GPS İLE JEODEZİK KONUM BELİRLEMEDE DEĞERLENDİRME YAZILIMLARINDAN KAYNAKLANAN ÇÖZÜM FARKLILIKLARININ ARAŞTIRILMASI

Hüseyin KEMALDERE

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Mühendislik Tezi
Olarak Hazırlanmıştır

ZONGULDAK
Temmuz 2005

KABUL:

Hüseyin KEMALDERE tarafından hazırlanan "GPS İLE JEODEZİK KONUM BELİRLEMEDE DEĞERLENDİRME YAZILIMLARINDAN KAYNAKLANAN ÇÖZÜM FARKLILIKLARININ ARAŞTIRILMASI" başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Mühendislik Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 01/07/2005

Başkan: Yrd. Doç. Dr. Şenol Hakan KUTOĞLU (ZKÜ)

Üye : Doç. Dr. Reha Metin ALKAN (İTÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Çetin MEKİK (ZKÜ)

ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.29/7/2005

Prof. Dr. İhsan TOROĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü V.

ÖZET

Yüksek Mühendislik Tezi

GPS İLE JEODEZİK KONUM BELİRLEMEDE DEĞERLENDİRME YAZILIMLARINDAN KAYNAKLANAN ÇÖZÜM FARKLILIKLARININ ARAŞTIRILMASI

Hüseyin KEMALDERE

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd.Doç.Dr. Ş.Hakan KUTOĞLU
Temmuz 2005, 110 sayfa

Bu tez, GPS ile jeodezik konum belirlemede, kullanılan değerlendirme yazılımlarından kaynaklanan çözüm farklılıklarını araştırmayı amaçlamaktadır.

Bu çalışmanın yürütülmesinde gerekli olan kuramsal bilgiler, Bölüm 2'de GPS'in Genel Kavramları, Bölüm 3'de GPS Değerlendirme Yazılımlarının Genel Özellikleri ve Analiz Modelleri, Bölüm 4'te Çalışmada Kullanılan Değerlendirme Yazılımları başlıkları altında verilmektedir.

Uygulama kapsamında, IGS ağının Avrupa Kıtası'nda yayılmış durumda bulunan noktalarından, beş tanesi yaklaşık olarak aynı enlemde ve beş tanesi de yaklaşık olarak aynı boylamda olmak üzere toplam on adet seçilmiştir. Nokta seçiminin bu şekilde yapılmasının nedeni, nokta konfigürasyonlarının doğruluğa etkisinin incelenmesidir. Bu on nokta Turbo Survey System (TSS) ve GeoGenius ticari yazılımlarında değerlendirilmiştir.

ÖZET (devam ediyor)

Değerlendirmede, IGS noktalarına ait üçer günlük gözlem dosyaları ve efemeris türü olarak da hassas efemerisler kullanılmıştır. TSS yazılımından farklı olarak GeoGenius yazılımında, bu üç günlük gözlem dosyaları, farklı frekanslarda ve farklı troposferik modellerle değerlendirilmiştir. Son olarak değerlendirme sonuçları, tekrar edilebilirlik prezisyon ve doğruluk açısından karşılaştırılmıştır.

Anahtar Sözcükler: GPS, Değerlendirme yazılımı, Değerlendirme stratejisi, Troposferik modeller, Farklı frekans değerlendirmesi.

Bilim Kodu: 616.01.03

ABSTRACT

M.Sc.Thesis

ANALYSIS OF SOLUTION DIFFERENCES CAUSED BY PROCESSING SOFTWARES FOR GEODETIC GPS SURVEY

Hüseyin KEMALDERE

Zonguldak Karaelmas University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geodesy and Photogrammetry Engineering

Thesis Advisor: Asst.Prof. Ş.Hakan KUTOĞLU
July 2005, 110 pages

The aim of this thesis is to analyse the solution differences steming from the processing softwares utilizied for geodetic GPS survey.

Theoretical background necessary for this study is given in Chapter 2 under the title of Main Aspects of GPS, Main Specifications of GPS Processing Softwares and Analyse Models in Chapter 3, and Processing Softwares Used for This Aplication in Chapter 4.

In this study, ten points are selected from IGS Network, five of which are chosen to be on about the same latitude and other five on about the same longitude in order to observe the effects of point configuration on the resulting coordinate accuracies. These ten points were processed with two commercial softwares, namely TSS and GeoGenius.

ABSTRACT (continued)

Precise ephemerides and observation files for selected IGS points are used in the processing. As opposed to TSS software, GeoGenius software enables observation files to be processed with different frequencies and different tropospheric models.

As a result, processing results from both softwares are compared for their repeatability, precision, and accuracy capabilities.

Keywords: GPS, Processing Software, Processing Strategy, Tropospheric Models, Different Frequency Processing.

Science Code: 616.01.03

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın her aşamasında engin bilgi birikiminden yararlandığım danışman hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Ş. Hakan KUTOĞLU'na (ZKÜ), bilgisini her zaman benimle paylaşan sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Çetin MEKİK'e (ZKÜ), yardımlarını benden esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Reha M. ALKAN'a (İTÜ), her türlü desteğinden dolayı arkadaşım Arş. Gör. Serkan KARAKIŞ'a (ZKÜ), yardımlarından dolayı arkadaşım Müh. K. Sedar GÖRMÜŞ'e, teknik desteğinden dolayı Müh. Hüseyin KÖKLÜ'ye ve her zaman engin bilgi ve deneyimleriyle bana yardımcı olan tüm ZKÜ Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü akademik personeline teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım sırasında benden desteklerini esirgemeyen aileme ve Rengin KOMŞU'ya şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iii
ABSTRACT v
TEŞEKKÜR vii
İÇİNDEKİLER viii
ŞEKİLLER DİZİNİ xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ xvi

BÖLÜM 1 GİRİŞ VE ÇALIŞMANIN AMACI 1

1.1 ÇALIŞMANIN AMACI 2
1.2 ÇALIŞMADA İZLENEN YÖNTEM 2

BÖLÜM 2 GPS'İN GENEL KAVRAMLARI 4

2.1 GPS'İN BÖLÜMLERİ 4
2.1.1 Uzay Bölümü 4
2.1.2 Kontrol Bölümü 5
2.1.3 Kullanıcı Bölümü 7
2.2 GPS UYDU SİNYAL YAPISI 7
2.2.1 Taşıyıcı Dalgalar 8
2.2.2 Kodlar 9
2.2.2.1 C/A Kod 9
2.2.2.2 P-Kod 10
2.2.2.3 Y-Kod 10
2.2.3 Navigasyon Mesajı 10
2.3 GPS ALICI SİSTEMLERİ 11
2.3.1 Anten 11

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

2.3.2 Radyo Frekans Bölümü 12
2.3.3 Mikro İşlemci 12
2.3.4 Güç Kaynağı 12
2.3.5 Veri Depolama Birimi 13
2.3.6 Kontrol ve Ekran Ünitesi 13
2.4 GPS GÖZLEMLERİ 13
2.4.1 Kod Ölçüsü 13
2.4.2 Taşıyıcı Dalga Faz Ölçüsü 15
2.4.3 GPS Fark Gözlemleri 16
2.4.3.1 Tekli Farklar 16
2.4.3.2 İkili Farklar 17
2.4.3.3 Üçlü Farklar 17
2.5 GPS'DE HATA KAYNAKLARI 18
2.5.1 Uydu Efemeris Hataları 19
2.5.2 Uydu Saati Hataları 19
2.5.3 Sinyal Yansıma (Multipath) Etkisi 19
2.5.4. Alıcı Anteni Faz Merkezi Hatası 19
2.5.5 Seçimli Doğruluk Erişimi 20
2.5.6. İyonosfer Etkisi 20
2.5.7 Troposfer Etkisi 20
2.6 GPS İLE KONUM BELİRLEME YÖNTEMLERİ 21
2.6.1 Göreli Konum Belirleme Yöntemleri 21
2.6.1.1 Statik Ölçme Yöntemi 22
2.6.1.2 Hızlı Statik Ölçme Yöntemi 22
2.6.1.3 Tekrarlı Ölçü Yöntemi 23
2.6.1.4 Dur-Git Ölçü Yöntemi 23
2.6.1.5 Kinematik Ölçme Yöntemi 23
2.6.2 Diğer Konum Belirleme Yöntemleri 24
2.6.2.1 Diferansiyel GPS 24
2.6.2.2 Gerçek Zamanlı Kinematik GPS 24

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

BÖLÜM 3 GPS DEĞERLENDİRME YAZILIMLARININ GENEL ÖZELLİKLERİ VE ANALİZ MODELLERİ..... 26

3.1 PLANLAMA 26
3.1.1 Uydu Görüş İmkanları 26
3.1.2 Uydu Geometrisi 27
3.2 VERİ TRANSFERİ 27
3.2.1 Veri Yükleme 27
3.2.2 Veri Dönüşümü 27
3.3 VERİ İŞLEME 27
3.3.1 Baz Tanımı 28
3.3.2 Efemerisler 28
3.3.3 Kod Gözlemleriyle Elde Edilen Verilerin İşlenmesi 28
3.3.4 Faz Gözlemleriyle Elde Edilen Verilerin İşlenmesi 28
3.3.5 Kovaryans Matrisleri 29
3.3.6 Parametre Tahmini 29
3.4 KALİTE KONTROL 29
3.4.1 Veri Analizi 30
3.4.2 İstatistiksel Veri 30
3.4.3 Lup Kapanmaları 30
3.5 AĞ HESAPLAMALARI 30
3.5.1 GPS Ağlarının Dengelenmesi 30
3.5.2 Datum ve Koordinat Dönüşümü 31
3.5.3 Karma Veri Kombinasyonları 31
3.6 VERİ TABANI YÖNTEMİ 31
3.6.1 Diğer Veri Tabanlarıyla Arayüzler 31
3.7 ANALİZ MODELLERİ 32
3.7.1 Tek Baz Çözüm Yöntemi 32
3.7.2 Ağ Konsepti Çözümü 32
3.7.2.1 Bir Ağ İçin Tekli Farklar Örneği 33
3.7.2.2 Bir Ağ İçin İkili Farklar Örneği 34

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

3.7.2.3 Tek Baz Çözüm Yöntemi Ve Ağ Konsepti Çözüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması 36

BÖLÜM 4 ÇALIŞMADA KULLANILAN DEĞERLENDİRME YAZILIMLARI 37

4.1 TURBO SURVEY SYSTEM (TSS) YAZILIMI 37
4.1.1 TSS Yazılımının Genel Özellikleri 37
4.1.2 TSS Yazılımının Kullanımı 37
4.1.2.1 Veri Aktarımı ve Proje Seçimi 37
4.1.2.2 RINEX Formatına Dönüşüm ve RINEX Dosya Ayrımı 40
4.1.2.3 Veri İşleme 43
4.2 GEOGENIUS YAZILIMI 48
4.2.1 GeoGenius Yazılımının Genel Özellikleri 48
4.2.2 GeoGenius Yazılımının Kullanımı 49
4.2.2.1 Veri Aktarımı ve RINEX Formatına Dönüşüm 49
4.2.2.2 Veri İşleme 51

BÖLÜM 5 UYGULAMA……...56

5.1 ÇALIŞMADA KULLANILAN GPS NOKTALARI 56
5.2 KULLANILAN YAZILIMLAR VE VERİLER 57
5.2.1 IGS Noktalarına Ait Gözlem Dosyaları 57
5.2.2 Hassas Efemeris Dosyaları 58
5.2.3 Kullanılan Gözlem ve Hassas Efemeris Dosyalarının Özellikleri 58
5.3 ELDE EDİLEN VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ 58
5.3.1 Doğu-Batı ve Kuzey-Güney Doğrultularında Oluşturulan Bazların Değerlendirilmesi 59
5.3.1.1 Bazların TSS Yazılımında Değerlendirilmesi 59
5.3.1.2 Bazların GeoGenius Yazılımında Değerlendirilmesi 59
5.4 ELDE EDİLEN SONUÇLARIN TEKRAR EDİLEBİLİRLİK PREZİSYON VE DOĞRULUK AÇISINDAN İNCELENMESİ 63

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

5.4.1 Elde Edilen Sonuçların Tekrar Edilebilirlik Açısından İncelenmesi..... 63

5.4.1.1 Doğu-Batı Doğrultusundaki Bazların Faklı Çözüm Stratejileriyle Değerlendirilmeleri Sonucu Elde Edilen Tekrar Edilebilirlikleri..... 64

5.4.1.2 Kuzey-Güney Doğrultusundaki Bazların Faklı Çözüm Stratejileriyle Değerlendirilmeleri Sonucu Elde Edilen Tekrar Edilebilirlikleri..... 68

5.4.2 Elde Edilen Sonuçların Prezisyon Açısından İncelenmesi..... 72

5.4.3 Elde Edilen Sonuçların Doğruluk Açısından İncelenmesi 75

5.5 DEĞERLENDİRME YAZILIMLARININ KULLANIŞLILIKLARI 77

BÖLÜM 6 SONUÇLAR……79

KAYNAKLAR……... 83

EK AÇIKLAMALAR A.NOKTA KOORDİNATLARI……85

EK AÇIKLAMALAR B.GERÇEK KENAR UZUNLUKLARI İLE DEĞERLENDİRME SONRASINDA HESAPLANAN KENAR UZUNLUKLARI ARASINDAKİ FARKLAR…….105

ÖZGEÇMİŞ……..110

ŞEKİLLER DİZİNİ

No		Sayfa
2.1	Yörüngelerindeki GPS uyduları	4
2.2	Navigasyon mesajının yapısı (Arslanoğlu, 2002)	11
2.3	GPS alıcılarını oluşturan parçalar (Hofmann et al., 1997)	12
2.4	Kodlardan zaman farkı ölçümü (Güngör, 2000)	14
2.5	Tekli farklar (Çelik, 2002)	17
2.6	İkili farklar (Çelik, 2002)	18
2.7	Üçlü farklar (Çelik, 2002)	18
2.8	Statik ölçülen kenarlar için baz uzunluklarına göre oturum süreleri (Güngör, 2000)	22
4.1	TSS'de proje seçme menüsü	38
4.2	TSS'de Proje Bilgisi Giriş Menüsü	39
4.3	TSS'de zaman bölgesi tanımlama menüsü	39
4.4	TSS'de verilerin binary formattan RINEX formatına dönüşüm menüsü	40
4.5	TSS'de RINEX dosyaların yüklenmesi	41
4.6	TSS'de RINEX dosya ayrımı menüsü	42
4.7	TSS'de zaman değiştirme menüsü	42
4.8	TSS'de veri işleme menüsü	43
4.9	TSS'de Point Positioning menüsü	44
4.10	TSS'de gözlem istasyonlarına ait bilgiler menüsü	45
4.11	TSS'de Pick Base/Rover menüsü	45
4.12	TSS'de Manual Processing menüsü	46
4.13	TSS'de Baseline Summary menüsü	47
4.14	TSS'de elde edilen bazların grafik hali	47
4.15	GeoGenius'da veri transferi	49
4.16	Ham verilerin RINEX formatına dönüştürülmesi	50
4.17	Projeye yüklenecek RINEX dosyaları	50
4.18	Yüklenen RINEX dosyalarının grafik ortamda görünüşü	51
4.19	Hassas efemeris dosyalarının projeye eklenmesi	52
4.20	GeoGenius ayarlar menüsü	52

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

No		Sayfa
4.21	Referans noktalarının belirlenmesi……..	53
4.22	Referans noktalarının gerçek koordinatlarının girilmesi…….	54
4.23	Zaman ayarlamasının yapılması……...54	
4.24	Bazların değerlendirilmesi……...	55
5.1	Uygulamada kullanılan IGS noktaları…….	56
5.2	Gözlem dosyalarının MS DOS ortamında elde edilmesi……58	
5.3	TSS yazılımında değerlendirilen bazların günlük tekrar edilebilirlikleri……	64
5.4	L1/L2 frekansı ve üç ayrı troposferik model kullanılarak değerlendirilen bazların müdahalesiz olarak elde edilen tekrar edilebilirlikleri……65	
5.5	L1/L2 frekansı ve üç ayrı troposferik model kullanılarak değerlendirilen bazların müdahaleli olarak elde edilen tekrar edilebilirlikleri……...	66
5.6	Lc frekansı ve üç ayrı troposferik model kullanılarak değerlendirilen bazların tekrar edilebilirlikleri……...	66
5.7	Lw/Ln frekansı ve üç ayrı troposferik model kullanılarak değerlendirilen bazların müdahalesiz olarak elde edilen tekrar edilebilirlikleri……67	
5.8	Lw/Ln frekansı ve üç ayrı troposferik model kullanılarak değerlendirilen bazların müdahaleli olarak elde edilen tekrar edilebilirlikleri ……...	67
5.9	L1/L2 + Lc frekansı ve üç ayrı troposferik model kullanılarak değerlendirilen bazların tekrar edilebilirlikleri…….	68
5.10	TSS yazılımında değerlendirilen bazların günlük tekrar edilebilirlikleri……	69
5.11	L1/L2 frekansı ve üç ayrı troposferik model kullanılarak değerlendirilen bazların müdahalesiz olarak elde edilen tekrar edilebilirlikleri……69	
5.12	L1/L2 frekansı ve üç ayrı troposferik model kullanılarak değerlendirilen bazların müdahaleli olarak elde edilen tekrar edilebilirlikleri……...	70
5.13	Lc frekansı ve üç ayrı troposferik model kullanılarak değerlendirilen bazların tekrar edilebilirlikleri……...	70
5.14	Lw/Ln frekansı ve üç ayrı troposferik model kullanılarak değerlendirilen bazların müdahalesiz olarak elde edilen tekrar edilebilirlikleri ……71	
5.15	Lw/Ln frekansı ve üç ayrı troposferik model kullanılarak değerlendirilen bazların müdahaleli olarak elde edilen tekrar edilebilirlikleri……...	71
5.16	L1/L2 + Lc frekansı ve üç ayrı troposferik model kullanılarak değerlendirilen bazların tekrar edilebilirlikleri…….	72

ÇİZELGELER DİZİNİ

No		Sayfa
2.1	GPS Uydularının Durum Bilgileri…….	6
2.2	GPS Uydu Sinyal Bileşenleri (Hofmann et al., 1997)…….	10
5.1	Değerlendirme türü ve değerlendirmede kullanılan parametreler….....	59
5.2	Değerlendirme türü ve değerlendirmede kullanılan parametreler……...	60
5.3	Değerlendirme türü ve değerlendirmede kullanılan parametreler……...	60
5.4	Değerlendirme türü ve değerlendirmede kullanılan parametreler……...	61
5.5	Değerlendirme türü ve değerlendirmede kullanılan parametreler……...	62
5.6	Değerlendirme türü ve değerlendirmede kullanılan parametreler……...	62
5.7	Değerlendirme türü ve değerlendirmede kullanılan parametreler……...	63
5.8	Doğu-Batı doğrultusu için değerlendirme stratejilerinin prezisyon değerleri…….	73
5.9	Kuzey-Güney doğrultusu için değerlendirme stratejilerinin prezisyon değerleri…	74
5.10	Doğu-Batı doğrultusu için değerlendirme stratejilerinin doğruluk değerleri……......	76
5.11	Kuzey-Güney doğrultusu için değerlendirme stratejilerinin doğruluk değerleri….	77
5.12	Değerlendirme yazılımlarının kullanışlılıkları…….	77
6.1	Verdikleri sonuca göre çözüm stratejilerinin en iyiden en kötüye doğru sıralanması……...	80

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A, B, C	:	Bir GPS Ağı noktaları
c	:	Işık hızı
[dd]	:	Her bir bazın karesel ortalama hatalarının karelerinin toplamı
[dd]	:	Değerlendirme sonrasında elde edilen uzunluklarla gerçek uzunlukların farklarının kareleri toplamı
$d_{k,\varphi}(t)$	:	Alıcı donanımından kaynaklanan faz gecikmesi
$d^{p}_{k,\varphi}(t)$	:	Uydu donanımından kaynaklanan faz gecikmesi
$d_{k,p}(t)$	:	Alıcı donanımından kaynaklanan kod gecikmesi
$d^{p}_{k,p}(t)$	:	Sinyalin çevreden yansımasıyla oluşan multipath etkisi
$d^{p}_{p}(t)$	:	Uydu donanımından kaynaklanan kod gecikmesi
dt_k	:	Alıcı saat hatası
dt^p	:	Uydu saat hatası
e	:	Su buharı basıncı
f_0	:	Temel frekans
h	:	Ölçü noktasının yaklaşık elipsoit yüksekliği
$I^{t}_{k,p}(t)$	:	İyonosferik hata
L1	:	Link 1 GPS Frekansı
L2	:	Link 2 GPS Frekansı
Lc	:	İyonosferden Bağımsız GPS Frekansı
Ln	:	Narrow Lane GPS Frekansı
Lw	:	Wide Lane GPS Frekansı
j, k, l, m	:	GPS uyduları
n	:	Gün sayısı
n	:	Baz sayısı
P	:	Atmosferik basınç
$\varphi_k(t)$	:	Alıcıdaki faz

$\varphi^p(t)$	:	t anında uydudan alınan sinyalin fazı
$P_k^p(t)$	:	t anında k noktasındaki alıcı ile belirlenen kod ölçüsü
$\rho_k^p(t)$	:	t anında alıcı anteni ile uydu arasındaki geometrik uzunluk
T	:	Mutlak sıcaklık
T	:	Zaman
$T_k^p(t)$	:	Troposferik hata
Z	:	Uydu zenit uzaklığı
ε_p	:	Rasgele ölçü hatası
λ	:	Dalga boyu
φ	:	Ölçü noktasının yaklaşık enlemi
ΔS_w^z	:	Troposfer etkisi

KISALTMALAR:

ABD	:	Amerika Birleşik Devletleri
A-S	:	Anti-Spoofing
C/A	:	Coarse/Acquisition, Clear/Access
CBS	:	Coğrafi Bilgi Sistemi
DGPS	:	Diferansiyel GPS
DOP	:	Dilution Of Precision
ECEF	:	Earth Centered Earth Fixed
FTP	:	File Transfer Protocol
GHz	:	Giga Hertz
GPS	:	Global Positioning System
GZKGPS	:	Gerçek Zamanlı Kinematik GPS
IF	:	Intermediate Frequency
IGS	:	International GPS Service
ITRF	:	International Terrestrial Reference Frame
JPO	:	Joint Program Office
KOH	:	Karesel Ortalama Hata

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

MHz	:	Mega Hertz
OTF	:	On The Fly
P	:	Precise, Protected
RF	:	Radyo Frekans
PRN	:	Pseudo Random Noise
RINEX	:	Receiver Independent Exchange Format
SA	:	Selective Availability
SOPAC	:	Scripps Orbit and Permanent Array Center
SP3	:	Standart Product 3
TE	:	Tekrar Edilebilirlik
TSS	:	Turbo Survey System
UTC	:	Coordinated Universal Tim

BÖLÜM 1

GİRİŞ VE ÇALIŞMANIN AMACI

Sahip olma içgüdüsüyle hareket eden insanoğlu, her zaman sahip olduklarını koruma isteğinde olmuş ve bu durum taşınmazlar söz konusu olduğunda sınır ve konumların ölçülerek belirlenmesi gerekliliğini doğurmuştur. Doğada var olan bir büyüklüğü, aynı türden birim olarak tanımlanmış büyüklükle kıyaslamak ve doğadaki büyüklük içinde kaç birim büyüklük olduğunu belirlemek olarak tanımlanan ölçme bir kıyaslama eylemidir (Baykal, 2002).

Kıyaslama içgüdüsüyle dünyaya gelen insanoğlu, doğduğu ilk günden yaşamının son gününe kadar her anını bir şeyi diğeriyle kıyaslamakla geçirmektedir. Her kıyaslama sonucunda keşfettiği yeni özellikleri daha sonraki kıyaslamalarda kullanmakta ve böylece kendince en iyisine ulaşmaya çalışmaktadır. Günümüzde ulaşılan teknolojik yapı da böyle kıyaslamalar sonucu günden güne gelişme göstererek bugünkü seviyeye gelmiş ve yine yapılacak kıyaslamalar sonucunda daha da ileri gidecektir.

Teknolojik gelişmeler her alanda olduğu gibi haritacılık alanında da kendisini göstermiş, ilk olarak yersel çalışmalarla başlayan ölçme işlemi günden güne gelişerek önce gökyüzüne, ardından da uzaya kadar çıkmıştır. Klasik yersel ölçmeler yine daha iyiyi bulma çabasında olan insanoğlunun kıyaslamalarıyla gelişmeye başlamış, elektronik yersel ölçme aletleri haritacılık yaşamına girmiş, daha geniş alanların haritalanması gerekliliği ortaya çıktığında fotogrametri gündeme gelmiş, daha sonraki yıllarda uzaktan algılama teknikleri gelişmiş ve 1980'li yıllarda da Global Konum Belirleme Sistemi (Global Positioning System; GPS) kullanılmaya başlanmıştır. Askeri amaçla geliştirilen sistemin siviller tarafından kullanılması engellenememiş ve jeodezik amaçlı konum belirlemek için aktif olarak kullanılmıştır ve kullanılmaya da devam edilmektedir.

GPS ölçmelerinde koordinatları bilinmeyen noktaların koordinatlarının, koordinatı bilinen noktalarınkine göre belirlendiği göreli konum belirlemede, Gerçek Zamanlı Kinematik

GPS yöntemi kullanılmıyorsa, arazide yapılan ölçümlerin daha sonra bilgisayar yazılımlarında değerlendirilmesi gerekmektedir. Elde edilecek sonuçlar sadece yapılan ölçümün kalitesine bağlı olmayıp kullanılan yazılıma göre de değişim gösterebilmektedir.

Bu çalışmada, aynı verilerin farklı yazılımlarda değerlendirilmesiyle elde edilen sonuçların birbirlerine göre farklılıkları irdelenmeye ve farklılıkların nedenleri araştırılmaya çalışılmıştır.

1.1 ÇALIŞMANIN AMACI

Günümüzde zaman çok önemli ve çok değerli bir kavram haline gelmiştir. Yapılan her çalışmada, en iyi sonuca en kısa zamanda ulaşılması istenmektedir. Teknolojideki gelişmeler insanoğlunun hayatını kolaylaştıracak şekilde ilerlerken, kolaylaştırma kavramında en önemli faktör, daha iyi sonuçların daha kısa zamanda elde edilmesi olmaktadır.

Konum belirleme uygulamalarında, klasik yöntemlere göre zaman tasarrufu sağlayan ve daha ekonomik olan GPS'de, veri değerlendirme yazılımlarının da optimum sonucu vermeleri istenmektedir.

GPS'den elde edilen verilerin değerlendirilmesi sırasında, kullanılan değerlendirme yazılımlarının dayandığı algoritmalara bağlı olarak anlamlı farklılıklar meydana gelebilmektedir. Bu çalışmada söz konusu farklılıklar ortaya konularak, gerçekleştirilecek uygulamaların amacına göre, hangi algoritmaya dayanan yazılımların daha uygun çözümler verebileceği araştırılmaya çalışılmıştır.

1.2 ÇALIŞMADA İZLENEN YÖNTEM

Araştırma için sürekli GPS ölçümü yapan ve dünya üzerinde yayılmış olan IGS (International GPS Service) noktalarından Avrupa Kıtası'nda bulunanlar kullanılmıştır. Bu noktalardan, yaklaşık olarak aynı enlem üzerinde bulunanlardan ve yine yaklaşık olarak aynı boylam üzerinde bulunanlardan, doğu-batı ve kuzey-güney doğrultularında bazlar oluşturulmuştur.

Bazları oluşturan noktalara ait olan ve değerlendirme sırasında yazılımlarca kullanılan üçer günlük gözlem dosyaları ve uydu yörüngelerine ait bilgileri içeren hassas efemeris dosyaları, sırasıyla SOPAC (Scripps Orbit and Permanent Array Center)'ın ftp arşivinden ve IGS'in web sitesinden alınmıştır.

Elde edilen veriler daha sonra, farklı değerlendirme algoritmalarına sahip TSS (Turbo Survey System) ve GeoGenius yazılımlarında değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

BÖLÜM 2

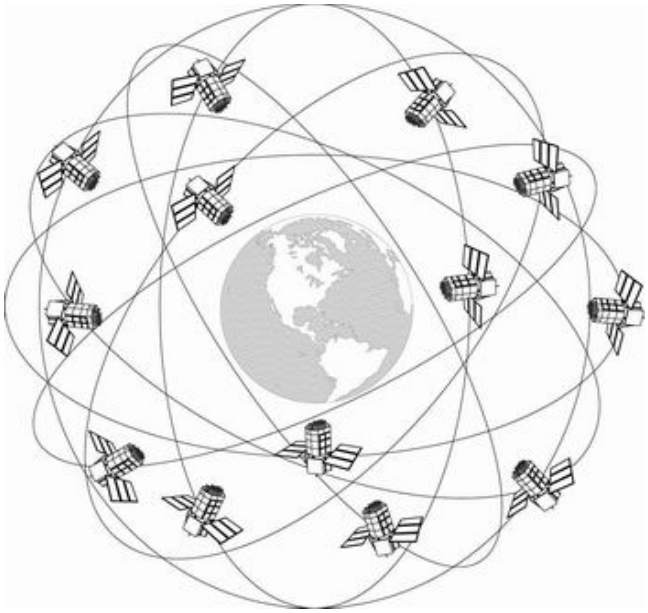
GPS'İN GENEL KAVRAMLARI

2.1 GPS'İN BÖLÜMLERİ

Amerikan Hava Kuvvet Sistemleri Komutanlığı Uzay Bölümünün bir birimi olan JPO (Joint Program Office) sorumluluğunda geliştirilen GPS sistemi, uydulardan oluşan Uzay Bölümü, tüm sistemi yöneten Kontrol Bölümü ve farklı özelliklerdeki alıcıları içeren Kullanıcı Bölümü olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır (Hofmann et al., 1997).

2.1.1 Uzay Bölümü

Yeryüzünden yaklaşık 20200 km yukarda olan, ekvatorla 55°'lik eğim yapan ve 6 yörüngede hareket eden toplam 24 GPS uydusu GPS'in Uzay Bölümü'nü oluşturmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Yörüngelerindeki GPS uyduları.

Blok I, Blok II, Blok II A, Blok II R (Blok II R-M), Blok II F ve Blok III olmak üzere altı farklı sınıf ya da türde GPS uydusu mevcuttur. Blok I uyduları 1978-1985 yılları arasında yörüngeye oturtulmuştur ve ömürleri dolduğu için şu anda kullanılmamaktadır. 1989 yılında yörüngelerine oturtulmaya başlanan Blok II uyduları, Blok I uydularının aksine, askeri güvenlik için Seçimli Doğruluk Erişimi (Selective Availability; SA) ve "Aldatmaya Karşı Koyma" (Kahveci ve Yıldız, 2001) (Anti-Spoofing; A-S) engellemeleriyle yüklenmiş ve böylece sivil kullanıcılara sınırlı bir kullanım olanağı tanınmıştır. İlk uydusu 1990 yılında yörüngesine oturtulan Blok II A uydularından bazıları lazer ölçmelerini mümkün kılan yansıtıcılarla donatılmış olup bu uyduların birbirleri arasında haberleşme özelliği bulunmaktadır. Blok II uydularının yerini alması için üretilen Blok II R ve Blok II R-M uydularının en önemli özelliği atomik saate sahip olmaları olup ilk olarak 1997 yılında yörüngelerine oturtulmaya başlanmıştır. Söz konusu GPS uydularının durum bilgileri Çizelge 2.1'de görülmektedir.

2005-2010 yılları arasında yörüngeye yerleştirilmesi planlanan Blok II F uydularında sivil amaçlı yeni bir sinyal olan, 1176.45 MHz frekanslı L5 sinyalinin kullanılmasına karar verilmiştir. Blok III uyduları henüz tasarım aşamasında olup 2010 yılından itibaren yörüngesine oturtulmaları planlanmaktadır (Kahveci ve Yıldız, 2001).

2.1.2 Kontrol Bölümü

Kontrol Bölümü, GPS'in bir bütün olarak sağlıklı bir şekilde çalışmasını sağlamak için kurulmuş yer istasyonlarından oluşmaktadır. İzleme İstasyonları, Ana Kontrol İstasyonu ve Yer Antenleri birimlerinden oluşan Kontrol Bölümü'nde, Hawaii, Colorado Springs, Ascension Adası, Diego Garcia ve Kwajalein'e kurulan beş adet İzleme İstasyonu, 1.5 saniyede bir yaptıkları pseudorange gözlemlerini iyonosferik ve meteorolojik verilerle birleştirerek Ana Kontrol İstasyonuna gönderir. Ana Kontrol İstasyonu, aldığı verilerle uydu yörüngelerini, uydu saat düzeltmelerini hesaplar ve bunları, Yer Antenleri aracılığıyla uydulara gönderir. Üç adet antenden oluşan ve S-Band radyo hatlarını kullanan Yer Antenleri, uydulardan gelen verileri alan ve her 8 saatte bir ana Kontrol İstasyonu'ndan gelen verileri uydulara yükleyen birimlerdir (Eren ve Uzel, 1995).

Çizelge 2.1 GPS Uydularının Durum Bilgileri.

Uydu No	PRN No	Block No	Yörüngeye Oturtulma	Yörüngesel Konum	Faaliyete Geçtiği Tarih	Faaliyetinin Sona Erdiği Tarih
1	4	I-1	22.02.1978	--	29.03.1978	25.01.1980
2	7	I-2	13.05.1978	--	14.07.1978	30.08.1980
3	6	I-3	06.10.1978	--	09.10.1978	19.04.1992
4	8	I-4	11.12.1978	--	08.01.1979	27.10.1986
5	5	I-5	09.02.1980	--	27.09.1980	28.11.1983
6	9	I-6	26.04.1980	--	16.05.1980	10.12.1990
7	--	I-7	18.12.1981	--	--	--
8	11	I-8	14.07.1983	--	10.08.1983	04.05.1993
9	13	I-9	13.06.1984	--	19.07.1984	25.02.1994
10	12	I-10	08.09.1984	--	03.10.1984	18.11.1995
11	3	I-11	09.10.1985	--	30.10.1985	27.02.1994
14	14	II-1	14.02.1989	E1	14.04.1989	14.04.2000
13	2	II-2	10.06.1989	B3	12.07.1989	Devam Ediyor
16	16	II-3	17.08.1989	E5	13.09.1989	Devam Ediyor
19	19	II-4	21.10.1989	A4	14.11.1989	Devam Ediyor
17	17	II-5	11.12.1989	D3	11.01.1990	Devam Ediyor
18	18	II-6	24.01.1990	F3	14.02.1990	Devam Ediyor
20	20	II-7	25.03.1990	B5	19.05.1996	10.05.1996
21	21	II-8	02.08.1990	E2	31.08.1990	10.05.1996
15	15	II-9	01.10.1990	D2	20.10.1990	10.05.1996
23	23	IIA-10	26.11.1990	E4	10.12.1990	10.05.1996
24	24	IIA-11	03.07.1991	D1	30.08.1991	Devam Ediyor
25	25	IIA-12	23.02.1992	A2	24.03.1992	Devam Ediyor
28	28	IIA-13	09.04.1992	C5	25.04.1992	05.05.1997
26	26	IIA-14	07.07.1992	F2	23.07.1992	Devam Ediyor
27	27	IIA-15	09.09.1992	A3	30.09.1992	Devam Ediyor
32	1	IIA-16	22.11.1992	F1	11.12.1992	Devam Ediyor
29	29	IIA-17	18.12.1992	F4	05.01.1993	Devam Ediyor
22	22	IIA-18	02.02.1993	B1	04.04.1993	Devam Ediyor
31	31	IIA-19	30.03.1993	C3	13.04.1993	Devam Ediyor
37	7	IIA-20	13.05.1993	C4	12.06.1993	Devam Ediyor
39	9	IIA-21	26.06.1993	A1	21.07.1993	Devam Ediyor
35	5	IIA-22	30.08.1993	B4	20.09.1993	Devam Ediyor
34	4	IIA-23	26.10.1993	D4	01.12.1993	Devam Ediyor
36	6	IIA-24	10.03.1994	C1	28.03.1994	Devam Ediyor
33	3	IIA-25	28.03.1996	C2	09.04.1996	Devam Ediyor
40	10	IIA-26	16.07.1996	E3	15.08.1996	Devam Ediyor
30	30	IIA-27	12.09.1996	B2	01.10.1996	Devam Ediyor
38	8	IIA-28	06.11.1997	A5	18.12.1997	Devam Ediyor
42	12	IIR-1	17.01.1997	--	--	--
43	13	IIR-2	22.07.1997	F5	31.01.1998	Devam Ediyor
46	11	IIR-3	06.10.1999	D2	03.01.2000	Devam Ediyor
51	20	IIR-4	10.05.2000	E1	01.06.2000	Devam Ediyor
44	28	IIR-5	16.07.2000	B5	17.08.2000	Devam Ediyor

2.1.3 Kullanıcı Bölümü

Her bir GPS alıcısı ve bu alıcıları kullanan herkes GPS'in Kullanıcı Bölümü'nü oluşturmaktadır. Kullanıcı Bölümü ile zaman, herhangi bir noktanın konumu ya da herhangi bir taşıtın hızı elde edilebilmektedir.

2.2 GPS UYDU SİNYAL YAPISI

GPS ölçmelerinde uydu alıcı arasındaki veri transferi, GPS uyduları tarafından yayınlanan ve elektromanyetik spektrumun mikro dalga bölümünde yer alan sinyallerle yapılır. Taşıyıcı dalgalar ve bunların üzerine modüle edilmiş kodlar, bu sinyalleri oluşturan bileşenlerdir. Uydu sinyalleri ile birlikte yeryüzü üzerindeki noktaların koordinatlarının bulunabilmesi için gerekli olan bilgiler de alıcıya ulaştırılır ve kaydedilir (Sickle, 1996).

GPS uydularından yayınlanan radyo sinyalleri oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu karmaşık yapı, GPS'e çok yönlülük kazandırmak için geliştirilmiştir. GPS'in çok kullanıcılı bir sistem olması nedeniyle farklı kullanıcılara göre farklı ölçüm ve yöntem ve çözüm gerekliliği, uydulara eş zamanlı gözlem esnasında sinyallerin karışmasını önlemek amacıyla farklı sinyal kodlaması gerekliliği, sinyalin uydu-alıcı arasında kat ettiği yol boyunca ne kadar bir gecikmeye uğradığının tespiti, alıcının konumunu duyarlı bir biçimde hesaplayabilmek için, uyduların konum bilgilerine ihtiyaç duyulması ve bu bilgilerin de özel kodlarla alıcıya gönderilmesi gerekliliği, yüksek doğruluk elde edebilmek için yüksek frekanslı sinyallerin kullanılması gerekliliği ve bu nedenle amaca uygun farklı frekanslar türetilmesi gerekliliği GPS sinyallerinin karmaşık yapısının nedenini göstermektedir (Arslanoğlu, 2002).

GPS, tek yönlü ölçmeyi, sınırsız sayıdaki askeri ve sivil kullanıcılara hizmet sunmayı, doğruluk ve açıklık sağlamayı, gerçek zamanlı mesafe ölçümüne olanak tanımayı, doğru taşıyıcı faz ölçümleri yapabilmeyi, yayın mesajı sağlamayı, iyonosferik gecikme düzeltmesi yapabilmeyi, aynı anda birden fazla uyduya gözlem yapmaya olanak tanımayı, sinyal girişimlerini engellemeyi gerektirmektedir. GPS sinyalleri, bu gereksinimleri karşılayacak bileşenleri yapısında barındırmaktadır (Teunissen and Kleusberg, 1998).

2.2.1 Taşıyıcı Dalgalar

Her bir GPS uydusu, 1575.42 MHz ve 1227.60 MHz mikrodalga radyo frekanslarında ve sırasıyla 19 cm ve 24.4 cm dalga boylarında, L1 (Link 1) ve L2 (Link 2) olarak adlandırılan iki adet taşıyıcı dalga yayınlar. L1 ve L2 frekansları, frekansı f_0 = 10.23 MHz olan temel frekansın 154 ve 120 tam katları alınarak elde edilmiştir. Bu taşıyıcılar L-Bant diye adlandırılan aralıkta (1-2 GHz) bulunurlar. L1 ve L2 taşıyıcı frekansları uydu saati okumaları ve yörünge parametreleri gibi bilgilerin taşınması için kodlarla modüle edilir. L1 taşıyıcı frekansı üzerine iki PRN kodu (C/A-Kod, P-Kod) ve Navigasyon Mesajı verileri modüle edilmiştir. L2 taşıyıcı sinyali ise yalnızca bir PRN kodu (P-Kod) ve Navigasyon Mesajı verileri ile modüle edilmiştir (Hofmann et al., 1997).

L1 frekansının herhangi bir nedenle kesilmesi ya da elektronik karıştırmaya maruz kalması durumunda L2 frekansının yedek frekans olarak görev yapması planlanmıştır. GPS ile hassas konumlama yapılabilmesi için sinyalin hızının hassas olarak elde edilmesi gerekmektedir. Hızı saniyede 1 cm duyarlılıkta elde edebilmek için desimetre mertebesinde dalga boyuna sahip sinyallerin kullanılması gerekmektedir. İyonosfer tabakasının sinyaller üzerine etkisi de iki farklı yüksek frekansta en aza indirgenmektedir. Bu nedenlerden GPS sisteminde çift frekans kullanılmakta ve kullanılan sinyaller yüksek frekanslı olmaktadır (Langley, 1998).

L1 ve L2 frekanslarının lineer kombinasyonları ile yapay frekanslar elde edilmekte ve bunlar iyonosfer etkisinin giderilmesi ve tam sayı belirsizliğinin çözümü gibi işlemler için L1 ve L2'den farklı frekanslar olarak kullanılmaktadır. Wide Lane (Lw), Narrow Lane (Ln) ve iyonosferden bağımsız Lc bunlara örnek gösterilebilir.

Lw frekansı, L1 ve L2 frekanslarının farkı alınarak, 347.82 MHz frekansında ve 86.2 cm dalga boyunda elde edilir. Ln frekansı ise L1 ve L2 frekanslarının toplamı sonucu, 2803.02 MHz frekansında ve 10.7 cm dalga boyunda elde edilmektedir. Uygulamada, orta ve uzun bazlarda, başlangıç faz belirsizliğinin çözümü için bu frekanslar kullanılabilmektedir (Hofmann et al., 1997).

Lc frekansı;

$$\Phi_{Lc} = \Phi_{L1} - \frac{f_{L2}}{f_{L1}}\Phi_{L2} \quad (2.1)$$

eşitliği ile elde edilir (Hofmann et al., 1997). Burada;

Φ_{Lc} = Lc fazı

Φ_{L1} = L1 fazı

Φ_{L2} = L2 fazı

f_{L1} = L1 frekansının sayısal değeri

f_{L2} = L2 frekansının sayısal değeri

dir (Hofmann et al., 1997).

Lc frekansı, yine orta ve uzun bazlarda, iyonosferik etkiyi azaltmak için kullanılabilmektedir (Hofmann et al., 1997).

2.2.2 Kodlar

2.2.2.1 C/A Kod

Her bir GPS uydusu tarafından iki farklı PRN kodu yayınlanır. Bunlar C/A (coarse/acquisation, Clear/Access) Kod ve P (Precision/Protected) Kod'dur. C/A Kod 1,023 binary (ikilik sayı sisteminde) basamaklık bir sayı dizisi veya "chip" tir ve her milisaniyede bir tekrarlanır. Her chip taşıyıcı dalgalara yüklenir ve uzayda ışık hızıyla hareket etmeleri sağlanır. Bu yüzden belli bir zaman aralığı, ışık hızıyla çarpılarak uzunluk birimine dönüştürülebilir. Bu nedenle 1 mikro saniye yaklaşık 300 metreyi ifade eder (Çizelge 2.2). Bu aynı zamanda C/A Kodun dalga boyudur.

C/A Kod her mili saniyede tekrarlandığı için GPS alıcısı sinyale çok çabuk kilitlenir ve aldığı kodu kendi ürettiğiyle karşılaştırmaya başlar. Her uyduya kendisine özgü C/A Kod tahsis edilmiştir. Şu anda değişik uydular için toplam 32 adet C/A Kod mevcuttur (Teunissen and Kleusberg, 1998).

2.2.2.2 P-Kod

Uzunluk ölçüm hassasiyeti kısmen PRN Kodundaki chip'in dalga boyuna bağlıdır. Yüksek duyarlık daha kısa dalga boyu ile elde edilebilir. GPS uyduları, C/A Kod'un verdiğinden daha hassas sonuç elde edebilmek için aynı zamanda P Kod'unu da yayınlar. P-Kod chiplerinin dalga boyu, C/A Kodunun dalga boyunun onda biri kadar, yani 30 metredir. Chip'ler saniyede 10.23 milyonluk bir oranla C/A Kod'a göre 10 kat daha hızlı üretilir. P-Kod oldukça uzun bir seridir. P-kod chipleri 266.4 gün veya yaklaşık 2.35×10^{14} chip geçmeden kendisini tekrarlamaz. Her hafta cumartesiyi pazara bağlayan gece tekrar eden kodların tek bir haftalık bölümleri, her bir uyduya ayrı ayrı tahsis edilmiştir. (Teunissen and Kleusberg, 1998).

Çizelge 2.2 GPS Uydu Sinyal Bileşenleri (Hofmann et al., 1997)

Bileşenler	Frekansı (MHz)	Dalga Boyu (λ)
Temel Frekans	$f_0 = 10.23$	-------
L1 Taşıyıcı	154 x $f_0 = 1575.42$	~ 19.0 cm
L2 Taşıyıcı	120 x $f_0 = 1527.60$	~ 24.4 cm
P-Kod	$f_0 = 10.23$	30 m
C/A-Kod	$f_0 /10 = 1.023$	300 m
W-Kod	$f_0 / 20 = 0.5115$	-------
Navigasyon Mesajı	$f_0 / 204600 = 50.10^{-6}$	-------

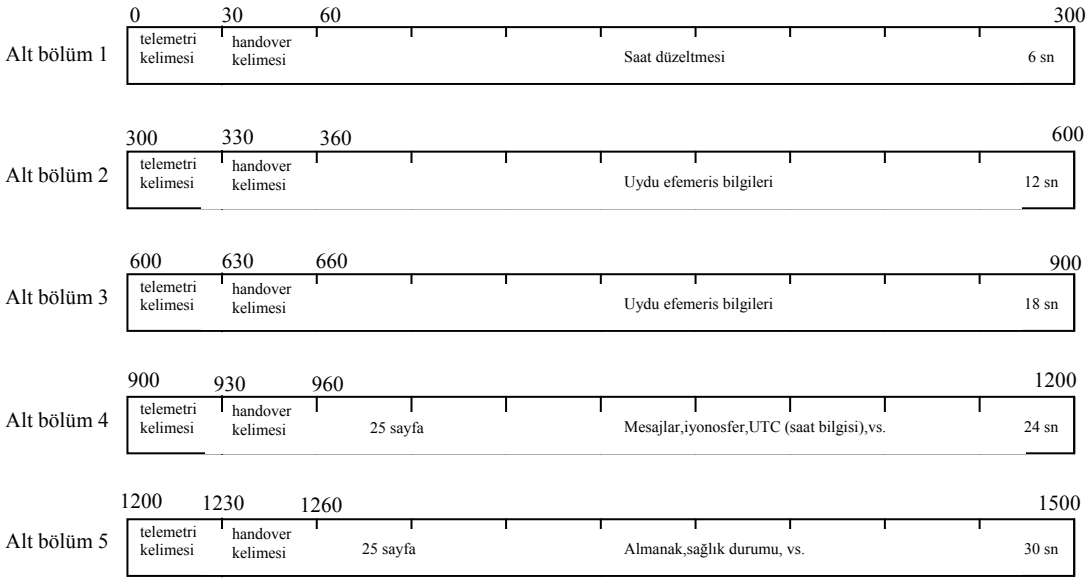
2.2.2.3 Y-Kod

A-S (Anti-spoofing) etkisinin bir parçası olarak, A.B.D. Savunma Bakanlığı, P-Kodunu gizli bir kod olan W-Kodu ile birleştirmek suretiyle şifrelemiş ve oluşan yeni koda Y Kod denilmiştir. Y-Kod sadece yetkili kullanıcılar tarafından kullanılabilmektedir. (Teunissen and Kleusberg, 1998).

2.2.3 Navigasyon Mesajı

Yapılan GPS gözlemleriyle koordinatların elde edilebilmesi için uyduların konumlarının bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle L1 ve L2 taşıyıcı dalgalarına, PRN kodlarıyla birlikte bir mesaj yüklenir (Şekil 2.2). Navigasyon Mesajı adı verilen bu mesajla birlikte uydunun

durumu, C\A Kod'dan P Kod'a geçişteki zaman senkronizasyon bilgileri, uydu saat düzeltmesi parametreleri, uydu yörünge parametreleri (efemeris), sinyalin atmosferden geçerken uğradığı gecikme ile ilgili düzeltmeler, diğer uyduların yaklaşık yörünge ve durumlarını belirleyen almanak bilgileri ve özel mesajlar alıcılara gönderilir (Erküçük, 1994).



Şekil 2.2 Navigasyon mesajının yapısı (Arslanoğlu, 2002).

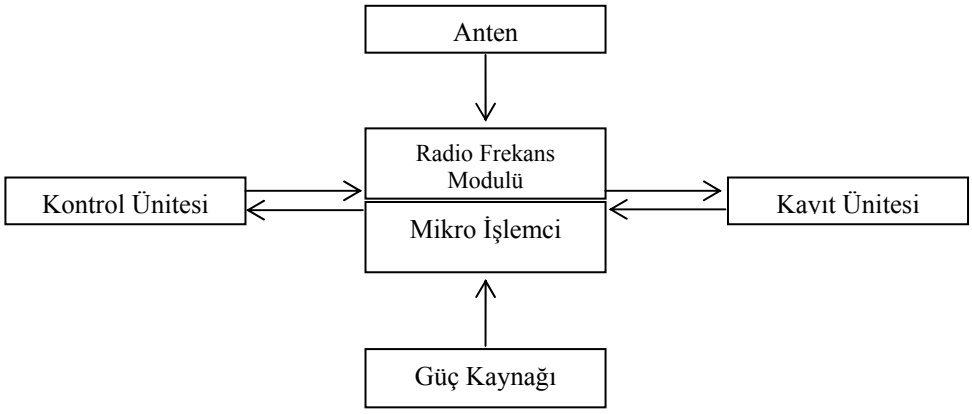
2.3 GPS ALICI SİSTEMLERİ

GPS ölçülerinde kullanılan en önemli donanım alıcı ve anten sistemidir. Kullanıcının sahip olduğu alıcı-anten sistemi özellikleri ve kapasiteleri ölçü planlamasından, ölçülerin arazi sonrası değerlendirme işlemlerine kadar tüm aşamaları doğrudan etkilemektedir. GPS alıcıları temel işlev olarak uydu sinyalini kaydeder, kayıt edilen sinyali işler, anlık uygulamalar için koordinat dönüşümü yapar, gerektiğinde navigasyon için gerekli bilgileri hesaplar. Şekil 2.3'de bir GPS alıcısını oluşturan parçalar gösterilmiştir (Kahveci ve Yıldız, 2001).

2.3.1 Anten

GPS alıcı antenlerinin görevi, uydulardan yayınlanan elektromanyetik dalgalar içerisindeki enerjiyi, alıcı içerisindeki elektronik devrelerde işlenebilecek elektrik akımına dönüştürmektir. Antenlerin boyut ve şekilleri çok önemli olup bu özellikler zayıf

sinyallerin alıcıya ulaşmasında az da olsa rol oynamaktadır (Teunissen and Kleusberg, 1998).



Şekil 2.3 GPS alıcılarını oluşturan parçalar (Hofmann et al., 1997).

2.3.2 Radyo Frekans Bölümü

Radyo Frekans (RF) bölümünün görevi antene gelen sinyalin frekansını IF (Intermediate Frequency) denilen alıcılar için daha kullanışlı bir seviyeye düşürmektir. Frekansın düşürülmesi, gelen sinyalin, alıcının içerisinde lokal osilatör diye adlandırılan alıcı saati tarafından üretilen sinüzoidal başka bir sinyalle karıştırılması ile gerçekleştirilir (Martin and Ladd, 2000).

2.3.3 Mikro İşlemci

Mikro işlemci tüm sistemin çalışmasını sağlayan bölümdür. Alıcı ilk açıldığında uyduya bağlanma, kod ve taşıyıcıların izlenmesi, yayınlanan navigasyon mesajının ve hesaplanan koordinatların yorumlanması gibi işlemler bir mikro işlemci tarafından gerçekleştirilmektedir (Hofmann et al., 1997).

2.3.4 Güç Kaynağı

Birçok GPS alıcısı yeniden şarj edilebilen nikel kadmiyum dahili güç kaynağı kullanmaktadır (Teunissen and Kleusberg, 1998). GPS ölçmelerinde karşılaşılabilecek en önemli problemlerden biri de güç kaynaklarının enerjilerinin, ölçüm tamamlanmadan bitmesidir. Yedek olarak kullanılmak üzere hazır hale getirilecek güç kaynakları ise hem

taşıma güçlüğü hem de araçlardaki boş alan kısıtlılığı nedeniyle başka bir problemi doğurmaktadır.

2.3.5 Veri Depolama Birimi

Veri Toplama Birimi, gözlemlerin ve navigasyon mesajlarının daha sonra değerlendirilmek üzere depolandığı önemli bir birimdir. Mikroçipler, disket sürücüler, manyetik bantlar ya da diğer bellekler GPS alıcılarında veri depolama birimi olarak kullanılan araçlardır. Ayrıca alıcılar topladıkları verileri kendi içlerinde kaydetmeden doğrudan harici bir bilgisayara da aktarabilirler (Hofmann et al., 1997).

2.3.6 Kontrol ve Ekran Ünitesi

GPS kullanıcılarının en çok ilgilendikleri bölüm kontrol ve ekran ünitesidir. Bu birim aracılığıyla hem yapılacak ölçüm için nokta numarası, alet yüksekliği gibi gerekli bilgiler alıcıya girilir hem de uyduların o andaki durumları hakkında bilgiler elde edilir. Bu birim, GPS anteni ile bütünleşik yapıda olabileceği gibi antenden ayrı olarak kablolarla bağlanan yapıda da olabilmektedir ve bu özellik farklı alıcılarda farklılıklar gösterebilmektedir.

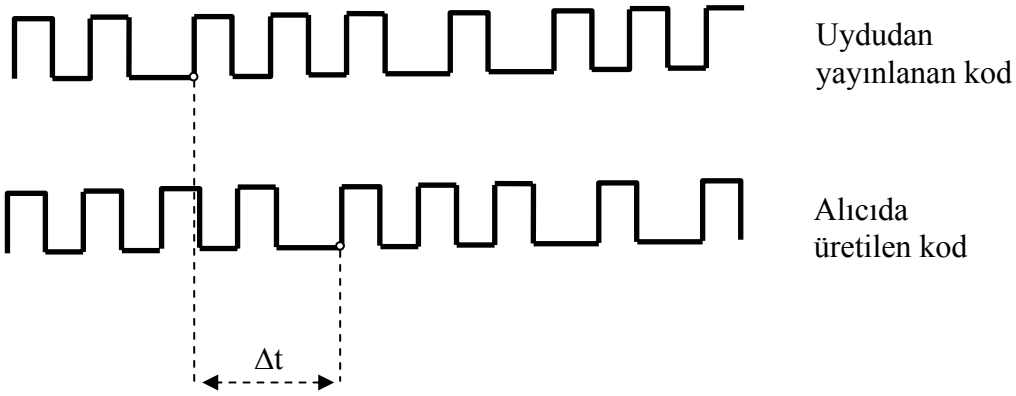
2.4 GPS GÖZLEMLERİ

GPS ile Kod Pseudorange (Kod ön uzunluğu) ve Taşıyıcı dalga fazı olmak üzere iki temel büyüklük gözlenmektedir. Jeodezik ölçmeler gibi yüksek duyarlılık gerektiren çalışmalarda, kod gözlemlerine göre çok daha hassas sonuçlar veren taşıyıcı dalga faz gözlemleri kullanılır. Kod ölçüleri ise navigasyon amaçlı anlık uygulamalar gibi çok büyük hassasiyet gerektirmeyen çalışmalar için uygundur. Bu iki ölçü türü birlikte kullanılarak yapılan ölçümlerde de bazı avantajlar elde edilebilmektedir. Kod ölçüleri, çoğu GPS alıcısında, kesin konum bilgisi elde edilmeden önce, hazırlık amacıyla ilk konum belirlemede kullanılır (Sickle, 1996).

2.4.1 Kod Ölçüsü

Kod ölçüsünde temel prensip, uydudan yayınlanan sinyalin uydudan çıkış anı ile alıcı antene varış anı arasındaki zaman farkının belirlenerek bunun ışık hızıyla çarpımı sonucu,

uydu ile alıcı anten arasındaki mesafenin elde edilmesidir. GPS alıcıları, uydulardan gelen kodun kopyalarını kendi içlerinde üretir ve bunu uydudan yayınlanan kodla karşılaştırarak korelasyona tabi tutar. Maksimum korelasyon sağlanıncaya kadar geçen süre sinyalin seyahat süresidir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Kodlardan zaman farkı ölçümü (Güngör, 2000).

Elde edilen uydu alıcı uzunluğu gerçek uzunluk olmayıp ham uzunluktur. Bunun nedeni sinyal seyahat süresinin, uydu ve alıcı saati hatası, atmosferik etkiler, alıcı ve uydu donanımlarından kaynaklanan hatalar ve yansıma (multipath) etkisi gibi nedenlerden dolayı hatalı olarak elde edilmesidir (Çelik, 2002). Tüm bu hatalar göz önüne alındığında kod pseudorange uzunluk ölçüsü denklemi;

$$P_k^p(t) = \rho_k^p(t) - cdt_k + cdt^p + I_{k,p}^p(t) + T_k^p(t) + d_{k,p}(t) + d_{k,p}^p(t) + d_p^p(t) + \varepsilon_p \qquad (2.2)$$

şeklindedir. Burada;

$P_k^p(t)$ = t anında k noktasındaki alıcı ile belirlenen kod ölçüsü

$\rho_k^p(t)$ = t anında alıcı anteni ile uydu arasındaki geometrik uzunluk

c = Işık hızı

dt_k = Alıcı saat hatası

dt^p = Uydu saat hatası

$I_{k,p}^t(t)$ = İyonosferik hata

$T_k^p(t)$ = Troposferik hata

$d_{k,p}(t)$ = Alıcı donanımından kaynaklanan kod gecikmesi

$d_{k,p}^{p}(t)$ = sinyalin çevreden yansımasıyla oluşan multipath etkisi

$d_{p}^{p}(t)$ = uydu donanımından kaynaklanan kod gecikmesi

ε_{p} = rasgele ölçü hatası

dır (Arslanoğlu, 2002).

2.4.2 Taşıyıcı Dalga Faz Ölçüsü

Faz gözlemleri taşıyıcı dalganın modüle edilmemiş (L1 ve L2) haline yapılmaktadır. Faz gözlemi, herhangi bir t anında uydudan yayınlanan sinyalin taşıyıcı fazı ile başka bir t anında alıcı tarafından üretilen referans sinyalin fazı arasındaki farktır. Taşıyıcı dalga faz gözlemleri, alıcı anten açıldığında, uydu ile alıcı arasındaki uzaklığın karşılığı olan fazın sadece anlık kesirli kısmını ölçebilir. Ölçülemeyen devir tam sayısına tam sayı faz belirsizliği denmektedir. Taşıyıcı dalga faz gözlemlerinin konum belirlemede kullanılabilmesi için tam sayı faz belirsizliğinin belirlenmesi gerekmektedir (Çelik, 2002).

Faz gözlemlerini kod gözlemlerinden ayıran farklar faz gözlemlerinin kod gözlemlerine göre daha duyarlı olması, tam sayı faz başlangıç belirsizliğine sahip olması ve taşıyıcı dalga fazı iyonosferden geçerken hızlandığı için faz gözlemlerine getirilen iyonosfer düzeltmesinin negatif işaretli olmasıdır (Kahveci ve Yıldız, 2001). Faz ölçüsü φ'nin bir k referans noktası ve p uydusuna göre denklemi;

$$\varphi_{k}^{p}(t) = \rho_{k}^{p}(t) - cdt_{k} + cdt^{p} - I_{k,p}^{p}(t) + T_{k}^{p}(t) + \frac{c}{f_1} N_{k}^{p} + d_{k,\varphi}(t) + d_{k,\varphi}^{p}(t) + d_{\varphi}^{p}(t) + \varepsilon_{\varphi} \qquad (2.3)$$

şeklindedir. Burada;

$\varphi_{k}(t)$ = alıcıdaki faz

$\varphi^{p}(t)$ = t anında uydudan alınan sinyalin fazı

$\frac{c}{f_1} N_{k}^{p}(1)$ = Tamsayı faz belirsizliği

$I_{k,\varphi}^{p}(t)$ = İyonosfer hatası

$T_{k}^{p}(t)$ = Troposfer hatası

$d_{k,\varphi}(t)$ = Alıcı donanımından kaynaklanan faz gecikmesi

$d^{p}_{k,\varphi}(t)$ = Uydu donanımından kaynaklanan faz gecikmesi

$d^{p}_{\varphi}(t)$ = Faz ölçüsüne ait multipath etkisi

dir (Arslanoğlu, 2002).

2.4.3 GPS Fark Gözlemleri

GPS ile kod ve fazı olmak üzere iki temel büyüklük gözlenmektedir ve bu temel gözlemlere sıfır farklar denilmektedir. Bu temel gözlemlerin lineer kombinasyonlarıyla oluşturulan farklar sayesinde alıcı saati hataları, uydu saati hataları ve faz başlangıç belirsizliği gibi hatalar elemine edilmektedir (Kahveci ve Yıldız, 2001).

2.4.3.1 Tekli Farklar

Tekli farklar, iki farklı alıcının, aynı uyduya yaptığı eş zamanlı gözlemler arasındaki farktır (Şekil 2.5) (Çelik, 2002). Bir k noktası ve p uydusu için faz ölçüsü denklemi (2.3) eşitliğinde verilmişti. Benzer bir eşitlik de bir n noktası ve p uydusu için yazılacak olursa;

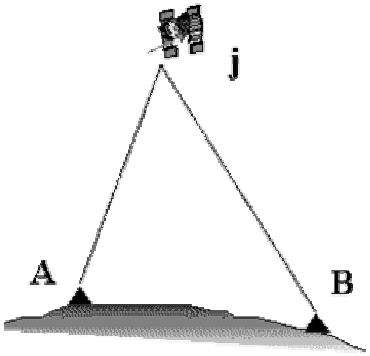
$$\varphi^{p}_{n}(t) = \rho^{p}_{n}(t) - cdt_{n} + cdt^{p} - I^{p}_{n,p}(t) + T^{p}_{n}(t) + \frac{c}{f_1} N^{p}_{n} + d_{n,\varphi}(t) + d^{p}_{n,\varphi}(t) + d^{p}_{\varphi}(t) + \varepsilon_{\varphi} \tag{2.4}$$

eşitliği elde edilir. (2.3) eşitliği ile (2.4) eşitliğinin farkı alınırsa;

$$\varphi^{p}_{kn}(t) = \rho^{p}_{kn}(t) - cdt_{kn} - I^{p}_{kn,p}(t) + T^{p}_{kn}(t) + \frac{c}{f_1} N^{p}_{kn} + d_{kn,\varphi}(t) + d^{p}_{kn,\varphi}(t) + d^{p}_{\varphi}(t) + \varepsilon_{\varphi} \tag{2.5}$$

eşitliği elde edilir.

(2.5) eşitliğinde de görüldüğü gibi oluşturulan tekli farklar sayesinde uydu saati ve yörünge hataları elemine edilmektedir.



Şekil 2.5 Tekli farklar (Çelik, 2002).

2.4.3.2 İkili Farklar

İkili farklar, iki farklı alıcının, iki farklı uyduya yaptıkları eş zamanlı gözlemlerden, aynı epokta, her bir uydu için oluşturulan tekli farklar arasındaki farktır (Erküçük, 1994). Diğer bir ifadeyle ikili farklar, iki tekli farkın farkıdır (Şekil 2.6). (2.4) eşitliğindeki tekli fark denklemi ikinci bir r uydusu ve k ve n noktaları için oluşturulura;

$$\varphi_{kn}^{r}(t) = \rho_{kn}^{r}(t) - cdt_{kn} - I_{kn,r}^{r}(t) + T_{kn}^{r}(t) + \frac{c}{f_1} N_{kn}^{r} + d_{kn,\varphi}(t) + d_{kn,\varphi}^{r}(t) + d_{\varphi}^{r}(t) + \varepsilon_{\varphi} \qquad (2.6)$$

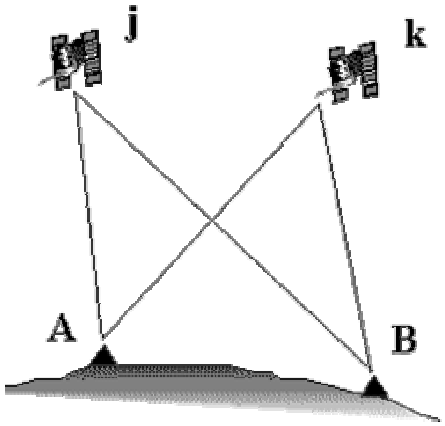
eşitliği elde edilir. (2.5) eşitliği ile (2.6) eşitliğinin farkı alınırsa;

$$\varphi_{kn}^{pr}(t) = \rho_{kn}^{pr}(t) - I_{kn,r}^{pr}(t) + T_{kn}^{pr}(t) + \frac{c}{f_1} N_{kn}^{pr} + d_{kn,\varphi}^{pr}(t) + d_{\varphi}^{pr}(t) + \varepsilon_{\varphi} \qquad (2.7)$$

eşitliği elde edilir. (2.7) eşitliğinde de görüldüğü gibi oluşturulan ikili farklar sayesinde uydu ve alıcı saati hataları, alıcı donanımından kaynaklanan faz gecikmesi ve uydu yörünge hataları giderilmektedir.

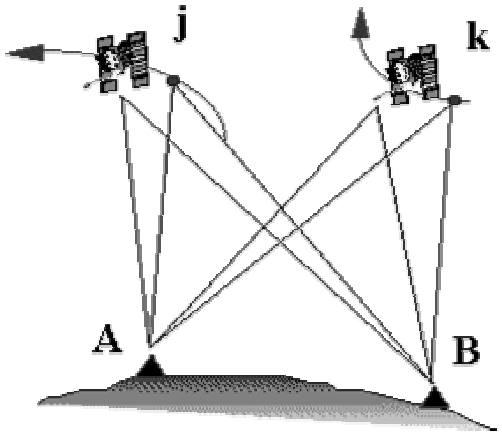
2.4.3.3 Üçlü Farklar

Üçlü farklar, Şekil 2.7'de görüldüğü gibi, iki farklı epokta oluşturulan iki ikili fark arasındaki farktır (Kahveci ve Yıldız, 2001).



Şekil 2.6 İkili farklar (Çelik, 2002).

Sinyal kesikliği olmadığı varsayılırsa üçlü farklar faz başlangıç belirsizliğini çözmektedir. Ayrıca üçlü farklar sinyal kesilmesi olup olmadığının araştırılması için de kullanılmaktadır (Çelik, 2002).



Şekil 2.7 Üçlü farklar (Çelik, 2002).

2.5 GPS'DE HATA KAYNAKLARI

GPS hata kaynakları gürültü (noise), sapma (bias) ve kaba hata (blunders) olmak üzere üç grupta toplanır.Gürültü hataları PRN kodu gürültüsü ve alıcı gürültüsünün kombinasyonu şeklindedir. Yapılan ölçülerin değerlendirilmesi sırasında yapılan hatalar da alıcı gürültüsü olarak değerlendirilmektedir. Bunlar alıcı antenin yapısına ve uygulanan metoda bağlıdır. Sapma hataları, efemeris hatası, uydu saati hataları, sinyal yansıma (multipath) hataları, alıcı anteni faz merkezi hatası, seçimli doğruluk erişimi (selective availability) ve atmosferik hatalardır. Kaba hatalar ise kontrol bölümünde bilgisayar ve insan hatalarından,

kullanıcı hatasından ve alıcının donanım ve yazılım hatalarından kaynaklanabilir (Çelik, 2002).

2.5.1 Uydu Efemeris Hataları

Efemeris hatası, GPS navigasyon mesajı içerisinde yayınlanan uydu konum bilgilerinin doğruluğunun düşük olduğu ya da kasti olarak düşürüldüğü durumlarda meydana gelen hatadır. Efemeris hatası radyal, teğet ve çapraz yörünge hataları olmak üzere üç bileşenden oluşmaktadır. Radyal, bu bileşenler içinde en küçük etkiye sahip olan bileşen olmasına karşın uydu-alıcı uzaklıklarının hesabında etkili olanıdır (Erküçük, 1994).

2.5.2 Uydu Saati Hataları

Uydu saati hatasının temel kaynağı, uydu ve alıcı saatlerinin GPS zamanına göre yeterli doğrulukta senkronize edilememesidir. Uydunun yönünden bağımsız olan uydu saati hataları, bütün alıcılar için aynı büyüklüktedir ve P ve C/A kodları için de aynı etkiyi göstermektedir (Çelik, 2002).

2.5.3 Sinyal Yansıma (Multipath) Etkisi

Sinyal yansıma (multipath) etkisi, uydulardan yayılan sinyallerin, alıcı antene farklı şekillerde, farklı yerlerden yansıyarak ve asıl sinyale karışarak gelmesidir. Sinyal yansımalarına hem uydunun hem de alıcıların çevrelerinde bulunan nesneler neden olabilmektedir. Uyduların neden olduğu sinyal yansıması, bir bazın her iki ucundaki alıcılar için aynı olacağından giderilmektedir (Hofmann et al., 1997).

2.5.4. Alıcı Anteni Faz Merkezi Hatası

Alıcı anteni faz merkezi GPS sinyallerinin antene ulaştığı noktadır. Teorikte antene ulaşan sinyalin geliş doğrultusu antenin faz merkezini etkilemez, ancak pratikte antenlerin faz merkezleri, uydu sinyalinin azimut ve yükseklik açısına bağlı olarak küçük değişimler göstermektedir. Faz merkezi hatası, alıcı antenlerin aynı yöne (genellikle kuzeye) çevrilmesiyle en aza indirgenir (Florida University, 2005).

2.5.5 Seçimli Doğruluk Erişimi

Uydu navigasyon mesajında yayınlanan yörünge bilgilerinin ya da uydu saati frekansının değiştirilmesi ile GPS'den elde edilecek doğruluğun düşürülmesi için ABD tarafından uygulanan seçimli doğruluk erişimi (Selective Availability, SA), 25 Mart 1990 – 1 Mayıs 2000 tarihleri arasında uygulamada kalmıştır (Colorado University, 2000).

2.5.6. İyonosfer Etkisi

İyonosfer, Mor ötesi (ultraviyole) ışınlarının, molekülleri parçalayarak iyonlar haline getirdiği katmandır. Elektrik yüklü parçacıklardan oluşan bu katman elektromagnetik dalgaların yayılmasını etkilemektedir. Serbest elektron yoğunluğu ve iyonlaşma güneş ışınımına bağlı olduğundan iyonosfer etkisi gündüz daha fazladır. İyonosfer etkisi kod ve faz gözlemlerinde farklılıklar göstermektedir. Faz gözlemlerinde iyonosfer tabakası faz hızlanmasına sebep olurken, kod gözlemlerinde iyonosferik grup gecikme etkisi söz konusudur. İyonosferik etki, çift frekanslı alıcılar kullanılarak ya da kısa bazlarda (< 20 km) fark gözlemleri yapılarak ortadan kaldırılabilir (Kahveci ve Yıldız, 2001).

2.5.7 Troposfer Etkisi

Troposfer elektrik yükü olmayan bir tabakadır ve elektromanyetik dalgaların yavaşlamasına ve eğilmesine neden olarak hızını ve yönünü değiştirir. Nötr atmosferin elektromanyetik dalgalara etkisine troposferik gecikme etkisi denmektedir. Troposfer etkisi frekanstan bağımsız olduğu için kod ve faz ölçümlerinde aynı etkiyi gösterir ve modellenerek giderilir (Erküçük, 1994). Günümüzde uygulamaya yönelik en çok kullanılan troposferik etki hesabı modellerinden Saastamoinen modeli;

$$\Delta S_{trop}^{z} = \frac{\Delta S_{d}^{z} + \Delta S_{w}^{z}}{CosZ} \tag{2.8}$$

$$\Delta S_{d}^{z} = \frac{0.002277.P}{1 - 0.00266.Cos2\varphi - 0.00028.h} \tag{2.9}$$

$$\Delta S_w^z = \frac{0.00277.e.\left(\frac{1255}{273.15+T}+0.05\right)}{1-0.00266.Cos2\varphi-0.00028.h} \tag{2.10}$$

dir. Burada;

Z = uydu zenit uzaklığı

P = atmosferik basınç (mbar)

T = mutlak sıcaklık (°C)

e = su buharı basıncı (mbar)

φ = ölçü noktasının yaklaşık enlemi

h = ölçü noktasının yaklaşık elipsoit yüksekliği (km)

dir (Kahveci ve Yıldız, 2001).

2.6 GPS İLE KONUM BELİRLEME YÖNTEMLERİ

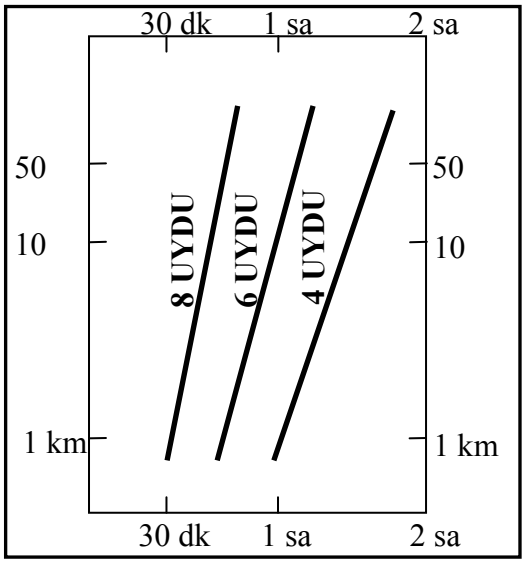
GPS'de mutlak ve göreli olmak üzere iki tür konum belirleme yöntemi bulunmaktadır. Mutlak konum belirlemede bir tek GPS alıcısıyla, en az dört uydudan kod gözlemleri yapılarak alıcının bulunduğu noktanın koordinatları belirlenmektedir. Göreli konum belirlemede ise noktaların koordinatları, koordinatı bilinen noktalara göre hesaplanmaktadır.

2.6.1 Göreli Konum Belirleme Yöntemleri

İki nokta arasındaki baz vektörünün belirlenmesi olarak da tanımlanabilen göreli konum belirlemede, konumu belirlenecek noktalardaki alıcıların, referans noktalarında ölçüm yapan alıcılarla aynı uydulara eş zamanlı gözlem yapması gerekmektedir. Nokta koordinatları, yapılan ölçümlerin GPS yazılımlarında değerlendirilmesi sonucu elde edilmektedir. Göreli konum belirleme yöntemleri statik ölçme yöntemi, hızlı statik ölçme yöntemi, tekrarlı ölçme yöntemi, dur-git ölçme yöntemi ve kinematik ölçme yöntemi olmak üzere beş gruba ayrılmaktadır.

2.6.1.1 Statik Ölçme Yöntemi

Statik ölçü yöntemi, çok yüksek doğruluk gerektiğinde, uzun bazların ölçülmesi söz konusu olduğunda, uydu geometrisinin başka tekniklere imkan vermediğinde ve sistematik etkilerin dikkate alınması gerektiğinde kullanılması gereken yöntemdir. Bu yöntemde iki veya daha fazla alıcı ile, yapılan çalışma ve istenilen doğruluğa bağlı olarak, 45 dakikadan 24 saate kadar olabilecek gözlem süresinde (Şekil 2.9), en az dört uyduya eş zamanlı ölçüm yapılmaktadır (Kahveci ve Yıldız 2001).



Şekil 2.8 Statik ölçülen kenarlar için baz uzunluklarına göre oturum süreleri (Güngör, 2000).

2.6.1.2 Hızlı Statik Ölçme Yöntemi

Statik ölçme yönteminden farkı ölçü süresinin daha kısa (15-20 dakika) olması olan hızlı statik ölçme yöntemiyle genellikle kısa uzunluklar ölçülür. Oturum sürelerinin kısa olması, tam sayı faz belirsizliğinin kısa sürede çözülmesine imkan veren matematiksel algoritmaların kullanılmasını gerektirmektedir. Hızlı statik ölçme yönteminde en iyi sonuç, çift frekanslı alıcılarla 5 km'den küçük bazların ölçülmesiyle elde edilmektedir (Arslanoğlu, 2002).

2.6.1.3 Tekrarlı Ölçü Yöntemi

Bu yöntem değişen uydu geometrisinden yararlanmak için, bir noktanın birkaç dakika süre ile belli bir aralıkla iki defa ölçülmesi esasına dayanır. Bir alıcı koordinatları bilinen noktada sürekli gözlem yaparken diğer alıcı ya da alıcılar hareket halindedir ve her yeni noktada, herbiri yaklaşık 10 dakika olacak şekilde en az ikişer defa gözlem yapar. Aynı noktaya ait her yeni gözlem bir öncekinden 1 ile 4 saatlik dilim içinde yapılmalıdır. Bu şekilde tamsayı belirsizliğinin çözümü kolaylaşmaktadır.

Tekrarlı ölçü yöntemi, merkezsel baz yöntemi ve travers yöntemi olmak üzere iki değişik şekilde yapılabilmektedir. Merkezsel baz yönteminde bir alıcı referans noktası üstünde sürekli gözlem yaparken hareketli alıcı diğer noktalarda dolaşarak gözlem yapar. Yine aynı alıcı 1-4 saat içerisinde aynı noktalarda tekrar gözlem yapar. Travers yönteminde ise sabit alıcı yoktur. Referans noktasından başlayarak her defasında bir alıcı dururken diğer alıcı atlamalı olarak yer değiştirir ve sonuçta tüm komşu bazlar en az 2 kere ölçülür (Eren ve Uzel 1995).

2.6.1.4 Dur-Git Ölçü Yöntemi

Dur-Git ölçü yönteminde bir alıcı koordinatı bilinen bir noktada referans olarak ölçüm yaparken diğer bir alıcı da durduğu ilk noktada, tam sayı faz belirsizliğini çözmek için 3-4 dakika kadar ölçüm yapar. Tam sayı faz belirsizliği belirlenecek kadar ölçüm yapıldıktan sonra, gezici alıcı koordinatı belirlenecek noktalarda 1-2 dakika kadar ölçüm yapar ve ilgili koordinatlar cm hassasiyetinde belirlenmiş olur. Noktalar arası gezerken alıcı kapatılmadığı için tamsayı belirsizliği aynı kalması ve ölçüm süresinin çok kısa olması yöntemin avantajıdır. Ancak herhangi bir sebeple alıcı kapanır ya da sinyal kesikliği olursa tamsayı belirsizliğinin yeniden çözümü için ölçümü yapılacak ilk noktada yine 3-4 dakikalık gözlem yapmak gerekecektir (Çelik, 2002).

2.6.1.5 Kinematik Ölçme Yöntemi

Bu yöntemde amaç tek tek noktaların ölçülmesi değil, hareket eden bir antenin gezi yolunun belirlenmesidir. Diğer bir ifade ile, bir güzergah tespit edilmekte ve bu güzergah üzerinde belirli zaman aralıkları ile nokta konumları belirlenmektedir. Tamsayı faz

belirsizliğini çözmek için dur-git yönteminde olduğu gibi 3-4 dakikalık ölçüm yapıldıktan sonra, güzergahının çıkarılması istenen yol üzerinde alıcıyla gezilerek ölçüme devam edilir. Bu yöntemde de herhangi bir sebeple tamsayı faz belirsizliğinin yeniden belirlenmesi gerektiğinde ilk başta yapılan 3-4 dakikalık ölçüm tekrarlanır (Güngör, 2000).

2.6.2 Diğer Konum Belirleme Yöntemleri

Temelde göreli konum belirleme yöntemleriyle aynı mantıkta uygulanan diğer konum belirleme yöntemleri Diferansiyel GPS (DGPS) ve Gerçek Zamanlı Kinematik GPS (GZK GPS) dir.

2.6.2.1 Diferansiyel GPS

Diferansiyel GPS tekniği, GPS'le elde edilen konum verisinin doğruluğunu artırmak, GPS'in hata kaynaklarının bir kısmını gidermek için uygulanan bir yöntemdir. DGPS'in temelinde, belli bir alan içerisindeki nokta konum hatalarının birbirine benzer olduğu düşüncesi yatar. Yüksek performanslı alıcılarla, koordinatları bilinen noktalarda yapılan GPS ölçüleri kullanılarak hatalar belirlenir, ve konumu aranan noktalara düzeltme olarak getirilir. Düzeltmeler hareketli alıcılara, alıcılar arasındaki uzaklığa bağlı olarak telsizler, yer istasyonları ve uydular ile gönderilmektedir (Avcı vd., 2002).

2.6.2.2 Gerçek Zamanlı Kinematik GPS

Gerçek Zamanlı Kinematik (GZK) GPS, temelde DGPS'e benzemektedir. DGPS'de kod ölçülerinin, GZK GPS'de ise faz ölçülerinin kullanılması bu iki yöntemi birbirinden ayıran en önemli özelliktir. Taşıyıcı dalga faz ölçüleri, kod ölçülerinden daha hassas olduğundan, GZK GPS, DGPS' e göre çok daha hassas sonuçlar vermektedir. GZK GPS ile arazideki bir noktanın koordinatları ± 2-3 cm ile belirlemekte ve yine bir noktanın araziye aplikasyonu da ± 2-3 cm'lik bir hassasiyetle yapılabilmektedir.

GZK GPS'de, hem referans ve hem de gezici istasyonda çift frekanslı GPS alıcıları ve sabit istasyonda, hesaplanan taşıyıcı dalga faz ölçü düzeltmelerini yayınlayan bir radyo vericisi ve gezici birimde de gönderilen bu düzeltmeleri alan bir radyo alıcısı kullanılmaktadır. Ayrıca GZK GPS'de, referans alıcıdan gelen düzeltme mesajlarını alıp

değerlendiren ve koordinatları hesaplayan bir yazılıma ve bu yazılımların çalıştırıldığı, sistem ayarlarının yapıldığı bir veri kontrol ünitesine ihtiyaç vardır. Arazide anlık konum bilgilerine bu veri kontrol ünitesi ile ulaşılmaktadır (Arslanoğlu, 2002).

BÖLÜM 3

GPS DEĞERLENDİRME YAZILIMLARININ GENEL ÖZELLİKLERİ VE ANALİZ MODELLERİ

GPS ölçülerinin değerlendirilmesi için hazırlanmış birbirinden farklı birçok yazılım olmasına karşın hepsinin yaptığı iş temelde aynıdır. Her bir yazılım GPS ölçümlerinden elde edilen ham verileri alır ve sonuç olarak nokta koordinatlarını kullanıcılara verir. Bir yazılımı diğerinden ayıran önemli faktörlerse kullandığı algoritma, kullanıcıya programa müdahale yetkisi verip vermemesi, değerlendirme süresi, kullanım kolaylığı vb. olarak sıralanabilir. Bu bölümde bir GPS değerlendirme yazılımının sahip olması gereken temel özelliklerden ve analiz modellerinden bahsedilecektir.

3.1 PLANLAMA

Ölçüm için araziye çıkmadan önce, ölçüm yapılacak alanda, ölçüm yapılması için planlanan gün ve saatte, uydu geometrisinin nasıl olduğunun, aynı anda kaç uydu görülebileceğinin, hangi saatler arasında DOP (Dilution of Precision) değerlerinin uygun olduğunun bilinmesi, hem ekonomi hem de zaman ve iş tasarrufu açısından çok önemlidir. Bir GPS değerlendirme yazılımı, kullanıcıya ölçüm planı yapma imkanı sunmalıdır (Hofmann et al., 1997).

3.1.1 Uydu Görüş İmkanları

Ölçme planlamasında, ölçüm sırasında GPS alıcılarının görebileceği uyduların bilinmesi önemlidir. Ayrıca uyduların doğuş ve batış zamanlarının da bilinmesi planlamaya faydalı olacaktır. Bunlara ek olarak, her bir uydunun gökyüzünde izlediği yolun görülmesi planlamada yararlı olabilecek diğer bir özelliktir.

3.1.2 Uydu Geometrisi

DOP değerleri, uydu geometrisi ve görülebilen uydu sayısı ile doğrudan ilişkilidir. Halihazırda bulunan DOP değerlerini gösterir bir çizelge veya çizim, iyi geometriye sahip gözlem pencerelerinin seçilmesine yardımcı olur.

3.2 VERİ TRANSFERİ

GPS gözlemlerinde yapılan ölçümler, GPS alıcılarının veri depolama birimine kaydedilmektedir. Kaydedilen bu verilerin değerlendirilebilmeleri için değerlendirme yazılımının yüklü olduğu bilgisayara aktarılması gerekmektedir (Hofmann et al., 1997).

3.2.1 Veri Yükleme

Her ölçüm sonrasında alıcılarda kaydedilen verilerin bilgisayara yüklenmesi gerekmektedir. Kayıt ünitesine bağlı olarak bir kaç yükleme çeşidi vardır. Bunlardan birinde veriler bir kaset ya da diskete bir kablo ya da radyo dalgalarıyla yüklenir. Diğer bir yöntemde ise veriler alıcılardan bilgisayara doğrudan aktarılır.

3.2.2 Veri Dönüşümü

Yüklenen veriler genellikle, özel alıcı formatından, genel bir formata dönüştürülür. Dönüştürülen bu formatta değerlendirme yazılımının kullanacağı navigasyon dosyası, gözlem dosyası ve bazı diğer bilgiler içeren dosyalar (nokta günlükleri gibi) bulunmaktadır. Önemli yazılım özelliklerinden birisi de ikili (binary) formattaki verilerin RINEX (Receiver Independent Exchange Format) formatına çevrilebilir olmasıdır. Bir çok yazılım bu format üzerine kurulu olduğundan, farklı tür alıcılardan sağlanan veriler aynı projede kullanılabilir.

3.3 VERİ İŞLEME

GPS ölçümlerinden elde edilen verilerin, asıl amaç olan koordinat bilgisine dönüştürülebilmeleri için, bilgisayara aktarıldıktan sonra değerlendirme yazılımlarında işlenmesi gerekmektedir (Hofmann et al., 1997).

3.3.1 Baz Tanımı

Birden fazla baz vektörü ölçülen projeler, hesaplanabilecek farklı baz kombinasyonları içermektedir. Yazılım, mümkün olan tüm kombinasyonlarda tek baz vektör çözümünü ya da ağ konsepti çözümünü seçenek olarak kullanıcıya sunmalıdır. Kullanıcının gerektiğinde yazacağı programlarla yazılıma müdahale etme imkanı olmalıdır. Yazılımın farklı oturumları birleştirme yeteneğinin olması da kullanıcı için faydalı olacaktır.

3.3.2 Efemerisler

Seçilen epoklarda, uyduların koordinatları kullanılabilir ise yayın efemerisi bir yörünge dosyasına dönüştürülmelidir. Diğer epoklardaki uydu koordinatları, seçilen epoklardan enterpolasyonla elde edilebilir.Yayın efemerisinin yanı sıra, yüksek doğruluk gerektiren projeler için hassas efemeris seçeneğinin de yazılımda olması gerekmektedir.

3.3.3 Kod Gözlemleriyle Elde Edilen Verilerin İşlenmesi

Bazı vektörleri hesaplanmadan önce, bazı oluşturulan noktaların koordinatları ilk olarak kod ölçümleri kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu şekilde, üç boyutlu konum yanında alıcı saati dengelemesi de elde edilmektedir. Yazılımlar, sonradan işlemeli (post process) ve gerçek zamanlı diferansiyel uygulamalara da olanak tanımalıdır.

3.3.4 Faz Gözlemleriyle Elde Edilen Verilerin İşlenmesi

Faz gözlemleriyle elde edilen verilerin işlenmesi için bir çok seçenek vardır. Ham fazlar tek başlarına kullanılabildikleri gibi hem tek hem de çift frekanslarda, tekli, ikili ya da üçlü farklarda birleştirilerek de kullanılabilir. Veri kombinasyonlarında da farklılıklar olabilmektedir. Çift frekanslı fazlar, iyonosfer, wide lane ya da narrow lane sinyallerini oluşturmak için birleştirilebilirler. Ayrıca faz ve kod silsilesi ya da faz ve Doppler kombinasyonu yapılabilir. Yüksek prezisyonlu gerçek zamanlı kinematik ölçümleri için yazılımın RTK modülü içermesi gerekmektedir.

3.3.5 Kovaryans Matrisleri

Değişken veri kombinasyonları için kovaryansların doğru modellenmesi oldukça karmaşık olabilir. Yazılım, tek baz ve ağ konseptindeki çiftli farkların kovaryansı gibi yaygın durumları kapsamalıdır.

3.3.6 Parametre Tahmini

Optimum bir yazılım, dengelenecek parametrelerin ve dengeleme yönteminin seçiminde esneklik sağlamalıdır. İleri düzeyde bir yazılımın içermesi gereken seçenekler aşağıda verilmektedir.

a. Baz vektörlerinin hesaplanması: Statik, hızlı statik ve kinematik ölçmeleri içerir. Tek baz ya da ağ konsepti modlarının kullanım seçeneği aktif olmalıdır. Ayrıca farklı oturumların birleştirilebilmesi, kullanıcıya alternatifler sunacaktır.

b. Tamsayı faz belirsizlikleri: İlk dengelemede tamsayı belirsizlikleri gerçek değerler olarak hesaplanır. Sonrasında, farklı teknikler kullanılarak tamsayı belirsizliği tamsayı değeri olarak düzeltilir. Takip eden dengelemede tamsayı belirsizlikleri bilinen değerler olarak değiştirilir. RTK uygulamaları için OTF tekniği bulunmalıdır.

c. Atmosfer: Atmosferin modellenmesi için farklı seçenekler olmalıdır. Standart bir atmosfer modeline ek olarak, özellikle uzun bazlar için farklı iyonosfer ve troposfer modelleri, veri işleme optimizasyonuna olanak tanımalıdır. İyi bir yazılım iyonosferik sapmaları ve troposferik gecikmeleri kestirebilecek yeteneğe sahip olmalıdır.

3.4 KALİTE KONTROL

Veri işleme tamamlandıktan sonra, elde edilen sonuçların güvenirliliğinin araştırılması gerekmektedir. Yazılım, sonuçların kalite kontrolünü yapabilecek kapasitede olmalıdır (Hofmann et al., 1997).

3.4.1 Veri Analizi

Güvenilir bir yazılım iyi bir veri analizi yapabilmelidir. Kaba hatalar otomatik olarak bulunup elemine edilmelidir. Faz sıçramalarının otomatik araştırılması ve onarımı gereklidir. Çizim seçenekleri faz sıçramaları gibi hataların görüntülenmesi için çok iyi bir araçtır. Ayrıca onarılan faz sıçramalarının listelenmesi, veri kalitesinin anlaşılabilmesi için yardımcı olabilir.

3.4.2 İstatistiksel Veri

Parametre tahmininin yanı sıra, noktaların soncul varyans kovaryans matrisleri elde edilmelidir. Baz dengelemesinde kullanılmayan gözlemler veri homojenliği kontrolü için kullanılabilir. Kullanılmayan gözlemlerin grafik görüntüsü, aykırı ölçüleri gösterir ve kritik ölçümler izole edilebilir.

3.4.3 Lup Kapanmaları

Kapanmayan lup hesabı, kalite kontrolünün en kısa yoludur. En iyi lup yazılımı, kullanıcıya, düğüm noktalarını farklı yollardan belirterek keyfi lup seçmesine olanak tanır.

3.5 AĞ HESAPLAMALARI

Şimdiye kadar bahsedilen tüm işlemlerden sonra ölçümü yapılan ağın dengelenmesi gerekmektedir. İyi bir yazılım, dengeleme modülünü de içinde barındırmalıdır (Hofmann et al., 1997).

3.5.1 GPS Ağlarının Dengelenmesi

Baz vektör hesaplamalarında en son elde edilen sonuçlar ECEF (Earth Centered Earth Fixed) koordinatlarındaki farklardır. Daha sonra noktaların koordinatları, noktalardan biri ya da birkaçının koordinatlarının sabit alındığı ağ dengelemesinde hesaplanan koordinat farklarıyla birleştirilerek elde edilir.

3.5.2 Datum ve Koordinat Dönüşümü

Koordinat dönüşümü yapmak için tüm ağa genellikle 7 parametreli benzerlik dönüşümü uygulanmaktadır. Uygun bir yazılım GPS gözlemlerinin en önemli parçalarından birisidir. Datum dönüşümleri sık kullanılan koordinat sistemlerini içermelidir. Yazılım ayrıca ECEF koordinatlarını, enlem, boylam ve yüksekliğe ve de projeksiyon koordinatlarına dönüştürebilmelidir.

3.5.3 Karma Veri Kombinasyonları

Hem GPS vektörlerini hem de klasik olarak ölçülen açı, kenar ve yükseklik farklarını dengeleyebilen daha esnek yapıdaki ağ dengeleme programları, GPS ölçümlerinin ve klasik yöntemlerin birleştirilmesi durumunda yararlı olmaktadır. GPS sonuçları ve klasik yöntemlerin birleştirilmesi, en küçük kareler kollokasyon metoduyla optimum sonucu vermektedir.

3.6 VERİ TABANI YÖNTEMİ

Tüm değerlendirme, dengeleme ve koordinat dönüşümü işlemleri yapılıp sonuçlar elde edildikten sonra, ilerideki olası uygulamalarda kullanılması muhtemel bu sonuçların arşivlenmesi gerekmektedir. Yazılımın, yapılan projeleri saklayabilecek bir veri tabanına sahip olması kullanıcılar açısından faydalı olacaktır. Dosya sıkıştırma programlarının kullanılması, arşivlemede veri boyutunun küçülmesi açısından avantaj sağlayacaktır (Hofmann et al., 1997).

3.6.1 Diğer Veri Tabanlarıyla Arayüzler

Ulusal kontrol noktalarıyla arayüz oluşturma ve hem ulusal ağın referans noktalarının hem de proje noktalarının grafik ortamda görülebilmesi, bağlantı noktalarının seçiminde yararlı olacaktır. GIS ile arayüz oluşturma, nokta konumlarının açıkça görülebilmesini sağlayacaktır.

3.7 ANALİZ MODELLERİ

Küresel GPS izleme ağlarındaki genişleme, hassas efemeris kullanabilme imkanları, dünya dönme ve uydu saati parametreleri, yersel referans sistemindeki gelişmeler, orta ve bölgesel ölçeklerde sürekli ölçen GPS istasyonlarındaki artış ve GPS yazılım ve donanımlarındaki teknolojik ilerlemeler, GPS ölçüm ve analiz yöntemlerinde değişmelere neden olmaktadır. GPS ölçümlerinin değerlendirilmesinde tek baz çözüm yöntemi ve ağ konsepti çözüm yöntemi olmak üzere iki temel yöntem söz konusudur (Teunissen and Kleusberg, 1998).

3.7.1 Tek Baz Çözüm Yöntemi

Tek baz çözümü metodunda, mümkün olan tüm baz kombinasyonlarının baz baz çözümü yapılmaktadır. Gözlem nokta sayısı n olan bir ağda, n(n-1)/2 sayıda baz hesaplanabilir. Teorik olarak bunlardan n-1 tanesi bağımsızdır. İki nokta arasındaki baz uzunluğu ya da üç boyutlu vektör, standart çiftli fark algoritması kullanan post processing yazılımıyla hesaplanır. Bu yöntem bir çok ticari yazılımın kullandığı yöntemdir.

Tek baz çözüm yönteminde yukarıda anlatılan dışında iki farklı yaklaşım da söz konusudur. Bunlardan ilkinde n-1 sayıdaki vektörlerin seçimi sınırlandırılmaktadır. Bunun anlamı, optimum baz konfigürasyonu seçilmelidir. Diğer yaklaşım ise bir üst paragrafta anlatılan metodun değiştirilmiş halidir ve bir oturumdan daha fazlasını kapsar. Mümkün olan tüm bazlar her bir oturum için hesaplanır. Sonuç olarak elde edilen tüm vektörler dengelenir.

Tek baz çözüm metodunun dezavantajı, eş zamanlı ölçülen bazların korelasyonlu olmasıdır. Söz konusu korelasyonların olmaması, bazların tek tek çözülmesiyle sağlanabilir(Hofmann et al., 1997).

3.7.2 Ağ Konsepti Çözümü

Ağ konseptinde, bütün gözlem noktaları aynı anda değerlendirilir. Tek baz çözüm metodunun aksine ağ konsepti, bazlar arasındaki korelasyonu dikkate alarak hesaba katar.

Ağ konseptinin tekli ve ikili farklardaki matematiksel modeli aşağıda örneklerle açıklanmıştır.

3.7.2.1 Bir Ağ İçin Tekli Farklar Örneği

Üç noktalı (A, B, C) bir ağ tasarlandığında ve bir t epokunda bir j uydusu söz konusu olduğunda, birbirinden bağımsız iki adet baz elde edilir. A noktası referans alındığında A-B ve A-C bazları için tekli farklar;

$$\Phi^{j}_{AB}(t) = \Phi^{j}_{B}(t) - \Phi^{j}_{A}(t) \tag{3.1 a}$$

$$\Phi^{j}_{AC}(t) = \Phi^{j}_{C}(t) - \Phi^{j}_{A}(t) \tag{3.1 b}$$

olarak t epokunda bir uydu için kurulur.

Tekli farklardaki $\underline{SD}$ vektörü, fazlar için $\underline{\Phi}$ vektörü ve $\underline{C}$ matrisi;

$$\underline{SD} = \begin{bmatrix} \Phi^{j}_{AB}(t) \\ \Phi^{j}_{AC}(t) \end{bmatrix} \tag{3.2 a}$$

$$\underline{\Phi} = \begin{bmatrix} \Phi^{j}_{A}(t) \\ \Phi^{j}_{B}(t) \\ \Phi^{j}_{C}(t) \end{bmatrix} \tag{3.2 b}$$

$$\underline{C} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \tag{3.2 c}$$

için

$$\underline{SD} = \underline{C}\ \underline{\Phi} \tag{3.3}$$

eşitliği kurulur. Korelasyonu bulmak için;

$$\mathrm{cov}(\underline{SD}) = \underline{C}\,\mathrm{cov}(\underline{\Phi})\underline{C}^{T} \tag{3.4}$$

eşitliği ile kovaryans yayılma yasası uygulanırsa ve fazlar için kovaryans matrisi;

$$\mathrm{cov}(\Phi) = \sigma^2 \underline{l} \tag{3.5}$$

olduğundan,

$$\mathrm{cov}(\underline{SD}) = \sigma^2 \underline{C}\underline{C}^T \tag{3.6}$$

elde edilir. Eşitlik (3.2 c)'den, $\underline{C}$ matrisi yerine yazılırsa;

$$\mathrm{cov}(\underline{SD}) = \sigma^2 \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} \tag{3.7}$$

eşitliği ile iki bazın tekli farklardaki korelasyonu elde edilir (Hofmann et al., 1997).

3.7.2.2 Bir Ağ İçin İkili Farklar Örneği

Tek bir baz için korelasyonlu olan ikili farklar, ağ konseptinde de korelasyona sahiptir. A referans olmak üzere A, B ve C noktaları, A-B ve A-C bazları, ikili farklar için j referans olmak üzere, j, k, l ve m uyduları ve bir t epoku ele alınsın. n_i noktaları ve n_j uyduları için $(n_i\text{-}1)(n_j\text{-}1)$ sayıda bağımsız ikili fark söz konusudur. $n_i = 3$ ve $n_j = 4$ olduğundan 6 tane ikili fark yazılabilir. Bunlar;

$$\Phi_{AB}^{jk}(t) = \Phi_B^k(t) - \Phi_B^j(t) - \Phi_A^k(t) + \Phi_A^j(t) \tag{3.8 a}$$

$$\Phi_{AB}^{jl}(t) = \Phi_B^l(t) - \Phi_B^j(t) - \Phi_A^l(t) + \Phi_A^j(t) \tag{3.8 b}$$

$$\Phi_{AB}^{jm}(t) = \Phi_B^m(t) - \Phi_B^j(t) - \Phi_A^m(t) + \Phi_A^j(t) \tag{3.8 c}$$

$$\Phi_{AC}^{jk}(t) = \Phi_C^k(t) - \Phi_C^j(t) - \Phi_A^k(t) + \Phi_A^j(t) \tag{3.8 d}$$

$$\Phi_{AC}^{jl}(t) = \Phi_C^l(t) - \Phi_C^j(t) - \Phi_A^l(t) + \Phi_A^j(t) \tag{3.8 e}$$

$$\Phi_{AC}^{jm}(t) = \Phi_C^m(t) - \Phi_C^j(t) - \Phi_A^m(t) + \Phi_A^j(t) \tag{3.8 f}$$

dır. Daha önceki örnekte olduğu gibi bir matris vektör ilişkisi kurulursa;

$$\underline{\Phi} = \begin{bmatrix} \Phi_A^j(t) \\ \Phi_A^k(t) \\ \Phi_A^l(t) \\ \Phi_A^m(t) \\ \Phi_B^j(t) \\ \Phi_B^k(t) \\ \Phi_B^l(t) \\ \Phi_B^m(t) \\ \Phi_C^j(t) \\ \Phi_C^k(t) \\ \Phi_C^l(t) \\ \Phi_C^m(t) \end{bmatrix} \qquad (3.9\text{ a}) \qquad \underline{DD} = \begin{bmatrix} \Phi_{AB}^{jk}(t) \\ \Phi_{AB}^{jl}(t) \\ \Phi_{AB}^{hm}(t) \\ \Phi_{AC}^{jk}(t) \\ \Phi_{AC}^{jl}(t) \\ \Phi_{AC}^{jm}(t) \end{bmatrix} \qquad (3.9\text{ b})$$

$$\underline{C} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (3.10)$$

olur.

$$\underline{DD} = \underline{C}\underline{\Phi} \qquad (3.11)$$

(3.11) eşitliği ile kovaryans matrisi;

$$\mathrm{cov}(\underline{DD}) = \underline{C}\,\mathrm{cov}(\underline{\Phi})\underline{C}^T \qquad (3.12)$$

elde edilir. (3.12) eşitliği korelasyonsuz fazlarla

$$\mathrm{cov}(\underline{DD}) = \sigma^2 \underline{C}\underline{C}^T \qquad (3.13)$$

eşitliğine indirgenir.

Kenar uzunlukları 10 km'yi geçmeyen küçük ağlarda çözüm yöntemleri arasında anlamlı farklılıklar olmamaktadır. Tek baz çözüm yöntemi ağ konsepti çözümünden en fazla 2σ kadar bir sapma gösterir (Hofmann et al., 1997).

3.7.2.3 Tek Baz Çözüm Yöntemi Ve Ağ Konsepti Çözüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Bu bölümde tek baz çözüm metodunun ve ağ konsepti çözüm yönteminin birbirlerine göre üstün ve zayıf yanları anlatılacaktır.

a) Tek baz çözüm yönteminde korelasyonlar doğru modellenemez, çünkü bazlar arasındaki korelasyon ihmal edilmektedir.

b) Bilgisayar programları tek baz çözüm yaklaşımında oldukça basittir.

c) Günümüz yazılım ve donanımlarında hesaplama süresi bir problem oluşturmamaktadır.

d) Faz kesiklikleri, ağ konsepti çözümünde daha kolay belirlenip onarılmaktadır.

e) Tek baz çözüm yönteminde kötü ölçümlerin izole veya elemine edilmesi daha kolay gerçekleştirilmektedir.

f) Ağ konseptinde tüm kovaryansların elde edilmesi, her noktasında aynı gözlem modeline sahip ağlarda tam olarak anlamlı olur. Çok fazla veri kaybında kovaryans matrislerinin yeniden hesaplanması daha iyi olacaktır (Hofmann et al., 1997).

BÖLÜM 4

ÇALIŞMADA KULLANILAN DEĞERLENDİRME YAZILIMLARI

4.1 TURBO SURVEY SYSTEM (TSS) YAZILIMI

4.1.1 TSS Yazılımının Genel Özellikleri

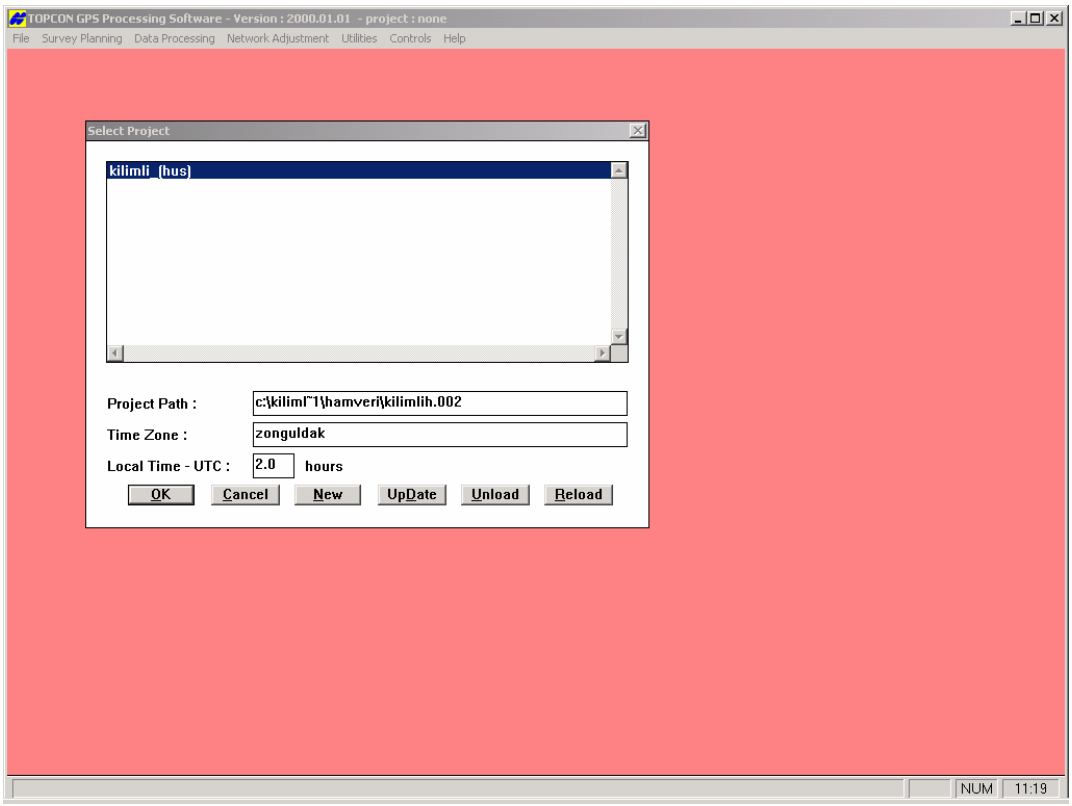
TSS Değerlendirme Yazılımı, konumlama uygulamalarının büyük bir kısmını GPS ile yapmak için geliştirilmiş, güçlü ve sezgisel programların bir birleşimidir. TSS değerlendirme yazılımı, GPS ölçmelerinin tüm yöntemlerini kullanıma sunmaktadır. TSS ile ölçme planlaması yapılabilmekte, GPS vektörleri 'Baz Özeti' yazılım modülü kullanılarak analiz edilebilmekte, GPS vektörleri ve/veya yersel gözlemler birleştirilebilmekte ve 3B dengeleme yapılabilmektedir. Sonuç koordinatlar farklı koordinat sistemlerinde .txt dosyası olarak elde edilebilmekte ve daha sonra kullanılabilecek şekilde .dxf dosyası şeklinde saklanabilmektedir (Topcon, 2000).

4.1.2 TSS Yazılımının Kullanımı

Bu kısımda TSS yazılımının nasıl kullanıldığı, yazılım ile veri değerlendirme işlemlerinin hangi aşamalarda nasıl yapıldığı anlatılacaktır.

4.1.2.1 Veri Aktarımı ve Proje Seçimi

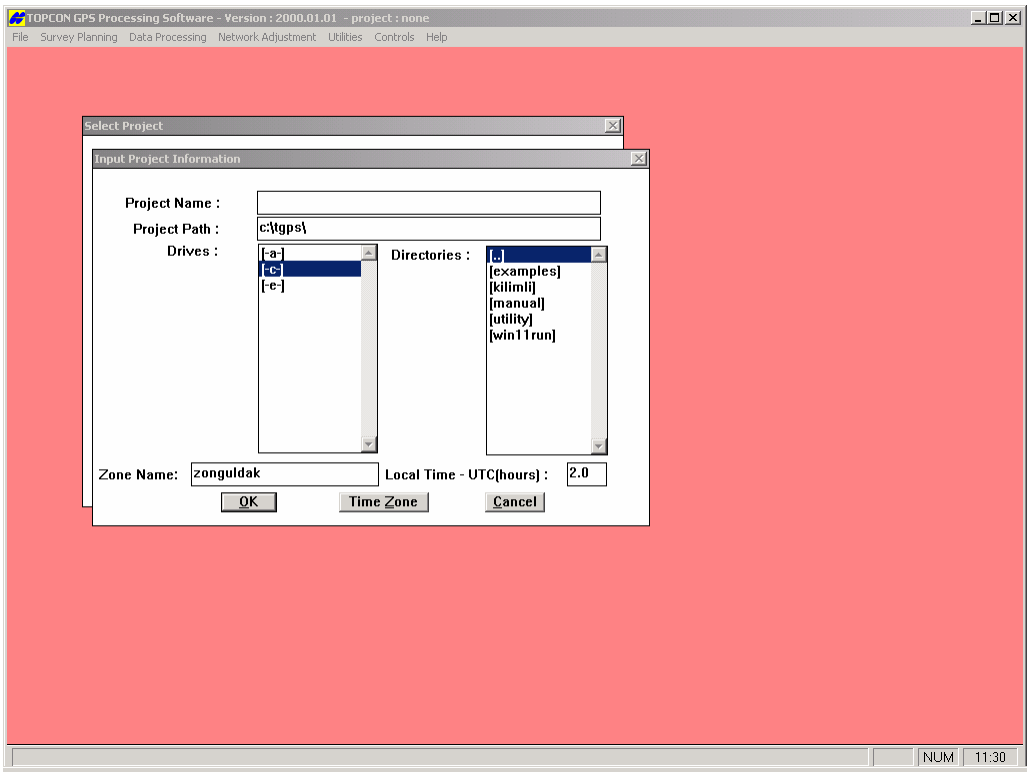
Program açıldıktan sonra veri aktarım kablosu, bilgisayara ve sırayla, kullanılan her bir GPS alıcısına bağlanarak programın 'File' menüsüne tıklayıp menüde bulunan 'Turbo S II Data Offload' seçeneği tıklanır. Herhangi bir proje seçilmemişse, program proje seçilmesini isteyecektir. Bu işlem onaylandığında Şekil 4.1'deki menü karşımıza çıkar. Daha önce çalışılmış bir proje üzerinde çalışmalar devam edecekse ilgili proje seçilerek 'OK' butonuna basılarak devam edilir.



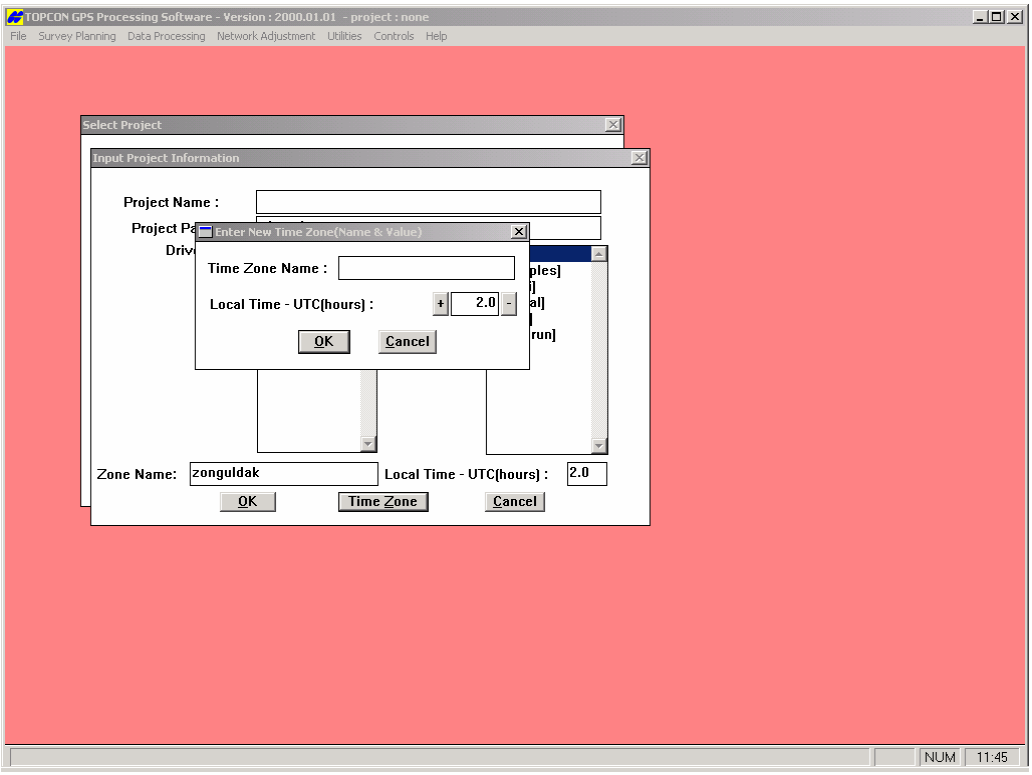
Şekil 4.1 TSS'de proje seçme menüsü.

Eğer yeni bir proje oluşturulacaksa 'New' butonuna tıklanarak Şekil 4.2'deki menüye geçilir. Bu menüde projenin adı ve projenin bilgisayarda hangi sürücüye ve hangi adrese (klasöre) kaydedileceği belirlenir. Ayrıca projenin zaman bölgesini belirlemek için 'Time Zone' butonu tıklanır ve açılan pencereden projenin yapıldığı bölgenin zaman bölgesi seçilir. Eğer ilgili pencerede projenin yapıldığı bölge mevcut değilse 'none of the above' seçeneği tıklanarak zaman bölgesinin program kullanıcısı tarafından tanımlandığı menüye geçilir (Şekil 4.3).

Zaman bölgesi tanımlama menüsünde, proje bölgesinin ismi ve o bölgenin UTC zamanından olan saat farkı tanımlanır. Saat farkı Türkiye için, kış saati uygulamasının olduğu zaman diliminde +2, yaz saati uygulamasının olduğu zaman diliminde +3 saattir.Bütün bu işlemlerden sonra 'OK' butonu tıklanarak veri aktarımına başlanır. Her bir alıcının aktarımı tamamlandığında program tarafından sorulan dosya ismi, genellikle o alıcının seri numarası ile ölçümlerin yapıldığı tarih olarak belirlenir.



Şekil 4.2 TSS'de Proje Bilgisi Giriş Menüsü.

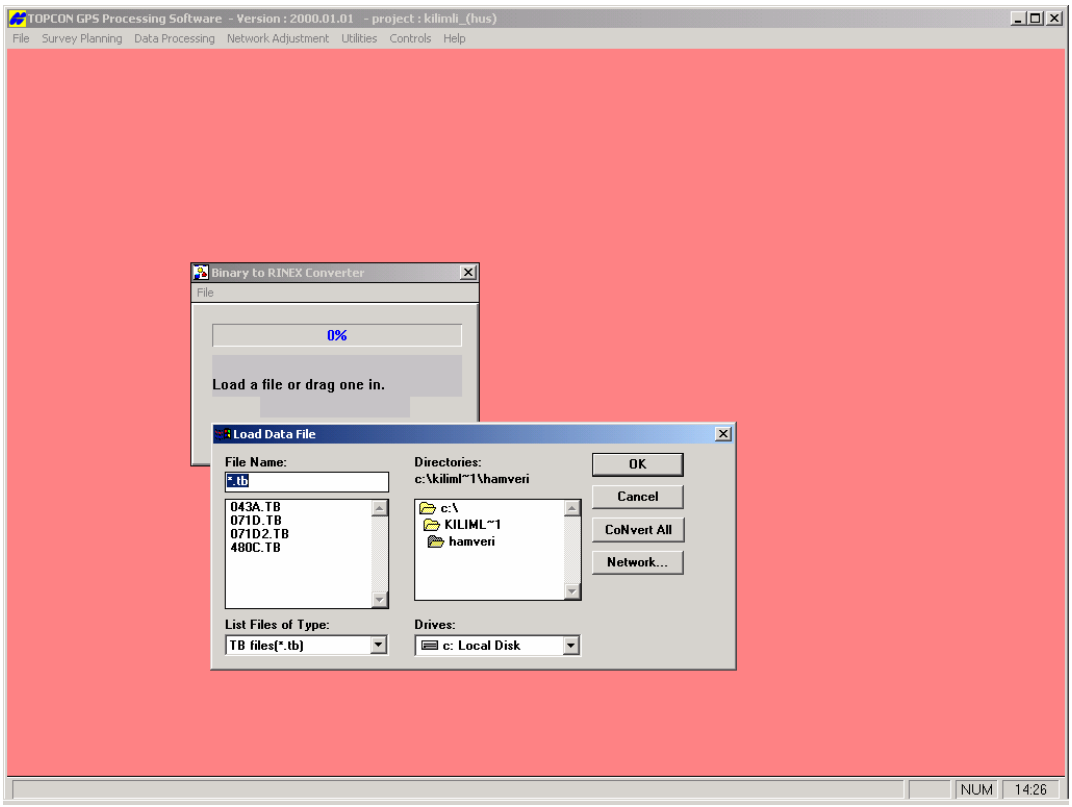


Şekil 4.3 TSS'de zaman bölgesi tanımlama menüsü.

4.1.2.2 RINEX Formatına Dönüşüm ve RINEX Dosya Ayrımı

GPS ölçümlerinde toplanan verilerin formatı, kullanılan GPS alıcısının model ve markasına göre farklılık gösterir ve bu formata ikili (binary) format denir. Verileri alıcı markasından bağımsız hale getirmek için binary format uluslararası standart veri değişimi formatı olan RINEX (Receiver Independent Exchange)'e çevrilir. Bu işlemi TSS'de yapmak için programın ana menüsündeki 'File' butonu ve açılan menülerden 'Binary to RINEX' butonu tıklanır.

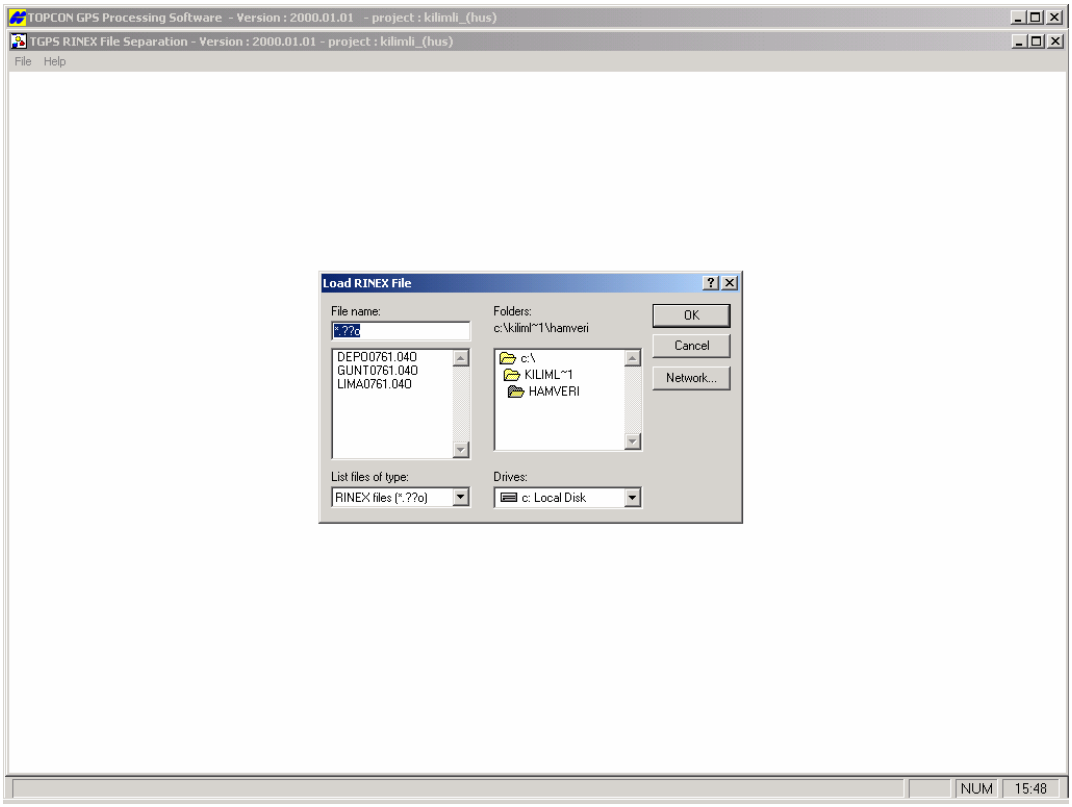
Açılan pencerenin 'File' butonu ardından da 'Load' butonu tıklanarak binary formatındaki dosyaların (*.tb uzantılı dosyalar) görüldüğü menüye geçilir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 TSS'de verilerin binary formattan RINEX formatına dönüşüm menüsü.

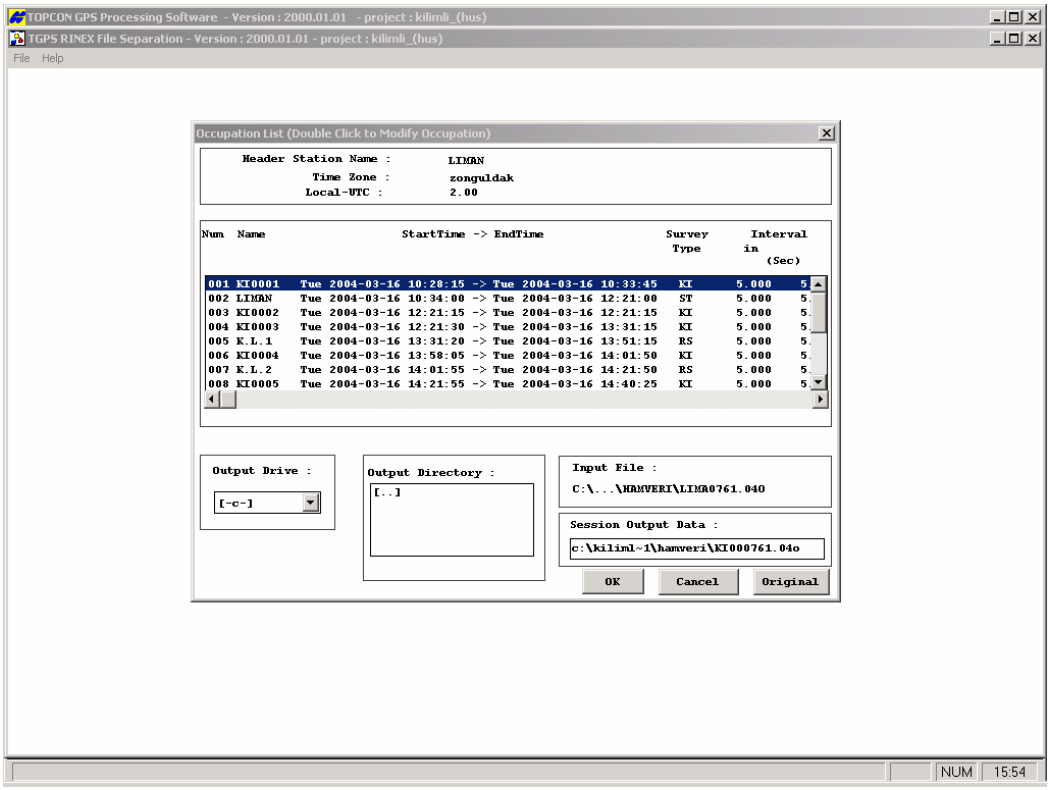
Şekil 4.4'de de görülen *.tb uzantılı binary formattaki dosyalardan projeyle ilgili olanlar seçilerek 'OK' butonuna basılır ve RINEX'e dönüştürülür (dosyaların hepsi projeyle ilgiliyse 'Convert All' butonu ile bütün binary formattaki dosyalar RINEX'e çevrilir). RINEX'e çevrilmiş verilerden her bir oturum için birlikte değerlendirilecek olanların eş zamanlı hale getirilebilmeleri için RINEX dosya ayrımı işlemi yapılır. Bunun için ana

menüde ‘File’ butonuna tıklanıp ‘RINEX File Separation’ menüsüne girilir. Bu işlem sonunda ana menüden bağımsız ‘RINEX File Separation’ adında ayrı bir pencere açılır. Açılan yeni pencerenin ‘File’ butonuna ve daha sonra ‘Load RINEX File’ butonu tıklanır. Yeni açılan pencerede RINEX dosyaları görülür. Bunlar seçilerek ‘OK’ butonu ile programa yüklenir (Şekil 4.5).

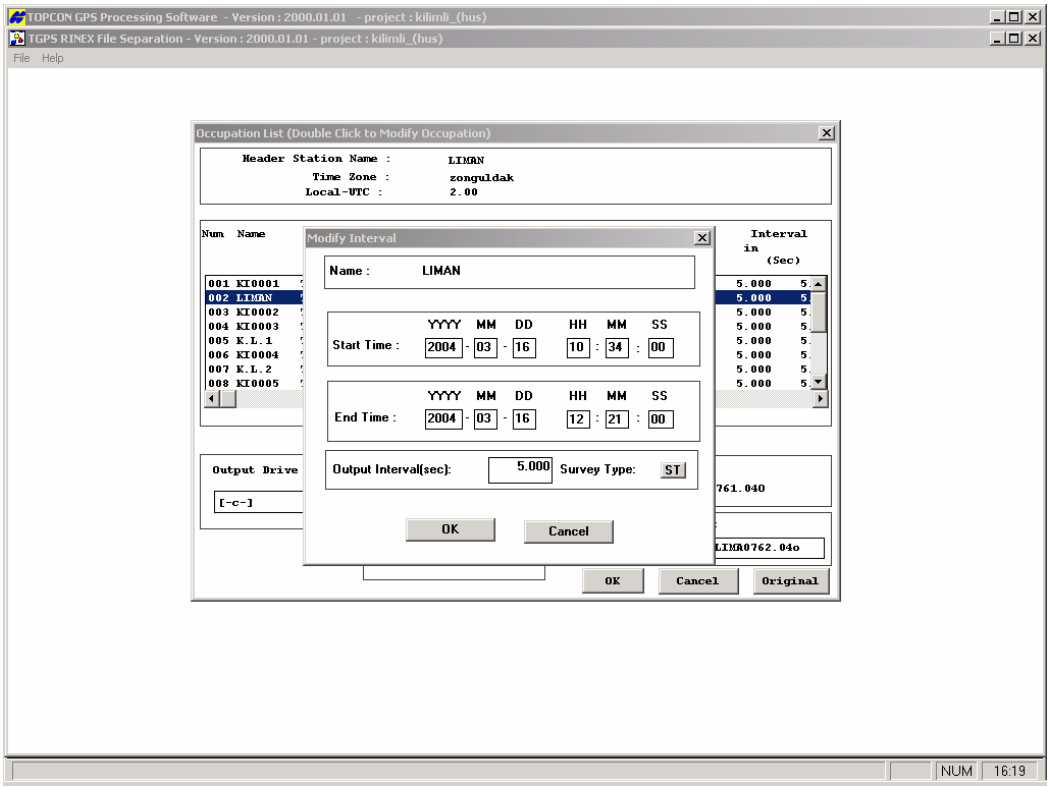


Şekil 4.5 TSS’de RINEX dosyaların yüklenmesi.

Yükleme işlemleri tamamlandıktan sonra ‘File’ butonu ve daha sonra ‘File Separation’ tıklanarak o dosyadaki tüm gözlemlerin listelendiği pencereye ulaşılır (Şekil 4.6). Burada herhangi bir oturumda yapılan gözlemlerin eş zamanlı olarak değerlendirilebilmeleri için, o oturumdaki her bir gözlemin başlangıç ve bitiş zamanlarının eşitlendirilmesi işlemi yapılır. Zaman eşitlemesi işi için herhangi bir oturumdaki tüm gözlemler arasından, gözleme en geç başlayan alıcının gözleme başlama zamanı ile gözlemi en önce bitiren alıcının gözlemi bitirme zamanı belirlenir. Daha sonra o oturumdaki her bir gözlem listeden bulunur ve üzerine çift tıklanarak zaman değiştirme menüsüne geçilir (Şekil 4.7).



Şekil 4.6 TSS'de RINEX dosya ayrımı menüsü.



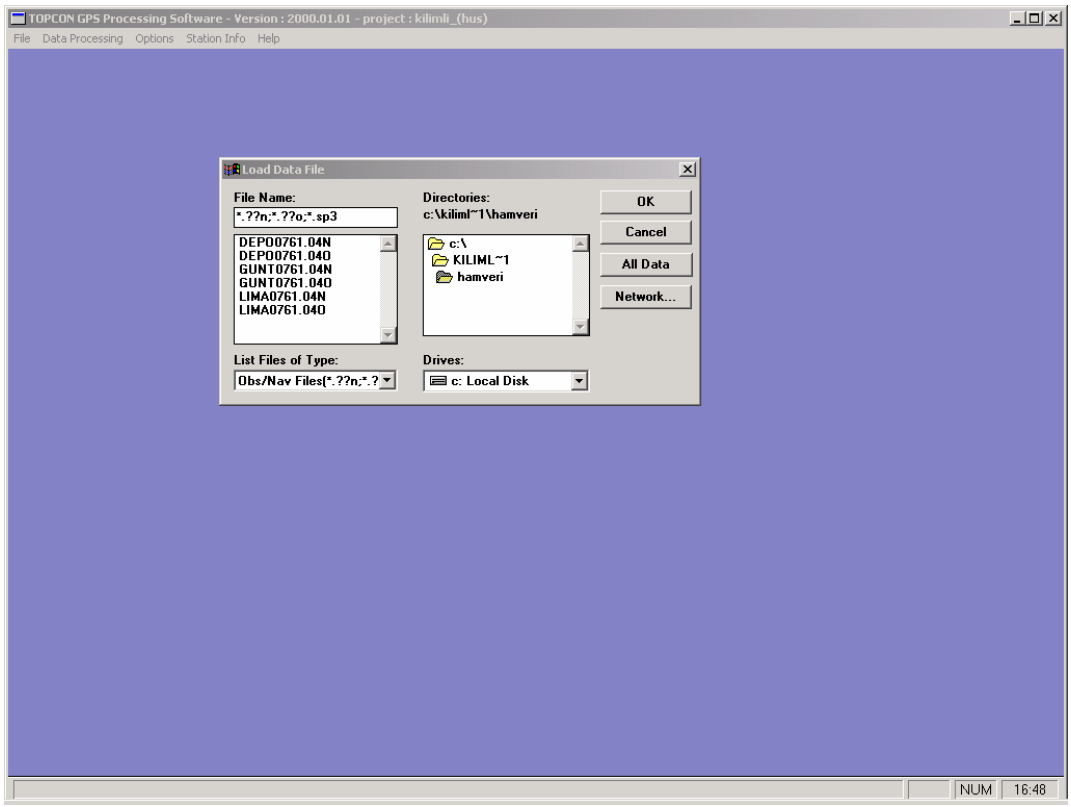
Şekil 4.7 TSS'de zaman değiştirme menüsü.

İlgili menüde, o oturum için belirlenen gözleme başlangıç ve bitiş saatleri girilir. Bu işlem her bir oturum için yapılır ve böylece her bir oturumdaki gözlemlerin, gözleme başlama ve gözlemi bitiriş saatleri eşitlenmiş olur.

Eşitleme işleminden sonra her bir oturumdaki, o oturumu ilgilendiren gözlemler seçilir ve yine her bir oturum için ayrı ayrı çıkış klasörleri oluşturularak gözlemler, o klasörlerin içine kaydedilir. Bütün oturumlar için bu işlemler yapıldıktan sonra 'RINEX Dosya Ayrımı' menüsünden çıkılır.

4.1.2.3 Veri İşleme

Önceki bölümde anlatılan işlemler yapıldıktan sonra ana menüde bulunan 'Data Processing' menüsüne tıklanarak veri işleme penceresinin açılması sağlanır.



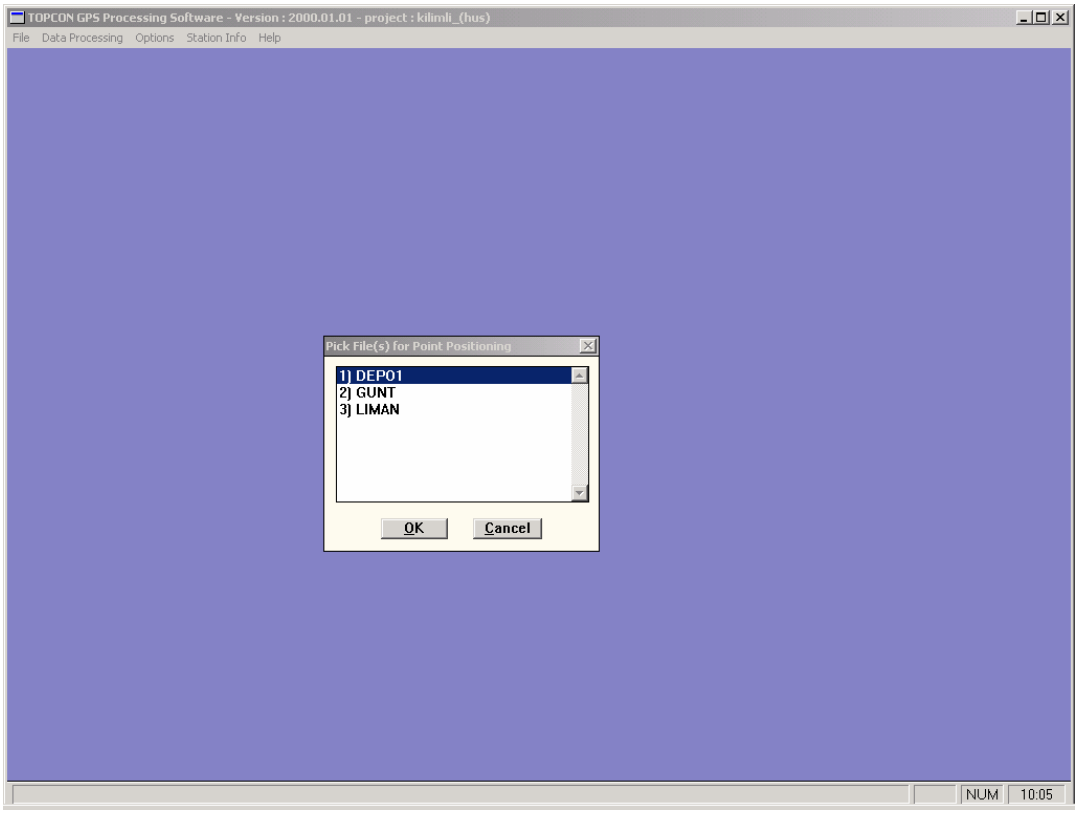
Şekil 4.8 TSS'de veri işleme menüsü.

Veri işleme penceresinde bulunan 'File' butonu ve daha sonra 'Load File' butonuna basılarak Şekil 4.8'de görülen menüye ulaşılır. Bu menü, her bir oturuma ait, zaman düzenlemeleri yapılmış dosyaların programa yüklenmesi için hazırlanmıştır. Yüklenmek

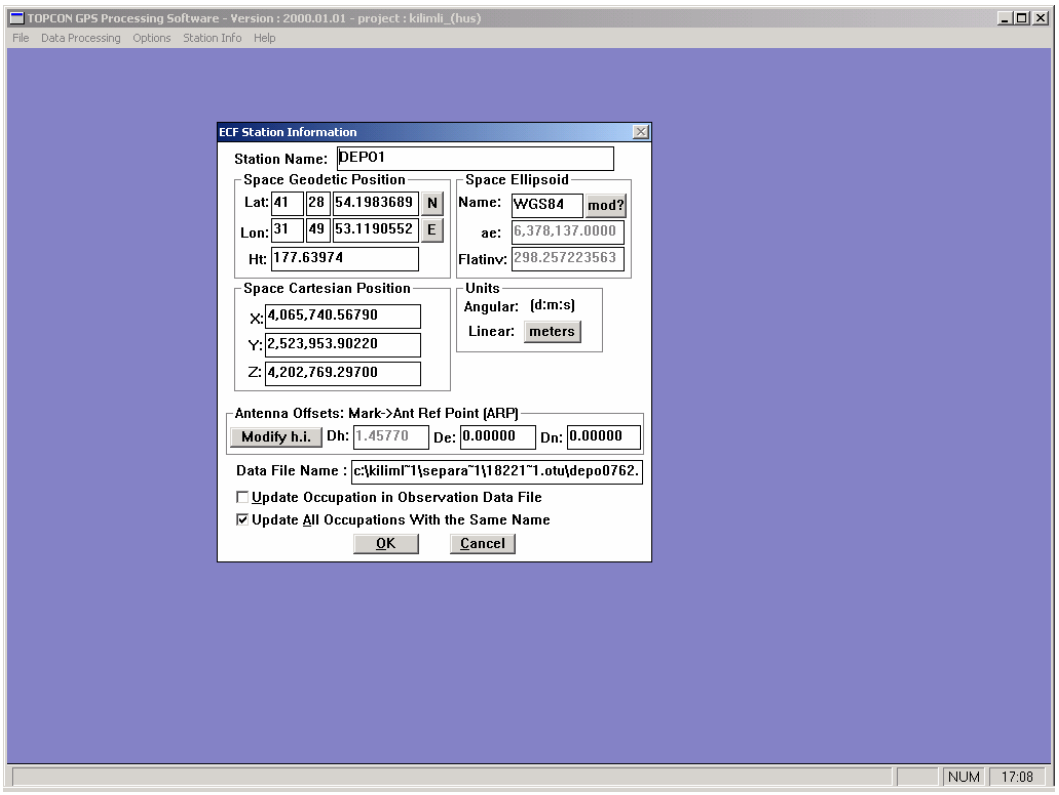
istenen klasör bulunur, çift tıklanarak seçilir ve ‘All Data’ butonu tıklanarak seçili olan dosyaların işlenmek üzere programa yüklenmesi sağlanır.

Data Processing’ menüsü tıklanıp ‘Point Positioning’ tıklanarak açılan pencerede noktalar seçilip ‘ok’ butonuna basılır ve nokta konumlaması yapılır (Şekil 4.9).

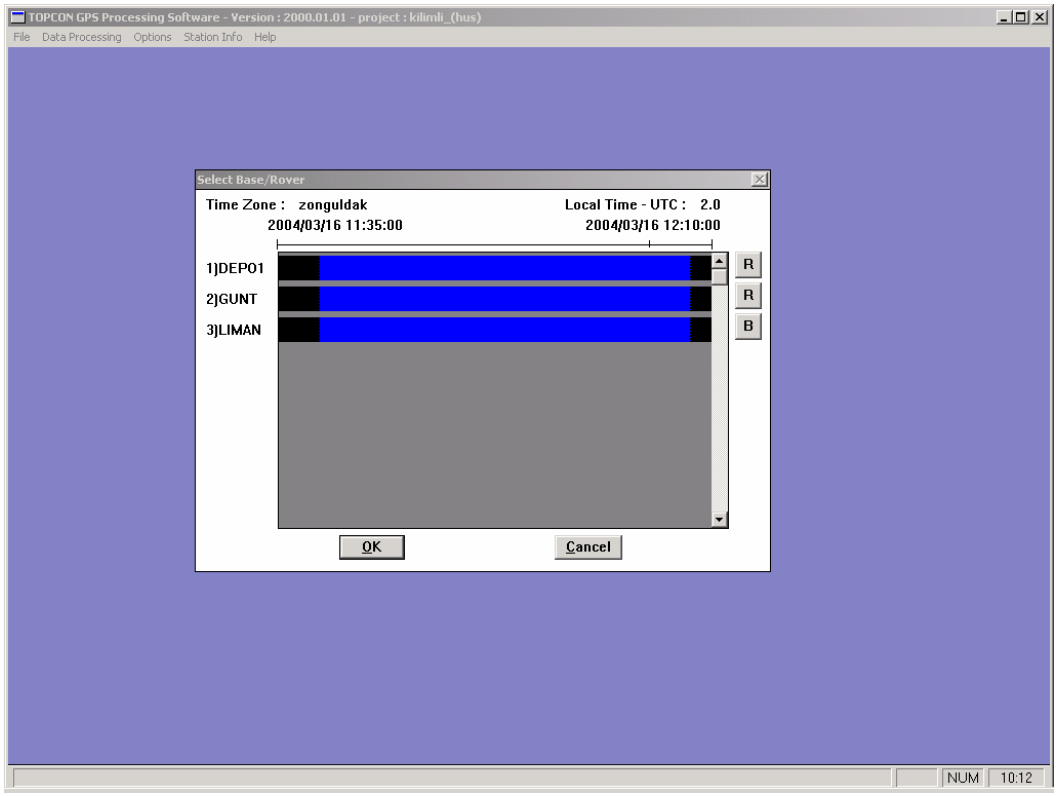
Nokta konumlaması işleminden sonra menüdeki ‘Station Info’ butonu tıklanarak yüklenen dosyadaki gözlem noktalarına ait bilgileri içeren pencere açılır. Pencereden, her bir referans noktası sırayla tıklanarak programın yaklaşık olarak hesaplamış olduğu koordinatların yerine, elimizde mevcut olan referans noktalarının gerçek koordinatları, yaklaşık koordinatların yerine yazılır (Şekil 4.10). Bu işlemler yapılırken açılan pencerelerdeki güncelleme kutucukları (update) işaretlendikten sonra ‘OK’ butonuna basılır.



Şekil 4.9 TSS’de Point Positioning menüsü.



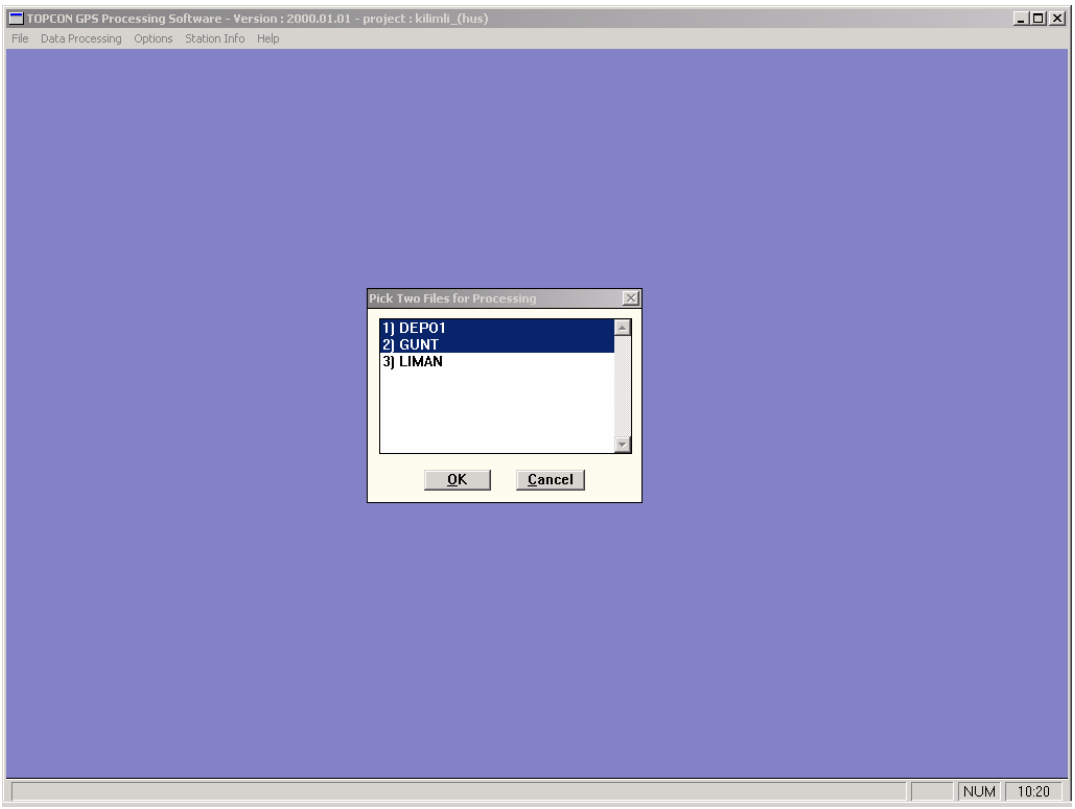
Şekil 4.10 TSS'de gözlem istasyonlarına ait bilgiler menüsü.



Şekil 4.11 TSS'de Pick Base/Rover menüsü.

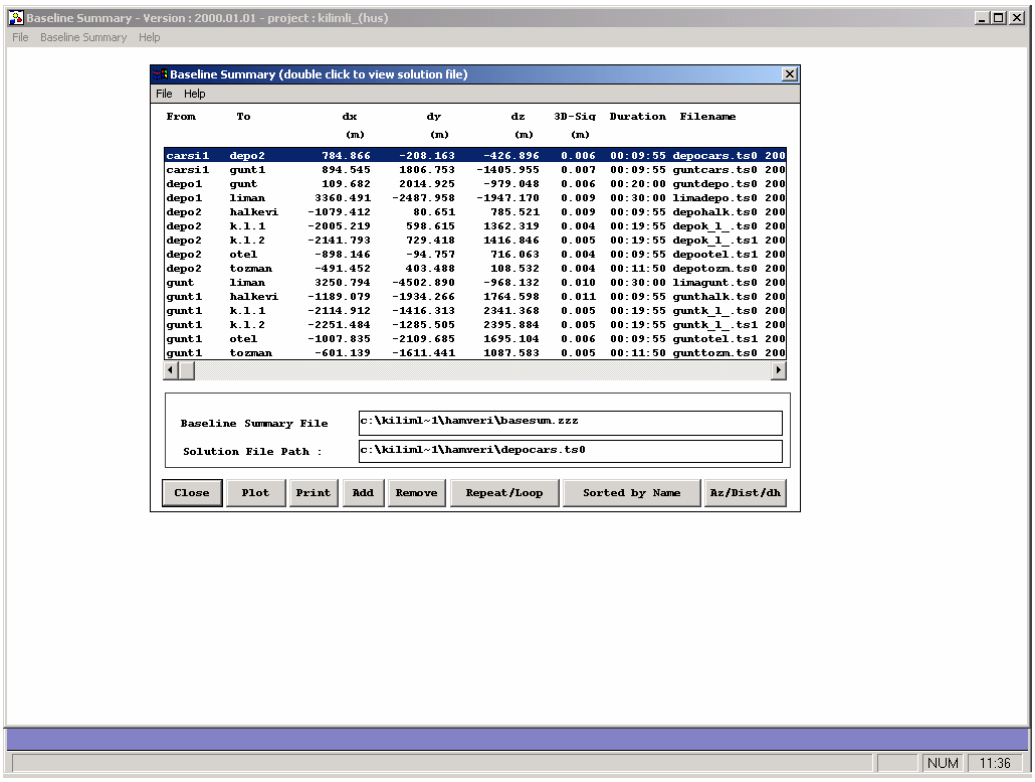
Yeniden ‘Data Processing’ menüsüne geçilip ‘Pick Base/Rover’ menüsü tıklanarak hangi nokta ya da noktaların referans ya da referans olmayan nokta olduğu belirlenir (Şekil 4.11).

Daha sonra ‘Data Processing’ menüsü tıklanarak ‘Estimate Baseline’ menüsüne geçilir ve burada ister ‘Automatic Processing’ isterse ‘Manual Processing’ seçilir ve bazların değerlendirilmesi yapılır. Nokta sayısı n olan bir oturumda n-1 kadar bağımsız baz elde edilir. Bu menüdeki oturumlarda nokta sayısı 3 ve 3’den fazlaysa, otomatik işlemede 2 tane bağımsız baz oluşacak, değerlendirilecek 3. baz ilk ikisiyle korelasyonlu olacaktır. Bunu engellemek için bu tür oturumlarda elle işleme yapılmalıdır. Manual Processing seçilirse açılan pencerede hangi iki istasyonun değerlendirileceği kullanıcı tarafından belirlenir (Şekil 4.12).

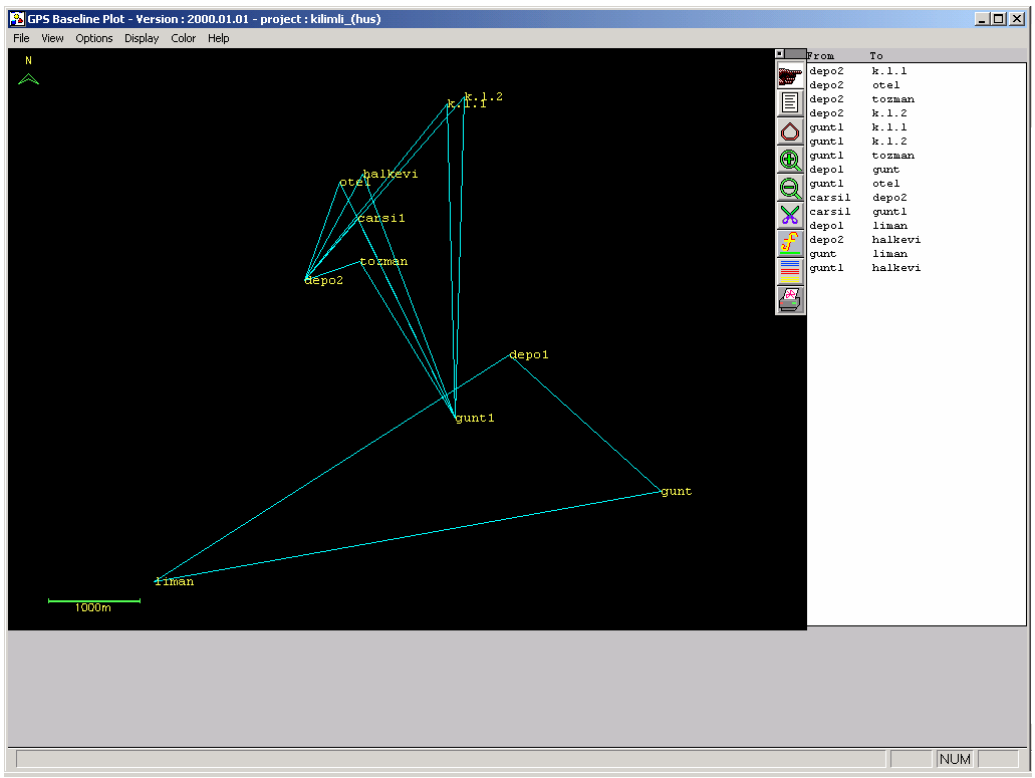


Şekil 4.12 TSS’de Manual Processing menüsü.

Değerlendirme işlemi bittikten sonra ‘File’ ve oradan da ‘Baseline Summary’ seçilerek Şekil 4.13’de görülen menü ekrana gelir. Burada elde edilen bazlar görülmektedir. İstenen baza çift tıklanarak o bazla ilgili elde edilen bilgiler görülebilir. Yine aynı menüde ‘Plot’ butonu tıklanırsa Şekil 4.14’de görüldüğü gibi elde edilen bazların grafik durumu ekrana gelir.



Şekil 4.13 TSS'de Baseline Summary menüsü.



Şekil 4.14 TSS'de elde edilen bazların grafik hali.

Daha sonra diğer ölçümleri değerlendirmek için ‘Data Processing’ menüsünde ‘File’ butonu ve daha sonra ‘Clear Data’ butonu tıklanarak önceki sayfalarda anlatıldığı gibi dosya yüklemesi ve daha sonraki işlemler tekrarlanır.

Bütün bu işlemlerden sonra ‘Network Adjustment’ menüsüne geçilerek ağ dengelenir ve sonuçlar, yazılım tarafından ‘results.txt’ dosyası ile kullanıcılara verilir.

4.2 GEOGENIUS YAZILIMI

4.2.1 GeoGenius Yazılımının Genel Özellikleri

GeoGenius, ABD uydu sistemi GPS ve Rus sistemi GLONASS’dan veri alıp işleyebilmekte ve tüm ölçüm yöntemleri desteklenmektedir. Ağdaki tüm noktalar ve bazlar grafik ortamda ölçekli olarak gösterilmekte ve bu gösterimler kolay ve hızlı kullanımı sağlamaktadır.

GeoGenius, total station ve nivelman ölçümlerinden elde edilen verileri de işleyebilmektedir. Elde edilen koordinatlar, farklı koordinat sistemlerine dönüştürülebilmektedir. Tüm ölçüm ve koordinatlar HTML formatında ve programa entegre biçimde olan raporlarda sunulmaktadır.

RTK GPS’den elde sonuçlar sistem tarafından doğrudan okunabilmekte ve sonradan işleme (post processing) ve total station verileriyle birleştirilebilmektedir.

GeoGenius ağ dengelemesi de yapmaktadır. Uydu ölçmelerinden elde edilen veriler ve total station verileri ister ayrı ayrı, isterse de birleştirilerek en küçük kareler yöntemiyle dengelenebilmektedir. Dengeleme sonuçları farklı koordinat sistemlerinde elde edilebilmektedir. Ayrıca 2B ya da 3B koordinat dönüşümü de yapılabilmektedir.

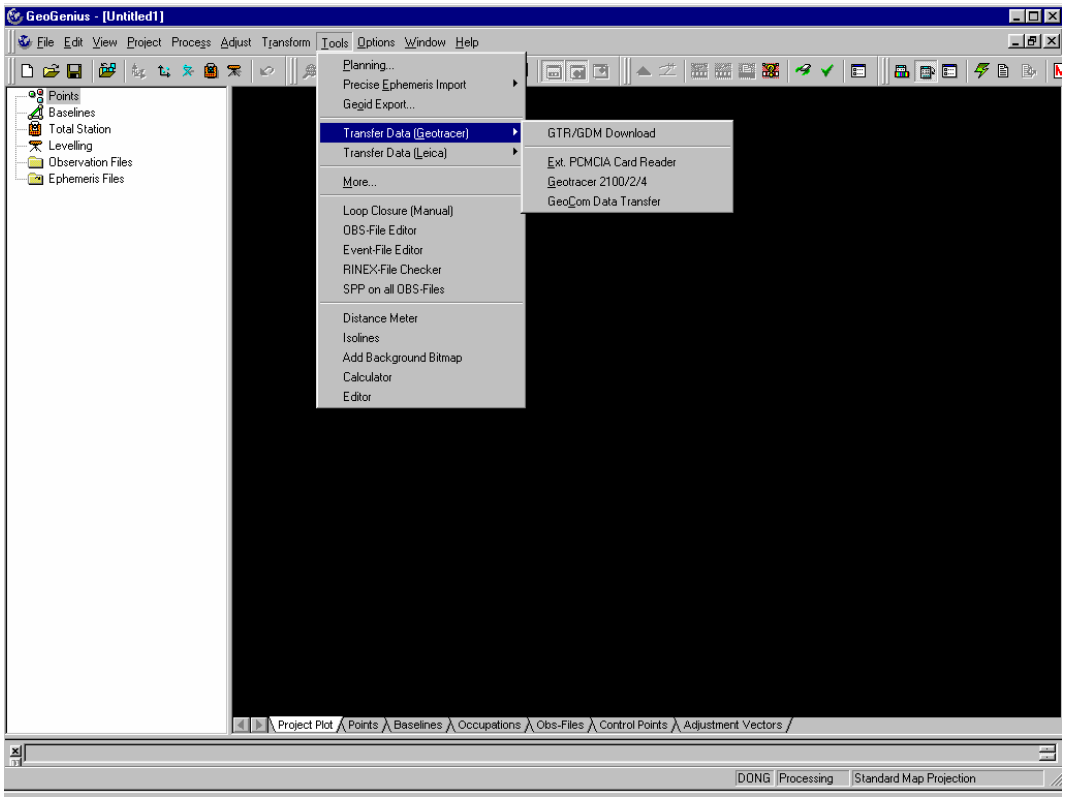
GeoGenius ölçüm planlaması da yapılabilmektedir. Uyduların görülebilirliği grafik olarak sunulmaktadır. GeoGenius tüm temel GPS alıcısı tiplerini desteklemektedir (GeoGenius, 2000).

4.2.2 GeoGenius Yazılımının Kullanımı

Bu kısımda Geogenius yazılımının nasıl kullanıldığı, yazılım ile veri değerlendirme işlemlerinin hangi aşamalarda nasıl yapıldığı anlatılacaktır.

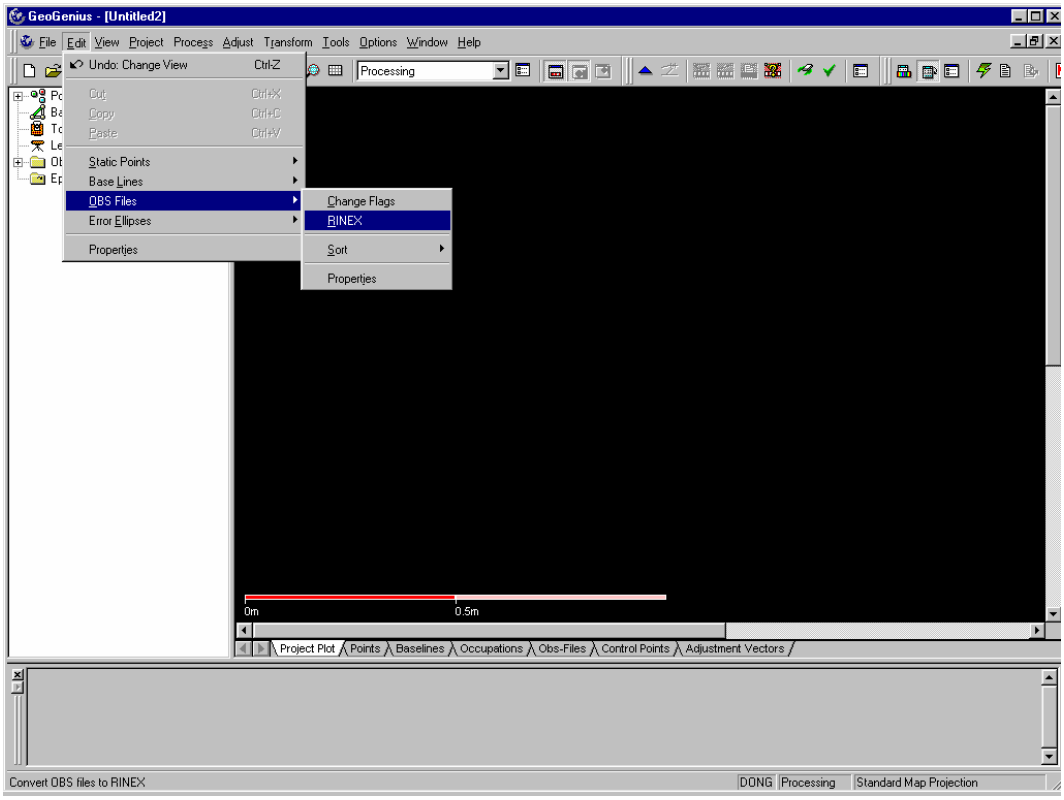
4.2.2.1 Veri Aktarımı ve RINEX Formatına Dönüşüm

İlk olarak Program açılır ve yeni bir proje seçilir. GPS alıcıları veri aktarım kablosuyla bilgisayara bağlandıktan sonra programın 'tools' menüsüne ve oradan da 'Transfer Data' menüsüne girilerek veriler bilgisayarda daha önce oluşturulmuş bir klasöre aktarılır (Şekil 4.15).

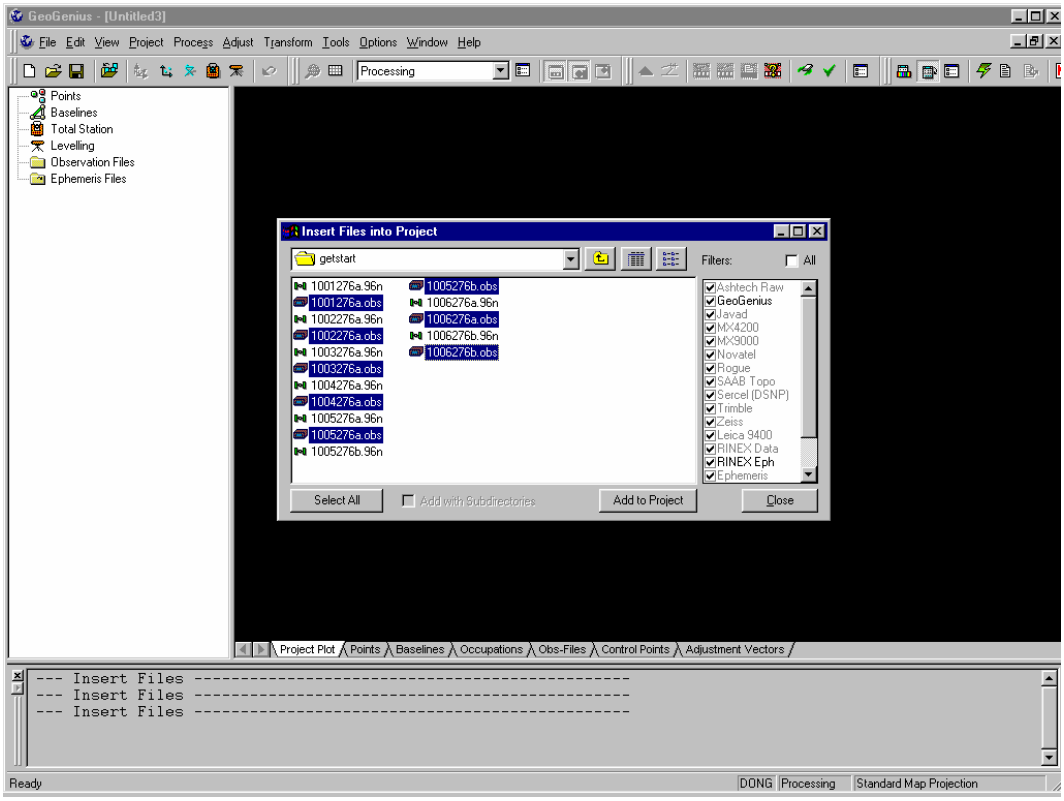


Şekil 4.15 GeoGenius'da veri transferi.

Aktarılan verilerin RINEX formatına çevrilmesi için 'Edit', 'OBS Files', 'RINEX' menüsüne girilir (Şekil 4.16). Açılan pencereden ham veri dosyaları seçilir ve ilgili dosyalar RINEX formatına çevrilir.



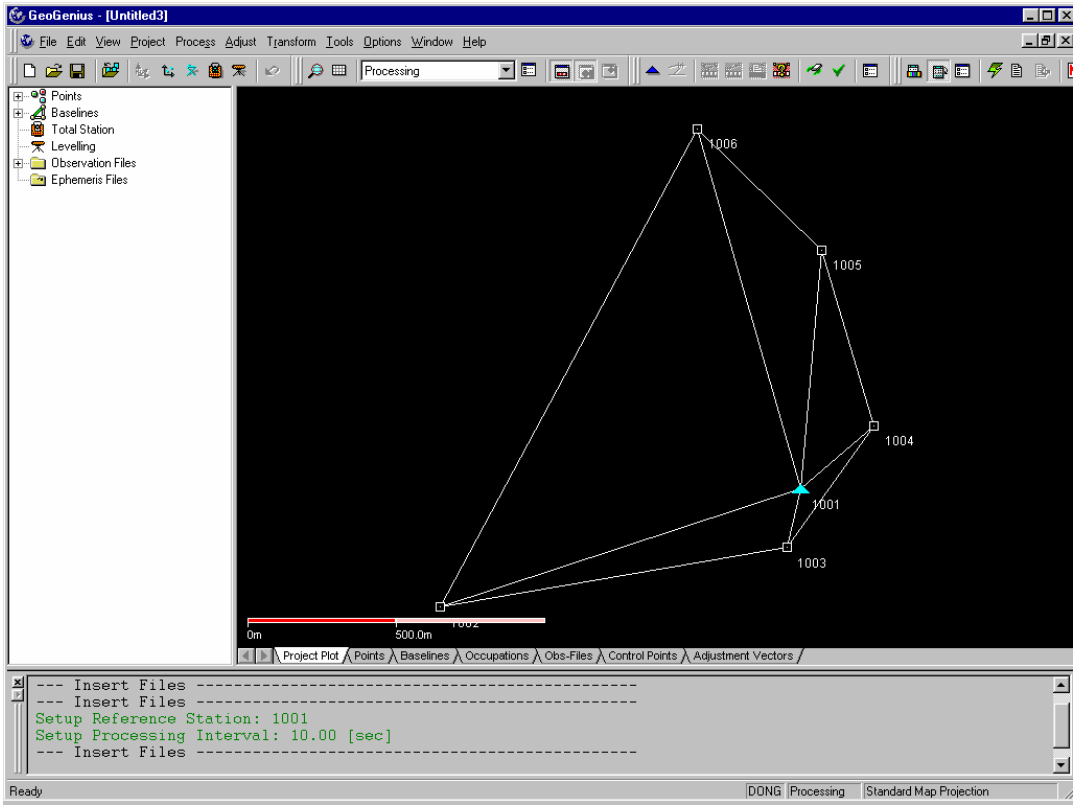
Şekil 4.16 Ham verilerin RINEX formatına dönüştürülmesi.



Şekil 4.17 Projeye yüklenecek RINEX dosyaları.

4.2.2.2 Veri İşleme

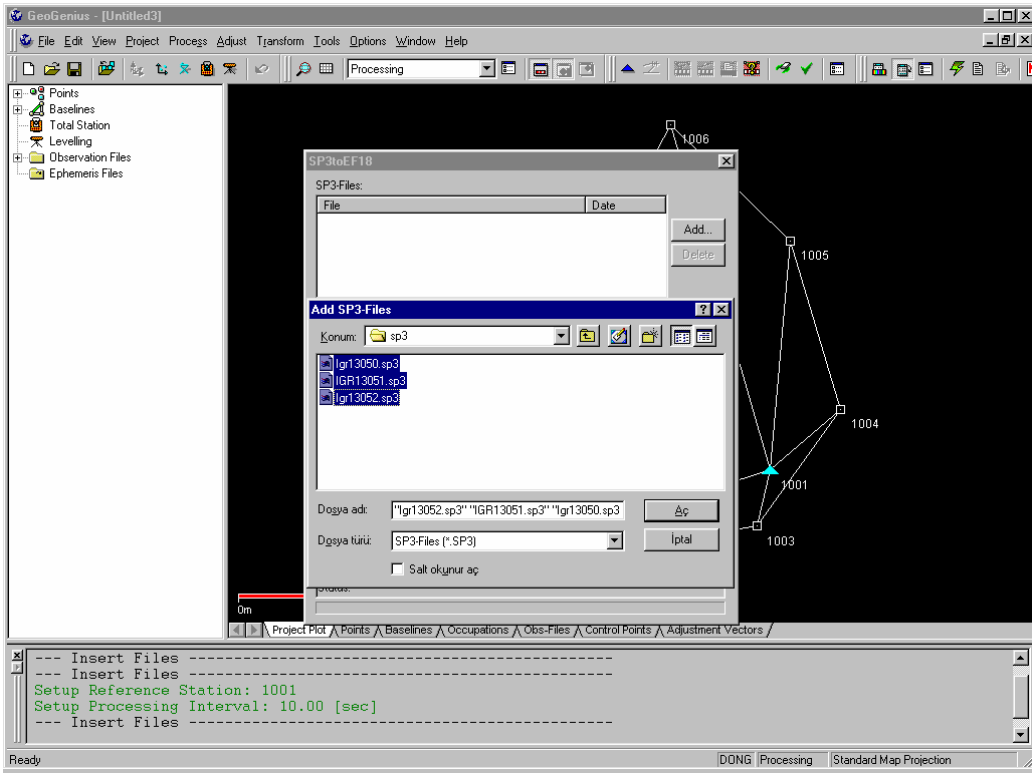
RINEX formatına çevrilen veriler .obs uzantısıyla kaydedilmiştir. 'Project', 'Files into Project' menüsüne girilerek .obs uzantılı RINEX dosyaları projeye yüklenir (Şekil 4.17). Eğer projede hassas efemeris verileri kullanılmayacak ise, RINEX dosyalarıyla beraber .n uzantılı navigasyon dosyalarının da proje yüklenmesi gerekmektedir. Yüklenen veriler GeoGenius'un grafik ortamında Şekil 4.18' deki gibi çizdirilir.



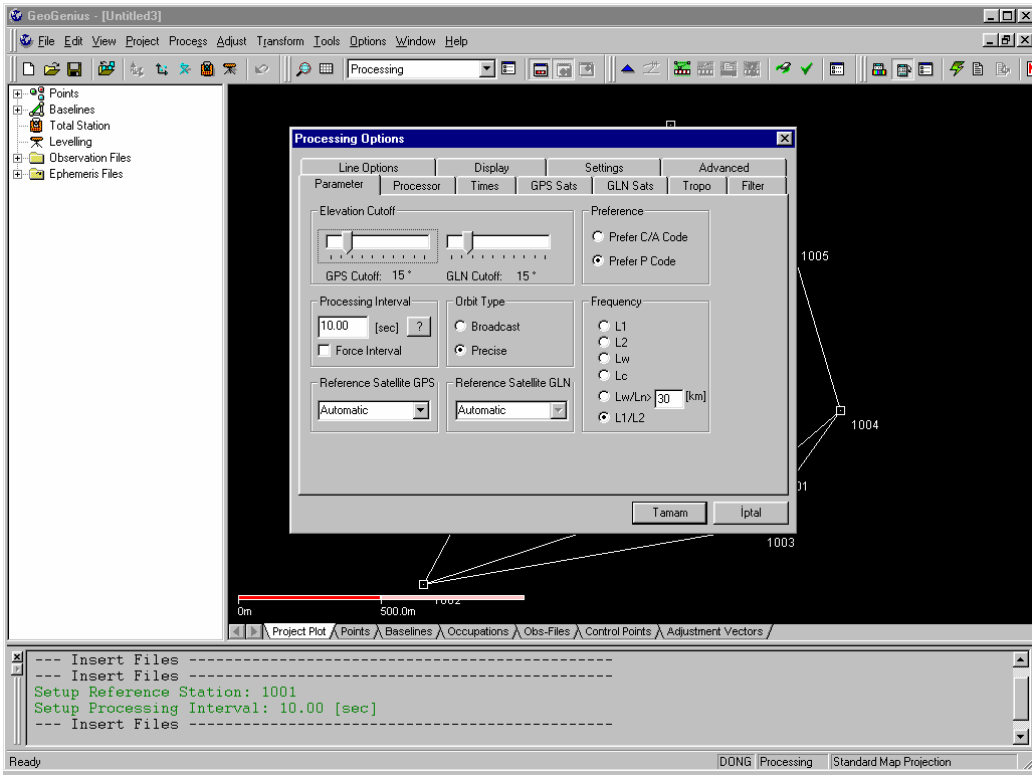
Şekil 4.18 Yüklenen RINEX dosyalarının grafik ortamda görünüşü.

Projede hassas efemeris verileri kullanılacaksa bu dosyaların projeye yüklenmesi gerekmektedir. 'Tools', 'Precise Ephemeris Import', 'SP3 Merger' menüsünden doğru hassas efemeris dosyalarının olduğu klasöre gidilerek dosyalar projeye yüklenir (Şekil 4.19).

'Process', 'Settings' menüsüne girilerek projede kullanılacak kod (C/A ya da P) ve frekans seçimi (L1, L2 Lw gibi), efemeris seçimi (yayın ya da hassas), maskeleme açısı seçimi, veri toplama aralığı seçimi, ölçüm yöntemi seçimi (statik, hızlı statik vd.), troposferik model seçimi (Saastamoinen, Modified Hopfield vd.) gibi ayarlamalar yapılır (Şekil 4.20).

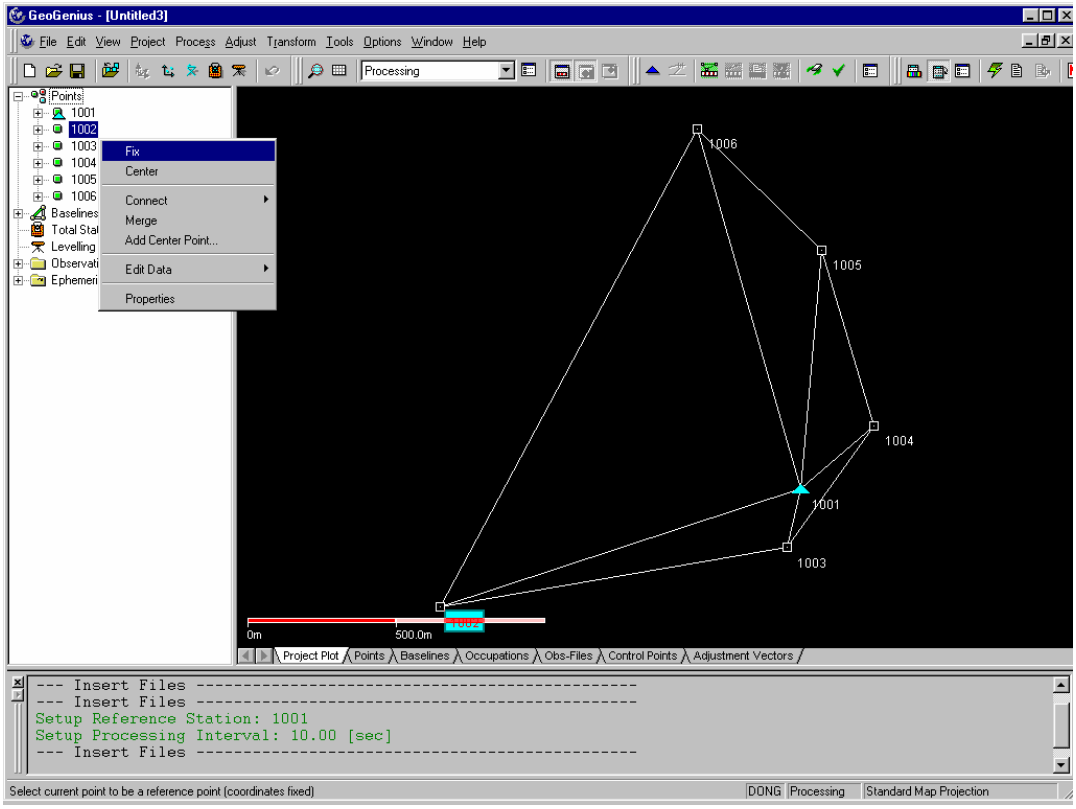


Şekil 4.19 Hassas efemeris dosyalarının projeye eklenmesi.



Şekil 4.20 GeoGenius ayarlar menüsü.

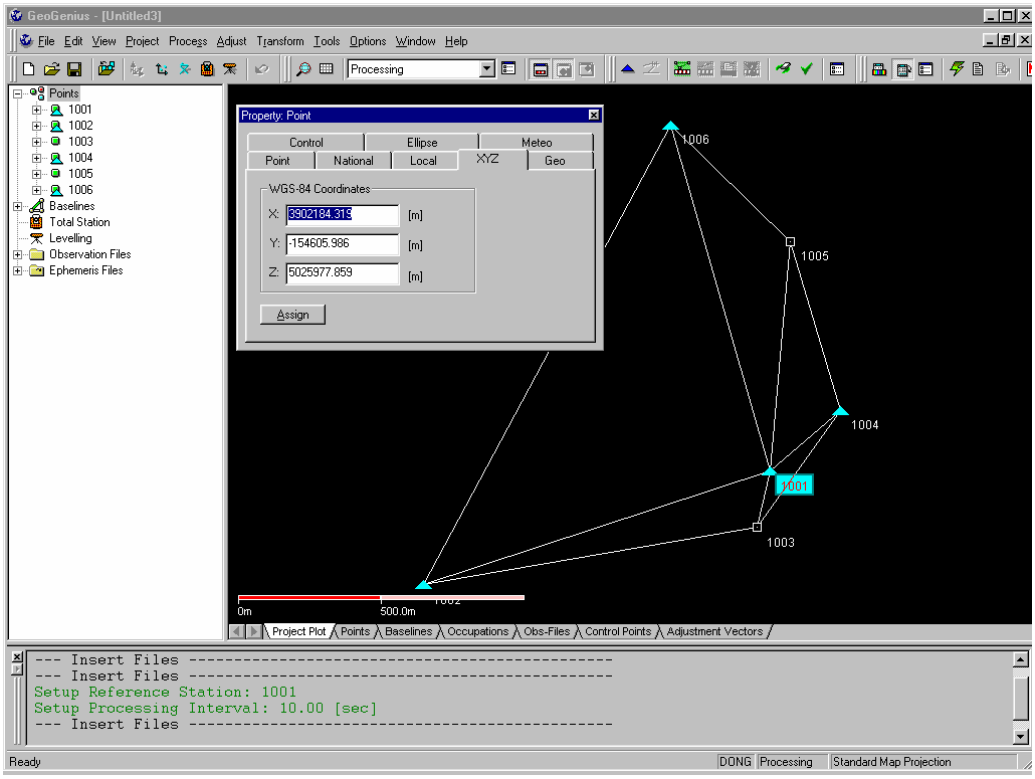
Gerekli ayarlamalar yapıldıktan sonra Şekil 4.21'de görüldüğü biçimde referans noktaları belirlenir.



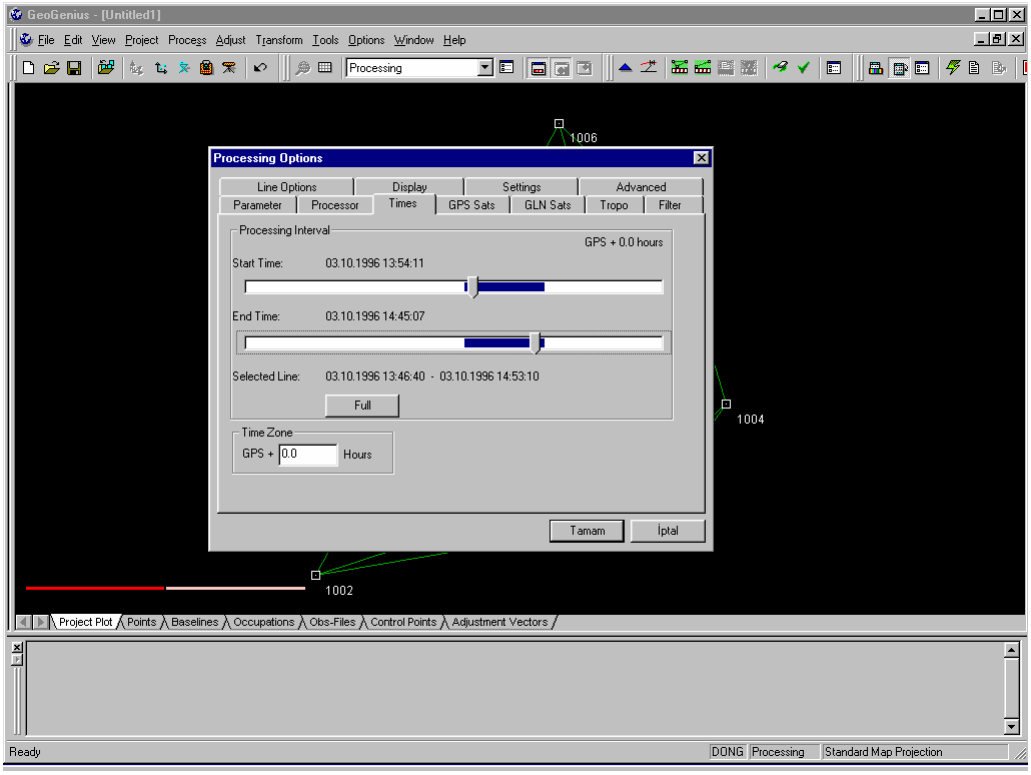
Şekil 4.21 Referans noktalarının belirlenmesi.

Referans noktalarının üzerine farenin sağ tuşu ile tıklayarak nokta ile ilgili özellikler menüsüne girilir ve XYZ butonuna basılarak noktanın yaklaşık koordinatlarının verildiği pencereye geçilir. Referans noktalarının gerçek koordinatları bu pencereye yazılır ve 'Assign' butonuna basılarak değişiklikler kaydedilir (Şekil 4.22).

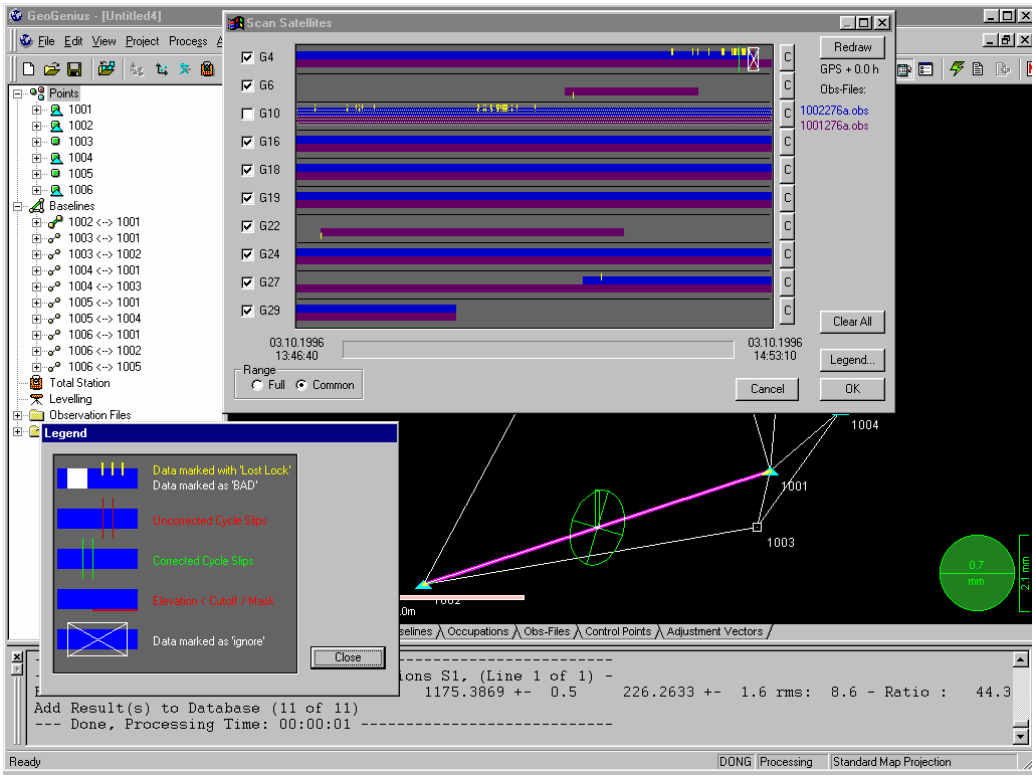
Daha sonra her bir baz vektörünün üzerine farenin sağ tuşu ile tıklanıp 'Process' seçeneği seçilir ve yazılım o bazı değerlendirmeye başlar. Değerlendirmenin kullanıcının seçtiği bir zaman aralığında yapılması isteniyorsa, tekrar 'Process', 'Settings' menüsüne girilerek 'Times' menüsüne geçilir. Şekil 4.23'de görüldüğü gibi istenilen zaman aralığı seçilir ve menüden çıkılıp bazların değerlendirilmesine devam edilir. Değerlendirme sonucunda yazılım, baz değerlendirilirken ne kadarlık bir hata yaptığını hem sayısal olarak hem de hata elipsi ile belirtir. Eğer hata büyükse ilgili baza yeniden farenin sağ tuşu ile tıklanıp 'Scan' menüsüne geçilir (Şekil 4.24).



Şekil 4.22 Referans noktalarının gerçek koordinatlarının girilmesi.



Şekil 4.23 Zaman ayarlamasının yapılması.



Şekil 4.24 Bazların değerlendirilmesi.

Bu menüde uydulardan alınan veriler grafik olarak verilmektedir. Bu gösterimde sağlıklı yapılmış olan gözlemler bordo ve lacivert renklerde gösterilmiştir. Net alınamayan, bozulmalara uğrayan veriler, menünün lejandında renklerle anlatılmaktadır. Değerlendirmeye katılmaması istenen kısımlar fareyle işaretlenir ve herhangi bir uydudan alınan verilerin hiçbirinin değerlendirmeye katılmaması istenirse o uydu, yanında bulunan işaret kaldırılarak değerlendirmeden çıkarılır (Şekil 4.24). Bu işlemlerden sonra baz yeniden değerlendirilir ve bu işlem hata elipsleri istenilen düzeye getirilinceye kadar devam eder. Her bir baz için bu işlemler yapıldıktan sonra değerlendirme sonuçları raporlar halinde, 'Projects' menüsünden 'Reports' butonuna basılarak elde edilir.

Bütün bu işlemlerden sonra 'Adjust' menüsü ile ağ dengelenir ve sonuçlar 'Adjust' menüsünde 'Reports' butonu tıklanarak raporlar halinde alınır.

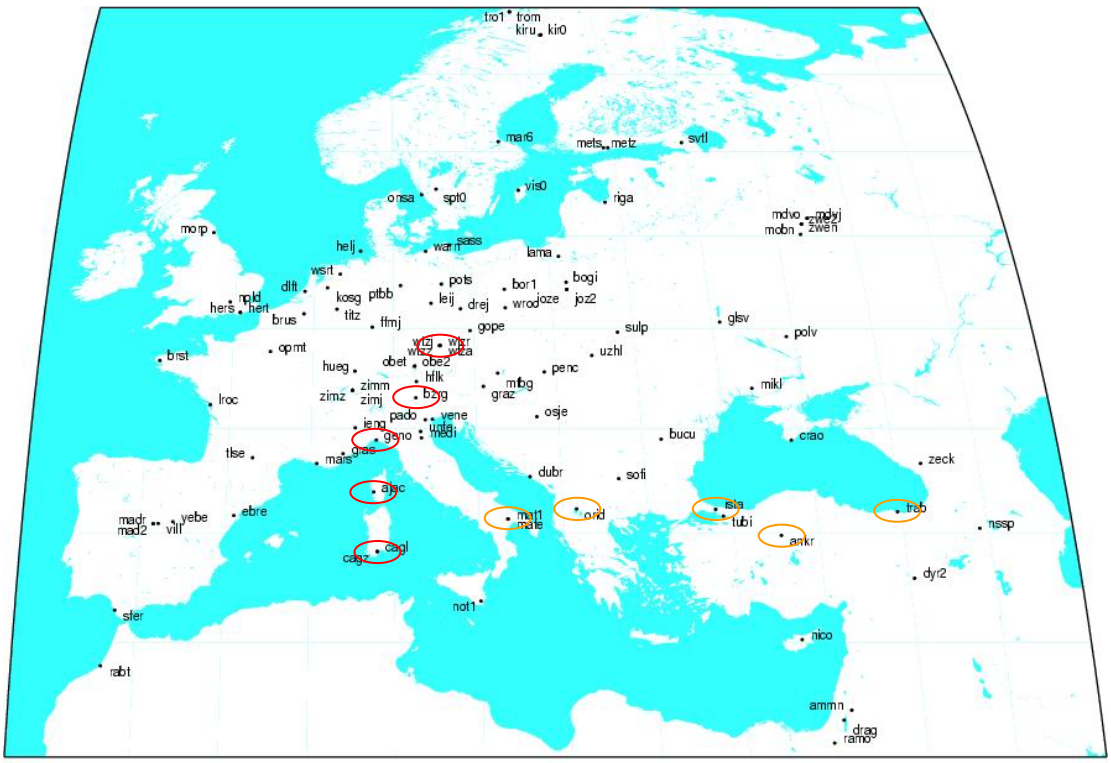
BÖLÜM 5

UYGULAMA

Farklı Çözüm algoritmalarına sahip GPS değerlendirme yazılımlarından kaynaklanan çözüm farklılıklarının araştırılması amacıyla hazırlanan bu çalışma kapsamında, uygulamada izlenen yol, kullanılan veriler ve verilerin değerlendirilmesi bu bölümde anlatılacaktır.

5.1 ÇALIŞMADA KULLANILAN GPS NOKTALARI

Uygulama için IGS Gözlem Ağının, Avrupa Kıtası'na yayılmış durumda bulunan noktaları arasından, beş tanesi yaklaşık olarak aynı enlemde ve beş tanesi de yaklaşık olarak aynı boylamda olacak şekilde toplam on adet seçilmiştir.



Şekil 5.1 Uygulamada kullanılan IGS noktaları.

Yaklaşık olarak aynı enlemde (Doğu-Batı doğrultusunda) olan MATE (Matera, İtalya), ORID (Ohrid, Macaristan), İSTA (İstanbul, Türkiye), ANKR (Ankara, Türkiye), TRAB (Trabzon, Türkiye) isimli IGS noktaları ve yaklaşık olarak aynı boylamda (Kuzey-Güney doğrultusunda) olan WTZR (Koetzting, Almanya), BZRG (Bolzano, İtalya), GENO (Genova, İtalya), AJAC (Ajaccio, Fransa) ve CAGL (Cagliari, İtalya) isimli IGS noktalarının yapmış olduğu gözlemler uygulamada kullanılmıştır (Şekil 5.1).

5.2 KULLANILAN YAZILIMLAR VE VERİLER

Uygulamada kullanılan yazılımlar Turbo Survey System (TSS) ve GeoGenius ticari yazılımlarıdır. Bu yazılımların özellikleri ve nasıl kullanıldıkları Bölüm 4'de ayrıntılı bir biçimde açıklanmıştır ve bu bölümde, yapılan çalışma anlatılırken de kullanılan bu yazılımlara değinilecektir.

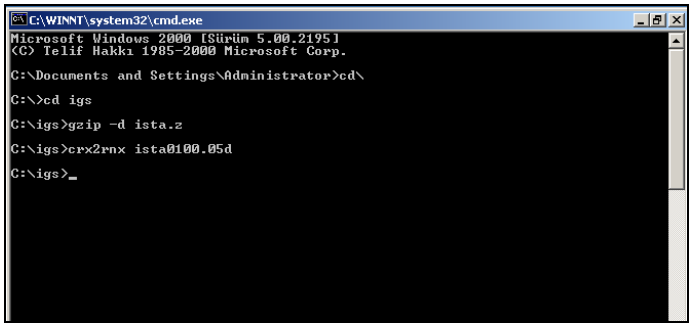
Çalışmada kullanılan veriler, Bölüm 5.1'de bahsedilen IGS noktalarına ait üç günlük gözlem dosyaları ve GPS uydularına ait hassas efemeris dosyalarıdır. Bu verilerle ilgili ayrıntılı bilgiler takip eden bölümde verilecektir.

5.2.1 IGS Noktalarına Ait Gözlem Dosyaları

Bölüm 5.1 'de sözü geçen IGS noktalarına ait üç günlük gözlem dosyaları, SOPAC'ın ftp arşivinden, sıkıştırılmış formatta (.Z formatı) indirilmiştir. Sıkıştırılmış dosyalar MS DOS ortamında çalışan GZIP adlı bir yazılım kullanılarak .Z formatından çıkartılıp .d uzantılı Hatanaka formatına dönüştürülmüştür. SOPAC'ın kullandığı ve yine bir çeşit sıkıştırılmış format olan Hatanaka, GZIP yazılımı gibi MS DOS ortamında çalışan CRX2RNX adlı diğer bir yazılım sayesinde, IGS noktalarına ait .o uzantılı gözlem dosyalarına dönüştürülmüştür.

GZIP programı, uzun isimli dosyalar kullanıldığında çalışmamaktadır. Örnek olarak İsta noktasına ait gözlem dosyası SOPAC'dan ista0100.05d.Z dosya ismiyle indirilmiştir. Ancak GZIP bu dosya isminde çözüm yapmamış, bundan dolayı dosya ismi ista.Z şeklinde kısaltılmış ve sonuçta ista.Z dosyası ISTA olarak elde edilmiştir. Aslında Hatanaka formatında olan bu dosyanın kısaltılan ismi, ISTA0100.05d şeklinde orijinal haline getirildikten sonra CRX2RNX yazılımı ile dosya ismi ista0100.05o olan gözlem dosyası

elde edilmiştir. Dosya formatlarının MS DOS ortamında nasıl değiştirildiği Şekil 5.2'de gösterilmektedir.



Şekil 5.2 Gözlem dosyalarının MS DOS ortamında elde edilmesi.

5.2.2 Hassas Efemeris Dosyaları

Uygulamada, yayın efemerisi kullanılan değerlendirmelere göre daha iyi sonuçlar veren hassas efemeris bilgileri kullanılmıştır. Hassas efemeris dosyaları IGS'in web sitesinden elde edilmiştir. Gözlem dosyaları gibi hassas efemeris dosyaları da sıkıştırılmış .Z formatındadır. Sıkıştırılmış formattaki dosyalar yine GZIP yazılımı ile MS DOS ortamında hassas efemeris formatı olan .sp3 uzantılı dosyalara dönüştürülmüştür.

5.2.3 Kullanılan Gözlem ve Hassas Efemeris Dosyalarının Özellikleri

Kullanılan gözlem dosyaları, Bölüm 5.1'de belirtilen IGS noktalarının 03-04-05.01.2005 tarihlerinde, 00.00.30 – 23.59.30 saatleri arasında yapmış oldukları 23 saat 59 dakikalık gözlemleri içermektedir. Kullanılan hassas efemeris dosyaları ise 1304. GPS Haftası'nın 1., 2., 3. ve 4. günlerine aittir.

5.3 ELDE EDİLEN VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bölüm 5.1'de anlatıldığı üzere, uygulama için, yaklaşık aynı enlem boyunca 5 nokta ve yine yaklaşık aynı boylam boyunca 5 nokta seçilmiş ve bunların oluşturdukları bazlar sözü geçen yazılımlarda değerlendirilmiştir. Noktaların bu şekilde seçilmesinin nedeni, değerlendirme sonunda elde edilecek sonuçların, doğu-batı ve kuzey-güney doğrultularında gösterecekleri farklılıkların ortaya konulmasıdır. Bu bölümde, değerlendirme aşamasında yapılan işlemler adım adım anlatılacaktır.

5.3.1 Doğu-Batı ve Kuzey-Güney Doğrultularında Oluşturulan Bazların Değerlendirilmesi

MATE, ORID, ISTA, ANKR ve TRAB noktalarının oluşturduğu ISTA-ANKR (329 km), MATE-ORID (346 km), ANKR-TRAB (600 km), ORID-ISTA (690 km), ISTA-TRAB (903 km), ORID-ANKR (1016 km) ve MATE-ISTA (1037 km) bazlarının ve WTZR, BZRG, GENO, AJAC ve CAGL noktalarının oluşturduğu GENO-AJAC (190 km), AJAC-CAGL (202 km), WTZR-BZRG (246 km), BZRG-GENO (251 km), GENO-CAGL (391 km), BZRG-AJAC (409 km) ve WTZR-GENO (487 km) bazlarının değerlendirilmesinde, Bölüm 5.2.3'de bahsedilen üç günlük gözlem ve dört günlük hassas efemeris dosyaları kullanılmıştır. İlk olarak 1304. GPS Haftası'nın 2. gününe ait veriler değerlendirilmiş, daha sonra sırasıyla 3. ve 4. güne ait veriler değerlendirmeye alınmıştır. Değerlendirmeler, 00.00.30-16.00.30 saatleri arasında toplam 16 saatlik gözlem süresince, ilk olarak TSS yazılımında, daha sonra da GeoGenius yazılımında yapılmıştır.

5.3.1.1 Bazların TSS Yazılımında Değerlendirilmesi

Bazların TSS yazılımında değerlendirilmesi Bölüm 4'de anlatıldığı şekilde yapılmıştır. Değerlendirmede kullanılan parametreler Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Değerlendirme türü ve değerlendirmede kullanılan parametreler.

Değerlendirme Türü	TSS Değerlendirmesi (Değerlendirme 1)
Maskeleme Açısı	15°
Veri Toplama Aralığı	30´´
Efemeris Türü	Hassas Efemeris
Kullanılan Frekans	L1/L2
Troposferik Model	Otomatik
İyonosferik Model	Otomatik

5.3.1.2 Bazların GeoGenius Yazılımında Değerlendirilmesi

GeoGenius yazılımında bazlar, Bölüm 4'de anlatıldığı şekilde ve sırasıyla L1/L2, Lc, Lw/Ln frekanslarıyla ve L1/L2+Lc frekans kombinasyonuyla değerlendirilmiştir.

L1/L2 Frekansı ile Değerlendirme

Bazların L1/L2 frekansıyla değerlendirmesinde troposferik model, ilk olarak Modified Hopfield (Fixed Values) seçilmiş ve bazlar bu şekilde değerlendirilmiştir. Daha sonra değerlendirme, sırasıyla Saastamoinen ve Modified Hopfield modelleriyle gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın bu şekilde gerçekleştirilmesinde, farklı troposferik modeller kullanılarak yapılan değerlendirmelerden elde edilecek sonuçların farklılık gösterip göstermeyeceğinin araştırılması amaçlanmıştır.

İlk olarak, her bir baz değerlendirildikten sonra elde edilen karesel ortalama hata değerlerini düşürmek için Bölüm 4'de anlatılan şekilde bir müdahalede bulunulmamış, müdahalesiz, ham olarak elde edilen sonuçlar incelemeye alınmıştır. Değerlendirme sırasında kullanılan parametreler Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2 Değerlendirme türü ve değerlendirmede kullanılan parametreler.

Değerlendirme Türü	GeoGenius Ham L1/L2 (Değerlendirme 2)
Maskeleme Açısı	15°
Veri Toplama Aralığı	30´´
Efemeris Türü	Hassas Efemeris
Kullanılan Frekans	L1/L2
Troposferik Model	Modified Hopfield (Fixed Values) / Saastamoinen / Modified Hopfield
İyonosferik Model	Otomatik

Bu işlemlerden sonra, elde edilen karesel ortalama hataları düşürmek için, Bölüm 4'de anlatılan biçimde müdahalede bulunulmuş ve bazlar yine üç ayrı troposferik model ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme sırasında kullanılan parametreler Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.3 Değerlendirme türü ve değerlendirmede kullanılan parametreler.

Değerlendirme Türü	GeoGenius Müdahaleli L1/L2 (Değerlendirme 3)
Maskeleme Açısı	15°
Veri Toplama Aralığı	30´´

Çizelge 5.3 (devam ediyor).

Değerlendirme Türü	GeoGenius Müdahaleli L1/L2 (Değerlendirme 3)
Efemeris Türü	Hassas Efemeris
Kullanılan Frekans	L1/L2
Troposferik Model	Mod. Hop. (Fixed Values) / Saastamoinen / Modified Hopfield
İyonosferik Model	Otomatik

Lc Frekansı ile Değerlendirme

Bu defa bazların, Bölüm 2.2.1'de bahsedildiği gibi, iyonosferden bağımsız çözüm olanağı tanıyan Lc frekansı kullanılarak değerlendirilmesi ve elde edilecek sonuçların, diğer frekanslar kullanılarak elde edilenlere göre nasıl olacağının incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, bazlar Lc frekansıyla ve yine üç ayrı troposferik modelde değerlendirilmiştir. Değerlendirme sırasında kullanılan parametreler Çizelge 5.4'de sunulmuştur.

Çizelge 5.4 Değerlendirme türü ve değerlendirmede kullanılan parametreler.

Değerlendirme Türü	GeoGenius Lc (Değerlendirme 4)
Maskeleme Açısı	15°
Veri Toplama Aralığı	30´´
Efemeris Türü	Hassas Efemeris
Kullanılan Frekans	Lc
Troposferik Model	Mod. Hop. (Fixed Values) / Saastamoinen / Modified Hopfield
İyonosferik Model	Otomatik

Lw/Ln Frekansı ile Değerlendirme

Bu bölümde bazlar, yine Bölüm 2.2.1'de bahsedilen amaçla, Lw/Ln frekansıyla ve yine üç farklı troposferik modelde değerlendirilmiştir. İlk olarak, L1/L2 frekansı ile değerlendirme bölümünde olduğu gibi yazılıma herhangi bir müdahalede bulunulmamış ve ham sonuçlar elde edilmiştir. Değerlendirme parametreleri Çizelge 5.5'de verilmiştir.

Çizelge 5.5 Değerlendirme türü ve değerlendirmede kullanılan parametreler.

Değerlendirme Türü	GeoGenius Ham Lw/Ln (Değerlendirme 5)
Maskeleme Açısı	15°
Veri Toplama Aralığı	30´´
Efemeris Türü	Hassas Efemeris
Kullanılan Frekans	Lw/Ln
Troposferik Model	Mod. Hop. (Fixed Values) / Saastamoinen / Modified Hopfield
İyonosferik Model	Otomatik

Ham sonuçlar elde edildikten sonra yine L1/L2 frekansı ile değerlendirmede yapıldığı gibi burada da karesel ortalama hataları düşürmek için Bölüm 4'de anlatılan şekilde müdahalede bulunulmuştur. Değerlendirme sırasında kullanılan parametreler Çizelge 5.6'da sunulmuştur.

Çizelge 5.6 Değerlendirme türü ve değerlendirmede kullanılan parametreler.

Değerlendirme Türü	GeoGenius Müdahaleli Lw/Ln (Değerlendirme 6)
Maskeleme Açısı	15°
Veri Toplama Aralığı	30´´
Efemeris Türü	Hassas Efemeris
Kullanılan Frekans	Lw/Ln
Troposferik Model	Mod. Hop. (Fixed Values) / Saastamoinen / Modified Hopfield
İyonosferik Model	Otomatik

L1/L2 + Lc Frekansı ile Değerlendirme

Bu bölümde, L1/L2 frekansı ile değerlendirme sonucu elde edilen koordinatlar, değerlendirmeye girecek bazları oluşturan noktaların yaklaşık koordinatları olarak, Bölüm 4'de anlatılan şekilde yazılıma girilmiş ve bu şekilde bazlar, Lc frekansı ile tekrar değerlendirilmiştir. Değerlendirme parametreleri Çizelge 5.7'de verilmiştir.

Çizelge 5.7 Değerlendirme türü ve değerlendirmede kullanılan parametreler.

Değerlendirme Türü	GeoGenius L1/L2 + Lc (Değerlendirme 7)
Maskeleme Açısı	15°
Veri Toplama Aralığı	30´´
Efemeris Türü	Hassas Efemeris
Kullanılan Frekans	L1/L2 + Lc
Troposferik Model	Modified Hopfield (Fixed Values) / Saastamoinen / Modified Hopfield
İyonosferik Model	Otomatik

5.4 ELDE EDİLEN SONUÇLARIN TEKRAR EDİLEBİLİRLİK PREZİSYON VE DOĞRULUK AÇISINDAN İNCELENMESİ

Bir önceki bölümde anlatılan değerlendirme işlemleri sonucu elde edilen sonuçlar, tekrar edilebilirlik, prezisyon ve doğruluk bakımından ele alınmış ve ulaşılan değerler, gerek grafik gerekse çizelgeler halinde, takip eden bölümlerde sunulmuştur.

5.4.1 Elde Edilen Sonuçların Tekrar Edilebilirlik Açısından İncelenmesi

Bölüm 5.3.1'de, bazların değerlendirilmesinde üç günlük gözlem dosyalarının kullanıldığı belirtilmişti. Bu üç günlük değerlendirme sonrasında, her bir bazın günlük tekrar edilebilirlikleri;

$$TE = \sqrt{\frac{[dd]}{n}} \tag{5.1}$$

formülü ile elde edilmiştir (Blewitt, 1989). Burada;

TE : Tekrar edilebilirlik

[dd] : Her bir bazın karesel ortalama hatalarının karelerinin toplamı

n : Gün sayısı

dır.

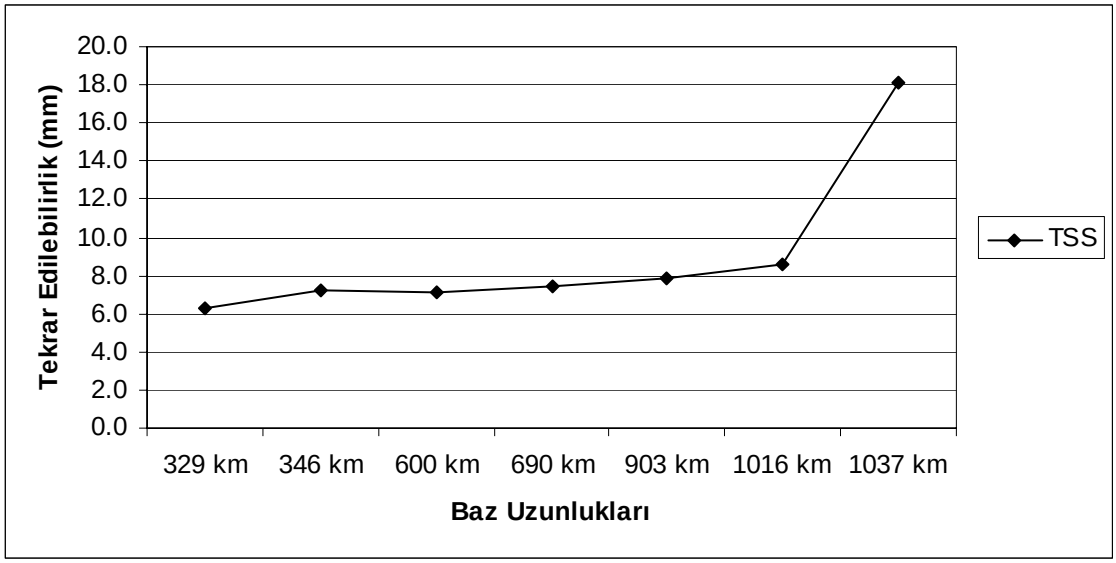
Farklı çözüm stratejileriyle, doğu-batı ve kuzey-güney doğrultularında değerlendirilen bazların tekrar edilebilirlikleri, aşağıda ayrı başlıklar altında sunulmaktadır.

5.4.1.1 Doğu-Batı Doğrultusundaki Bazların Farklı Çözüm Stratejileriyle Değerlendirilmeleri Sonucu Elde Edilen Tekrar Edilebilirlikleri

Burada da, TSS ve GeoGenius yazılımlarından elde edilen sonuçlar ayrı başlıklar halinde sunulacaktır.

TSS Yazılımından Elde Edilen Sonuçlar

Doğu-batı doğrultusundaki bazların, TSS yazılımı ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen tekrar edilebilirlik değerleri Şekil 5.3'de sunulmaktadır.



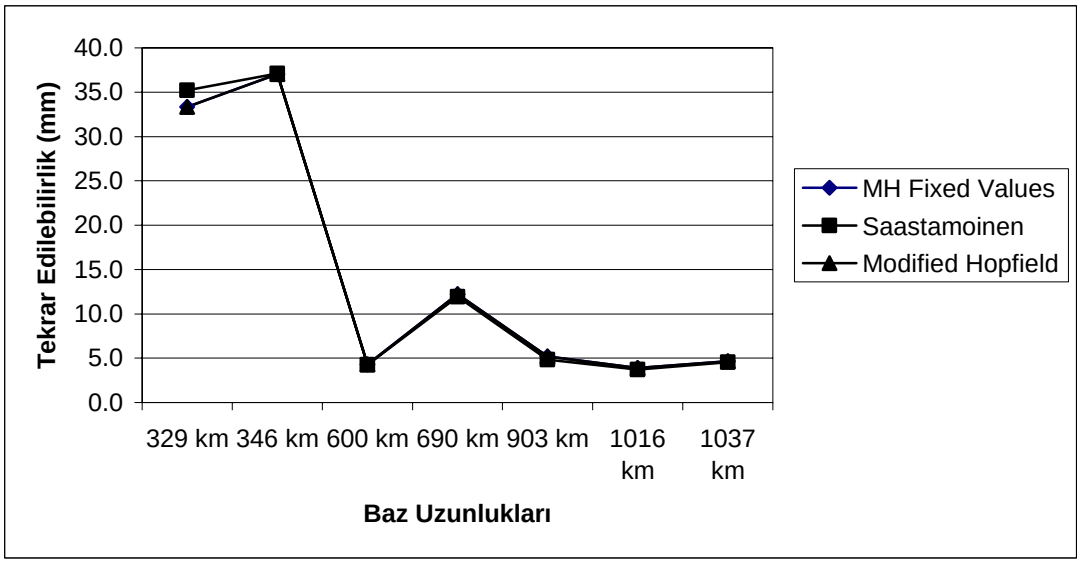
Şekil 5.3 TSS yazılımında değerlendirilen bazların günlük tekrar edilebilirlikleri.

Grafikte, 329 km'lik bazın tekrar edilebilirlik değeri 6.2 mm iken, 1016 km'lik bazın tekrar edilebilirliğinin 8.6 mm ve 1037 km'lik bazın tekrar edilebilirliğininse 18.1 mm olduğu görülmektedir. Birbirlerine oranla kısa olan bazlardan elde edilen sonuçlar daha hassasken, bazlar uzadıkça hassasiyet düşmektedir.

GeoGenius Yazılımından Elde Edilen Sonuçlar

Bazların, GeoGenius yazılımında, farklı frekanslarda ve üç farklı troposferik model kullanılarak değerlendirildiği daha önce belirtilmişti. Her bir frekanstan elde edilen tekrar edilebilirlik değerleri, farklı grafiklerde, üç ayrı troposferik modelden elde edilen sonuçları içerecek şekilde sunulacaktır.

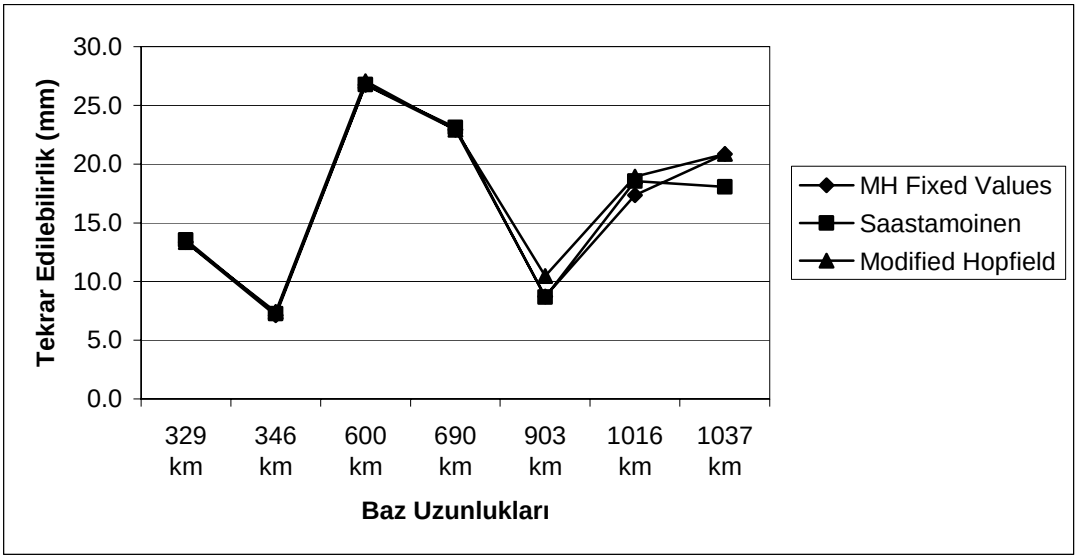
Bazların GeoGenius yazılımda, L1/L2 frekansı ve üç farklı troposferik model ile değerlendirilmesinden sonra müdahalesiz olarak elde edilen sonuçlar Şekil 5.4'de verilmiştir.



Şekil 5.4 L1/L2 frekansı ve üç ayrı troposferik model kullanılarak değerlendirilen bazların müdahalesiz olarak elde edilen tekrar edilebilirlikleri.

Grafikte, TSS yazılımından elde edilen değerlerin oluşturduğu grafikteki gibi düzenli bir değişim görülmemektedir. Burada öne çıkan sonuç, farklı troposferik modeller kullanılarak yapılan değerlendirmeler sonucu elde edilen sonuçların hemen hemen aynı olduğudur.

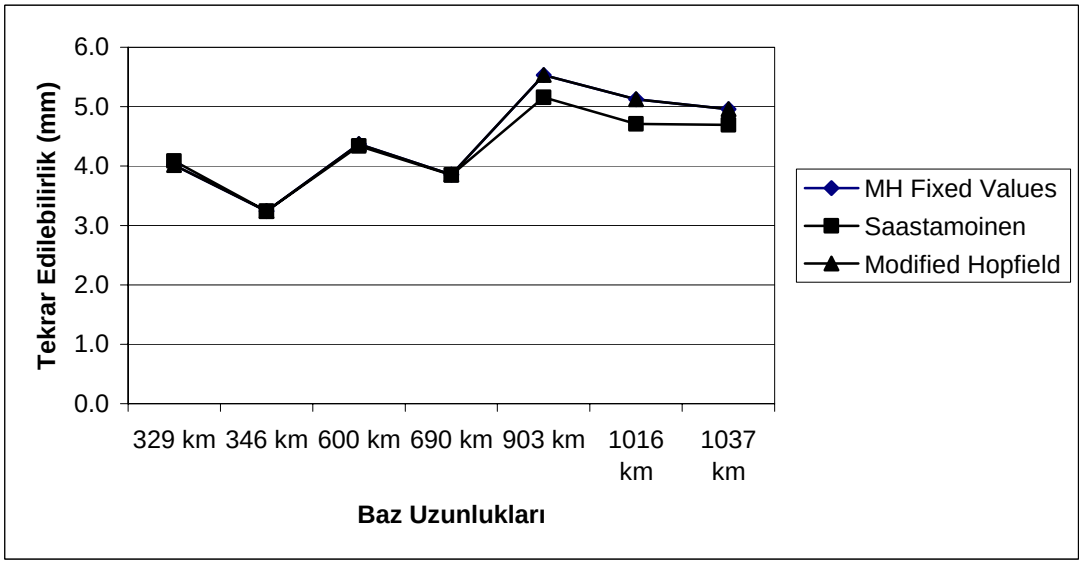
Elde edilen bu sonuçlardan sonra, L1/L2 frekansıyla bazların değerlendirmesine Bölüm 4'de anlatılan şekilde müdahalede bulunulmuş ve değerlendirme sonunda elde edilen sonuçlar Şekil 5.5'de verilmiştir.



Şekil 5.5 L1/L2 frekansı ve üç ayrı troposferik model kullanılarak değerlendirilen bazların müdahaleli olarak elde edilen tekrar edilebilirlikleri.

Müdahaleli sonuçlarda da sistematik bir değişim görülmemiş ve yine farklı troposferik modellerden elde edilen sonuçların birbirlerine çok yakın olduğu görülmüştür.

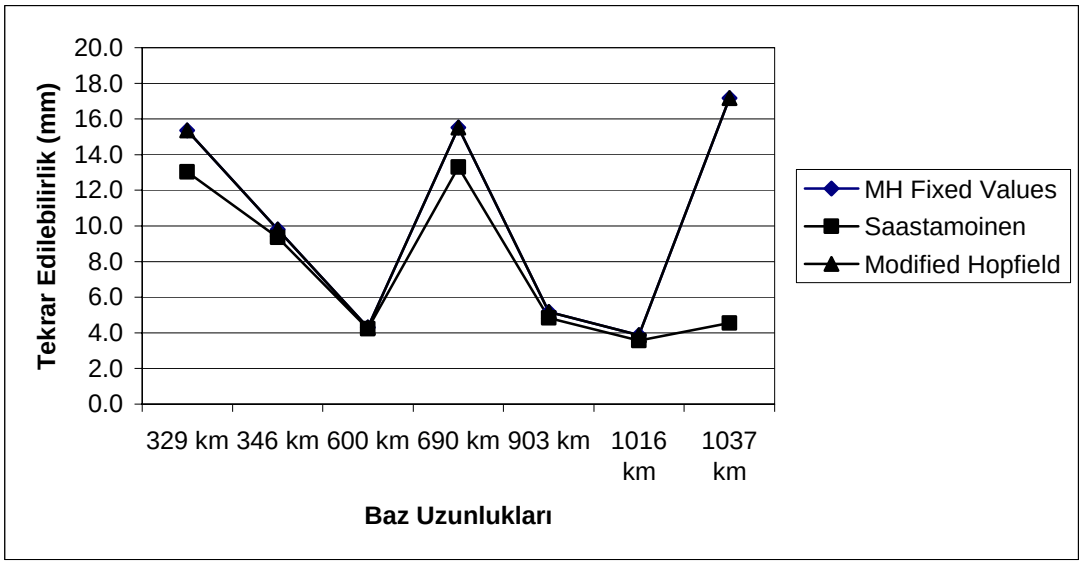
Lc frekansının kullanımı sonucu elde edilen tekrar edilebilirlik değerleri Şekil 5.6'da görüldüğü gibidir.



Şekil 5.6 Lc frekansı ve üç ayrı troposferik model kullanılarak değerlendirilen bazların tekrar edilebilirlikleri.

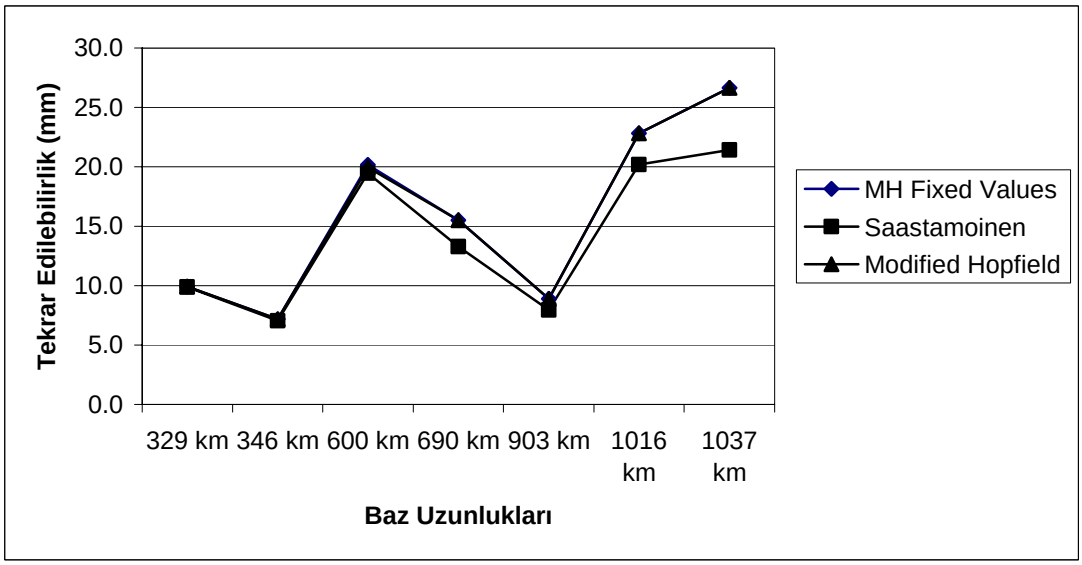
Burada da troposferik modellerin birbirlerine çok yakın sonuçlar verdiği görülmektedir.

Lw/Ln frekansı ile herhangi bir müdahalede bulunulmaksızın değerlendirilen bazların tekrar edilebilirlikleri Şekil 5.7'de verilmiştir. Şekil 5.8'de ise müdahaleli sonuçlar görülmektedir.



Şekil 5.7 Lw/Ln frekansı ve üç ayrı troposferik model kullanılarak değerlendirilen bazların müdahalesiz olarak elde edilen tekrar edilebilirlikleri.

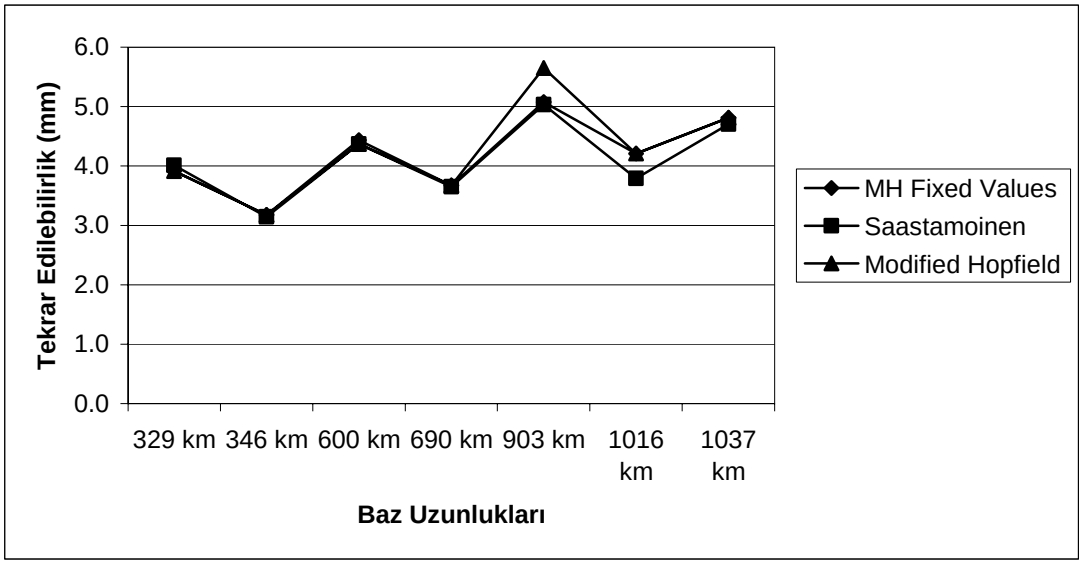
Şekil 5.7'de Saastamoinen Modeli'nin çok az da olsa diğer modellerden daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. 1037 km uzunluğundaki bazda ise farkın o denli fazla olmasının nedeninin müdahalesiz çözüm stratejisi olduğu düşünülmektedir.



Şekil 5.8 Lw/Ln frekansı ve üç ayrı troposferik model kullanılarak değerlendirilen bazların müdahaleli olarak elde edilen tekrar edilebilirlikleri.

Lw/Ln frekansı ile elde edilen değerlerin L1/L2 frekansıyla elde edilen değerlere çok yakın olduğu görülmektedir. Burada da Saatamoinen Modeli, çok az farkla da olsa 690 km'lik, 1016 km'lik ve 1037 km'lik bazlarda diğer modellere üstünlük sağlamıştır.

L1/L2 + Lc frekans kombinasyonu kullanılarak değerlendirilen bazların tekrar edilebilirlikleri Şekil 5.9'da verilmiştir.



Şekil 5.9 L1/L2 + Lc frekansı ve üç ayrı troposferik model kullanılarak değerlendirilen bazların tekrar edilebilirlikleri.

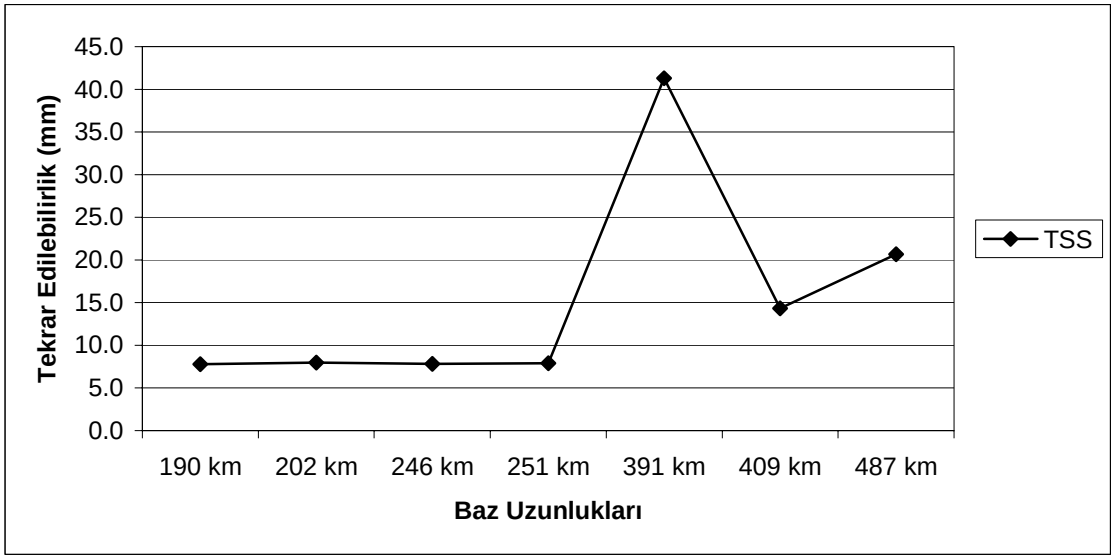
Burada elde edilen değerler, Lc frekansıyla değerlendirme sonucu elde edilen değerlerle hemen hemen aynıdır.

5.4.1.2 Kuzey-Güney Doğrultusundaki Bazların Farklı Çözüm Stratejileriyle Değerlendirilmeleri Sonucu Elde Edilen Tekrar Edilebilirlikleri

Burada da, her bir yazılımdan elde edilen sonuçlar farklı başlıklar halinde sunulacaktır.

TSS Yazılımından Elde Edilen Sonuçlar

Kuzey-güney doğrultusundaki bazların, TSS yazılımı ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen tekrar edilebilirlik değerleri Şekil 5.10'da sunulmaktadır.

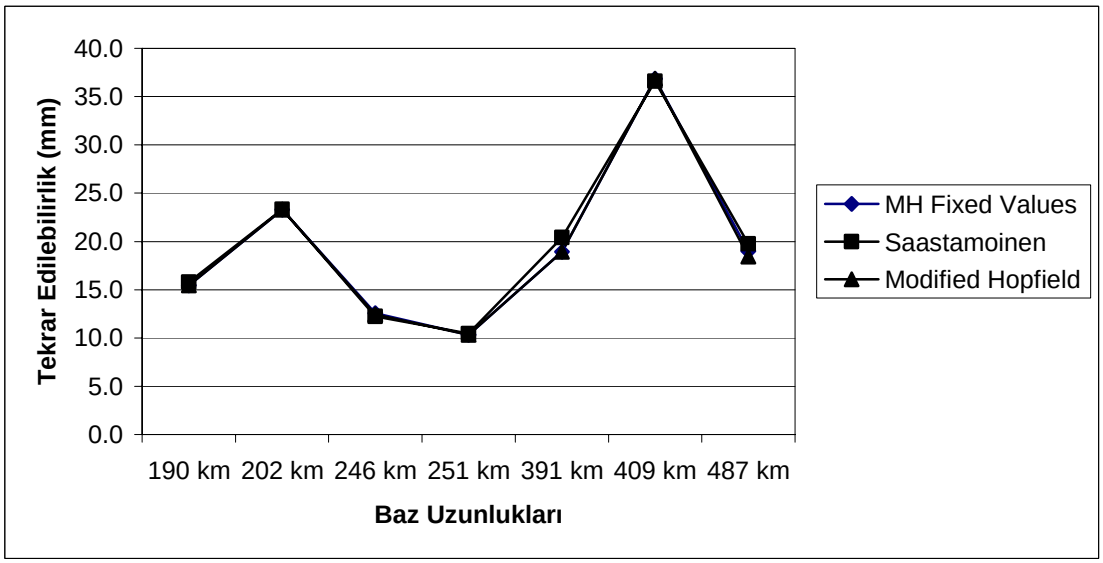


Şekil 5.10 TSS yazılımında değerlendirilen bazların günlük tekrar edilebilirlikleri.

391 km'lik bazda görülen sıçramanın sinyal kalitesindeki düşüklük olduğu düşünülmektedir. İlk dört bazda hemen hemen aynı sonuçlar elde edilmişken, diğerlerine göre daha uzun olan son iki bazda hassasiyetin düştüğü görülmektedir.

GeoGenius Yazılımından Elde Edilen Sonuçlar

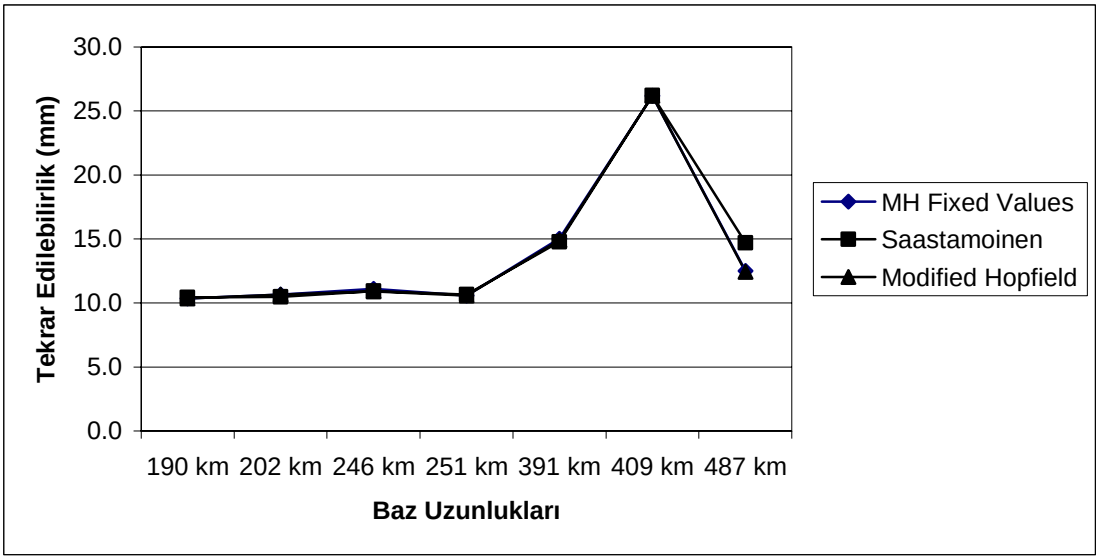
Bazların, L1/L2 frekansı ve yine üç farklı troposferik model ile değerlendirilmesinden sonra müdahalesiz olarak elde edilen sonuçlar Şekil 5.11'de verilmiştir.



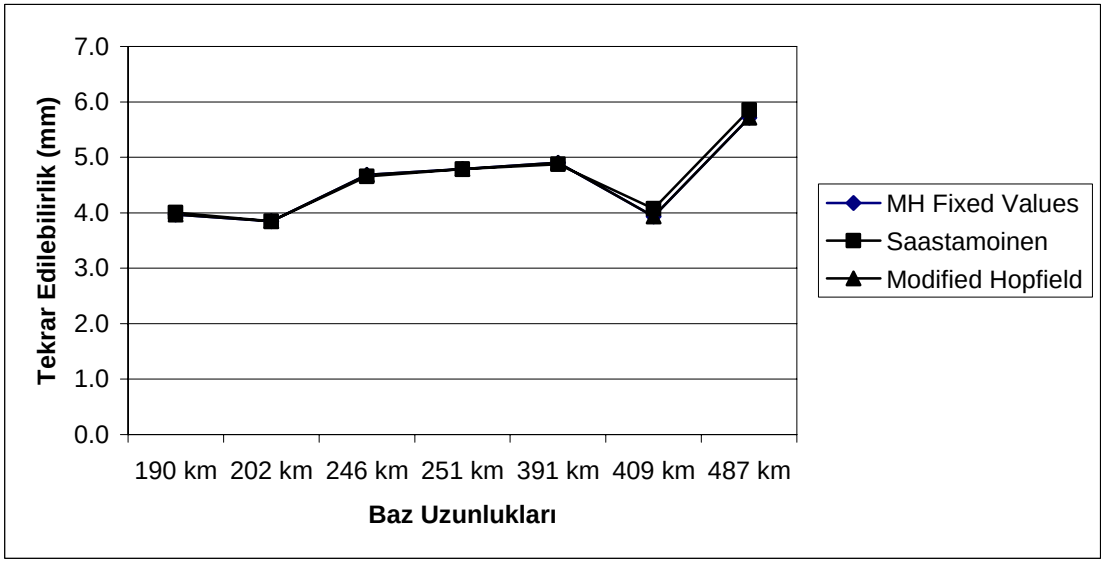
Şekil 5.11 L1/L2 frekansı ve üç ayrı troposferik model kullanılarak değerlendirilen bazların müdahalesiz olarak elde edilen tekrar edilebilirlikleri.

Doğu-batı doğrultusunda olduğu gibi burada da farklı troposferik modellerden elde edilen sonuçlar aynı değerlerdedir.

Şekil 5.12'de müdahalede bulunularak değerlendirilen bazların tekrar edilebilirlikleri verilmiştir. Şekilde, müdahale sonrası elde edilen sonuçların, müdahalesiz sonuçlara oranla daha iyi olduğu görülmektedir.



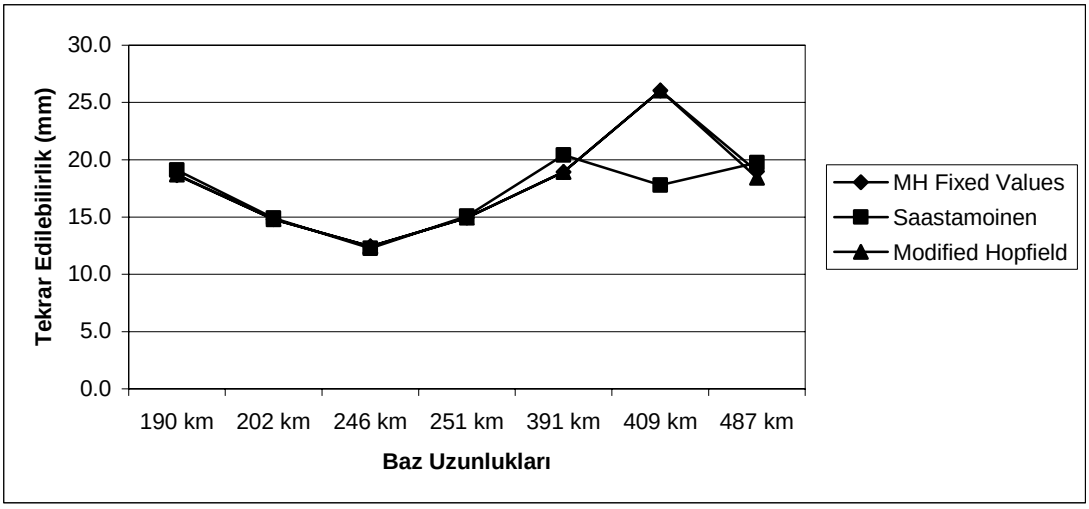
Şekil 5.12 L1/L2 frekansı ve üç ayrı troposferik model kullanılarak değerlendirilen bazların müdahaleli olarak elde edilen tekrar edilebilirlikleri.



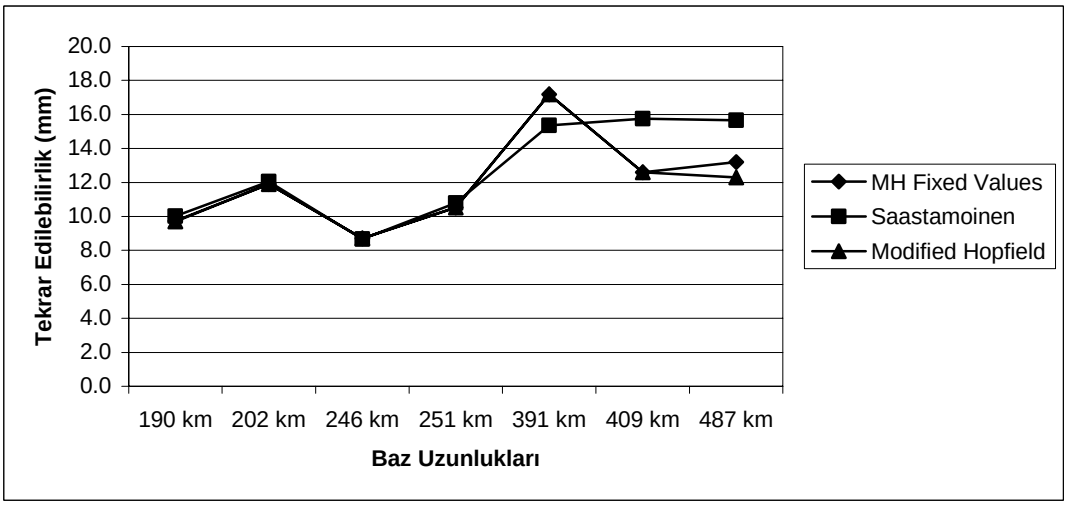
Şekil 5.13 Lc frekansı ve üç ayrı troposferik model kullanılarak değerlendirilen bazların tekrar edilebilirlikleri.

Şekil 5.13'de, bazların Lc frekansıyla değerlendirilmeleri sonucu elde edilen tekrar edilebilirlikleri görülmektedir. Her bir bazın tekrar edilebilirlik değerlerinin birbirlerine çok yakın olduğu ve farklı troposferik modellerden elde edilen sonuçların hemen hemen aynı olduğu görülmektedir.

Bazların Lw/Ln frekansı ile değerlendirilmesi sonucu müdahalesiz olarak elde edilen tekrar edilebilirlik değerleri Şekil 5.14'de verilmiştir. Burada Saastamoinen Modeli'nin 409 km'lik bazda diğer modellere göre daha iyi sonuç verdiği, diğer bazlarda ise sonuçların birbirlerine çok yakın olduğu görülmektedir.



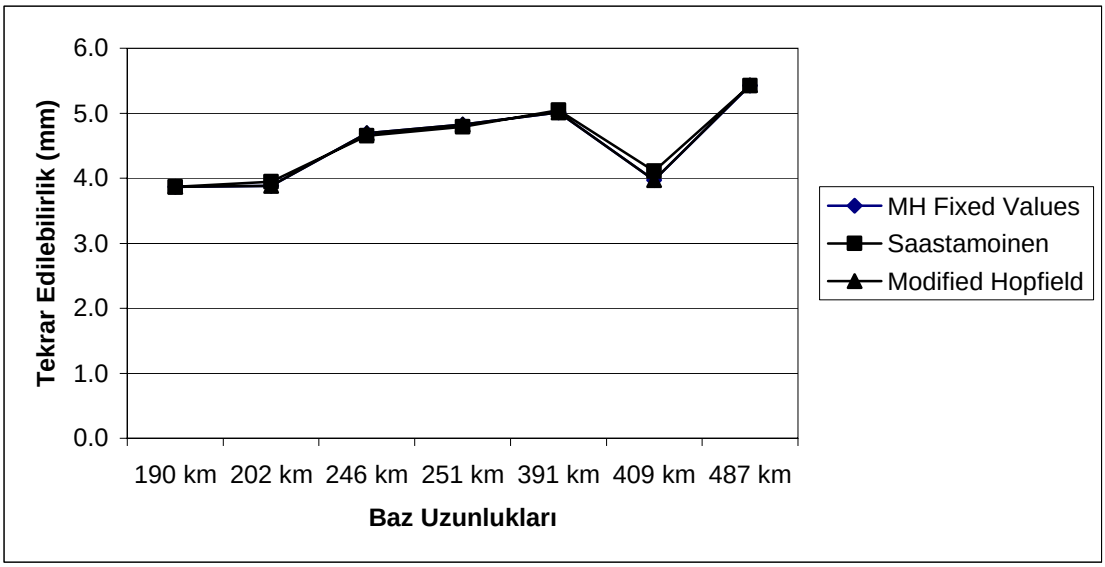
Şekil 5.14 Lw/Ln frekansı ve üç ayrı troposferik model kullanılarak değerlendirilen bazların müdahalesiz olarak elde edilen tekrar edilebilirlikleri.



Şekil 5.15 Lw/Ln frekansı ve üç ayrı troposferik model kullanılarak değerlendirilen bazların müdahaleli olarak elde edilen tekrar edilebilirlikleri.

Şekil 5.15'de de Lw/Ln frekansı ile değerlendirilen bazların müdahalede bulunularak elde edilen tekrar edilebilirlikleri görülmektedir. Burada, son iki bazda, Saastamoinen Modeli'nin diğer modellere oranla az da olsa daha düşük hassasiyette sonuçlar verdiği görülmektedir.

L1/L2 + Lc frekans kombinasyonu kullanılarak değerlendirilen bazların tekrar edilebilirlikleri de Şekil 5.16'da verilmiştir.



Şekil 5.16 L1/L2 + Lc frekansı ve üç ayrı troposferik model kullanılarak değerlendirilen bazların tekrar edilebilirlikleri.

L1/L2 + Lc frekans kombinasyonuyla elde edilen tekrar edilebilirlik değerleriyle, Lc frekansı kullanılarak elde edilen değerler birbirlerine çok yakındır. Burada da farklı troposferik modellerden elde edilen sonuçlar hemen hemen aynı değerdedir.

5.4.2 Elde Edilen Sonuçların Prezisyon Açısından İncelenmesi

Üç günlük gözlem dosyalarının ilk olarak TSS yazılımında, daha sonra da GeoGenius yazılımının sahip olduğu farklı çözüm stratejilerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen her bir baza ait prezisyon değerlerinden, (5.2) eşitliği kullanılarak her bir değerlendirme stratejisine ait karesel ortalama hata değeri hesaplanmıştır. (5.2) eşitliği kullanılarak, doğu-batı doğrultusu için hesaplanan değerler Çizelge 5.8'de, kuzey-güney doğrultusu için hesaplanan değerler de Çizelge 5.9'da sunulmuştur.

$$KOH = \sqrt{\frac{[dd]}{n}} \tag{5.2}$$

Burada;

KOH : Karesel ortalama hata

[dd] : Her bir bazın karesel ortalama hatalarının karelerinin toplamı

n : Baz sayısı

dır.

Çizelge 5.8 Doğu-batı doğrultusu için değerlendirme stratejilerinin prezisyon değerleri.

Değerlendirme Programı ve Stratejisi	Doğu-Batı Doğrultusu								
	KOH (mm)			1. Gün		2. Gün		3. Gün	
	1. Gün	2. Gün	3. Gün	Max	Min	Max	Min	Max	Min
TSS									
Değerlendirme 1	9.8	9.5	9.9						
GeoGenius (Modified Hopfield (Fixed Values))									
Değerlendirme 2	27.6	19.6	12.5	x		x			
Değerlendirme 3	18.0	17.8	16.0					x	
Değerlendirme 4	4.4	4.5	4.6						
Değerlendirme 5	9.7	6.1	13.4						
Değerlendirme 6	18.5	15.6	15.8						
Değerlendirme 7	4.1	4.1	4.4		x		x		x
GeoGenius (Saastamoinen)									
Değerlendirme 2	26.6	19.6	35.7	x		x		x	
Değerlendirme 3	16.7	18.5	16.6						
Değerlendirme 4	4.2	4.4	4.4						
Değerlendirme 5	8.8	5.9	8.1						
Değerlendirme 6	15.8	15.6	13.6						
Değerlendirme 7	4.0	4.1	4.2		x		x		x
GeoGenius (Modified Hopfield)									
Değerlendirme 2	27.6	19.6	12.5	x		x			
Değerlendirme 3	18.0	19.2	16.0					x	
Değerlendirme 4	4.4	4.5	4.6						
Değerlendirme 5	9.7	6.1	13.4						
Değerlendirme 6	18.5	15.6	15.8						
Değerlendirme 7	4.1	4.4	4.4		x		x		x

Değerlendirme 1: TSS Değerlendirme 2: GeoG. ham L1/L2 Değerlendirme 3: GeoG. müd. L1/L2 Değerlendirme 4: GeoG. Lc	Değerlendirme 5: GeoG. ham Lw/Ln Değerlendirme 6: GeoG. müd. Lw/Ln Değerlendirme 7: GeoG. L1/L2 + Lc

Çizelge 5.9 Kuzey-güney doğrultusu için değerlendirme stratejilerinin prezisyon değerleri.

Değerlendirme Programı ve Stratejisi	Kuzey-Güney Doğrultusu								
	KOH (mm)			1. Gün		2. Gün		3. Gün	
	1. Gün	2. Gün	3. Gün	Max	Min	Max	Min	Max	Min
TSS									
Değerlendirme 1	19.0	19.1	19.6	x					
GeoGenius (Modified Hopfield (Fixed Values))									
Değerlendirme 2	13.7	29.2	19.2	x		x			
Değerlendirme 3	11.9	18.5	13						
Değerlendirme 4	4.9	4.5	4.4				x		
Değerlendirme 5	13.7	18.8	21.5	x				x	
Değerlendirme 6	12.0	14.0	10.5						
Değerlendirme 7	4.7	4.6	4.3		x				x
GeoGenius (Saastamoinen)									
Değerlendirme 2	14.9	27.8	13.6	x		x			
Değerlendirme 3	11.9	18.8	13.4						
Değerlendirme 4	4.9	4.6	4.4				x		x
Değerlendirme 5	14.9	18.5	17.3	x				x	
Değerlendirme 6	12.3	14.1	12.2						
Değerlendirme 7	4.7	4.6	4.4		x		x		x
GeoGenius (Modified Hopfield)									
Değerlendirme 2	13.7	29.2	18.9	x		x			
Değerlendirme 3	11.8	18.4	13.0						
Değerlendirme 4	4.9	4.5	4.4				x		
Değerlendirme 5	13.7	18.8	21.3	x				x	
Değerlendirme 6	12.0	14.0	10.0						
Değerlendirme 7	4.8	4.6	4.3		x				x
Değerlendirme 1: TSS Değerlendirme 2: GeoG. ham L1/L2 Değerlendirme 3: GeoG. müd. L1/L2 Değerlendirme 4: GeoG. Lc			Değerlendirme 5: GeoG. ham Lw/Ln Değerlendirme 6: GeoG. müd. Lw/Ln Değerlendirme 7: GeoG. L1/L2 + Lc						

Çizelge 5.8 ve Çizelge 5.9'a bakıldığında en iyi sonuçların, değerlendirmede Lc frekansı ve L1/L2 + Lc frekans kombinasyonu kullanılarak elde edildiği görülmektedir.

Doğu-batı doğrultusunda elde edilen değerlerde, TSS yazılımından elde edilen sonuçların, GeoGenius yazılımında L1/L2 ve Lw/Ln frekansı kullanılarak elde edilen sonuçlardan daha iyi olduğu görülmektedir. Kuzey-güney doğrultusunda ise GeoGenius daha iyi sonuçlar vermiştir.

GeoGenius yazılımında, farklı troposferik modeller kullanılarak değerlendirilen bazlardan elde edilen prezisyon değerleri birbirlerine çok yakındır.

5.4.3 Elde Edilen Sonuçların Doğruluk Açısından İncelenmesi

Bütün bazlar, farklı değerlendirme stratejileri ile değerlendirildikten sonra elde edilen nokta koordinatları ile bazların uzunlukları hesaplanmıştır. SOPAC'ın internet adresinden, noktaların ITRF koordinatları alınmış ve söz konusu bazların uzunlukları bu defa da bu koordinatlarla hesaplanmıştır. Daha sonra her bir bazın, her bir değerlendirme sonrası elde edilen uzunluklarıyla ITRF koordinatlarından elde edilen uzunlukları arasındaki farklar bulunmuştur.

Bazları oluşturan noktaların ITRF koordinatları ile bazların farklı değerlendirme stratejileri ile değerlendirilmelerinden sonra elde edilen nokta koordinatları Ek Açıklamalar A'da, değerlendirme sonrasında elde edilen baz uzunluklarıyla ITRF koordinatlarından elde edilen uzunlukların farkları da Ek Açıklamalar B'de sunulmuştur.

Elde edilen farklarla, (5.3) eşitliği kullanılarak, değerlendirme stratejilerinin doğruluğunu gösteren karesel ortalama hata değerleri hesaplanmıştır.

$$KOH = \sqrt{\frac{[dd]}{n}} \tag{5.3}$$

Burada;

KOH : Karesel ortalama hata

[dd] : Değerlendirme sonrasında elde edilen uzunluklarla gerçek uzunlukların farklarının kareleri toplamı

n : Baz sayısı

dır.

Doğu-batı doğrultusu için hesaplanan değerler Çizelge 5.10'da, kuzey-güney doğrultusu için hesaplanan değerler de Çizelge 5.11'de sunulmuştur.

Söz konusu çizelgeler incelendiğinde, bazların GeoGenius yazılımında, farklı troposferik modeller kullanılarak değerlendirilmeleri sonucu elde edilen doğruluk değerlerinin birbirlerine çok yakın olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.10 Doğu-batı doğrultusu için değerlendirme stratejilerinin doğruluk değerleri.

Değerlendirme Programı ve Stratejisi	Doğu-Batı Doğrultusu								
	KOH (cm)			1. Gün		2. Gün		3. Gün	
	1. Gün	2. Gün	3. Gün	Max	Min	Max	Min	Max	Min
TSS									
Değerlendirme 1	12.6	12.9	12.1						x
GeoGenius (Modified Hopfield (Fixed Values))									
Değerlendirme 2	13.3	23.1	12.9		x				x
Değerlendirme 3	16.1	18.1	13.9	x					
Değerlendirme 4	13.3	12.8	13.0		x		x		
Değerlendirme 5	13.3	23.7	15.9		x	x		x	
Değerlendirme 6	15.5	14.6	15.8						
Değerlendirme 7	13.5	12.8	12.9				x		x
GeoGenius (Saastamoinen)									
Değerlendirme 2	13.3	23.1	12.8		x				x
Değerlendirme 3	16.0	18.2	13.9	x					
Değerlendirme 4	13.3	12.8	12.9		x		x		
Değerlendirme 5	13.3	23.7	16.0		x	x			
Değerlendirme 6	15.6	14.6	17.8					x	
Değerlendirme 7	13.5	12.8	12.9				x		
GeoGenius (Modified Hopfield)									
Değerlendirme 2	13.3	23.1	12.9		x				
Değerlendirme 3	16.0	18.2	14.0	x					
Değerlendirme 4	13.3	12.8	12.9		x		x		
Değerlendirme 5	13.3	23.7	17.1		x	x		x	
Değerlendirme 6	15.5	14.6	17.1					x	
Değerlendirme 7	13.5	12.9	12.8						x

Değerlendirme 1: TSS Değerlendirme 2: GeoG. ham L1/L2 Değerlendirme 3: GeoG. müd. L1/L2 Değerlendirme 4: GeoG. Lc	Değerlendirme 5: GeoG. ham Lw/Ln Değerlendirme 6: GeoG. müd. Lw/Ln Değerlendirme 7: GeoG. L1/L2 + Lc

Ayrıca doğu-batı doğrultusunda TSS yazılımıyla elde edilen doğruluk değerlerinin, GeoGenius yazılımına göre daha iyi olduğu görülmektedir. Bunun aksine, kuzey-güney doğrultusunda, GeoGenius yazılımıyla daha doğru sonuçlar elde edilmiştir.

GeoGenius yazılımının değerlendirme stratejileri arasında en iyi sonucu, doğu-batı doğrultusunda yine Lc frekansı ve L1/L2 + Lc frekans kombinasyonu verirken, kuzey-güney doğrultusunda önemli farklılıklar oluşmamıştır.

Çizelge 5.11 Kuzey-güney doğrultusu için değerlendirme stratejilerinin doğruluk değerleri.

Değerlendirme Programı ve Stratejisi	Kuzey-Güney Doğrultusu								
	KOH (cm)			1. Gün		2. Gün		3. Gün	
	1. Gün	2. Gün	3. Gün	Max	Min	Max	Min	Max	Min
TSS									
Değerlendirme 1	30.9	34.0	37.6	x		x		x	
GeoGenius (Modified Hopfield (Fixed Values))									
Değerlendirme 2	30.6	32.9	30.9			x		x	
Değerlendirme 3	30.8	29.9	30.4	x			x		x
Değerlendirme 4	30.5	30.7	30.5						
Değerlendirme 5	30.6	32.3	30.9					x	
Değerlendirme 6	30.1	30.7	30.4		x				x
Değerlendirme 7	30.5	30.6	30.5						
GeoGenius (Saastamoinen)									
Değerlendirme 2	37.4	30.7	35.8	x				x	
Değerlendirme 3	30.8	29.8	30.4				x		x
Değerlendirme 4	30.5	30.7	30.5						
Değerlendirme 5	37.4	30.2	35.8	x				x	
Değerlendirme 6	30.2	30.8	30.4		x	x			x
Değerlendirme 7	30.5	30.5	30.5						
GeoGenius (Modified Hopfield)									
Değerlendirme 2	30.6	32.9	30.6			x			
Değerlendirme 3	30.8	29.9	29.3	x			x		x
Değerlendirme 4	30.5	30.7	30.5						
Değerlendirme 5	30.6	32.3	30.8						
Değerlendirme 6	30.1	30.7	30.5		x				
Değerlendirme 7	30.5	30.7	34.1					x	

Değerlendirme 1: TSS Değerlendirme 2: GeoG. ham L1/L2 Değerlendirme 3: GeoG. müd. L1/L2 Değerlendirme 4: GeoG. Lc	Değerlendirme 5: GeoG. ham Lw/Ln Değerlendirme 6: GeoG. müd. Lw/Ln Değerlendirme 7: GeoG. L1/L2 + Lc

5.5 DEĞERLENDİRME YAZILIMLARININ KULLANIŞLILIKLARI

Bu bölümde, uygulamada kullanılan yazılımların, hız, kullanım kolaylığı, müdahaleye elverişli olup olmadığı gibi konulara değinilecektir.

Çizelge 5.12 Değerlendirme yazılımlarının kullanışlılıkları.

Kullanılan Yazılım	Değerlendirme Hızı	Değerlendirme Kolaylığı	Müdahale İmkanı
TSS	****	*****	yok
GeoGenius	***	****	var
* çok kötü ** kötü *** orta **** iyi ***** çok iyi			

Çizelge 5.12'ye bakıldığında TSS yazılımının GeoGenius yazılımına göre değerlendirme hızının daha yüksek ve değerlendirme kolaylığının daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise çizelgedeki son sütunda kısaca görülmektedir. TSS yazılımına müdahale imkanının olmaması, kullanıcının, nasıl bir çalışma yapıyor olursa olsun, tek bir stratejide değerlendirme işlemini gerçekleştirebilmesi, hızı ve kullanım kolaylığını artırmaktadır.

TSS yazılımında, çözüm için gerekli olan parametrelere müdahale imkanının olmaması, değerlendirme konusunda uzman olmayan ve özellikle kısa bazları değerlendirecek olan pratik kullanıcılar için bir avantaj olarak görülebilir. Diğer yandan, daha üst düzey kullanıcılar için söz konusu bu avantaj bir dezavantaja dönüşebilecektir.

GeoGenius yazılımının kullanıcıya müdahale imkanı sunuyor olması, hız ve kullanım kolaylığını düşürmektedir. Ancak kullanıcıya sunduğu seçeneklerle, amaçları farklı çalışmalarda, farklı stratejilerde değerlendirme olanağı sunmaktadır.

BÖLÜM 6

SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada, GPS gözlemlerinden elde edilen verilerin, farklı GPS değerlendirme yazılımlarında değerlendirilmesinden kaynaklanan çözüm farklılıkları araştırılmıştır.

Çalışma için IGS Gözlem Ağının, Avrupa Kıtası'na yayılmış durumda bulunan noktaları arasından, beş tanesi yaklaşık olarak aynı enlemde ve beş tanesi de yaklaşık olarak aynı boylamda olacak şekilde toplam on adet seçilmiş ve bunlara ait üç günlük gözlem dosyaları değerlendirmede kullanılmıştır. Ayrıca uydu yörünge bilgileri için hassas efemerisler kullanılmıştır. Verilerin değerlendirilmesi, ticari yazılımlar olan Turbo Survey System (TSS) ve Geogenius yazılımlarında yapılmıştır.

Bu çalışmanın başlangıcından bitimine kadar geçilen safhalarda karşılaşılan ve belirtilmesi gerektiği düşünülen unsurlar aşağıda sunulmuştur.

Uygulamada kullanılan yazılımlardan TSS, kullanıcılara tek seçenekli bir çözüm olanağı tanımaktayken (L1/L2 frekansları ve tek bir troposferik model), GeoGenius yazılımında birden fazla seçenek sunulmuştur (L1/L2, Lw/Ln, Lc frekansları ve birden fazla troposferik model).

GeoGenius yazılımı, kullanıcılara, uydulardan alınan sinyallerin sağlıklı olup olmadığı bilgisini görsel olarak sunmakta, sinyallerde bozukluklar olduğu taktirde bunların değerlendirmeye katılmamasına olanak tanımakta ve bir uydudan alınan sinyaller tamamen sağlıksızsa o uyduyu tamamen değerlendirme dışı bırakmaya imkan vermektedir.

Çizelge 6.1'de, yapılan çalışma çok kısa olarak özetlenerek, çözüm stratejilerinin, tekrar edilebilirlik, prezisyon, doğruluk ve kullanım kolaylığı açısından en iyi sonucu verenden en kötü sonucu verene doğru sıralaması yapılmıştır (1'den 7'ye doğru sıralanmıştır).

Çizelge 6.1 Verdikleri sonuca göre çözüm stratejilerinin en iyiden en kötüye doğru sıralanması.

İnceleme Türü	Doğrultu	1	2	3	4	5	6	7
Tekrar Edilebilirlik	Doğu-Batı	D7	D4	D1	D5	D6	D3	D2
	Kuzey-Güney	D7	D4	D6	D3	D5	D1	D2
Prezisyon	Doğu-Batı	D7	D4	D1	D5	D3	D6	D2
	Kuzey-Güney	D7	D4	D3	D6	D2	D5	D1
Doğruluk	Doğu-Batı	D7	D4	D1	D6	D3	D2	D5
	Kuzey-Güney	Bütün değerler birbirlerine çok yakın						
Kullanım Kolaylığı		D1	D2	D5	D4	D3	D6	D7

D1: TSS D2: GeoG. ham L1/L2 D3: GeoG. müd. L1/L2 D4: GeoG. Lc	D5: GeoG. ham Lw/Ln D6: GeoG. müd. Lw/Ln D7: GeoG. L1/L2 + Lc

Uygulama bölümünde grafiklerle sunulan tekrar edilebilirlik değerleri dikkate alındığında, TSS yazılımında değerlendirilen bazların uzunlukları arttıkça hassasiyetlerinin düştüğü görülmektedir.

GeoGenius yazılımından elde edilen tekrar edilebilirlik değerleri dikkate alındığında, farklı troposferik modeller kullanılarak yapılan değerlendirmeler sonucu elde edilen sonuçların ya aynı ya da birbirlerine çok yakın olduğu saptanmıştır.

GeoGenius yazılımında, L1/L2 ve Lw/Ln frekanslarının müdahalesiz kullanılmasıyla elde edilen sonuçlar sağlıksız olup bunun nedeni, sinyal bozukluklarına herhangi bir müdahalede bulunulmayıp, bazların değerlendirilmesinde sağlıksız sinyallerin de kullanılmasıdır.

L1/L2 frekansının müdahaleli kullanımı sonucu elde edilen tekrar edilebilirlik değerleri, Lw/Ln frekansının müdahaleli kullanımı sonucu elde edilen değerlerle hemen hemen aynıdır.

Yapılan bütün değerlendirmeler sonrasında en iyi tekrar edilebilirlikler, Çizelge 6.1'de de görüldüğü gibi iyonosferden bağımsız çözüm yapan Lc frekansı ve L1/L2 + Lc frekans kombinasyonu ile elde edilmiştir.

Çizelge 5.8 ve Çizelge 5.9'da sunulan prezisyon değerleri incelemeye alındığında ve Çizelge 6.1'e bakıldığında, yine en hassas sonuçların Lc frekansı ve L1/L2 + Lc frekans kombinasyonu kullanılarak elde edildiği görülmektedir. Söz konusu bu frekanslardan sonra en hassas sonuçlar, doğu-batı doğrultusunda TSS yazılımından, kuzey-güney doğrultusunda da GeoGenius yazılımında L1/L2 ve Lw/Ln frekanslarından elde edilmiştir.

Üç günlük değerlendirmeler sonunda, TSS yazılımından hemen hemen aynı prezisyon değerleri elde edilmişken, GeoGenius yazılımında, kuzey-güney doğrultusunda oluşturulan bazların 2. gün değerlendirmeleri sonucunda elde edilen hassasiyet, 1. ve 3. gün değerlendirmelerine oranla daha düşük olmuştur. Doğu-batı doğrultusunda ise değerlendirme yapılan günlerin birbirlerine üstünlük sağlamadıkları görülmüştür.

Prezisyon açısından da, GeoGenius yazılımının farklı troposferik modellerinden elde edilen sonuçlar birbirlerine çok yakındır.

Çizelge 5.10 ve Çizelge 5.11'de sunulan doğruluk değerleri dikkate alındığında, doğu-batı doğrultusunda oluşturulan bazların değerlendirilmesi sonucunda elde edilen doğruluğun, bu bazlar daha uzun olmasına rağmen, kuzey-güney doğrultusunda oluşturulan bazların değerlendirilmesi sonucunda ulaşılan doğruluktan daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonucun, atmosferik etkilerin, enlem farkı fazla olan noktaların ölçümlerine etkisinin daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. (Mekik, 2005).

Değerlendirme stratejilerinin doğruluk ortalamasının düşük olmasının nedeni, doğu-batı doğrultusunda ORID noktasını içeren bazların ve kuzey-güney doğrultusunda da BZRG noktasını içeren bazların doğruluklarının düşük olmasıdır. Söz konusu bazların doğruluklarının düşük olma nedenininse, ORID ve BZRG noktalarına ait verilerin sağlıklı olmama ihtimali olduğu düşünülmektedir.

GeoGenius yazılımının değerlendirme stratejileri arasında, doğruluk açısından en iyi sonucu, doğu-batı doğrultusunda yine Lc frekansı ve L1/L2 + Lc frekans kombinasyonu verirken, kuzey-güney doğrultusunda önemli farklılıklar oluşmamıştır. Lc frekansı ve L1/L2 + Lc frekans kombinasyonundan sonra, doğu-batı doğrultusunda en doğru sonuçlar TSS yazılımıyla elde edilmiştir. Diğer taraftan, kuzey-güney doğrultusunda elde edilen sonuçların doğrulukları, GeoGenius yazılımında, TSS yazılımına göre daha yüksektir.

Doğruluk açısından bakıldığında da, GeoGenius yazılımının farklı troposferik modellerinden elde edilen değerler birbirlerine çok yakındır.

Yapılan bu çalışma göstermiştir ki, yüksek hassasiyet ve doğruluk gerektirmeyen çalışmalarda, hem zaman tasarrufu açısından hem de pratik kullanıcıların rahatça çalışabilmesi bakımından, müdahale imkanı tanımayan yazılımların kullanılması daha uygun olacaktır. Yüksek hassasiyet ve doğruluk gerektiren çalışmalarda ise, kullanıcıya müdahale imkanı veren yazılımların kullanılması, mümkünse çalışmanın birden fazla yazılımla yapılması, kontrollü ve kıyaslamalı çalışma imkanı doğuracağından hassasiyet ve doğruluğu artıracaktır.

Teunissen ve Kleusberg (1998), 10 km ile 1000 km arasındaki bazları orta uzunlukta olan bazlar şeklinde tanımlamıştır. Bu tanıma göre bu çalışmada kullanılan bazlar orta uzunluktaki bazlara girmektedir (doğu-batı doğrultusunda oluşturulan son iki bazın uzunlukları 1000 km'yi geçmesine rağmen aradaki fark az olduğundan bu bazların da orta uzunlukta olduğu kabul edilmiştir). Uzunluğu 1000 km'den fazla olan ve yine tanıma göre uzun baz olarak nitelendirilebilecek bazların değerlendirilmesi söz konusu olduğu durumlarda, akademik yazılımların kullanılması daha uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

Arslanoğlu, M. (2002) Gerçek Zamanlı Kinematik GPS'in Kent Bilgi Sistemi Uygulamalarında Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 124s.

Avcı, Ö., Doğru, A.Ö., Kılıç, C. (2002) Filo Yönetimi Tasarımı, İTÜ İnşaat Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü Jeodezi Anabilim Dalı Bitirme Ödevi, İstanbul, 70s.

Baykal, O. (2002) Mühendislik Ölçmeleri Ders Notları, İTÜ İnşaat Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul.

Blewitt, G. (1989) Carrier Phase Ambiguity Resolution for the Global Positioning System Applied to Geodetic Baseline up to 2000 km, Journal of Geophysical Research, Vol 94, No B8, Pasadena.

Colorado University (2000) Global Positioning Overview, http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps.html

Çelik, R.,N. (2002) GPS Lecture Notes, İTU Civil Engineering Faculty Geodesy and Photogrammetry Emgineering Department Geodesy Division, İstanbul.

Eren, K. ve Uzel, T. (1995) *GPS Ölçmeleri,* Yıldız Teknik Üniversitesi, Yayın No 301, İstanbul, 142 s.

Erküçük, G. (1994) Global Konum Belirleme Sistemi (GPS) ve Uygulama Alanları, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 112 s.

Florida University (2000) Observables, www.surv.ufl.edu/sur4531/chapter6.ppt

GeoGenius (2000) GeoGenius User Manuel.

Güngör, O. (2000) Gerçek Zamanlı Kinematik GPS'in Jeodezik Çalışmalarda Kullanılabilirliğinin İncelenmesi, Y.Lisans Tezi, KTÜ FBE, Trabzon.

Hofmann, W.B., Lichtenegger, H., Collins, J. (1997) *GPS Theory and Practice,* Fourth Revised Edition, Springer –Verlag, Newyork, 389 p.

IGS (2005) SP3 Formatlı Hassas Efemeris Dosyaları, International GPS Service, http://igscb.jpl.nasa.gov/

Kahveci, M. ve Yıldız, F. (2001) *GPS Global Konum Belirleme Sistemi,* 1.basım, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 184 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

Langley, R.B. (1998) *GPS For Geodesy*, Teunissen, P.J.G., Kleusberg, A., Second Edition, Springer –Verlag, Berlin, pp.115-121.

Mekik, Ç. (2005) Kişisel görüşme. ZKÜ Müh. Fak., Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Zonguldak.

Martin, W., Ladd, J. (2000) *GPS + GLONASS Surveying Post-Processed and Real Time Results,* Ashtech Inc.

Sickle, V.J. (1996) *GPS For Land Surveyors*, First Edition, Ann Arbor Pres Inc., Michigan.

SOPAC (2005) IGS Noktalarına Ait Gözlem Dosyaları, Scripps Orbit and Permanent Array Center, http://sopac.ucsd.edu/

Şanlıoğlu, İ., İnal, C. (2005) Ticari GPS Yazılımlarında En Uygun Baz Çözüm Yöntemlerinin Araştırılması*,* 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ankara.

Teunissen, P.J.G. and Kleusberg, A. (1998) *GPS for Geodesy,* 2.edition, Springer, Verlag, Berlin, 650 pp.

Topcon (2000) Turbo Survey System User Manuel.

EK AÇIKLAMALAR A

NOKTA KOORDİNATLARI

Çizelge A.1 Noktaların ITRF koordinatları.

	X	Y	Z	
AJAC	4696989.4330	723994.3990	4239678.4480	ITRF 2000
BZRG	4312657.7500	864634.3099	4603844.0502	ITRF 1997
CAGL	4893378.8308	772649.7872	4004182.1520	ITRF 2000
GENO	4507892.4201	707621.3584	4441603.4133	ITRF 1997
WTZR	4075580.5619	931853.7992	4801568.1278	ITRF 2000
İSTA	4208830.3060	2334850.3050	4171267.2340	ITRF 2000
ANKR	4121948.5434	2652187.9123	4069023.7513	ITRF 2000
MATE	4641949.5636	1393045.4308	4133287.4516	ITRF 2000
ORİD	4498451.8300	1708266.8200	4173591.7600	ITRF 1997
TRAB	3705250.3718	3084421.6988	4162044.7573	ITRF 2000

Çizelge A.2 Bazların TSS yazılımında değerlendirilmesiyle elde edilen nokta koordinatları.

1. Gün	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312658.014	864634.464	4603844.769
CAGL	4893378.989	772649.851	4004182.188
GENO	4507892.994	707621.560	4441603.969
WTZR	4075581.836	931853.930	4801569.075
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.608	2652187.880	4069023.773
MATE	4641949.931	1393045.443	4133287.671
ORİD	4498451.991	1708267.002	4173592.029
TRAB	3705250.432	3084421.698	4162044.792
2. Gün	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312658.025	864634.719	4603844.748
CAGL	4893378.956	772649.839	4004182.161
GENO	4507893.012	707621.618	4441603.981
WTZR	4075581.861	931854.023	4801569.061
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.571	2652187.916	4069023.761
MATE	4641949.777	1393045.482	4133287.517
ORİD	4498451.842	1708267.022	4173591.884
TRAB	3705250.381	3084421.697	4162044.754
3. Gün	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312658.002	864634.725	4603844.790
CAGL	4893378.973	772649.852	4004182.170
GENO	4507893.022	707621.603	4441603.957
WTZR	4075581.809	931853.986	4801568.976
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.510	2652187.884	4069023.710
MATE	4641949.843	1393045.445	4133287.572
ORİD	4498451.891	1708266.995	4173591.933
TRAB	3705250.347	3084421.680	4162044.730

Çizelge A.3 Bazların 1. gün GeoGenius yazılımında Modified Hopfield (Fixed Values) Troposferik Modeli ile değerlendirilmesiyle elde edilen nokta koordinatları.

Ham L1L2	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.465	864634.581	4603844.332
CAGL	4893378.817	772649.719	4004182.060
GENO	4507892.261	707621.396	4441603.363
WTZR	4075580.529	931853.713	4801568.044
Müd. L1L2	X	Y	Z
Ajac	4696989.433	723994.399	4239678.448
Bzrg	4312657.426	864634.573	4603844.315
Cagl	4893378.843	772649.728	4004182.080
Geno	4507892.279	707621.402	4441603.381
Wtzr	4075580.530	931853.724	4801568.049
Lc	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.473	864634.581	4603844.339
CAGL	4893378.830	772649.717	4004182.075
GENO	4507892.283	707621.396	4441603.382
WTZR	4075580.569	931853.734	4801568.074
Ham LwLn	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.440	864634.569	4603844.316
CAGL	4893378.817	772649.719	4004182.060
GENO	4507892.261	707621.396	4441603.363
WTZR	4075580.529	931853.713	4801568.044
Müd. LwLn	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.439	864634.571	4603844.321
CAGL	4893378.774	772649.809	4004182.047
GENO	4507892.268	707621.400	4441603.368
WTZR	4075580.536	931853.717	4801568.053
L1L2+Lc	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.462	864634.582	4603844.329
CAGL	4893378.824	772649.717	4004182.068
GENO	4507892.255	707621.389	4441603.362
WTZR	4075580.530	931853.724	4801568.049

Çizelge A.3 (devam ediyor).

Ham L1L2	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.527	2652187.910	4069023.737
MATE	4641949.566	1393045.433	4133287.447
ORİD	4498451.732	1708267.000	4173591.880
TRAB	3705250.370	3084421.707	4162044.769
Müd. L1L2	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.362	2652187.969	4069023.789
MATE	4641949.562	1393045.436	4133287.447
ORİD	4498451.732	1708267.000	4173591.880
TRAB	3705250.372	3084421.709	4162044.773
Lc	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.520	2652187.902	4069023.733
MATE	4641949.581	1393045.423	4133287.461
ORİD	4498451.727	1708266.991	4173591.877
TRAB	3705250.369	3084421.709	4162044.768
Ham LwLn	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.527	2652187.910	4069023.737
MATE	4641949.566	1393045.433	4133287.447
ORİD	4498451.732	1708267.000	4173591.880
TRAB	3705250.370	3084421.707	4162044.769
Müd. LwLn	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.536	2652187.906	4069023.746
MATE	4641949.564	1393045.434	4133287.446
ORİD	4498451.732	1708267.000	4173591.880
TRAB	3705250.368	3084421.705	4162044.770
L1L2+Lc	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.528	2652187.898	4069023.731
MATE	4641949.582	1393045.429	4133287.464
ORİD	4498451.728	1708266.991	4173591.878
TRAB	3705250.371	3084421.710	4162044.771

Çizelge A.4 Bazların 2. gün GeoGenius yazılımında Modified Hopfield (Fixed Values) Troposferik Modeli ile değerlendirilmesiyle elde edilen nokta koordinatları.

Ham L1L2	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.496	864634.588	4603844.369
CAGL	4893378.898	772649.687	4004181.841
GENO	4507892.332	707621.406	4441603.434
WTZR	4075580.605	931853.738	4801568.114
Müd. L1L2	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.197	864634.623	4603844.475
CAGL	4893378.499	772649.738	4004182.158
GENO	4507892.022	707621.438	4441603.543
WTZR	4075580.307	931853.774	4801568.224
Lc	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.466	864634.573	4603844.334
CAGL	4893378.802	772649.707	4004182.048
GENO	4507892.318	707621.395	4441603.423
WTZR	4075580.570	931853.724	4801568.080
Ham LwLn	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.488	864634.587	4603844.361
CAGL	4893378.890	772649.686	4004181.835
GENO	4507892.324	707621.405	4441603.428
WTZR	4075580.597	931853.737	4801568.108
Müd. LwLn	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.470	864634.583	4603844.343
CAGL	4893378.777	772649.700	4004182.042
GENO	4507892.301	707621.399	4441603.421
WTZR	4075580.576	931853.731	4801568.090
L1L2+Lc	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.477	864634.586	4603844.348
CAGL	4893378.804	772649.696	4004182.046
GENO	4507892.052	707621.443	4441603.560
WTZR	4075580.307	931853.774	4801568.224

Çizelge A.4 (devam ediyor).

Ham L1L2	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.835	2652187.253	4069023.030
MATE	4641949.946	1393044.775	4133286.787
ORİD	4498452.038	1708266.317	4173591.150
TRAB	3705250.350	3084421.687	4162044.749
Müd. L1L2	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.838	2652187.245	4069023.041
MATE	4641949.945	1393044.775	4133286.793
ORİD	4498451.538	1708267.108	4173591.789
TRAB	3705250.505	3084420.980	4162044.579
Lc	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.516	2652187.891	4069023.731
MATE	4641949.574	1393045.415	4133287.450
ORİD	4498451.691	1708266.962	4173591.834
TRAB	3705250.352	3084421.684	4162044.751
Ham LwLn	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.835	2652187.253	4069023.030
MATE	4641949.948	1393044.775	4133286.790
ORİD	4498452.038	1708266.317	4173591.150
TRAB	3705250.350	3084421.687	4162044.749
Müd. LwLn	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.567	2652187.926	4069023.776
MATE	4641949.625	1393045.459	4133287.506
ORİD	4498451.738	1708267.006	4173591.882
TRAB	3705250.362	3084421.554	4162044.757
L1L2+Lc	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.518	2652187.896	4069023.736
MATE	4641949.582	1393045.423	4133287.467
ORİD	4498451.690	1708266.964	4173591.839
TRAB	3705250.352	3084421.672	4162044.751

Çizelge A.5 Bazların 3. gün GeoGenius yazılımında Modified Hopfield (Fixed Values) Troposferik Modeli ile değerlendirilmesiyle elde edilen nokta koordinatları.

Ham L1L2	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.441	864634.572	4603844.305
CAGL	4893378.800	772649.712	4004182.030
GENO	4507892.316	707621.405	4441603.418
WTZR	4075580.511	931853.708	4801568.005
Müd. L1L2	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.479	864634.415	4603844.316
CAGL	4893378.747	772649.672	4004182.011
GENO	4507892.355	707621.250	4441603.434
WTZR	4075580.548	931853.552	4801568.015
Lc	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.442	864634.579	4603844.307
CAGL	4893378.798	772649.708	4004182.043
GENO	4507892.315	707621.405	4441603.418
WTZR	4075580.543	931853.728	4801568.050
Ham LwLn	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.430	864634.568	4603844.304
CAGL	4893378.790	772649.709	4004182.029
GENO	4507892.305	707621.401	4441603.417
WTZR	4075580.500	931853.705	4801568.004
Müd. LwLn	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.428	864634.564	4603844.299
CAGL	4893378.697	772649.820	4004181.988
GENO	4507892.303	707621.398	4441603.412
WTZR	4075580.498	931853.702	4801567.999
L1L2+Lc	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.434	864634.581	4603844.297
CAGL	4893378.793	772649.703	4004182.039
GENO	4507892.321	707621.235	4441603.386
WTZR	4075580.548	931853.552	4801568.015

Çizelge A.5 (devam ediyor).

Ham L1L2	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.505	2652187.884	4069023.718
MATE	4641949.537	1393045.401	4133287.418
ORİD	4498451.688	1708266.962	4173591.835
TRAB	3705250.344	3084421.677	4162044.738
Müd. L1L2	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.566	2652187.895	4069023.770
MATE	4641949.577	1393045.436	4133287.457
ORİD	4498451.730	1708266.999	4173591.875
TRAB	3705250.344	3084421.677	4162044.738
Lc	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.505	2652187.883	4069023.718
MATE	4641949.536	1393045.396	4133287.414
ORİD	4498451.687	1708266.960	4173591.834
TRAB	3705250.341	3084421.675	4162044.736
Ham LwLn	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.566	2652188.037	4069023.793
MATE	4641949.590	1393045.558	4133287.487
ORİD	4498451.742	1708267.119	4173591.906
TRAB	3705250.344	3084421.677	4162044.738
Müd. LwLn	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.568	2652188.063	4069023.807
MATE	4641949.587	1393045.557	4133287.486
ORİD	4498451.742	1708267.119	4173591.906
TRAB	3705250.345	3084421.676	4162044.737
L1L2+Lc	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.504	2652187.876	4069023.714
MATE	4641949.541	1393045.398	4133287.420
ORİD	4498451.683	1708266.955	4173591.830
TRAB	3705250.343	3084421.677	4162044.737

Çizelge A.6 Bazların 1. gün GeoGenius yazılımında Saastamoinen Troposferik Modeli ile değerlendirilmesiyle elde edilen nokta koordinatları.

Ham L1L2	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.438	864634.569	4603844.315
CAGL	4893379.229	772649.300	4004181.734
GENO	4507892.260	707621.395	4441603.362
WTZR	4075580.526	931853.712	4801568.042
Müd. L1L2	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.464	864634.491	4603844.260
CAGL	4893378.864	772649.735	4004182.102
GENO	4507892.305	707621.316	4441603.316
WTZR	4075580.565	931853.642	4801567.992
Lc	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.473	864634.582	4603844.339
CAGL	4893378.830	772649.717	4004182.074
GENO	4507892.282	707621.396	4441603.382
WTZR	4075580.566	931853.734	4801568.072
Ham LwLn	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.438	864634.569	4603844.315
CAGL	4893379.229	772649.300	4004181.734
GENO	4507892.260	707621.395	4441603.362
WTZR	4075580.526	931853.712	4801568.042
Müd. LwLn	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.441	864634.571	4603844.328
CAGL	4893378.779	772649.809	4004182.054
GENO	4507892.272	707621.401	4441603.375
WTZR	4075580.538	931853.718	4801568.059
L1L2+Lc	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.461	864634.583	4603844.329
CAGL	4893378.823	772649.717	4004182.067
GENO	4507892.295	707621.303	4441603.309
WTZR	4075580.565	931853.642	4801567.992

Çizelge A.6 (devam ediyor).

Ham L1L2	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.525	2652187.909	4069023.736
MATE	4641949.564	1393045.431	4133287.445
ORİD	4498451.729	1708266.998	4173591.877
TRAB	3705250.371	3084421.709	4162044.770
Müd. L1L2	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.516	2652187.824	4069023.719
MATE	4641949.561	1393045.434	4133287.446
ORİD	4498451.729	1708266.998	4173591.877
TRAB	3705250.373	3084421.710	4162044.773
Lc	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.520	2652187.901	4069023.733
MATE	4641949.580	1393045.422	4133287.460
ORİD	4498451.725	1708266.990	4173591.875
TRAB	3705250.370	3084421.710	4162044.769
Ham LwLn	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.525	2652187.909	4069023.736
MATE	4641949.564	1393045.431	4133287.445
ORİD	4498451.729	1708266.998	4173591.877
TRAB	3705250.371	3084421.709	4162044.770
Müd. LwLn	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.499	2652187.783	4069023.701
MATE	4641949.562	1393045.433	4133287.445
ORİD	4498451.729	1708266.998	4173591.877
TRAB	3705250.369	3084421.707	4162044.772
L1L2+Lc	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.526	2652187.897	4069023.731
MATE	4641949.588	1393045.418	4133287.464
ORİD	4498451.725	1708266.989	4173591.876
TRAB	3705250.372	3084421.711	4162044.772

Çizelge A.7 Bazların 2. gün GeoGenius yazılımında Saastamoinen Troposferik Modeli ile değerlendirilmesiyle elde edilen nokta koordinatları.

Ham L1L2	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.496	864634.588	4603844.370
CAGL	4893378.820	772649.714	4004182.062
GENO	4507892.332	707621.406	4441603.434
WTZR	4075580.603	931853.738	4801568.114
Müd. L1L2	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.120	864634.776	4603844.334
CAGL	4893378.758	772649.764	4004182.055
GENO	4507891.962	707621.595	4441603.405
WTZR	4075580.228	931853.926	4801568.083
Lc	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.465	864634.574	4603844.334
CAGL	4893378.801	772649.706	4004182.047
GENO	4507892.317	707621.395	4441603.423
WTZR	4075580.567	931853.724	4801568.078
Ham LwLn	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.488	864634.587	4603844.362
CAGL	4893378.812	772649.713	4004182.055
GENO	4507892.324	707621.405	4441603.428
WTZR	4075580.595	931853.736	4801568.108
Müd. LwLn	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.469	864634.582	4603844.345
CAGL	4893378.791	772649.706	4004182.042
GENO	4507892.303	707621.398	4441603.415
WTZR	4075580.573	931853.730	4801568.091
L1L2+Lc	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.476	864634.587	4603844.347
CAGL	4893378.803	772649.696	4004182.045
GENO	4507891.977	707621.596	4441603.420
WTZR	4075580.228	931853.926	4801568.083

Çizelge A.7 (devam ediyor).

Ham L1L2	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.835	2652187.252	4069023.028
MATE	4641949.945	1393044.773	4133286.785
ORİD	4498452.035	1708266.315	4173591.148
TRAB	3705250.351	3084421.688	4162044.749
Müd. L1L2	**X**	**Y**	**Z**
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.370	2652188.035	4069023.685
MATE	4641949.422	1393045.558	4133287.408
ORİD	4498451.536	1708267.107	4173591.786
TRAB	3705250.380	3084421.643	4162044.772
Lc	**X**	**Y**	**Z**
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.515	2652187.891	4069023.728
MATE	4641949.572	1393045.413	4133287.449
ORİD	4498451.688	1708266.961	4173591.831
TRAB	3705250.353	3084421.685	4162044.751
Ham LwLn	**X**	**Y**	**Z**
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.835	2652187.252	4069023.028
MATE	4641949.947	1393044.773	4133286.788
ORİD	4498452.035	1708266.315	4173591.148
TRAB	3705250.351	3084421.688	4162044.749
Müd. LwLn	**X**	**Y**	**Z**
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.564	2652187.925	4069023.773
MATE	4641949.624	1393045.458	4133287.505
ORİD	4498451.736	1708267.005	4173591.880
TRAB	3705250.363	3084421.556	4162044.758
L1L2+Lc	**X**	**Y**	**Z**
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.518	2652187.898	4069023.734
MATE	4641949.578	1393045.418	4133287.462
ORİD	4498451.688	1708266.963	4173591.836
TRAB	3705250.357	3084421.676	4162044.757

Çizelge A.8 Bazların 3. gün GeoGenius yazılımında Saastamoinen Troposferik Modeli ile değerlendirilmesiyle elde edilen nokta koordinatları.

Ham L1L2	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.438	864634.570	4603844.298
CAGL	4893378.800	772649.713	4004182.030
GENO	4507892.315	707621.405	4441603.418
WTZR	4075580.507	931853.707	4801567.996
Müd. L1L2	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.477	864634.415	4603844.314
CAGL	4893378.746	772649.672	4004182.010
GENO	4507892.354	707621.250	4441603.434
WTZR	4075580.545	931853.552	4801568.011
Lc	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.441	864634.579	4603844.307
CAGL	4893378.798	772649.708	4004182.042
GENO	4507892.315	707621.405	4441603.418
WTZR	4075580.541	931853.729	4801568.049
Ham LwLn	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.427	864634.566	4603844.297
CAGL	4893378.789	772649.709	4004182.028
GENO	4507892.304	707621.401	4441603.417
WTZR	4075580.495	931853.703	4801567.995
Müd. LwLn	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.425	864634.563	4603844.292
CAGL	4893378.696	772649.820	4004181.987
GENO	4507892.302	707621.398	4441603.412
WTZR	4075580.493	931853.700	4801567.991
L1L2+Lc	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.433	864634.582	4603844.296
CAGL	4893378.793	772649.703	4004182.039
GENO	4507892.320	707621.234	4441603.384
WTZR	4075580.545	931853.552	4801568.011

Çizelge A.8 (devam ediyor).

Ham L1L2	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.435	2652187.857	4069023.662
MATE	4641949.533	1393045.399	4133287.414
ORİD	4498451.684	1708266.961	4173591.832
TRAB	3705250.344	3084421.678	4162044.738
Müd. L1L2	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.563	2652187.894	4069023.767
MATE	4641949.577	1393045.435	4133287.456
ORİD	4498451.727	1708266.997	4173591.873
TRAB	3705250.346	3084421.678	4162044.739
Lc	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.501	2652187.881	4069023.714
MATE	4641949.534	1393045.394	4133287.412
ORİD	4498451.684	1708266.958	4173591.831
TRAB	3705250.342	3084421.677	4162044.737
Ham LwLn	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.566	2652188.042	4069023.788
MATE	4641949.592	1393045.563	4133287.484
ORİD	4498451.743	1708267.123	4173591.902
TRAB	3705250.344	3084421.678	4162044.738
Müd. LwLn	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.568	2652188.067	4069023.802
MATE	4641949.590	1393045.561	4133287.483
ORİD	4498451.743	1708267.123	4173591.902
TRAB	3705250.346	3084421.678	4162044.738
L1L2+Lc	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.500	2652187.874	4069023.710
MATE	4641949.541	1393045.398	4133287.420
ORİD	4498451.680	1708266.953	4173591.827
TRAB	3705250.344	3084421.678	4162044.738

Çizelge A.9 Bazların 1. gün GeoGenius yazılımında Modified Hopfield Troposferik Modeli ile değerlendirilmesiyle elde edilen nokta koordinatları.

Ham L1L2	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.440	864634.569	4603844.316
CAGL	4893378.817	772649.719	4004182.060
GENO	4507892.261	707621.396	4441603.363
WTZR	4075580.529	931853.713	4801568.044
Müd. L1L2	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.465	864634.491	4603844.260
CAGL	4893378.864	772649.735	4004182.103
GENO	4507892.306	707621.316	4441603.316
WTZR	4075580.568	931853.642	4801567.994
Lc	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.473	864634.581	4603844.339
CAGL	4893378.830	772649.717	4004182.075
GENO	4507892.283	707621.396	4441603.382
WTZR	4075580.569	931853.734	4801568.074
Ham LwLn	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.440	864634.569	4603844.316
CAGL	4893378.817	772649.719	4004182.060
GENO	4507892.261	707621.396	4441603.363
WTZR	4075580.529	931853.713	4801568.044
Müd. LwLn	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.442	864634.571	4603844.328
CAGL	4893378.778	772649.809	4004182.054
GENO	4507892.272	707621.401	4441603.375
WTZR	4075580.540	931853.718	4801568.060
L1L2+Lc	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.472	864634.490	4603844.259
CAGL	4893378.824	772649.717	4004182.068
GENO	4507892.296	707621.303	4441603.309
WTZR	4075580.568	931853.642	4801567.994

Çizelge A.9 (devam ediyor).

Ham L1L2	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.527	2652187.910	4069023.737
MATE	4641949.566	1393045.433	4133287.447
ORİD	4498451.732	1708267.000	4173591.880
TRAB	3705250.370	3084421.707	4162044.769
Müd. L1L2	**X**	**Y**	**Z**
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.518	2652187.826	4069023.722
MATE	4641949.562	1393045.436	4133287.447
ORİD	4498451.732	1708267.000	4173591.880
TRAB	3705250.372	3084421.709	4162044.773
Lc	**X**	**Y**	**Z**
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.520	2652187.902	4069023.733
MATE	4641949.581	1393045.423	4133287.461
ORİD	4498451.727	1708266.991	4173591.877
TRAB	3705250.369	3084421.709	4162044.768
Ham LwLn	**X**	**Y**	**Z**
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.527	2652187.910	4069023.737
MATE	4641949.566	1393045.433	4133287.447
ORİD	4498451.732	1708267.000	4173591.880
TRAB	3705250.370	3084421.707	4162044.769
Müd. LwLn	**X**	**Y**	**Z**
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.495	2652187.788	4069023.709
MATE	4641949.564	1393045.434	4133287.446
ORİD	4498451.732	1708267.000	4173591.880
TRAB	3705250.368	3084421.705	4162044.770
L1L2+Lc	**X**	**Y**	**Z**
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.528	2652187.898	4069023.731
MATE	4641949.589	1393045.420	4133287.465
ORİD	4498451.728	1708266.991	4173591.878
TRAB	3705250.371	3084421.710	4162044.771

Çizelge A.10 Bazların 2. gün GeoGenius yazılımında Modified Hopfield Troposferik Modeli ile değerlendirilmesiyle elde edilen nokta koordinatları.

Ham L1L2	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.496	864634.588	4603844.369
CAGL	4893378.898	772649.687	4004181.841
GENO	4507892.332	707621.406	4441603.434
WTZR	4075580.605	931853.738	4801568.114
Müd. L1L2	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.444	864634.638	4603844.363
CAGL	4893378.756	772649.764	4004182.055
GENO	4507892.277	707621.456	4441603.436
WTZR	4075580.554	931853.788	4801568.109
Lc	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.466	864634.573	4603844.334
CAGL	4893378.802	772649.707	4004182.048
GENO	4507892.318	707621.395	4441603.423
WTZR	4075580.570	931853.724	4801568.080
Ham LwLn	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.488	864634.587	4603844.361
CAGL	4893378.890	772649.686	4004181.835
GENO	4507892.324	707621.405	4441603.428
WTZR	4075580.597	931853.737	4801568.108
Müd. LwLn	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.470	864634.583	4603844.343
CAGL	4893378.779	772649.699	4004182.035
GENO	4507892.301	707621.399	4441603.421
WTZR	4075580.576	931853.731	4801568.090
L1L2+Lc	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.477	864634.586	4603844.348
CAGL	4893378.804	772649.696	4004182.046
GENO	4507892.300	707621.457	4441603.451
WTZR	4075580.554	931853.788	4801568.109

Çizelge A.10 (devam ediyor).

Ham L1L2	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.835	2652187.253	4069023.030
MATE	4641949.946	1393044.775	4133286.787
ORİD	4498452.038	1708266.317	4173591.150
TRAB	3705250.350	3084421.687	4162044.749
Müd. L1L2	**X**	**Y**	**Z**
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.373	2652188.036	4069023.688
MATE	4641949.423	1393045.559	4133287.409
ORİD	4498451.538	1708267.108	4173591.789
TRAB	3705250.395	3084421.655	4162044.797
Lc	**X**	**Y**	**Z**
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.516	2652187.891	4069023.731
MATE	4641949.574	1393045.415	4133287.450
ORİD	4498451.691	1708266.962	4173591.834
TRAB	3705250.352	3084421.684	4162044.751
Ham LwLn	**X**	**Y**	**Z**
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.835	2652187.253	4069023.030
MATE	4641949.948	1393044.775	4133286.790
ORİD	4498452.038	1708266.317	4173591.150
TRAB	3705250.350	3084421.687	4162044.749
Müd. LwLn	**X**	**Y**	**Z**
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.567	2652187.926	4069023.776
MATE	4641949.625	1393045.459	4133287.506
ORİD	4498451.738	1708267.006	4173591.882
TRAB	3705250.362	3084421.554	4162044.757
L1L2+Lc	**X**	**Y**	**Z**
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.518	2652187.896	4069023.736
MATE	4641949.582	1393045.423	4133287.467
ORİD	4498451.690	1708266.964	4173591.839
TRAB	3705250.368	3084421.646	4162044.766

Çizelge A.11 Bazların 3. gün GeoGenius yazılımında Modified Hopfield Troposferik Modeli ile değerlendirilmesiyle elde edilen nokta koordinatları.

Ham L1L2	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.441	864634.570	4603844.300
CAGL	4893378.800	772649.712	4004182.030
GENO	4507892.316	707621.405	4441603.418
WTZR	4075580.511	931853.707	4801568.000
Müd. L1L2	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.479	864634.415	4603844.316
CAGL	4893378.747	772649.672	4004182.011
GENO	4507892.355	707621.250	4441603.434
WTZR	4075580.548	931853.552	4801568.015
Lc	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.442	864634.579	4603844.307
CAGL	4893378.798	772649.708	4004182.042
GENO	4507892.315	707621.405	4441603.418
WTZR	4075580.543	931853.728	4801568.050
Ham LwLn	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.430	864634.567	4603844.300
CAGL	4893378.790	772649.709	4004182.029
GENO	4507892.305	707621.401	4441603.417
WTZR	4075580.500	931853.703	4801568.000
Müd. LwLn	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.428	864634.563	4603844.295
CAGL	4893378.697	772649.820	4004181.988
GENO	4507892.303	707621.398	4441603.412
WTZR	4075580.497	931853.700	4801567.995
L1L2+Lc	X	Y	Z
AJAC	4696989.433	723994.399	4239678.448
BZRG	4312657.434	864634.581	4603844.297
CAGL	4893378.793	772649.703	4004182.039
GENO	4507892.321	707621.235	4441603.386
WTZR	4075580.548	931853.552	4801568.015

Çizelge A.11 (devam ediyor).

Ham L1L2	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.505	2652187.884	4069023.718
MATE	4641949.537	1393045.401	4133287.418
ORİD	4498451.688	1708266.962	4173591.835
TRAB	3705250.344	3084421.677	4162044.738
Müd. L1L2	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.566	2652187.895	4069023.770
MATE	4641949.577	1393045.436	4133287.457
ORİD	4498451.730	1708266.999	4173591.875
TRAB	3705250.344	3084421.677	4162044.738
Lc	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.505	2652187.883	4069023.718
MATE	4641949.536	1393045.396	4133287.414
ORİD	4498451.687	1708266.960	4173591.834
TRAB	3705250.341	3084421.675	4162044.736
Ham LwLn	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.566	2652188.037	4069023.793
MATE	4641949.590	1393045.558	4133287.487
ORİD	4498451.742	1708267.119	4173591.906
TRAB	3705250.344	3084421.677	4162044.738
Müd. LwLn	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.568	2652188.063	4069023.807
MATE	4641949.587	1393045.557	4133287.486
ORİD	4498451.742	1708267.119	4173591.906
TRAB	3705250.345	3084421.676	4162044.737
L1L2+Lc	X	Y	Z
İSTA	4208830.306	2334850.305	4171267.234
ANKR	4121948.504	2652187.876	4069023.714
MATE	4641949.541	1393045.398	4133287.420
ORİD	4498451.683	1708266.955	4173591.830
TRAB	3705250.343	3084421.677	4162044.737

EK AÇIKLAMALAR B

GERÇEK KENAR UZUNLUKLARI İLE DEĞERLENDİRME SONRASINDA HESAPLANAN KENAR UZUNLUKLARI ARASINDAKİ FARKLAR

Çizelge B.1 TSS yazılımından elde edilen kenar uzunlukları ile gerçek kenar uzunlukları arasındaki farklar.

TSS	1. Gün (cm)	2. Gün (cm)	3. Gün (cm)
GENO-AJAC	0.13	-0.56	-2.91
AJAC-CAGL	8.24	8.02	8.61
WTZR-BZRG	-62.04	-66.10	-72.78
BZRG-GENO	26.59	35.62	42.47
GENO-CAGL	9.92	8.70	7.01
BZRG-AJAC	33.20	37.57	42.13
WTZR-GENO	-29.34	-30.09	-30.10
İSTA-ANKR	-5.25	-0.65	-0.55
MATE-ORİD	24.40	22.58	24.12
ANKR-TRAB	2.77	0.70	0.33
ORİD-İSTA	-9.65	-17.76	-13.24
İSTA-TRAB	-3.43	-0.63	-0.12
ORİD-ANKR	-13.74	-17.75	-13.14
MATE-İSTA	13.41	4.00	9.92

Çizelge B.2 GeoGenius yazılımının Modified Hopfield (Fixed Values) Troposferik Modeli ve altı farklı değerlendirme strateji ile değerlendirilerek elde edilen kenar uzunlukları ile gerçek kenar uzunlukları arasındaki farklar.

Mod. Hop. (Fixed Values)	Ham L1/L2 (cm)	Müd. L1/L2 (cm)	Lc (cm)	Ham Lw/Ln (cm)	Müd. Lw/Ln (cm)	L1/L2 + Lc (cm)
1. Gün						
GENO-AJAC	6.90	7.10	6.80	6.90	6.80	7.00
AJAC-CAGL	4.80	4.90	4.90	4.80	4.80	5.00
WTZR-BZRG	-50.10	-50.60	-49.90	-50.10	-50.40	-50.00
BZRG-GENO	38.80	38.20	38.60	38.80	38.20	38.60
GENO-CAGL	11.40	11.70	11.20	11.40	10.50	11.40
BZRG-AJAC	45.70	46.60	45.60	45.70	44.10	45.70
WTZR-GENO	-15.50	-15.00	-15.50	-15.50	-15.30	-15.10
İSTA-ANKR	0.30	0.10	0.00	0.10	0.00	-0.10
MATE-ORİD	21.70	21.30	22.30	21.70	21.50	22.90
ANKR-TRAB	1.20	-16.10	1.00	1.10	0.90	1.30
ORİD-İSTA	-20.50	-20.50	-19.80	-20.50	-20.50	-19.80
İSTA-TRAB	0.90	0.90	1.00	0.90	0.80	1.00
ORİD-ANKR	-18.50	-25.90	-18.40	-18.50	-28.30	-18.90
MATE-İSTA	-1.50	-0.20	1.30	-1.50	-0.20	0.80
2. Gün						
GENO-AJAC	7.20	10.50	7.40	7.30	7.80	7.10
AJAC-CAGL	4.20	3.90	4.80	5.00	6.00	4.80
WTZR-BZRG	-50.30	-50.20	-49.90	-50.20	-50.00	-49.70
BZRG-GENO	38.70	38.70	39.20	38.70	38.70	39.20
GENO-CAGL	33.30	12.20	12.00	33.30	11.70	11.80
BZRG-AJAC	46.10	41.20	46.00	43.10	46.00	46.00
WTZR-GENO	-15.50	-16.10	-15.40	-15.40	-16.20	-15.20
İSTA-ANKR	6.60	0.40	-0.20	15.80	10.40	-0.30
MATE-ORİD	21.60	21.70	21.30	21.60	21.30	21.40
ANKR-TRAB	0.50	0.00	0.50	0.20	2.30	0.50
ORİD-İSTA	54.20	-38.40	-18.70	54.20	-20.70	-18.90
İSTA-TRAB	0.30	-6.50	-0.10	0.30	-11.40	-1.10
ORİD-ANKR	-16.40	-17.40	-18.20	-16.40	-19.20	-18.10
MATE-İSTA	2.70	-0.10	2.30	2.70	-0.10	1.40
3.Gün						
GENO-AJAC	7.20	6.60	7.20	7.90	7.70	7.20
AJAC-CAGL	5.20	4.80	5.00	5.30	4.90	4.90
WTZR-BZRG	-50.60	-50.50	-49.90	-50.50	-50.50	-49.80
BZRG-GENO	38.70	38.30	38.70	38.50	38.20	38.50
GENO-CAGL	13.00	10.80	11.90	13.00	11.00	11.80
BZRG-AJAC	45.90	44.40	45.50	45.90	44.70	45.50
WTZR-GENO	-16.50	-16.70	-15.40	-16.50	-16.50	-15.70
İSTA-ANKR	0.30	0.40	-0.50	-0.10	-7.50	-0.70
MATE-ORİD	21.50	21.60	21.90	21.40	21.50	21.60
ANKR-TRAB	0.80	0.40	0.70	0.80	-0.10	0.60
ORİD-İSTA	-18.90	-20.40	-18.70	-30.80	-30.80	-18.40
İSTA-TRAB	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.30	-0.10
ORİD-ANKR	-18.50	-21.60	-18.50	-19.10	-16.90	-18.70
MATE-İSTA	1.90	2.00	2.00	0.60	0.60	2.10

Çizelge B.3 GeoGenius yazılımının Saastamoinen Troposferik Modeli ve altı farklı değerlendirme strateji ile değerlendirilerek elde edilen kenar uzunlukları ile gerçek kenar uzunlukları arasındaki farklar.

Saastamoinen	Ham L1/L2 (cm)	Müd. L1/L2 (cm)	Lc (cm)	Ham Lw/Ln (cm)	Müd. Lw/Ln (cm)	L1/L2 + Lc (cm)
1. Gün						
GENO-AJAC	7.00	7.10	6.90	7.00	7.10	7.00
AJAC-CAGL	4.90	5.00	4.90	4.90	4.80	5.00
WTZR-BZRG	-50.10	-50.60	-49.90	-50.10	-50.40	-50.00
BZRG-GENO	38.80	38.20	38.60	38.80	38.30	38.60
GENO-CAGL	58.30	11.80	11.30	58.30	10.50	11.40
BZRG-AJAC	45.70	46.60	45.70	45.70	44.20	45.70
WTZR-GENO	-15.50	-15.00	-15.40	-15.50	-15.20	-14.80
İSTA-ANKR	0.40	-0.10	0.00	0.20	0.00	-0.10
MATE-ORİD	21.70	21.30	22.30	21.70	21.50	22.90
ANKR-TRAB	1.20	-15.90	1.00	1.20	1.00	1.40
ORİD-İSTA	-20.40	-20.40	-19.80	-20.40	-20.40	-19.70
İSTA-TRAB	0.90	0.90	1.10	0.90	0.90	1.10
ORİD-ANKR	-18.60	-25.90	-18.40	-18.60	-28.80	-18.90
MATE-İSTA	1.10	-0.10	1.30	1.10	-0.10	0.80
2. Gün						
GENO-AJAC	7.20	10.60	7.50	7.30	7.90	7.10
AJAC-CAGL	4.30	4.20	4.90	5.10	6.10	4.40
WTZR-BZRG	-50.30	-50.10	-49.90	-50.20	-50.00	-49.50
BZRG-GENO	38.80	38.80	39.20	38.80	38.80	38.90
GENO-CAGL	12.00	11.90	12.00	12.00	12.10	11.90
BZRG-AJAC	46.20	41.30	46.00	43.40	46.30	46.10
WTZR-GENO	-15.30	-15.20	-15.40	-15.30	-15.40	-15.00
İSTA-ANKR	6.70	0.40	-0.20	15.80	10.40	-0.40
MATE-ORİD	21.70	21.50	21.30	21.70	21.40	21.40
ANKR-TRAB	0.70	0.00	0.60	0.40	1.60	-0.10
ORİD-İSTA	54.30	-38.40	-18.70	54.30	-20.70	-18.90
İSTA-TRAB	0.30	-5.10	-0.10	0.30	-11.30	-1.00
ORİD-ANKR	-16.40	-18.70	-18.20	-16.40	-19.20	-17.90
MATE-İSTA	2.80	0.00	2.40	2.80	0.00	1.60
3.Gün						
GENO-AJAC	7.20	6.60	7.30	7.90	7.80	7.30
AJAC-CAGL	5.20	4.90	5.00	5.40	5.00	5.00
WTZR-BZRG	-50.50	-50.50	-49.90	-50.50	-50.50	-49.80
BZRG-GENO	38.70	38.30	38.70	38.50	38.20	38.60
GENO-CAGL	13.00	10.90	12.00	13.00	11.00	11.80
BZRG-AJAC	66.30	44.50	45.60	66.30	44.50	45.50
WTZR-GENO	-16.80	-16.70	-15.30	-16.80	-16.80	-15.70
İSTA-ANKR	0.30	1.00	-0.50	-0.30	-7.60	-0.80
MATE-ORİD	21.60	21.60	21.90	21.40	21.50	21.60
ANKR-TRAB	0.90	0.40	0.80	0.90	-0.10	0.60
ORİD-İSTA	-18.90	-20.30	-18.70	-31.10	-31.10	-18.40
İSTA-TRAB	-0.10	-0.20	-0.10	-0.10	-0.20	-0.10
ORİD-ANKR	-17.90	-21.60	-18.40	-19.00	-16.90	-18.70
MATE-İSTA	2.10	2.00	2.20	2.10	-21.20	2.10

Çizelge B.4 GeoGenius yazılımının Modified Hopfield Troposferik Modeli ve altı farklı değerlendirme strateji ile değerlendirilerek elde edilen kenar uzunlukları ile gerçek kenar uzunlukları arasındaki farklar.

Modified Hopfield	Ham L1/L2 (cm)	Müd. L1/L2 (cm)	Lc (cm)	Ham Lw/Ln (cm)	Müd. Lw/Ln (cm)	L1/L2 + Lc (cm)
1. Gün						
GENO-AJAC	6.90	7.10	6.80	6.90	7.00	7.00
AJAC-CAGL	4.80	4.90	4.90	4.80	4.80	5.00
WTZR-BZRG	-50.10	-50.60	-49.90	-50.10	-50.40	-50.00
BZRG-GENO	38.80	38.20	38.60	38.80	38.20	38.60
GENO-CAGL	11.40	11.70	11.20	11.40	10.50	11.40
BZRG-AJAC	45.70	46.60	45.60	45.70	44.10	45.70
WTZR-GENO	-15.60	-15.00	-15.50	-15.60	-15.30	-14.80
İSTA-ANKR	0.30	0.10	0.00	0.10	0.00	-0.10
MATE-ORİD	21.70	21.30	22.30	21.70	21.50	22.90
ANKR-TRAB	1.20	-16.00	1.00	1.10	1.30	1.30
ORİD-İSTA	-20.50	-20.50	-19.80	-20.50	-20.50	-19.80
İSTA-TRAB	0.90	0.90	1.00	0.90	0.80	1.00
ORİD-ANKR	-18.50	-25.90	-18.40	-18.50	-28.30	-18.90
MATE-İSTA	-1.50	-0.20	1.30	-1.50	-0.20	0.80
2. Gün						
GENO-AJAC	7.20	10.50	7.40	7.30	7.80	7.10
AJAC-CAGL	4.20	3.90	4.80	5.00	6.00	4.80
WTZR-BZRG	-50.30	-50.40	-49.90	-50.20	-50.00	-49.80
BZRG-GENO	38.70	38.70	39.20	38.70	38.70	39.20
GENO-CAGL	33.30	11.70	12.00	33.30	11.70	11.80
BZRG-AJAC	46.10	41.20	46.00	43.10	46.00	46.00
WTZR-GENO	-15.50	-16.10	-15.40	-15.40	-16.20	-15.40
İSTA-ANKR	6.60	0.40	-0.20	15.80	10.40	-0.30
MATE-ORİD	21.60	21.40	21.30	21.60	21.30	21.40
ANKR-TRAB	0.50	0.00	0.50	0.20	2.30	-0.20
ORİD-İSTA	54.20	-38.40	-18.70	54.20	-20.70	-18.90
İSTA-TRAB	0.30	-4.90	-0.10	0.30	-11.40	-4.10
ORİD-ANKR	-16.40	-18.70	-18.20	-16.40	-19.20	-18.10
MATE-İSTA	2.70	-0.10	2.30	2.70	-0.10	1.40
3.Gün						
GENO-AJAC	7.16	6.58	7.23	7.86	7.65	5.49
AJAC-CAGL	6.09	3.56	4.99	5.49	4.46	4.83
WTZR-BZRG	-50.53	-50.52	-49.91	-50.56	-50.46	-56.24
BZRG-GENO	37.91	37.97	38.63	38.02	37.96	49.79
GENO-CAGL	12.93	10.77	11.92	13.01	10.97	10.87
BZRG-AJAC	44.94	39.36	45.57	45.63	45.34	45.51
WTZR-GENO	-16.81	-16.73	-15.42	-16.75	-16.68	-15.75
İSTA-ANKR	-0.66	-2.72	-0.75	9.67	11.60	-1.25
MATE-ORİD	21.52	21.63	21.83	21.50	21.48	21.45
ANKR-TRAB	-0.02	2.58	0.08	-7.87	-9.95	0.59
ORİD-İSTA	-18.79	-20.38	-18.66	-30.76	-30.76	-18.37
İSTA-TRAB	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.35	-0.16
ORİD-ANKR	-18.47	-21.70	-18.43	-19.14	-16.96	-18.72
MATE-İSTA	1.70	0.05	2.13	-10.59	-10.63	2.13

ÖZGEÇMİŞ

Hüseyin KEMALDERE, 1979 yılında Zonguldak'ta doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Zonguldak'ta tamamladı. Zonguldak Mehmet Çelikel Lisesi'nden mezun olduktan sonra 1997 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü'ne girdi. 2002 yılında mezun olarak, aynı yıl Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programına başladı. Halen aynı programa devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: Zonguldak Karaelmas Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü
67100 ZONGULDAK

Tel: (372) 2572996
Faks: (372) 2574023
E-posta: kemaldere@hotmail.com