



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**MATLAB İLE UYDU EFEMERİS BİLGİLERİNDEN KONUM
HESABI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

LOKMAN ÜNKER

DANIŞMAN

PROF. DR. ÖMER YILDIRIM

TOKAT-2022

T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MATLAB İLE UYDU EFEMERİS BİLGİLERİNDEN KONUM HESABI

LOKMAN ÜNKER

ARALIK-2022

TOKAT

Her hakkı saklıdır.

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Ömer YILDIRIM danışmanlığında hazırlamış olduğum “Matlab ile Uydu Efemeris Bilgilerinden Konum Hesabı” adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksi tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

05/12/2022

Lokman ÜNKER



JÜRİ KABUL VE ONAY

LOKMAN ÜNKER tarafından hazırlanan “**Matlab ile Uydu Efemeris Bilgilerinden Konum Hesabı**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 05.12.2022 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından **oy birliği** ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Prof. Dr. Ömer YILDIRIM

.....

Üye

Prof. Dr. Yasemin ŞİŞMAN

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Servet YAPRAK

.....

ONAY

.....

Prof. Dr. Mehmet GÜNEŞ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

--/--/2022

ÖZET

MATLAB İLE UYDU EFEMERİS BİLGİLERİNDEN KONUM HESABI

Ünker, Lokman

Yüksek Lisans Tezi

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ömer Yıldırım

Aralık 2022, xiv + 130 sayfa

Konum belirleme herkesin merak ettiği bir konudur. Bu sistemler nasıl çalışır, neler yapar insanoğlunun sorduğu sorulardır. Hem sosyal yaşamda hem devletler arası ilişkilerde büyük öneme sahiptir.

Bu tez çalışması konum belirlemek için ihtiyaç duyulan jeodezik koordinat sistemleri ile başlamış olup, konum belirleme yöntemleri ile devam etmektedir.

Konum belirleme sistemlerinden en önemlileri olan Global Positioning System (GPS), Global Navigation Satellite System (GLONASS) ve GALİLEO sistemleri araştırılmış olup, özellikleri incelenmiştir. Sistemlerin çalışma mekanizmaları anlatılmış ve hangi alanlarda kullanıldıkları araştırılmıştır. Hayatı kolaylaştıran ve tehlikeye atan yönleri anlatılmış, özellik karşılaştırılması yapılmıştır.

Bir sonraki aşamada da uydu sistemlerinin bir parçası olan uydu efemerisi kavramı açıklanmıştır. Bu kavramın sistemler ile nasıl ilişkili olduğu ve önemi anlatılmıştır. Uydu efemeris bilgilerinden nasıl uydu konum hesabı yapıldığı, her bir sistem için anlatılmış, formüller ile gösterilmiştir.

Son aşamada ise Matlab'ta uydu konum hesabı yapabilen bir program tasarlanmış, hesaplamalar yapılmıştır. Tasarlanan bu programın ekran görüntüleri teze yerleştirilmiştir. Tez çalışmasının sonucu ortaya konulmuş, genel değerlendirme yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: GPS, GLONASS, GALİLEO, Uydu Efemerisi, Matlab, Uydu Konum Hesabı.

ABSTRACT

LOCATION CALCULATION FROM SATELLITE EPHEMERIS INFORMATION WITH MATLAB

Unker, Lokman

Master's Thesis

Tokat Gaziosmanpasa University Institute of Graduate Studies

Geomatics Engineering

Advisor: Prof. Dr. Omer Yıldırım

December 2022, xiv + 130 Pages

Geolocation is interesting topic for everyone. Human being is questioning the how these systems work and what they do? It has importance both in social life and in relations between governments.

This thesis started with the geodetic coordinate systems needed to determine the location and continues with the location determination methods.

Global Positioning System (GPS), Global Navigation Satellite System (GLONASS) and GALILEO systems, which are the most important of the positioning systems, have been researched and their properties have been examind. The working mechanisms of these systems were explained and the areas they were used in were researched. It has been researched in situations of where it makes life easier and where it is dangerous. Attribute comparison is made.

In the next step, the concept of satellite ephemeris, which is a part of satellite systems, is explained. How this concept is related to systems and its importance is explained. How satellite position calculation is made from satellite ephemeris information is explained for each system and shown with formulas.

In the last stage, a program that can calculate satellite position in Matlab was designed and calculations were made. Screenshots of this designed program are placed in the thesis. The result of the thesis study was presented and a general evaluation was made.

Keywords: GPS, GLONASS, GALILEO, Satellite Ephemeris, Matlab, Satellite Position Calculation.

ÖN SÖZ

Tez çalışmam boyunca akademik bilgi ve birikimi ile bana yol gösteren danışmanım Prof. Dr. Ömer YILDIRIM’a teşekkür ederim.

Akademik tecrübeleri ile bana destek olan Prof. Dr. Yasemin ŞİŞMAN ve Dr. Öğretim Üyesi Servet YAPRAK’a teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim öğretim hayatım boyunca yanımda olan, hiçbir zaman desteğini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca yüksek lisans eğitimim boyunca yanımda olan arkadaşlarıma ve dostlarıma teşekkür ederim.

Lokman ÜNKER

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖN SÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGE ve KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
TABLO LİSTESİ.....	xiii
1.GİRİŞ.....	1
2. KONUM	3
3. KONUM BELİRLEMEDE KULLANILAN JEODEZİK KOORDİNAT SİSTEMLERİ	4
3.1. Yersel Koordinat Sistemleri	4
3.1.1. Jeosentrik koordinat sistemi	5
3.1.2. Toposentrik koordinat sistemi	6
3.2. Göksel Koordinat Sistemleri	7
3.2.1. Ufuk koordinat sistemi	8
3.2.2. Saat açısı koordinat sistemi	9
3.2.3. Açılım koordinat sistemi	10
3.2.4. Ekliptik koordinat sistemi.....	11
3.3. Yörüngesel (Orbital) Koordinat Sistemleri	12
3.3.1. Kepler yasaları.....	12
3.4. Jeodezik Datum Sistemleri.....	14
3.4.1. World geodetic system-1984 (WGS-84)	15
3.4.2. International terrestrial reference frame-2000 (ITRF-2000)	16
3.4.3. Parametry zemli-1990 (PZ-90).....	17
3.4.4. European datum-1950 (ED-50)	17
4. KONUM BELİRLEME YÖNTEMLERİ.....	18
4.1. Uzunluklarla Uzayda Geriden Kestirme	18
4.2. Mutlak Konum Belirleme	19

4.3. Bağıl (Görelî) Konum Belirleme	20
4.3.1. Statik ölçü yöntemi.....	20
4.3.2. Kinematik ölçü yöntemi	21
5. GÜNÜMÜZDE KULLANILAN UYDU BAZLI KONUM BELİRLEME SİSTEMLERİ	22
5.1. Global Positioning System (GPS).....	22
5.2. Global Navigation Satellite System (GLONASS)	28
5.3. Galileo Konumlandırma Sistemi.....	32
6. UYDU EFEMERİSİ	37
6.1. Yayın Efemerisi (Broadcast Ephemeris).....	38
6.2. Duyarlı (Hassas) Efemeris	39
6.3. Uydu Efemeris Hataları.....	41
7. UYDU EFEMERİS BİLGİLERİNDEN KONUM HESABI	43
7.1. GPS için Uydu Konum Hesabı	43
7.2. GLONASS için Uydu Konum Hesabı	50
7.3. Galileo için Uydu Konum Hesabı	55
8. MATLAB ile UYDU EFEMERİS BİLGİLERİNDEN KONUM HESABI	56
8.1. Matlab (MathWorks).....	56
8.2. Matlab ile GPS Uydu Konum Hesabı	56
8.3. Matlab ile GLONASS Uydu Konum Hesabı	61
8.4. Matlab ile Galileo Uydu Konum Hesabı.....	65
9. SONUÇ.....	69
10. KAYNAKLAR	76
11. EKLER.....	81
EK-1 GPS Navigasyon Mesajında Hesaplama Parametrelerinin Gösterimi.....	81
EK-2 GLONASS Navigasyon Mesajında Hesaplama Parametrelerinin Gösterimi ...	91
EK-3 Matlab'ta Tasarlanan Hesaplama Programının Kodları	99
EK-4 GPS İçin Hesaplama Programında Kullanılan Kodlar	102
EK-5 GLONASS İçin Hesaplama Programında Kullanılan Kodlar	114
12. ÖZGEÇMİŞ	130

SİMGE ve KISALTMALAR

Simge	Açıklama
t_{0e}	Referans zamanı, efemeris parametresi (s)
t_{0c}	Referans zamanı, saat parametresi (s)
a_0, a_1	Saat düzeltmesi için polinom katsayıları
$\sqrt{A}$	Büyük yarı eksenin karekökü
e	Eksentrisite
i_0	Referans zamanında eğim açısı (yarım daire)
Ω_0	Referans zamanında artan düğümün boylamı (yarım daire)
ω	Perigee argümanı (yarım daire)
M_0	Referans zamanında ortalama anomali (yarım daire)
Δn	Hesaplanan değerden ortalama hareket farkı (yarım daire/s)
$\Omega \text{ DOT}$	Sağ yükseliş değişim oranı (rad/s)
$i \text{ DOT}$	Eğim değişim oranı (rad/s)
C_{us}	Enlem argümanına sinüs harmonik düzeltme teriminin genliği (rad)
C_{uc}	Enlem argümanına kosinüs harmonik düzeltme teriminin genliği (rad)
C_{is}	Eğim açısına sinüs harmonik düzeltme teriminin genliği (rad)

C_{ic}	Eğim açısına kosinüs harmonik düzeltme teriminin genliği (rad)
C_{rs}	Yörünge yarıçapına sinüs harmonik düzeltme teriminin genliği (m)
C_{rc}	Yörünge yarıçapına kosinüs harmonik düzeltme teriminin genliği (m)
n_0	Düzeltilmiş ortalama hareket
M_k	Ortalama anomali
E_k	Dışmerkez anomali
V_k	Gerçek anomali
Φ_k	Enlem argümanı
δ_{uk}	Düzeltilmiş enlem argümanı hata oranı
U_k	Düzeltilmiş enlem argümanı
δr_k	Düzeltilmiş jeosentrik yarıçap
r_k	Yaklaşık jeosentrik yarıçap
δi_k	Düzeltilmiş eğim
i_k	Yaklaşık eğim
X'_k, Y'_k	Yörünge düzlemindeki konum
Ω_k	Yükselen düğüm noktasının düzeltilmiş boylamı
X_k, Y_k, Z_k	Ekvator düzlemindeki uydu koordinatları
R	Dönüşüm matrisi
t_e	Efemeris referans zamanı
$x(t_e), y(t_e), z(t_e)$	PZ-90' da t_e anındaki koordinatlar
$V_x(t_e), V_y(t_e), V_z(t_e)$	PZ-90' da t_e anındaki hız bileşenleri
$X''(t_e), Y''(t_e), Z''(t_e)$	t_e anındaki ay ve güneş ivmeleri
$T_n(t_e)$	SV saat sapması
$\gamma_n(t_e)$	SV göreceli frekans sapması
θ_{Ge}	Yıldız zamanı

ω_E	Dünya'nın dönme hızı
a_E	Dünya'nın ekvator yarıçapı (PZ-90)
μ	Yer çekimi sabiti (PZ-90)
C_{20}	Küresel harmonik ifadenin ikinci bölge katsayısı

Kısaltmalar

ABD

AOC

A-S

C/A

CDDIS

CIO

Cm

Cos

CS

ECEF

ED

ERP

ESA

Ft

GAST

GLONASS

GM

GMT

GNSS

GPS

GSA

GST

Açıklamalar

Amerika Birleşik Devletleri

Auxiliary Ourtput Chip

Anti Spoofing

Coarse/Acquisition

Crustal Dynamics Data Information System

Conventional International Origin

Santimetre

Kosinüs

Control Segment

Earth Centered Earth Fixed Coordinate System

European Datum

Earth Rotation Parameters

European Space Agency

Feet

Greenwich Apparent Sidereal Time

Global Navigation Satellite System

Gravitational Constant

Greenwich Mean Time

Global Navigation Satellite Systems

Global Positioning System

European Global Navigation Satellite Systems Agency

Galileo System Time

HOW	Hans Over Word
IGN	Institut Geographique National
IGR	IGS Rapid
IGS	International GPS Service for Geodynamics
IGU	IGS Ultra Rapid
ITRF	International Terrestrial Reference Frame
ITRS	International Terrestrial Reference System
ITU	International Telecommunication Union
JPL	Jet Propulsion Laboratory
Kg	Kilogram
Km	Kilometre
LORAN	Long Range Navigation
M	Metre
M Code	Military Code
MEO	Medium Earth Orbit
Mhz	Megahertz
Mm	Milimetre
NGS	National Geodetic Survey
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
Ns	Nano saniye
NSV	Navigation Satellite Vehicle
OCX	Operational Control System
OS	Open Service
P Code	Protected Code
Ppm	Parts per million
PRN	Pseudorandom Noise
PRS	Public Regulated Service
PZ-90	Parametry Zemli 1990
SA	Selective Availability

SAR	Search and Rescue
SECOR	Sequential Collation of Range
SIO	Scripps Institution of Oceanography
Sin	Sinüs
SM	Security Module
Sn	Saniye
SOPAC	Scripps Orbit and Permanent Array Center
SS	Space Segment
SV	Space Vehicle
TDK	Türk Dil Kurumu
TOW	Time of Week
UHF	Ultra High Frequency
US	User Segment
USA	The United States of America
UTC	Coordinated Universal Time
WGS84	World Geodetic System 1984

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2. Koordinat Sistemi Örneği.....	3
Şekil 3.1. Yersel Koordinat Sistemi.....	4
Şekil 3.1.1. Jeosentrik Koordinat Sistemi.....	5
Şekil 3.1.2.1. Lokal Astronomik Sistem.....	6
Şekil 3.1.2.2. Lokal Jeodezik Sistem.....	7
Şekil 3.2.1. Ufuk Koordinat Sistemi.....	8
Şekil 3.2.2. Saat Açısı Koordinat Sistemi.....	9
Şekil 3.2.3. Açılım Koordinat Sistemi.....	10
Şekil 3.2.4. Ekliptik Koordinat Sistemi.....	11
Şekil 3.3.1.1. Birinci Kepler Yasası.....	12
Şekil 3.3.1.2. İkinci Kepler Yasası.....	13
Şekil 3.3.1.3. Kepler Yörünge Elemanları.....	14
Şekil 3.4.1. Dünya Jeodezik Sistemi-1984 (WGS-84)	15
Şekil 3.4.2. Uluslararası Yersel Referans Ağı.....	16
Şekil 4.1. Uzunluklarla Uzayda Geriden Kestirme.....	18
Şekil 4.2. Mutlak Konum Belirleme.....	19
Şekil 4.3. Bağlı (Görelî) Konum Belirleme.....	20
Şekil 4.3.1. Statik Ölçü Yöntemi.....	21
Şekil 5.1.1. GPS Kontrol Bölümü.....	28
Şekil 5.2.1. GLONASS İçin Tasarlanan Logo.....	29
Şekil 5.2.2. GLONASS Uydularının Tarihîsel Gelişimi.....	31
Şekil 5.2.3. GLONASS Kontrol Bölümü.....	32
Şekil 5.3.1. Galileo İçin Tasarlanan Logo.....	33
Şekil 5.3.2. Galileo Konumlandırma Sistemi Kontrol Bölümü.....	34
Şekil 6.1. GPS Navigasyon Mesajı Örneği.....	39
Şekil 6.2.1. Dünya IGS Noktaları.....	40
Şekil 7.1.1. GPS için Uydu Konum Hesabı Akış Şeması.....	49
Şekil 7.2. GLONASS için Uydu Konum Hesabı Akış Şeması.....	54

Şekil 7.3. Galileo Navigasyon Mesajı Örneği.....	55
Şekil 8.2.1. Uydu Konum Hesaplama Programı Giriş Ekranı GPS Seçimi.....	57
Şekil 8.2.2. GPS için RINEX Navigasyon Veri Dosyası.....	57
Şekil 8.2.3. GPS Parametre Ekranı.....	59
Şekil 8.2.4. GPS Sonuç Ekranı.....	60
Şekil 8.2.5. Uydu Konum Hesaplama Programı GPS Dosyaları.....	60
Şekil 8.3.1. Uydu Konum Hesaplama Programı Giriş Ekranı GLONASS Seçimi.....	61
Şekil 8.3.2. GLONASS için RINEX Navigasyon Veri Dosyası.....	62
Şekil 8.3.3. GLONASS Parametre Ekranı.....	63
Şekil 8.3.4. GLONASS Sonuç Ekranı.....	64
Şekil 8.3.5. Uydu Konum Hesaplama Programı GLONASS Dosyaları.....	64
Şekil 8.4.1. Uydu Konum Hesaplama Programı Giriş Ekranı GALILEO Seçimi.....	65
Şekil 8.4.2. GALILEO için RINEX Navigasyon Veri Dosyası.....	65
Şekil 8.4.3. GALILEO Parametre Ekranı.....	67
Şekil 8.4.4. GALILEO Sonuç Ekranı.....	68
Şekil 8.4.5. Uydu Konum Hesaplama Programı GALILEO Dosyaları.....	68

TABLO LİSTESİ

<u>Tablo No</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 3.4.1. Dünya Jeodezik Sistemi-1984 (WGS-84) Parametreleri.....	16
Tablo 3.4.3. Yer Parametreleri-1990 (PZ-90) Parametreleri.....	17
Tablo 3.4.4. Hayford Elipsoidi Parametreleri.....	17
Tablo 5.1.1. GPS Uydularının Özellikleri.....	25
Tablo 5.1.2. GPS Sinyalleri.....	27
Tablo 5.3.1. GPS, GLONASS ve GALİLEO Temel Özellikler.....	36
Tablo 6. Duyarlı Yörünge/Saat Bilgileri Üreten Kurum ve Kuruluşlar.....	37
Tablo 6.1. Yayın Efemerisi Parametreleri.....	38
Tablo 6.3. Efemeris Hataları Nedeniyle Ölçülen Kenarlardaki Hata Oranları.....	41
Tablo 7.1.1. GPS Uydu Konum Hesabı Zaman Parametreleri.....	43
Tablo 7.1.2. GPS Uydu Konum Hesabı Kepler Parametreleri.....	44
Tablo 7.1.3. GPS Uydu Konum Hesabı Pertürbasyon Parametreleri.....	44
Tablo 7.1.4. GPS için Navigasyon Mesajı Parametreleri Gösterimi.....	45
Tablo 7.2. GLONASS Uydu Konum Hesabı Parametreleri.....	50
Tablo 7.2.1. GLONASS için Navigasyon Mesajı Parametreleri Gösterimi.....	51
Tablo 8.2.1. GPS Uydu Konum Hesabı için Gerekli Olan Parametreler.....	58
Tablo 8.3.1. GLONASS Uydu Konum Hesabı için Gerekli Olan Parametreler.....	62
Tablo 8.4.1. GALİLEO Uydu Konum Hesabı için Gerekli Olan Parametreler.....	66
Tablo 9.1. GPS için Matlab'ta Hesaplanan 11 Kasım 2021 Tarihli Uydu Koordinatları	69
Tablo 9.2. GPS için Matlab'ta Hesaplanan 11 Aralık 2021 Tarihli Uydu Koordinatları.	70
Tablo 9.3. GLONASS için Matlab'ta Hesaplanan 10 Kasım 2021 Tarihli Uydu Koordinatları.....	70
Tablo 9.4. GLONASS için Matlab'ta Hesaplanan 11 Kasım 2021 Tarihli Uydu Koordinatları.....	70
Tablo 9.5. GLONASS için Matlab'ta Hesaplanan 11 Aralık 2021 Tarihli Uydu Koordinatları.....	71
Tablo 9.6. Galileo için Matlab'ta Hesaplanan 10 Kasım 2021 Tarihli Uydu Koordinatları.....	71

Tablo 9.7. Galileo için Matlab'ta Hesaplanan 11 Kasım 2021 Tarihli Uydu Koordinatları.....	72
Tablo 9.8. Galileo için Matlab'ta Hesaplanan 11 Aralık 2021 Tarihli Uydu Koordinatları.....	72
Tablo 9.9. GPS için Excelde Hesaplanan 11 Kasım 2021 Tarihli Uydu Koordinatları....	73
Tablo 9.10. GPS için Excelde Hesaplanan 11 Aralık 2021 Tarihli Uydu Koordinatları...	73
Tablo 9.10. GPS için Excelde Hesaplanan 11 Aralık 2021 Tarihli Uydu Koordinatları...	73
Tablo 9.11. GLONASS için Excelde Hesaplanan 10 Kasım 2021 Tarihli Uydu Koordinatları.....	73
Tablo 9.12. GLONASS için Excelde Hesaplanan 11 Kasım 2021 Tarihli Uydu Koordinatları.....	74
Tablo 9.13. GLONASS için Excelde Hesaplanan 11 Aralık 2021 Tarihli Uydu Koordinatları.....	74
Tablo 9.14. Galileo için Excelde Hesaplanan 10 Kasım 2021 Tarihli Uydu Koordinatları.....	74
Tablo 9.15. Galileo için Excelde Hesaplanan 11 Kasım 2021 Tarihli Uydu Koordinatları.....	74
Tablo 9.16. Galileo için Excelde Hesaplanan 11 Aralık 2021 Tarihli Uydu Koordinatları.....	75

1.GİRİŞ

Türk Dil Kurumu'na göre konum, canlı veya cansız herhangi bir nesnenin bir yerdeki durumu veya duruş biçimi olarak ifade edilmektedir (TDK, 2022). Coğrafi olarak ise konum, yeryüzünde bulunan herhangi bir noktanın enlem ve boylam yardımı ile bulunan yerini tanımlamaktadır (TDK, 2022). Konum bilgisi sivil veya askeri her alanda kullanılmaktadır. Uçak ve araç sistemleri, gemi elemanları, mobil cihazlar gibi sistemler konum bilgisinin kullanıldığı başlıca alanlardır. Konum bilgisinin hesaplanabilmesi için birtakım bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Bir noktanın veya nesnenin konumunun belirlenebilmesi için koordinat sistemleri kullanılmaktadır. Koordinat kavramı, konum bilgilerini ifade etmek için kullanılan bir terimdir. Koordinat sistemi ise, bir noktanın konumunu ifade etmek için oluşturulan ve bir orijin noktasında birbirini kesen üç eksen den oluşan sistemin adı olarak ifade edilmektedir (Cabbaroğlu, 2022).

Herhangi bir noktanın konumunun hesaplanabilmesi için bazı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler mutlak ve bağıl (göreceli) olarak ikiye ayrılır. Mutlak konum belirleme alıcının uyduya bağlanması ile bulunmakta, bağıl konum belirleme ise konumu belli olan bir nokta yardımıyla bulunan konumu ifade etmektedir (Demirel, 2022).

Konum belirleme işlemleri günümüzde çoğunlukla uydular ile yapılmaktadır. Uydular ile konum belirlemede temel prensip uzunluklarla uzay geriden kestirme işlemidir. Jeodezik olarak geriden kestirme, konumu hesaplanacak olan noktadan konumu bilinen noktalara doğrultu/açı ölçümü ile konum belirleme olarak tanımlanmaktadır (İlçi, 2022).

Konumların yüksek hassasiyetle hesaplanabilmesi için uydulara ihtiyaç duyulmaktadır. Küresel konumlandırma sistemleri yüksek hassasiyetli konumlar için geliştirilen uydu sistemleridir. Bu sistemlerden bazıları Global Positioning System (GPS), Global Navigation Satellite System (GLONASS) ve Galileo sistemleridir. Uydu konumlandırma sistemleri ile bir nesnenin konumu kolaylıkla bulunabilmektedir. Her uydu sistemindeki uydular kendi yörüngelerinde hareket etmektedir. Uyduların kendi yörüngelerindeki konumları da hesaplanabilmektedir. Bu hesaplama uydu efemeris bilgileri ile

yapılabilmektedir. Uydu efemerisi uydu yörüngelerini ifade etmektedir (Ervural ve Tuşat, 2019). Uyduların kullanıcıya gönderdiği efemeris bilgileri ile yörüngelerindeki konum hesapları yapılabilmektedir. Uydu konum hesabı bir dizi formülden oluşmaktadır ve fonksiyonlu bir hesap makinası ile hesaplanabilmektedir. Uydu konum hesabı Matlab gibi yazılım programları ile de bulunabilmektedir. Konum hesabını veren bir program tasarlamak da mümkün olduğu gibi tasarlanan bu program ile uyduların kendi yörüngelerindeki konumları da bulunabilmektedir. Gerçek zamanlı olarak elde edilen uydu efemeris bilgileri kullanılarak uydu konum hesabına başlanılabilir. Uyduların kendi yörüngelerindeki konum hesabı için gerekli olan parametreler efemeris bilgilerinden okunabilmektedir. Bu parametreler bulunduktan sonra Matlab programında tasarlanan hesaplama programındaki giriş ekranına parametrelerin girişi yapılmaktadır. Hesaplama programı yardımıyla uyduların yörüngelerindeki konumları bulunabilmektedir. Birkaç gün boyunca yapılan gözlemler sonucu elde edilen uydu efemeris bilgilerinden uydunun gün gün nerede, kaç kilometre yol aldığı gibi bilgiler karşılaştırılabilmektedir.

Bu çalışmanın amacı, uydu efemeris bilgilerinden uyduların kendi yörüngelerindeki konumlarını hesaplayan ve bu hesaplamayı GPS, GLONASS ve Galileo uydu sistemleri için yapabilen bir Matlab hesaplama programı oluşturmaktır. Tasarlanan bu program ile uyduların görüngen hareketleri gün ve saat olarak izlenebilmektedir.

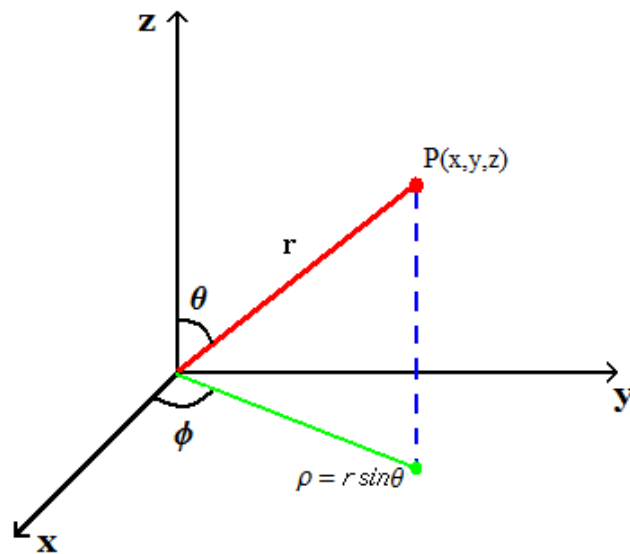
Bu çalışmada 1. bölüm giriş, 2. bölüm konum tanımını oluşturmaktadır. 3. bölüm konum belirlemek için kullanılan jeodezik koordinat sistemleri, 4. bölüm konum belirleme yöntemleri ve 5. bölüm günümüzde kullanılan uydu bazlı konum belirleme sistemleri şeklinde sıralanmaktadır. 6. ve 7. bölümler ise uydu efemeris bilgilerini açıklamakta ve uydu efemeris bilgilerinden konum hesabının nasıl yapıldığını anlatmaktadır. 8. bölümde bu çalışmanın özünü oluşturan program tasarımı bulunmaktadır. 9. bölüm çalışmanın sonuç kısmıdır. Diğer bölümler ise kaynakça ve ekler kısmından oluşmaktadır.

2. KONUM

Konum canlı veya cansız bir nesnenin evrendeki bulunduğu yeri ifade etmektedir. Coğrafi konum ise Dünya üzerinde bulunan herhangi bir noktanın yerinin belirlenmesi işlemidir. Coğrafi konum ikiye ayrılmaktadır. Birincisi özel konumdur. İkincisi ise Matematik konum olarak ifade edilmektedir. Özel konum, bir yerin kendi bulunduğu yerin özelliklerinden kaynaklanan konumudur. Denize yakınlığı, dağlık bir bölgede olması veya yol üzerinde bulunması bu yerin özel konumunu vermektedir. Matematik konum ise, herhangi bir noktanın Dünya üzerindeki yerinin enlem ve boylam değerleri ile ifade edilmesidir. Örneğin, Türkiye 36-42 kuzey paralelleri ile 26-45 doğu meridyenleri arasında yer almaktadır. Bu değerler Türkiye'nin matematik konumunu vermektedir (Eliçalışkan, 2021).

Konum hesabı koordinat sistemleri ile yapılmaktadır. Koordinat sistemi, x, y ve z eksenlerinden oluşan bir tür sayı doğrusu anlamına gelmektedir ve kesiştikleri noktaya orijin denmektedir (İnce, 2022). Koordinat sistemi ile ilgili örnek Şekil 2'de verilmiştir.

Yeryüzünün ölçümleri ile ilgilenen bilim dalı olarak bilinen jeodezi ile haritacılık uygulamalarında kullanılan koordinat sistemleri konum doğruluğu açısından büyük öneme sahiptir. Bu sistemler hassas konum hesabı yapılmasını sağlamaktadır (Eskier, 2017).



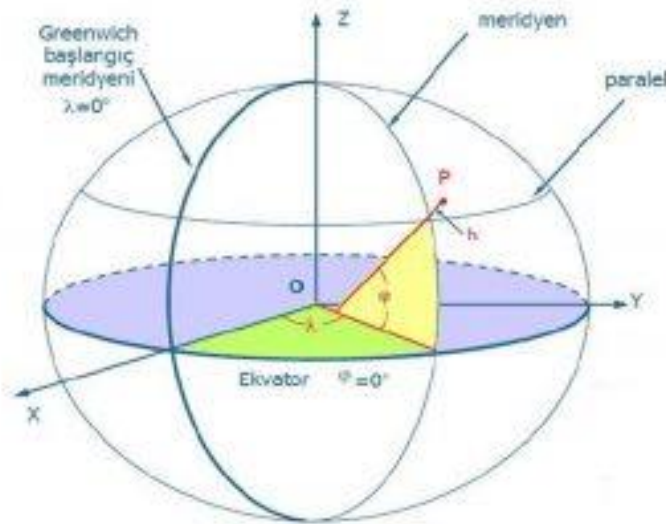
Şekil 2. Koordinat Sistemi Örneği

3. KONUM BELİRLEMEDE KULLANILAN JEODEZİK KOORDİNAT SİSTEMLERİ

Jeodezinin önemli amaçlarından biri de herhangi bir noktanın üç boyutlu konumunu belirleme işlemidir. Bu nokta konumları belirli bir koordinat sisteminde tanımlanmaktadır. Özellikle uydu bazlı konum belirleme işlemlerinde koordinat sistemlerinin önemi daha da çok açığa çıkmaktadır (Kahveci ve Yıldız, 2018). Jeodezik koordinat sistemleri kendi arasında üç kısma ayrılmaktadır. Birincisi yersel koordinat sistemleri, ikincisi göksel koordinat sistemleri, üçüncüsü ise yörüngesel koordinat sistemleri olarak ifade edilmektedir. (Doğanalp, 2018).

3.1. Yersel Koordinat Sistemleri

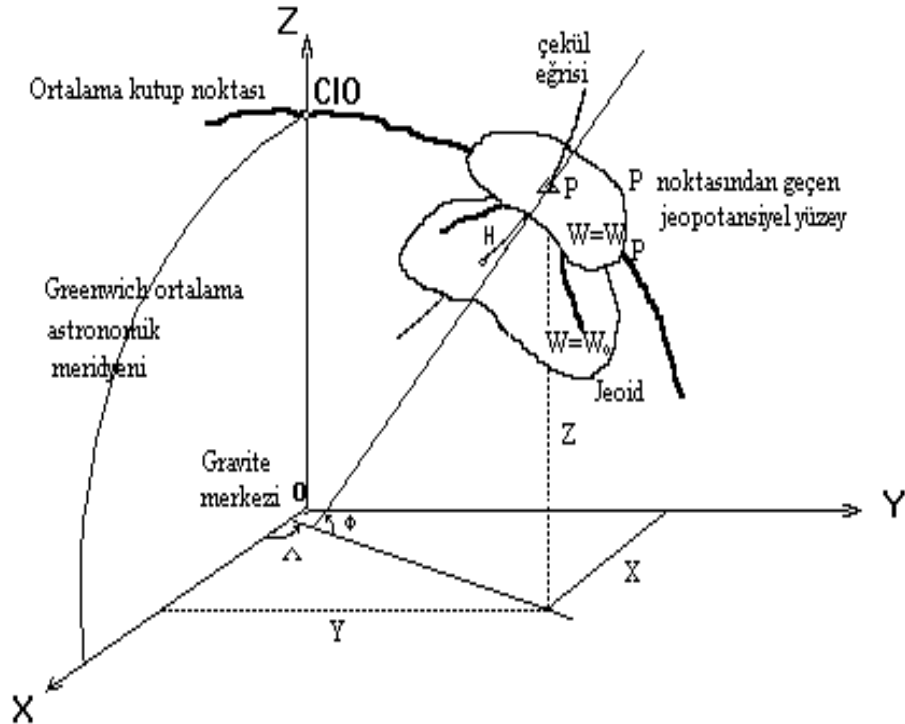
Yere göre sabit olup, yerküre ile birlikte dönen sistemlerdir. Yeryüzünde olan noktaların konum ve hareketlerinin belirlenebilmesi için kullanılmaktadır. Yersel koordinat sistemi kendi arasında ikiye ayrılmaktadır. Bunlar jeosentrik sistem ve toposentrik sistemdir (Doğanalp, 2018). Yersel koordinat sistemlerinin temel görünümü Şekil 3.1.'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Yersel Koordinat Sistemi

3.1.1. Jeosentrik koordinat sistemi

Jeosentrik koordinat sistemi orijini yerin ağırlık merkezi olan sistemdir. Şekil 3.1.1’de verilen sistem, Ortalama Yersel Sistem ve Anlık Yersel Sistem olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Ortalama yersel sistemin diğer adı Ortalama Dünya Dik Koordinat Sistemi olarak geçmektedir. Bu sistemlerin ortak özelliği orijinlerinin yerin ağırlık merkezi olarak alınmasıdır. İki sistem arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Ortalama sistemde z eksenini yeryuvarının ortalama dönme eksenini ile çakışık ve sistemin pozitif yönü ortalama kutba doğru yönelmektedir. Anlık sistemde ise z eksenini anlık dönme eksenini ile çakışmaktadır ve pozitif yön ise anlık kutba doğru yönelmektedir. X eksenini, ortalama sistemde ortalama astronomik meridyen düzlemi ile ortalama ekvator düzleminin arakesiti boyunca uzanmaktadır. Anlık sistemde ise x eksenini, dünyanın gerçek dönme eksenini ve ortalama Greenwich gözlemevini içerisine alan düzlem ile anlık ekvator düzlemi arasında uzanmaktadır. Ortalama sistemde y eksenini pozitif yönü 90 derece doğu boylamı boyunca yönelmektedir. Anlık sistemde ise y eksenini anlık ekvator düzleminde yer almaktadır (Doğanalp, 2018).

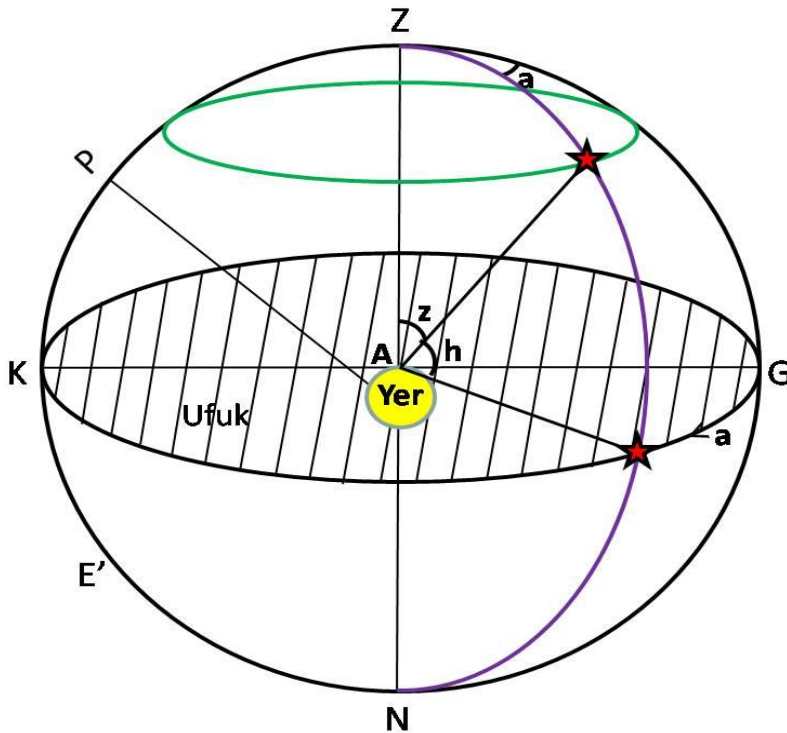


Şekil 3.1.1. Jeosentrik Koordinat Sistemi

adlandırılmaktadır. Göksel koordinat sistemlerinde gök küresi tanımı bulunmaktadır. Gök küre, merkezi yerin ağırlık merkezi olan bir küredir ve yarıçapı sonsuz uzunluktadır. Böylelikle yerküre, gök küresinin içinde olan bir nokta olmaktadır (Köksal, 2016). Gök küre üzerinde herhangi bir noktanın yerinin belirlenebilmesi için bir temel düzlem ve iki temel noktaya ihtiyaç duyulmaktadır. Göksel koordinat sistemleri seçilen bu düzlemlere göre adlandırılmaktadır. Bu sebeple ilk olarak bir temel düzlem belirlenmeli daha sonra ise açı ile ölçülebilen iki koordinat ve bu koordinatların başlangıç noktaları belirlenmelidir (Engin, 2013).

3.2.1. Ufuk koordinat sistemi

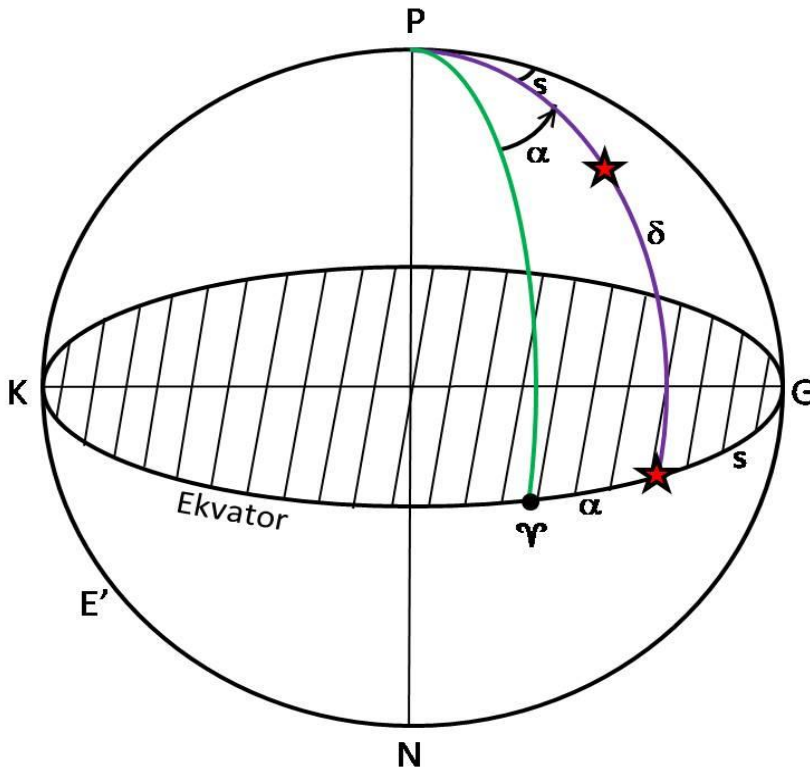
Şekil 3.2.1’de verilen ufuk koordinat sisteminde temel düzlem olarak gözlem yerinin ufku alınmaktadır. Ağırlık merkezi, güneş olarak tanımlanır. Konumu belirlenmek istenilen bir yıldızın yüksekliği, yıldız ufuk düzleminin orijini olan A noktası ile birleştiren doğrunun ufuk düzlemi ile yaptığı açıdır. Bu açı h ile gösterilmektedir. Yıldızın bilinmesi gereken ikinci koordinatı ise azimut ile yıldızın ufuk düzlemindeki izdüşümü arasındaki açıyı ifade etmektedir ve a ile gösterilmektedir.



Şekil 3.2.1. Ufuk Koordinat Sistemi

3.2.3. Açılım koordinat sistemi

Açılım koordinat sistemi farklı isimlerle de tanımlanmaktadır. Bunlar İkinci Ekvator Koordinat Sistemi ve Rektansiyon Koordinat Sistemi'dir. Bazı makalelerde Ekvator Koordinat Sistemi olarak da geçmektedir. Açılım koordinat sisteminde merkez olarak güneşin ağırlık merkezi tanımlanmaktadır. Temel düzlem saat açısı koordinat sisteminde olduğu gibi ekvatordur. Deklinasyon tanımı da saat açısı koordinat sistemi ile aynıdır. Bu sistemde rektansiyon olarak adlandırılan α açısı yer almaktadır. Rektansiyon bahar açısı demektir ve yıldız üzerinden geçen saat dairesinin ilkbahar noktasından geçen daireye olan uzaklık olarak ifade edilmektedir. (Ataman, 1998) (Köksal, 2016) (Engin, 2013). Açılım koordinat sistemi ile ilgili detaylı gösterim Şekil 3.2.3'te verilmektedir.



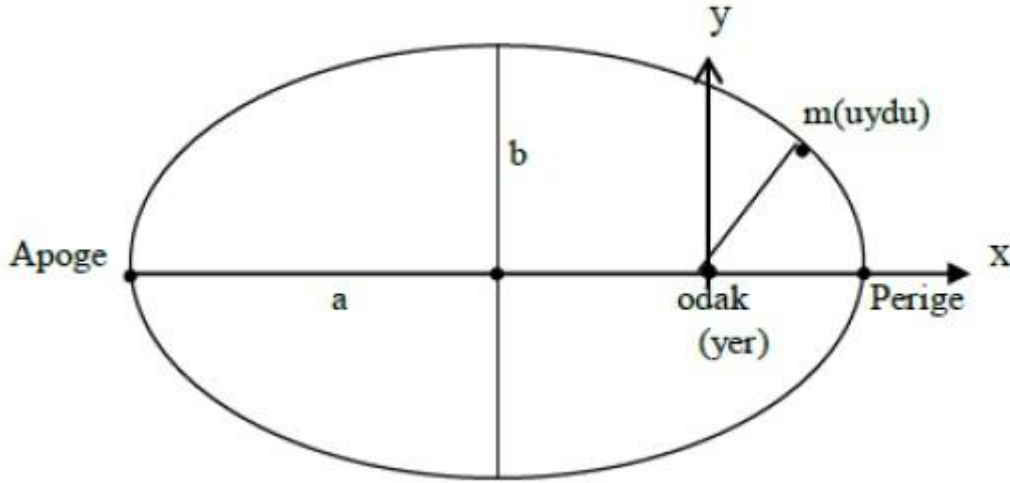
Şekil 3.2.3. Açılım Koordinat Sistemi

3.3. Yörüngesel (Orbital) Koordinat Sistemleri

Yörüngesel koordinat sistemleri, yeryüzü etrafında dönen yapay uyduların koordinatlarını belirlemek için kullanılan koordinat sistemidir. Uzaya fırlatılan uydular yeryüzünün etrafında yörüngesel bir şekilde dönmeye başlar. Bu dönme yerin çekim kuvveti ve farklı atmosferik kuvvetlerden kaynaklanmaktadır (Kurt, 2007). Yeryuvarı etrafında dönen uyduların yörüngesel hareketleri Kepler yasalarına göre gerçekleşmektedir (Köksal, 2016).

3.3.1. Kepler yasaları

1. Kepler Yasası: Uydunun takip ettiği yörünge, uydu odaklarından birinde yeryüzünün ağırlık merkezinde bulunan bir düzlem, elips biçimindedir.

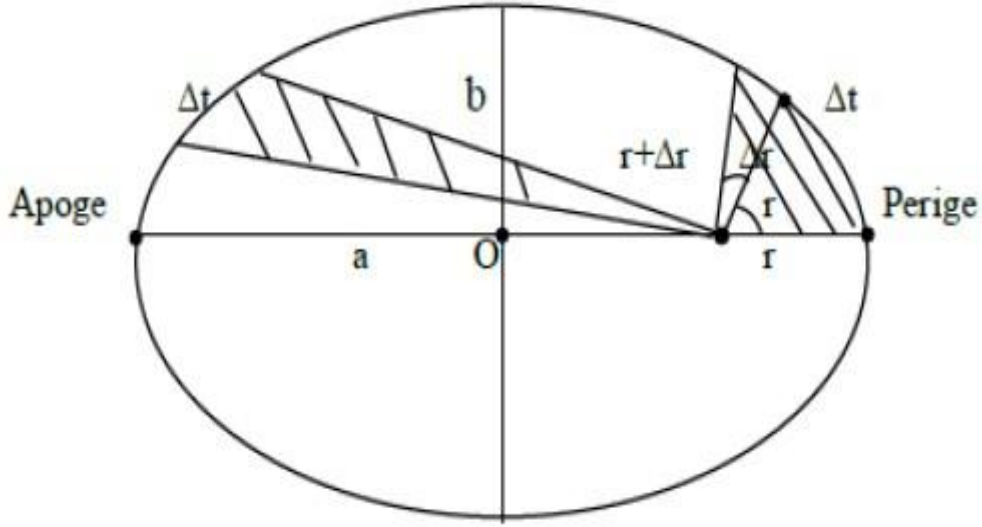


Şekil 3.3.1.1. Birinci Kepler Yasası

Şekil 3.3.1.1’de gösterildiği gibi yörünge hattının yeryüzünün odak noktasına yani ağırlık merkezine en yakın noktası perige, en uzak noktası ise apoge olarak adlandırılmaktadır (Köksal, 2016).

2. Kepler Yasası: Uyduların yörüngedeki hızı, uydu ile odak noktası arasındaki yarıçap vektörü eşit zaman ve eşit alan süpürecek şekilde değişmektedir. Bu değişime göre uydu perige noktasına yaklaştıkça daha hızlı, perige noktasında uzaklaştıkça daha yavaş

hareket etmektedir. Şekil 3.3.1.2’de gösterildiği gibi ikinci kepler yasası zamana bağlı hareket denklemlerini tanımlamaktadır (Köksal, 2016).

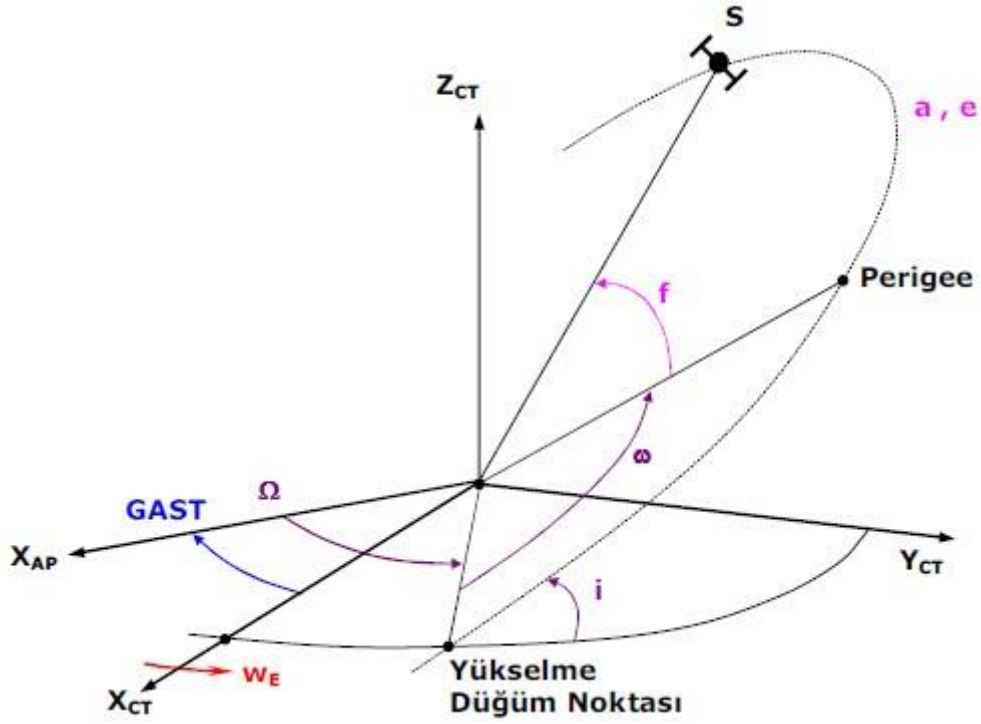


Şekil 3.3.1.2. İkinci Kepler Yasası

3. Kepler Yasası: Uydu yörüngesinin büyük yarı ekseninin küpünün dönüş periyodunun karesine oranı sabittir (Köksal, 2016).

Kepler Yörünge Elemanları

Uyduların kendi yörüngelerindeki konumunun hesaplanabilmesi için Kepler parametrelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu parametrelerden genellikle altı yörünge elemanı kullanılmaktadır (Kurt, 2007). Kullanılan bu yörünge elemanları Şekil 3.3.1.3’te verilmiştir.



Şekil 3.3.1.3. Kepler Yörünge Elemanları

Ω : Yükselme noktasının rektesansiyonu

i : Ekvator düzlemi ile yörünge düzlemi arasındaki açı

ω : Perige argümanı

a : Yörünge elipsinin büyük yarı eksen

e : Yörünge elipsinin dış merkezliği

f : Gerçek anomali

Kepler elemanı dışındaki açıklamalar;

w_e : Yer'in açısal dönme hızı ($7.292115167 \times 10^{-5}$ rad/s, WGS84)

GAST (Greenwich Apparent Sidereal Time): Greenwich görünen yıldız zamanı

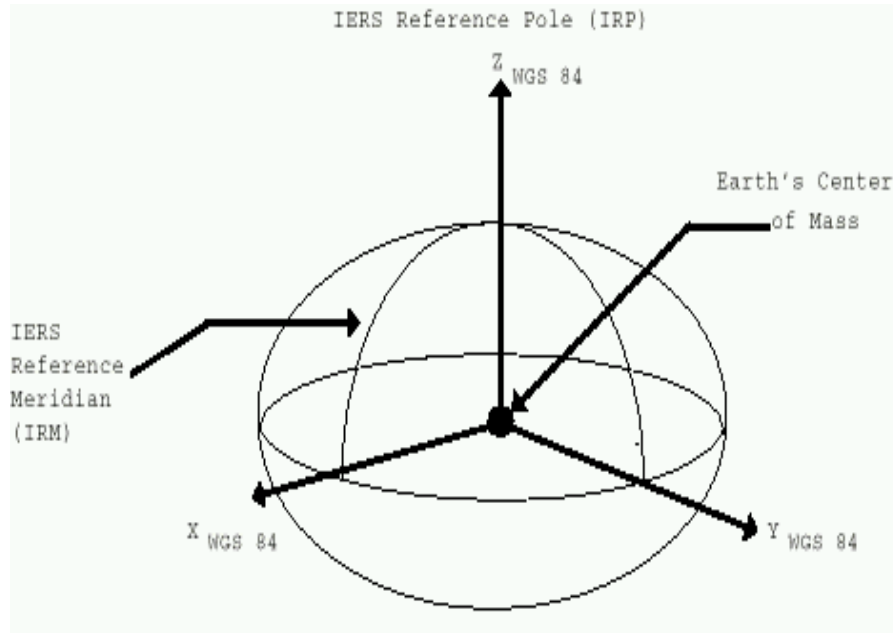
3.4. Jeodezik Datum Sistemleri

Datum yeryüzünün boyutunu ve şeklini tanımlamak için kullanılan bir referans sistemidir. Jeodezik datum ise, konumu bilinmeyen herhangi bir noktanın yataydaki ve

düseydeki konumunu tanımlamak için başlangıç noktası olarak alınan referans yüzeyi olarak tanımlanmaktadır. Noktanın konumu, yüksekliği ve referans yüzeyinin tanımı jeodezik datum ile sağlanmaktadır. Herhangi bir harita içerisinde gösterilen nesneler aynı datum özelliklerine sahip olmalıdır. Aynı haritada yer alan nesneler farklı datumlarda verilmişse, uzunluk ve yüksekliklerinde hatalar olabilmektedir. Yeryüzü için kullanılan bazı sistemler World Geodetic System-1984 (WGS-84), International Terrestrial Reference Frame-2000 (ITRF-2000), Parametry Zemli-1990 (PZ-90) ve European Datum-1950 (ED-50) olarak sıralanmaktadır (Yalçinkaya, 2007 ve Tanır Kayıkçı, 2018).

3.4.1. World geodetic system-1984 (WGS-84)

WGS-84 yani Dünya Jeodezik Sistemi-1984, konum hesaplamasında kullanılan ve konum hesabında temel hesap yüzeyi olarak tasarlanan sistemdir. 1984 yılında Amerika Birleşik Devletleri tarafından geliştirilen bu sistem özellikle GPS alıcıları tarafından kullanılmaktadır. Şekil 3.4.1'te verilen Dünya Jeodezik Sistemi yer merkezli olarak çalışmakta ve başlangıç noktası dünyanın ağırlık merkezi olarak tanımlanmaktadır (Arslan, 2014).



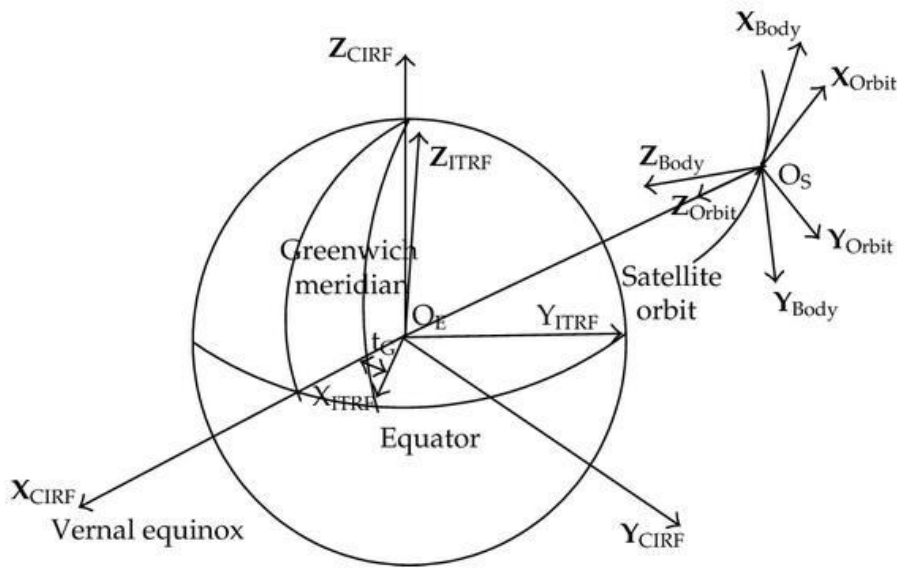
Şekil 3.4.1. Dünya Jeodezik Sistemi-1984 (WGS-84)

Tablo 3.4.1. Dünya Jeodezik Sistemi-1984 (WGS-84) Parametreleri

Parametre	Sembol	Değer
Büyük Yarı Eksen	a	6378137,0 m
Basıklık	$1/f$	298,257223563
Ortalama Hız	ω	7292115×10^{-11} rad/s
Yer Çekim Sabiti	GM	3986004.418×10^8 m ³ /s ²

3.4.2. International terrestrial reference frame-2000 (ITRF-2000)

Uluslararası Yersel Referans Sistemi (International Terrestrial Reference System-ITRS), Dünya yüzeyindeki ve Dünya'ya yakın yerlerdeki ölçmeler için tasarlanmış bir referans sistemidir. Sistemin amacı ölçmeler için ortak bir standart oluşturmaktır. Uluslararası Yersel Referans Ağı (ITRF) ise bu sistemin hayata geçirilmiş halini tanımlamaktadır (Clynch, 2006). ITRF, üç boyutlu bir şekilde tasarlanmış olup, kartezyen koordinat sistemine sahiptir. ITRF kendini sürekli güncellemektedir. Güncellemeler ITRF89, ITRF90, ITRF91, ITRF92, ITRF93, ITRF94, ITRF95, ITRF96, ITRF97, ITRF2000, ITRF2005, ITRF2008, ITRF2014 ve ITRF2020 şeklinde sıralanmaktadır (Cabbaroğlu, 2019). ITRF2000'in orijini dünyanın kütle merkezi olarak tanımlanmaktadır (Şanlıoğlu ve İnal, 2005). Şekil 3.4.2'de anlatılan görsel ITRF'i açıklamaktadır.



Şekil 3.4.2. Uluslararası Yersel Referans Ağı

3.4.3. Parametry zemli-1990 (PZ-90)

Parametry Zemli-1990 (Yer Parametreleri 1990), Rusya Federasyonu tarafından referans sistemi olarak 1990 yılında tasarlanmıştır. Sistemin amacı navigasyon ve uydu yörünge görevlerine jeodezik destek sağlamaktır. Jeosentrik koordinat sistemi olarak tasarlanan sistemin ilk modernizasyonu 2002 yılında gerçekleşmiştir. Daha sonra sistem PZ-90.02 olarak adlandırıldı. Sistem 2012 yılında tekrar yenilenmiş ve PZ-90.11 adını almıştır (Military Topographic Department, 2014). PZ-90.11, jeosentrik koordinat sistemi, referans elipsoid parametreleri, Dünya'nın gravite alanı parametreleri, temel jeodezik sabitler ve diğer referans sistemlerine dönüşüm parametreleri de dahil olmak üzere jeodezik parametreler sistemini temsil etmektedir. Yer parametreleri Tablo 3.4.3'te verilen Pz-90.11, ölçek, orijin ve eksen hizalama gibi konularda santimetre hassasiyetinde, ITRF parametreleri ile aynı değerleri almaktadır (Military Topographic Department, 2014).

Tablo 3.4.3. Yer Parametreleri-1990 (PZ-90) Parametreleri

Parametre	Sembol	Değer
Büyük Yarı Eksen	a	6378136,0 m
Basıklık	f	1/298,25784
Ortalama Hız	ω	7292115×10^{-11} rad/s
Yer Çekim Sabiti	GM	3986004.418×10^8 m ³ /s ²

3.4.4. European datum-1950 (ED-50)

Avrupa Datumu ilk tasarlandığı zaman sadece Orta Avrupa ülkelerini kapsamıştır. Daha sonraki çalışmalarla birlikte Avrupa Datumu bütün Avrupa ülkelerini kapsar hale getirilmiş ve ED-50 olarak isimlendirilmiştir. ED-50, Uluslararası Elipsoid olarak tanımlanan ve özellikleri Tablo 3.4.4'te verilen Hayford Elipsoidi'ni kullanmaktadır (Whitmore, 1994).

Tablo 3.4.4. Hayford Elipsoidi Parametreleri

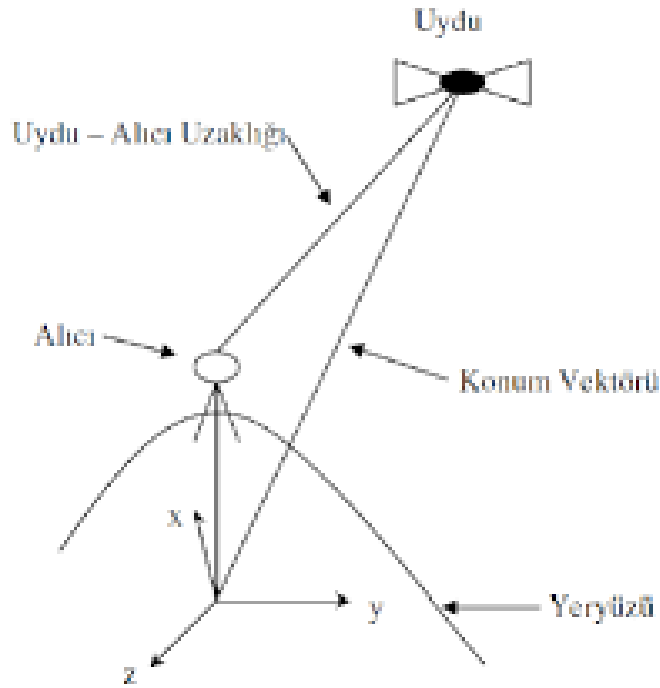
Parametre	Sembol	Değer
Büyük Yarı Eksen	a	6378388,0 m
Basıklık	1/f	297

4. KONUM BELİRLEME YÖNTEMLERİ

Konum belirleme işlemleri günümüzde uydular aracılığı ile yapılmaktadır. Dünya'dan kilometrelerce uzaklıktaki uydulara bağlanan kullanıcı, bulunduğu yeri tespit edebilmektedir. Bu işlemin temelinde uzunluklarla uzayda geriden kestirme yöntemi bulunmaktadır.

4.1. Uzunluklarla Uzayda Geriden Kestirme

Uydular ile konum belirleme Şekil 4.1'de anlatılan uzunluklarla uzayda geriden kestirme ile yapılmaktadır. Bu işlemdeki temel prensip uydu ile alıcı arasındaki mesafenin ölçülmesine dayanmaktadır. Alıcıya her yönden gelen uydu sinyalleri kaydedilir ve bu sinyaller kullanılarak uydu alıcı mesafesi hesaplanmaktadır (Kahveci ve Yıldız, 2018).



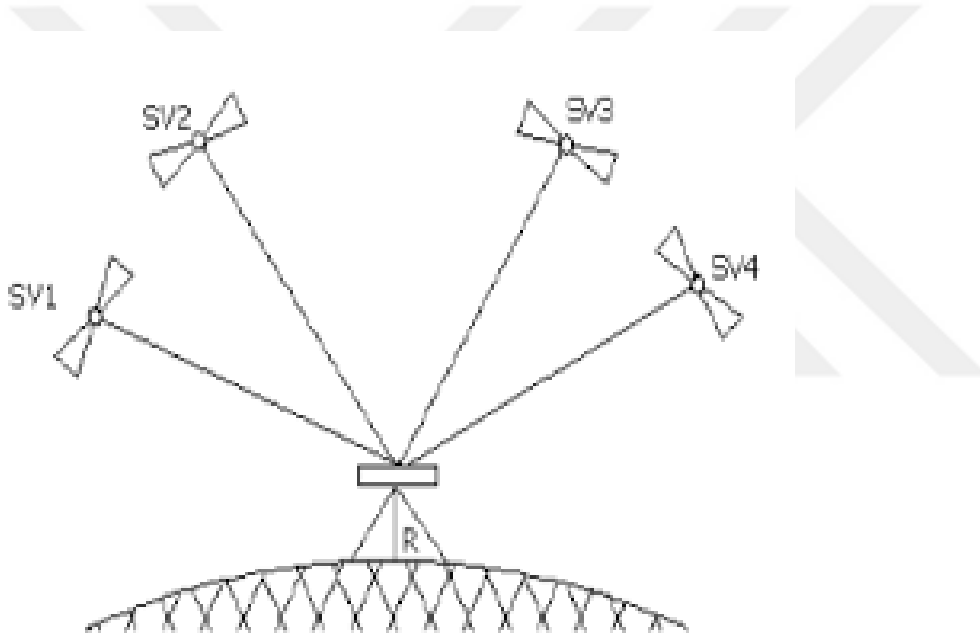
Şekil 4.1. Uzunluklarla Uzayda Geriden Kestirme

Uydu ile alıcı arasındaki uzaklığın hesaplanabilmesi için iki parametreye ihtiyaç vardır. Bunlardan biri ışık hızıdır. Diğeri ise sinyalin uydudan alıcıya ulaşana kadar geçen

süredir. Uydu ile alıcı arasındaki uzaklık, ışık hızı ile geçen zamanın çarpımına eşittir (Kahveci ve Yıldız, 2018).

4.2. Mutlak Konum Belirleme

Konum belirleme yöntemleri kendi arasında iki kısma ayrılmaktadır. Bunlardan ilki mutlak konum belirleme yöntemidir. Diğerisi ise bağıl (görelî) konum belirleme yöntemidir. Mutlak konum belirleme, Şekil 4.2’de ifade edildiği gibi herhangi bir noktanın bir tane alıcı ile dört veya daha fazla uydudan ölçüm yaparak koordinatlarının hesaplanması işlemidir.

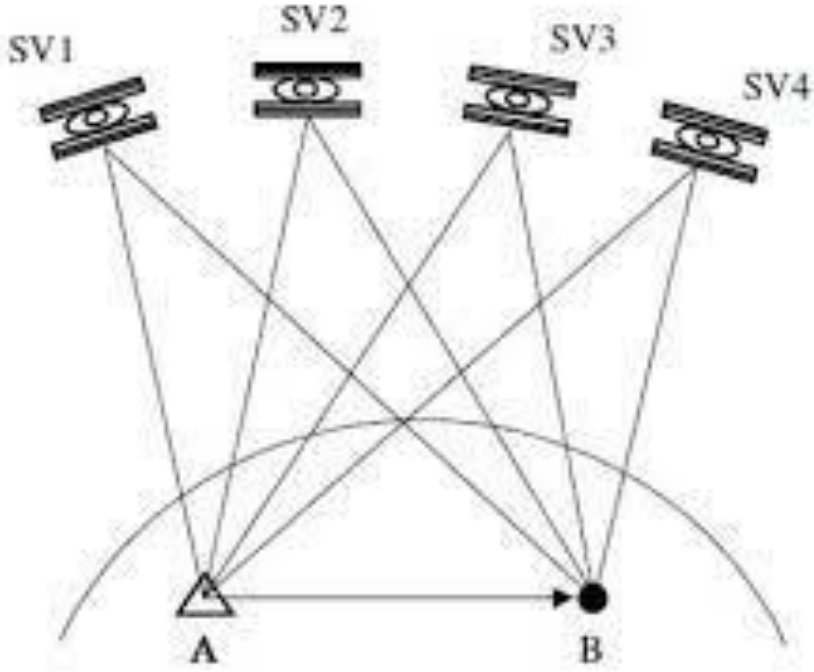


Şekil 4.2. Mutlak Konum Belirleme

İşlem uzayda geriden kestirme yöntemi ile yapılmaktadır. Alıcı koordinatları anında belirlenebilmektedir. Mutlak konum belirleme yöntemi alıcının sabit olup olmamasına göre farklı isimlendirilmektedir. Eğer alıcı sabit ise yöntem statik konum belirleme olarak tanımlanır. Alıcı hareketli ise yöntem kinematik konum belirleme olarak isimlendirilmektedir (Kahveci ve Yıldız, 2018).

4.3. Bağıl (Görelî) Konum Belirleme

Bağıl konum belirleme, koordinatları bilinen bir noktaya göre istenilen noktanın koordinatlarının hesaplanması yöntemidir. Konum belirleme yöntemlerinin ikincisini oluşturmaktadır (Kahveci ve Yıldız, 2018).

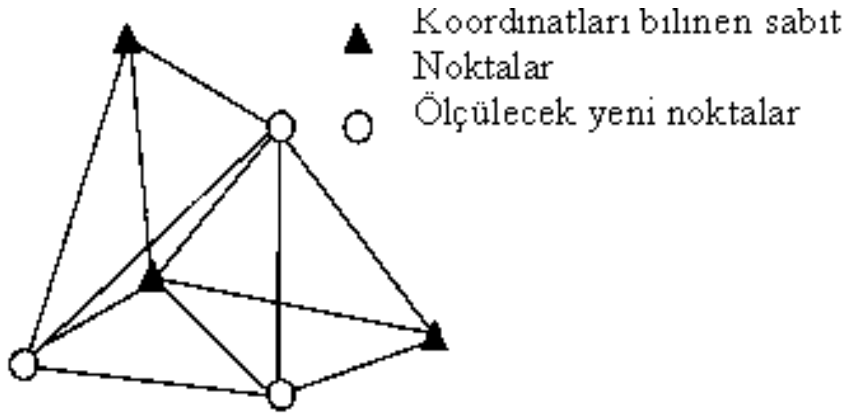


Şekil 4.3. Bağıl (Görelî) Konum Belirleme

Bağıl konum belirleme kendi arasında iki kısma ayrılmaktadır. Bunlar; Statik Ölçü Yöntemi ve Kinematik Ölçü Yöntemi olarak adlandırılmaktadır (Alçay, 2010).

4.3.1. Statik ölçü yöntemi

Statik ölçü yöntemi, bir noktanın konumu hesaplanırken çok yüksek doğruluk istenildiği zaman en iyi sonucu veren yöntemdir. Şekil 4.3.1’de anlatılan bu yöntemde, iki veya daha fazla alıcı en az bir saat olmakla beraber eş zamanlı ölçüler yapmaktadır. Yüksek hassasiyet gerektiren durumlarda ise 24 saate kadar ölçüler yapılabilmektedir (Kahveci ve Yıldız, 2018) (Alçay, 2010).



Şekil 4.3.1. Statik Ölçü Yöntemi

4.3.2. Kinematik ölçü yöntemi

Kinematik ölçü yöntemi, dur git ölçü yöntemine benzemektedir. Bu yöntemde noktaların tek tek ölçülmesi yoktur (Kahveci ve Yıldız, 2018). Buradaki amaç, hareket halinde olan bir antenin gezi yolunun belirlenmesidir. Bu yöntemde belirli noktalar bulunmamaktadır. Bir güzergâh oluşturulur ve bu güzergahta aralıklı bir şekilde nokta konumları belirlenerek ölçüm yapılır. Ölçüm yapılırken alıcı en az dört tane uyduya bağlanmalıdır (Alçay, 2010).

5. GÜNÜMÜZDE KULLANILAN UYDU BAZLI KONUM BELİRLEME SİSTEMLERİ

Global Navigation Satellite Systems (GNSS) yani Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri hayatımızın her alanında yer almaktadır. GNSS, konumlandırma başta olmak üzere arazi etütleri, telekomünikasyon işlemleri, bilimsel araştırmalar, madencilik faaliyetleri gibi çalışmalarda kullanılmaktadır. Bu sistem uzay bölümü, kontrol bölümü ve kullanıcı bölümü olmak üzere üç ana kısımdan oluşmaktadır. Günümüzde kullanılan başlıca uydu bazlı konum belirleme sistemleri Amerika Birleşik Devletleri'ne ait GPS, Rusya Federasyonu'na ait olan GLONASS ve Avrupa Birliği tarafından geliştirilen GALİLEO olmak üzere üç tanedir (Türk, 2020).

5.1. Global Positioning System (GPS)

Küresel Konumlama Sistemi olarak ifade edilen GPS, tam adıyla Navstar GPS, Amerika Birleşik Devletleri adına çalışan ABD Uzay Kuvvetleri birimi tarafından tasarlanan bir uydu bazlı radyonavigasyon sistemidir. Bu sistem küresel seyrüsefer uydu sistemleri olarak adlandırılan GNSS'in bir parçasıdır. Bir GPS alıcısının eş zamanlı olarak dört GPS uydusuna bağlanması ile zaman bilgileri de kullanılarak coğrafi konum hesabı yapan bir navigasyon sistemidir. GPS, uydu operasyonları sırasında bir dizi kontrol listesinden geçmektedir. GPS kullanıcısının aktif olarak internet bağlantısına sahip olmasına gerek yoktur. GPS bu bağlantılardan bağımsız olarak çalışmaktadır. Ancak internet, telefon gibi bağlantılardan yararlanmak konumlandırma bilgisinin kullanılabilirliğini artırmaya yaramaktadır. Bu sistem dünyanın her yerinde askeri, sivil, ticari fark etmeksizin herkes tarafından kullanılabilir. GPS projesini, asıl olarak 1973 yılında Amerika Savunma Bakanlığı başlatmıştır. Bu adımla beraber 1978 yılında ilk deneme uzay aracı yörüngeye fırlatılmıştır. 1993 yılında 24 uyduluk sistem çalışır hale gelmiştir. Sistem ilk başlarda ABD ordusu için kullanıma açılmıştır. Fakat 1980 yılında sınırlı sayıdaki sivil kullanıcıya da hizmet vermeye başlamıştır. İlerleyen dönemlerde teknolojinin gelişmesi ile GPS'i daha kullanışlı hale getirmek gerekmiştir. Bununla beraber GPS Blok IIIA yeni nesil uyduları ve Yeni Nesil Operasyonel Kontrol Sistemi (OCX) tanıtılmıştır. 1998 yılında bu değişiklikler başlatılmıştır. GPS hizmeti, aslında istenildiği zaman kapatılabilir veya yanlış bilgi verebilir durumdadır. Savaş, silahlı harekât gibi durumlarda

bu özellik kullanılmaktadır. Bu durum şöyle bir sonuç doğurmaktadır. Bazı ülkeler anlatılan bu durumdan kaçınmak için kendi navigasyon sistemlerini tasarlamıştır. Rusya tarafından tasarlanan GLONASS, GPS ile aynı zamanlarda geliştirilmiştir. Ancak sistem şöyle bir dezavantaja sahipti: GLONASS, GPS kadar geniş kapsama alanına sahip değildi. 2018 yılında ise Çin'e ait Beidou Navigasyon Sistemi piyasaya sürülmüştür. Sırasıyla Avrupa Birliği tarafından Galileo, Japonya tarafından QZSS sistemleri tanıtılmıştır. Bu da rekabeti daha da güçlü hale getirmiştir. GPS, ilk olarak askeri ihtiyaçlar için tasarlanmıştı. 1940'lı yıllarda tasarlanan, İkinci Dünya Savaşı'nda da kullanılmış ve o zamanlar bir çözüm olarak bakılan, yer tabanlı radyo seyir sistemlerinin bir benzeri olarak LORAN (Long Range Navigation) ve Decca gezginine dayanmaktadır. Uydu navigasyon sistemlerinin ilki olan ve ABD Deniz Kuvvetleri tarafından kullanılan Transit'in ilk testi 1960 yılında yapılmıştır. Beş uydu kullanılarak ve saatte bir düzeltme verecek şekilde tasarlanmıştır. Daha da artan ihtiyaçlardan dolayı yüksek hassasiyetli saat ölçümü yapabilen Timation 1967'de piyasaya sürülmüştür. 1970 yılına gelindiğinde Omega olarak adlandırılan navigasyon sistemi, faz karşılaştırmasından yararlanarak ilk defa telsiz konumlandırması yapmıştır. Gelişmeler oldukça, yüksek hassasiyet gerektiren navigasyon sistemlerine ihtiyaç duyulmuştur. GPS, ABD ordusu için önemli bir hale gelmekteydi. 1964 yılına gelindiğinde, ABD ordusunun, yer ölçmelerinde kullanılması planlanan jeodezi yer uydusu SECOR (Sequential Collation of Range) ilk seferine çıkmıştı. Herhangi bir bilinmeyen konumundayken yerde kurulan dördüncü bir istasyon ile, tam olarak konumu hesaplamak için daha sonra bu sinyaller kullanılabilmekteydi. SECOR 13 olarak adlandırılan SECOR uydusunun sonuncusu 1969 senesinde yörünge düzlemine gönderilmiştir. Uzun bir sürenin ardından ilk zamanlarında GPS, siviller için yeryüzü araştırmaları olarak yeni teknolojilerden sürekli bir şekilde faydalanılabilen öncelikli alanlardan biri olmuştur. Çünkü sivil olarak ölçüm yapan yer ölçmecilerinin (surveyors) yararına olan GPS, uydu takımından gelen daha hatasız sinyaller, daha önceden operasyonel olarak açıklanmıştır. GPS sisteminin, yer tabanlı vericilerini yörünge düzlemine taşıyan, SECOR sisteminin değişikliğe uğramış bir türü olduğu düşünülebilmektedir. 1960'lı yıllarda aynı zamandaki değişimlerle; Timation, Transit, SECOR ve 621B numaralı proje gibi programlardan en iyilerini birleştirerek daha yeni bir sistem yapılabileceği anlaşılmış olmaktaydı. En yüksek kaliteye sahip sinyal, ilk olarak askeri kullanımlar için ayrılmıştır. Bununla beraber siviller için kullanıma hizmet

verecek olan sinyaller kasıtlı olarak bozulmuştur (Selective Availability S-A). Bununla beraber değişkenliğin kapatılabilir olması için sivil GPS sinyallerinin hassasiyetinin iyileştirilmesi 100 metre (330 ft) doğruluktan 20 metreye (66 ft) değiştirilmiştir. 2000’li yıllardan günümüze kadar Amerika Birleşik Devletleri Hükümeti GPS’in daha da geliştirilmesi ve rekabet gücünün daha da yüksek olabilmesi için sürekli yenilikler yapmaktadır. GPS, Amerika Birleşik Devletleri Hükümeti’ne aittir ve maddi desteği buradan almaktadır. Savunma Bakanlığı da onun resmi temsilcisi statüsündedir. GPS üç bölümde incelenmektedir. Uzay bölümü (SS- space segment), kontrol bölümü (CS- control segment) ve kullanıcı bölümü (US- user segment). Uzay ve kontrol bölümleri ABD Hava Kuvvetleri’ne aittir. Bu bölüm GPS’in çalışması, korunması ve geliştirilmesinden sorumludur. Uydular uzayda sinyallerin yayılmasını sağlar. GPS alıcıları bu sinyalleri kullanarak konum ve zamanı hesaplar (Kahveci ve Yıldız, 2018) (Anonim 1).

Uzay Bölümü

GPS’in uzay bölümü, Orta Dünya yörüngesinde hareket eden 24 ile 32 arası uydudan oluşmaktadır. Bununla beraber uyduların çalışmasını başlatmak için gerekli adaptörler de uzay bölümünün bir parçasıdır. Yörüngedeki uydular yaklaşık 20200 km yüksekliğe sahiptir. Uyduların yüksek yörüngeye sahip olmaları geniş bir görüş alanı sağlamaktadır. Bir konum belirleme işleminde eğer 2 boyutlu bir konum ise en az 3 uydu, 3 boyutlu bir konum belirleme ise en az 4 uyduya ihtiyaç vardır. Uyduların hızı saatte 11265,41 km ortalama sahiptir. 12 saat süreyle dünya çevresini tam tur dönmektedirler. 10 yıllık ömürleri olan uydular güneş enerjisi ile çalışmaktadır. Uydular, radyo sinyalleri yayan iki farklı frekansa sahiptir. Sivil kullanıcılar için bu frekanslar L1 ve L2 frekanslarıdır. Bu frekanslar sırayla Ultra High Frequency (UHF) bandında 1575,42 MHz ve 1227,60 MHz’dir. İki farklı sinyalin kullanılmasının sebebi ise iyonosfer tabakasının bozucu etkilerinden ve kasıtlı sinyal bozma durumlarından korunmak içindir. Savunma Bakanlığı bu sinyallerden 5.115 MHz değerinde Military yani M code sinyalini kullanmaktadır. Bu sinyal bulut, cam, plastik yüzeyler gibi cisimlerden geçebilmekte ama dağ, duvar gibi cisimlerden geçememektedir. GPS’in sahip olduğu bütün uydular iki farklı ve özel olarak şifrelenmiş kod kullanır. Bu kodlar Korunmalı Kod yani Protected P code ve Coarse/Acquisition yani C/A code’tur. P kod sivil kullanıcıların izinsiz kullanımı için

engellenen bir koddur. Bu engelleme Anti Spoofing (A-S) olarak adlandırılır. P kodunun bir diğer adı da P(Y) veya Y'dir. Bu sinyaller şu amaçla kullanılmaktadır: Yerdeki alıcı, sinyallerin geliş süresini ölçer ve uyduya olan mesafeyi hesaplar. Aradaki uzaklık geliş için hesaplanan zaman ile hızın çarpımına eşittir. Sinyal hızı için ışık hızı kabul edilmektedir (Işık hızı saniyede 299792,458 km'dir). Uydunun gönderdiği sinyaller, uydu yörünge bilgisi, saat bilgileri, sistem için durum bilgileri ve iyonosferden kaynaklı gecikme bilgilerini içermektedir. Sinyaller, güvenilir ve hassasiyeti yüksek olan atom saatleri ile zamanlandırılır (Anonim 1, 2021). Her bir GPS uydusu, diğer uyduların konum bilgilerine, zaman bilgilerine, yörünge parametrelerine ait bilgilerin taşındığı frekanslara ((L1 CA, L1/L2 P(Y)) Block IIF uydularında L1 CA, L1/L2 P(Y), L2C, L1/L2M ve L5)) ve kontrol bölümünün yayınladığı bilgilere sahiptir. GPS, altı farklı uydu tipine sahiptir. Bunlar; Block I, Block II, Block IIA, Block IIR/IIR-M, Block IIF ve Block IIIA uydularıdır. Bu uyduların başlıca özellikleri Tablo 5.1.1' de verilmiştir.

Tablo 5.1.1. GPS Uydularının Özellikleri

Block IIA	Block IIR	Block IIR-M	Block IIF	GPSTIII/IIF
0 Operasyonel	8 Operasyonel	7 Operasyonel	12 Operasyonel	3Operasyonel
*Sivil kullanıcılar için L1 frekansında (C/A) kodu *Askeri kullanıcılar için L1 ve L2 frekanslarında hassas P (Y) kodu *7,5 yıllık tasarım ömrü *1990-1997'de fırlatıldı. *Sonuncusu 2019'da hizmet dışı bırakıldı.	*L1'de C/A kodu *L1 ve L2'de P(Y) kodu *7,5 yıllık tasarım ömrü *1997-2004'te fırlatıldı.	*Tüm eski sinyaller *L2'de 2. sivil sinyal (L2C) *Yeni askeri M kodu sinyalleri *Askeri sinyaller için esnek güç seviyeleri *7,5 yıllık tasarım ömrü *2005-2009'da fırlatıldı.	Tüm Block IIR-M sinyalleri *L5 frekansında 3. sivil sinyal (L5) *Gelişmiş atomik saatleri *İyileştirilmiş doğruluk, sinyal gücü ve kalite *12 yıllık tasarım ömrü *2010-2016'da fırlatıldı.	*Tüm Block IIF sinyalleri *L1'de 4. sivil (L1C) *Gelişmiş sinyal güvenilirliği, doğruluğu ve bütünlüğü *Seçici kullanılabilirlik özelliği yok. *IIF: Lazer reflektörler *İlki 2018'de fırlatıldı.

L1 taşıyıcısı 1 MHz değerinde Pseudorandom Noise (PRN) kod olan C/A koda sahiptir. Bu kod 1023 bitlik kod sonunda kendini yenilemektedir. Bu periyodun kısa olması GPS'i kullanan alıcıların uydulara çok kısa bir sürede kilitlenmesini sağlamaktır. Bütün uyduların farklı C/A kodu vardır. Bu kodlar, Gold Codes olarak adlandırılan kodlardan seçilmektedir. Bu kodu bütün kullanıcılar kullanabilir ve Standart Positioning Service (SPS) olarak adlandırılan bir hizmetin temelini oluşturmaktadır. C/A kod aynı zamanda alıcıların P koduna bağlanabilmesi için de kullanılmaktadır. PRN kodu olarak da ifade edilen kodlar bilgi içermediği için chip olarak da adlandırılmaktadır. Bu nedenle C/A kod uzunluğu 1023 chip olarak da ifade edilebilmektedir. C/A kod milisaniyede bir tekrar ettiği için iki chip arasındaki zaman 1 mikrosaniye civarındadır ve 293 metre chip uzunluğuna sahiptir. C/A kod ve P kodlardan her ikisinin de dalga boyu ile chip uzunlukları aynıdır. C/A kod için dalga boyu yani chip uzunluğu 293 m, çözünürlük değeri ise 3 metre olmaktadır. L1 ve L2 sinyalleri aynı zamanda P kodu da taşımaktadır. Bu kod ortalama 266,4 günlük uzunluktadır. Bu kod uzunluğu 37 haftaya ayrılmıştır. Her biri birer haftalıktır. Bu ayrılan kodlardan birer tane her uydu için tanımlanmıştır. Bu tanımlama yukarıda bahsedildiği gibi PRN olarak adlandırılmaktadır. Yani toplamda 37 farklı PRN numarası olmaktadır. Kodların tekrarı cumartesi gece yarısında başlamaktadır. Yani GPS haftası başlangıcında tekrara düşmektedir. P kod her hafta sıfırlanır ve yeniden yayınlanır. Toplam bu 37 haftaya denk gelmektedir. 37 haftalık periyodun 1-32 arasındaki kısım GPS uydularına diğer 33-37 arasındaki kısımlar ise yeryüzünde bulunan istasyonlara ayrılmıştır. Bu durum C/A kod için de böyledir. Yukarıda anlatılan durumun en büyük avantajı uyduların sahip olduğu hiçbir kısım birbiriyle karışmamaktadır. P kodun sahip olduğu uzunluk 29,3 m, çözünürlüğü ise 30 cm kadardır. P kod uzun periyotlara sahiptir. O yüzden yeryüzündeki kullanıcılar için desteksiz alınması zor olmaktadır. Bundan dolayı Z sayacı (Z Count) olarak adlandırılan bir sayaç geliştirilmiştir. Z sayacı P kodun alınması için geçen süreyi en aza indirmek için kullanılmaktadır. Z sayacı 5 Ocak 1980 yani GPS haftasının başlangıcından itibaren ölçüm yapılan zamana kadar geçen sürede kaç adet 1,5 saniyelik epok geçtiğini hesaplanmasında kullanılmaktadır. Yani Z sayacının sıfırlanma süreci 1024 haftada bir olmaktadır. Navigasyon mesajı olarak adlandırılan kısmın da her alt bölümü $4 \times 1,5$ sn (6) sürmektedir. HOW (Hans Over Word) olarak adlandırılan alıcının P koda kilitlenmesine yarayan bir sistem vardır. Bu sistem navigasyon mesajının her alt

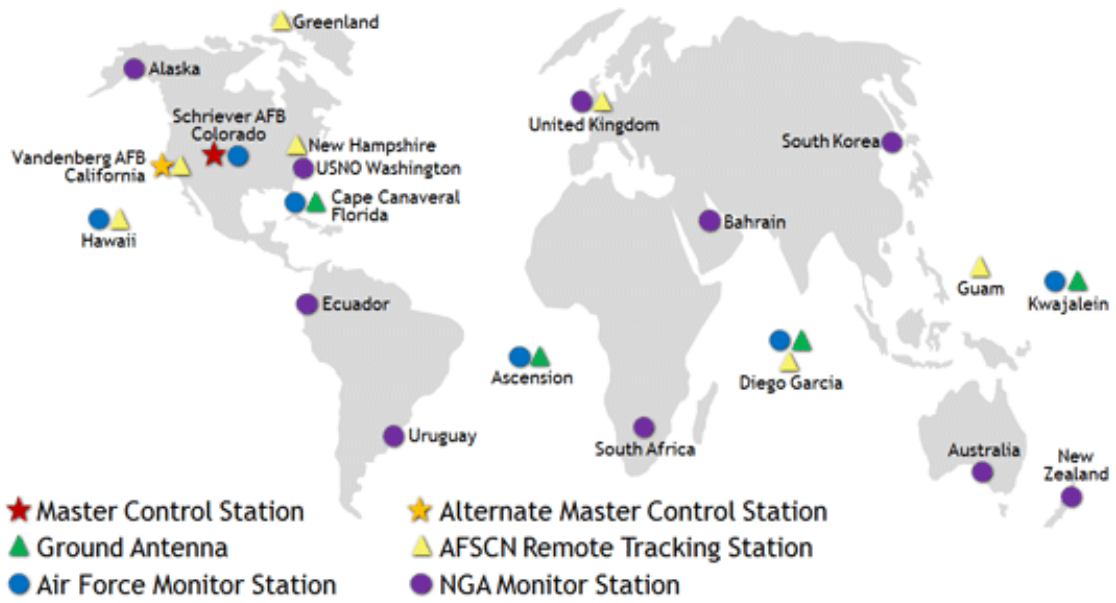
bölümünde bulunan 6 saniyelik periyotları olan bir sistemdir. Bu kelime alt bölümlerin ikinci kelimesidir. Bir sonraki alt bölümün ne zaman yayınlandığına ait bilgiyi saklar ve kendinden sonraki oluşan bölümün P kodunun hangi bölümde kullanıldığı hakkında bilgi verir. Yani HOW kelimesini 4 ile çarptığımızda sonraki alt bölümün başlangıcında kullanılan Z sayacı (TOW: Time OF Week) değerini verir. İşlem şöyle bir hal alır; alıcı ilk başta C/A koda kilitlenir ve zaman bilgisini yükler, ardından HOW kelimesini belirleyip alt bölümlerin epoklarını yükler, daha sonra alt bölümün epokuna ait P koduna kilitlenir. Yukarıda anlatılanlara ek olarak sunulan alternatif ise C/A kodun yardımı olmadan direkt olarak P koda bağlanabilmek için GPS alıcısının konum ve zaman bilgilerinin yüksek hassasiyetle öğrenilmesi, bunların da alıcı tarafından girilmesi gerekmektedir. P kodlara AS (Anti Spoofing) olarak adlandırılan bir özellik de eklenmiştir. Bu özellik aldatmaya (spoofing) ve elektronik olarak karıştırmaya (jamming) karşı geliştirilen özelliktir ve W kod ile gösterilir. W kod ile özelleştirilmiş kod ise Y kod olarak adlandırılmaktadır. Y kodu sadece askeri yetkililere hizmet vermektedir. Y kod özelliğinden P koda geçmek için alıcılarda özel donanımlardan olan Auxiliary Output Chip (AOC) ve Security Module (SM) gibi donanımlara ve yazılımlara ihtiyaç vardır. Saat parametreleri ve efemeris bilgileri almanak verileriyle taşınmaktadır. Almanak verilerinin amacı, alıcının ölçüye başlamadan önce hızlı bir şekilde uyduya bağlanmasını sağlamaktır. Almanak verilerinin en önemli özelliği uyduların yaklaşık konum bilgilerine sahip olmasıdır. Bu veriler her uydu tarafından belirli periyotlarla aktarılmaktadır. Aslında almanak verileri navigasyon mesajının iki ve üç numaralı alt bölümlerinin bir kısmı olup doğrulukları düşüktür. Bu veriler yeryüzünde bulunan kontrol merkezleri tarafından 6 günde bir güncellenir. Fakat verilerin geçerliliği uzun süre devam etmektedir. Şu anda görev yapan uydular için 180 gündür (Kahveci ve Yıldız, 2018).

Tablo 5.1.2. GPS Sinyalleri

Bant	L1	L2	L3	L4	L5
Frekans (MHz)	1575.42	1227.60	1381.05	1379.913	1176.45
Kullanım Alanları	*P(Y) Kodu *C/A *L1 Sivil (L1C) *Askeri (M) Kod	*P(Y) Kodu *L2 Sivil (L2C) *Askeri (M) Kod	*Nükleer patlatma için kullanılmaktadır.	*İyonosfer kaynaklı düzeltmeler için kullanılmaktadır.	*Safety of Life (SoL) veri sinyali ve SoL pilot sinyali

Kontrol Bölümü

Kontrol bölümü, GPS uydularını anlık olarak izlemekte, zaman ve doğru yörünge bilgilerini sağlamaktadır. Şekil 5.1.1’de gösterildiği gibi yeryüzünde beş adet kontrol merkezi vardır (Kwajalein, Hawaii, Ascension adası, Colorado Springs (Ana Merkez) ve Diego Garcia). Bu merkezlerden dört tanesi insansız, bir tanesi insanlı merkezdir. İnsansız kontrol merkezleri, elde ettikleri bilgileri ana merkeze gönderir, ana merkez bu bilgileri değerlendirerek olması gereken düzeltmeleri uydulara bildirmektedir.



Şekil 5.1.1. GPS Kontrol Bölümü

Kullanıcı Bölümü

GPS’i herhangi bir amaç ile kullanmak isteyen herkes ve her şey GPS’in kullanıcı bölümünü oluşturmaktadır. Kullanım alanlarına göre sistem sivil ve askeri kullanıcılar olarak ikiye ayrılmaktadır (Kahveci ve Yıldız, 2018).

5.2. Global Navigation Satellite System (GLONASS)

GLONASS diğer adıyla Küresel Navigasyon Uydu Sistemi, bir radyonavigasyon uydu hizmetinin bölümü olarak faaliyet gösteren uzay merkezli uydu navigasyon sisteminin adı olarak ifade edilmektedir. ABD’ye ait GPS’e alternatif olarak ortaya çıkmış, küresel kapsama alanı ve karşılaştırılabilir hassasiyetle çalışabilen ikinci navigasyon sistemidir. Uydu sistemlerine GLONASS’ın eklenmesi ile birlikte uydu sayısı arttığı için GPS

uydularının görüşünün engellenebileceği yerleşik alanlarda daha hızlı ve hassas sonuç vermektedir. GLONASS aynı zamanda yüksek enlemlere sahip kuzey ve güney kutup bölgelerine de yüksek hassasiyetli navigasyon hizmeti sağlamaktadır. GLONASS'ın geliştirilme süreci 1976 yılında Sovyetler Birliği topraklarında başlamıştır. 12 Ekim 1982 yılından itibaren 1995 yılına kadar sisteme yeni yeni uydular eklenmiştir. 1990'larda kapasite düşüşünün ardından, 2001 yılında devletin önceliği haline gelmiş ve 2010 yılında bütçenin üçte birini harcayan Roscosmos'un en maliyetli programı olmuştur. GLONASS, 2010 yılına kadar Rusya'nın tamamını kapsayan bir etkiye sahip olmuştur. Bu gelişmelerin ardından 2011 yılının ekim ayında toplam 24 uydusu ile küresel kapsama alanına erişmiştir. En son yapılan açıklama ile GLONASS'ın hedeflerinden biri, bir dizi uzay aracının Ay'a ulaştırılması ve bir Ay iletişim ve konumlandırma sisteminin kurulmasıdır. Bu sistemin kurulma hedefi olarak 2040 yılı belirlenmiştir. GLONASS uydu sistemi, sivil ve askeri kullanıcıları için gerçek zamanlı konum ve hız belirleme sağlayan küresel bir uydu navigasyon sistemidir. Uyduların her biri 64,8 derecelik eğim ve 11 saat 15 dakikalık bir zaman ile 19100 km (11900 mil) irtifaya sahip orta dairesel yörüngede konuşlandırılmıştır. Sistemin yörüngesi uç noktalar olan kuzey ve güney kutup dairelerinde de kapsamı olacak şekilde tasarlanmıştır. Sistemdeki uydular her biri eşit aralıklarla yerleştirilmiş 8 uydu bulunan 3 yörüngede çalışmaktadır. Küresel kapsama için 24 uydu çalışırken, sadece Rusya toprakları için 18 uydu faaliyet göstermektedir. Konum hesaplaması için alıcı en az 4 uydu arasında olmalıdır.



Şekil 5.2.1. GLONASS İçin Tasarlanan Logo

Uzay Bölümü

GLONASS'ın uzay bölümü uydu sistemlerinden oluşmaktadır. Uydu tasarımları yıllara göre farklılıklar içermektedir. Bu değişimler üç farklı nesle ayrılmaktadır. İlk olan sürüm GLONASS (1982), GLONASS-M (2003) ve GLONASS-K (2011) uydularıdır. Her uydu bir ada sahiptir ve askeri olarak Cosmos-NNNN olarak adlandırılmaktadır.

Birinci Nesil

İlk uydu tasarımı olan GLONASS diğer adıyla Urgan uyduları, ortalama 1250 kg ağırlığa sahip üç eksenli uydular olarak tasarlanmıştır. Aynı zamanda yörünge içerisinde yer değiştirmek için hareket sistemi ile donatılmıştır. Zaman içerisinde yapılan iyileştirmeler ile uydular Blok IIa, IIb ve III sürümlerine yükseltilmiştir. 1985 ve 1986 yılları arasında, frekans ve zaman standartları artırılmış ve 16 aylık ömre sahip Blok IIa uydusu tasarlanmıştır. 1987 yılında da iki yıllık bir ömre sahip Blok IIb uydusu faaliyete geçmiştir. Bu uydulardan 12 tanesi fırlatılmış ama yarısı fırlatma sırasında kazalarda kaybolmuştur. Yörüngeye oturtulan 6 uydu 22 ay boyunca çalışmış, Blok III uydusu başarılı bir uydu sistemi olmuştur. 1988 yılından 2005 yılına kadar fırlatmalara dahil edilmiş ve 56 uydu yörüngeye fırlatılmıştır.

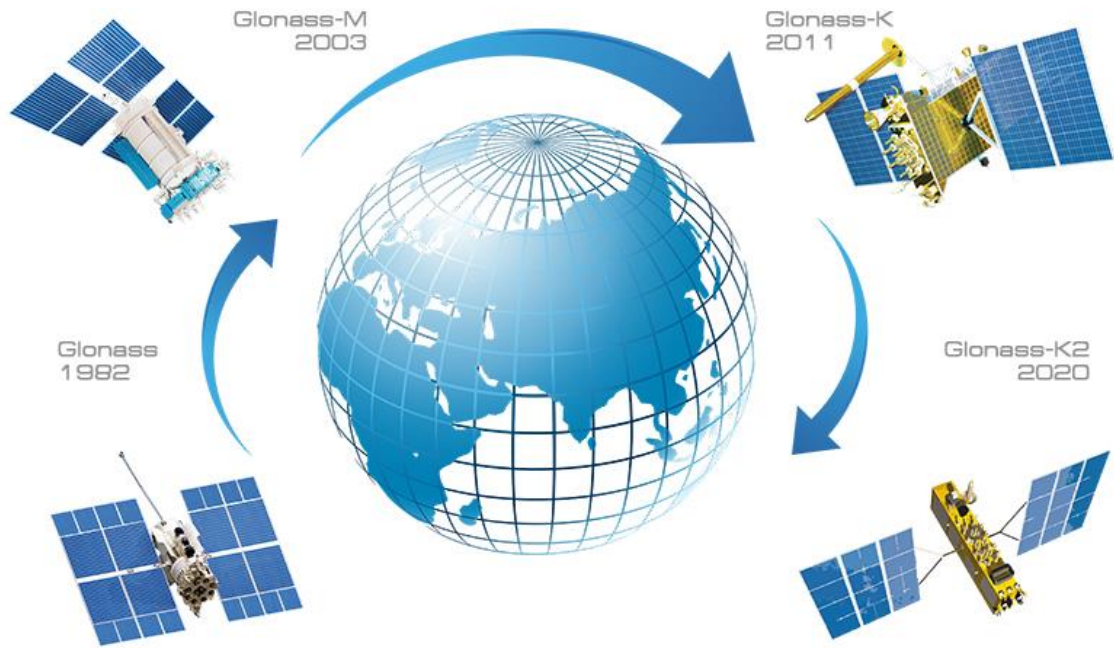
İkinci Nesil

İkinci nesil uydular GLONASS-M olarak adlandırılmaktadır. 1990 yılında geliştirilmeye başlanmış ve 2003 yılında faaliyete geçmiştir. Bu uydular 7 yıllık bir ömre ve 1480 kg ağırlığa sahiptir. Çapı 2,4 m yüksekliği 3,7 m olan uydular, jeodezik çalışmalar ve hassas yörünge belirleme çalışmaları için ek donanımlara sahip olmaktadır. GLONASS-M, 31 uydu ve 4 tane yedek uydu olarak tasarlanmıştır. 2013 yılının sonuna gelindiğinde toplamda 41 tane ikinci nesil uydu yörüngeye fırlatılmıştır. Diğer nesilde olduğu gibi güçlendirici olarak Proton-K Blok-DM2 veya Proton-K Briz-M kullanılmıştır. 2015 temmuz ayında son GLONASS-M uydusu (61. Uydu) üretilmiştir. 22 Eylül 2017'de No. 52 GLONASS-M uydusu işleme alınmış ve toplam uydu sayısı 24 olmuştur.

Üçüncü Nesil

Diğer uyduların en iyi iyileştirilmesi GLONASS-K uydusu ile yapılmıştır. 750 kg ağırlığı ile diğer uydulardan ayrılan GLONASS-K, aynı zamanda 10 yıllık ömre sahiptir.

GLONASS-K uyduları 26 uyduya sahiptir ve Rusya'nın askeri uzay sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu uydunun donanımlarının sadece Rus üretimi olması GLONASS'ın doğruluğunun iki katına çıkmasını sağlamıştır. Üçüncü neslin ilk uydusu 26 Şubat 2011 yılında fırlatılmıştır. Bu neslin uydu ağırlığı az olması sebebiyle daha düşük maliyetli olan Soyuz-2.1b güçlendiricileri ile 6 seferde fırlatılmıştır. Uyduların tarihsel gelişimi Şekil 5.2.2'de verilmiştir.



Şekil 5.2.2. GLONASS Uydularının Tarihsel Gelişimi

Kontrol Bölümü

GLONASS uydu sisteminin yer kontrol bölümü Brezilya'daki üsler hariç tamamı eski Sovyetler Birliği topraklarındadır. GLONASS'ın yer sistemleri Şekil 5.2.1'de anlatıldığı gibi şunlardan oluşmaktadır:

- 1 adet sistem kontrol merkezi
- 5 telemetri, izleme ve komuta merkezi
- 2 adet lazer ölçüm istasyonu ve 10 adet izleme ve ölçme istasyonu

2005'te fırlatılmıştır. Operasyonel anlamda ilk fırlatma ise 21 Ekim 2011'de gerçekleşmiştir. 2018 yılının temmuz ayına kadar tasarlanan 30 uydunun 26'sı yörüngeye oturtulup, göreve başlamıştır. Galileo, 2021'de 24 aktif uydudan oluşmaktadır ve 2025 yılından sonra yeni uyduların yörüngeye fırlatılması planlanmaktadır. Galileo sisteminin kuruluş aşaması ise 1999 yılında başlamıştır. Avrupa Uzay Ajansı'nın üç büyük ortağı olan Almanya, Fransa ve İtalya tarafından bir ekip oluşturulmuş, bu ekip sistemin tasarımı için görevlendirilmiştir. Tasarının ilk aşaması 26 Mayıs 2003'te Avrupa Birliği ve Avrupa Uzay Ajansı tarafından resmi olarak onaylanmıştır. Diğer uydu sistemlerine karşılık olarak sistem sivil kullanıcılar ağırlıklı olarak tasarlanmıştır. Sadece silahlı çatışma gibi savaş durumlarında kapatılması planlanan bu projenin en büyük yüklenicileri Almanya ve İtalya'dır.



Şekil 5.3.1. Galileo İçin Tasarlanan Logo

Uzay Bölümü

Galileo'nun uzay bölümü 24 tanesi aktif olan 6 yedekli 30 uydudan oluşmaktadır. Bu uyduların yörünge yüksekliği yaklaşık 23222 km'dir ve orta dünya yörüngesinde (MEO) gezmektedir. 3 yörünge düzlemine sahiptir ve 56 derecelik eğim ile uydular hareket eder. Uyduların ömrü 12 yıl olarak tasarlanmıştır. 675 kg ağırlığa sahip uydular 2,7 x 1,2 x 1,1 metre gövde genişliği ile hareket ederler. Güneş panel açıklığı 18,7 metredir.

Kontrol Bölümü

Kontrol bölümünde sistemin yörüngesi ve sinyal doğruluğu kontrol edilmektedir. Oberpfaffenhofen (Almanya) ve Fucino (İtalya) uydu ve görev kontrolünü üstlenmektedir. İzleme ve kontrol istasyonu olarak Kiruna (İsveç), Kourou (Fransız Guyanası), Nouméa (Yeni Kaledonya (Fransa)), Sainte-Marie (Kanada), Réunion (Fransa), Redu (Belçika) ve Papeete (Fransız Polinezyası) bulunan altı uzaktan kontrol merkezi seçilmiştir. Her birinde 2 tane olmak üzere 10 bağlantı istasyonu Svalbard (Norveç), Kourou (Fransız Guyanası), Papeete (Fransız Polinezyası), Sainte-Marie (Kanada), Réunion (Fransa) ve Nouméa (Yeni Kaledonya (Fransa)) şehirlerinde kurulmuştur ve farklı farklı yerlerde olan birçok veri yayma ve servis merkezleri vardır (Anonim 3, 2022). Şekil 5.3.1'de bu yerler işaretlenmiştir.



Şekil 5.3.2. Galileo Konumlandırma Sistemi Kontrol Bölümü

Galileo Uydu Programı Uluslararası Telekomünikasyon Birliği'nin (ITU: International Telecommunication Union) frekans tahsislerine göre geliştirilmektedir. Buna göre GNSS hizmetleri için 1164-1215 MHz (Galileo programında E5a ve E5b olarak biliniyor), 1260-1300 MHz (Galileo programında E6 olarak biliniyor) ve 5010-5030 MHz (C bandı) bantları bu sisteme tahsis edilmiştir. Galileo sisteminin frekans bilgilerine göre E5, E6 ve E1 sinyallerinin 1191.795 MHz, 1278.75 MHz ve 1575.42 MHz frekanslarından yayınlanması beklenmektedir. Galileo sisteminin referans zamanı olarak GST (Galileo System Time) kullanılmaktadır. Ancak kullanılan bu zaman sisteminin GPS zamanından farkı çok küçük (nanosaniyeler mertebesinde) olduğu için yaklaşık aynı kabul edilmektedir. Bu nedenle GST saniyesi aynı GPS'te olduğu gibi cumartesiye pazara bağlayan gece, GST Haftası ise 22 Ağustos 1999 00:00:00.00 GPS Zamanında başlamaktadır. Jeodezik datum olarak da en son tanımlanmış ITRF referans sisteminin kullanılması planlanmıştır (Kahveci ve Yıldız, 2018).

Kullanıcı Bölümü

Galileo Konumlandırma Sistemi'nin kullanıcı bölümü diğer sistemlerde de olduğu gibi sistemi kullanan herkesi kapsamaktadır. Sistemin kullanıcıya sağladığı hizmetler dört ana başlıkta toplanmaktadır. Bunlar;

Açık Hizmet (Open Service (OS)): Bu hizmet herkes için tasarlanmış olup tamamen ücretsizdir. Basit bir zamanlama tekniği ve 1 metreye kadar doğruluk sağlamaktadır.

Yüksek Doğruluklu Hizmet (High Accuracy Service): Diğer adıyla Ticari Kullanım Hizmeti 1 santimetreye kadar doğruluk veren bir hizmettir ve ücretlidir.

Kamu Kullanımı için Hizmet (Public Regulated Service (PRS)): Yetkili devlet kurumları tarafından kullanımına izin vardır. Bu hizmet kullanılırken Avrupa güvenlik politikaları geçerlidir.

Arama ve Kurtarma Hizmeti (Search and Rescue Service (SAR)): Sistem acil durum işaretlerini alır ve geri bildirim gönderir. Bu nedenle yardım için verdiğiniz sinyalin alınıp alınmadığı veya yardımın yolda olup olmadığı takip edilebilir.

Galileo Konumlandırma Sistemi ile ilgili son güncellemeleri verecek olursak 2020'nin başlarında yörüngede 28 uydu bulunmaktaydı. Bu uydulardan 22 tanesi kullanılabilir ve hizmet verebilir durumda, 2 uydu test aşamasında, 2 uydu da kullanıcıların hizmetinde

olmayan uydulardan oluşmaktadır (Anonim 3, 2022). Uydu bazlı koordinat sistemleri ile ilgili karşılaştırma Tablo 5.3.1’de yapılmıştır.

Tablo 5.3.1. GPS, GLONASS ve GALILEO Temel Özellikler

	GPS	GLONASS	GALILEO
Yörüngedeki Uyduların Sayısı	31	24	28
Yörünge Süresi	11 saat 58 dakika	11 saat 15 dakika	14 saat 22 dakika
Referans Koordinat Sistemi	WGS84	PZ90.02	GTRF
Referans Zamanı	TAI-19 Saniye	UTC+3 Saat	TAI

6. UYDU EFEMERİSİ

GNSS sistemlerinde kullanılan uydu yörüngelerine efemeris denir. Efemeris terimi Latince'den gelmektedir. Anlam itibari ile gök günlüğü olarak da ifade edilmektedir. Göksel ve astronomik navigasyonda belirlenmiş bir zaman aralığını kapsayan astronomik cisimlerin veya gökyüzündeki yapay uyduların doğal olarak oluşan konumlarını kaydetme işlemi olarak da ifade edilebilmektedir. İlk zamanlarda konumu belirlenmek istenilen gök cisimlerinin tarih ve zamanı düzenli bir şekilde kaydedilmekte ve bir tabloya dönüştürülmekteydi. Fakat modern zamanda matematiksel model kullanılarak elektronik olarak hesaplanmaktadır (Anonim 4, 2021).

Efemerisler anlık konum belirlemede (gerçek zaman) kullanılır ve navigasyon mesajının bir parçasıdır. Yayınlanan navigasyon mesajının içerisinde yayın efemerisi ve saat bilgileri yer almaktadır. Oturumlar sonrası duyarlılık konum hesabı için ofiste veri işlemesi yapılmaktadır. Veri işlemesi sırasında kullanılan efemeris bilgileri navigasyon mesajından elde edilen veriler değil, daha duyarlı uydu yörünge bilgileridir. Duyarlı uydu yörüngesi verilerine navigasyon mesajı ile birlikte internet ortamından ulaşılabilir. Bu bilgileri üreten kurumlar Tablo 6'da verilmiştir. Herkese sunulan bu bilgiler sp3 uzantılıdır. Uydu efemerisi genel olarak ikiye ayrılmaktadır. Bunlar; yayın efemerisi (Broadcast ephemeris) ve duyarlı efemeristir (Vural, 2021).

Tablo 6. Duyarlı Yörünge/Saat Bilgileri Üreten Kurum ve Kuruluşlar

Kurum/Kuruluş	Kullanılan Yazılım
Jet Propulsion Laboratory (JPL)	GIPSY-OASIS
Scripps Orbit and Permanent Array Center (SOPAC)	GAMIT
Center for Orbit Determination in Europe (CODE)	BERNESE
National Geodetic Survey (NGS)	PAGE5

6.1. Yayın Efemerisi (Broadcast Ephemeris)

Yayın efemerisleri yeryüzünün farklı noktalarına dağılmış altı kontrol istasyonu tarafından yapılan gözlemler sonucu üretilmektedir. Ana istasyon tarafından işlenmiş bilgiler yörüngedeki uydulara yüklenmektedir. Uydular tarafından da yüklenen bu bilgiler kullanıcıya yayın olarak gönderilmektedir. Yayın bilgisi navigasyon mesajı dosyası olarak tasarlanmaktadır. Bu dosyanın içerisinde Kepler parametreleri de bulunmaktadır. Bunun sebebi her bir uydu için koordinat ve saat düzeltmesi hesabı yapılmasıdır. Yayın efemerisi bilgileri genelde gerçek zamanlı uygulamalarda kullanılmaktadır. Ölçme sonrası işlemlerde de kullanıldığı durumlar vardır. Bu efemeris bilgileri ile elde edilen uydu koordinat hassasiyeti 5 m civarındadır. Bu da birçok jeodezik uygulamada kullanımını kolaylaştırmaktadır (Ervural ve Tuşat, 2019).

Yayın efemerisleri anlık olarak yayınlanır ve yaklaşık olarak 12 ile 36 saat arasındaki bir geçerliliğe sahiptir. Tablo 6.1’de parametre bilgileri verilen yayın efemerisi, sistem olarak WGS84 sisteminde tanımlanmaktadır (Kahveci ve Yıldız, 2018).

Tablo 6.1. Yayın Efemerisi Parametreleri

Parametre	Açıklaması
AODE (ya da IODE)	Efemeris verilerinin geçerlilik süresi (üretildiği zaman)
T_{oe}	Efemeris referans epoku
$\sqrt{a}$, e , M_0 , w_0 , i_0 , Ω_0	T_{oe} anındaki kepler elemanları
Δn	Ortalama hareketin hesaplanan değerden farkı (düzeltme değeri) (radyan/saniye)
$\frac{d_i}{d_t}$	Eğim açısı değişim oranı (radyan/saniye)
Ω	Yükselen düğüm noktası rektasansiyonundaki değişim oranı (radyan/saniye)
C_{uc} , C_{us}	Perigee argümanı için düzeltme katsayıları (radyan)
C_{rc} , C_{rs}	Jeosentrik uzaklık için düzeltme katsayıları (metre)
C_{ic} , C_{is}	Eğim açısı için düzeltme katsayıları (radyan)

```

2.11      N: GPS NAV DATA      G      RINEX VERSION / TYPE
LEICA GEO OFFICE 8.4      20-11-20 22:45      PGM / RUN BY / DATE
18      LEAP SECONDS
END OF HEADER

1 20 10 9 22 0 0.0 3.363471478224D-05-1.818989403546D-12 0.000000000000D+00
3.800000000000D+01-6.915625000000D+01 4.017667531997D-09 1.253113546880D+00
-3.661960363388D-06 1.009041513320D-02 5.513429641724D-06 5.153701194760D+03
5.112000000000D+05-1.266598701477D-07 6.926975475760D-01 8.940696716309D-08
9.818110734690D-01 2.848750000000D+02 8.281177251470D-01-8.082122526787D-09
-6.143113101542D-11 1.000000000000D+00 2.126000000000D+03 0.000000000000D+00
2.000000000000D+00 0.000000000000D+00 5.122274160385D-09 3.800000000000D+01
5.112000000000D+05

1 20 10 10 8 0 0.0 3.356765955687D-05-1.818989403546D-12 0.000000000000D+00
6.500000000000D+01-6.106250000000D+01 4.272320719423D-09 2.207118008920D-01
-3.064051270485D-06 1.008957147130D-02 4.449859261513D-06 5.153699312210D+03
5.472000000000D+05-2.421438694000D-08 6.924121147040D-01 1.583248376846D-07
9.818097261220D-01 3.026562500000D+02 8.281384693260D-01-8.246415106328D-09
-1.346484590492D-10 1.000000000000D+00 2.126000000000D+03 0.000000000000D+00
2.000000000000D+00 0.000000000000D+00 5.122274160385D-09 6.500000000000D+01
5.472000000000D+05

1 20 10 10 10 0 0.0 3.355462104082D-05-1.818989403546D-12 0.000000000000D+00
6.600000000000D+01-6.034375000000D+01 4.287321608842D-09 1.270846728230D+00
-3.052875399590D-06 1.008995319720D-02 4.820525646210D-06 5.153700206760D+03
5.544000000000D+05-1.508742570877D-07 6.923526938970D-01 1.788139343262D-07
9.818087415780D-01 2.991562500000D+02 8.281668089750D-01-8.210341739812D-09
-1.053615319990D-10 1.000000000000D+00 2.126000000000D+03 0.000000000000D+00
2.000000000000D+00 0.000000000000D+00 5.122274160385D-09 6.600000000000D+01
5.544000000000D+05

```

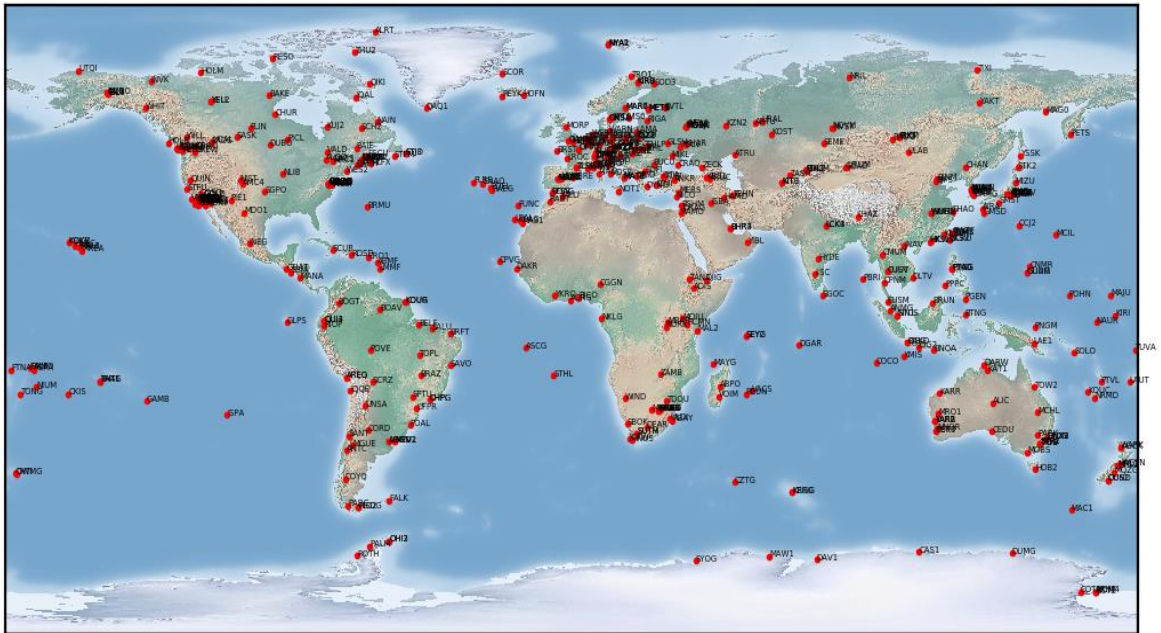
Şekil 6.1. GPS Navigasyon Mesajı Örneği

6.2. Duyarlı (Hassas) Efemeris

Duyarlı efemeris, dünya üzerinde dağılmış çok sayıda istasyondan gelen uydu verilerini değerlendirerek elde edilir. Kullanıcıya internet üzerinden ücretsiz bir şekilde sunulur. Uydular aracılığıyla gönderilen efemeris dosyalarında, her uydu için 15 dakikalık zaman dilimleriyle kilometre cinsinden X, Y, Z konum vektörleri ile bunların saat hataları yer alır. Bu gönderilen veri dosyalarını kullanarak enterpolasyon yöntemiyle herhangi bir zaman dilimi için yörünge hesabı yapılabilir. Duyarlı efemerislerin hassasiyeti yaklaşık birkaç santimetredir. Günümüzde kullanılan kontrol noktaları, nokta konumlandırma teknikleri ve hassas efemerisler ile belirlenmiştir. (Ervural ve Tuşat, 2019)

Duyarlı efemerisleri genel olarak iki kısma ayırabiliriz. Bunlardan birincisi NGS duyarlı efemerisidir. NGS hassas efemerisi Amerika Birleşik Devletleri NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) tarafından sağlanır. NGS duyarlı efemerisi, gözlemin yapıldığı an itibarıyla 2 ile 6 gün içinde kullanıcılara sunulmaktadır. Sunulan dosyalar UNIX-sıkıştırılmış formattadır. NGS sp3 efemeris bilgileri <ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/pub/gps/products/> adresinden temin edilebilmektedir. Duyarlı

efemerislerin ikincisi IGS duyarlı efemerisidir. International GPS Service for Geodynamics olarak ifade edilir. Bu sistemin yörünge bilgileri 21 Haziran 1992 gününde yapılan deneme amaçlı ölçü kampanyası ile başlamıştır. IGS yörüngeleri faz gözlemleri yardımıyla oluşturulmaktadır. Bu faz gözlemleri hassas P kod alıcılarının da olduğu global bir ağda yapılmaktadır. Günümüzde IGS genel olarak bilimsel çalışma ve mühendislik uygulamalarında kullanılmaktadır. Buradaki amaç yeterli doğruluk üretip, GPS ölçülerinin toplanması, arşivlenmesi ve dağıtılmasıdır. IGS ürünleri aynı zamanda ITRF sisteminin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi gibi amaçlarla da kullanılmaktadır. Yer kabuğunda oluşan hareketlerin belirlenmesi, iyonesferik çalışmalar ile deniz seviyesi değişimlerinin ölçülmesinde yüksek doğruluk sağlama gibi katkıları vardır. Şekil 6.2.1'e göre IGS temel olarak 366 tanesi aktif toplam 439 izleme istasyonundan oluşmaktadır. Aynı zamanda üç global veri merkezi vardır. Bunlar; CDDIS (Crustal Dynamics Data Information System at Goddard Space Flight Center, USA), IGN (Institut Geographique National, France) ve SIO (Scripps Institution of Oceanography) dur. CODE, NRCAN (EMR), ESA, JPL, GFZ, NGS VE SIO olmak üzere yedi tane analiz merkezi vardır. Üç farklı yörünge bilgisine sahiptir. Bunlar; IGS sonuç (IGS Final), IGS Hızlı (IGS Rapid; IGR) ve IGS Ultra Hızlı (IGS Ultra Rapid; IGU) efemerisleridir (Kahveci ve Yıldız 2018).



Şekil 6.2.1 Dünya IGS Noktaları (International GNSS Service, 2022)

6.3. Uydu Efemeris Hataları

GPS navigasyon mesajının, uydu konum bilgilerine sahip olduğu yukarıda bahsedildi. Efemeris hatası, uydu konum bilgilerinin kasıtlı bir şekilde yanlış yayınlanması durumunda veya hassasiyetinin düşük olduğu durumlarda karşılaşılan hataya denir. Modellendirilmesi zor bir hata türüdür. Bu hata uydu yörünge bilgilerinin daha hassas hesaplanmasını gerektirir. Bu durum da uydu sistemlerini etkileyen kuvvetlerin iyi bir şekilde ölçülmesi veya modellenmesi anlamına gelmektedir. Efemeris hatalarını üç farklı şekilde ifade edebiliriz. Bu hatalar; radyal (radial), teğet (tangential) ve çapraz yörünge (cross-track) hatalarıdır. Bunlardan en düşük etkiye sahip olan radyal hatalardır. Ancak uydu alıcı uzaklıklarının hesabında etkili olan hata radyal bileşenidir. Efemeris hataları uydu konumlarının kestiriminin (prediksiyon) bir sonucudur. Bu hata, kontrol bölümünün uydulara yaptığı en son yükleme zamanından uzaklaştıkça artar. Δr büyüklüğündeki yörünge hatasının (uydu konum hatası) b uzunluğundaki bazın baz bileşenlerinde (Δr) neden olacağı hata aşağıdaki genel kural eşitliği ile yazılabilir.

$$\frac{\Delta b(m)}{b(km)} = \frac{\Delta r(m)}{P_R^{SV}(km)}$$

Bu durumda uydunun alıcı mesafesi yaklaşık olarak 20200 km olarak kabul edildiğinde, yukarıdaki denklemden yararlanılarak baz uzunlukları ve farklı efemeris hataları (uydu koordinatlarındaki hatalar) için elde edilecek uzunluk hataları Tablo 6.3'te verilen değerler gibi olmaktadır (Kahveci ve Yıldız, 2018) (Anonim 5, 2021).

Tablo 6.3. Efemeris Hataları Nedeniyle Ölçülen Kenarlardaki Hata Oranları (Tuşat ve Turgut, 2003)

Efemeris Hatası (m)	Baz Uzunluğu (km)	Baz Hatası (ppm)	Baz Hatası (mm)
2.5	1	--	--
2.5	10	0.124	1
2.5	100	0.124	12
2.5	1000	0.124	124
0.05	1	--	--
0.05	10	--	--
0.05	100	0.0025	0.2
0.05	1000	0.0025	2.5

Birkaç kilometrelik baz uzunlukları için efemeris hatalarının etki alanı çok düşük olur. Ancak baz uzunlukları birkaç yüz kilometreyi bulursa, burada gerçekleşen hata oranının büyüklüğü önemlidir. Bu durum ise GPS ile ölçüm yapılan jeodezik çalışmalarda sorunlar çıkarmaktadır. Efemeris hataları doğal nedenlerden kaynaklanabildiği gibi kasıtlı olarak GPS mesajlarında bozulmalarla da yapılabilir. Normal şartlarda tüm kullanıcılar hiçbir kısıtlama olmaksızın yayın efemerisi kullanarak, dört uydudan eşzamanlı bir şekilde kaydedilen sinyaller yardımıyla anlık olarak konumlarını belirleyebilirler. Buradaki konumun sapması 25 metre civarı kadardır. Fakat ABD savunma yasalarından dolayı bu hata miktarları, uydu saatlerinde ve uyduların kestirilen koordinatlarında kullanılan yapay (kasıtlı) bozucu etkilerden dolayı anlık konum hassasiyeti değişmektedir. C/A kodun kullanılması ile yüzde 95 güven oranıyla iki boyut için 100 metre ve üç boyut için 156 metredir. P-Kodun kullanılmasında bu etkiler söz konusu olmayıp, üç boyutta elde edilen konum doğruluğu yüzde 95 güven oranıyla 8 ila 10 metre arasında değişmektedir. Yukarıda belirtilen bu bozucu etkiye Seçimli Doğruluk Erişimi (SA; Selective Availability) denir. Bu bozucu etki yalnızca Blok II modeli uydulara uygulanmaktaydı. Ancak Seçimli Doğruluk Erişimi ile ilgili olarak bugüne kadar yoğun tartışmalar yaşanmış, özellikle sivil kullanıcıların ve alıcı üreten firmaların yoğun baskısı ile bu etkinin kullanılmasına 1 Mayıs 2000 tarihinden itibaren son verilmiştir (Kahveci ve Yıldız, 2018).

7. UYDU EFEMERİS BİLGİLERİNDEN KONUM HESABI

Uydu efemerisi ile ilgili bilgiler yukarıda anlatıldı. Uydu efemerisinin ne olduğu, kaçta ayrıldığı gibi konular detaylandırılarak ele alındı. Uydu efemeris bilgilerini kullanarak konum hesabı yapmak yeni teknolojinin ilk uygulamalarından birisidir. Bu hesaplama ile bize her alanda yardımcı olan uydu teknolojisinde kullanılan uyduların, yani yörünge üzerinde gezinen yüzlerce uydunun anlık olarak hangi konumda olduğu tespit edilebilmektedir. Bu hesaplama bir dizi formülden oluşur ve hemen hemen her uydu sistemi için ayrı formüller vardır. Örneğin GPS için ayrı formüller vardır, GLONASS için ayrı formüller vardır. Hesaplamalar hassasiyet gerektiren türdendir. Formüller yardımıyla uydu konum hesabı fonksiyonlu bir hesap makinesi ile rahatça yapılabilir. Hesaplamanın farklı metotları da vardır. Excel, Matlab gibi formül yazılabilecek yazılım programlarında da bu hesaplamalar yapılabilir. Günümüzde kullanılan uydu sistemlerinin en önemli ve en yaygın oranda kullanılan teknolojileri GPS, GLONASS ve GALILEO uydu sistemleridir. Bu sistemlerde uydu konum hesaplamaları farklı formüllerle yapılır. Bu sistemler hakkındaki bilgiler yukarıda anlatıldı. Aşağıda da bu sistemlerdeki uydu konum hesaplamalarında kullanılan formüller verilecektir. Verilen formüllerdeki çelişkili veya anlaşılması zor olan kısımlar açıklanacaktır.

7.1. GPS için Uydu Konum Hesabı

Uydu konum hesabı için bazı parametrelere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu parametrelerle ilgili detaylı bilgi Tablo 7.1.1, Tablo 7.1.2 ve Tablo 7.1.3'te anlatılmaktadır.

Tablo 7.1.1. GPS Uydu Konum Hesabı Zaman Parametreleri (Ogaja, 2021)

t_{0e}	Referans zamanı, efemeris parametresi (s)
t_{0c}	Referans zamanı, saat parametresi (s)
a_0, a_1	Saat düzeltmesi için polinom katsayıları

Tablo 7.1.2. GPS Uydu Konum Hesabı Kepler Parametreleri (Ogaja, 2021)

$\sqrt{A}$	Büyük yarı eksenin karekökü
e	Eksentrisite
i_0	Referans zamanında eğim açısı (yarım daire)
Ω_0	Referans zamanında artan düğümün boylamı (yarım daire)
ω	Perigee argümanı (yarım daire)
M_0	Referans zamanında ortalama anomali (yarım daire)

Tablo 7.1.3. GPS Uydu Konum Hesabı Pertürbasyon Parametreleri (Ogaja, 2021)

Δn	Hesaplanan değerden ortalama hareket farkı (yarım daire/s)
$\Omega \text{ DOT}$	Sağ yükseliş değişim oranı (yarım daire/s)
$i \text{ DOT}$	Eğim değişim oranı (yarım daire/s)
C_{us}	Enlem argümanına sinüs harmonik düzeltme teriminin genliği (rad)
C_{uc}	Enlem argümanına kosinüs harmonik düzeltme teriminin genliği (rad)
C_{is}	Eğim açısına sinüs harmonik düzeltme teriminin genliği (rad)
C_{ic}	Eğim açısına kosinüs harmonik düzeltme teriminin genliği (rad)
C_{rs}	Yörünge yarıçapına sinüs harmonik düzeltme teriminin genliği (m)
C_{rc}	Yörünge yarıçapına kosinüs harmonik düzeltme teriminin genliği (m)

Yukarıda verilen parametrelerden bazıları GPS navigasyon mesajı verileri ile rahatlıkla bulunabilmekte, bir kısmı ise hesaplama yöntemi ile bulunabilmektedir. Bu parametrelerin navigasyon mesajından nasıl okunması gerektiği Tablo 7.1.4’te verilmektedir. Detaylı gösterimler ise ekler bölümünde anlatılmaktadır (Yıldırım, 2021).

Tablo 7.1.4. GPS için Navigasyon Mesajı Parametreleri Gösterimi

Uydu Numarası	Yıl	Ay	Gün	Saat	Dakika	Saniye	SV Clock Bias (ao)	SV Clock Drift (a1)	SV Clock Drift rate (a2)
							Crs	Delta n	Mo
							Eccentricity (e)	Cus	Sqrt (a)
							Cic	OMEGA (Ω_o)	Cis
							Crc	Omega (w)	OMEGA DOT ($\dot{\Omega}$)
							L2 Codes	GPS Week	L2 P Data Flag
							SV Health	TGD	IODC
							FIT Interval		

GPS uydu konum hesabı hesap adımları;

1. Elips büyük yarı eksenini hesaplanır.

$$A = (\sqrt{A})^2$$

2. Düzeltilmiş ortalama hareket hesaplanır.

$$n_0 = \sqrt{\frac{GM}{A^3}}$$

Buradaki $GM=3,986005 \times 10^{14} \text{ m}^3/\text{sn}^2$ dir.

Efemeris epokunda zaman hesaplanır. Yörünge elemanları t_{0e} referans zamanına göre yayınlandığından bu elemanlara gözlem anındaki değerlerinin elde edilmesi için düzeltme getirilmelidir. Düzeltmeler için;

$t_k = t - t_{0e}$ eşitliği kullanılır.

Buradaki t_k referans epoktan (t_{0e}) itibaren gözlem anına kadar saniye biriminde geçen toplam zamandır. Bu hesaplamalarda dikkat edilmesi gereken önemli bir husus vardır. GPS haftası başlangıcı ve bitişlerindeki geçişlerde $t_k > 302400$ saniye ise t_k 'den 604800 s (1 hafta) çıkartılmalı, $t_k < -302400$ saniye ise t_k 'ye 604800 saniye eklenmelidir.

3. Ortalama anomali hesaplanır.

$$M_k = M_0 + n \cdot t_k$$

4. Dışmerkez anomali iteratif çözüm ile hesaplanır.

$$E_k = M_k + e \sin E_k$$

Bu işlem iterasyon ile çözülmelidir. İterasyona başlarken E_k 'nin sıfırcı değeri M_k kabul edilir ve E_k 'nin birinci değeri hesaplanır. Bu şekilde iterasyon yapılır. İki değer arasındaki fark sıfır olana kadar veya sıfıra yaklaşınca kadar devam edilir. Genelde bu işlem üç iterasyonda sona erer.

$$E_0 = M, E_i = M + e \sin E_{i-1}, i = 1, 2, 3, \dots$$

5. Gerçek anomali hesaplanır.

$$\cos V_k = \frac{\cos E_k - e}{1 - e \cos E_k}$$
$$\sin V_k = \frac{\sqrt{1 - e^2} \sin E_k}{1 - e \cos E_k}$$

6. Enlem argümanı hesaplanır.

$$\Phi_k = V_k + \omega$$

7. Düzeltilmiş enlem argümanı hesaplanır.

$$\delta_{uk} = C_{uc}\cos 2\Phi_k + C_{us}\sin 2\Phi_k$$

$$U_k = \Phi_k + \delta_{uk}$$

8. Yaklaşık jeosentrik yarıçap hesaplanır.

$$r_k = A(1 - e\cos E_k) + \delta r_k$$

9. Düzeltilmiş jeosentrik yarıçap hesaplanır.

$$\delta r_k = C_{rc}\cos 2\Phi_k + C_{rs}\sin 2\Phi_k$$

10. Yaklaşık eğim hesaplanır.

$$i_k = i_0 + \text{idot} \cdot t_k + \delta i_k$$

11. Düzeltilmiş eğim hesaplanır.

$$\delta i_k = C_{ic}\cos 2\Phi_k + C_{is}\sin 2\Phi_k$$

12. Yörünge düzlemindeki konum hesaplanır.

$$X'_k = r_k \cos u_k$$

$$Y'_k = r_k \sin u_k$$

13. Yükselen düğüm noktasının düzeltilmiş boylamı hesaplanır.

$$\Omega_k = \Omega_0 + (\Omega \text{DOT} - \Omega \text{DOT}_e)t_k - \Omega \text{DOT}_e t_{0e}$$

ΩDOT_e sabit değer olup $7.292115167 \times 10^{-5}$ rad/s'dir.

14. Ekvator düzlemindeki uydu koordinatları hesaplanır.

$$X_k = X'_k \cos \Omega_k - Y'_k \sin \Omega_k \cos i_k$$

$$Y_k = X'_k \sin \Omega_k + Y'_k \cos \Omega_k \cos i_k$$

$$Z_k = Y'_k \sin i_k$$

Bu on dört adım ve öncesindeki hesaplamalar yapıldığı takdirde sonuca rahatlıkla ulaşılabilir. (Subirana, Zornoza ve Pajares, 2011) (Kahveci ve Yıldız, 2018) (Ogaja, 2021)

Yukarıda verilen formüller matris şeklinde yazılırsa uydu konumu aşağıdaki işlemler ile hesaplanabilir.

1. Uydunun yörünge düzlemindeki koordinatları hesaplanır. Bu koordinatlar q sisteminde ifade edilirse;

$$q = \begin{bmatrix} q_1 & r_k \cdot \cos v \\ q_2 & r_k \cdot \sin v \\ q_3 & 0 \end{bmatrix}$$

2. Uydu koordinatları ECEF koordinat sisteminde hesaplanır.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_3(-\Omega_k) \cdot R_1(-i_k) \cdot R_3(-\omega_k) \cdot q_1 \\ q_2 \\ q_3 \end{bmatrix}$$

Eşitliklerdeki dönüşüm matrisleri şu şekildedir;

$$R_1(-i) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos i & \sin i \\ 0 & -\sin i & \cos i \end{bmatrix}, \quad R_3(-\omega) = \begin{bmatrix} \cos \omega & -\sin \omega & 0 \\ \sin \omega & \cos \omega & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_3(-\Omega) = \begin{bmatrix} \cos \Omega & -\sin \Omega & 0 \\ \sin \Omega & \cos \Omega & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Yukarıda verilen matris eşitlikleri ile yapılan işlemlerde kutup gezinmesi bileşenleri, yer dönme parametreleri gibi büyüklükler göz ardı edilmektedir. Bu sebeple daha duyarlı

7.2. GLONASS için Uydu Konum Hesabı

GLONASS'ın Rusya yapımı bir konumlandırma sistemi olduğu yukarıda anlatılmıştı. Bu aşamada GLONASS Uydu Konumlandırma Sistemi için çalışan uyduların, yörüngelerindeki konum hesaplarının nasıl yapıldığı anlatılacaktır. Tablo 7.2'de hesaplamalar için kullanılan parametreler verilmiştir (Subirana, Zornoza ve Pajares, 2011).

Tablo 7.2. GLONASS Uydu Konum Hesabı Parametreleri (Subirana, Zornoza ve Pajares, 2011)

Parametreler	Açıklamalar
t_e	Efemeris referans zamanı
$x(t_e)$	PZ-90' da t_e anındaki koordinat
$y(t_e)$	PZ-90' da t_e anındaki koordinat
$z(t_e)$	PZ-90' da t_e anındaki koordinat
$V_x(t_e)$	PZ-90' da t_e anındaki hız bileşeni
$V_y(t_e)$	PZ-90' da t_e anındaki hız bileşeni
$V_z(t_e)$	PZ-90' da t_e anındaki hız bileşeni
$X''(t_e)$	t_e anındaki ay ve güneş ivmesi
$Y''(t_e)$	t_e anındaki ay ve güneş ivmesi
$Z''(t_e)$	t_e anındaki ay ve güneş ivmesi
$T_n(t_e)$	SV saat sapması
$\gamma_n(t_e)$	SV göreceli frekans sapması

Hesaplamalarda kullanılan parametrelerin navigasyon mesajında nasıl okunması gerektiği Tablo 7.2.1'de anlatılmıştır. Detaylı gösterimler ise ekler bölümünde anlatılmaktadır.

Tablo 7.2.1. GLONASS için Navigasyon Mesajı Parametreleri Gösterimi

Uydu Numarası	Yıl	Ay	Gün	Saat	Dakika	Saniye	SV Clock Bias	SV Relative Frequency Bias	Message Frame Time (tk)
							X Velocity (Vx)	X Acceleration	Satellite Helath
							Y Velocity (Vy)	Y Acceleration	Frequency Number
							Z Velocity (Vz)	Z Acceleration	Information Age

Bu bilgilerden sonra hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılabilir.

Konum:

$$x_a(t_e) = x(t_e) \cos(\theta_{G_e}) - y(t_e) \sin(\theta_{G_e})$$

$$y_a(t_e) = x(t_e) \sin(\theta_{G_e}) + y(t_e) \cos(\theta_{G_e})$$

$$z_a(t_e) = z(t_e)$$

Hız:

$$v_{x_a}(t_e) = v_x(t_e) \cos(\theta_{G_e}) - v_y(t_e) \sin(\theta_{G_e}) - \omega_E y_a(t_e)$$

$$v_{y_a}(t_e) = v_x(t_e) \sin(\theta_{G_e}) + v_y(t_e) \cos(\theta_{G_e}) + \omega_E x_a(t_e)$$

$$v_{z_a}(t_e) = v_z(t_e)$$

$X''(t_e)$, $Y''(t_e)$, $Z''(t_e)$ navigasyon mesajında yayınlanan ivme bileşenleri, ay güneş ivmelerinin ECEF Greenwich koordinat sisteminin eksenlerine izdüşümleridir. Bu nedenle, bu ivmeler inertial sisteme şu şekilde dönüştürülür:

$$(Jx_a m + Jx_a s) = X''(t_e) \cos(\theta_{G_e}) - Y''(t_e) \sin(\theta_{G_e})$$

$$(Jx_a m + Jx_a s) = X''(t_e) \sin(\theta_{G_e}) + Y''(t_e) \cos(\theta_{G_e})$$

$$(Jx_a m + Jx_a s) = Z''(t_e)$$

Burada;

(θ_{G_e}) , t_e dönemindeki yıldız zamanıdır. Greenwich meridyeninde başlangıç koşulu olarak adlandırılır. Şu hesaplama ile bulunur;

$$\theta_{G_e} = \theta_{G_0} + \omega_E (t_e - 3 \text{ Saat})$$

Burada;

$$\omega_E: \text{Dünyanın dönme hızı} = 0,7292115 \times 10^{-4} \text{ rad/s}$$

$$\theta_{G_0}: t_e \text{ dönem tarihinin GMT gece yarısında Greenwich 'teki yıldız zamanıdır.}$$

$$\text{Not: Glonass zamanı} = \text{UTC} + 3 \text{ saat}$$

t_e anındaki hesaplamalar t anına dönüştürülmelidir. Bu dönüştürme işlemi uyduların hareketini tanımlayan diferansiyel denklemlerin sayısal entegrasyonu ile yapılacaktır. Bu işlem Runge-Kutta tekniği ile yapılabilir. Çözüm yolunun denklemleri aşağıda verilmiştir.

$$\frac{dx_a}{dt} = v_{x_a}(t)$$

$$\frac{dy_a}{dt} = v_{y_a}(t)$$

$$\frac{dz_a}{dt} = v_{z_a}(t)$$

$$\frac{dv_{x_a}}{dt} = -\bar{\mu} \bar{x}_a + \frac{3}{2} C_{20} \bar{\mu} \bar{x}_a \rho^2 (1 - 5 \bar{z}_a^2) + (Jx_a m + Jx_a s)$$

$$\frac{dv_{y_a}}{dt} = -\bar{\mu} \bar{y}_a + \frac{3}{2} C_{20} \bar{\mu} \bar{y}_a \rho^2 (1 - 5 \bar{z}_a^2) + (Jx_a m + Jx_a s)$$

$$\frac{dv_{z_a}}{dt} = -\bar{\mu} \bar{z}_a + \frac{3}{2} C_{20} \bar{\mu} \bar{z}_a \rho^2 (3 - 5 \bar{z}_a^2) + (Jx_a m + Jx_a s)$$

Buradaki bazı bilinmeyen terimler sabit olup aşağıda verilmiştir. Diğerleri ise hesaplama yolu ile bulunabilir. İlgili bilgiler şunlardır:

$$\bar{\mu} = \frac{\mu}{r^2}, \quad \bar{x}_a = \frac{x_a}{r}, \quad \bar{y}_a = \frac{y_a}{r}, \quad \bar{z}_a = \frac{z_a}{r}, \quad \bar{\rho} = \frac{a_E}{r}, \quad r = \sqrt{x_a^2 + y_a^2 + z_a^2}$$

$$a_E = 6378,136 \text{ km Dünya'nın ekvator yarıçapı (PZ – 90)}$$

$$\mu = 398600,44 \text{ km}^3/\text{s}^2 \text{ Yer çekimi sabiti (PZ-90)}$$

$$C_{20} = -1082,63 \times 10^{-6} \text{ Küresel harmonik ifadenin ikinci bölge katsayısı}$$

Denklem sisteminin sağ tarafı merkezi gövde yerçekimi sabiti tarafından belirlenen ivmeleri hesaba katar. Bunlar; μ , ikinci bölge kat sayısı C_{20} ve ay-güneş yerçekimi düzensizliğinden kaynaklanan ivmelerdir.

Konum ve zaman ile ilgili düzenlemeler yapıldıktan sonra elde edilen sonuçlar ile konum hesabı aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$x(t) = x_a(t) \cos(\theta_G) + y_a(t) \sin(\theta_G)$$

$$y(t) = -x_a(t) \sin(\theta_G) + y_a(t) \cos(\theta_G)$$

$$z(t) = z_a(t)$$

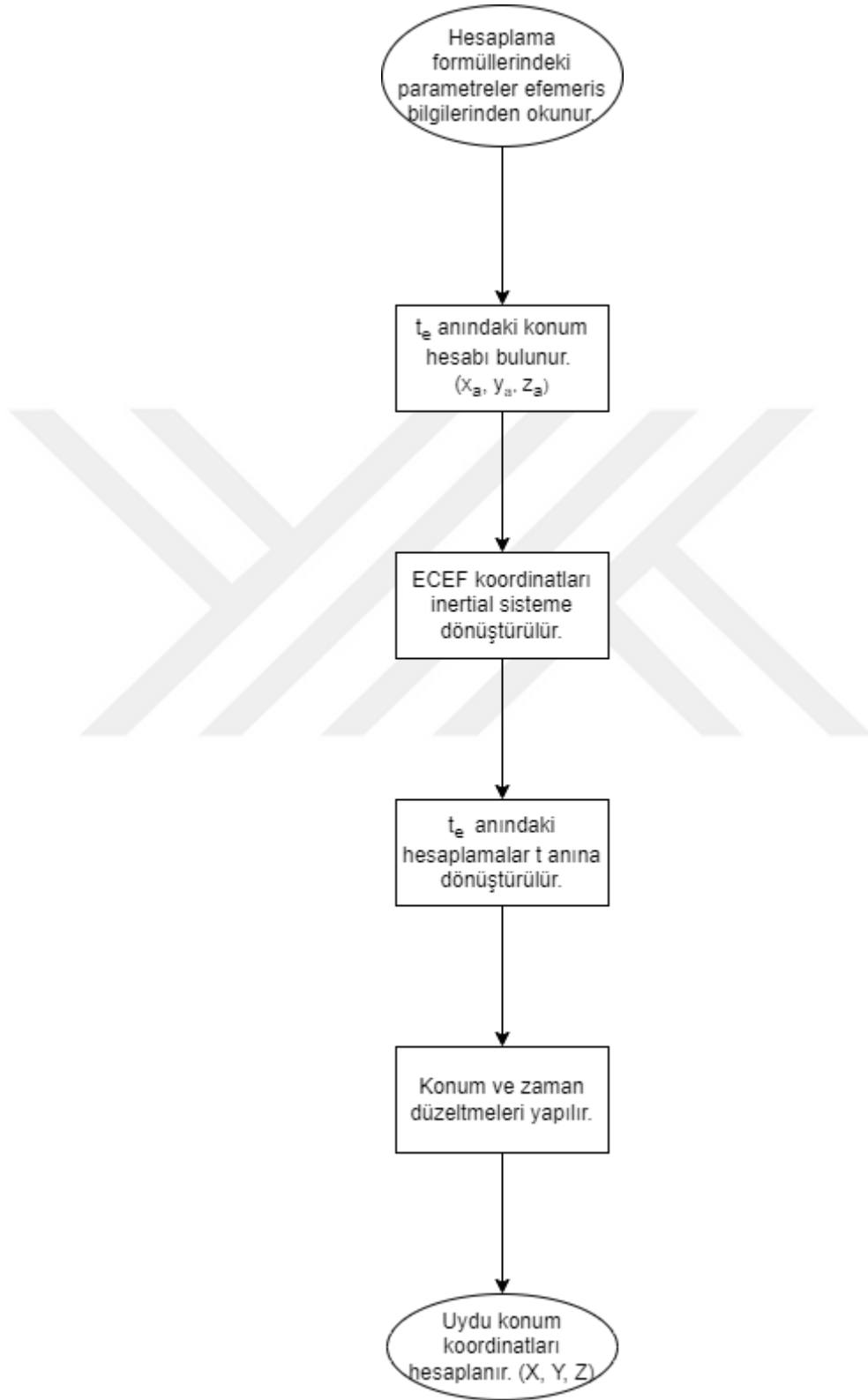
Buradaki t zamanının nasıl hesaplanması gerektiği yukarıda anlatıldı. Fakat eşitliğe göre düzenlenirse aşağıdaki sonuç ortaya çıkar.

$$\theta_G = \theta_{G_0} + \omega_E (t - 3 \text{ Saat})$$

PZ-90 sisteminden ITRF2000 koordinat sistemine dönüşüm aşağıdaki eşitlik ile yapılabilir. (Subirana, Zornoza ve Pajares, 2011)

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} (\text{ITRF2000}) = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} (\text{PZ} - 90.02) + \begin{bmatrix} -0.36\text{m} \\ 0.08\text{m} \\ 0.18\text{m} \end{bmatrix}$$

Bu işlem adımları Şekil 7.2’de verilen akış şemasında anlatılmaktadır.



Şekil 7.2. GLONASS için Uydu Konum Hesabı Akış Şeması

7.3. Galileo için Uydu Konum Hesabı

Galileo Uydu Konumlandırma Sistemi'nin uydu konum hesabı GPS için yapılan uydu konum hesabı ile aynıdır (Subirana, Zornoza ve Pajares, 2011). Galileo için parametrelerin okunması GPS için yapılan okuma nasılsa Galileo için de aynı şekilde olur. Navigasyon mesajları aynı biçimde yayınlanır. Şekil 7.3'te Galileo için navigasyon mesajı örneği yer almaktadır. Bu örnekten yararlanılarak parametreler elde edilir ve hesaplamalar yapılır.

2.12	N: GNSS NAV DATA	E: GALILEO	RINEX VERSION / TYPE	
GR25 V4.50		11-NOV-21 19:59	PGM / RUN BY / DATE	
GAL 6.7750D+01	1.1719D-01	-3.7537D-03	0.0000D+00	IONOSPHERIC CORR
GAUT 0.0000000000D+00	0.0000000000D+00	345600	2183	TIME SYSTEM CORR
GPGA 6.3155312091D-09	6.217248938D-15	432000	2183	TIME SYSTEM CORR
18	18	1929	7	LEAP SECONDS
				END OF HEADER
E01	2021 11 11 07 30	00-5.146536859684D-04	-8.100187187665D-12	0.000000000000D+00
	1.090000000000D+02	4.915625000000D+01	3.026554639578D-09	1.135521707631D+00
	2.276152372360D-06	2.875706413761D-04	7.024034857750D-06	5.440608604431D+03
	3.726000000000D+05	3.539025783539D-08	-2.416729633621D+00	-2.235174179077D-08
	9.760704176165D-01	1.970937500000D+02	-8.305131247652D-01	-5.473085118821D-09
	-3.539433145883D-10	2.580000000000D+02	2.183000000000D+03	0.000000000000D+00
	3.120000000000D+00	0.000000000000D+00	2.328306436539D-10	0.000000000000D+00
	3.746500000000D+05			

Şekil 7.3. Galileo Navigasyon Mesajı Örneği

8. MATLAB ile UYDU EFEMERİS BİLGİLERİNDEN KONUM HESABI

8.1. Matlab (MathWorks)

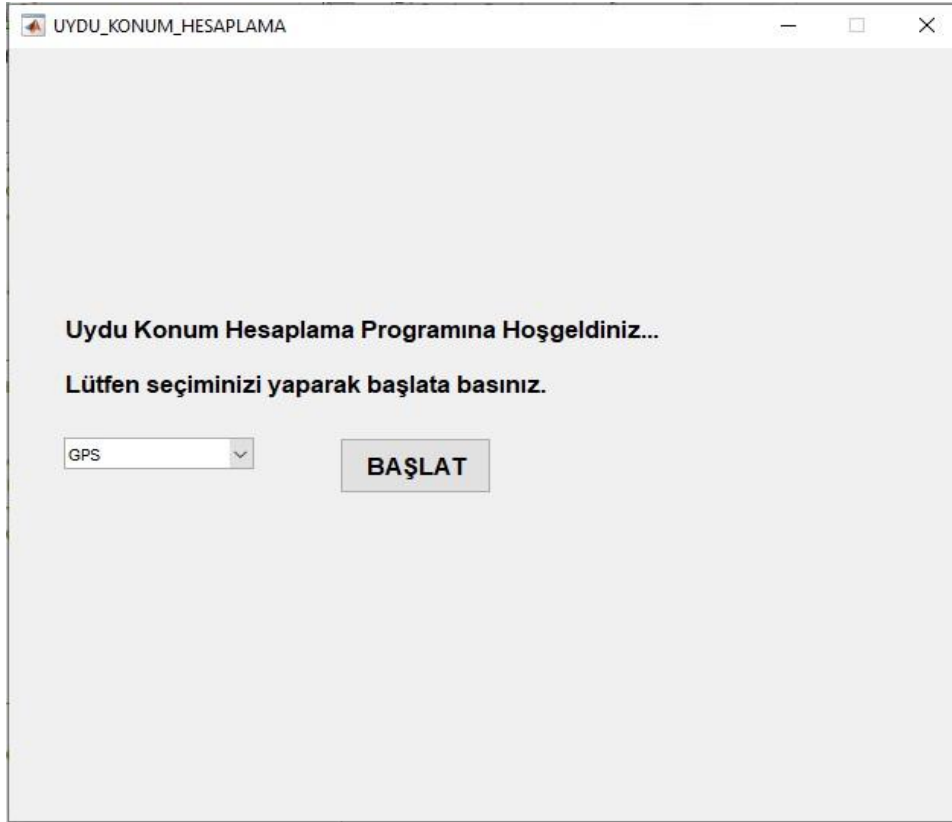
Matlab, birçok alanda kullanılan bir yazılım programıdır. Bir programlama dili olan Matlab, MathWorks tarafından geliştirilmektedir. Matlab, kullanıcılarına matris işleme, algoritma oluşturma, matematiksel hesaplamalar yapma, kullanıcı arayüzü oluşturma gibi hizmetler sunmaktadır. C, C++, Java ve Fortan gibi diğer dillerle yazılmış programlarla da bir iletişim kurmaktadır. Matlab ilk başlarda akademik çalışmalar için kullanılmıştır. Daha sonra endüstriyel alanlar, mühendislik, bilim ve ekonomi alanları gibi teknolojinin olduğu hemen hemen her alanda kullanılmaktadır. Matlab'ın ilk çıkış tarihi 1970'lerin sonuna denk gelmektedir. Cleve Moler (New Mexico Üniversitesi Bilgisayar Bilimi bölüm başkanı) tarafından geliştirilmeye başlanmıştır. Moler, daha sonra Jack Little ve Steve Bangert ile Matlab'ı C programlama dilini kullanarak tekrar yazmışlar ve geliştirmeye devam etmek için 1984'te MathWork'ü kurmuşlardır (Gilat, 2004).

Matlab her yıl iki sürüm olarak güncelleme yapmaktadır. Bu güncellemeler R2022a ve R2022b şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Mart ayında yaptığı güncelleme R2022a, eylül ayında yaptığı güncelleme R2022b olarak adlandırılmaktadır. Yani en yeni güncelleme R2021b olarak adlandırılan güncellemedir. Bu çalışmada kullanılan Matlab sürümü R2022b versiyonudur. Hesaplamalar ve arayüz oluşturma işlemleri bu sürümde yapılmıştır.

Bu çalışmadaki amaç, uydu efemeris bilgilerinden yararlanılarak uyduların kendi yörüngelerindeki konumunu hesaplayan bir program tasarlamaktır. Tasarlanan bu programda GPS, GLONASS ve Galileo sistemleri için konum hesaplamaları yapılacaktır. Konum hesabı yapan bir program tasarlayabilmek için Matlab R2022b yazılımı kullanılmıştır.

8.2. Matlab ile GPS Uydu Konum Hesabı

Matlab'ta tasarım yapmadan önce hesaplama yapabilmek parametrelerin ve formüllerin Matlab'a işlenmesi gerekir. Bu formüller ve parametrelerle ilgili açıklamalar Bölüm 7.1'de verilmiştir. Parametreler ve formüller Matlab'a işlendikten sonra Matlab GUI'de bir hesaplama programı yapabilmek için tasarıma başlanır. Şekil 8.2.1'de görüldüğü gibi bir giriş ekranı oluşturulur. Bu giriş ekranı, 3 sistemden birini seçme imkânı sunmaktadır.



Şekil 8.2.1. Uydu Konum Hesaplama Programı Giriş Ekranı GPS Seçimi

Matlab'ta Uydu Konum Hesaplama Programı adında bir giriş arayüzü oluşturulduktan sonra ikinci adım olarak Şekil 8.2.1'deki gibi parametre değerlerinin girilebileceği bir arayüz daha oluşturulur. Parametreler ekrana girilmeden önce GPS efemeris bilgilerinin olduğu RINEX veri dosyasına ihtiyaç vardır. Bu dosya Şekil 8.2.2'de verilmiştir.

2.10	NAVIGATION DATA	RINEX VERSION / TYPE
GR25 V4.50	2021 11 10 23:59	PGM / RUN BY / DATE
1.6764D-08 -7.4506D-09 -1.1921D-07 1.1921D-07		ION ALPHA
1.2083D+05 -1.1469D+05 -2.6214D+05 5.2429D+05		ION BETA
-2.793967723846D-09-8.881784197001D-16 589824 2183		DELTA-UTC: A0,A1,T,W
18		LEAP SECONDS
		END OF HEADER
2 21 11 11 00 00 0.0-6.414675153792D-04-1.591615728103D-12 0.000000000000D+00		
9.100000000000D+01 1.003125000000D+01 4.314822586823D-09-2.236073180738D+00		
7.413327693939D-07 2.046009118203D-02 3.132969141006D-06 5.153794872284D+03		
3.456000000000D+05 3.110617399216D-07-2.463501775423D-01 1.750886440277D-07		
9.647574907076D-01 3.196562500000D+02-1.481512847688D+00-7.867113411137D-09		
8.750364487804D-11 1.000000000000D+00 2.183000000000D+03 0.000000000000D+00		
2.000000000000D+00 0.000000000000D+00-1.769512891769D-08 9.100000000000D+01		
3.384000000000D+05 0.000000000000D+00		

Şekil 8.2.2. GPS için RINEX Navigasyon Veri Dosyası

Navigasyon mesajının nasıl okunması gerektiği ekler bölümünde detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Anlatılanlara göre elde edilen parametre değerleri Tablo 8.2.1’de verilmiştir. Burada verilen parametreler 11 Kasım 2021 tarih ve 00:00 zamanlı verilerdir.

Tablo 8.2.1. GPS Uydu Konum Hesabı için Gerekli Olan Parametreler

Parametreler	Değerler
Hafta	2183
Gün	11
Saat	0
Dakika	0
Saniye	0
$\sqrt{a}$	5153,794872284
we	$7,2921157 \cdot 10^{-5}$
e	$2,046009118203 \cdot 10^{-2}$
io	0,9647574907076
Omega o	-0,2463501775423
w	-1,481512847688
Mo	-2,236073180738
Delta n	$4,314822586823 \cdot 10^{-9}$
Omega	$-7,867113411137 \cdot 10^{-9}$
i	$8,750364487804 \cdot 10^{-11}$
Cus	$3,132969141006 \cdot 10^{-6}$
Cuc	$-1,481512847688 \cdot 10^{-7}$
Cis	$1,750886440277 \cdot 10^{-7}$
Cic	$3,110617399216 \cdot 10^{-7}$
Crs	10,03125
Crc	319,65625
GM	$3,986005 \cdot 10^{14}$

Parametre okumaları yapıldıktan sonra ikinci aşama olarak oluşturulan parametre giriş ekranına okunan parametreler girilmiştir. Parametrelerin Matlab ekranındaki görünüşü

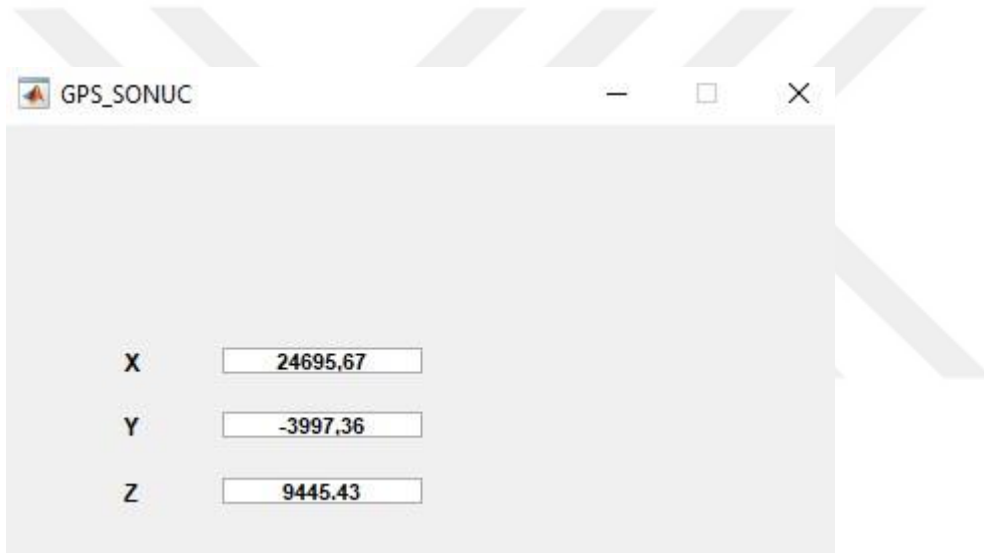
Şekil 8.2.3'te verilmiştir. Efemeris bilgilerinden okunan bu parametreler tasarlanan programa manuel bir şekilde girilmektedir. Değerler girilirken ondalık sayıların gösterimi nokta ile olmalıdır.

Hafta	2183
Gün	11
Saat	0
Dakika	0
Saniye	0
e	2.046009118203*10
io	0.9647574907076
omega o	-0.2463501775423
w	-1.481512847688
Mo	-2.236073180738
Delta n	4.314822586823*10
we	7.2921157*10^-5
Kök a	5153.794872284
Cus	3.132969141006*10
Cuc	-1.481512847688*10
Cis	1.750886440277*10
Cic	3.110617399216*10
Crs	10.03125
Crc	319.65625
i	8.750364487804*10
GM	3.986005*10^14
omega	-7.867113411137*10

HESAPLA

Şekil 8.2.3. GPS Parametre Ekranı

Şekil 8.2.2’de verilen parametre ekranına hesaplanacak değerler girildikten sonra üçüncü aşama olarak sonuç ekranı veren bir arayüz oluşturmaktır. Tasarlanan bu arayüz hesaplama sonucunu göstermektedir. Parametre ekranında hesapla butonuna tıklandıktan sonra sonuç ekranı Şekil 8.2.4’te gibi olacaktır. Hesaplama sonuçları km olarak hesaplanmaktadır ve uyduların kendi yörüngelerindeki koordinatlarını vermektedir. Diğer sistemler için de bu işlem adımları geçerlidir. GLONASS için yapılan işlemlerde parametre ve formüller farklıdır. Bu konu ile ilgili detaylar Bölüm 7’de açıklanmıştır. GPS için yapılan hesaplamalar Galileo sistemi için de geçerlidir. Sadece parametre değerleri farklıdır.



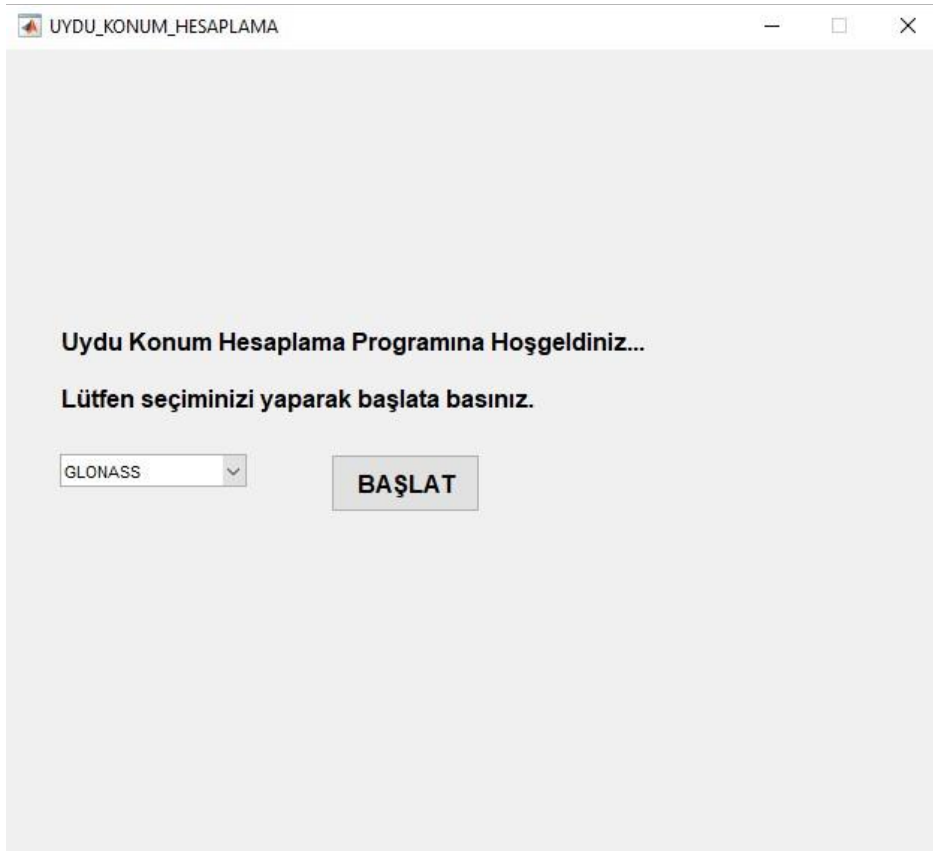
Şekil 8.2.4. GPS Sonuç Ekranı



Şekil 8.2.5. Uydu Konum Hesaplama Programı GPS Dosyaları

8.3. Matlab ile GLONASS Uydu Konum Hesabı

Matlab ile Glonass uydu konum hesabı yaparken dikkat edilmesi gereken kurallar, GPS uydu konum hesabındaki kurallar ile aynıdır. Sadece hesaplama formülleri fark göstermektedir. Yukarıda olduğu gibi burada da yapılması gereken ilk adım formüllerde kullanılacak olan parametrelerin Matlab'a işlenmesidir. Daha sonra yapılması gereken Uydu Konum Hesaplama Programı giriş ekranında GLONASS seçiminin yapılmasıdır.



Şekil 8.3.1. Uydu Konum Hesaplama Programı Giriş Ekranı GLONASS Seçimi

GLONASS seçimi yapıldıktan sonra başlat butonu parametreler ekranını açmaktadır. Parametrelere ilişkin RINEX veri dosyası Şekil 8.3.2'de verilmiştir.

```

2.10      GLONASS NAV DATA      RINEX VERSION / TYPE
GR25 V4.50      2021 11 10 23:59  PGM / RUN BY / DATE
2021 11 12 -9.313225746155D-10  CORR TO SYSTEM TIME
18 LEAP SECONDS
END OF HEADER

1 21 11 10 15 15 0.0 8.792709559202D-05 0.000000000000D+00 5.400000000000D+04
1.689639355469D+04-1.227576255798D+00 3.725290298462D-09 0.000000000000D+00
1.572003417969D+04-8.510313034058D-01 9.313225746155D-10 1.000000000000D+00
-1.088178369141D+04-3.136542320251D+00-9.313225746155D-10 0.000000000000D+00
2 21 11 10 23 45 0.0 4.996545612812D-04 1.818989403546D-12 8.460000000000D+04
-8.966475585938D+03-2.573757171631D-01 9.313225746155D-10 0.000000000000D+00
1.068230712891D+04-2.910388946533D+00 2.793967723846D-09-4.000000000000D+00
2.140732470703D+04 1.340395927429D+00-9.313225746155D-10 0.000000000000D+00

```

Şekil 8.3.2. GLONASS için RINEX Navigasyon Veri Dosyası

Kullanılan efemeris bilgileri 10 Kasım 2021 tarih ve 23:45 zamanlı 2 numaralı uydunun verileridir. Hesaplama için kullanılan parametre değerleri Tablo 8.3.1’de verilmektedir. Kullanılan değerlerin içinde sabit değerler vardır. Bu sabit parametrelerin hangileri olduğu ve değerlerinin ne olduğu Bölüm 7’de verilmiştir.

Tablo 8.3.1. GLONASS Uydu Konum Hesabı için Gerekli Olan Parametreler

Parametreler	Değerler
te	84600,00
x	-8966,475585938
y	10682,30712891
z	21407.32470703
Vx	-0,2573757171631
Vy	-2,910388946533
Vz	1,340395927429
X	$9.313225746155 \cdot 10^{-10}$
Y	$2.793967723846 \cdot 10^{-9}$
Z	$-9.313225746155 \cdot 10^{-10}$
We	0,00007292115
Teta_G_o	-9,313225746155
ae	6378,136
u	398600,44
C20	-0.00108263

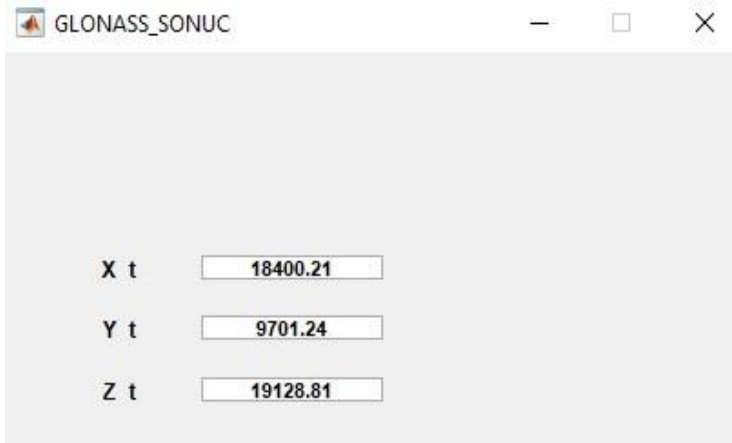
The screenshot shows a software window titled "GLONASS_GIRIS" with a standard Windows interface (minimize, maximize, close buttons). The window contains a list of input parameters, each with a text box containing a numerical value. The parameters and their values are:

Parameter	Value
te	84600.00
x	-8966.475585938
y	10682.30712891
z	21407.32470703
Vx	-0.2573757171631
Vy	-2.910388946533
Vz	1.340395927429
X	9.313225746155*10
Y	2.793967723846*10
Z	-9.313225746155*10
We	0.00007292115
Teta G o	-9.313225746155
ae	6378.136
u	398600.44
C20	-0.00108263

To the right of the input fields is a large button labeled "HESAPLA".

Şekil 8.3.3. GLONASS Parametre Ekranı

Parametrelerin ekrana girişi yapıldıktan sonra hesapla komutu verilir ve uydu konum koordinatlarının hesaplandığı bir sonuç ekranı çıkmaktadır. Bu ekran şekil 8.3.3'te gösterilmiştir. Hesaplanan sonuçlar km cinsinden değerlerdir.



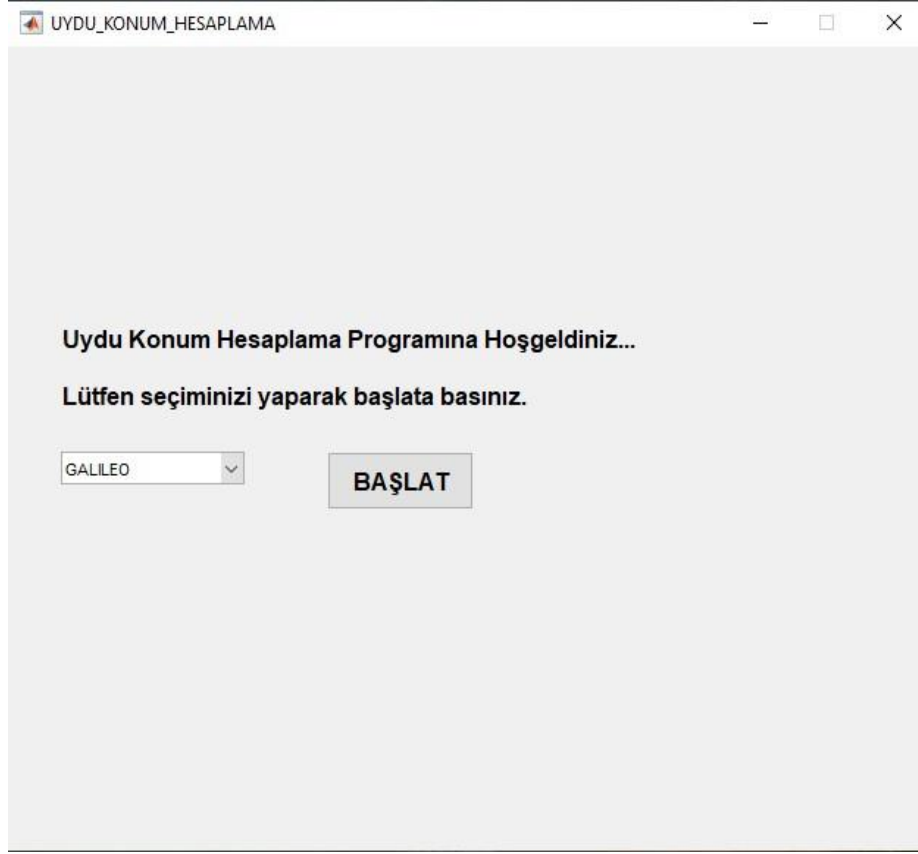
Şekil 8.3.4. GLONASS Sonuç Ekranı



Şekil 8.3.5. Uydu Konum Hesaplama Programı GLONASS Dosyaları

8.4. Matlab ile Galileo Uydu Konum Hesabı

Matlab'ta Galileo uydu navigasyon sistemi için konum hesabı yapılırken diğer sistemler için gerekli olan kurallar bu sistem için de geçerlidir.



Şekil 8.4.1. Uydu Konum Hesaplama Programı Giriş Ekranı GALİLEO Seçimi

Giriş ekranında seçim yapıldıktan sonra parametreler için RINEX veri dosyasına ihtiyaç vardır. Bu dosya Şekil 8.4.2’de verilmiştir.

```
E02 2021 11 10 14 20 00 2.593795070425D-04 2.572164703452D-12 0.000000000000D+00
6.000000000000D+00 6.656250000000D+01 2.862619239582D-09 2.434912731043D+00
2.995133399963D-06 4.149803426117D-04 8.640810847282D-06 5.440614576340D+03
3.108000000000D+05 7.823109626770D-08-2.416417992572D+00 1.862645149231D-09
9.761049966111D-01 1.662500000000D+02-3.727964879215D-01-5.341293914902D-09
-4.746626287466D-10 2.580000000000D+02 2.183000000000D+03 0.000000000000D+00
3.120000000000D+00 0.000000000000D+00-9.313225746155D-10 0.000000000000D+00
3.115000000000D+05
```

Şekil 8.4.2. GALİLEO için RINEX Navigasyon Veri Dosyası

2 numaralı uyduya ait bu parametreler 10 Kasım 2021 tarih ve 14:20 zamanlı verilerdir. Tablo 8.4.1’de detayları verilmiştir.

Tablo 8.4.1. GALİLEO Uydu Konum Hesabı için Gerekli Olan Parametreler

Parametreler	Değerler
Hafta	2183
Gün	10
Saat	14
Dakika	20
Saniye	0
$\sqrt{a}$	5440,61457634
e	$4,149803426117 \cdot 10^{-4}$
we	$7,2921157 \cdot 10^{-5}$
io	0,9761049966111
Omega o	-2,416417992572
w	-0,3727964879215
Mo	2,434912731043
Delta n	$2,862619239582 \cdot 10^{-9}$
Omega	$-5,341293914902 \cdot 10^{-9}$
i	$-4,746626287466 \cdot 10^{-10}$
Cus	$8,640810847282 \cdot 10^{-6}$
Cuc	$2,995133399963 \cdot 10^{-6}$
Cis	$1,862645149231 \cdot 10^{-9}$
Cic	$7,82310962677 \cdot 10^{-8}$
Crs	66,5625
Crc	166,25
GM	$3,986005 \cdot 10^{14}$

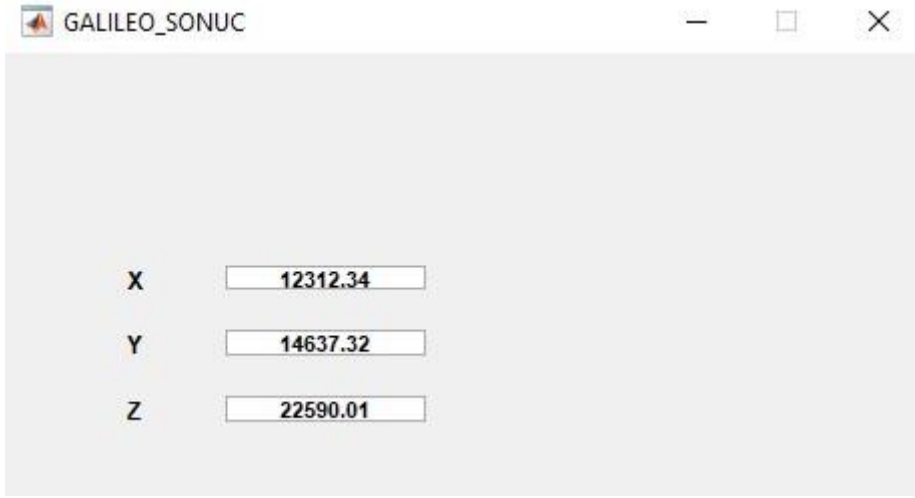
GALILEO_GIRIS

Hafta	2183
Gün	10
Saat	14
Dakika	20
Saniye	0
e	$19803426117 \cdot 10^{-4}$
io	0.9761049966111
omega o	-2.416417992572
w	-0.3727964879215
Mo	2.434912731043
Delta n	$2.862619239582 \cdot 10$
we	$7.2921157 \cdot 10^{-5}$
Kök a	5440.61457634
Cus	$8.640810847282 \cdot 10$
Cuc	$2.995133399963 \cdot 10$
Cis	$1.862645149231 \cdot 10$
Cic	$7.82310962677 \cdot 10^A$
Crs	66.5625
Crc	166.25
i	$-4.746626287466 \cdot 10$
GM	$3.986005 \cdot 10^{14}$
omega	$-5.341293914902 \cdot 10$

HESAPLA

Şekil 8.4.3. GALILEO Parametre Ekranı

Parametreler GPS'te olduğu gibi ekrana girilir ve hesapla komutu verildikten sonra km cinsinden değerler Şekil 8.4.4'te gösterildiği gibi olur.



Şekil 8.4.4. GALILEO Sonuç Ekranı



Şekil 8.4.5. Uydu Konum Hesaplama Programı GALILEO Dosyaları

9. SONUÇ

Yapılan bu çalışmada, uyduların kontrol merkezlerine ilettiği efemeris bilgileri ile kendi yörüngelerindeki konumlarının hesaplanması hedeflenmiştir. Bu amaçla, öncelikle konum kavramının ne ifade ettiği araştırılmış ve hesaplama yapılabilmesi için, konum belirleme yöntemleri, referans elipsoidleri gibi konulara çalışmada yer verilmiştir. Uydu konum hesabının yapılabilmesi için Matlab yazılım programı seçilmiş ve uydu konum hesabı yapabilen bir program tasarlanmıştır. Uydu konum hesabı yapılabilmesi için gerekli olan efemeris bilgileri 10 ve 11 Kasım 2021 ile 11 Aralık 2021 tarihlerini göstermektedir. Hesap için 3 farklı uydu bazlı konum belirleme sistemi tercih edilmiş ve uyduların yörüngelerindeki konumları hesaplanmıştır.

Uydu konum hesabı için seçilen ilk uydu bazlı konum belirleme sistemi GPS'tir. 11 Kasım 2021 ve 11 Aralık 2021 tarihli efemeris bilgilerinden 2 numaralı uydu için hesaplanan uydu yörünge koordinat değerleri Tablo 9.1. ve Tablo 9.2' de verilmiştir. r değeri ise $\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$ eşitliğinden bulunmaktadır. WGS-84'e göre yarıçap 6378137 m olarak tanımlanmaktadır. r değerinden, yarıçap değeri çıkartıldığı zaman ise uydunun deniz seviyesinden olan yüksekliği hesaplanmaktadır.

Tablo 9.1. GPS için Matlab'ta Hesaplanan 11 Kasım 2021 Tarihli Uydu Koordinatları

11 Kasım 2021	X (km)	Y (km)	Z (km)	r (km)	Yükseklik (km)
00:00	24695,67	-3997,36	9445,43	26740,82	20362,68
10:00	-24724,25	4507,11	9110,47	26732,07	20353,93
14:00	-4921,24	22371,94	-12710,01	26196,69	19818,55
18:00	13272,50	22573,09	-3483,34	26416,61	20038,47
20:00	7392,26	19511,38	17044,24	26941,52	20563,38
22:00	2499,78	15535,80	22051,35	27090,70	20712,56
24:00	24830,75	-5614,82	8066,86	26705,18	20327,04

Tablo 9.2. GPS için Matlab'ta Hesaplanan 11 Aralık 2021 Tarihli Uydu Koordinatları

11 Aralık 2021	X (km)	Y (km)	Z (km)	r (km)	Yükseklik (km)
24:00	1679,62	-22380,28	-13465,37	26172,78	19794,64

11 Kasım 2021 ve 11 Aralık 2021 tarihleri için hesaplanan koordinatlardan şu sonuçlar ortaya çıkmaktadır; uydunun 11 Kasım 2021 00:00'dan başlayıp aynı gün 24:00'te sonlandığı 24 saatlik periyotta, $\sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2 + (Z_2 - Z_1)^2}$ eşitliğinden yararlanılarak fark 2129,53 km olarak hesaplanmıştır. Yükseklik farkı ise 35,64 km olmuştur. Ortalama yükseklik ise 26624,55 km olarak hesaplanmıştır. 11 Kasım ve 11 Aralık 2021 tarihleri saat 24:00 için 1 aylık karşılaştırma yapılırsa aralarındaki mesafe 35786,76 km olmaktadır. Yükseklik farkı ise 532,40 km olarak hesaplanmaktadır. r değerinin karesel ortalama hatası ise 333,74 km olarak ölçülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre ortalama yükseklik değeri GPS için verilen bilgiler ile uyumludur.

Bir diğer uydu bazlı konum belirleme sistemi olan GLONASS için sonuçlar Tablo 9.3, Tablo 9.4 ve Tablo 9.5' te verilmiştir.

Tablo 9.3. GLONASS için Matlab'ta Hesaplanan 10 Kasım 2021 Tarihli Uydu Koordinatları

10 Kasım 2021	X (km)	Y (km)	Z (km)	r (km)	Yükseklik (km)
23:45	18400,21	9701,24	19128,81	28259,39	21881,25

Tablo 9.4. GLONASS için Matlab'ta Hesaplanan 11 Kasım 2021 Tarihli Uydu Koordinatları

11 Kasım 2021	X (km)	Y (km)	Z (km)	r (km)	Yükseklik (km)
00:45	16357,64	9674,94	20840,49	28204,66	21826,52
09:45	15300,85	-5551,24	23485,67	28574,62	22196,48
11:45	5756,20	17432,48	21299,71	28119,44	21741,30

13:45	-4765,11	25274,88	11760,36	28281,30	21903,16
15:45	23433,69	10434,21	11800,41	28235,80	21857,66
21:45	-2481,35	26742,81	10751,96	28929,91	22551,77
22:45	17455,10	8581,88	21105,51	28701,42	22323,28

Tablo 9.5. GLONASS için Matlab'ta Hesaplanan 11 Aralık 2021 Tarihli Uydu Koordinatları

11 Aralık 2021	X (km)	Y (km)	Z (km)	r (km)	Yükseklik (km)
22:45	16755,84	9485,64	20991,73	28484,88	22106,74

GLONASS için elde edilen uydu konum hesabı verilerinden şu sonuçlar ortaya çıkmaktadır: 23:45 ve 00:45 saatleri arasında uydu 2665,08 km yol katetmiştir. Efemeris saat verisinin başlangıcı olan 23:45'teki uydu konumu ile bitiş saati olan 22:45'teki uydu konumu arasındaki mesafe 2460,39 km olarak hesaplanmıştır. 2 numaralı uydunun ortalama yüksekliği 28421,27 km olarak ölçülmüştür. 1 aylık zaman diliminde ise uydunun konum değişimi 1148,34 km olarak hesaplanmıştır. PZ-90'a göre yarıçap 6378136 m olarak tanımlanmaktadır. r değerinden, yarıçap çıkarıldığı zaman uyduların deniz seviyesinden olan yükseklikleri elde edilmektedir. r değerinin karesel ortalama hatası ise 269,95 km olarak hesaplanmaktadır.

Son olarak ise Galileo uydu bazlı konumlandırma sistemi kullanılmıştır. Yine aynı tarihlerde kullanılan efemeris bilgilerinden 2 numaralı uydu için tespit edilen sonuçlar Tablo 9.6, Tablo 9.7 ve Tablo 9.8'de verilmiştir. Galileo için kullanılan yarıçap değeri ise 6378137 m olarak tanımlanmaktadır. r değerinden, yarıçap çıkarıldığı zaman deniz seviyesinden olan yükseklikler hesaplanmaktadır.

Tablo 9.6. Galileo için Matlab'ta Hesaplanan 10 Kasım 2021 Tarihli Uydu Koordinatları

10 Kasım 2021	X (km)	Y (km)	Z (km)	r (km)	Yükseklik (km)
14:20	12312,34	14637,32	22590,01	29599,88	23221,74

Tablo 9.7. Galileo için Matlab'ta Hesaplanan 11 Kasım 2021 Tarihli Uydu Koordinatları

11 Kasım 2021	X (km)	Y (km)	Z (km)	r (km)	Yükseklik (km)
13:40	24884,71	10668,03	11943,80	29592,38	23214,24
14:40	19032,18	10638,96	20014,24	29596,99	23218,85
15:20	17453,36	9604,40	21891,08	29598,70	23220,56
16:40	3841,27	17483,91	23582,66	29607,14	23229,00
17:40	-1313,04	23175,10	18384,58	29610,86	23232,72
18:40	-3523,29	27794,09	9590,35	29612,48	23234,34
20:00	9040,71	24639,04	13713,44	29612,07	23233,93
21:30	16289,07	-3815,53	24424,84	29605,16	23227,02

Tablo 9.8. Galileo için Matlab'ta Hesaplanan 11 Aralık 2021 Tarihli Uydu Koordinatları

11 Aralık 2021	X (km)	Y (km)	Z (km)	r (km)	Yükseklik (km)
21:30	4523,48	-17094,66	23734,66	29597,69	23219,55

Elde edilen sonuçlara göre 10 Kasım 2021 14:20'den 11 Kasım 2021 14:40'a kadar yaklaşık 24 saatlik zaman diliminde oluşan fark 8232,74 km'dir. 2 numaralı uydu ortalama 29603,35 km yükseklikte hareket etmektedir. Uydunun 1 saatlik zaman diliminde aldığı yol ise 9272,33 km'dir. Uydunun 11 Kasım 2021 21:30'daki yüksekliği ile tam bir ay sonrası olan 11 Aralık 2021 21:30'daki yüksekliği arasındaki fark 7,47 km olarak ölçülmüştür. Bu iki tarih için hesaplanan konumlar arasındaki mesafe ise 17755,02 km'dir. r değerinin karesel ortalama hatası ise 7,15 km olarak hesaplanmaktadır.

Bu çalışmanın diğer bir sonucu, aynı gün ve saatte iki farklı uydu sistemine ait uyduların birbirine göre konumlarının incelenebilmesidir. 11 Kasım 2021 20:00 zamanlı GPS ve Galileo uydularının aralarındaki mesafe 6332,81 km olarak ölçülmüştür. İki uydunun aralarındaki yükseklik farkı ise 2670,55 km'dir.

Çalışmanın bir diğer sonucu ise Matlab'tan elde edilen sonuçlar ile excelden elde edilen sonuçların tutarlılığının karşılaştırılmasıdır. 3 sistem içinde excelde hesaplanan sonuçlar aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Tablo 9.9. GPS için Excelde Hesaplanan 11 Kasım 2021 Tarihli Uydu Koordinatları

11 Kasım 2021	X (km)	Y (km)	Z (km)	r (km)	Yükseklik (km)
00:00	24695,67	-3997,36	9445,43	26740,82	20362,68
10:00	-24724,25	4507,11	9110,47	26732,07	20353,93
14:00	-4921,24	22371,94	-12710,01	26196,69	19818,55
18:00	13272,50	22573,09	-3483,34	26416,61	20038,47
20:00	7392,26	19511,38	17044,24	26941,52	20563,38
22:00	2499,78	15535,80	22051,35	27090,70	20712,56
24:00	24830,75	-5614,82	8066,86	26705,18	20327,04

Tablo 9.10. GPS için Excelde Hesaplanan 11 Aralık 2021 Tarihli Uydu Koordinatları

11 Aralık 2021	X (km)	Y (km)	Z (km)	r (km)	Yükseklik (km)
24:00	1679,62	-22380,28	-13465,37	26172,78	19794,64

Tablo 9.11. GLONASS için Excelde Hesaplanan 10 Kasım 2021 Tarihli Uydu Koordinatları

10 Kasım 2021	X (km)	Y (km)	Z (km)	r (km)	Yükseklik (km)
23:45	18400,21	9701,24	19128,81	28259,39	21881,25

Tablo 9.12. GLONASS için Excelde Hesaplanan 11 Kasım 2021 Tarihli Uydu Koordinatları

11 Kasım 2021	X (km)	Y (km)	Z (km)	r (km)	Yükseklik (km)
00:45	16357,64	9674,94	20840,49	28204,66	21826,52
09:45	15300,85	-5551,24	23485,67	28574,62	22196,48
11:45	5756,20	17432,48	21299,71	28119,44	21741,30
13:45	-4765,11	25274,88	11760,36	28281,30	21903,16
15:45	23433,69	10434,21	11800,41	28235,80	21857,66
21:45	-2481,35	26742,81	10751,96	28929,91	22551,77
22:45	17455,10	8581,88	21105,51	28701,42	22323,28

Tablo 9.13. GLONASS için Excelde Hesaplanan 11 Aralık 2021 Tarihli Uydu Koordinatları

11 Aralık 2021	X (km)	Y (km)	Z (km)	r (km)	Yükseklik (km)
22:45	16755,84	9485,64	20991,73	28484,88	22106,74

Tablo 9.14. Galileo için Excelde Hesaplanan 10 Kasım 2021 Tarihli Uydu Koordinatları

10 Kasım 2021	X (km)	Y (km)	Z (km)	r (km)	Yükseklik (km)
14:20	12312,34	14637,32	22590,01	29599,88	23221,74

Tablo 9.15. Galileo için Excelde Hesaplanan 11 Kasım 2021 Tarihli Uydu Koordinatları

11 Kasım 2021	X (km)	Y (km)	Z (km)	r (km)	Yükseklik (km)
13:40	24884,71	10668,03	11943,80	29592,38	23214,24
14:40	19032,18	10638,96	20014,24	29596,99	23218,85
15:20	17453,36	9604,40	21891,08	29598,70	23220,56

16:40	3841,27	17483,91	23582,66	29607,14	23229,00
17:40	-1313,04	23175,10	18384,58	29610,86	23232,72
18:40	-3523,29	27794,09	9590,35	29612,48	23234,34
20:00	9040,71	24639,04	13713,44	29612,07	23233,93
21:30	16289,07	-3815,53	24424,84	29605,16	23227,02

Tablo 9.16. Galileo için Excelde Hesaplanan 11 Aralık 2021 Tarihli Uydu Koordinatları

11 Aralık 2021	X (km)	Y (km)	Z (km)	r (km)	Yükseklik (km)
21:30	4523,48	-17094,66	23734,66	29597,69	23219,55

3 sistem için uydu koordinatları hem tasarlanan Matlab programında hem de excelde hesaplanmış ve sonuçları tablolar halinde verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre Matlab'ta hesaplanan değerler ile excelde hesaplanan değerler, beklendiği gibi aynı sonuçlara sahiptir. İki programın da aynı sonuçlar vermesi hesaplamaların doğruluğunu artırmaktadır. Hesaplanan koordinatlardan elde edilen birtakım sonuçlar GPS, GLONASS ve Galileo için verilen temel bilgiler ile örtüşmektedir. GPS için ortalama uydu yörünge yüksekliği Bölüm 5'te verildiği gibi 20200 km'dir. Program ile hesaplanan ortalama değer olan 26624,55 km yükseklikten dünyanın yaklaşık yarı çapı (6371 km) çıkarıldığı zaman sonuç 20253,55 km çıkmaktadır. Bu da verilen ortalama değere çok yakın bir sonuçtur.

Yapılan bu çalışma Matlab'ın uydu jeodezisinde kullanılabilirliğini gösterdiği gibi uyduların kendi yörüngelerindeki konumlarının belirli saatlerdeki değişimini de göstermektedir. Tasarlanan hesaplama programının kendi arasında tutarlılığı da ortaya konulmuştur. Aynı zamanda, tasarlanan bu program, diğer uydu bazlı konum belirleme sistemlerinin uydu konumlarının hesaplanması adına da örnek teşkil etmekte olup, diğer sistemler için de program tasarlanabilmektedir.

10. KAYNAKLAR

Alçay, S., 2010. Küresel Konumlamada GLONASS'ın Kullanılabilirliğinin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.

Arslan, E., 2020. Jeodezi 1. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü, Tokat.

<https://slideplayer.biz.tr/slide/1908192/> (20.09.2022)

Arslan, N., 2014. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Jeodezik Kavramlar. Çukurova Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü, Adana.

<https://docplayer.biz.tr/23593898-Uzaktan-algilama-ve-cografibilgisistemlerinde-jeodezik-kavramlar.html> (19.09.2022)

Anonim 1. GPS.

<https://stringfixer.com/tr/GPS> (05.05.2022)

Anonim 2. GLONASS.

<https://stringfixer.com/tr/GLONASS> (20.05.2022)

Anonim 3. Galileo.

[https://stringfixer.com/tr/Galileo_\(satellite_navigation\)](https://stringfixer.com/tr/Galileo_(satellite_navigation)) (27.05.2022)

Anonim 4, Efemeris.

<https://tr.wikipedia.org/wiki/Efemeris> (07.10.2021)

Anonim 5, GPS Ölçü ve Hesaplarını Etkileyen Hata Kaynakları.

<https://haritaonline.blogspot.com/2014/12/gps-olcu-ve-hesaplarn-etkileyen-hata.html> (11.10.2021)

Cabbaroğlu, C., Koordinat ve Koordinat Sistemi Nedir?

<https://www.haritaciyiz.com/koordinat/> (07.09.2022)

- Cheng, C., 1998. Calculations for Positioning with The Global Navigation Satellite System. (Yüksek Lisans Tezi), Ohio Üniversitesi Teknoloji ve Mühendislik Fakültesi Fritz J. ve Dolores H. Russ Enstitüsü, Amerika Birleşik Devletleri.
- Demirel, B., Hassas Tarım. Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kayseri.
- <https://docplayer.biz.tr/190904761-Hassas-tarim-2-hafta-dr-ogr-uyesi-bahadir-demirel.html> (15.09.2022)
- Doğanalp, S., 2018. Jeodezik Astronomi. Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, Konya.
- <https://docplayer.biz.tr/140157979-Jeodezik-astronomi-doc-dr-serkan-doganalp.html> (17.09.2022)
- Eliçalışkan, M., 2021. Coğrafi Konum Kavramı.
- <https://www.cografya.gen.tr/egitim/matcog/cografik-konum.htm> (15.09.2022)
- Eliçalışkan, M., 2021. Ekliptik.
- <https://www.cografya.gen.tr/sozluk/ekliptik-4.htm> (20.09.2022)
- Eliçalışkan, M., 2021. Paralel ve Meridyenler.
- <https://www.cografya.gen.tr/diger/uzay/paralel-meridyen.htm> (18.09.2022)
- Engin, S., Astronomi I. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Ankara.
- <https://9lib.net/document/zpn6k6d7-b%C3%B6l%C3%BCm-ii.html> (13.09.2022)
- Ervural, S. ve Tuşat, E., 2019. GPS Yayın Efemerisi Doğruluğunun İncelenmesi. Geomatik Dergisi, 4 (3), 170-178.
- Eskier, U., 2017. Jeodezi Nedir? (Tanımı ve Çeşitleri).
- <https://www.makaleler.com/jeodezi-nedir-tanimi-cesitleri> (11.09.2022)

European GNSS Service Centre, 2022. Galileo Konumlandırma Sistemi Kontrol Bölümü.

<https://www.gsc-europa.eu/galileo/system> (04.10.2022)

Gilat, A., 2004. Matlab.

<https://tr.wikipedia.org/wiki/MATLAB> (15.01.2022)

Guo, H., Lin, Y. ve Yu, M., 2009. A Comparasion for GLONASS Satellite Coordinate Calculation. Institute of Electrical and Electronics Engineer, 3421-3424.

International GNSS Service, 2022. IGS Noktaları.

<https://igs.org/network/#downloadable> (25.05.2022)

İnce, E., Arazi Ölçmeleri. Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Kaman Meslek Yüksek Okulu Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü Harita ve Kadastro Programı, Kırşehir.

<https://akademik.ahievran.edu.tr/kullanicidosyalar/files/Koordinat%20Sistemleri.pdf> (14.09.2022)

İlçi, V., Ölçme Bilgisi II. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, Samsun.

[https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/veli.ilci/137388/Geriden%20Kestirme%20\(Kaestner%20Y%C3%B6ntemi\).pdf](https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/veli.ilci/137388/Geriden%20Kestirme%20(Kaestner%20Y%C3%B6ntemi).pdf) (07.09.2022)

Kahveci, M. ve Yıldız, F., 2018. GNSS Uydularla Konum Belirleme Sistemleri Teori-Uygulama. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti., Sertifika No: 40340, 28-31, 86-95, 116-117, 186-187, 194-196 sayfalar, Ankara.

Köksal, E., 2016. Koordinat Sistemleri. Bülent Ecevit Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Geomatik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak.

<https://studylibtr.com/doc/950356/jdf344-koordinat-sistemleri-ders-notu> (10.09.2022)

Kurt, O., 2007. Temel Koordinat Sistemleri. Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli.

<https://silo.tips/download/hrt305-temel-koordnat-sdstemlerd-fundamental-coordinate-systems> (11.09.2022)

Military Topographic Department, 2014. Parametry Zemli 1990 (PZ-90.11). Military Topographic Department of The General Staff of Armed Forces, The Russian Federation.

Monaghan, R., 2006. GPS Satellite Position Estimation from Ephemeris Data by Minimum Mean Square Error Filtering Under Conditions of Selective Availability. Institute of Electrical and Electronics Engineer.

Official U.S. government information about the Global Positioning System (GPS) and related topics, 2022. GPS Kontrol Merkezi.

<https://www.gps.gov/systems/gps/control/> (04.10.2022)

Ogaja, C. A., 2021. Applied GPS for Engineers and Project Managers.

<https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/9780784411506.ap03> (12.10.2021)

Russian Institute of Space Device Engineering, 2008. Global Navigation Satellite System GLONASS Interface Control Documents. Russian Institute of Space Device Engineering. Moscow, Russia.

Sanz Subirana, J., Juan Zornoza, J. M. ve Hernandez-Pajares, M., 2011. GPS and Galileo Satellite Coordinates Computation. Esa Navipedia. Technical University of Catalonia. Spain.

https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/GPS_and_Galileo_Satellite_Coordinates_Computation (14.10.2021)

Sanz Subirana, J., Juan Zornoza, J. M. ve Hernandez-Pajares, M., 2011. GLONASS Satellite Coordinates Computation. Esa Navipedia. Technical University of Catalonia. Spain.

https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/GLONASS_Satellite_Coordinates_Computation (19.10.2021)

- Şanlıoğlu, İ. ve İnal, C., 2005. ITRF2000'nin Tanıtımı ve ITRF2000 ile Diğer Referans Ağları Arasındaki Dönüşüme Alternatif Bir Yaklaşım. Deprem Sempozyumu, Kocaeli.
- Tusat, E. ve Özyüksel, F., 2018. Comparison of GPS Satellite Coordinates Computed from Broadcast and IGS Final Ephemerides. International Journal of Engineering and Geosciences, 3 (1), 12-19.
- Tuşat, E. ve Turgut, B., 2004. GPS Efemeris Bilgisinin Göreceli Konumlamada Koordinatlara ve Baz Bileşenlerine Etkisi. Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 19 (1), 65-72.
- Türk Dil Kurumu (TDK), 2022. Konum.
<https://sozluk.gov.tr/> (10.09.2022)
- Türk, E., 2020. Konuma Dayalı Hız Vektörlerinin Zamansal Analizi. (Yüksek Lisans Tezi), Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.
- Vural, S., 2005. GPS Ölçmelerinde Uygun Ölçme Süresinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Whitmore, G. M., 1994. Coordinate Reference Systems for High Precision Geodesy. (Doctoral Thesis), University of Nottingham Institute of Engineering Surveying and Space Geodesy, United Kingdom.
- Yalçinkaya, M. ve Tanır Kayıkçı, E., 2007-2018. Jeodezik Ağların Tasarımı. Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, Trabzon.
<https://slideplayer.biz.tr/slide/16280104/> (17.09.2022)
- Yıldırım, Ö., 2021. GNSS. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Harita Mühendisliği Anabilim Dalı.

11. EKLER

EK-1 GPS Navigasyon Mesajında Hesaplama Parametrelerinin Gösterimi

GPS Navigation RINEX 2.11 Format

2.11	N: GPS NAV. MESSAGE	RINEX VERSION / TYPE		
gLAB	gAGE / UPC	PGM / RUN BY / DATE		
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE	17-MAR-10 12:14	COMMENT		
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE		COMMENT		
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA		COMMENT		
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu		COMMENT		
0.1676D-07	0.2235D-07	-0.1192D-07	-0.1192D-07	ION ALPHA
0.1208D+06	0.1310D+06	-0.1310D+06	-0.1966D+06	ION BETA
0.133179128170D-06	0.107469588780D-12	552960	1025	DELTA-UTC: A0,A1,T,W
15				
Reference Time: Description: Reference time for UTC data Format: I9				
6 99 9 2 19 0 0.0	-.839701388031D-03	-.165982783074D-08	.910000000000D+02	
.910000000000D+02	.934062500000D+02	.116040547840D-08	.484101474285D-05	
.626740418375D-02	.652112066746D-07	.409904000000D+06	-.242143869400D-07	
.329237003460D+03	.942817490922D+00	.326593750000D+03	.206958726335D+00	
.102500000000D+00	.307155651409D-09	.000000000000D+00	.102500000000D+00	
.000000000000D+00	.000000000000D+00	.000000000000D+00	.910000000000D+02	
.406800000000D+06	.000000000000D+00	.000000000000D+00	.000000000000D+00	
13 99 9 2 19 0 0.0	.490025617182D-03	.204636307899D-11	.000000000000D+00	
.133000000000D+03	-.963125000000D+02	.146970407622D-08	.292961152146D+01	
-.498816370964D-05	.200239347760D-02	.928156077862D-05	.515328476143D+04	
.414000000000D+06	-.279396772385D-07	.243031939942D+01	-.558793544769D-07	
.986307770581D+00	.271187500000D+03	-.232757915425D+01	-.619632953057D-08	
-.785747015231D-11	.000000000000D+00	.102500000000D+04	.000000000000D+00	
.000000000000D+00	.000000000000D+00	.000000000000D+00	.389000000000D+03	
.410400000000D+06	.000000000000D+00			

Reference Time:

- Description:
Reference time for UTC data
- Format:
I9

GPS Navigation RINEX 2.11 Format

2.11	N: GPS NAV. MESSAGE			RINEX VERSION / TYPE
gLAB	gAGE / UPC			PGM / RUN BY / DATE
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE				COMMENT
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE				COMMENT
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA				COMMENT
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu				COMMENT
0.1676D-07	0.2235D-07	-0.1192D-07	-0.1192D-07	ION ALPHA
0.1208D+06	0.1310D+06	-0.1310D+06	-0.1966D+06	ION BETA
0.133179128170D-06	0.107469588780D-12	552960	1025	DELTA-UTC: A0,A1,T,W
15				
Week Number:				
• Description:				
UTC reference week number: Continuous number, not mod(1024)				
• Format:				
I9				
6 99 9 2 19 0 0.0	-.839701388031D-03	-.165982783074D-08	.910000000000D+02	
.910000000000D+02	.934062500000D+02	.116040547840D-08	.484101474285D-05	
.626740418375D-02	.652112066746D-07	.409904000000D+06	-.242143869400D-07	
.329237003460D+03	.942817490922D+00	.326593750000D+03	.206958726335D+00	
.102500000000D+00	.307155651409D-09	.000000000000D+00	.102500000000D+00	
.000000000000D+00	.000000000000D+00	.000000000000D+00	.910000000000D+02	
.406800000000D+06	.000000000000D+00	.000000000000D+00	.000000000000D+00	
13 99 9 2 19 0 0.0	.490025617182D-03	.204636307899D-11	.000000000000D+00	
.133000000000D+03	-.963125000000D+02	.146970407622D-08	.292961152146D+01	
-.498816370964D-05	.200239347760D-02	.928156077862D-05	.515328476143D+04	
.414000000000D+06	-.279396772385D-07	.243031939942D+01	-.558793544769D-07	
.986307770581D+00	.271187500000D+03	-.232757915425D+01	-.619632953057D-08	
-.785747015231D-11	.000000000000D+00	.102500000000D+04	.000000000000D+00	
.000000000000D+00	.000000000000D+00	.000000000000D+00	.389000000000D+03	
.410400000000D+06	.000000000000D+00			

Week Number:

- Description:
UTC reference week number: Continuous number, not mod(1024)
- Format:
I9

GPS Navigation RINEX 2.11 Format

2.11	N: GPS NAV. MESSAGE			RINEX VERSION / TYPE	
gLAB	gAGE / UPC			PGM / RUN BY / DATE	
17-MAR-10 12:14				COMMENT	
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE				COMMENT	
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE				COMMENT	
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA				COMMENT	
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu				COMMENT	
0.1676D-07	0.2235D-07	-0.1192D-07	-0.1192D-07	ION ALPHA	
0.1208D+06	0.1310D+06	-0.1310D+06	-0.1966D+06	ION BETA	
0.133179128170D-06	0.107469588780D-12	552960	1025	DELTA-UTC: A0,A1,T,W	
15	LEAP SECONDS				
END OF HEADER					
6	99	9	2 19 0 0.0 -.839701388031D-03 -.165982783074D-10 .000000000000D+00		
Satellite PRN Number: - Description: Satellite PRN number. - Format: I2					.000D+02 .116040547840D-08 .162092304801D+00
					.375D-02 .652112066746D-05 .515365489006D+04
					.400D-07 .329237003460D+00 -.596046447754D-07
					.000D+03 .206958726335D+01 -.638312302555D-08
					.000D+00 .102500000000D+04 .000000000000D+00
					.000D+00 .000000000000D+00 .910000000000D+02
					.000D+00 .000000000000D+00 .000000000000D+00
					.182D-03 .204636307899D-11 .000000000000D+00
					.133000000000D+03 -.963125000000D+02 .146970407622D-08
					-.498816370964D-05 .200239347760D-02 .928156077862D-05
.414000000000D+06 -.279396772385D-07 .243031939942D+01	.558793544769D-07				
.986307770581D+00 .271187500000D+03 -.232757915425D+01	-.619632953057D-08				
-.785747015231D-11 .000000000000D+00 .102500000000D+04	.000000000000D+00				
.000000000000D+00 .000000000000D+00 .000000000000D+00	.389000000000D+03				
.410400000000D+06 .000000000000D+00					

Satellite PRN Number:

- Description:
Satellite PRN number.
- Format:
I2

GPS Navigation RINEX 2.11 Format

2.11	N: GPS NAV. MESSAGE			RINEX VERSION / TYPE
gLAB	gAGE / UPC			PGM / RUN BY / DATE
17-MAR-10 12:14				COMMENT
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE				COMMENT
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE				COMMENT
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA				COMMENT
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu				COMMENT
0.1676D-07	0.2235D-07	-0.1192D-07	-0.1192D-07	ION ALPHA
0.1208D+06	0.1310D+06	-0.1310D+06	-0.1966D+06	ION BETA
0.133179128170D-06	0.107469588780D-12	552960	1025	DELTA-UTC: A0,A1,T,W
15				LEAP SECONDS
				END OF HEADER
6	99	9	2 19 0 0.0	-.839701388031D-03 -.165982783074D-10 .000000000000D+00
				.910000000000D+02 .934062500000D+02 .116040547840D-08 .162092304801D+00
				.48410147 .066746D-05 .515365489006D+04
				.40990400 .003460D+00 -.596046447754D-07
				.94281749 .206958726335D+01 -.638312302555D-08
				.30715565 .000000D+04 .000000000000D+00
				.00000000 .000000D+00 .910000000000D+02
				.40680000 .000000D+00 .000000000000D+00
13	99	9	2 19 0 0.0	D19.12 .000000000000D+00 .000000000000D+00
				.13300000 .204636307899D-11 .000000000000D+00
				.498816370964D-05 .200239347760D-02 .928156077862D-05 .515328476143D+04
				.414000000000D+06 -.279396772385D-07 .243031939942D+01 -.558793544769D-07
				.986307770581D+00 .271187500000D+03 -.232757915425D+01 -.619632953057D-08
				-.785747015231D-11 .000000000000D+00 .102500000000D+04 .000000000000D+00
				.000000000000D+00 .000000000000D+00 .000000000000D+00 .389000000000D+03
				.410400000000D+06 .000000000000D+00 .000000000000D+00 .000000000000D+00

IODE:

- Description:
IODE: Issue of Data Ephemeris.
- Format:
D19.12

GPS Navigation RINEX 2.11 Format

```

2.11          N: GPS NAV. MESSAGE          RINEX VERSION / TYPE
gLAB          gAGE / UPC                    17-MAR-10 12:14    PGM / RUN BY / DATE
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE          COMMENT
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE     COMMENT
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA        COMMENT
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu   COMMENT
0.1676D-07   0.2235D-07   -0.1192D-07   -0.1192D-07 ION ALPHA
0.1208D+06   0.1310D+06   -0.1310D+06   -0.1966D+06 ION BETA
0.133179128170D-06 0.107469588780D-12 552960 1025 DELTA-UTC: A0,A1,T,W
15          LEAP SECONDS
          END OF HEADER

6 99 9 2 19 0 0.0 -.839701388031D-03 -.165982783074D-10 .000000000000D+00
.910000000000D+02 .934062500000D+02 .116040547840D-08 .162092304801D+00
.484101474285D-05 .626740418375D-02 .652112080000D+00 .489006D+04
.409904000000D+06 -.242143869400D-07 .329237000000D+00 .447754D-07
.942817490922D+00 .326593750000D+03 .206958720000D+00 .302555D-08
.307155651409D-09 .000000000000D+00 .102500000000D+00 .000000000000D+00
.000000000000D+00 .000000000000D+00 .000000000000D+00 .000000000002
.406800000000D+06 .000000000000D+00 .000000000000D+00 .000000000000D+00
13 99 9 2 19 0 0.0 .490025617182D-03 .204636300000D+00 .146970400000D+01
.133000000000D+03 -.963125000000D+02 .928156070000D+00 .152146D+01
-.498816370964D-05 .200239347760D-02 .928156070000D+00 .476143D+04
.414000000000D+06 -.279396772385D-07 .243031930000D+00 .544769D-07
.986307770581D+00 .271187500000D+03 -.232757915425D+01 -.619652953057D-08
-.785747015231D-11 .000000000000D+00 .102500000000D+04 .000000000000D+00
.000000000000D+00 .000000000000D+00 .000000000000D+00 .389000000000D+03
.410400000000D+06 .000000000000D+00

```

Crs:

- Description: Radius Correction Sinus Component
- Units: Meters
- Format: D19.12

GPS Navigation RINEX 2.11 Format

```

2.11          N: GPS NAV. MESSAGE          RINEX VERSION / TYPE
gLAB          gAGE / UPC                    17-MAR-10 12:14    PGM / RUN BY / DATE
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE          COMMENT
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE     COMMENT
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA        COMMENT
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu   COMMENT
0.1676D-07   0.2235D-07   -0.1192D-07   -0.1192D-07 ION ALPHA
0.1208D+06   0.1310D+06   -0.1310D+06   -0.1966D+06 ION BETA
0.133179128170D-06 0.107469588780D-12 552960 1025 DELTA-UTC: A0,A1,T,W
15          LEAP SECONDS
          END OF HEADER

6 99 9 2 19 0 0.0 -.839701388031D-03 -.165982783074D-10 .000000000000D+00
.910000000000D+02 .934062500000D+02 .116040547840D-08 .162092304801D+00
.484101474285D-05 .626740418375D-02 .652112080000D+00 .489006D+04
.409904000000D+06 -.242143869400D-07 .329237000000D+00 .447754D-07
.942817490922D+00 .326593750000D+03 .206958720000D+00 .302555D-08
.307155651409D-09 .000000000000D+00 .102500000000D+00 .000000000000D+00
.000000000000D+00 .000000000000D+00 .000000000000D+00 .000000000002
.406800000000D+06 .000000000000D+00 .000000000000D+00 .000000000000D+00
13 99 9 2 19 0 0.0 .490025617182D-03 .204636300000D+00 .146970400000D+01
.133000000000D+03 -.963125000000D+02 .928156070000D+00 .152146D+01
-.498816370964D-05 .200239347760D-02 .928156070000D+00 .476143D+04
.414000000000D+06 -.279396772385D-07 .243031930000D+00 .544769D-07
.986307770581D+00 .271187500000D+03 -.232757915425D+01 -.619652953057D-08
-.785747015231D-11 .000000000000D+00 .102500000000D+04 .000000000000D+00
.000000000000D+00 .000000000000D+00 .000000000000D+00 .389000000000D+03
.410400000000D+06 .000000000000D+00

```

Delta n:

- Description: Delta n
- Units: Radians / Seconds
- Format: D19.12

GPS Navigation RINEX 2.11 Format

```

2.11          N: GPS NAV. MESSAGE      RINEX VERSION / TYPE
gLAB          gAGE / UPC                PGM / RUN BY / DATE
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu
0.1676D-07    0.2235D-07    -0.1192D-07    -0.1192D-07 ION ALPHA
0.1208D+06    0.1310D+06    -0.1310D+06    -0.1966D+06 ION BETA
0.133179128170D-06  0.107469588780D-12  552960    1025 DELTA-UTC: A0,A1,T,W
15                                                    LEAP SECONDS
                                                    END OF HEADER

6 99 9 2 19 0 0.0 -.839701388031D-03 -.165982783074D-10 .000000000000D+00
.910000000000D+02 .934062500000D+02 .116040547840D-08 .162092304801D+00
.484101474285D-05 .626740418375D-02 .652112066746D-05 .515365489006D+04
.409904000000D+06 -.242143869400D-07 .329237003460D+00 -.596046447754D-07
.942817490922D+00 .326593750000D+03 .206958726335D+01 -.638312302555D-08
.307155651409D-09 .000000000000D+00 .102500000000D+04 .000000000000D+00
.000000000000D+00 .000000000000D+00 .000000000000D+00 .910000000000D+02
.406800000000D+06 .000000000000D+00

13 99 9 2 19 0 0.0 .490025617182D-03 .204636307899D-11 .000000000000D+00
.133000000000D+03 -.963125000000D+02 .146970407622D-08 .292961152146D+01
-.498816370964D-05 .200239347760D-02 .928156077862D-05 .515328476143D+04
.414000000000D+06 -.279396772385D-07 .243031939942D+01 -.558793544769D-07
.986307770581D+00 .271187500000D+03 -.232757915425D+01 -.619632953057D-08
-.785747015231D-11 .000000000000D+00 .102500000000D+04 .000000000000D+00
.000000000000D+00 .000000000000D+00 .000000000000D+00 .389000000000D+03
.410400000000D+06 .000000000000D+00

```

Mo:

- Description: Mo Angle
- Units: Radians
- Format: D19.12

```

THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu
0.1676D-07    0.2235D-07    -0.1192D-07    -0.1192D-07 ION ALPHA
0.1208D+06    0.1310D+06    -0.1310D+06    -0.1966D+06 ION BETA
0.133179128170D-06  0.107469588780D-12  552960    1025 DELTA-UTC: A0,A1,T,W
15                                                    LEAP SECONDS
                                                    END OF HEADER

6 99 9 2 19 0 0.0 -.839701388031D-03 -.165982783074D-10 .000000000000D+00
.910000000000D+02 .934062500000D+02 .116040547840D-08 .162092304801D+00
.484101474285D-05 .626740418375D-02 .652112066746D-05 .515365489006D+04
.409904000000D+06 -.242143869400D-07 .329237003460D+00 -.596046447754D-07
.942817490922D+00 .326593750000D+03 .206958726335D+01 -.638312302555D-08
.307155651409D-09 .000000000000D+00 .102500000000D+04 .000000000000D+00
.000000000000D+00 .000000000000D+00 .000000000000D+00 .910000000000D+02
.406800000000D+06 .000000000000D+00

13 99 9 2 19 0 0.0 .490025617182D-03 .204636307899D-11 .000000000000D+00
.133000000000D+03 -.963125000000D+02 .146970407622D-08 .292961152146D+01
-.498816370964D-05 .200239347760D-02 .928156077862D-05 .515328476143D+04
.414000000000D+06 -.279396772385D-07 .243031939942D+01 -.558793544769D-07
.986307770581D+00 .271187500000D+03 -.232757915425D+01 -.619632953057D-08
-.785747015231D-11 .000000000000D+00 .102500000000D+04 .000000000000D+00
.000000000000D+00 .000000000000D+00 .000000000000D+00 .389000000000D+03
.410400000000D+06 .000000000000D+00

```

Cuc:

- Description: Latitude Correction Cosinus Component
- Units: Radians
- Format: D19.12

THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE

FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA

PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu

0.1676D-070.2235D-07-0.1192D-07-0.1192D-07

0.1208D+060.1310D+06-0.1310D+06-0.1966D+06

0.133179128170D-060.107469588780D-125529601025

15

COMMENT

COMMENT

COMMENT

ION ALPHA

ION BETA

DELTA-UTC: A0,A1,T,W

LEAP SECONDS

END OF HEADER

699921900.0-.839701388031D-03-.165982783074D-10.000000000000D+00

.910000000000D+02.934062500000D+02.116040547840D-08.162092304801D+00

.484101474285D-05.626740418375D-02.652112066746D-05.515365489006D+04

.409904000000D+06-.242143869400D-07.329237066958D-07.596046447754D-07

.942817490922D+00.326593750000D+03.206958773335D+01-.638312302555D-08

.307155651409D-09.000000000000D+00.102500000000D+04.000000000000D+00

.000000000000D+00.000000000000D+00.000000000000D+00.910000000000D+02

.406800000000D+06.000000000000D+00.000000000000D+00.000000000000D+00

1399921900.0.490025617182D-03.20463637899D-11.000000000000D+00

.133000000000D+03-.963125000000D+02.14697047622D-08.292961152146D+01

-.498816370964D-05.200239347760D-02.92815607862D-05.515328476143D+04

.414000000000D+06-.279396772385D-07.243031939942D+01-.558793544769D-07

.986307770581D+00.271187500000D+03-.232757915425D+01-.619632953057D-08

-.785747015231D-11.000000000000D+00.102500000000D+04.000000000000D+00

.000000000000D+00.000000000000D+00.000000000000D+00.389000000000D+03

.410400000000D+06.000000000000D+00.000000000000D+00.000000000000D+00

Eccentricity:

- Description:
Orbit Eccentricity
- Format:
D19.12

Eccentricity:

- Description:
Orbit Eccentricity
- Format:
D19.12

THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE										COMMENT
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA										COMMENT
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu										COMMENT
0.1676D-07	0.2235D-07	-0.1192D-07	-0.1192D-07	ION ALPHA						
0.1208D+06	0.1310D+06	-0.1310D+06	-0.1966D+06	ION BETA						
0.133179128170D-06	0.107469588780D-12	552960	1025	DELTA-UTC: A0,A1,T,W						
15										LEAP SECONDS
										END OF HEADER
6	99	9	2	19	0	0.0	-.839701388031D-03	-.165982783074D-10	.000000000000D+00	
							.910000000000D+02	.934062500000D+02	.116040547840D-08	
							.484101474285D-05	.626740418375D-02	.652112066746D-05	
							.409904000000D+06	-.242143869400D-07	.329237066958D-07	
							.942817490922D+00	.326593750000D+03	.206958773335D+01	
							.307155651409D-09	.000000000000D+00	.102500000000D+04	
							.000000000000D+00	.000000000000D+00	.000000000000D+00	
							.406800000000D+06	.000000000000D+00	.000000000000D+00	
13	99	9	2	19	0	0.0	.490025617182D-03	.20463637899D-11	.000000000000D+00	
							.133000000000D+03	-.963125000000D+02	.14697047622D-08	
							-.498816370964D-05	.200239347760D-02	.92815607862D-05	
							.414000000000D+06	-.279396772385D-07	.243031939942D+01	
							.986307770581D+00	.271187500000D+03	-.232757915425D+01	
							-.785747015231D-11	.000000000000D+00	.102500000000D+04	
							.000000000000D+00	.000000000000D+00	.000000000000D+00	
							.410400000000D+06	.000000000000D+00	.000000000000D+00	

Cus:

- Description: Latitude Correction Sinus
- Units: Radians
- Format: D19.12

Cus:

- Description:
Latitude Correction Sinus Component
- Units:
Radians
- Format:
D19.12

THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE				COMMENT
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA				COMMENT
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu				COMMENT
0.1676D-07	0.2235D-07	-0.1192D-07	-0.1192D-07	ION ALPHA
0.1208D+06	0.1310D+06	-0.1310D+06	-0.1966D+06	ION BETA
0.133179128170D-06	0.107469588780D-12	552960	1025	DELTA-UTC: A0,A1,T,W
15	LEAP SECONDS			
END OF HEADER				
6 99 9 2 19 0 0.0	-.839701388031D-03	-.165982783074D-10	.00000000000D+00	
.91000000000D+02	.93406250000D+02	.116040547840D-08	.162092304801D+00	
.484101474285D-05	.626740418375D-02	.652112066746D-05	.515365489006D+04	
.409904000000D+06	-.242143869400D-07	.329237003460D+00	-.596046447754D-07	
.942817490922D+00	.326593750000D+03	.206958726335D+01	-.638312302555D-08	
.307155651409D-09	.00000000000D+00	.10250000000D+04	.00000000000D+00	
.00000000000D+00	.00000000000D+00	.00000000000D+00	.91000000000D+02	
.40680000000D+06	.00000000000D+00			
13 99 9 2 19 0 0.0	.490025617182D-03	.204636307899D-11	.00000000000D+00	
.13300000000D+03	-.96312500000D+02	.146970407622D-08	.292961152146D+01	
-.498816370964D-05	.200239347760D-02	.928156077862D-05	.515328476143D+04	
.41400000000D+06	-.279396772385D-07	.243031939942D+01	-.558793544769D-07	
.986307770581D+00	.271187500000D+03	-.232757915425D+01	-.619632953057D-08	
-.785747015231D-11	.00000000000D+00	.10250000000D+04	.00000000000D+00	
.00000000000D+00	.00000000000D+00	.00000000000D+00	.38900000000D+03	
.41040000000D+06	.00000000000D+00			

Sqrt(a):

- Description:
Square root of the orbit semi major axis
- Units:
(Meters)^{1/2}
- Format:
D19.12

Sqrt(a):

- Description:
Square root of the orbit semi major axis
- Units:
(Meters)^{1/2}
- Format:
D19.12

2.11	N: GPS NAV. MESSAGE			RINEX VERSION / TYPE		
gLAB	gAGE / UPC			PGM / RUN BY / DATE		
17-MAR-10 12:14						
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE				COMMENT		
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE				COMMENT		
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA				COMMENT		
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu				COMMENT		
0.1676D-07	0.2235D-07	-0.1192D-07	-0.1192D-07	ION ALPHA		
0.1208D+06	0.1310D+06	-0.1310D+06	-0.1966D+06	ION BETA		
0.133179128170D-06	0.107469588780D-12	552960	1025	DELTA-UTC: A0,A1,T,W		
15					LEAP SECONDS	
				END OF HEADER		
6 99 9 2 19 0 0.0	-.839701388031D-03	-.165982783074D-10	.00000000000D+00			
.91000000000D+02	.93406250000D+02	.116040547840D-08	.162092304801D+00			
.484101474285D-05	.626740418375D-02	.652112066746D-05	.515365489006D+04			
.409904000000D+06	-.242143869400D-07	.329237003460D+00	-.596046447754D-07			
.942817490922D+00	.326593750000D+03	.206958726335D+01	-.638312302555D-08			
.307155651409D-09	.00000000000D+00	.10250000000D+04	.00000000000D+00			
.00000000000D+00	.00000000000D+00	.00000000000D+00	.91000000000D+02			
.40680000000D+06	.00000000000D+00					
13 99 9 2 19 0 0.0	.490025617182D-03	.204636307899D-11	.00000000000D+00			
.13300000000D+03	-.96312500000D+02	.146970407622D-08	.292961152146D+01			
-.498816370964D-05	.200239347760D-02	.928156077862D-05	.515328476143D+04			
.41400000000D+06	-.279396772385D-07	.243031939942D+01	-.558793544769D-07			
.986307770581D+00	.271187500000D+03	-.232757915425D+01	-.619632953057D-08			
-.785747015231D-11	.00000000000D+00	.10250000000D+04	.00000000000D+00			
.00000000000D+00	.00000000000D+00	.00000000000D+00	.38900000000D+03			
.41040000000D+06	.00000000000D+00					

TOE:

- Description: TOE: Time Of Ephemeris
- Units: Seconds of GPS week
- Format: D19.12

TOE:

- Description:
TOE: Time Of Ephemeris
- Units:
Seconds of GPS week
- Format:
D19.12

```

2.11          N: GPS NAV. MESSAGE          RINEX VERSION / TYPE
gLAB          gAGE / UPC                    17-MAR-10 12:14    PGM / RUN BY / DATE
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE          COMMENT
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE    COMMENT
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA       COMMENT
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu COMMENT
0.1676D-07   0.2235D-07   -0.1192D-07   -0.1192D-07 ION ALPHA
0.1208D+06   0.1310D+06   -0.1310D+06   -0.1966D+06 ION BETA
0.133179128170D-06  0.107469588780D-12  552960  1025 DELTA-UTC: A0,A1,T,W
15                                                  LEAP SECONDS
                                                  END OF HEADER

6 99 9 2 19 0 0.0 -.839701388031D-03 -.165982783074D-10 .000000000000D+00
.910000000000D+02 .934062500000D+02 .116040547840D-08 .162092304801D+00
.484101474285D-05 .626740418375D-02 .652112066746D-05 .515365489006D+04
.409904000000D+06 -.242143869400D-07 .329237003460D+00 -.596046447754D-07
.942817490922D+00 .326593750000D+03 .240000000000D+00 .2302555D-08
.307155651409D-09 .000000000000D+00 .100000000000D+00 .00000000D+00
.000000000000D+00 .000000000000D+00 .000000000000D+00 .00000000D+02
.406800000000D+06 .000000000000D+00 .000000000000D+00 .00000000D+03
13 99 9 2 19 0 0.0 .490025617182D-03 .240000000000D+00 .1152146D+01
.133000000000D+03 -.963125000000D+02 .140000000000D+00 .1152146D+01
-.498816370964D-05 .200239347760D-02 .910000000000D+00 .8476143D+04
.414000000000D+06 -.279396772385D-07 .240000000000D+00 .3544769D-07
.986307770581D+00 .271187500000D+03 -.210000000000D+00 .2953057D-08
-.785747015231D-11 .000000000000D+00 .100000000000D+00 .00000000D+00
.000000000000D+00 .000000000000D+00 .000000000000D+00 .00000000D+03
.410400000000D+06 .000000000000D+00 .000000000000D+00 .00000000D+03

```

Cic:

- Description: Inclination Correction Cosinus Component
- Units: Radians
- Format: D19.12

```

2.11          N: GPS NAV. MESSAGE          RINEX VERSION / TYPE
gLAB          gAGE / UPC                    17-MAR-10 12:14    PGM / RUN BY / DATE
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE          COMMENT
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE    COMMENT
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA       COMMENT
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu COMMENT
0.1676D-07   0.2235D-07   -0.1192D-07   -0.1192D-07 ION ALPHA
0.1208D+06   0.1310D+06   -0.1310D+06   -0.1966D+06 ION BETA
0.133179128170D-06  0.107469588780D-12  552960  1025 DELTA-UTC: A0,A1,T,W
15                                                  LEAP SECONDS
                                                  END OF HEADER

6 99 9 2 19 0 0.0 -.839701388031D-03 -.165982783074D-10 .000000000000D+00
.910000000000D+02 .934062500000D+02 .116040547840D-08 .162092304801D+00
.484101474285D-05 .626740418375D-02 .652112066746D-05 .515365489006D+04
.409904000000D+06 -.242143869400D-07 .329237003460D+00 -.596046447754D-07
.942817490922D+00 .326593750000D+03 .240000000000D+00 .2302555D-08
.307155651409D-09 .000000000000D+00 .100000000000D+00 .00000000D+00
.000000000000D+00 .000000000000D+00 .000000000000D+00 .00000000D+02
.406800000000D+06 .000000000000D+00 .000000000000D+00 .00000000D+03
13 99 9 2 19 0 0.0 .490025617182D-03 .240000000000D+00 .1152146D+01
.133000000000D+03 -.963125000000D+02 .140000000000D+00 .1152146D+01
-.498816370964D-05 .200239347760D-02 .910000000000D+00 .8476143D+04
.414000000000D+06 -.279396772385D-07 .240000000000D+00 .3544769D-07
.986307770581D+00 .271187500000D+03 -.210000000000D+00 .2953057D-08
-.785747015231D-11 .000000000000D+00 .100000000000D+00 .00000000D+00
.000000000000D+00 .000000000000D+00 .000000000000D+00 .00000000D+03
.410400000000D+06 .000000000000D+00 .000000000000D+00 .00000000D+03

```

OMEGA:

- Description: OMEGA Angle
- Units: Radians
- Format: D19.12

2.11	N: GPS NAV. MESSAGE	RINEX VERSION / TYPE
gLAB	gAGE / UPC	PGM / RUN BY / DATE
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE	17-MAR-10 12:14	COMMENT
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE		COMMENT
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA		COMMENT
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu		COMMENT
0.1676D-07	0.2235D-07	-0.1192D-07
0.1208D+06	0.1310D+06	-0.1310D+06
0.133179128170D-06	0.107469588780D-12	552960
15	1025	DELTA-UTC: A0,A1,T,W
		LEAP SECONDS
		END OF HEADER

6 99	9 2 19 0 0.0	-.839701388031D-03	-.165982783074D-10	.000000000000D+00
	.910000000000D+02	.934062500000D+02	.116040547840D-08	.162092304801D+00
	.484101474285D-05	.626740418375D-02	.652112066746D-05	.515365489006D+04
	.409904000000D+06	-.242143869400D-07	.329237003460D+00	-.596046447754D-07
	.942817490922D+00	.326593750000D+03	.206958726335D+01	-.638312302555D-08
	.307155651409D-09	.000000000000D+00	.102500000000D+04	.000000000000D+00
	.000000000000D+00	.000000000000D+00	.000000000000D+00	.910000000000D+02
	.406800000000D+06	.000000000000D+00		
13 99	9 2 19 0 0.0	.490025617182D-03	.204636307899D-11	.000000000000D+00
	.133000000000D+03	-.963125000000D+02	.146970407622D-08	.292961152146D+01
	-.498816370964D-05	.200239347760D-02	.928156077862D-05	.515328476143D+04
	.414000000000D+06	-.279396772385D-07	.243031939942D+01	-.558793544769D-07
	.986307770581D+00	.271187500000D+03	-.232757915425D+01	-.619632953057D-08
	-.785747015231D-11	.000000000000D+00	.102500000000D+04	.000000000000D+00
	.000000000000D+00	.000000000000D+00	.000000000000D+00	.389000000000D+03
	.410400000000D+06	.000000000000D+00		

CIS:

- Description: Angular Velocity
- Units: Radians
- Format: D19.12

2.11	N: GPS NAV. MESSAGE	RINEX VERSION / TYPE
gLAB	gAGE / UPC	PGM / RUN BY / DATE
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE	17-MAR-10 12:14	COMMENT
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE		COMMENT
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA		COMMENT
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu		COMMENT
0.1676D-07	0.2235D-07	-0.1192D-07
0.1208D+06	0.1310D+06	-0.1310D+06
0.133179128170D-06	0.107469588780D-12	552960
15	1025	DELTA-UTC: A0,A1,T,W
		LEAP SECONDS
		END OF HEADER

6 99	9 2 19 0 0.0	-.839701388031D-03	-.165982783074D-10	.000000000000D+00
	.910000000000D+02	.934062500000D+02	.116040547840D-08	.162092304801D+00
	.484101474285D-05	.626740418375D-02	.652112066746D-05	.515365489006D+04
	.409904000000D+06	-.242143869400D-07	.329237003460D+00	-.596046447754D-07
	-.942817490922D+00	.326593750000D+03	.206958726335D+01	-.638312302555D-08
	.000000000000D+00	.000000000000D+00	.102500000000D+04	.000000000000D+00
	.000000000000D+00	.000000000000D+00	.000000000000D+00	.910000000000D+02
	.490025617182D-03	.204636307899D-11	.000000000000D+00	
13 99	9 2 19 0 0.0	.490025617182D-03	.204636307899D-11	.000000000000D+00
	.133000000000D+03	-.963125000000D+02	.146970407622D-08	.292961152146D+01
	-.498816370964D-05	.200239347760D-02	.928156077862D-05	.515328476143D+04
	.414000000000D+06	-.279396772385D-07	.243031939942D+01	-.558793544769D-07
	.986307770581D+00	.271187500000D+03	-.232757915425D+01	-.619632953057D-08
	-.785747015231D-11	.000000000000D+00	.102500000000D+04	.000000000000D+00
	.000000000000D+00	.000000000000D+00	.000000000000D+00	.389000000000D+03
	.410400000000D+06	.000000000000D+00		

Io:

- Description: Initial Inclination
- Units: Radians
- Format: D19.12

2.11	N: GPS NAV. MESSAGE	RINEX VERSION / TYPE
gLAB	gAGE / UPC	PGM / RUN BY / DATE
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE	17-MAR-10 12:14	COMMENT
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE		COMMENT
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA		COMMENT
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu		COMMENT
0.1676D-07	0.2235D-07	-0.1192D-07
0.1208D+06	0.1310D+06	-0.1310D+06
0.133179128170D-06	0.107469588780D-12	552960
15	1025	DELTA-UTC: A0,A1,T,W
		LEAP SECONDS
		END OF HEADER

6 99 9 2 19 0 0.0	-.839701388031D-03	-.165982783074D-10	.000000000000D+00
.910000000000D+02	.934062500000D+02	.116040547840D-08	.162092304801D+00
.484101474285D-05	.626740418375D-02	.652112066746D-05	.515365489006D+04
.409904000000D+06	-.242143869400D-07	.329237003460D+00	-.596046447754D-07
.942817490922D+00	.326593750000D+03	.206958726335D+01	-.638312302555D-08
.307155651409D-09	.000000000000D+00	.102500000000D+00	.000000000000D+00
.000000000000D+00	.000000000000D+00	.000000000000D+00	.000000000000D+02
.406800000000D+06	.000000000000D+00	.000000000000D+00	.000000000000D+00

Crc:

- Description: Radius Correction Cosinus Component
- Units: Meters
- Format: D19.12

13 99 9 2 19 0 0.0	.490025617182D-03	.204636000000D+00	.000000000000D+00
.133000000000D+03	-.963125000000D+02	.146970000000D+01	.1152146D+01
-.498816370964D-05	.200239347760D-02	.928156000000D+04	.8476143D+04
.414000000000D+06	-.279396772385D-07	.243031000000D+07	.3544769D-07
.986307770581D+00	.271187500000D+03	-.232757000000D-08	.2953057D-08
-.785747015231D-11	.000000000000D+00	.102500000000D+00	.000000000000D+00
.000000000000D+00	.000000000000D+00	.000000000000D+00	.000000000000D+03
.410400000000D+06	.000000000000D+00	.000000000000D+00	.000000000000D+00

2.11	N: GPS NAV. MESSAGE	RINEX VERSION / TYPE
gLAB	gAGE / UPC	PGM / RUN BY / DATE
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE	17-MAR-10 12:14	COMMENT
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE		COMMENT
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA		COMMENT
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu		COMMENT
0.1676D-07	0.2235D-07	-0.1192D-07
0.1208D+06	0.1310D+06	-0.1310D+06
0.133179128170D-06	0.107469588780D-12	552960
15	1025	DELTA-UTC: A0,A1,T,W
		LEAP SECONDS
		END OF HEADER

6 99 9 2 19 0 0.0	-.839701388031D-03	-.165982783074D-10	.000000000000D+00
.910000000000D+02	.934062500000D+02	.116040547840D-08	.162092304801D+00
.484101474285D-05	.626740418375D-02	.652112066746D-05	.515365489006D+04
.409904000000D+06	-.242143869400D-07	.329237003460D+00	-.596046447754D-07
.942817490922D+00	.326593750000D+03	.206958726335D+01	-.638312302555D-08
.307155651409D-09	.000000000000D+00	.102500000000D+00	.000000000000D+00
.000000000000D+00	.000000000000D+00	.000000000000D+00	.000000000000D+02
.406800000000D+06	.000000000000D+00	.000000000000D+00	.000000000000D+00

Omega:

- Description: Omega Angle
- Units: Radians
- Format: D19.12

13 99 9 2 19 0 0.0	.490025617182D-03	.204636000000D+00	.000000000000D+00
.133000000000D+03	-.963125000000D+02	.146970000000D+01	.1152146D+01
-.498816370964D-05	.200239347760D-02	.928156000000D+04	.8476143D+04
.414000000000D+06	-.279396772385D-07	.243031000000D+07	.3544769D-07
.986307770581D+00	.271187500000D+03	-.232757000000D-08	.2953057D-08
-.785747015231D-11	.000000000000D+00	.102500000000D+00	.000000000000D+00
.000000000000D+00	.000000000000D+00	.000000000000D+00	.000000000000D+03
.410400000000D+06	.000000000000D+00	.000000000000D+00	.000000000000D+00

2.11	N: GPS NAV. MESSAGE			RINEX VERSION / TYPE
gLAB	gAGE / UPC	17-MAR-10 12:14	PGM / RUN BY / DATE	
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE			COMMENT	
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE			COMMENT	
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA			COMMENT	
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu			COMMENT	
0.1676D-07	0.2235D-07	-0.1192D-07	-0.1192D-07	ION ALPHA
0.1208D+06	0.1310D+06	-0.1310D+06	-0.1966D+06	ION BETA
0.133179128170D-06	0.107469588780D-12	552960	1025	DELTA-UTC: A0,A1,T,W
15				LEAP SECONDS
				END OF HEADER
6 99 9 2 19 0 0.0	-.839701388031D-03	-.165982783074D-10	.00000000000D+00	
.91000000000D+02	.93406250000D+02	.116040547840D-08	.162092304801D+00	
.484101474285D-05	.626740418375D-02	.652112066746D-05	.515365489006D+04	
.40990400000D+06	-.242143869400D-07	.329237003460D+00	-.596046447754D-07	
.942817490922D+00	.32659375000D+03	.206958726335D+01	-.638312302555D-08	
.307155651409D-09	.00000000000D+00	.10250000000D+04	.00000000000D+00	
.00000000000D+00	.00000000000D+00	.00000000000D+00	.91000000000D+02	
.40680000000D+06	.00000000000D+00			
13 99 9 2 19 0 0.0	.490025617182D-03	.204636307899D-11	.00000000000D+00	
.13300000000D+03	-.96312500000D+02	.146970407622D-08	.292961152146D+01	
-.498816370964D-05	.200239347760D-02	.928156077862D-05	.515328476143D+04	
.41400000000D+06	-.279396772385D-07	.243031939942D+01	-.558793544769D-07	
.986307770581D+00	.27118750000D+03	-.232757915425D+01	-.619632953057D-08	
-.785747015231D-11	.00000000000D+00	.10250000000D+04	.00000000000D+00	
.00000000000D+00	.00000000000D+00	.00000000000D+00	.38900000000D+03	
.41040000000D+06	.00000000000D+00			

OMEGA DOT:

- Description:
Angular Velocity
- Units:
Radians / Second
- Format:
D19.12

2.11	N: GPS NAV. MESSAGE			RINEX VERSION / TYPE
gLAB	gAGE / UPC	17-MAR-10 12:14	PGM / RUN BY / DATE	
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE			COMMENT	
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE			COMMENT	
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA			COMMENT	
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu			COMMENT	
0.1676D-07	0.2235D-07	-0.1192D-07	-0.1192D-07	ION ALPHA
0.1208D+06	0.1310D+06	-0.1310D+06	-0.1966D+06	ION BETA
0.133179128170D-06	0.107469588780D-12	552960	1025	DELTA-UTC: A0,A1,T,W
15				LEAP SECONDS
				END OF HEADER
6 99 9 2 19 0 0.0	-.839701388031D-03	-.165982783074D-10	.00000000000D+00	
.91000000000D+02	.93406250000D+02	.116040547840D-08	.162092304801D+00	
.484101474285D-05	.626740418375D-02	.652112066746D-05	.515365489006D+04	
.40990400000D+06	-.242143869400D-07	.329237003460D+00	-.596046447754D-07	
.942817490922D+00	.32659375000D+03	.206958726335D+01	-.638312302555D-08	
-.307155651409D-09	.00000000000D+00	.10250000000D+04	.00000000000D+00	
.00000000000D+00	.00000000000D+00	.00000000000D+00	.91000000000D+02	
.40680000000D+06	.00000000000D+00			
13 99 9 2 19 0 0.0	.490025617182D-03	.204636307899D-11	.00000000000D+00	
.13300000000D+03	-.96312500000D+02	.146970407622D-08	.292961152146D+01	
-.498816370964D-05	.200239347760D-02	.928156077862D-05	.515328476143D+04	
.41400000000D+06	-.279396772385D-07	.243031939942D+01	-.558793544769D-07	
.986307770581D+00	.27118750000D+03	-.232757915425D+01	-.619632953057D-08	
-.785747015231D-11	.00000000000D+00	.10250000000D+04	.00000000000D+00	
.00000000000D+00	.00000000000D+00	.00000000000D+00	.38900000000D+03	
.41040000000D+06	.00000000000D+00			

IDOT:

- Description:
Inclination Rate
- Units:
Radians / Second
- Format:
D19.12

EK-2 GLONASS Navigasyon Mesajında Hesaplama Parametrelerinin Gösterimi

GLONASS Navigation RINEX 2.10 Format

2.10	GLONASS Nav. Message	RINEX VERSION / TYPE
gLAB	gAGE / UPC 17-MAR-10 12:14	PGM / RUN BY / DATE
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE		COMMENT
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE		COMMENT
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA		COMMENT
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu		COMMENT
1998	2 16 0.379979610443D-06	CORR TO SYSTEM TIME
15		LEAP SECONDS
		END OF HEADER

3 98	2 15 0 15 0.0 0.163525342941D-03 0.363797880709D-11 0.108000000000D+05
	0.106275903320D+05-0.348924636841D+00 0.931322574615D-09 0.000000000000D+00
	-0.944422070313D+04 0.288163375854D+01 0.931322574615D-09 0.210000000000D+02
	0.212257280273D+05 0.144599342346D+01-0.186264514923D-08 0.300000000000D+01
11 98	2 15 0 15 0.0-0.559808686376D-04-0.272848410532D-11 0.108600000000D+05
	-0.350348437500D+04-0.255325126648D+01 0.931322574615D-09 0.000000000000D+00
	0.106803754883D+05-0.182923507690D+01 0.000000000000D+00 0.400000000000D+01
	0.228762856445D+05 0.447064399719D+00-0.186264514923D-08 0.300000000000D+01

2.10	GLONASS Nav. Message	RINEX VERSION / TYPE
gLAB	gAGE / UPC 17-MAR-10 12:14	PGM / RUN BY / DATE
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE		COMMENT
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE		COMMENT
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA		COMMENT
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu		COMMENT
1998	2 16 0.379979610443D-06	CORR TO SYSTEM TIME
		LEAP SECONDS
		END OF HEADER

3 98	2 15 0 15 0.0 0.163525342941D-03 0.363797880709D-11 0.108000000000D+05
	0.106275903320D+05-0.348924636841D+00 0.931322574615D-09 0.000000000000D+00
	-0.944422070313D+04 0.288163375854D+01 0.931322574615D-09 0.210000000000D+02
	0.212257280273D+05 0.144599342346D+01-0.186264514923D-08 0.300000000000D+01
11 98	2 15 0 15 0.0-0.559808686376D-04-0.272848410532D-11 0.108600000000D+05
	-0.350348437500D+04-0.255325126648D+01 0.931322574615D-09 0.000000000000D+00
	0.106803754883D+05-0.182923507690D+01 0.000000000000D+00 0.400000000000D+01
	0.228762856445D+05 0.447064399719D+00-0.186264514923D-08 0.300000000000D+01

Year Reference:

- Description:
Reference **Year** for system time correction
- Format:
I6

2.10	GLONASS Nav. Message	RINEX VERSION / TYPE
gLAB	gAGE / UPC	PGM / RUN BY / DATE
17-MAR-10 12:14		
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE		COMMENT
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE		COMMENT
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA		COMMENT
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu		COMMENT
1998 2 16 0.379979610443D-06		CORR TO SYSTEM TIME
15		

System Time Correction:

- Description:
Correction to system time scale to correct GLONASS system time to UTC (SU timezone): **-TauC**.

$$T_{UTC} = T_{SV} + \text{TauN} - \text{GammaN} * (T_{sv} - T_b) + \text{TauC}$$
Where T_{SV} : Space Vehicle Time
- Units:
Seconds
- Format:
3X,D19.12

2.10	GLONASS Nav. Message	RINEX VERSION / TYPE
gLAB	gAGE / UPC	PGM / RUN BY / DATE
17-MAR-10 12:14		
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE		COMMENT
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE		COMMENT
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA		COMMENT
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu		COMMENT
1998 2 16 0.379979610443D-06		CORR TO SYSTEM TIME
15		LEAP SECONDS
		END OF HEADER

3	98 2 15 0 15 0.0 0.163525342941D-03 0.363797880709D-11 0.108000000000D+05
	31322574615D-09 0.000000000000D+00
	31322574615D-09 0.210000000000D+02
	86264514923D-08 0.300000000000D+01
11	72848410532D-11 0.108600000000D+05
	31322574615D-09 0.000000000000D+00
	000000000000D+00 0.400000000000D+01
	86264514923D-08 0.300000000000D+01

Satellite Number:

- Description:
Slot Number in satellite constellation.
- Format:
I2

2.10	GLONASS Nav. Message	RINEX VERSION / TYPE
gLAB	gAGE / UPC	PGM / RUN BY / DATE
17-MAR-10 12:14		COMMENT
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE		COMMENT
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE		COMMENT
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA		COMMENT
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu		COMMENT
1998 2 16 0.379979610443D-06		CORR TO SYSTEM TIME
15		LEAP SECONDS
		END OF HEADER

3 98 2 15 0 15 0.0 0.163525342941D-03 0.363797880709D-11 0.108000000000D+05

Epoch Year:

- Description:
Year of current satellite number formatted: 2 digits, padded with 0 if necessary.
- Format:
1X,I2.2

2.10	GLONASS Nav. Message	RINEX VERSION / TYPE
gLAB	gAGE / UPC	PGM / RUN BY / DATE
17-MAR-10 12:14		COMMENT
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE		COMMENT
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE		COMMENT
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA		COMMENT
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu		COMMENT
1998 2 16 0.379979610443D-06		CORR TO SYSTEM TIME
15		LEAP SECONDS
		END OF HEADER

3 98 2 15 0 15 0.0 0.163525342941D-03 0.363797880709D-11 0.108000000000D+05

0.106275903320D+05-0.348924636841D
-0.944422070313D+04 0.288163375854D
0.212257280273D+05 0.144599342346D
11 98 2 15 0 15 0.0-0.559808686376D
-0.350348437500D+04-0.255325126648D
0.106803754883D+05-0.182923507690D
0.228762856445D+05 0.447064399719D

Message Frame Time:

- Description:
Message Frame Time: tk
- Units:
Seconds / Seconds²

2.10	GLONASS Nav. Message	RINEX VERSION / TYPE
gLAB	gAGE / UPC	PGM / RUN BY / DATE
17-MAR-10 12:14		
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE		COMMENT
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE		COMMENT
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA		COMMENT
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu		COMMENT
1998 2 16 0.379979610443D-06		CORR TO SYSTEM TIME
15		LEAP SECONDS
		END OF HEADER
3 98 2 15 0 15 0.0 0.163525342941D-03 0.363797880709D-11 0.108000000000D+05		
0.106275903320D+05 0.348924636841D+00 0.931322574615D-09 0.000000000000D+00		
-0.94442 0.21225		01 0.931322574615D-09 0.210000000000D+02
		01-0.186264514923D-08 0.300000000000D+01
11 98 2 15		04-0.272848410532D-11 0.108600000000D+05
-0.35034 0.10680		01 0.931322574615D-09 0.000000000000D+00
0.22876		01 0.000000000000D+00 0.400000000000D+01
		00-0.186264514923D-08 0.300000000000D+01

Satellite X Position:

- Description:
Satellite X Position
- Units:
Kilometers

2.10	GLONASS Nav. Message	RINEX VERSION / TYPE
gLAB	gAGE / UPC	PGM / RUN BY / DATE
17-MAR-10 12:14		
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE		COMMENT
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE		COMMENT
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA		COMMENT
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu		COMMENT
1998 2 16 0.379979610443D-06		CORR TO SYSTEM TIME
15		LEAP SECONDS
		END OF HEADER
3 98 2 15 0 15 0.0 0.163525342941D-03 0.363797880709D-11 0.108000000000D+05		
0.106275903320D+05 -0.348924636841D+00 0.931322574615D-09 0.000000000000D+00		
-0.944422070313D+04 0.28 0.212257280273D+05 0.14		5D-09 0.210000000000D+02
		3D-08 0.300000000000D+01
11 98 2 15 0 15 0.0-0.55		2D-11 0.108600000000D+05
-0.350348437500D+04-0.25 0.106803754883D+05-0.18		5D-09 0.000000000000D+00
0.228762856445D+05 0.44		0D+00 0.400000000000D+01
		3D-08 0.300000000000D+01

Satellite X Velocity:

- Description:
Satellite X Velocity
- Units:
Kilometers / Second

2.10	GLONASS Nav. Message	RINEX VERSION / TYPE
gLAB	gAGE / UPC	PGM / RUN BY / DATE
17-MAR-10 12:14		COMMENT
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE		COMMENT
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE		COMMENT
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA		COMMENT
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu		COMMENT
1998 2 16 0.379979610443D-06		CORR TO SYSTEM TIME
15		LEAP SECONDS
		END OF HEADER

3 98 2 15 0 15 0.0 0.163525342941D-03 0.363797880709D-11 0.108000000000D+05	
0.106275903320D+05-0.348924636841D+00 0.931322574615D-09 0.000000000000D+00	
-0.944422070313D+04 0.288163375854D+01 0.931322574615D-09 0.210000000000D+02	
0.212257280273D+05 0.144599342346D+01-0.186264514923D-08 0.300000000000D+01	

Satellite X Acceleration:

- Description:
Satellite X Acceleration
- Units:
Kilometers / Second²

2.10	GLONASS Nav. Message	RINEX VERSION / TYPE
gLAB	gAGE / UPC	PGM / RUN BY / DATE
17-MAR-10 12:14		COMMENT
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE		COMMENT
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE		COMMENT
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA		COMMENT
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu		COMMENT
1998 2 16 0.379979610443D-06		CORR TO SYSTEM TIME
15		LEAP SECONDS
		END OF HEADER

3 98 2 15 0 15 0.0 0.163525342941D-03 0.363797880709D-11 0.108000000000D+05	
0.106275903320D+05-0.348924636841D+00 0.931322574615D-09 0.000000000000D+00	
-0.944422070313D+04 0.288163375854D+01 0.931322574615D-09 0.210000000000D+02	
0.212257280273D+05 0.144599342346D+01-0.186264514923D-08 0.300000000000D+01	
11 98 2 15 0 15 0.0-0.559808686376D-04-0.272848410532D-11 0.108600000000D+05	
-0.350348437500D+04-0.255325126648D+01 0.931322574615D-09 0.000000000000D+00	
0.106803754883D+05-0.182923507690D+01 0.000000000000D+00 0.400000000000D+01	
0.228762856445D+05 0.447064399719D+00-0.186264514923D-08 0.300000000000D+01	

Satellite Y Position:

- Description:
Satellite Y Position
- Units:
Kilometers

```

3 98 2 15 0 15 0.0 0.16352
0.106275903320D+05-0.34892
-0.944422070313D+04 0.28816
0.212257280273D+05 0.14459
11 98 2 15 0 15 0.0-0.55980
-0.350348437500D+04-0.25532
0.106803754883D+05-0.18292
0.228762856445D+05 0.44706

```

- Description: Satellite Y Velocity
- Units: Kilometers / Second
- Format: D19.12

11	0.108000000000D+05
09	0.000000000000D+00
0-09	0.210000000000D+02
0-08	0.300000000000D+01
0-11	0.108600000000D+05
0-09	0.000000000000D+00
0+00	0.400000000000D+01
0-08	0.300000000000D+01

```

3 98 2 15 0 15 0.0 0.163525342941D-03 0.36379
0.106275903320D+05-0.348924636841D+00 0.93132
-0.944422070313D+04 0.288163375854D+01 0.93132
0.212257280273D+05 0.144599342346D+01-0.18626
11 98 2 15 0 15 0.0-0.559808686376D-04-0.27284
-0.350348437500D+04-0.255325126648D+01 0.93132
0.106803754883D+05-0.182923507690D+01 0.00000
0.228762856445D+05 0.447064399719D+00-0.18626

```

- Description:
Satellite **Y** Acceleration
- Units:
Kilometers / Second²

2.10	GLONASS Nav. Message	RINEX VERSION / TYPE
gLAB	17-MAR-10 12:14	PGM / RUN BY / DATE
EXAMPLE OF		COMMENT
THIS FILE I		COMMENT
FILE PREPAR		COMMENT
PLEASE EMAI	glab.gage @ upc.edu	COMMENT
1998	06	CORR TO SYSTEM TIME
15		LEAP SECONDS
		END OF HEADER
3 98 2 15	0.363797880709D-11	0.108000000000D+05
0.10627	0.931322574615D-09	0.000000000000D+00
-0.94442	0.931322574615D-09	0.210000000000D+02
0.212257280273D+05	0.144599342346D+01	0.300000000000D+01
11 98 2 15 0 15	0.0-0.559808686376D-04-0.272848410532D-11	0.108600000000D+05
-0.350348437500D+04-0.255325126648D+01	0.931322574615D-09	0.000000000000D+00
0.106803754883D+05-0.182923507690D+01	0.000000000000D+00	0.400000000000D+01
0.228762856445D+05	0.447064399719D+00-0.186264514923D-08	0.300000000000D+01

2.10	GLONASS Nav. Message	RINEX VERSION / TYPE
gLAB	gAGE / UPC	PGM / RUN BY / DATE
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FI		COMMENT
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TO		COMMENT
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA G		COMMENT
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQU		COMMENT
1998 2 16 0.37997961		CORR TO SYSTEM TIME
15		LEAP SECONDS
		END OF HEADER
3 98 2 15 0 15	0.0 0.1635253	0.108000000000D+05
0.106275903320D+05-0.3489246		0.000000000000D+00
-0.944422070313D+04 0.2881633		0.210000000000D+02
0.212257280273D+05 0.144599342346D+01		0.300000000000D+01
11 98 2 15 0 15	0.0-0.559808686376D-04-0.272848410532D-11	0.108600000000D+05
-0.350348437500D+04-0.255325126648D+01	0.931322574615D-09	0.000000000000D+00
0.106803754883D+05-0.182923507690D+01	0.000000000000D+00	0.400000000000D+01
0.228762856445D+05	0.447064399719D+00-0.186264514923D-08	0.300000000000D+01

2.10

GLONASS Nav. Message

RINEX VERSION / TYPE

gLAB

gAGE / UPC

17-MAR-1

EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE

THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE

FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA

PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage@upc.edu

1998

2

16

0.379979610443D-06

15

3

98

2 15

0 15

0.0 0.163525342941D-03 0.3637

0.106275903320D+05-0.348924636841D+00 0.9313

-0.944422070313D+04 0.288163375854D+01 0.9313

0.212257280273D+05 0.144599342346D+01

-0.186264514923D-08 0.300000000000D+01

11

98

2 15

0 15

0.0-0.559808686376D-04-0.272848410532D-11 0.108600000000D+05

-0.350348437500D+04-0.255325126648D+01 0.931322574615D-09 0.000000000000D+00

0.106803754883D+05-0.182923507690D+01 0.000000000000D+00 0.400000000000D+01

0.228762856445D+05 0.447064399719D+00-0.186264514923D-08 0.300000000000D+01

Satellite Z Acceleration:

Description:

Satellite **Z** Acceleration

Units:

Kilometers / Second²

Format:

D19.12

Satellite Z Acceleration:

- Description:
Satellite **Z** Acceleration
- Units:
Kilometers / Second²
- Format:
D19.12

EK-3 Matlab'ta Tasarlanan Hesaplama Programının Kodları

```
function varargout = UYDU_KONUM_HESAPLAMA(varargin)
% UYDU_KONUM_HESAPLAMA MATLAB code for UYDU_KONUM_HESAPLAMA.fig
%     UYDU_KONUM_HESAPLAMA, by itself, creates a new
UYDU_KONUM_HESAPLAMA or raises the existing
%     singleton*.
%
%     H = UYDU_KONUM_HESAPLAMA returns the handle to a new
UYDU_KONUM_HESAPLAMA or the handle to
%     the existing singleton*.
%
%     UYDU_KONUM_HESAPLAMA('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...)
calls the local
%     function named CALLBACK in UYDU_KONUM_HESAPLAMA.M with the given
input arguments.
%
%     UYDU_KONUM_HESAPLAMA('Property','Value',...) creates a new
UYDU_KONUM_HESAPLAMA or raises the
%     existing singleton*. Starting from the left, property value
pairs are
%     applied to the GUI before UYDU_KONUM_HESAPLAMA_OpeningFcn gets
called. An
%     unrecognized property name or invalid value makes property
application
%     stop. All inputs are passed to UYDU_KONUM_HESAPLAMA_OpeningFcn
via varargin.
%
% *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only
one
%     instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help
UYDU_KONUM_HESAPLAMA

% Last Modified by GUIDE v2.5 23-Jun-2022 20:00:07

% Begin initialization
code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn',  @UYDU_KONUM_HESAPLAMA_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',   @UYDU_KONUM_HESAPLAMA_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',   [], ...
                  'gui_Callback',     []); if nargin &&
ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
```

```

end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] =
gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before UYDU_KONUM_HESAPLAMA is made visible.
function UYDU_KONUM_HESAPLAMA_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to UYDU_KONUM_HESAPLAMA (see
VARARGIN)

% Choose default command line output for
UYDU_KONUM_HESAPLAMAhandles.output = hObject;

%
Update
handles
structu
re
guidata
(hObject
t,
handles
);

% UIWAIT makes UYDU_KONUM_HESAPLAMA wait for user response (see
UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = UYDU_KONUM_HESAPLAMA_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles
structurevarargout{1} = handles.output;

% --- Executes on selection
change in liste. function

```

```

liste_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to liste (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: contents = cellstr(get(hObject,'String')) returns liste
contents as cell array
%          contents{get(hObject,'Value')} returns selected item from
liste

% --- Executes during object creation, after setting
all properties. function liste_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to liste (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: popupmenu controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get
(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in start.
function start_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to start (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

ops =
handles
.liste.
Value;
switch
ops
case 1
    GPS_GIRIS;
case 2
    GALILEO_GIRIS;
case 3
    GLONASS_GIRIS;
otherwise
end

```

EK-4 GPS İçin Hesaplama Programında Kullanılan Kodlar

```
function varargout = GPS_GIRIS(varargin)
% GPS_GIRIS MATLAB code for GPS_GIRIS.fig
% GPS_GIRIS, by itself, creates a new GPS_GIRIS or raises the existing
% singleton*.
%
% H = GPS_GIRIS returns the handle to a new GPS_GIRIS or the handle to
% the existing singleton*.
%
% GPS_GIRIS('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the local
% function named CALLBACK in GPS_GIRIS.M with the given input arguments.
%
% GPS_GIRIS('Property','Value',...) creates a new GPS_GIRIS or raises the
% existing singleton*. Starting from the left, property value pairs are
% applied to the GUI before GPS_GIRIS_OpeningFcn gets called. An
% unrecognized property name or invalid value makes property application
% stop. All inputs are passed to GPS_GIRIS_OpeningFcn via varargin.
%
% *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only one
% instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES
% Edit the above text to modify the response to help GPS_GIRIS
% Last Modified by GUIDE v2.5 22-Jun-2022 18:12:09
% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name', mfilename, ...
    'gui_Singleton', gui_Singleton, ...
    'gui_OpeningFcn', @GPS_GIRIS_OpeningFcn, ...
    'gui_OutputFcn', @GPS_GIRIS_OutputFcn, ...
    'gui_LayoutFcn', [] , ...
    'gui_Callback', []);

if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

% End initialization code - DO NOT EDIT
% --- Executes just before GPS_GIRIS is made visible.

function GPS_GIRIS_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject handle to figure
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin command line arguments to GPS_GIRIS (see VARARGIN)
```

```

% Choose default command line output for GPS_GIRIS
handles.output = hObject;
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);
% UIWAIT makes GPS_GIRIS wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);
% --- Outputs from this function are returned to the command line.

function varargout = GPS_GIRIS_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject handle to figure
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

function Hafta_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Hafta (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Hafta as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Hafta as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Hafta_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Hafta (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(
(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Gun_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Gun (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Gun as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Gun as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Gun_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Gun (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get
(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Saat_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Saat (see GCBO)

```

```

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Saat as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Saat as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Saat_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Saat (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(
    (0,'defaultUicontrolBackgroundColor')))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Dakika_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Dakika (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Dakika as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Dakika as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Dakika_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Dakika (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(
    (0,'defaultUicontrolBackgroundColor')))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Saniye_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Saniye (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Saniye as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Saniye as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Saniye_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Saniye (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(
    (0,'defaultUicontrolBackgroundColor')))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function GM_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to GM (see GCBO)

```

```

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of GM as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of GM as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function GM_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to GM (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(
    (0,'defaultUicontrolBackgroundColor')))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function we_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to we (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of we as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of we as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function we_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to we (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(
    (0,'defaultUicontrolBackgroundColor')))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Kok_a_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Kok_a (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Kok_a as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Kok_a as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Kok_a_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Kok_a (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(
    (0,'defaultUicontrolBackgroundColor')))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function e_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to e (see GCBO)

```

```

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of e as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of e as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function e_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to e (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(
    0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Delta_n_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Delta_n (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Delta_n as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Delta_n as a
double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Delta_n_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Delta_n (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(
    0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Mo_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Mo (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Mo as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Mo as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Mo_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Mo (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(
    0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function w_Callback(hObject, eventdata, handles)

```

```

% hObject handle to w (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of w as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of w as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function w_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to w (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(
    0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Cis_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Cis (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Cis as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Cis as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Cis_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Cis (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(
    0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Cic_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Cic (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Cic as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Cic as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Cic_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Cic (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(
    0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Crs_Callback(hObject, eventdata, handles)

```

```

% hObject handle to Crs (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Crs as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Crs as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Crs_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Crs (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(
    0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Crc_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Crc (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Crc as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Crc as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Crc_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Crc (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(
    0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Cuc_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Cuc (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Cuc as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Cuc as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Cuc_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Cuc (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(
    0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Cus_Callback(hObject, eventdata, handles)

```

```

% hObject handle to Cus (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Cus as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Cus as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Cus_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Cus (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(
    (0,'defaultUicontrolBackgroundColor')))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function i_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to i (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of i as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of i as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function i_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to i (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(
    (0,'defaultUicontrolBackgroundColor')))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function io_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to io (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of io as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of io as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function io_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to io (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(
    (0,'defaultUicontrolBackgroundColor')))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function omega_o_Callback(hObject, eventdata, handles)

```

```

% hObject handle to omega_o (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of omega_o as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of omega_o as a
double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function omega_o_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to omega_o (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get
(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function omega_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to omega (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of omega as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of omega as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function omega_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to omega (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get
(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
% --- Executes on button press in start.

function start_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to start (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

Hafta = str2num(handles.Hafta.String);
Gun = str2num(handles.Gun.String);
Saat = str2num(handles.Saat.String);
Dakika = str2num(handles.Dakika.String);
Saniye = str2num(handles.Saniye.String);
GM = str2num(handles.GM.String);
we = str2num(handles.we.String);
Kok_a = str2num(handles.Kok_a.String);
e = str2num(handles.e.String);
Delta_n = str2num(handles.Delta_n.String);
Mo = str2num(handles.Mo.String);
w = str2num(handles.w.String);

```

```

Cis = str2num(handles.Cis.String);
Cic = str2num(handles.Cic.String);
Crs = str2num(handles.Crs.String);
Crc = str2num(handles.Crc.String);
Cuc = str2num(handles.Cuc.String);
Cus = str2num(handles.Cus.String);
i = str2num(handles.i.String);
io = str2num(handles.io.String);
omega_o = str2num(handles.omega_o.String);
omega = str2num(handles.omega.String);
a=(Kok_a)^2;
toe=Saat*3600;
tobs=[ (Hafta-1)*168*3600]+[ (Gun-
1)*24*3600]+[Saat*3600]+[Dakika*60]+[Saniye];
tref=[ (Hafta-1)*168*3600]+toe;
Delta_t=tobs-tref;
no=sqrt(GM/a^3);
n=no+Delta_n;
M=Mo+n*Delta_t;
E0=M;
E1=M+e*sin(E0);
E2=M+e*sin(E1);
E3=M+e*sin(E2);
E4=M+e*sin(E3);
E5=M+e*sin(E4);
v=acos((cos(E5)-e)/(1-e*cos(E5)));
Su=Cuc*cos(2*(v+w))+Cus*sin(2*(v+w));
u=v+w+Su;
Sr=Crc*cos(2*(v+w))+Crs*sin(2*(v+w));
r=a*(1-e*cos(E5))+Sr;
x=r*cos(u);
y=r*sin(u);
Si=Cic*cos(2*(v+w))+Cis*sin(2*(v+w));
i_yorunge=io+i*Delta_t+Si;
yukselen_omega=omega_o+(omega-we)*Delta_t-we*toe;
X=x*cos(yukselen_omega)-y*sin(yukselen_omega)*cos(i_yorunge);
Y=x*sin(yukselen_omega)+y*cos(yukselen_omega)*cos(i_yorunge);
Z=y*sin(i_yorunge);
GPS_SONUC;

function varargout = GPS_SONUC(varargin)
% GPS_SONUC MATLAB code for GPS_SONUC.fig
% GPS_SONUC, by itself, creates no new GPS_SONUC or raises the existing
% singleton*.
%
% H = GPS_SONUC returns the handle to no new GPS_SONUC or the handle to
% the existing singleton*.
%
% GPS_SONUC('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the local
% function named CALLBACK in GPS_SONUC.M with the given input arguments.
%
% GPS_SONUC('Property','Value',...) creates no new GPS_SONUC or raises the
% existing singleton*. Starting from the left, property value pairs are
% applied to the GUI before GPS_SONUC_OpeningFcn gets called. An

```

```

% unrecognized property name or invalid value makes property application
% stop. All inputs are passed to GPS_SONUC_OpeningFcn via varargin.
%
% *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only one
% instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES
% Edit the above text to modify the response to help GPS_SONUC
% Last Modified by GUIDE v2.5 27-Oct-2022 13:26:58
% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name', mfilename, ...
    'gui_Singleton', gui_Singleton, ...
    'gui_OpeningFcn', @GPS_SONUC_OpeningFcn, ...
    'gui_OutputFcn', @GPS_SONUC_OutputFcn, ...
    'gui_LayoutFcn', [] , ...
    'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end
if nargin
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT
% --- Executes just before GPS_SONUC is made visible.
function GPS_SONUC_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject handle to figure
% eventdata reserved - to be defined in no future version of MATLAB
03.12.2022 12:11 C:\Users\Misafir\Desktop\T...\GPS_SONUC.m 2 of 3
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin command line arguments to GPS_SONUC (see VARARGIN)
% Choose default command line output for GPS_SONUC
handles.output = hObject;
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);
% UIWAIT makes GPS_SONUC wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);
X = getappdata(0, 'X');
Y = getappdata(0, 'Y');
Z = getappdata(0, 'Z');
set(handles.X, 'String', num2str(X));
set(handles.Y, 'String', num2str(Y));
set(handles.Z, 'String', num2str(Z));
% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = GPS_SONUC_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject handle to figure
% eventdata reserved - to be defined in no future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

```

```

function X_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to X (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in no future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of X as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of X as no double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function X_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to X (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in no future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have no white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(
(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
03.12.2022 12:11 C:\Users\Misafir\Desktop\T...\GPS_SONUC.m 3 of 3
function Y_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Y (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Y as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Y as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Y_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Y (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(
(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function Z_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Z (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Z as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Z as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Z_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Z (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(
(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

EK-5 GLONASS İçin Hesaplama Programında Kullanılan Kodlar

```
function varargout = GLONASS_GIRIS(varargin)
% GLONASS_GIRIS MATLAB code for GLONASS_GIRIS.fig
%     GLONASS_GIRIS, by itself, creates x new GLONASS_GIRIS or raises
the existing
%     singleton*.
%
%     H = GLONASS_GIRIS returns the handle to x new GLONASS_GIRIS or
the handle to
%     the existing singleton*.
%
%     GLONASS_GIRIS('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the
local
%     function named CALLBACK in GLONASS_GIRIS.M with the given input
arguments.
%
%     GLONASS_GIRIS('Property','Value',...) creates x new GLONASS_GIRIS
or raises the
%     existing singleton*. Starting from the left, property value
pairs are
%     applied to the GUI before GLONASS_GIRIS_OpeningFcn gets called. An
unrecognized property name or invalid value makes property
application
%     stop. All inputs are passed to GLONASS_GIRIS_OpeningFcn via
varargin.
%
% *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only
one
%     instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help GLONASS_GIRIS

% Last Modified by GUIDE v2.5 23-Jun-2022 19:10:21

% Begin initialization
code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton,
                  ... 'gui_OpeningFcn',
                  @GLONASS_GIRIS_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',
                  @GLONASS_GIRIS_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                  'gui_C
allback',
                  []);if nargin &&
ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end
```

```

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State,
varargin{:});else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before GLONASS_GIRIS is made visible.
function GLONASS_GIRIS_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin    command line arguments to GLONASS_GIRIS (see VARARGIN)

% Choose default command line output for
GLONASS_GIRIShandles.output = hObject;

% Update
handles
structure
guidata(hO
bject,
handles);

% UIWAIT makes GLONASS_GIRIS wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the
command line. function varargout =
GLONASS_GIRIS_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles
structurevarargout{1} = handles.output;

function te_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to te (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of te as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of te as x

```

```

double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.function te_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to te (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get
(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function x_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to x (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of x as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of x as x
double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.function x_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to x (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get
(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function y_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to y (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of y as text

```

```
%      str2double(get(hObject,'String')) returns contents of y as x
double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all
properties.function y_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject      handle to y (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns
called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%      See ISPC and COMPUTER.
```

```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get
(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function z_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to z (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of z as text
%      str2double(get(hObject,'String')) returns contents of z as x
double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all
properties.function z_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject      handle to z (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns
called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%      See ISPC and COMPUTER.
```

```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get
(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function Vx_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to Vx (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Vx as text
```

```

%          str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Vx as x
double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.function Vx_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject      handle to Vx (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have x white background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get
(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Vy_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to Vy (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Vy as text
%          str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Vy as x
double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.function Vy_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject      handle to Vy (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have x white background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get
(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Vz_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to Vz (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Vz as text
%          str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Vz as x

```

double

```
% --- Executes during object creation, after setting all
properties.function Vz_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject      handle to Vz (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get
(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function XX_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to XX (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of XX as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of XX as a
double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.function XX_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject      handle to XX (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get
(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function YY_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to YY (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of YY as text
```

```
%      str2double(get(hObject,'String')) returns contents of YY as x
double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all
properties.function YY_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject      handle to YY (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns
called
```

```
% Hint: edit controls usually have x white background on Windows.
%      See ISPC and COMPUTER.
```

```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get
(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function ZZ_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to ZZ (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of ZZ as text
%      str2double(get(hObject,'String')) returns contents of ZZ as x
double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all
properties.function ZZ_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject      handle to ZZ (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns
called
```

```
% Hint: edit controls usually have x white background on Windows.
%      See ISPC and COMPUTER.
```

```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get
(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function We_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to We (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of We as text
```

```

%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of We as x
double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.function We_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to We (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have x white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get
(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Teta_G_o_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Teta_G_o (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Teta_G_o as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Teta_G_o
as x double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.function Teta_G_o_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to Teta_G_o (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have x white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get
(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function ae_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to ae (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of ae as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of ae as x
double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all
properties.function ae_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to ae (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called
```

```
% Hint: edit controls usually have x white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get
(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function u_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to u (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of u as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of u as x
double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all
properties.function u_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to u (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called
```

```
% Hint: edit controls usually have x white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get
(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function C20_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to C20 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of C20 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of C20 as x
double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all
properties.function C20_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to C20 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles     empty - handles not created until after all CreateFcns
called
```

```
% Hint: edit controls usually have x white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get
(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function Crc_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Crc (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Crc as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Crc as x
double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all
properties.function Crc_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to Crc (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles     empty - handles not created until after all CreateFcns
called
```

```
% Hint: edit controls usually have x white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get
(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function t_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to t (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of t as text
```

```

%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of t as x
double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.function t_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to t (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have x white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get
(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function GM_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to GM (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of GM as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of GM as x
double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.function GM_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to GM (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have x white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get
(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in start.
function start_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to start (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in x future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)

```

```

te = str2num(handles.te.String);
x = str2num(handles.x.String);
y = str2num(handles.y.String);
z = str2num(handles.z.String);
Vx = str2num(handles.Vx.String);
Vy = str2num(handles.Vy.String);
Vz = str2num(handles.Vz.String);
X = str2num(handles.XX.String);
Y = str2num(handles.YY.String);
Z = str2num(handles.ZZ.String);
We = str2num(handles.We.String);
Teta_G_o = str2num(handles.Teta_G_o.String);
ae = str2num(handles.ae.String);
u = str2num(handles.u.String);
C20 = str2num(handles.C20.String);
Teta_G_e = Teta_G_o + We * (te - 10800);
xa_te = (x * cos (Teta_G_e)) - (y * sin
(Teta_G_e));
ya_te = (x * sin (Teta_G_e)) + (y * cos
(Teta_G_e));
za_te = z;
jxamplusjxas1 = (X * cos (Teta_G_e)) - (Y * sin
(Teta_G_e));
jxamplusjxas2 = (X * sin (Teta_G_e)) + (Y * cos
(Teta_G_e));
jxamplusjxas3 = Z;
r = sqrt (xa_te^2 + ya_te^2 + za_te^2);
u_cizgi = u/r^2;
xa_cizgi = xa_te/r;
ya_cizgi = ya_te/r;
za_cizgi = za_te/r;
p_cizgi = ae/r;
xa_t = -u_cizgi * xa_cizgi + (3/2) * C20 *
u_cizgi * xa_cizgi * p_cizgi^2 * (1-
5*za_cizgi^2) + (jxamplusjxas1);
ya_t = -u_cizgi * ya_cizgi + (3/2) * C20 *
u_cizgi * ya_cizgi * p_cizgi^2 * (1-
5*za_cizgi^2) + (jxamplusjxas2);
za_t = -u_cizgi * za_cizgi + (3/2) * C20 *
u_cizgi * xa_cizgi * p_cizgi^2 * (3-
5*za_cizgi^2) + (jxamplusjxas3);
Teta_G = Teta_G_o + We * (Teta_G_o - 21600);
X_t = xa_t * cos (Teta_G) + ya_t * sin (Teta_G);
Y_t = -xa_t * sin (Teta_G) + ya_t * cos (Teta_G);
Z_t = za_t;
setappdata(0,'X_t',X_t);

```

```

setappdata(0,'Y_t',Y_t);
setappdata(0,'Z_t',Z_t);
GLONASS_SONUC;

function varargout = GLONASS_SONUC(varargin)
% GLONASS_SONUC MATLAB code for GLONASS_SONUC.fig
%   GLONASS_SONUC, by itself, creates xa_te new GLONASS_SONUC or
%   raises the existing
%   singleton*.
%
%   H = GLONASS_SONUC returns the handle to xa_te new GLONASS_SONUC
%   or the handle to
%   the existing singleton*.
%
%   GLONASS_SONUC('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the
%   local
%   function named CALLBACK in GLONASS_SONUC.M with the given input
%   arguments.
%
%   GLONASS_SONUC('Property','Value',...) creates xa_te new
%   GLONASS_SONUC or raises the
%   existing singleton*. Starting from the left, property value
%   pairs are
%   applied to the GUI before GLONASS_SONUC_OpeningFcn gets called.
%   An
%   unrecognized property name or invalid value makes property
%   application
%   stop. All inputs are passed to GLONASS_SONUC_OpeningFcn via
%   varargin.
%
%   *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only
%   one
%   instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help GLONASS_SONUC

% Last Modified by GUIDE v2.5 23-Jun-2022 19:34:31

% Begin initialization
code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton,
                  ... 'gui_OpeningFcn',
                  @GLONASS_SONUC_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',
                  @GLONASS_SONUC_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn', [] , ...
                  'gui_
Callback',
                  []);if nargin &&
ischar(varargin{1})

```

```

        gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
    end

    if nargout
        [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State,
varargin{:});else
        gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
    end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before GLONASS_SONUC is made visible.
function GLONASS_SONUC_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
% This function has xa_te output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in xa_te future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin    command line arguments to GLONASS_SONUC (see VARARGIN)

% Choose default command line output for
GLONASS_SONUChandles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes GLONASS_SONUC wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

X_t      =
getappdat
a(0,'X_t'
); Y_t    =
getappdat
a(0,'Y_t'
); Z_t    =
getappdat
a(0,'Z_t'
);

set(handles.X_t,'String
',num2str(X_t));
set(handles.Y_t,'String
',num2str(Y_t));
set(handles.Z_t,'String
',num2str(Z_t));

% --- Outputs from this function are returned to the

```

```

command line. function varargout =
GLONASS_SONUC_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout    cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject      handle to figure
% eventdata    reserved - to be defined in xa_te future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles
structurevarargout{1} = handles.output;

```

```

function X_t_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to X_t (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in xa_te future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of X_t as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of X_t as
xa_te double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all
properties. function X_t_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject      handle to X_t (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in xa_te future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns
called

```

```

% Hint: edit controls usually have xa_te white background on Windows.
%        See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get
(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function Y_t_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to Y_t (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Y_t as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Y_t as a
double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all
properties. function Y_t_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject      handle to Y_t (see GCBO)

```

```

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get
(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Z_t_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Z_t (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Z_t as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Z_t as a
double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.function Z_t_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject handle to Z_t (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get
(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

12. ÖZGEÇMİŞ

