walser, 2015; Bülbül, 2018).

- **SOL (Çözüm Dosyaları):**

Bu klasör, yapılan çözümlemeler sonucunda üretilen dosyaları barındırmaktadır (Dach ve Walser, 2015; Bülbül, 2018).

- **STA (Proje ile İlgili Dosyalar):**

Bu klasörde koordinat ve hız dosyaları gibi projeye ait bilgiler yer almaktadır. Dosya uzantıları arasında PLD, FIX, CRD, VEL, STA ve çözüm sonucu elde edilen F1 ve P1 dosyaları bulunmaktadır (Dach ve Walser, 2015; Bülbül, 2018).

- **BPE (Hata Raporlama ve Komutlar):**

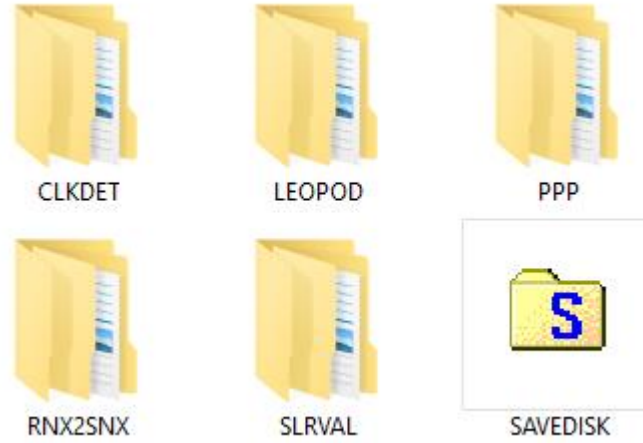
Programın çalışması sırasında oluşabilecek hataların raporları ve komutlar arasındaki geçiş bilgileri bu klasörde bulunmaktadır (Dach ve Walser, 2015; Bülbül, 2018).

Bernese Yazılımı ve Kampanya Yönetimi

Otomatik çözümleme yapılmadan önce CAMPAIGN52 dizininde bir kampanya oluşturulmalı ve bu kampanya, ilgili verilerle doldurulmalıdır. Kampanya klasöründe bulunan dosyalar, çalıştırılan PCF komutuna bağlı olarak program tarafından otomatik şekilde düzenlenmektedir. Otomatik çözümleme için DATAPOOL klasörünün doğru şekilde doldurulması yeterlidir.

2.1.3 SAVEDISK Klasörü

SAVEDISK klasörü, GNSS veri çözümleme işlemleri sonrasında kullanılacak dosyaların ve elde edilen verilerin yedeklendiği ana dizindir. Bernese yazılımında her bir BPE (Batch Processing Example), bir proje olarak ele alınmaktadır. Bu bağlamda, SAVEDISK dizininde yer alan alt klasörler, örnek işlem süreçlerine (BPE'lere) göre düzenlenmiştir. Şekil 2.7'de SAVEDISK klasörüne ait klasörler görülmektedir.



Şekil 2. 7 Bernese v5.2 GNSS Yazılımı Savedisk Klasöre Ait Klasörler

- **PPP:** Hassas Nokta Konumlama (Precise Point Positioning) süreçlerine ait dosyaları içermektedir.
- **RNX2SNX:** RINEX'ten SINEX formatına dönüştürme için kullanılan dosyalar bu klasörde saklanmaktadır.
- **CLKDET:** Uydu saat belirleme işlemleriyle ilgili dosyalar bulunmaktadır.
- **LEOPOD:** Düşük Yeryüzü Yörüngesi (LEO) uydu konum belirleme süreçlerine ilişkin veriler yer almaktadır.
- **SLRVAL:** Uydu lazer mesafelendirme (Satellite Laser Ranging) verilerinin doğrulama süreçlerine ait dosyalar bu dizinde tutulmaktadır.

_REF ile Biten Dosyalar

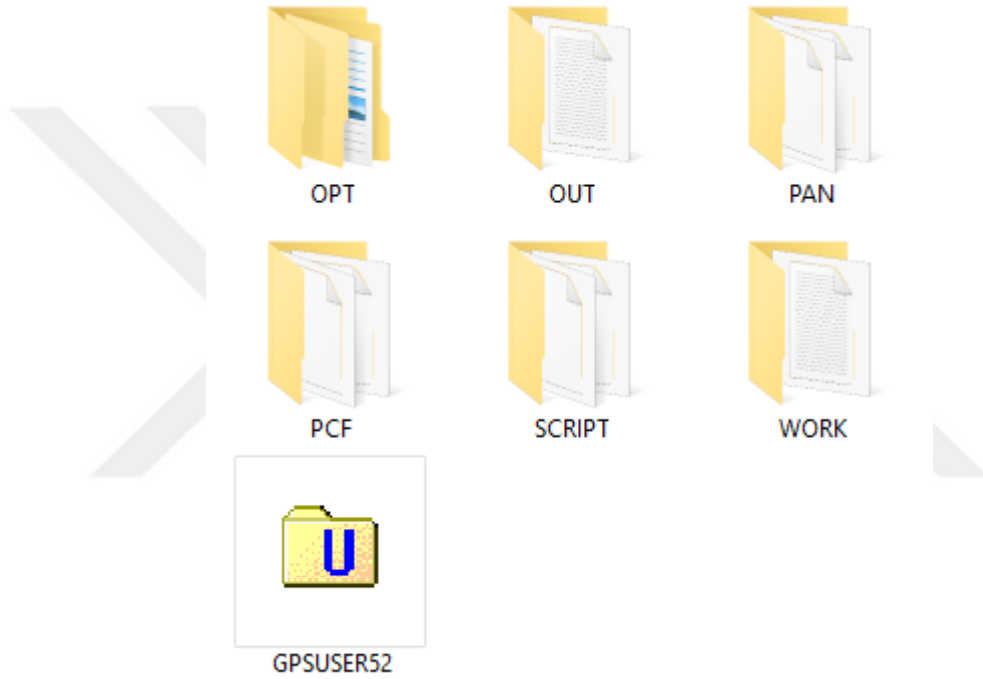
Her alt klasörde, "_REF" ile biten çeşitli dosyalar bulunur. Bu dosyalar, Bern Üniversitesi Astronomi Enstitüsü'nde (AIUB) sistemdeki örnek BPE'lerin çalıştırılmasıyla oluşturulmuştur. "_REF" dosyaları, örnek işlemler için bir referans niteliğindedir ve genellikle bir eğitim rehberi ya da başlangıç noktası olarak kullanılmaktadır.

Sonuç Farklılıkları

Her ne kadar hem tutorial hem de RNX2SNX örneği BPE, bölgesel ağdan veri işlemek amacıyla yapılandırılmış olsa da uygulanan işleme stratejileri ve parametre seçimlerindeki farklılıklar nedeniyle üretilen sonuçlar birebir aynı olmayabilir (Dach ve Walser, 2015).

2.1.4 GPSUSER52 Klasörü

GPSUSER52 klasörü, Bernese v5.2 GNSS yazılımının işleyişinde önemli bir role sahiptir. Bu klasör, yazılımla ilgili güncellemelerin ve genel parametre dosyalarının toplandığı bir alandır. Yazılımın düzenli olarak güncel verilerle çalışmasını sağlamak amacıyla, GPSUSER52 dizini belirli aralıklarla gelen güncellemelerle yenilenmektedir. Şekil 2.8’de GPSUSER52 klasörüne ait klasörler görülmektedir.



Şekil 2. 8 Bernese v5.2 GNSS Yazılımı GPSUSER52 Klasöre Ait Klasörler

Klasörün İçeriği

- Klasör, yazılımın işleme süreçlerinde kullanılan genel parametrelerin yanı sıra, yeni özelliklerin ve düzeltmelerin yer aldığı dosyaları barındırmaktadır.
- Güncellemeler, yazılımın performansını ve doğruluğunu artırmayı hedeflemektedir.

Güncellemelerin Önemi

Bu klasörde tutulan dosyalar, GNSS verilerinin işlenmesi sırasında uydu modelleri, iyonosfer düzeltmeleri ve antene ilişkin faz merkezi bilgileri gibi kritik parametrelerin doğru bir şekilde uygulanmasını sağlamaktadır. Böylece yazılımın sağladığı sonuçlar daha güvenilir hale gelmektedir (Başçiftçi, 2017).

3. UYGULAMA

VIP (Veri İndirme Programı) dosyası, MATLAB ortamında GUIDE (Graphical User Interface Development Environment) altyapısı kullanılarak geliştirilmiş, GNSS (Global Navigation Satellite System) veri işleme amacıyla tasarlanmış bir grafiksel kullanıcı arayüzü (GUI) uygulamasıdır. Doç. Dr. Fuat BAŞÇİFTÇİ tarafından 2017 yılında geliştirilen bu uygulama, GNSS verilerinin işlenmesi ve değerlendirilmesi amacıyla kullanılan ilk uygulamadır. GNSS teknolojisi, konum belirleme, navigasyon ve zamanlama gibi kritik alanlarda kullanılan, küresel uydu tabanlı bir sistemdir. VIP, bu sistemden elde edilen verilerin analizinde karşılaşılan karmaşıklıkları çözmeyi amaçlar. Bu uygulamanın temel hedefi, GNSS verilerinin karmaşık yıl, hafta ve gün düzeyindeki organizasyonunu, kullanıcıların kolayca anlayabileceği bir düzleme indirgemektir. Bunun yanı sıra, veri analizi süreçlerini otomatikleştirerek insan kaynaklı hataları en aza indirme potansiyeline sahiptir. Ancak zaman içinde yazılımın kullanımı, özellikle veri adreslerinin değişmesi nedeniyle sürdürülemez hale gelmiştir. Bu yazılım, GNSS verilerinin işlenmesinde önemli bir adım olmuş olsa da, günümüzdeki teknolojik gelişmeler ve yazılım gereksinimlerinin gerisinde kalmıştır. Dolayısıyla, bu uygulamanın güncel sürümünün kullanılabilmesi için gerekli güncellemeler yapılmadığı için artık kullanılamamaktadır. BAŞÇİFTÇİ F. (2017) tarafından geliştirilen VIP yazılımına ait veriler, tezin ilerleyen bölümlerinde temel alınarak bazı düzenlemeler yapılmıştır ve ismi VIP.m olarak anılmaktadır.

3.1 VIP.m Yazılımı

VIP.m, GNSS verilerinin aşağıdaki süreçlerini ele alan kapsamlı bir işlevsellik sunar:

- **Veri İndirme:** GNSS verilerinin çevrimiçi kaynaklardan veya yerel sistemlerden etkin bir şekilde elde edilmesi.
- **Zaman Bazlı Organizasyon:** Verilerin yıl, hafta ve gün bazında düzenlenerek anlamlı bir formatta sunulması.
- **Tablolaştırma:** Verilerin görselleştirilmesini kolaylaştıracak şekilde yapılandırılması.
- **Dosya Yönetimi:** Elde edilen verilerin depolanması, adlandırılması ve erişilebilirliğinin sağlanması.

Program, kullanıcı dostu bir arayüz ile tasarlanmış olup, kullanıcı girişlerini kontrol etme ve bu girişlere göre uygun geri bildirim sağlama yeteneğine sahiptir. Böylece, kullanıcıların doğru ve verimli bir şekilde çalışmasını destekler.

FTP (File Transfer Protocol): Tanım, İşleyiş ve Özellikler

File Transfer Protocol (FTP), bilgisayarlar arasında dosya transferi gerçekleştirmek amacıyla kullanılan, yaygın bir ağ protokolüdür. Bu protokol, internet üzerinden dosyaların güvenilir ve etkin bir şekilde paylaşılmasını sağlamaktadır. FTP, istemci-sunucu modelini benimser ve veri iletimini iki ana kanal aracılığıyla gerçekleştirmektedir:

Kontrol Kanalı: Komutların ve yanıtların iletildiği kanal.

Veri Kanalı: Dosya verilerinin aktarıldığı kanal.

FTP'nin bu iki kanal yapısı, veri transferinin düzenli ve eşzamanlı bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır.

FTP'nin Temel Özellikleri:

İstemci-Sunucu Modeli

- FTP istemcisi, dosya transfer işlemini başlatmak için FTP sunucusuna bağlanmaktadır.
- Günümüzde yaygın olarak kullanılan FTP istemcileri, kullanıcı dostu grafiksel arayüzlere sahiptir. Örneğin, **FileZilla** gibi yazılımlar kullanıcıların kolayca dosya transferi yapmasını sağlamaktadır.

Kimlik Doğrulama

- FTP, güvenli erişim için kullanıcı adı ve şifre ile kimlik doğrulama yöntemini kullanmaktadır.
- Bununla birlikte, bazı sunucular, kullanıcı adı ve şifre gerektirmeyen **Anonymous FTP** seçeneğiyle anonim girişlere izin vermektedir.

Aktarım Modları

- **Aktif Mod:** Sunucu, istemciye bir bağlantı açar ve veri aktarımı bu bağlantı üzerinden gerçekleştirilmektedir.

- **Pasif Mod:** İstemci, sunucuyla veri bağlantısını başlatmaktadır. Bu mod, özellikle güvenlik duvarı veya NAT (Network Address Translation) bulunan ağlarda tercih edilmektedir.

Veri Aktarım Türleri

- **ASCII Modu:** Metin dosyalarının aktarımı için kullanılmaktadır.
- **Binary Modu:** İkili (binary) verilerin, örneğin görüntü veya uygulama dosyalarının, transfer edilmesinde tercih edilmektedir.

Komut Seti

FTP, belirli komutlar aracılığıyla dosya transferine olanak tanımaktadır. Yaygın kullanılan bazı komutlar şunlardır:

- **get:** Sunucudan dosya indirmek için kullanılır.
- **put:** Sunucuya dosya yükleme işlemi gerçekleştirir.
- **ls:** Sunucudaki dosyaların listesini görüntüler.
- **cd:** Belirli bir dizine geçiş yapmayı sağlar.

Genel Kod Yapısı ve Çalışma Mekanizması

Kodun Genel Yapısı

VIP.m dosyasının kod yapısı, bir MATLAB GUI uygulamasının temel bileşenlerinden oluşmaktadır. Bu yapılar, GNSS verilerinin etkili bir şekilde işlenmesini ve kullanıcı etkileşimlerinin kolayca yönetilmesini sağlamaktadır. Şekil 3.1’de VIP.m arayüz görüntüsü görülmektedir.

The screenshot displays the VIP.m software interface, which is a MATLAB-based GUI. It features several panels for data management and selection:

- COO Panel:** A table with columns 'Dosya_Adi' and 'Secim'. It lists files like 'CODwwwd.ION.Z' and 'CODwwwd.TRO.Z' with checkboxes for selection.
- GEN Panel:** Similar to COO, it lists files like '1 CONST.' and '2 DATUM.' with checkboxes.
- IGS Noktaları Panel:** A grid of input fields for coordinates, labeled 'yyd.Z'.
- EUREF Noktaları Panel:** Another grid of input fields for coordinates, labeled 'yyd.Z'.
- Indirilenler Panel:** A table with columns 'Dosya_Adi' and 'Klasor' for downloaded files.
- Indirilmeyenler Panel:** A table with columns 'Dosya_Adi' and 'Klasor' for files not yet downloaded.
- GRD/VMF1 Panel:** A table with columns 'Dosya_Adi' and 'Secim'. It lists files like '1 \MFQ_YYYYmmdd.H00' and '2 \MFQ_YYYYmmdd.H06'.
- DCB Panel:** A table with columns 'Dosya_Adi' and 'Secim'. It lists files like '1 P1P2yymm.DCB.Z' and '2 P1C1yymm.DCB.Z'.
- STA Panel:** A table with columns 'Dosya_Adi' and 'Secim'. It lists files like '1 IGS08_FIX' and '2 IGS08_R_CRD'.
- Bottom Right Panel:** Contains date selection fields for 'Ayın Günü', 'Ay', and 'Yıl', along with 'Ekle', 'Çıkar', 'TAMAM', and 'IPTAL' buttons.

Şekil 3. 1 VIP.m Arayüz Görüntüsü

Kodun temel bileşenleri şunlardır:

- **GUI Tasarımı:** MATLAB'ın "uitable", "uipanel" ve "uicontrol" gibi kullanıcı arayüzü elemanları kullanılarak birden fazla düğme, metin kutusu, radyo düğmesi ve tablo bileşeni tasarlanmıştır. Bu bileşenler, kullanıcı etkileşimlerinin görselleştirilmesini ve kolay yönetilmesini sağlamaktadır.
- **Fonksiyonel Yapı:** Kullanıcı girişlerini işleyen ve arayüz bileşenlerini kontrol eden callback fonksiyonları, uygulamanın fonksiyonel çekirdeğini oluşturmaktadır.
- **Veri Yapıları:** GNSS verilerinin organize edilmesi ve işlenmesi için diziler ve matrisler yoğun bir şekilde kullanılmıştır. Bu veri yapıları, büyük ölçekli GNSS verilerinin hızlı ve doğru bir şekilde elde edilmesini sağlamaktadır.

Fonksiyonların Detaylı Açıklamaları

1. VIP_OpeningFcn

- GUI'nin başlangıç noktasını oluşturmaktadır ve temel yapılandırmaları gerçekleştirmektedir.
- GNSS verileri için gereken klasör yapısını (örneğin, "Kampanya", "DATAPOOL") kontrol eder ve eksik olanları otomatik olarak oluşturmaktadır.
- Kullanıcının sistem bağlantılarını kontrol ederek olası hataları önlemekte ve uygulamanın sorunsuz bir şekilde başlatılmasını sağlamaktadır.

2. pushbuttonX_Callback

- Kullanıcı arayüzündeki düğmelere basıldığında tetiklenen işlevlerdir. Her düğme belirli bir görevi yerine getirmektedir:
 - **pushbuttonDownload:** GNSS verilerinin bir FTP sunucusundan indirilmesini sağlamaktadır. Veri kaynağına erişimi doğrulamakta ve indirme işlemini başlatmaktadır.
 - **pushbuttonClear:** Kullanıcı arayüzünde bulunan tablo verilerini temizlemekte ve kullanıcının sıfırdan başlamasına olanak tanımaktadır.

3. editX_Callback

- Metin kutularına girilen kullanıcı verilerini analiz etmekte ve uygun değişkenlere aktarmaktadır.
- Özellikle GNSS verileriyle uyumlu olması için tarih bilgilerini dönüştürerek GNSS formatına (örneğin, GPS haftasına) çevirmektedir.

4. radiobuttonX_Callback

- Kullanıcının radyo düğmeleri aracılığıyla yaptığı seçimlere bağlı olarak farklı işlevler gerçekleştirmektedir. Örneğin, verileri belirli bir kritere göre filtreleyebilmekte veya toplu temizleme işlemleri yapabilmektedir. Bu, kullanıcıların analiz sürecinde özelleştirilmiş bir yaklaşım benimsemelerine olanak tanımaktadır.

Ana İşlevler ve Kullanım Senaryoları

VIP.m dosyasının temel işlevleri, GNSS verilerinin organize edilmesi ve kullanıcının kolay erişimine sunulması üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu işlevler, GNSS veri işleme süreçlerinde sık karşılaşılan zorluklara çözüm üretmek için geliştirilmiştir.

Klasör Hazırlama

GNSS verilerinin düzenli bir dosya yapısında organize edilmesi, veri analizi süreçlerinin kolaylaştırılmasında kritik bir rol oynamaktadır.

- **Otomatik Klasör Yapısı:** VIP.m, GNSS kampanya ve veri havuzu (örneğin, "Kampanya" ve "DATAPOOL" klasörleri) için gerekli klasör yapılarını otomatik olarak oluşturmaktadır.
- Bu yaklaşım, veri karmaşasını azaltarak kullanıcıların verilere daha hızlı erişmesini sağlamaktadır.

Veri Tablosu İşlemleri

GNSS verilerinin MATLAB tabloları üzerinde işlenmesi, verilerin organize edilmesi ve analiz edilmesi için temel bir adımdır.

- **Veri Filtreleme ve Düzenleme:** MATLAB tabloları üzerinde filtreleme ve düzenleme işlemleri gerçekleştirilir. Kullanıcılar bu tablolardan dosya seçimi yapabilir ve belirli kriterlere dayalı filtreleme işlemleri uygulayabilmektedir.
- Bu özellik, özellikle büyük veri kümelerinin yönetilmesi sırasında kullanıcı deneyimini iyileştirmektedir.

FTP Bağlantısı

VIP.m, GNSS verilerinin indirilmesi için MATLAB'ın dahili **ftp()** fonksiyonunu kullanmaktadır. Bu sayede, farklı veri kaynaklarından güvenilir bağlantılar kurulur ve veri indirme işlemleri gerçekleştirilmektedir.

- **Veri Kaynakları:**
 - **CDDIS (Crustal Dynamics Data Information System):** GNSS verilerinin yaygın olarak depolandığı bir sunucudur.
 - **UNIBE Sunucusu:** GNSS araştırmalarında kullanılan diğer bir önemli kaynaktır.

GNSS Tarih Hesaplamaları

GNSS sisteminde, tarihlerin dönüştürülmesi, zaman bazlı analizlerin yapılmasında kritik bir öneme sahiptir. Şekil 3.2'de VIP.m giriş bilgileri ekranı görülmektedir.

The screenshot shows a software interface for entering date information. At the top, there are three dropdown menus for 'Ayın Günü' (Day of the Month) with '07' selected, 'Ay' (Month) with '10' selected, and 'Yıl' (Year) with '2007' selected. Below these are two buttons: 'EKLE' (Add) and 'ÇIKAR' (Remove). In the center, there is a table with the following data:

	Tarih	YılGun	GPS_Gun	GPS_Hafta
1	1/01/...	001	0	1303
2	7/10/...	280	0	1448

At the bottom of the interface are two buttons: 'TAMAM' (Finish) and 'IPTAL' (Cancel).

Şekil 3. 2 VIP.m Giriş Bilgileri Ekranı

- **Tarih Formatı Dönüşümleri:** VIP.m, kullanıcı tarafından girilen takvim tarihlerini GPS haftasına ve GNSS yıl günü (Day of Year) formatına dönüştürmektedir.
- Bu otomasyon, GNSS veri analiz süreçlerinde zamandan tasarruf sağlamakta ve manuel hesaplama hatalarını önlemektedir.

Dosya İşlemleri

GNSS verilerinin işlenmesi sırasında dosya yönetimi, doğru analiz sonuçları elde etmek için önemli bir adımdır. Şekil 3.3’de VIP.m indirilen ve indirilmeyen veriler ekranı görülmektedir.

- **Sıkıştırılmış Dosyaların Açılması:** GNSS verileri, genellikle sıkıştırılmış dosyalar (örneğin, .zip veya .rar formatında) olarak indirilmektedir. VIP.m, bu dosyaların MATLAB’da analiz edilmeden önce WinRAR veya benzeri yazılımlarla açılmasını sağlamaktadır.
- **Dosya Uzantılarına Göre Organizasyon:** Dosyalar, uzantılarına (örneğin, .ION, .TRO, .EPH) göre sınıflandırılır ve düzenlenmektedir. Bu organizasyon, belirli analiz türlerinin gerçekleştirilmesini kolaylaştırmaktadır.

İndirilenler		
	Dosya_Adı	Klasor
1		
2		
3		
4		
İndirilmeyenler		
	Dosya_Adı	Klasor
1		
2		
3		
4		

Şekil 3. 3 VIP.m İndirilen ve İndirilmeyen Veriler Ekranı

Bu veriler, başlangıç noktası olarak alınmış ve GNSS verileri üzerinde belirli modifikasyonlar yapılmıştır. Ancak yapılan düzenlemeler ve güncellemeler, istenilen

performansı tam anlamıyla sağlamamıştır. Çünkü veri yapılarını ve işleme tekniklerini güncel yazılımlarla uyumlu hale getirebilmek adına daha kapsamlı bir yaklaşım benimsenmesi gerekmektedir. Bu sebeple, elde edilen sonuçlar, beklenen doğruluk ve güvenilirlik seviyesini karşılamamıştır.

Sonuç olarak, VIP.m yazılımının yerine, sıfırdan yeni bir yazılım geliştirilmesi ihtiyacı doğmuştur. Bu kapsamda, Bernese GNSS yazılımının son sürümü ve diğer gelişmiş yazılım araçları kullanılarak yeni bir veri işleme uygulaması tasarlanmıştır. Güncel yazılım olan AFD (Automatic File Downloader), kullanıcı dostu bir arayüze sahip olup, çeşitli GNSS verilerini işleme kapasitesine sahiptir. Bu yazılım, veri toplama, işleme ve analiz süreçlerini daha verimli bir şekilde yönetebilmek için modern araçlar ve algoritmalar kullanılarak geliştirilmiştir.

Bu yazılımda kullanılan algoritmalar, verilerin doğruluğunu artırmak için yüksek hassasiyetli modellemeler ve gelişmiş düzeyde iyonosfer, troposfer düzeltmeleri ile uydu yörüngesi hesaplamaları gibi işlemleri içermektedir. Ayrıca, yeni yazılım, veri işleme hızını ve kullanıcı etkileşimini göz önünde bulundurarak kullanıcı arayüzünü optimize etmiştir.

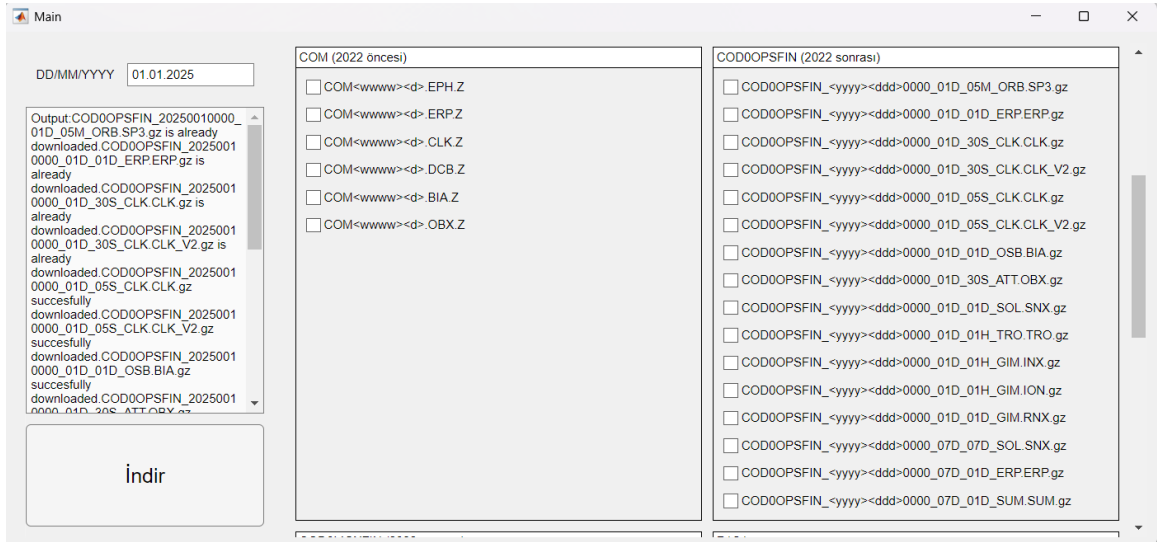
3.2 AFD (Automatic File Downloader) Yazılımı

GNSS verilerini indirme ve yönetme amacıyla geliştirilmiş güncel yazılım olan AFD MATLAB yazılımının işleyişi açıklanmaktadır. AFD, özellikle IGS ve IGL veri setlerinin indirilmesi için tasarlanmış olup, dinamik bir kullanıcı arayüzü ve modüler bir yapı sunmaktadır.

main.m

Programın başlangıç noktasıdır. Programın çalışması için bu dosya MATLAB üzerinde çalıştırılmalıdır. Dosya listesini okur, gerekli klasörleri oluşturur ve kullanıcı arayüzünü başlatmaktadır. Şekil 3.4'te AFD yazılımında renklendirme öncesi yapılan çalışma görülmektedir.

- Dosya Okuma: fileRead fonksiyonu ile dosya bilgileri okunur.
- Klasör Yönetimi: Gerekli klasörler (örneğin, Files) otomatik olarak oluşturulur.
- Arayüz Başlatma: mainGrid fonksiyonu çağrılarak kullanıcı arayüzü başlatılır.



Şekil 3. 4 AFD Yazılımında Renklendirme Öncesi

mainGrid.m

Kullanıcı arayüzünü oluşturur ve kullanıcıdan tarih bilgisi alarak dosya indirme işlemini başlatmaktadır.

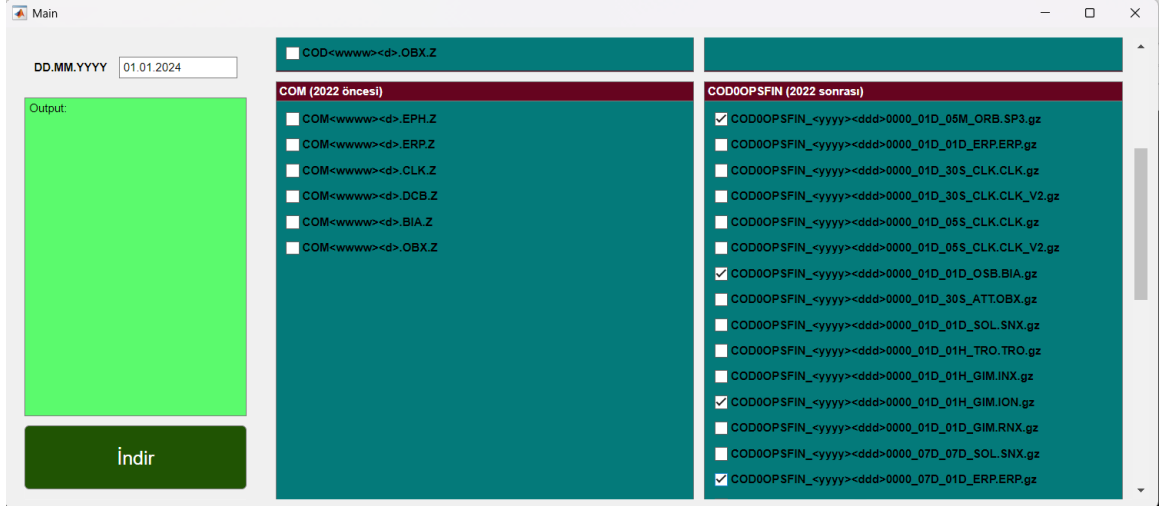
- Dinamik Arayüz: Tarih giriş alanı, çıktı alanı ve indir butonu gibi bileşenler içermektedir.
- Checkbox Grid: Dinamik olarak oluşturulan grid, kullanıcıya seçilebilir dosya listesi sunmaktadır.
- Buton Fonksiyonu: showSelection fonksiyonu, kullanıcı seçimlerini işleyerek dosya indirme işlemini başlatmaktadır.

stc.m

stc sınıfı, dosya indirme işlemlerini yönetmek için bir yapı sağlar. FTP veya HTTP protokollerini kullanarak dosyaları indirir ve kullanıcı arayüzüyle etkileşim kurmaktadır. Şekil 3.5'te AFD yazılımında dosyaların seçilme şekli görülmektedir.

- Dinamik Özellikler: Dosya bilgilerini ve indirme işlemlerini yönetmek için name, link, file, exts, dir, files, downloadlist, selected, date, gpsWeek, protocol gibi özellikler tanımlanmıştır.
- Kullanıcı Arayüzü Entegrasyonu: createCheckbox metodu, arayüzde checkbox'lar oluşturularak kullanıcı etkileşimini sağlamaktadır.

- Tarih ve Dosya Formatlama: convert metodu, tarih ve dosya adlarını belirli bir formata dönüştürerek dosya yolları oluşturmaktadır.
- Protokol Desteği: Hem FTP hem de HTTP protokolleri desteklenmektedir.



Şekil 3. 5 AFD Yazılımında Dosyaların Seçilmesi

calculateGPSWeek.m

Verilen bir tarihe göre GPS haftasını hesaplar.

- GNSS Başlangıç Tarihi: GPS haftası, 6 Ocak 1980 tarihine göre hesaplanır.
- Dinamik Formatlama: GPS haftası, 4 basamaklı bir string olarak döndürülür.

fileRead.m

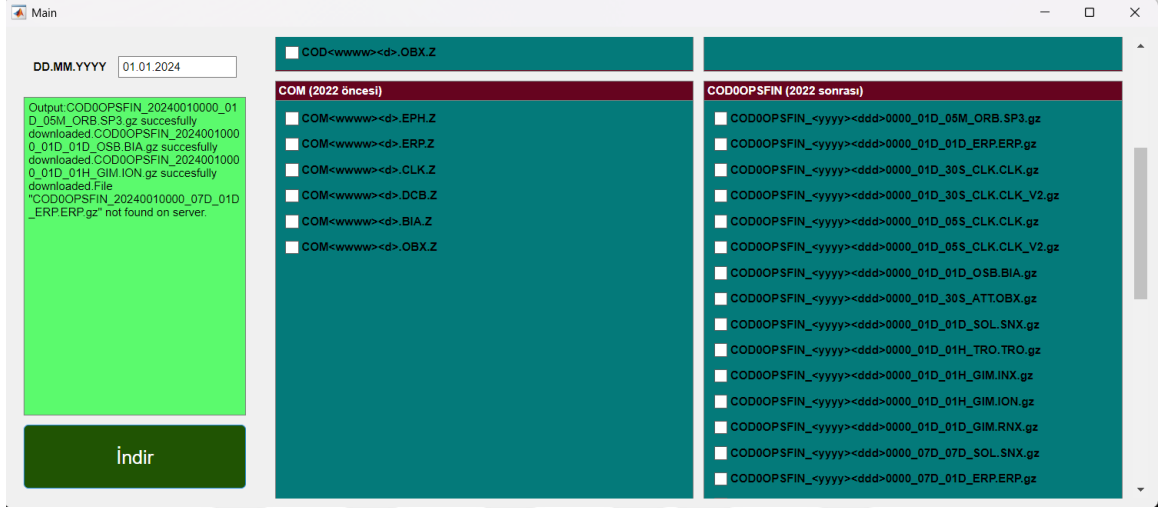
filenames.txt dosyasını okuyarak her satırdan stc nesneleri oluşturmaktadır. stc nesneleri ile dosya seçim kutuları oluşturulmaktadır.

- Dinamik Ayırıştırma: Dosya içeriği #type etiketleriyle bölünür ve her bölüm bir stc nesnesine dönüştürülmektedir.
- Esnek Veri İşleme: name, link, exts, file, dir, protocol gibi alanlar otomatik olarak ayrıştırılır ve nesneye atanmaktadır.

filenames.txt

İndirilecek dosyaların yapılandırılmış listesini içermektedir. Şekil 3.6'da AFD yazılımında indirilen ve indirilemeyen dosyaların output'a yazdırıldığı görülmektedir.

- Yapılandırılmış Veri Formatı: Dosya türleri, bağlantılar, klasörler ve uzantılar açık bir biçimde tanımlanmıştır.
- Genişletilebilirlik: #type ile bölünen yapısı sayesinde farklı dosya türleri kolayca eklenebilmektedir.

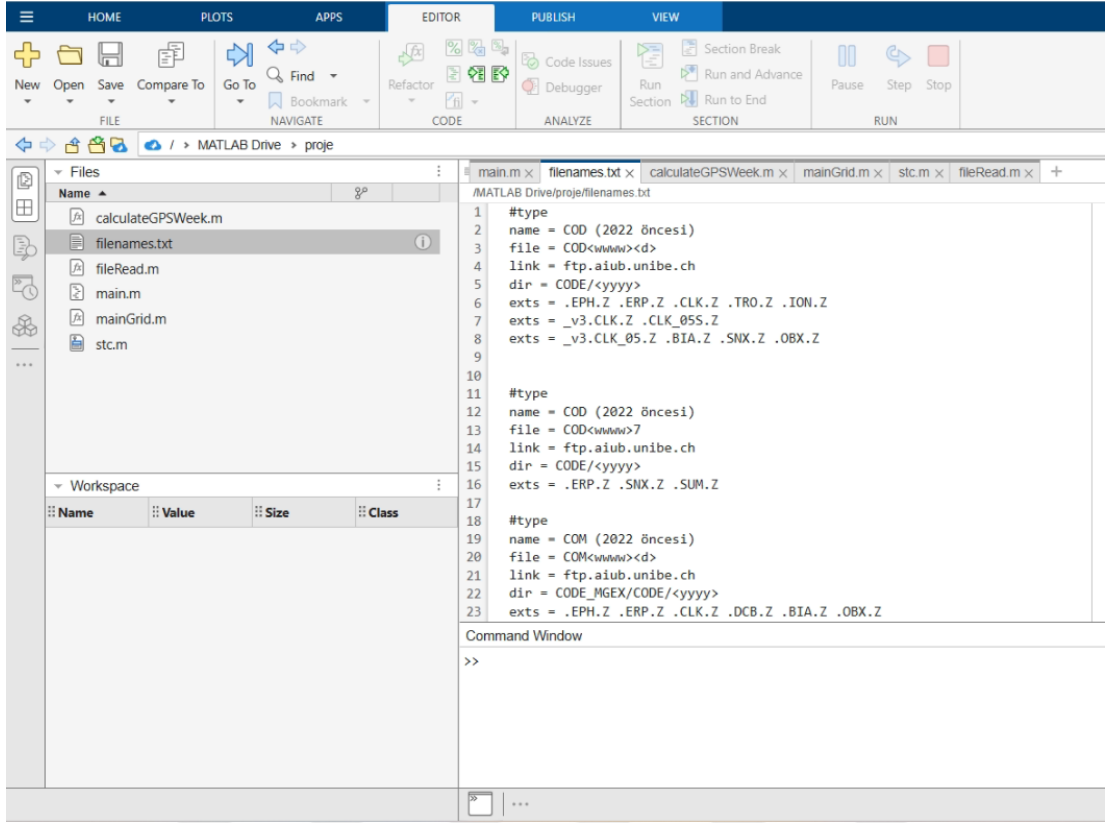


Şekil 3. 6 AFD Yazılımında İndirilen ve İndirilemeyen Dosyaların Output'a Yazdırılması

3.3 AFD Yazılımı Genel Özellikleri

- Modüler Yapı: Her dosya, belirli bir işlevi yerine getirecek şekilde tasarlanmıştır.
- Dinamik Kullanıcı Arayüzü: Arayüz bileşenleri, kullanıcının girişlerine göre oluşturulmaktadır.
- Çoklu Protokol Desteği: FTP ve HTTP protokolleri ile uyumludur.
- Tarih ve Dosya Yönetimi: Dosya adları ve yolları otomatik olarak oluşturulabilir ve güncellenebilmektedir.

Bu MATLAB programı, harita mühendisleri ve GNSS verisi ile çalışan araştırmacılar için veri erişimini kolaylaştırmak amacıyla geliştirilmiştir. Hem kullanıcı dostu hem de genişletilebilir yapısı sayesinde farklı veri türleri ve protokolleri destekleyecek şekilde ölçeklenebilir. Şekil 3.7'de AFD yazılımında kullanılan Matlab kod örneği görülmektedir.



Şekil 3. 7 AFD Yazılımında Matlab Kod Örneği-1

Genel Akış

1. Başlangıç ve Dosya Bilgilerinin Hazırlanması

Program, main.m dosyasından başlatılır.

filenames.txt dosyası, fileRead fonksiyonu ile okunur. Bu dosya, indirilecek dosyaların türlerini, bağlantı adreslerini, izin yapılarını ve uzantılarını içerir.

Her bir dosya türü için bir stc nesnesi oluşturulur ve bu nesneler bir dizi olarak saklanır.

İndirilecek dosyaların saklanacağı Files klasörü kontrol edilir ve yoksa oluşturulur.

2. Kullanıcı Arayüzünün Oluşturulması

mainGrid fonksiyonu çağrılarak kullanıcı arayüzü oluşturulur.

Arayüz bileşenleri:

- Tarih Giriş Alanı: Kullanıcıdan tarih bilgisi almak için bir giriş kutusudur.
- Çıktı Alanı: İndirme işlemleriyle ilgili mesajların gösterileceği bir metin alanıdır.
- İndir Butonu: Kullanıcının seçtiği dosyaları indirme işlemini başlatan butondur.
- Checkbox Grid: stc nesnelerindeki dosya bilgilerine göre dinamik olarak oluşturulan, indirilecek dosyaların seçimini sağlayan checkbox grid'idir.

3. Kullanıcı Etkileşimi

Kullanıcı, tarih giriş alanına bir tarih girer (örneğin: 01.01.2025).

Checkbox'lar ile indirmek istediği dosyaları seçer.

İndir butonuna basarak indirme işlemini başlatır.

4. Tarih ve Dosya Bilgilerinin İşlenmesi

Girilen tarih bilgisi stc nesnelere atanır.

convert metodu ile tarih, dosya adları ve dizin yollarında kullanılmak üzere özel bir formata dönüştürülür (örneğin: yyyy, ddd, www).

setDownloadList metodu çağrılarak seçilen dosyalara ve tarih bilgisine göre bir indirme listesi oluşturulur.

5. Dosya İndirme İşlemi

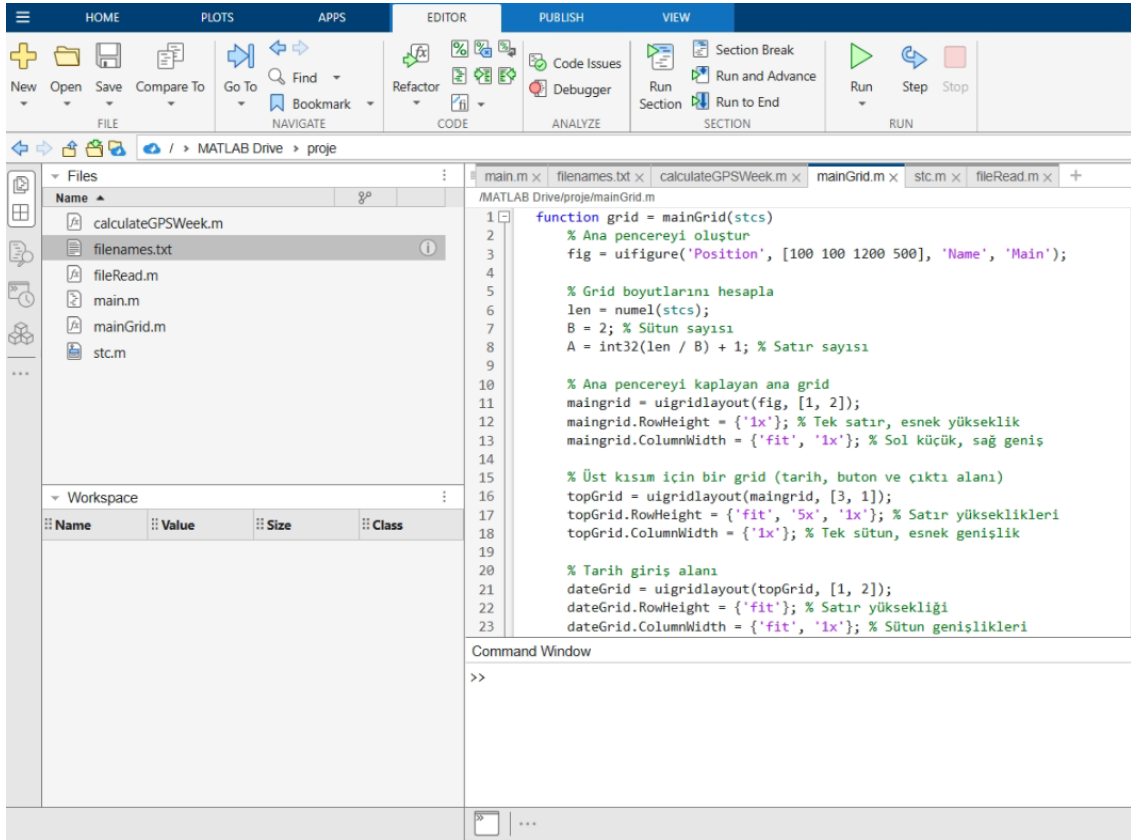
Her bir stc nesnesi için indirme işlemi başlatılır:

- FTP Protokolü:
 - Protokol ftp ise, bir FTP bağlantısı kurulur.
 - İndirme listesinde yer alan dosyalar, belirtilen dizine indirilir.
 - Başarı durumu çıktı alanında gösterilir.
- HTTP Protokolü:
 - Protokol http ise, websave fonksiyonu kullanılarak dosyalar indirilir.
 - İndirme sonucu çıktı alanında görüntülenir.

6. Sonuçların Gösterilmesi

Tüm indirme işlemleri tamamlandıktan sonra:

- İndirilen dosyaların listesi ve durumları çıktı alanında kullanıcıya gösterilir.
- Kullanıcı, yeni seçimler yaparak tekrar indirme işlemi başlatabilir veya programdan çıkabilir. Şekil 3.8'de AFD yazılımında kullanılan Matlab kod örneği görülmektedir.



Şekil 3. 8 AFD Yazılımı Matlab Kod Örneği-2

Akış Özeti

1. Başlangıç

- main.m çalıştırılır.
- filenames.txt dosyası okunur ve stc nesneleri oluşturulur.
- Files klasörü kontrol edilir ve gerekirse oluşturulur.

2. Kullanıcı Arayüzü

- Tarih giriş alanı, çıktı alanı, indir butonu ve checkbox grid'i oluşturulur.
- Kullanıcı, tarih bilgisini girer ve checkbox'lar aracılığıyla dosya seçimi yapar.

3. İndirme İşlemi

- Kullanıcı "İndir" butonuna basar.
- Tarih bilgisi işlenir ve indirme listesi oluşturulur.
- Seçilen dosyalar FTP veya HTTP protokolü kullanılarak indirilir.

4. Sonuç Gösterimi

- İndirme durumu çıktı alanında gösterilir.
- Kullanıcı, başka dosyaları indirmek için tekrar seçim yapabilir.

3.4 AFD Yazılımında Kullanılan Dosyalar ve İlgili Siteler:

İyonosfer dosyası:

<http://ftp.aiub.unibe.ch/CODE/> adresinden GPS haftası ve haftanın gününe ait global iyonosfer dosyası (COD0OPSFIN_20242410000_01D_01H_GIM.ION.gz gibi) indirilir, uncompress yapılır ve ismi değiştirilerek (COM23293.ION) “ATM” dizinine atılır. Global İyonosfer Haritası olarak da adlandırılan bu dosyada, tüm dünya için saatlik Toplam Elektron İçeriği (Total Electron Content- TEC) değerleri bulunur (Birimi: TECU).

COD23572.ION P5: Bu dosyalar predicted yani kestirilen/tahmin değerlerini içerir. Process için vakit varsa final yani daha hassas olanları indirmek daha doğru olur:

COD0OPSFIN_20242410000_01D_01H_GIM.ION.gz

Uydu Yörünge bilgisi:

Bernese’de Hassas Yörünge dosyalarının uzantısı EPH değil .PRE olarak kullanılır.

:TRO, .SUM ve .SNX normalde yazılım bunları kendisi üretiyor.

Tüm uydu sistemlerini içeren yörünge bilgisi (GPS/GLONASS/Galileo/BeiDou/QZSS), standart IGS ürünleri arasında olmadığı için ftp.aiub.unibe.ch/CODE_MGEX/CODE/ veya

<https://cddis.nasa.gov/archive/gnss/products/mgex/> adreslerinden CODE’un ürünleri indirilebilir (Örn: 28 Ağustos 2024 için;

COD0MGXFIN_20242410000_01D_05M_ORB.SP3). Dosya ismi GPS haftası ve haftanın gününe göre yeniden isimlendirilir, uzantısı “.PRE” olarak değiştirilir (COM23293.PRE) ve “ORB” dizinine konur. Ya da daha kolay isimlendirmek için Bernese’de değişken tanımlaması olarak \$YD+0 kullanılırsa yıl ve yılın günü olarak isimlendirilebilir (Örn: COM24241.PRE).

Saat Dosyalarının İndirilmesi:

CODE (Center for Orbit Determination in Europe) tarafından yayınlanan 30 saniye aralıklı uydu ve 5 dakika aralıklı alıcı saat değerlerini içeren dosya aynı adresten indirilir Örn: COD0MGXFIN_20242410000_01D_30S_CLK.CLK.gz). Rinex formatında (V3.04) olan bu dosyalar (Örn: COM23293.CLK) “OUT” dizinine konur. Ya da daha kolay isimlendirmek için Bernese’de değişken tanımlaması olarak

\$YD+0 kullanılırsa yıl ve yılın günü olarak isimlendirilebilir (Örn: COM24241.CLK).

DCB (Differential Code Bias) dosyası:

Analiz yapılan güne giren aylık DCB dosya <http://ftp.aiub.unibe.ch/CODE/> adresinden indirilir, uncompress yapılarak “ORB” dizinine atılır. Örneğin; 2024 yılı 241’inci gün Ağustos yani sekizinci aya girdiğinden “P1C12408.DCB.Z” dosyası indirilip uncompress yapılır (<http://ftp.aiub.unibe.ch/CODE/2024/P1C12408.DCB.Z>). Bu dosyada, GPS uydularına ait nanosaniye biriminde diferansiyel P1-C1 kod yanlışlık (bias) değerleri bulunur.

Aynı şekilde P1P22408.DCB.Z dosyası da aynı adresten indirilir, uncompress yapılır ve “ORB” dizinine atılır.

Troposferik indirgeme fonksiyonu:

Troposferik indirgeme fonksiyonu olarak Vienna Mapping Function Grid (VMF1) kullanılmak istendiğinde,

http://vmf.geo.tuwien.ac.at/trop_products/GRID/2.5x2/VMF1/VMF1_OP adresinden aşağıdaki örnekteki gibi istenilen yıl ve gün için 5 dosya indirilerek birleştirilir ve örneğin 28 Ağustos 2024 (Yılın günü: 241) tarihine ait “VMF24241.GRD” ismiyle “GRD” dizinine kayıt edilir. Tüm bir günü kapsayabilmesi için örnekteki gibi 5 dosyanın birleştirilmesi gerektiğine dikkat edilir.

1. VMFG_20240828.H00

2. VMFG_20240828.H06

3. VMFG_20240828.H12

4. VMFG_20240828.H18

5. VMFG_20240829.H00

Birleştirme işlemi komut satırından şu şekilde de yapılabilir;

copy VMFG_20240828.H00 + VMFG_20240828.H06 + VMFG_20240828.H12 + VMFG_20240828.H18 + VMFG_20240829.H00 VMF24241.GRD

Okyanus Yükleme dosyası için:

<https://barre.oso.chalmers.se/cgi-bin/list-ev.cgi> adresinden okyanus yüklemesi katsayıları (Ocean loading displacement) talep edilir. Bu amaçla, web adresindeki forma, kampanyadaki noktaların adları ve koordinatları istenilen formatta girilir. Bu noktalara ait “.BLQ” dosyası içeriği girilen e-posta adresine gönderilmektedir. Web

sitesinin yoğunluğuna göre birkaç dakika içerisinde e-posta alınır. Oluşturulan dosya (Örn.:PPP.BLQ) “STA” dizinine konur. “http://www.aiub.unibe.ch/download/BSWUSER52/STA” adresinden de IGS noktalarına ait katsayıları içeren hazır dosya (FES2004.BLQ) indirilebilir. Bu dosyada mevcut olmayan tez kapsamındaki yeni noktalar için yukarıdaki web sitesindeki form doldurulmuş ve gelen bilgiler kopyalanıp bu dosyaya eklenmiştir. Tablo 3.1’de AFD yazılımı için internetten indirilen dosyalar ve ilgili siteler tablosu görülmektedir.

DİKKAT: Web sitesinde “Select ocean tide model” FES2004 seçilmelidir.

Tablo 3. 1 AFD Yazılımı için İnternette İndirilen Dosyalar ve İlgili Siteler

Adı (name)	Dosya Adı (file)	Link (link)	Dizin (dir)	Uzantılar (exts)
COD (2022 öncesi)	COD<www><d>	ftp.aiub.unibe.ch	CODE/<yyyy>	.EPH.Z, .ERP.Z, .CLK.Z, .TRO.Z, .ION.Z, _v3.CLK.Z, .CLK_05S.Z, _v3.CLK_05.Z, .BIA.Z, .SNX.Z, .OBX.Z
COD (2022 öncesi)	COD<www>7	ftp.aiub.unibe.ch	CODE/<yyyy>	.ERP.Z, .SNX.Z, .SUM.Z
COM (2022 öncesi)	COM<www><d>	ftp.aiub.unibe.ch	CODE_MGEX/CODE/<yyy>	.EPH.Z, .ERP.Z, .CLK.Z, .DCB.Z, .BIA.Z, .OBX.Z
COD00PSFIN (2022 sonrası)	COD00PSFIN_<yyyy><ddd>0000	ftp.aiub.unibe.ch	CODE/<yyyy>	_01D_05M_ORB.SP3.gz, _01D_01D_ERP.ERP.gz, _01D_30S_CLK.CLK.gz, _01D_30S_CLK.CLK_V2.gz, _01D_05S_CLK.CLK.gz, _01D_05S_CLK.CLK_V2.gz,
COD0MGXFIN (2022 sonrası)	COD0MGXFIN_<yyyy><ddd>0000	ftp.aiub.unibe.ch	CODE_MGEX/CODE/<yyy>	_01D_05M_ORB.SP3.gz, _01D_12H_ERP.ERP.gz, _01D_30S_CLK.CLK.gz, _01D_01D_OSB.BIA.gz,
P1C1	P1C1<yy><mm>	ftp.aiub.unibe.ch	CODE/<yyyy>	.DCB.Z, _RINEX.DCB.Z
P1C2	P1C2<yy><mm>	ftp.aiub.unibe.ch	CODE/<yyyy>	.DCB.Z
P2C2	P2C2<yy><mm>_RINEX	ftp.aiub.unibe.ch	CODE/<yyyy>	.DCB.Z
VMFG	VMFG_<yyyy><mm><dd>	http://vmf.geo.tuwien.ac.at	trop_products/GRID/2.5x2/VMF1/VMF1_OP/<yy>	.H00, .H06, .H12, .H18
BSWUSER52/GEN	(boş)	ftp.aiub.unibe.ch	BSWUSER52/GEN/	RECEIVER, SATELLIT.I20, PCV_COD.I20, CONST., DATUM., GPSUTC.
BSWUSER52/GEN	SAT_<yyyy>	ftp.aiub.unibe.ch	BSWUSER52/GEN/	.CRX
COD (2022 öncesi)	COD<www><d>	ftp.aiub.unibe.ch	CODE	.ION_P5

4. SONUÇ

Bu çalışmada, VIP.m adlı eski bir GNSS veri işleme yazılımının sınırlamaları ve güncel yazılım gereksinimleri doğrultusunda bir güncelleme ve yeniden yapılandırma süreci ele alınmıştır. Öncelikle, VIP.m yazılımının kullanımdan kaldırılması gerektiği tespit edilmiştir. Yazılımın veri adreslerinin değişmesi ve teknolojik gelişmelerin gerisinde kalması nedeniyle, yazılım mevcut haliyle verimli bir şekilde çalışmamaktadır. Bu bağlamda, VIP.m'nin yerine daha modern ve sürdürülebilir bir çözüm geliştirilmiştir.

Yeni yazılım olan AFD (Automatic File Downloader), GNSS verilerini indirme ve yönetme işlevselliği sunan, dinamik bir kullanıcı arayüzüne sahip, modüler yapıda geliştirilmiştir. AFD yazılımı, özellikle IGS (International GNSS Service) ve IGL (International Geodynamics and GNSS Laboratory) veri setlerinin indirilmesi için tasarlanmış olup, kullanıcıların dosya seçimlerini kolaylaştıran ve veri indirme işlemlerini etkin bir şekilde yönetmelerine olanak tanıyan bir altyapıya sahiptir.

Başlıca Gelişmeler ve Sonuçlar:

Güncellenmiş Dosya İndirme ve Yönetim Sistemi:

AFD yazılımı, FTP ve HTTP protokollerini destekleyerek dosya indirme işlemlerini güvenli ve hızlı bir şekilde gerçekleştirmektedir. Eski VIP.m yazılımındaki dosya indirilebilirlik sorunları, AFD'nin geliştirilmesiyle aşılmıştır. Kullanıcılar, tarih bilgilerini girerek ilgili dosyaların hızlı bir şekilde seçilmesi ve indirilmesi süreçlerini yönetebilmektedirler.

Dinamik Kullanıcı Arayüzü:

MATLAB GUIDE altyapısı ile geliştirilen kullanıcı arayüzü, esnek ve kullanıcı dostu bir yapı sunmaktadır. Arayüzde yer alan dinamik bileşenler, kullanıcılara çeşitli dosya formatlarını ve protokolleri seçme imkânı tanırken, veri indirme sürecinin takibini de kolaylaştırmaktadır. Kullanıcılar, seçilen dosyaların durumunu ve indirilemeyen dosyaların ayrıntılı bilgilerini görüntüleyebilmektedir.

Veri Organizasyonu ve Tarih Formatı Dönüşümleri:

GNSS verilerinin düzenli bir şekilde depolanması ve işlenmesi için otomatik olarak oluşturulan dosya yapıları, kullanıcıların veriye daha hızlı erişmesini sağlamaktadır. Ayrıca, tarih bilgileri GNSS sistemine uygun formatlara dönüştürülerek, veri işleme süreçlerinde oluşabilecek hataların önüne geçilmiştir.

Performans İyileştirmeleri:

AFD yazılımı, GNSS verilerinin daha hızlı ve doğru bir şekilde işlenmesi için optimize edilmiş algoritmalar kullanmaktadır. Bu algoritmalar, verilerin doğruluğunu artırmak amacıyla iyonosfer, troposfer düzeltmeleri ve uydu yörüngesi hesaplamalarını içerirken, genel veri işleme hızını da önemli ölçüde iyileştirmiştir.

Geniştirilebilirlik ve Modülerlik:

Yeni yazılım, modüler bir yapıya sahiptir ve ilerleyen zamanlarda farklı veri türlerinin eklenmesi mümkündür. AFD yazılımı, gelecekte farklı veri kaynakları ve protokollerle uyumlu hale getirilebilecek şekilde tasarlanmıştır.

Sonuç olarak, VIP.m yazılımının yerini alan AFD yazılımı, GNSS verilerinin işlenmesinde önemli bir ilerleme kaydetmiş ve veri indirme ile organizasyon süreçlerinde kullanıcı deneyimini iyileştirmiştir. Yazılımın modüler yapısı, kullanıcı dostu arayüzü ve geliştirilmiş veri işleme algoritmaları sayesinde, GNSS verileri ile çalışan araştırmacılar için güçlü bir araç haline gelmiştir. Gelecekte, bu yazılım daha da geliştirilebilir ve güncel GNSS teknolojileri ile uyumlu hale getirilerek, daha geniş bir kullanıcı kitlesine hitap edebilir.

Bu çalışma, GNSS verilerinin doğru ve verimli bir şekilde işlenmesini sağlamak amacıyla yazılım geliştirme sürecinde elde edilen başarılı sonuçları ve yazılımın sunduğu yenilikçi çözümleri ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

- Altuntaş C., Sinyal Gürültü Oranı Verileri ile Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri Reflektometri Yönteminin İrdelenmesi, Y. Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2021.
- Arslan E., Askeri Uydu Teknolojileri; Gelişimi, Sınıfları ve Yeni Yaklaşımlar, İTÜ, Bilişim Enstitüsü, Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Bölümü, 11. Akademik Bilişim Konferansı, 2009.
- Başçıftçi F., GNSS Verileri Kullanılarak İyonosfer Modelinin Oluşturulması ve Global Modellerle Karşılaştırılması, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2017.
- Bellone T., Dabove P., Manzano A. M., Taglioretti C., ‘Real-time monitoring for fast deformations using GNSS low-cost receivers’, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7 (2), 458-470, 2016.
- Berkes, D. U. (2002, Aralık). Galileo Ground Segment. Eylül 10, 2019 tarihinde Galileo System Update: <https://www.gps.gov/cgsic/international/2002/brussels/berkes.pdf>
- B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, E. Wasle, GNSS–global navigation satellite systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more. Springer Science & Business Media, 2008.
- Birinci S., Çoklu-GNSS Hassas Nokta Konumlama Yazılımı Geliştirilmesi ve Performans Analizi: GTU-APAS, Y. Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2021.
- Bülbül S., TUSAGA-AKTİF Noktalarında Renkli Gürültülerden Arındırılmış Hız Bileşenlerinin Belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2018.
- Dach, R., Lutz, S., Walser, P. ve Fridez, P., Bernese GNSS Software Version 5.2, Switzerland, Astronomical Institute, University of Bern, p., 2015.
- Dawoud S., GNSS principles and comparison, Potsdam University, 2012.
- Falcone, M., Hahn, J., & Burger, T., Galileo. In *Springer handbook of global navigation satellite systems* (247-272). Springer, Cham, 2017.
- GPS World (2014) New GPS IIF Satellite Launched, GPS World bildiri, (URL 2: <https://www.gpsworld.com/category/gnss-news/>) (Erişim tarihi: 08/08/2024).
- Gündoğan T., Galileo Uydu Sisteminin Nokta Konumlamaya Etkisi, Y. Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2023.
- İnal C., Salgın Ö., 2008, Farklı GPS yazılımları ile Değerlendirilen GPS Baz Uzunluklarının Bilinen Değerler ile Karşılaştırılması, J. Fac. Eng. Arch. Selçuk University, 23(2).
- Jakowski N., Wilken V., Schlueter S., Stankov S. M., Heise S., ‘Ionospheric space weather effects monitored by simultaneous ground and space based GNSS signals’, *Journal of Atmospheric and Solar -Terrestrial Physics*, 67 (12), 1074-1084, 2005.
- Jeffrey C., An introduction to GNSS: GPS, GLONASS, Galileo and other global navigation satellite systems. NovAtel, 2010.
- Kahveci M., Yıldız F., Uydularla Konum Belirleme Sistemleri (GNSS): Teori ve Uygulama, 11. basım, Nobel Yayıncılık, Ankara, 2022.
- Kaplan E. D., Hegarty C. J., *Understanding GPS/GNSS: Principles and Applications*, 3rd Edition, Artech House, 2017.

- Koca B., Ceylan A., Uydu Konum Belirleme Sistemlerindeki (GNSS) Güncel Durum ve Son Gelişmeler, Geomatik Dergisi, 2018.
- Konukseven C., Aktif Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri ile RTK Performansının İncelenmesi, Y. Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2021.
- Langley R. B., Teunissen P. J. G., Montenbruck O., ‘Introduction to GNSS’. In: P. J. G. Teunissen, o. Montenbruck, Editors, ‘Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems’, Springer, Cham, 2017.
- Larson K. M., Freymuller J. T., Philipson S., ‘Global plate velocities from the Global Positioning System’, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 102 (B5), 9961-9981, 1997.
- McDonald, K.D., The modernization of GPS: Plans, New Capabilities and the Future Relationship to Galileo, Journal of Global Positioning Systems, 1(03), 1-17, 2002.
- Montenbruck O., Steigenberger P., Khachikyan R., Weber G., Langley R., Mervart L., Hugentobler U., ‘IGS-MGEX: Preparing the Ground for Multi-Constellation GNSS Science’, Inside GNSS, 9(1), 42-49, 2014.
- Nykiel G., Figurski M., Baldysz Z., ‘Analysis of GNSS sensed precipitable water vapour and tropospheric gradients during the derecho event in Poland of 11th – August 2017’, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 193, 105082, 2019.
- Ocalan T., B. Erdogan, N. Tunalıoglu, U. M. Durdag, “Accuracy investigation of ppp method versus relative positioning using different satellite ephemerides products near/under forest environment,” Earth Sciences Research Journal, cilt 20, sayı 4, s. D1–D9, 2016.
- Pektaş, F., Gerçek Zamanlı Ulusal ve Yerel Sabit GNSS Ağlarına Dayalı Kinematik Konumlama (TUSAGA-Aktif – İSKİ-UKBS Ağlarının Yerel Ölçekte Karşılaştırılması), Y.Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
- Pırtı A., Özateş B., Çakar Ş., IRNSS (NavIC) uyduları ve sinyal yapıları, Geomatik – 2023, 8(1), 01-08, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 2021.
- Revnivkykh, S., Bolkunov, A., Serdyukov, A., & Montenbruck, O., GLONASS. P. J. Teunissen, & O. Montenbruck içinde, Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems (s. 219-245). Springer, 2017.
- (2024, 08 12). Url 21: <http://www.beidou.gov.cn/> adresinden alındı
- (2024, 08 12). Url 22: http://www.beidou.gov.cn/xt/xtjs/201710/t20171011_280.html adresinden alındı
- (2024, 08 12). Url 23: http://www.beidou.gov.cn/xt/jcpg/202408/t20240806_28216.html adresinden alındı
- (2024, 08 12). Url 24: http://www.beidou.gov.cn/xt/xlxz/202408/t20240806_28215.html adresinden alındı
- (2024, 08 12). Url 25: <https://glonass-iac.ru/guide/gnss/navic.php> adresinden alındı
- (2024, 08 12). Url 26: <https://glonass-iac.ru/guide/gnss/qzss.php> adresinden alındı
- (2024, 08 13). Url 27: <https://tr.wikipedia.org/wiki/QZSS> adresinden alındı
- (2024, 08 13). Url 28: <https://www.isro.gov.in/index.html> adresinden alındı

(2024, 08 14). Url 29: <https://www.bernese.unibe.ch/> adresinden alındı

Url 1. (2024, 08 05). Navcen: <https://www.navcen.uscg.gov/?Do=constellationstatus> adresinden alındı

Url 10. (2024, 08 10). https://gssc.esa.int/navipedia/index.php?title=GPS_Navigation_Message adresinden alındı

Url 11. (2024, 08 10). <https://gssc.esa.int/navipedia/images/8/89/L2c.png> adresinden alındı

Url 12. (2024, 08 10). <https://gssc.esa.int/navipedia/images/2/2c/L5c.png> adresinden alındı

Url 13. (2024, 08 10). <https://gssc.esa.int/navipedia/images/3/38/Cnav-2.png> adresinden alındı

Url 14. (2024, 08 10). Glonass: https://glonass-iac.ru/en/about_glonass/ adresinden alındı

Url 15. (2024, 08 11). <https://glonass-iac.ru/guide/glonass.php> adresinden alındı

Url 16. (2024, 08 11). https://gssc.esa.int/navipedia//index.php/GLONASS_Future_and_Evolutions#%20Ground_Segment adresinden alındı

Url 17. (2024, 08 12). <https://glonass-iac.ru/guide/gnss/galileo.php> adresinden alındı

Url 2. (2024, 08 05). GPS Space: <https://www.gps.gov/systems/gps/space/> adresinden alındı

Url 20. (2024, 08 12). <https://glonass-iac.ru/guide/gnss/beidou.php> adresinden alındı

Url 3. (2024, 08 05). GPS space: <http://www.gps.gov/systems/gps/space/#generations> adresinden alındı

Url 4. (2024, 08 08). <https://www.navcen.uscg.gov/sites/default/files/pdf/gps/current.pdf> adresinden alındı

Url 5. (2024, 08 09). <https://www.gps.gov/systems/gps/space/> adresinden alındı

Url 6. (2024, 08 09). <https://www.gps.gov/systems/gps/control/> adresinden alındı

Url 7. (2024, 08 10). <https://320volt.com/gps-incelemezi-ozellikleri-kullanim-alanlari-detaylar/> adresinden alındı

Url 8. (2024, 08 10). https://gssc.esa.int/navipedia/images/f/fe/Navigation_Message.png adresinden alındı

Url 9. (2024, 08 10). https://gssc.esa.int/navipedia/images/0/07/GPS_Evolution.png adresinden alındı

Url18. (2024, 08 12). https://www.esa.int/Applications/Satellite_navigation/Galileo/What_is_Galileo adresinden alındı

Url19. (2024, 08 12). <https://www.gsc-europa.eu/galileo/programme> adresinden alındı

Url 1. (2024, 08 05). Navcen: <https://www.navcen.uscg.gov/?Do=constellationstatus> adresinden alındı

Url 10. (2024, 08 10). https://gssc.esa.int/navipedia/index.php?title=GPS_Navigation_Message adresinden alındı

Url 11. (2024, 08 10). <https://gssc.esa.int/navipedia/images/8/89/L2c.png> adresinden alındı

- Url 12. (2024, 08 10). <https://gssc.esa.int/navipedia/images/2/2c/L5c.png> adresinden alındı
- Url 13. (2024, 08 10). <https://gssc.esa.int/navipedia/images/3/38/Cnav-2.png> adresinden alındı
- Url 14. (2024, 08 10). Glonass: https://glonass-iac.ru/en/about_glonass/ adresinden alındı
- Url 2. (2024, 08 05). GPS Space: <https://www.gps.gov/systems/gps/space/> adresinden alındı
- Url 3. (2024, 08 05). GPS space: <http://www.gps.gov/systems/gps/space/#generations> adresinden alındı
- Url 4. (2024, 08 08). <https://www.navcen.uscg.gov/sites/default/files/pdf/gps/current.pdf> adresinden alındı
- Url 5. (2024, 08 09). <https://www.gps.gov/systems/gps/space/> adresinden alındı
- Url 6. (2024, 08 09). <https://www.gps.gov/systems/gps/control/> adresinden alındı
- Url 7. (2024, 08 10). <https://320volt.com/gps-incelemesi-ozellikleri-kullanim-olanlari-detaylar/> adresinden alındı
- Url 8. (2024, 08 10). https://gssc.esa.int/navipedia/images/f/fe/Navigation_Message.png adresinden alındı
- Url 9. (2024, 08 10). https://gssc.esa.int/navipedia/images/0/07/GPS_Evolution.png adresinden alındı

EKLER

Matlab Dilinde Hazırlanan Algoritma Örnekleri:

```
function gpsWeek = calculateGPSWeek(dateInput)
    gnss_start = datetime(1980, 1, 6);

    if ischar(dateInput) || isstring(dateInput)
        dateInput = datetime(dateInput, 'InputFormat', 'dd/MM/yyyy');
    end

    gpsWeek = floor(days(dateInput - gnss_start) / 7);

    %gpsWeek = mod(weeksDifference, 1024);

    if (gpsWeek < 10)
        gpsWeek = "000" + string(gpsWeek);
    elseif (gpsWeek < 100)
        gpsWeek = "00" + string(gpsWeek);
    elseif (gpsWeek < 1000)
        gpsWeek = "0" + string(gpsWeek);
```

ÖZGEÇMİŞ

