

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEK GNSS ALICISI İLE HASSAS KONUM BELİRLEMEDE
ÖLÇÜ FARKLARI ALGORİTMALARININ
KARŞILAŞTIRILMASI

ALİŞİR ÖZPERÇİN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2015

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

**TEK GNSS ALICISI İLE HASSAS KONUM
BELİRLEMEDE ÖLÇÜ FARKLARI
ALGORİTMALARININ
KARŞILAŞTIRILMASI**

**ALİŞİR ÖZPERÇİN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMANI
DOÇ. DR. M. HALİS SAKA**

**GEBZE
2015**

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**PERFORMANCE COMPARISON OF DATA
DIFFERENCING ALGORITHMS IN PPP
POSITIONING USING SINGLE GNSS
RECEIVER**

ALİŞİR ÖZPERÇİN

**A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF MASTER OF
SCIENCE DEPARTMENT OF GEODETIC AND
PHOTOGRAMMETRIC ENGINEERING**

THESIS SUPERVISOR
ASSOC.PROF. DR. M. HALİS SAKA

GEBZE

2015



GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 29/06/2015 tarih ve 2015/41 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 12/10/2015 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Alişir ÖZPERÇİN'in tez çalışması Jeodezi ve FOTOGRAMETRİ Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) :Doç. Dr. M. Halis SAKA

ÜYE

:Doç. Dr.Cemal Özer YIĞIT

ÜYE

:Prof. Dr. Mustafa YANALAK

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../.....tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

GNSS teknolojisindeki gelişmeler, özellikle yeni hesaplama ve modelleme teknikleri sayesinde uydu konum belirleme sistemlerinin kullanım alanlarını ve imkânlarını genişletmiştir. Jeodezik çalışmalarda ve yüksek doğruluk gerektiren mühendislik çalışmalarında, GNSS sistemleri rölatif ölçme yöntemleri kapsamında kullanılırlar. Bu da çok sayıda alıcıyla eş zamanlı olarak ölçmelerin yapılmasını gerektirir. Tek alıcıyla yüksek hassasiyet ve doğrulukta sonuç elde etmek, IGS (International GNSS Service) gibi kurumların ürettiği hassas yörünge ve saat bilgileri sayesinde mümkün olduğu anlaşılmıştır. Böylece, bu konuda 2000'li yıllarda pek çok araştırma kurumu ve araştırmacıların çalışmaları önemli sonuçlar vermiştir. Kısaca, PPP (Precise Point Positioning) *Hassas Konum Belirleme* olarak adlandırılan bu yöntem pek çok bilimsel yazılımda (Bernese, GIBSY-OASIS) modüler olarak kullanıma sunulmuştur. Bunların yanı sıra, PPP yöntemi ile CSRS-PPP, APPS, GAPS ve magicGNSS gibi internet servisleri üzerinden hizmet veren kuruluşlarda mevcuttur. Veri değerlendirmenin yaygınlaşmasıyla birlikte, son yıllarda PPP yönteminin kullanılabilirliği üzerine araştırmalar yoğunlaşmış ve alçak uyduların (LEO) konumlarının belirlenmesi ve bazı mühendislik ihtiyaçlarına katkı sağlayacağı anlaşılmıştır. Bunların dışında PPP yönteminin iyileştirilmesi yeni değerlendirme tekniklerinin geliştirilmesi üzerine pek çok çalışma ve araştırma güncel itibariyle yürütülmektedir.

Bu tez kapsamında, PPP yönteminin matematik esasları ele alınmış, ölçü farkları üzerinden hareketle bazı parametrelerin elimine edilmesi (alıcı saat hatası, başlangıç faz belirsizlikleri iyonosfer ve troposfer gibi) esaslı temel alınarak algoritmalar denenmiştir. MATLAB ortamında RINEX veri yapısına dayalı bir PPP çözümü yapacak yazılım geliştirilmiştir. Sonuç itibariyle, yaklaşık 30 dakika süreli statik veri kullanılarak elde edilen çözümlerde yatay konumda, 10 cm, düşeyde ise 15 cm gibi bir yaklaşımla sonuçlara ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: PPP, Tekli Farklar, Zaman Farkları, Mutlak Konum Belirleme.

SUMMARY

Recent developments in GNSS technology, particularly through the new computation and modeling techniques, have expanded the application fields and the systems. GNSS systems are being used within the scope of relative measurement methods especially in surveying and engineering studies which require the high accuracy. These methods also require a numerous observation with number of receivers simultaneously. Thanks to the precise orbit and clock information generated by institutions such as IGS (International GNSS Service), it has proved that it's possible to obtain results with high precision and accuracy with a single receiver. Thus, in the 2000s, most work of researchers and institutions have yielded important results in this issue. Concisely, the PPP (Precise Point Positioning) available as a module in lot of scientific software like Bernese, GIBSY-OASIS. Besides, there are some institutions whose serve PPP method via internet services such as CSRS- PPP, APPS, GAPS and magicGNSS. With the proliferation of data evaluation software, researches focused on the PPP method to determine the location of low-satellites (LEO) and to some engineering requirements. In addition to that, nowadays, many studies carry out for the improvement of the PPP method and new assessment's the techniques

In this thesis, the mathematical principles of PPP method are discussed, some algorithms based on eliminate some parameters considering measurements differences (such as receiver clock error, the uncertainty of initial phases, ionosphere and troposphere) are proven. A software solution which can calculate PPP has been developed in MATLAB, based on the RINEX data structures. As a result, solutions obtained through 30 minutes long static data, ± 10 cm in a horizontal position and ± 15 cm in a vertical position are obtained.

KeyWords: PPP, SingleDifferences, Time Differences, AbsolutePositioning.

TEŞEKKÜR

Öncelikle yüksek lisans tezimde bilgisi ve deneyimini benimle paylaşarak yol gösteren, gece yarlarına kadar bana zaman ayıran değerli danışman hocam Doç. Dr. M. Halis SAKA'ya

Bu Tezin Oluşması için zamanını çaldığım ve kendisine karşı sorumluluklarımı ihmal ettiğim, buna rağmen beni hep güler yüzle karşılayan sevgili oğlum Egehan'a Ve yüksek lisans eğitimim için benimle il il gezen ve gece yarlarına kadar yolumu gözleyen sevgili eşim Nuray'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER Ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xiv
1.GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği	3
2.KÜRESEL KONUMLAMA SİSTEMLERİ (GNSS)	4
2.1. GPS (Global Positioning System) Küresel Konumlama Sistemi	4
2.2. GLONASS (Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema)	5
2.3. GALILEO	5
2.4. Beidou (Compass)	5
2.5. Küresel Konumlama Sistemlerinin Çalışma Prensipleri	6
3.GNSS KONUM BELİRLEME YÖNTEMLERİ	8
3.1. Mutlak Konum Belirleme Yöntemi	8
3.2. Diferansiyel Konum Belirleme	8
3.3. Bağıl (Rölatif) Konum Belirleme	8
4.PPP (PRECISE POINT POSITIONING) HASSAS NOKTAKONUM BELİRLEME	9
4.1.PPP Yönteminde Sistemik Hatalar ve Modellemeler	10
4.1.1.Uydu Kaynaklı Hatalar	10
4.1.1.1.Uydu Anteni - Faz Merkezi Hatası	10
4.1.1.2.Hassas Uydu Saat Hataları	12
4.1.1.3.Hassas Uydu Yörüngeleri	12
4.1.1.4.Faz Dönmesi (Windup)	13
4.1.2.Alıcı Kaynaklı Hatalar	13
4.1.2.1.Alıcı Anteni Faz Merkezi Kayıklıkları (Phaze Center Variations)	13

4.1.3.Jeodinamik Hareketlerden Kaynaklı Hatalar	14
4.1.3.1.Kutup Gezinimi	14
4.1.3.2.Okyanus Yüklemesi (Ocean Loading)	14
4.1.3.3.Katı Yeryuvarı Gelgiti (Solid Earth Tides)	14
4.1.3.4.Dünyanın Dönüşü (Sagnaceffect)	14
4.1.4.Atmosferik Modeller	15
4.1.4.1.İyonosfer Etkisi	15
4.1.4.2.Troposfer Etkisi	17
4.2.PPP Yönteminde Matematiksel Model	19
4.2.1.Tekli Farklar (Single Sattelite Difference (SSD))	21
4.2.2.Zaman Farkları (Time Difference (TD))	22
4.2.3.Tekli Fark+Zaman Farkı (SSD+TDF)	23
4.3.Matlab'da Yazılan Programın Genel Yapısı	23
5.UYGULAMALAR	26
5.1.Çalışma Alanı Ve Veri Setinin Hazırlanması	26
5.2.CSRS-PPP Servisi İle Verilerin Çözümü	26
5.3.Fark Almadan (Zero Differance, ZD) Verilerin Değerlendirilmesi	27
5.4.Uydular Arası Tekli Fark (SSD) Ölçülere Dayalı Çözüm	39
5.5.Zamana Göre Fark Alınmış Verilerle Çözüm (TD)	50
5.6.Uydular Arası Fark (SSD) Ve Zamana Göre Fark Alınmış Verilerle Çözüm (TD)	61
5.7.Yöntemlerin Karşılaştırması Ve Sonuçların Analizi	72
6.SONUÇ VE ÖNERİLER	76
KAYNAKLAR	78
ÖZGEÇMİŞ	80

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler ve</u> <u>Kisaltmalar</u>	<u>Açıklamalar</u>
c	: Işık Hızı
CORS	: Continuous Operating Reference Station
GDOP	: Geometric Dilution of Precision
GNSS	: Global Navigation Satellite Systems
GLONASS	: Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema
GPS	: Global Positioning System
IGS	: International GNSS Service
N	: Tamsayı belirsizliği
PPP	: Precise Point Positioning
RINEX	: Receiver Independent Exchange Format

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No</u>	<u>Sayfa</u>
4.1: Uydu faz merkezi hatası.	11
4.2: İyonosferdeki kırılmalar.	16
4.3: Troposfer etkisi.	17
4.4: Troposferin modellenmesi.	18
4.5: Program akış diyagramı.	25
5.1: D1.14o veri dosyası için uydu eliminasyonu yapılmadan elde edilen düzeltmeler.	28
5.2: D1.14o veri dosyası için ZD ölçülere göre (Model 1) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =3.7, uydu sayısı=10.	28
5.3: D2.14o veri dosyası için ZD ölçülere göre (Model 1) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.1, uydu sayısı=9.	29
5.4: D3.14o veri dosyası için ZD ölçülere göre (Model 1) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =3.9, uydu sayısı=10.	30
5.5: D4.14o veri dosyası için ZD ölçülere göre (Model 1) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =4.5, uydu sayısı=9.	31
5.6: D5.14o veri dosyası için ZD ölçülere göre (Model 1) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.3, uydu sayısı=7.	32
5.7: D6.14o veri dosyası için ZD ölçülere göre (Model 1) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.1, uydu sayısı=6.	33
5.8: D7.14o veri dosyası için ZD ölçülere göre (Model 1) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.0, uydu sayısı=6.	34
5.9: D8.14o veri dosyası için ZD ölçülere göre (Model 1) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.1, uydu sayısı=7.	35
5.10: D9.14o veri dosyası için ZD ölçülere göre (Model 1) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =4.7, uydu sayısı=7.	36
5.11: D10.14o veri dosyası için ZD ölçülere göre (Model 1) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.8, uydu sayısı=8.	37
5.12: D11.14o veri dosyası için ZD ölçülere göre (Model 1) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =3.7, uydu sayısı=10.	38
5.13: D1.14o veri dosyası için SSD ölçülere göre (Model 2) verilerin	39

	değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =3.7, uydu sayısı=10.	
5.14:	D2.14o veri dosyası için SSD ölçülere göre (Model 2) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.1, uydu sayısı=9.	40
5.15:	D3.14o veri dosyası için SSD ölçülere göre (Model 2) verilerin değerlendirme sonuçları ,Ortalama GDOP =3.9, uydu sayısı=10.	41
5.16:	D4.14o veri dosyası için SSD ölçülere göre (Model 2) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =4.5, uydu sayısı=9.	42
5.17:	D5.14o veri dosyası için SSD ölçülere göre (Model 2) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.3, uydu sayısı=7.	43
5.18:	D6.14o veri dosyası için SSD ölçülere göre (Model 2) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.1, uydu sayısı=6.	44
5.19:	D7.14o veri dosyası için SSD ölçülere göre (Model 2) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.0, uydu sayısı=6.	45
5.20:	D8.14o veri dosyası için SSD ölçülere göre (Model 2) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.1, uydu sayısı=7.	46
5.21:	D9.14o veri dosyası için SSD ölçülere göre (Model 2) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =4.7, uydu sayısı=7.	47
5.22:	D10.14o veri dosyası için SSD ölçülere göre (Model 2) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.8, uydu sayısı=8.	48
5.23:	D11.14o veri dosyası için SSD ölçülere göre (Model 2) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =3.7, uydu sayısı=10.	49
5.24:	D1.14o veri dosyası için TD ölçülere göre (Model 3) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =3.7, uydu sayısı=10.	50
5.25:	D2.14o veri dosyası için TD ölçülere göre (Model 3) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.1, uydu sayısı=9.	51
5.26:	D3.14o veri dosyası için TD ölçülere göre (Model 3) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =3.9, uydu sayısı=10.	52
5.27:	D4.14o veri dosyası için TD ölçülere göre (Model 3) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =4.5, uydu sayısı=9.	53
5.28:	D5.14o veri dosyası için TD ölçülere göre (Model 3) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.3, uydu sayısı=7.	54
5.29:	D6.14o veri dosyası için TD ölçülere göre (Model 3) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.1, uydu sayısı=6.	55

5.30:	D7.14o veri dosyası için TD ölçülere göre (Model 3) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.0, uydu sayısı=6.	56
5.31:	D8.14o veri dosyası için TD ölçülere göre (Model 3) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.1, uydu sayısı=7.	57
5.32:	D9.14o veri dosyası için TD ölçülere göre (Model 3) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =4.7, uydu sayısı=7.	58
5.33:	D10.14o veri dosyası için TD ölçülere göre (Model 3) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.8, uydu sayısı=8.	59
5.34:	D11.14o veri dosyası için TD ölçülere göre (Model 3) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =3.7, uydu sayısı=10.	60
5.35:	D1.14o veri dosyası için SSD+TD ölçülere göre (Model 4) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =3.7, uydu sayısı=10.	61
5.36:	D2.14o veri dosyası için SSD+TD ölçülere göre (Model 4) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.1, uydu sayısı=9.	62
5.37:	D3.14o veri dosyası için SSD+TD ölçülere göre (Model 4) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =3.9, uydu sayısı=10.	63
5.38:	D4.14o veri dosyası için SSD+TD ölçülere göre (Model 4) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =4.5, uydu sayısı=9.	64
5.39:	D5.14o veri dosyası için SSD+TD ölçülere göre (Model 4) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.3, uydu sayısı=7.	65
5.40:	D6.14o veri dosyası için SSD+TD ölçülere göre (Model 4) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.1, uydu sayısı=6.	66
5.41:	D7.14o veri dosyası için SSD+TD ölçülere göre (Model 4) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.0, uydu sayısı=6.	67
5.42:	D8.14o veri dosyası için SSD+TD ölçülere göre (Model 4) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.1, uydu sayısı=7.	68
5.43:	D9.14o veri dosyası için SSD+TD ölçülere göre (Model 4) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =4.7, uydu sayısı=7.	69
5.44:	D10.14o veri dosyası için SSD+TD ölçülere göre (Model 4) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.8, uydu sayısı=8.	70
5.45:	D11.14o veri dosyası için SSD+TD ölçülere göre (Model 4) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =3.7, uydu sayısı=10.	71

TABLolar DİZİNİ

<u>Tablo No</u>	<u>Sayfa</u>
4.1: Troposfer formülünün katsayıları.	18
4.2: Katsayılar Matrisinin Oluşumu.	20
4.3: Lineer Modele İlişkin Katsayılar Matrisi.	21
5.1: Değerlendirmede kullanılan ölçü dosyalarının oluşturulması.	26
5.2: CSRS-PPP Servisinden Elde Edilen Sonuçların Gerçek Değerle Karşılaştırılması.	27
5.3: Fark almadan 35 dakika süreli ölçme verilerinin değerlendirme sonuçlarının gerçek değerle karşılaştırılması.	38
5.4: Uydular arası tekli fark alınarak 35 dakika süreli ölçme verilerinin değerlendirme sonuçlarının gerçek değerle karşılaştırılması.	49
5.5: Zamana göre fark alınarak 35 dakika süreli ölçme verilerinin değerlendirme sonuçlarının gerçek değerle karşılaştırılması.	60
5.6: Uydular arası fark ve Zamana göre fark alınarak 35 dakika süreli ölçme verilerinin değerlendirme sonuçlarının gerçek değerle karşılaştırılması.	71
5.7: Değerlendirmelerde elemine edilen uydular.	72
5.8: Metotlara göre yapılan hesabı karşılaştırma tablosu.	75

1. GİRİŞ

GNSS (Global Navigation Satellite System) sistemleri yeryüzü ölçmelerinde yaygın şekilde kullanılmaktadır. Klasik ölçü yöntemlerine göre birçok avantaj sağlayan bu uydu konum belirleme sistemleri ile yüksek doğrulukta konum belirlemek için birden fazla alıcının eş zamanlı olarak kullanılması ve alıcılardan en az bir tanesinin koordinatı bilinen bir noktada ölçüm yapması gerekmektedir. Bu şekilde, verilerin birlikte değerlendirilmesi sonucu, konum bilgisi üç boyutlu olarak yüksek doğruluklarda hesaplanabilmektedir. Bu yöntemle, arzu edilen konum bilgisi, sabit olarak tabir edilen GNSS alıcılarına (koordinatı bilinen noktaya göre) rölatif olarak hesaplanmaktadır. Temel olarak verilerin toplanması ve işlenmesi en az bir koordinatı bilinen noktada ölçme yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Gerçek zamanlı rölatif konum belirleme (RTK) ve Network-RTK (CORS) sistemleri ile hızlı ve yüksek doğrulukta sonuç elde etmek mümkünse de, bu sistemlerde de ilave alıcı ve iletişim sistemlerine ihtiyaç duyulur.

Rölatif konum belirleme yöntemlerine alternatif olarak, Precise Point Positioning (PPP) olarak isimlendirilen mutlak konum belirleme tekniğindeki gelişmeler sayesinde, günümüzde santimetre doğrulukta koordinat hesaplamak mümkündür[Samper et. al., 2011]. PPP tekniğinin diğer tekniklerden farkı, konum belirlemede tek GNSS alıcısının kullanılmasıdır.

PPP tekniğini 1976 yıllarındaki AnderleRJ.'nin "*Point Positioning concept using precise ephemeris*" çalışmasına kadar tarihlemek mümkünse, 1990'lı yıllara kadar bu teknik üzerinde ciddi çalışmalar yapılmamıştır. Teorik ilk temeli 1997 yılında Zumberge tarafından verilmiştir[Web 1, 2015]. Son 20 yıl içerisindeki çift frekanslı GNSS alıcılarının kullanılmaya başlanması ile PPP tekniği gelişme göstermiştir.[Web 2, 2015]. Gao ve Wojciechowski tarafından 2004 yılında yapılan PPP çözümünde yatayda santimetre seviyesine, düşeyde ise, desimetre seviyesine ulaşılmıştır [Abdallah and Schwieger, 2014].

PPP tekniğinde, GNSS sinyallerine etki eden bütün hata kaynaklarının hassas şekilde modellenmesini ve ölçüye düzeltme olarak eklenmesini gerektirmektedir. Bunlar; uydudan kaynaklı düzeltmeler, alıcıdan kaynaklı düzeltmeler, atmosferik düzeltmeler ve yerin jeodinamik hareketlerinden kaynaklı düzeltmeler olarak özetlenebilir.[Web 2, 2015].

PPP tekniğinde, uydulardan anlık olarak yayınlanan uydu yörünge ve saat hatası verilerinin yerine, internet üzerinden yayınlanan hassas yörünge ve saat verileri kullanılmaktadır. Söz konusu hassas uydu yörünge ve saat verileride hesaplama zamanına bağlı olarak farklı tip ve hassasiyette yayınlanırlar. Bunlar; Ultra-Rapid (predicted), Ultra-Raip (estimated), Rapid (estimated), Final (estimated)'dir. International GNSS Service(IGS) tarafından yayınlanan verilere göre, Ultra-Rapid (predicted) gerçek zamanlı olarak yayınlanır ve ortalama hatası (RMS) yaklaşık 5cm civarındadır. Ultra-Rapid (estimated) 3 saat sonrası yayınlanır ve RMS değeri 3cm altındadır. Rapid (estiamted), 17 saat sonra yayınlanır ve RMS değeri 2.5cm civarındadır. Final (estimated)değeri ise, 13 gün civarında yayınlanır ve RMS değeri 2.5cm [Abdallahand and Schwieger, 2014]. civarındadır. PPP tekniğinde santimetre seviyesinde koordinat hesabı için, internet üzerinden, ölçüm sonrası yayınlanan bu veri gruplarının kullanılması dolayısıyla, PPP tekniği gerçek zamanlı olmayan (post process) bir tekniktir. Günümüzde Real-Time PPP üzerinde çeşitli araştırmalar mevcuttur [Web 3, 2015].

Rölatif konum belirlemede olduğu gibi PPP çözümlerinde de faz ve kod ölçüleri birlikte kullanılırlar. Burada başlangıç faz belirsizliklerinin çözümü en önemli sorunlardan biridir. 2009 yılında yapılan kinematik PPP çalışmasında tam sayı (integer) çözümde yatayda $\pm 2\text{cm}$ doğruluğa, reel sayı (float) çözümde ise yatayda $\pm 10\text{cm}$ doğruluğa ulaşılmıştır [Web 4, 2015].

GNSS sistemlerinin öncülü olan GPS 'ten sonra, 2011 yılından beri 24 uydu ile GLONASS sistemi de tam kapasite olarak hizmet vermektedir. GPS ve GLONASS verilerinin kombine edilmesine dayanan araştırmalarda, GLONASS 'ın PPP tekniğinin performansını arttırdığı belirtilmektedir[Choi etal., 2014]. Ayrıca çalışmaları devam eden Galileo ve Beidou sistemlerinin devreye girmesi ile, PPP tekniğinin kullanımının artması muhtemeldir.

Yine GPS ve GLONASS verilerinin kombinasyonuna göre yapılan diğer bir araştırmada, GPS verileri önce Rapid yörünge verileri ile, sonrasında ise final yörünge verileri ile çözülmüş, daha sonra aynı deney GPS ve GLONASS verileri birlikte değerlendirilerek yenilenmiştir. Sonuçta Sadece GPS verileri, Rapid yörünge verileri ile değerlendirildiğinde; konumlamada ortalama 0.06m değerine ulaşılırken yükseklikte ortalama 0.04m'ye ulaşılmıştır. GPS verileri final yörünge verileri ile değerlendirildiğinde konumlamada ortalama 0.06m yükseklikte ortalama $\pm 0.03\text{m}$ değerine ulaşılmıştır. Aynı şekilde GPS+GLONASS Rapid yörünge verilerine göre

değerlendirildiğinde konumlamada ortalama 0.05m, yükseklikte ortalama 0.02m değerine ulaşılmış ve GPS+GLONASS final verileri ile değerlendirildiğinde konumlamada ortalama 0.05m, yükseklikte ortalama 0.03m değerine ulaşılmıştır[Alkan vd., 2015].

Günümüzde çeşitli enstitü ve araştırma merkezinin; APPS, CSRS-PPP, GAPS, magicGNSS gibi PPP tekniğini kullanarak veri değerlendiren web üzerinden servis hizmetleri bulunmaktadır. Bunlardan en çok tercih edilen CSRS-PPP (Geodetic Survey Division of Natural Resources Canada) servisi pek çok alanda PPP kullanıcıları tarafından araştırmalarında kullanılmıştır. Sisteme bağımsız kullanıcıların erişim olanağı bulunmaktadır. Tek veya çift frekanslı alıcıların gözlemlerinin statik yada kinematik değerlendirmesini yapabilmektedir. Verilerin toplanmasından yaklaşık 90 dakika içerisinde veriyi değerlendirebilmektedir. Sonuçları ITRF yada NAD83 datumunda sunabilmektedir[Alkan vd., 2015]. Benzer şekilde 24 saatlik verilerin CSRS-PPP servisi aracılığı ile yapılan değerlendirmelerinde yatayda $\pm 1-4$ mm düzeyde $\pm 2-7$ mm seviyesinde doğruluğa ulaşılabildiği gözlenmiştir [Çelik and Abdelazeem, 2014].

1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği

Bu tez kapsamında, tek GNSS alıcısı ile PPP konum belirlenme algoritmalarının incelenmesi ve özellikle de ölçü farklarını esas alan algoritmaların denenmesi amaçlanmıştır. Bu çerçevede, RINEX veri yapısına dayalı ve hassas yörünge ve saat bilgileri esas alınarak MATLAB ortamında bir yazılımın geliştirilmesine çalışılmıştır. Tez çalışması kapsamında problem sadece GPS ölçülerinin değerlendirilmesi ile sınırlı tutulmuş. Mevcut fark alma yöntemlerinden tek alıcı için uygun olan algoritmalar kullanılmıştır. Hazırlanan MATLAB yazılımı ile değerlendirmeler yapılmış ve sonuçlar CSRS-PPP ile elde edilenlerle karşılaştırılmıştır. Özellikle, PPP değerlendirmeleri için yeni yöntemler ve algoritmaların geliştirilmesine yönelik bir yazılım alt yapısının hazırlanmasıyla tez önemli katkılar sağlamıştır.

2. KÜRESEL KONUMLAMA SİSTEMLERİ (GNSS)

Uydu konumlama sistemleri (GNSS),yörüngede bulunan uydular (Uzay Bölümü), bunları yeryüzünden izleyen, yer izleme istasyonları, kontrol bölümü ve kullanıcılar olmak üzere üç alt bölümden oluşur.

GNSS sistemleri olarak, Amerika Birleşik Devletleri projesi olan GPS, Rusya Federasyonu projesi olan GLONASS, Avrupa Birliği projesi olan GALILEO ve son zamanlarda Çin Halk Cumhuriyeti projesi olarak geliştirilen BEIDOU sistemlerinden söz edilmektedir.

2.1. GPS (Global Positioning System) Küresel Konumlama Sistemi

GPS genel bir tanımlama ile uydu temelli ölçmelerle konum bilgisi sağlayan veküresel olarak hizmet veren bir sistemdir. Proje başlangıcı 1960'lı yıllara dayanmakla beraber, 1973 yılında sistemin hayata geçmesi için ilkesel kararlar alınmıştır.İlk GPS uydusu 1978 yılında yörüngeye yerleştirilmiş ve 1994 yılında tam olarak işler hale gelmiştir ve küresel konum belirlemeye imkan sağlayan uydu destekli sistemlerin ilkidir. Askeri gereksinimler için başlatılan proje, 1980 yılından beri sivil kullanıcılar tarafından da kullanılmaktadır.

Sistem esas olarak 6 ayrı yörüngede dönen 24 uydu olarak tasarlanmıştır. 2014 yılı itibari ile yörüngede 32 uydu ile hizmet vermektedir. Uydular, yeryüzünden yaklaşık 20200 km uzaklıktadır. Her bir uydu bir tam devrini 11 saat 58 dakikada yapmaktadır. Uydular, yeryüzündeki herhangi bir noktada, herhangi bir zamanda en az 4 tanesi görülecek şekilde tasarlanmıştır. Uyduların yer yüzeyindeki sabit alıcılara göre radyal yöndeki hızları yaklaşık 800m/sn'dir. Uydulardan L1 ve L2 olarak isimlendirilen iki farklı frekansta sinyal yayınlanmaktadır. L1 sinyalinin frekansı 1575.42Mhz, L2 sinyalinin frekansı ise 1527,60Mhz'dir. Ayrıca Uydu, yerdeki alıcının sinyalleri tanımlamasını sağlayan iki adet kod üretir. Bunlar P ve C/A kodlarıdır. Bu kodlar dijital kodlardır, yani 1 ve 0 lardan oluşur ve L1 ve L2 sinyalleri üzerine modüle edilerek yayınlanırlar [Hofmann and Lichtenegger , 2008]

C/A kodu sivil kullanıcılara açıktır ancak P kodu istendiği zaman ABD tarafından kriptolanabilmektedir. C/A kodunun dalga boyu yaklaşık 293m, P kodunun ki ise 29.3m'dir. Genel itibarıyla faz ölçüleri için standart sapma değeri $\pm 2-5$ mm, C/A kodu için 1-5 m, P kodu için 0.1 – 0.8 m alınmaktadır [Yıldız ve Kahveci, 2005].

2.2. GLONASS (Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema)

Rusya tarafından geliştirilen Küresel Konumlama Sistemidir. GLONASS, tasarımına 1970'lerin ortalarında başlanmış, Ancak çeşitli sebeplerden dolayı aksamalarla birlikte, 2011 yılı itibarı ile sistem 24 uydu ile çalışır duruma gelmiştir.

GLONASS sistemi 3 yörüngede dönen 24 uydu'dan oluşmaktadır. 2014 yılı itibarı ile sistemde 24 uydu çalışır durumdadır. Uydular yerden yaklaşık 19100 km uzaklıkta olup, yörüngelerini 11 saat 15 dakikada tamamlar. Uydulardan GPS'tekine benzer L1 ve L2 sinyalleri yayınlanır ancak, GPS ten farklı olarak L1 ve L2 sinyallerinin frekansı yayımlandıkları uyduya göre değişir. L1 bandı için $1602\text{Mhz} + 0.5625 * n$, ve L2 bandı için $1246\text{Mhz} + 0.4375 * n$, n uydu numarası olmak üzere formülleri kullanılarak frekans hesabı yapılır. [Hofmann and Lichtenegger, 2008],

2.3. GALILEO

Avrupa Birliği'nin küresel konumlama sistemidir. Sistem 3 ayrı yörüngede aktif 27 uydu ve 3 yedek uydu üzerine planlanmıştır. Uydular yerden yaklaşık 23200 km uzaklıkta olacak ve bir tam devirlerini 14 saate tamamlayacak şekilde tasarlanmıştır. İlk test uyduları olan GIOVE-A ve GIOVE-B 2005 ve 2008 de fırlatılmıştır.

2.4. BeiDou (Compass)

Çin Halk Cumhuriyeti tarafından geliştirilen küresel konumlama sistemidir. Sistem ismini Çin astronomi tarihinde, kutup yıldızının yerini tespit etmekte kullanılan büyük ayı takımyıldızından almaktadır. Uluslararası literatürde Compass olarak da isimlendirilmektedir. Sistem 5 sabit 30 yörüngede olmak üzere 35 uydu üzerine planlanmıştır [Web 5, 2015].

2.5. Küresel Konumlama Sistemlerinin Çalışma Prensipleri

Bütün küresel konumlama sistemlerinin çalışma prensipleri hemen hemen birbirleriyle benzerdir. Uyduların yörüngelerinde kepler kanunlarına göre hareket etmeleri beklense de, gerçekte dünyanın çekim alanındaki düzensizliklerden, ayın çekim kuvveti, atmosferin hareketi gibi etkilerden dolayı düzgün bir yörünge takip etmezler. Yani yörüngeleri üzerinde düzenli bir hareket yapamazlar. Bu nedenle, yer izleme istasyonları ile uydular sürekli izlenerek, yeni yörüngeleri hesaplanır ve yörünge parametreleri uydulara gönderilir. Her bir uydu, uydu numarasını, yörünge parametrelerini ve UTC'ye göre zamanını; L1, L2 sinyalleri ve bunların üzerine modüle edilmiş P ve C/A kod sinyalleri yardımı ile sürekli olarak yayımlar.

Yeryüzünde bulunan alıcı P veya C/A kodunu, uydu ile eş zamanlı olarak bünyesinde bulunan osilatör yardımı ile üretir. Dijital bir sinyal olan ve her hafta başında sıfırlanan ve yayımlandığı bir hafta boyunca kendisini hiçbir şekilde tekrar etmeyen kod değerleri, uydularda ve yeryüzündeki GNSS alıcılarında eş zamanlı olarak üretildiğinden, alıcı tarafından uydudan gelen sinyal yakalandığında, yakaladığı sinyali kendi bünyesinde ürettiği sinyal ile karşılaştırır. Böylece P kodunun neresinde olduğunu yani sinyalin uydudan çıkması ile kendisine ulaşması arasında geçen süreyi hesaplayabilir. Çünkü alıcıdaki ve uydulardaki osilatörler aynı kodu, aynı anda yani hafta başında üretmeye başlamışlardır. Sinyal uyduyu terk ettiği zaman, aynı sinyal osilatörde de üretilmiş ve uydudan gelen sinyal alıcıya ulaşana kadar kodu üretmeye devam etmiştir. Bu aşamadan sonra alıcı yakaladığı sinyali kendi sinyali ile karşılaştırarak kodun seyahat süresini bulur.

Uydulardan yayımlanan sinyallerde elektromanyetik dalga olduğundan ışık hızı ile hareket etmektedir ve bu hız yaklaşık 300 000 km/sn'dir. Teorik olarak uydudan yayımlanan sinyalin havdaki seyahat süresi yani “ Δt ” zamanı biliniirse uydu ile alıcı arasındaki mesafe $c \cdot \Delta t$ hesaplanabilecektir.

Ölçüyü etkileyen diğer hatalarında işleme dahil edilmesi sonucu, elde edilen temel matematiksel modeli aşağıda verilmiştir.

$$P = \rho + c(dt_R - dt_{sat}) + d_{trop} + I + \varepsilon_p \quad (2.1)$$

- P Ölçü

- ρ alıcı ve uydu arasındaki geometrik uzunluk
- c ışığın boşluktaki hızı
- d_{trop} Troposferik etki
- İyonosferik hatalar
- ε_p diğer hatalar
- dt_R alıcı saat hatası
- dt_{sat} uydu saat hatasını ifade etmektedir.

Alıcı, yukarıda izah edildiği üzere p kodunun neresinde olduğunu bilir ancak analog dalga olan L1 Ve L2 için bu durum geçerli değildir. Alıcı uydudan gelen sinyali yakaladığı andan itibaren her dalgayı sayar. Ama Uydudan çıkış zamanını bilemez ve yakaladığı ilk sinyalin seyahat süresini ölçemez, yani alıcının yakaladığı ilk sinyal, uydudan yayımlandığında, alıcı ile uydu arasında yer alan tam dalga sayısını bilemez buna faz başlangıç bilinmezliği (ambiguity) denir ve genellikle “ N ” harfi ile isimlendirilir. Bu belirsizlik nedeni ile fazların doğrudan ölçümü ile alıcı uydu arasındaki mesafe hesaplanamaz.

GNSS alıcısı kendi bünyesinde ürettiği L1 ve L2 dalgalarının sayısını, aynı sürede algıladığı dalga sayısı ile karşılaştırarak uydunun yaklaşmakta mı? Yoksa uzaklaşmakta mı? Olduğunu anlar ve ilk sinyali yakaladıktan sonra, uydunun hangi yöne ne kadar hareket ettiğini hesaplayabilir.

Görelî konum belirleme yöntemlerinde birden fazla alıcının aynı uydulara eş zamanlı gözlemleri kullanıldığı için N olarak ifade edilen faz başlangıç belirsizliği çeşitli hesap yöntemleri ile elemine edilebilir. Ancak bu tez kapsamında mutlak konum belirleme yöntemleri inceleneceğinden, faz başlangıç belirsizliğinin rölatif konum belirlemede elemine edilmesi izah edilmemiştir.

Kod ölçüleri için yazılı hesap modeli faz ölçüsü için yazılır ise, aşağıdaki eşitlik elde edilmiş olacaktır. Bu eşitlikte N değişkeni, faz başlangıç belirsizliğini ifade etmektedir.

$$\varphi = \rho + c(dt_R - dt_{sat}) + d_{trop} + I + N + \varepsilon_\theta \quad (2.2)$$

3. GNSS KONUM BELİRLEME YÖNTEMLERİ

3.1. Mutlak Konum Belirleme Yöntemi

Bu yöntemde, tek GNSS alıcısı ile en az 4 uyduya yapılan gözlemler sonucu uydulara olan uzunluklar hesaplanabilir ve uzay geriden kestirme hesabı ile alıcının koordinatı mutlak olarak tespit edilebilir.

3.2. Diferansiyel Konum Belirleme

DGPS olarak ta isimlendirilen bu yöntemde bir GNSS alıcısı koordinatı bilinen noktaya kurulur (istasyon noktası) ve ölçümler sonucu, alıcının görüş alanındaki her bir uyduya olan mesafeler hesaplanır. Alıcının bulunduğu noktanın koordinatları bilindiği ve ölçüm anında uyduların koordinatları da hesaplandığı için, her bir uydu ile istasyon noktasının arasındaki mesafe, koordinatlar yardımıyla hesaplanır. Alıcının ölçümleri ile elde edilen uzunluk ile koordinat farklarından elde edilen uzunluk farkı düzeltme olarak radyo sinyalleri ile gezici alıcılara iletilir. Gezici alıcıların yaptığı ölçümler sonucu elde edilen uzunluklara düzeltme değerleri eklenerek iyileştirilmiş uzunluklar elde edilir ve hesaplanacak nokta konumu iyileştirilmiş uzunluklar ile hesaplanır

3.3. Bağlı (Rölatif) Konum Belirleme

Bağlı konum belirlemede, koordinatları bilinen bir noktaya göre diğer noktaların koordinatları belirlenir. Bu işlemin yapılabilmesi için, koordinatı bilinen nokta ve koordinatları hesaplanacak noktaya GNSS alıcıları ile eş zamanlı ölçüm yapılmalıdır. Bu yöntem ile elde edilen nokta koordinatlarının doğruluğu 0.001 ile 100 ppm arasında değişmektedir [Yıldız ve Kahveci, 2005].

4. PPP (PRECISE POINT POSITIONING) HASSAS NOKTA KONUM BELİRLEME

Mutlak Konum Belirleme yöntemidir. PPP yönteminde uyduların ölçüm anı sonrasında IGS ve benzeri servisler tarafından internet ortamında yayınladıkları hassas yörünge ve saat bilgileri yardımı ile hesaplama yapılmaktadır.

PPP yönteminin evveliyatı 1976 yılına kadar tarihlense de esas olarak çift frekanslı alıcıların ortaya çıktığı 1990'lı yıllarda yaygınlaşmaya başlamıştır. 1976 yılında Anderle, doppler etkisinden faydalanarak uydu yörüngesini 2 metre doğruluk ile hesaplayabilmiştir. Çalışması yüksek bir doğruluk içermese de PPP kavramının ilk ortaya çıkışını sağlamıştır. 1990'lı yıllarda hassas yörünge ve saat bilgileri, ulaşılabilir hale gelmiş, 1997 yılında çift frekanslı alıcıların çıkması ile iyonosferden kaynaklanan hatalar modellenenmiştir. Son olarak 2000 yılında GPS uydu sinyalleri üzerindeki Selective Available kaldırılmıştır [Xu et al., 2011].

Tüm bu gelişmeler PPP yöntemi ile santimetre doğruluğunda koordinat tespitini mümkün hale getirmiştir. Ayrıca günümüzde GPS haricinde GLONASS gibi farklı sistemlerde yer alan uyduların bulunması, PPP yöntemi ile elde edilen koordinatların doğruluğunu arttırmış ve PPP yöntemine olan ilgiyi yükseltmiştir.

Günümüzde internet üzerinden post-processing PPP hizmeti sunan Auto-GIPSY, CSRS-PPP gibi birçok bağımsız servis bulunmaktadır.

PPP yönteminde diğer yöntemlerden farklı olarak, hesaba katılması gereken birçok faktör vardır. Özellikle rölatif konum belirlemede, belirli bir alanda istasyon noktasına göre konum belirlendiği için birçok etki istasyon ve alıcı noktası için aynı miktarda etkili olduğundan doğrudan elemine olur. Ancak PPP yönteminde bütün faktörler değerlendirilmeli ve ölçüye düzeltme olarak eklenmelidir. PPP yönteminde, uydu saat hatası, uydu anten faz merkezi kayıklığı, rölativistik etkiler, troposferik gecikme, gelgit etkisi, kutup gezinimi, okyanus yüklemesi gibi etkiler dikkate alınmaktadır.

PPP yönteminde ölçüm sonrası internet üzerinden yayınlanan hassas yörünge parametreleri kullanılır. Yukarıda anlatıldığı üzere, uydunun anlık olarak yayınladığı yörünge parametrelerinden hesaplanan koordinat verisinin doğrulukları düşüktür. Yer istasyonları ile sürekli izlenen uydular, yörüngelerinde düzenli hareket etmediklerinden dolayı, buldukları yörünge ve koordinatları uydulara, yer izleme istasyonları tarafından gönderilir. Uydu yer istasyonundan yeni yörünge elemanlarını

alincaya kadar, son gönderilen yörünge üzerinde düzgün hareket ediyormuş gibi kabul ederek, konumunu hesaplar, oysaki, çeşitli kuvvetlerin etkisinde kalan uydu düzgün hareket etmediğinden, hesapla bulduğu koordinatı bir miktar farklı olacaktır. Ancak ölçüm sonrası internetten yayımlanan uydu yörünge bilgilerinde, uydunun verilen zamanda nerede olduğu hassas bir şekilde tespit edilmiştir. Bu yüzden, hassas yörünge bilgileri kullanılmıştır. Bu tez kapsamında kullanılan uydu koordinatları 15dk.aralıkla yapılan final yayınıdır.

IGS internet adresinden uyduların saat hatalarını belirten .sp3 ve .clk uzantılı dosyada indirilmiştir. Bu tez kapsamında 30 Sn. aralıklı saat verileri kullanılmıştır.

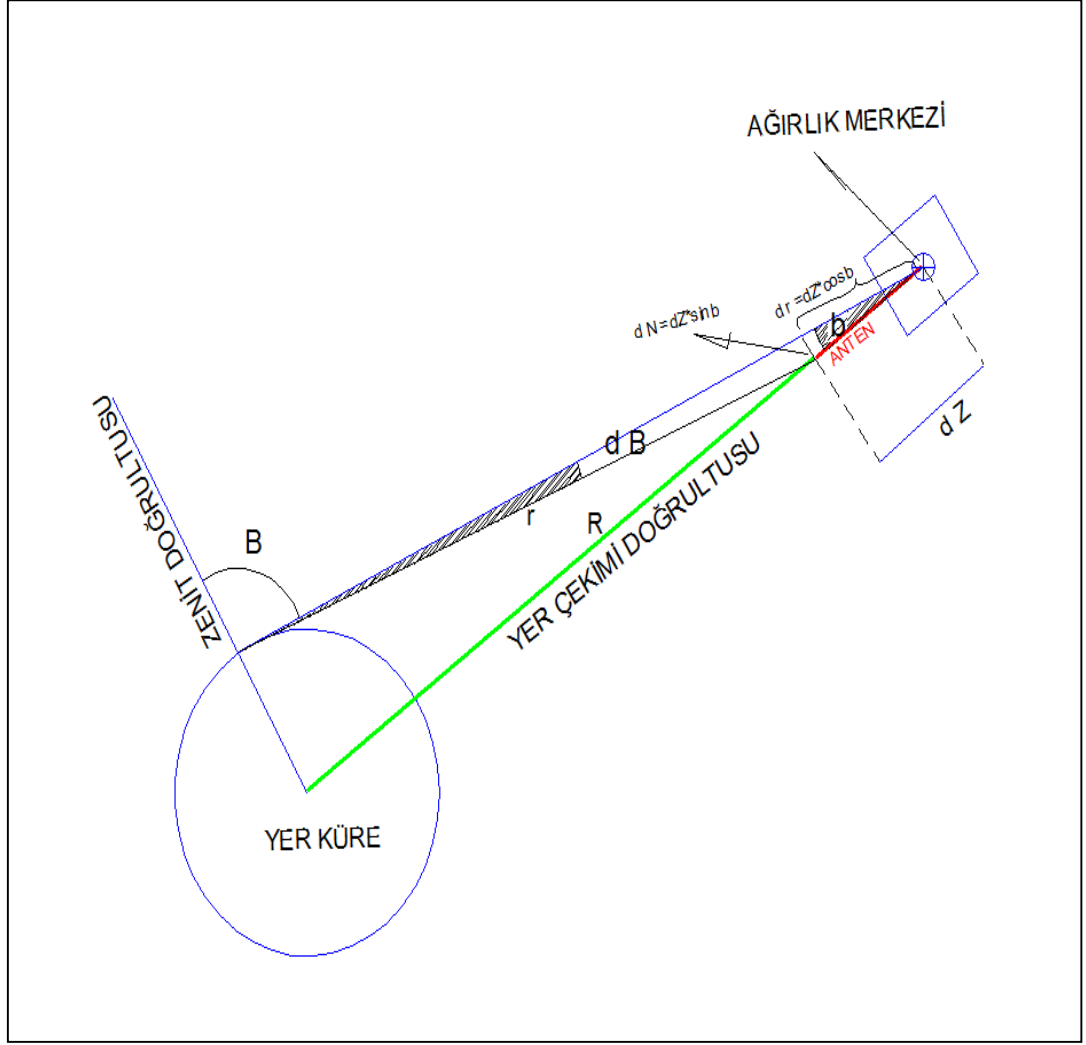
4.1. PPP Yönteminde Sistemik Hatalar ve Modellemeler

4.1.1. Uydu Kaynaklı Hatalar

4.1.1.1. Uydu Anteni - Faz Merkezi Hatası

Ölçüler, uydunun anten kısmından yayınlansada, hassas efemeris verisinde yer alan uydu koordinatları uyduların ağırlık merkezinin koordinatlarıdır. Ancak uydu modelleri zaman içerisinde değiştiğinden, uyduların antenleri ile ağırlık merkezleri arasındaki mesafede modeline göre değişmektedir. Ayrıca çeşitli zamanlarda farklı modeller olarak yörüngeye yerleştirilen uyduların numaraları mükerrerlik göstermektedir. Yani, GPS'in PRN 1 numaralı uydusu 2009 yılından önce başka bir model iken, söz konusu uydunun ömrünü tamamlaması nedeni ile yörüngeye yerleştirilen yeni nesil uydu yeniden PRN1 ile isimlendirilmiştir. Bu nedenle anten offset değerleri dosyadan okutulurken ölçü yapılan zaman dilimine karşılık gelen uydu numaralarının değerleri esas alınmıştır.

Aşağıdaki şekilde dz olarak isimlendirilen büyüklük, uydunun ağırlık merkezi ile sinyal yayım noktası arasındaki mesafedir. Alıcı uyduya olan mesafeyi r olarak ölçmüştür. Oysaki gerçek uzunluk $(r \times \cos dB) + dr$ 'dir.



Şekil 4.1:Uydu faz merkezi hatası.

$$dr = dz \times \cos b \quad (4.1)$$

$$dn = dz \times \sin b \quad (4.2)$$

Uydu alıcının zenit doğrultusunda iken dz değeri, doğrudan ölçülen uzunluğa eklenebilir. b açısı, uydu yatayda iken 14 dereceye kadar çıkabilmektedir [Zhuetal., 2003]. b açısı maksimum değerde iken 1m'lik bir dz büyüklüğü için dr sadece 0.03m değişmekte, dn ise 0.23m' ye kadar ulaşabilmektedir. dr ve dn değerlerinin bu tez kapsamında istenen doğruluk için kabul edilebilir olduğundan, hatalardan arındırılmış ölçü değerine anten ofset değerleri eklenmiştir. Bu şekilde b 'nin

maksimum olduğu noktalarda dahi uydu'ya olan mesafede sadece 0.03m'lik bir hata oluşacaktır.

4.1.1.2.Hassas Uydu Saat Hataları

Uydularda atomik saatler kullanılsada, rölativite ve diğere nedenlerden dolayı uydulardan yayınlanan saat verileride bir miktar hata içerir. Ancak nu hata miktarları tespit edilebilmektedir ve mutlak konum belirlemede dikkate alınması gerekmektedir. Uydu saat hatalarında, aynı uydu yörünge verileri gibi anlık olarak yayınlansada, yayınlanan değerler, uydu saat hatalarının belirli bir sistematik içinde olduğu kabul edilerek yapılan kısa zamanlı modellemeler ile tahmin hesapları yapılarak yayınlanır.

IGS tarafından anlık (Ultra Rapid (Predicted)) olarak yayınlanan saat hatalarının hassasiyeti yaklaşık 5 ns'dir, 3 saat sonra yayınlanan (Ultra Rapid (estimated)) değerleri ise yaklaşık 0.2ns'dir. 17 saat sonra yayınlanan (Rapid) değerleri 0.1ns'dir. Yaklaşık 13 gün sonra yayınlanan final değerleri ise 0.1ns'nin altındadır [Web 3, 2015]

Bu tez kapsamında final verileri ile hesaplama yapılmıştır.

4.1.1.3.Hassas Uydu Yörüngeleri

PPP konu başlığında belirtildiği üzere Mutlak konum belirlemede, uydu konumlarının hassas olarak bilinmesi gerekmektedir. Uydulardan gönderilen navigasyon mesajlarında yer alan konum bilgileri, aslında uydunun yörüngesi üzerinde düzgün hareket ettiği varsayımı ile hesaplanarak bulunan verileridir. Uyduların verilen zamanda gerçekte nerede olduğu ise, ortalama 13 gün sonra internet üzerinden yayımlanan ve ortalama hatası 2.5cm civarında olan final verileri kullanılarak elde edilir. Ancak final verileri 15 dk aralıklı olarak yayınlanmaktadır. Ölçü anındaki uydu koordinatları ise, uyduların yayınlanan koordinatlarından enterpolasyon teknikleriyle ile hesaplanır

4.1.1.4.Faz Dönmesi (WindUp)

Uydu yada alıcı antenin kendi düşey eksenlerinde bir tam tur dönmesi bir tam dalga boyu kaymasına neden olur. Şayet alıcı anteni mobil bir alıcı değil ise, alıcı antenin kendi düşey ekseninde dönme hareketi yapması beklenmez. Ancak, uydularda yer alan güneş panellerinin güneşe dönmesi gerekmektedir. Bunun sağlanması için uydular güneşe doğru küçük hareketler yaparlar. Özellikle uyduların karanlıkta kaldığı dönemin sonunda, uydunun güneş panelleri yeniden güneşe konumlanmaktadır. Bu durumda yarım saatten kısa sürede, uydu tam bir dönüş yapmaktadır. Tüm bu hareketler faz dönmesine neden olur. Çok hassas konum belirleme yazılımları haricinde genellikle dikkate alınmaz. 4000 km 'lik bir bazın ölçüsünde 4cm'ye varan hataya neden olmaktadır [Kahveci, 2010].

4.1.2. Alıcı Kaynaklı Hatalar

4.1.2.1. Alıcı Anteni Faz Merkezi Kayıklıkları (Phase Center Variations)

GPS/GNSS uydu sinyalleri her doğrultudan geldiği için alıcı antenleri için durum uydu antenlerine göre daha da karmaşık hal almaktadır. Alıcı anteni faz merkezi konumu da bu doğrultulara bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu doğrultu bozulmalarına “alıcı anteni faz merkezi değişimleri” adı verilmektedir. Bu değişimler uydularınkinin tersine L1 ve L2 için farklıdır. Çünkü söz konusu değişimler, anten-tipine bağlı olarak farklılık göstermektedirler. Özellikle aynı ağda farklı anten modelleri kullanılıyorsa bu etki daha da önem kazanmaktadır. Bu etkinin dikkate alınmaması, baz uzunluğundan bağımsız olarak genellikle istasyon yüksekliğinde 10 cm'ye varan hataya neden olmaktadır. Eğer ağda aynı anten modeli kullanılıyorsa, bu etki kendisini ölçek faktörü olarak göstermekte ve büyüklüğü yaklaşık 0.015 ppm olarak verilmektedir [Kahveci,2010].

4.1.3. Jeodinamik Hareketlerden Kaynaklı Hatalar

4.1.3.1.Kutup Gezinimi

Yeryuvarı diğer gök cisimlerinin çekim kuvveti altında hareket eder. Bu kuvvetler ve yeryuvarının maruz kaldığı merkez kaç kuvveti nedeni ile yeryuvarının dönme eksenini, yeryuvarına göre farklılık gösterir[Kahveci,2010]. Bu hareket uyduların konum ve zaman hesabını etkiler. Bu etki iki aydan uzun ölçmelerde, düşeyde 2.5 cm yatayda 0.7 cm'den düşük etkilere sahiptir [Kahveci, 2010].

4.1.3.2.Okyanus Yükleme (Ocean Loading)

Okyanus gelgitlerinin yer kabuğuna baskısı, yeryuvarında bir miktar harekete neden olur. Etkisi bölgeseldir ve okyanusa 1000 km'den uzakta yer alan ölçülerde dikkate alınmayabilir [Kahveci, 2010].

4.1.3.3.Katı Yeryuvarı Gelgiti (Solid Earth Tides)

Gelgitlerin etkisi nedeni ile yer kabuğunda düşey ve yatay hareketler meydana gelir. 100 km'den küçük bazlarda yapılan rölatif konum belirlemelerde, bazın her iki noktasında aynı miktarda etkileyeceğinden dikkate alınmaz. Ancak mutlak konum belirlemede, özellikle 1mm doğruluğu hedefleniyor ise, dikkate alınmalıdır. Aksi halde yatayda 5cm'ye kadar sistematik etkiye neden olabilir [Kahveci, 2010].

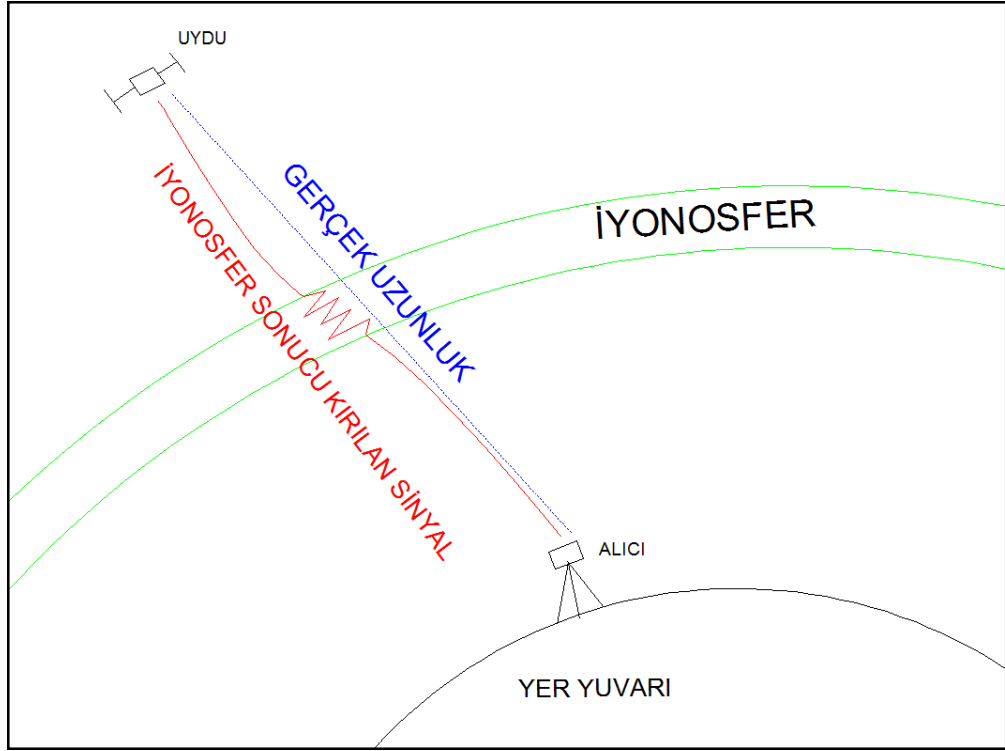
4.1.3.4.Dünyanın Dönüşü (SagnacEffect)

Uydudan yayımlanan sinyal alıcıya ulaşana kadar, yeryuvarı kendi eksenini çevresinde yaptığı dönme hareketine devam edecektir. Dünyanın hareketinden kaynaklı oluşan bu hatanın uyduların koordinatına düzeltme olarak eklenmesi gerekir.

4.1.4. Atmosferik Modeller

4.1.4.1. İyonosfer Etkisi

İyonosfer, yeryüzünden yaklaşık 60 km ile 1100km arasında yer alan atmosfer tabakalarından biridir. İyonosfer tabakasında güneş ışınları nedeni ile iyonize olmuş gazlar bulunmaktadır. İyonosfer radyo dalgalarını (30MHz altı) yansıtarak uzak bölgeler ile haberleşmenin yapılabilmesini sağlar. Radyo dalgasının elektrik alanı, iyonosferdeki elektronları aynı frekansta titreşime zorlar. Bu sayede elektronlar radyo frekansını tekrar oluşturur ve radyo dalgasını yeryüzüne yansıtır. İyonosfer uydudan gelen elektromanyetik dalgaları geciktirir, kırar ve faz salınımına neden olur. İyonosfer güneş ışınlarının bir fonksiyonu olduğundan mevsimlere göre coğrafi bölgelere göre, hatta gün içinde değişmektedir. Gün içinde yerel saat ile 13.00-14.00 serbest elektron miktarı en yüksek seviyeye ulaşırken, geceleri ise en düşük seviyededir. Ayrıca güneş patlamaları gibi astronomik olaylardan da etkilenmektedir. Uydu ile konum belirleme sistemlerinde en büyük hata kaynağı iyonosferden kaynaklanmaktadır. Uydudan yayınlanan analog sinyaller (faz) iyonosferde hızlanırken dijital sinyaller (kod) yavaşlamaktadır. Bu nedenle uydular ile konum belirleme doğruluğunun artırılabilmesi için iyonosfer çok iyi modellenmelidir.



Şekil 4.2: İyonosferdeki kırılmalar.

GNSS ölçülerinde kullanılmak üzere birden çok İyonosferik matematiksel model bulunmaktadır. Ancak bu tez kapsamında faz ve kodların lineer kombinasyonu olan ve Ionosphere-free olarak isimlendirilen model kullanılacaktır. L1 ve L2 dalgalarının frekans farklılığından dolayı ionosferin üzerlerindeki etkisi de farklı olacaktır. Bu farklılıkların kombine edilmesi ile ionosferden kaynaklı hatalardan arındırılmış matematiksel model aşağıda oluşturulmuştur.

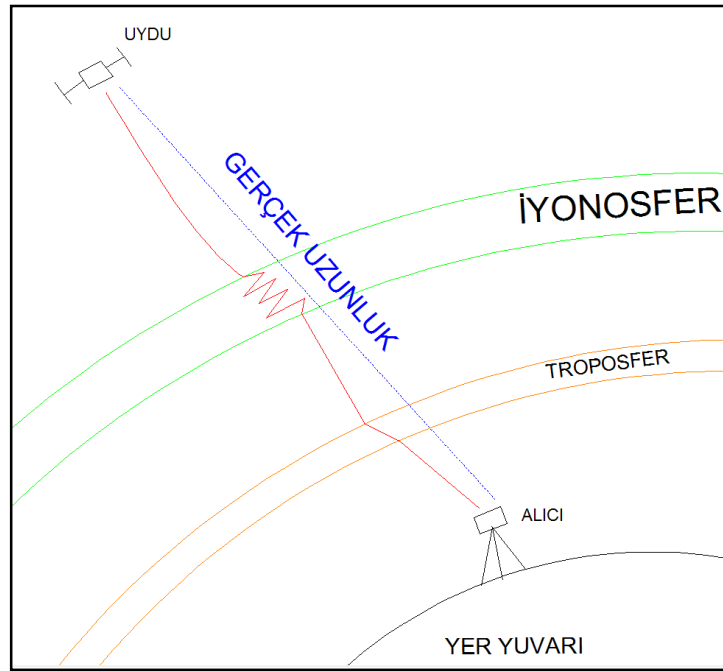
$$P_{IF} = \frac{f_1^2 \cdot P_1 - f_2^2 \cdot P_2}{f_1^2 - f_2^2} = \rho - cdt + d_{trop} \quad (4.3)$$

$$\varphi_{IF} = \frac{f_1^2 \cdot \phi_1 - f_2^2 \cdot \phi_2}{f_1^2 - f_2^2} = \rho - cdt + d_{trop} + \frac{cf_1 N_1 - cf_2 N_2}{f_1^2 - f_2^2} \quad (4.4)$$

Yukarıdaki formülde ρ alıcı ile uydu arasındaki gerçek uzunluğu, c ışık hızını, dt saat hatalarını, d_{trop} ise troposferik düzeltmeyi göstermektedir. N ise faz başlangıç belirsizliği yani ambiguity'yi ifade etmektedir.

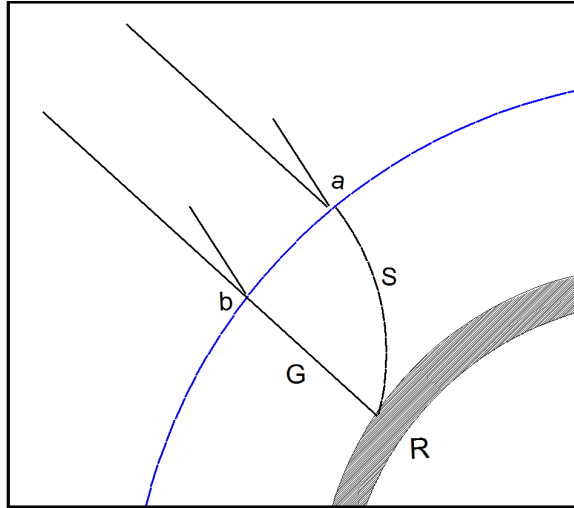
4.1.4.2. Troposfer Etkisi

Troposfer, atmosferin yere temas eden katmanıdır. Yerden yaklaşık 60km yukarı uzanır. Bu tabakada gazların yoğunluğu yüksektir. Ekvatorda kalınlığı ile kutuplardaki kalınlığı farklıdır. Troposferin düzgün bir kalınlığa sahip olmamasının nedeni kutuplar ile ekvator arasındaki sıcaklık farkıdır. Sıcak bölgede gazlar genişirken, kutuplarda soğğun etkisinden dolayı yoğunlaşacaktır. Troposfer, nem, bulut vb. daha birçok faktörden etkilenmektedir. Troposferden geçen kod ve faz sinyallerinin ikisinde gecikmeye uğrar.



Şekil 4.3: Troposfer etkisi.

Troposferik model havanın basıncı, nemi ve sıcaklığına ve uydunun yükseklik açısına bağlı olarak oluşturulmuş bir modeldir. Bu tez kapsamında apriori model olarak isimlendirilen model kullanılmıştır. Aşağıdaki şekilde görüleceği üzere sinyal S yolunu takip ederek alıcıya ulaşmıştır. Ancak hesaplama için gerekli olan G yolunu uzunluğudur. S yolunu takip eden sinyal, her ortamdaki kırılma indisinin değişimine bağlı olarak kırılır. Formül, ortamın kırıcılık indisine göre düzenlenirse a noktasından R noktasına kadar N olarak ifade edilen kırıcılık indislerinin bir fonksiyonu olacaktır. [Yıldız ve Kahveci,2005].



Şekil 4.4:Troposferin modellenmesi.

$$d^z_{trop} = 10^{-6} \int_R^a N dr \quad (4.5)$$

$$N = k_1 \frac{P_d}{T} + k_2 \frac{e}{T} + k_3 \frac{e}{T^2} \quad (4.6)$$

Bu formülde

- P: Kuru Havanın Toplam Atmosferik Basıncı (mbar)
- T: Mutlak Sıcaklık (K)
- e: Su Buharı Basıncı(mbar)
- N: Kırıcılık İndisi'dir.

Tablo 4.1:Troposfer formülünün katsayıları.

$k_1 \left(\frac{K}{mbar} \right)$	$77,604 \pm 0,014$
$k_2 \left(\frac{K}{mbar} \right)$	$64,790 \pm 0,080$
$k_3 \left(\frac{K}{mbar} \right)$	$(63,776 \pm 0,0040) \cdot 10^5$

Kuru ve nemli havanın karışımı şeklinde yazılır ise;

$$d_{trop} = m_{dry} + m_{wet} \quad (4.7)$$

$$m_{dry} = 77.6(P/T) \quad (4.8)$$

$$m_{wet} = 3.73 \times 10^5 (e/T^2) \quad (4.9)$$

Olacaktır.

4.2. PPP Yönteminde Matematiksel Model

$$P_{IF} = \rho + c(dt_R - dt_{sat}) + d_{trop} + \varepsilon_p \quad (4.10)$$

- P_{IF} iyonosferik etkilerden arındırılmış ölçü
- ρ alıcı ve uydu arasındaki geometrik uzunluk
- c ışığın boşluktaki hızı
- d_{trop} Troposferik etki
- ε_p diğer hatalar
- dt_R alıcı saat hatası
- dt_{sat} uydu saat hatasını ifade etmektedir.

Yukarıdaki matematiksel modelden de anlaşıldığı üzere, iyonosferik etkiden arındırılmış ölçü, içinde troposferik etkileri, saat hatalarını ve modellenemeyen diğer hataları içermektedir.

Alıcı tarafında yapılan ölçüler, iyonosferik etkiler ve troposferik etkilerden arındırıldıktan ve uydu saat hataları giderildikten sonra uydu-alıcı arasında düzeltilmiş uzunluk değerleri elde edilir.

Ancak faz ölçüleri ile hesap yapılacağı zaman N olarak ifade edilen ambiguity yani faz başlangıç belirsizliğinin de matematiksel modele eklenmesi gerekmektedir.

$$\varphi_{IF} = \rho + c(dt_R - dt_{sat}) + d_{trop} + N + \varepsilon_\theta \quad (4.11)$$

Yukarıda verilen ölçü değerleri iyonosfer-free düzeltme işlemi yapılmış ölçüdür. İyonosfer-free modeli de, formülde yazılırsa, aşağıdaki denklemler elde edilecektir.

$$P_{IF} = \frac{f_1^2 \cdot P_1 - f_2^2 \cdot P_2}{f_1^2 - f_2^2} = \rho - cdt + d_{trop} \quad (4.12)$$

$$\varphi_{IF} = \frac{f_1^2 \cdot \phi_1 - f_2^2 \cdot \phi_2}{f_1^2 - f_2^2} = \rho - cdt + d_{trop} + \frac{cf_1 N_1 - cf_2 N_2}{f_1^2 - f_2^2} \quad (4.13)$$

"İyonosfer-free" modelinde, L1 ve L2 dalgaları kombine edilir. Bu nedenle L1 ve L2 üzerinden yapılan 2 faz ve 2 kod ölçüsü, tek faz ve tek kod ölçüsüne dönüşür. Her faz ölçüsünde formülde yer alan N_1 ve N_2 faz başlangıç belirsizliğide, bu işlem sonucunda kombine edilerek yeni bir bilinmeyen halini alır. Yeni bilinmeyen aşağıdaki formüllerde N_{IF} olarak ifade edilmiştir.

Yukarıda tanımlanan matematiksel modelin, doğrusallaştırılmış matris formu aşağıda gösterilmiştir [Cocard , 1995],

Tablo 4.2:Katsayılar Matrisinin Oluşumu.

A-matrisi	x	y	z	cdt	N_{IF}
KOD	e_x	e_y	e_z	1	0
FAZ	e_x	e_y	e_z	1	1

$$e_x = \frac{X^i(t_T) - x_j(t_R)}{|X^i(t_T) - x_j(t_R)|} \quad (4.14)$$

$$e_y = \frac{Y^i(t_T) - y_j(t_R)}{|X^i(t_T) - x_j(t_R)|} \quad (4.15)$$

$$e_z = \frac{Z^i(t_T) - z_j(t_R)}{|X^i(t_T) - x_j(t_R)|} \quad (4.16)$$

Aşağıda iki uydu ve iki ölçme anı için A katsayılar matrisinin oluşumu gösterilmiştir.

Tablo 4.3:Lineer Modele İlişkin Katsayılar Matrisi.

Epok	A-matrisi	x	y	z	cdt_1	cdt_2	N_{IF}^1	N_{IF}^2
1	Sat1:Kod	e_x^1	e_y^1	e_z^1	1	0	0	0
1	Sat2:Kod	e_x^2	e_y^2	e_z^2	1	0	0	0
2	Sat1:Kod	e_x^1	e_y^1	e_z^1	0	1	0	0
2	Sat2:Kod	e_x^2	e_y^2	e_z^2	0	1	0	0
1	Sat1:Faz	e_x^1	e_y^1	e_z^1	1	0	1	0
1	Sat2:Faz	e_x^2	e_y^2	e_z^2	1	0	0	1
2	Sat1:Faz	e_x^1	e_y^1	e_z^1	0	1	1	0
2	Sat2:Faz	e_x^2	e_y^2	e_z^2	0	1	0	1

4.2.1. Tekli Farklar (Single Sattelite Difference (SSD))

Uydu sinyallerinin, atmosferik tabakalarda gösterdiği değişimler yukarıda anlatılmıştır. Uyduların ufuk düzlemine göre, yaptıkları açı büyüdükçe, yani uydular ölçü yapılan noktanın başucu (zenit) doğrultusuna yaklaştıkça, uydu sinyallerinin atmosferik tabakalarda aldığı yol azalacağı için, atmosferik etkilerden de daha az etkilenecektir. Ölçü yapılan noktanın başucu doğrultusuna en yakın olan uydudan gelen sinyaller için, troposferik etki en küçük olacaktır. Tekli farklar alınırken, başucu doğrultusuna en yakın olan uyduda yapılan ölçümlerin, diğer uydulardan farkları alınır. Bu şekilde, hem ölçülerde yer alan troposferik etkinin küçülmesi sağlanır, hem de, fark alınan ölçü içinde de aynı zaman bilinmeyi bulduğundan, zaman bilinmeyi elemine olur.

- 1 nolu uyduya yapılan ölçümler,

$$\varphi_{IF}^{sv1} = \rho^{sv1} - cdt + d_{trop}^{sv1} + N_{IF}^{sv1} \quad (4.17)$$

- 2 nolu uyduya yapılan ölçümler

$$\varphi_{IF}^{sv2} = \rho^{sv2} - cdt + d_{trop}^{sv2} + N_{IF}^{sv2} \quad (4.18)$$

- İki uydunun tekli farkı,

$$\varphi_{IF}^{sv2-sv1} = \rho^{sv2-sv1} + d_{trop}^{sv2-sv1} + N_{IF}^{sv2-sv1} \quad (4.19)$$

- Kod ölçüleri için ise aşağıdaki hali alır.

$$P_{IF}^{sv1} = \rho^{sv1} - cdt + d_{trop}^{sv1} \quad (4.20)$$

$$P_{IF}^{sv2}(t) = \rho^{sv2} - cdt + d_{trop}^{sv2} \quad (4.21)$$

$$\Delta P_{IF}^{sat2-sat1} = \rho^{sv2-sv1} + d_{trop}^{sv2-sv1} \quad (4.22)$$

4.2.2. Zaman Farkları (Time Difference (TD))

Birbiri ardına gelen iki ölçme zamanında, aynı uydular için, N faz başlangıç bilinmeyenide aynı olacaktır. Ölçülerin, ardışık iki zaman farklarının alınması durumunda eşitlikte yer alan N faz başlangıç bilinmeyeni elemine olacaktır.

- i ölçme anı faz ölçü eşitliği;

$$\varphi_{IF}^{sv1}(t_i) = \rho^{sv1}(t_i) - cdt(t_i) + d_{trop}^{sv1}(t_i) + N_{IF}^{sv1} \quad (4.23)$$

- $i-1$ ölçme anı faz ölçü eşitliği;

$$\varphi_{IF}^{sv1}(t_{i-1}) = \rho^{sv1}(t_{i-1}) - cdt(t_{i-1}) + d_{trop}^{sv1}(t_{i-1}) + N_{IF}^{sv1} \quad (4.24)$$

- Ardışık iki ölçme anı için ölçü farkları oluşturulursa,

$$\varphi_{IF}^{sv1}(t_i, t_{i-1}) = \rho^{sv1}(t_i, t_{i-1}) + d_{trop}^{sv1}(t_i, t_{i-1}) \quad (4.25)$$

zaman farkı ölçü eşitliği (TD) elde edilmiş olur.

4.2.3. Tekli Fark+Zaman Farkı (SSD+TDF)

- i.ölçme anındaki SSD uygulanmış faz ölçüsü eşitliği

$$\varphi_{IF}^{sv2-sv1}(t_i) = p^{sv2-sv1}(t_i) + d_{trop}^{sv2-sv1}(t_i) + N_{IF}^{sv2-sv1} \quad (4.26)$$

- i-1 ölçme anındaki SSD uygulanmış faz ölçüsü eşitliği

$$\varphi_{IF}^{sv2-sv1}(t_{i-1}) = p^{sv2-sv1}(t_{i-1}) + d_{trop}^{sv2-sv1}(t_{i-1}) + N_{IF}^{sv2-sv1} \quad (4.27)$$

- Tekli fark +zaman farkı eşitliği (SSD+TD) elde edilmiş olur.

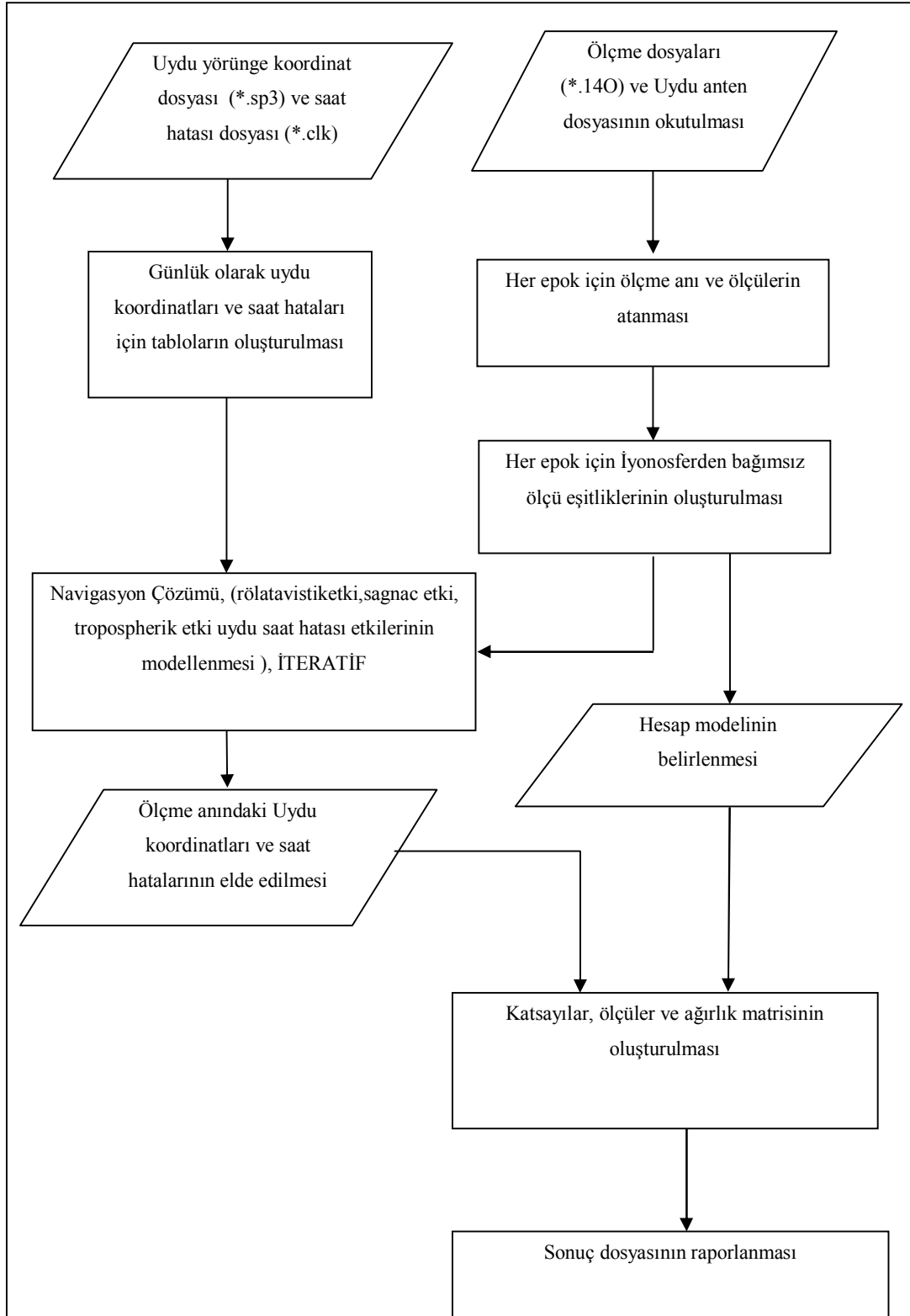
$$\varphi_{IF}^{sv2-sv1}(t_i, t_{i-1}) = \rho^{sv2-sv1}(t_i, t_{i-1}) + d_{trop}^{sv2-sv1}(t_i, t_{i-1}) \quad (4.28)$$

Bu yöntemde, hem zaman bilinmeyi dt , hem de faz başlangıç belirsizliği N elemine edilmiş olur. Ayrıca, troposferik etkininde küçülmesi sağlanır. Ancak ölçü farklarının alınması ile elde edilen yeni eşitliğin, hataların yayılma prensibi gereği gürültü (noise) değerinin yükseleceği açıktır.

4.3. Matlab'da Yazılan Programın Genel Yapısı

Değerlendirmeler, bu tez kapsamında MATLAB programında yazılan program aracılığı ile yapılmıştır.

Verilerin değerlendirilmesinde 15dk'lıkepoklar halinde yayımlanan hassas uydu yörünge koordinatları ve 30sn aralıklı hassas saat düzeltme verileri kullanılmıştır. Uydu Koordinatlarını içeren .sp3 uzantılı dosya ve uydu saat hatalarını içeren .clk uzantılı dosya okutulmuş ve langrange polinomu ile uydu koordinatları ve uydu saat hatalarının ölçü anındaki değerleri hesaplanmıştır. Programın akış diyagramı özet olarak Şekil 4.5 de verilmiştir.



Şekil 4.5: Program akış diyagramı.

5. UYGULAMALAR

5.1. Çalışma Alanı ve Veri Setinin Hazırlanması

Bu tez kapsamında, 13.12.2014 günü ve 15.12.2014 günü 5sn'lik ölçme aralıklı ve yükseklik açısı 10 derece olmak üzere, ASHTECH UZ-12 alıcı ile kayıt edilmiş ölçü dosyaları kullanılmıştır. İki ayrı günde toplanan verilerden ilk gün için, saat 08:30:15 ile 12:40:10 saatleri arasında 396 ölçü epoğundan oluşan dört ayrı veri seti hazırlanmıştır (Tablo 5.1). İkinci gün için ise, saat 00:59:50 ila 11:35:35 saatler arasında yine 396 ölçü epoğundan oluşan, altı ayrı veri seti hazırlanmıştır. Meteorolojik veriler internet üzerinden ortalama olarak elde edilmiştir [Web 6, 2015]

Verilerin değerlendirilmesinde 15dk'lık tablolar halinde yayımlanan hassas uydü yörünge koordinatları (*.sp3 dosyaları) ve 30sn aralıklı hassas saat düzeltme verileri(*.clk dosyaları) kullanılmıştır. Bu dosyalar, IAC sitesinden temin edilmiştir [Web 7, 2015].

Tablo 5.1:Değerlendirmede kullanılan ölçü dosyalarının oluşturulması.

Ölçme Zamanı	Zaman aralığı	Dosy
GPS day: 18226	08:13-08:46	D1.1
	09:09-09:42	D2.1
	10:09-10:42	D3.1
	12:07-12:40	D4.1
GPS day: 18231	00:59-01:32	D5.1
	02:59-03:32	D6.1
	04:58-05:31	D7.1
	06:58-07:31	D8.1
	07:09-07:42	D9.1
	09:03-09:36	D10.
	11:03-11:36	D11.

5.2. CSRS-PPP Servisi ile Verilerin Çözümü

CSRS-PPP Natural Resources Canada tarafından tüm kullanıcılara sunulan PPP tekniğine göre verilerin değerlendirme servislerinden biridir. İnternet ortamında gönderilen ölçü dosyaları PPP metodu ile değerlendirilerek sonuçlar kullanıcılara ulaştırılmaktadır.

Burada, Tablo 5.1 de verilen veri setleri (D1.14o-D11.14o)CSRS-PPPservisi aracılığı ile çözülmüştür ve bu tez kapsamında kullanılan yöntemleri test etmek amacıyla kullanılmıştır. Sonuçlar Tablo 5.2 de verilmiştir.

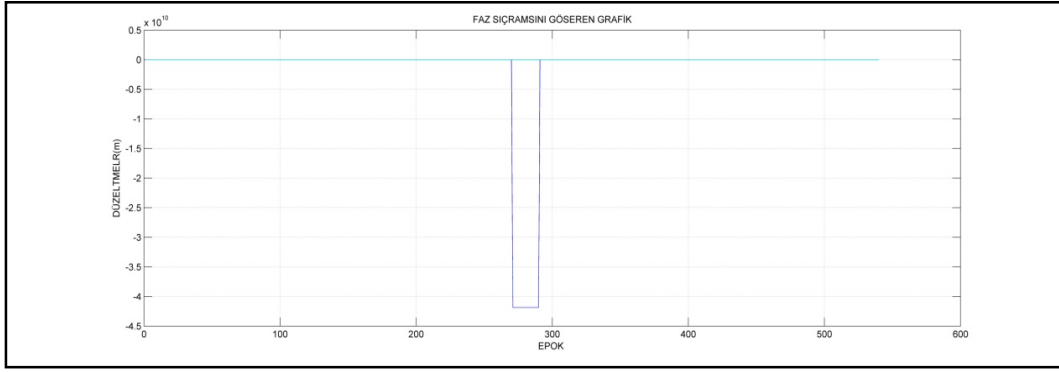
Tablo 5.2:CSRS-PPP Servisinden Elde Edilen Sonuçların Gerçek Değerle Karşılaştırılması.

Ölçme Zamanı	Veri Dosyası	N(m)	E(m)	U(m)
18226	D1.14o	0.02	-0.15	-0.15
	D2.14o	0.00	-0.01	-0.04
	D3.14o	-0.01	0.10	-0.08
	D4.14o	0.00	0.10	0.02
18231	D5.14o	-0.04	- 0.11	0.00
	D6.14o	0.03	0.01	-0.09
	D7.14o	-0.01	0.06	-0.04
	D8.14o	0.00	-0.03	-0.04
	D9.14o	-0.01	- 0.04	-0.03
	D10.14o	-0.01	-0.02	-0.02
	D11.14o	-0.02	0.00	0.04

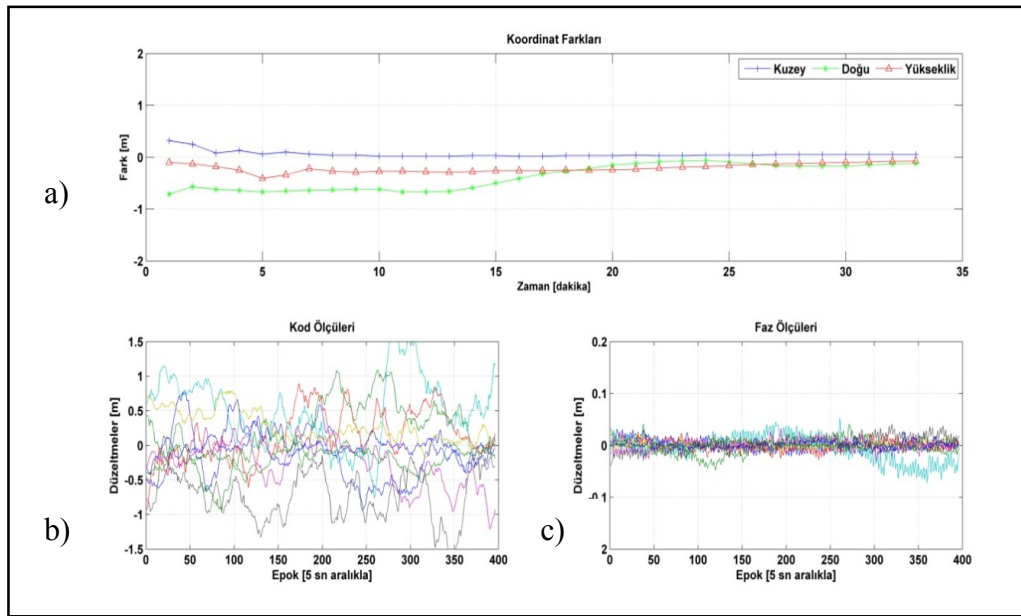
Tüm veri setlerine ilişkin sonuçlar irdelendiğinde, kuzey (N) değerinde en fazla 0.04m farklılık elde edilmiştir, doğu (East) değerinde maksimum 0.15, yukarı (U) 'da ise, yine maksimum 0.15 değerine varan farklar olduğu görülmüştür. 30 dakika civarındaki veri setleri için sonuçlar oldukça tatmin edici gözükmemektedir.

5.3. Fark Almadan(Zero Differance, ZD) Verilerin Değerlendirilmesi

Burada, 35 dakika sürelerle ayrılmış RINEX veriler, iki ayrı günde toplam 11 farklı veri seti, ham ölçülere dayalı olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirilmeye ilişkin model (4.12) ve (4.13) eşitliğinde verilmiştir. Veri setleri, zamana göre Tablo 5.1 verilmiştir.

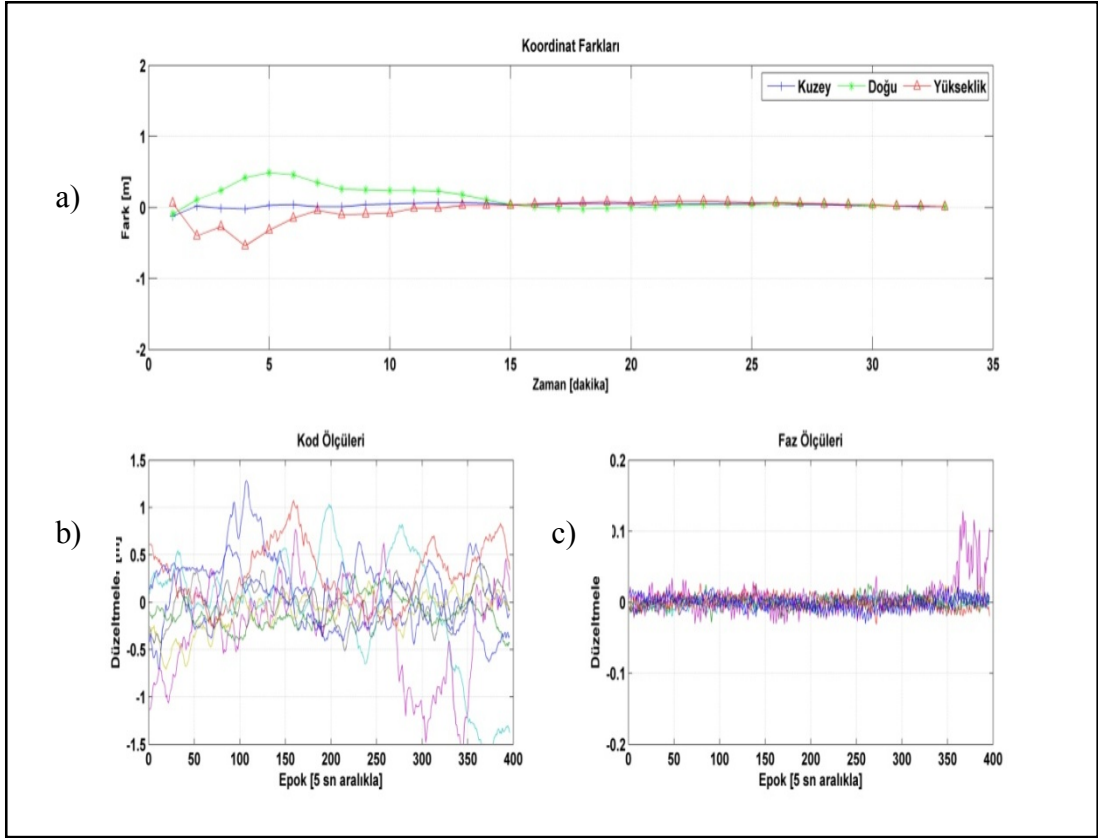


Şekil 5.1: D1.14o veri dosyası için uydu eliminasyonu yapılmadan elde edilen düzeltmeler.



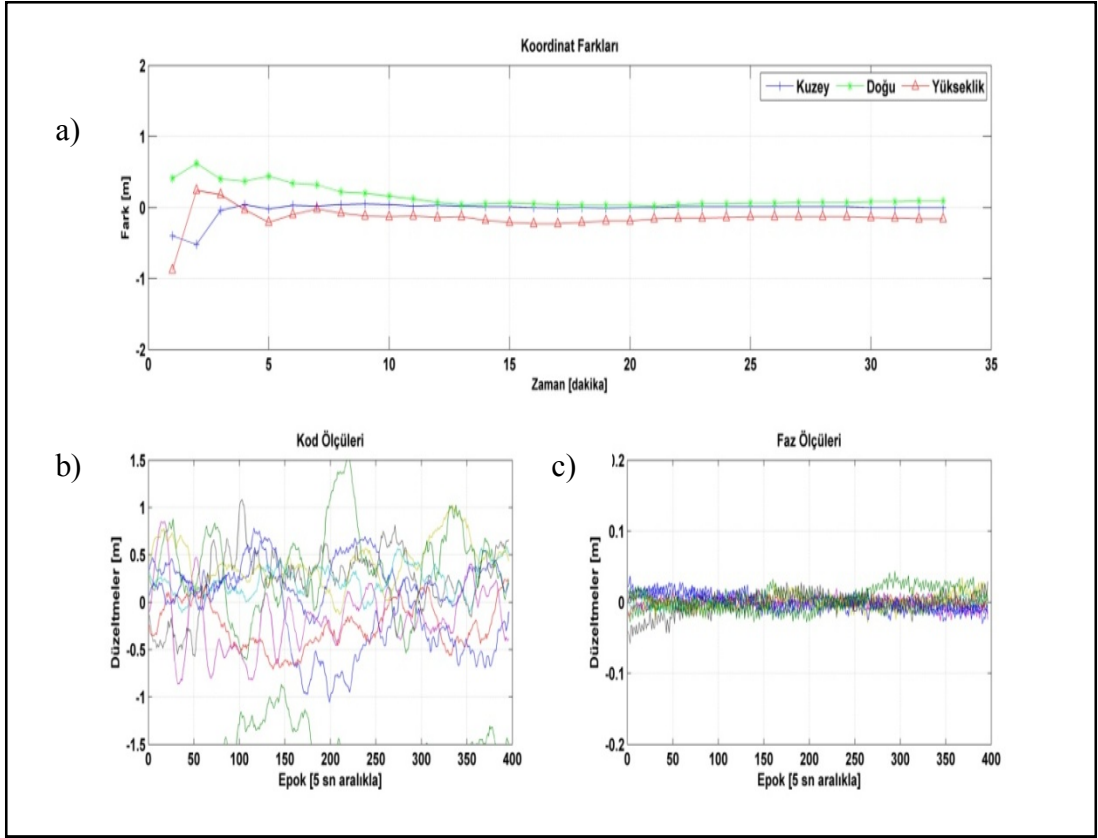
Şekil 5.2: D1.14o veri dosyası için ZD ölçülere göre (Model 1) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =3.7, uydu sayısı=10, a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c)Faz Ölçüleri.

İlk veri sonuçlarına göre ZD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin reel değer alınmasıyla elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için 5 cm, doğu için, -12 cm ve yükseklik için ise -7 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Faz ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde 16 numaralı uydunun sistematik bir hata içerdiği söylenebilir. 1 ve 15 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır. Şekil 5.1 çiziminde görüleceği üzere, 1 ve 15 nolu uydular değerlendirmeye dahil edildiğinde, elde edilen düzeltme grafiğinde faz sıçraması tespit edilmektedir.



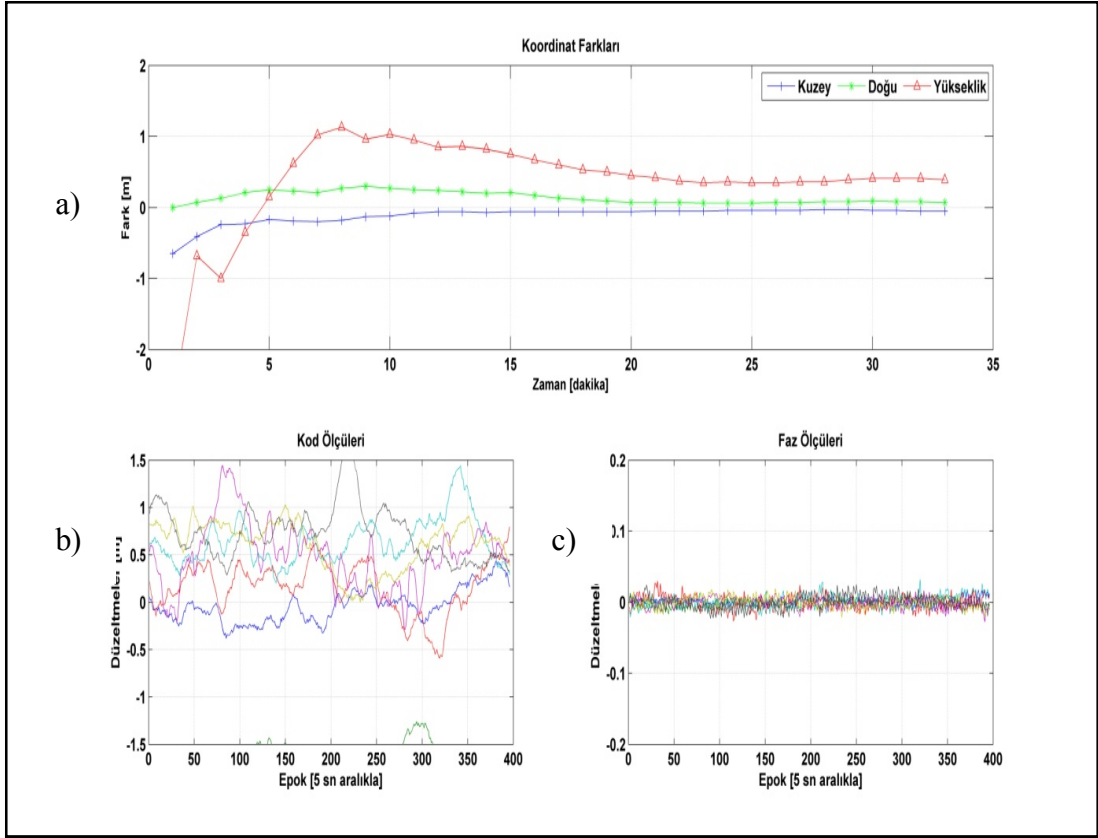
Şekil 5.3: D2.14o veri dosyası için ZD ölçülere göre (Model 1) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.1, uydu sayısı=9, a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D2.14o veri sonuçlarına göre ZD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin reel değer alınmasıyla elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için 1 cm, doğu için, 1 cm ve yükseklik için ise 1 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Faz ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde 18 numaralı uydunun sistematik bir hata içerdiği söylenebilir. Bu hesaplamada 21nolu uydu değerlendirme dışı bırakılmıştır.



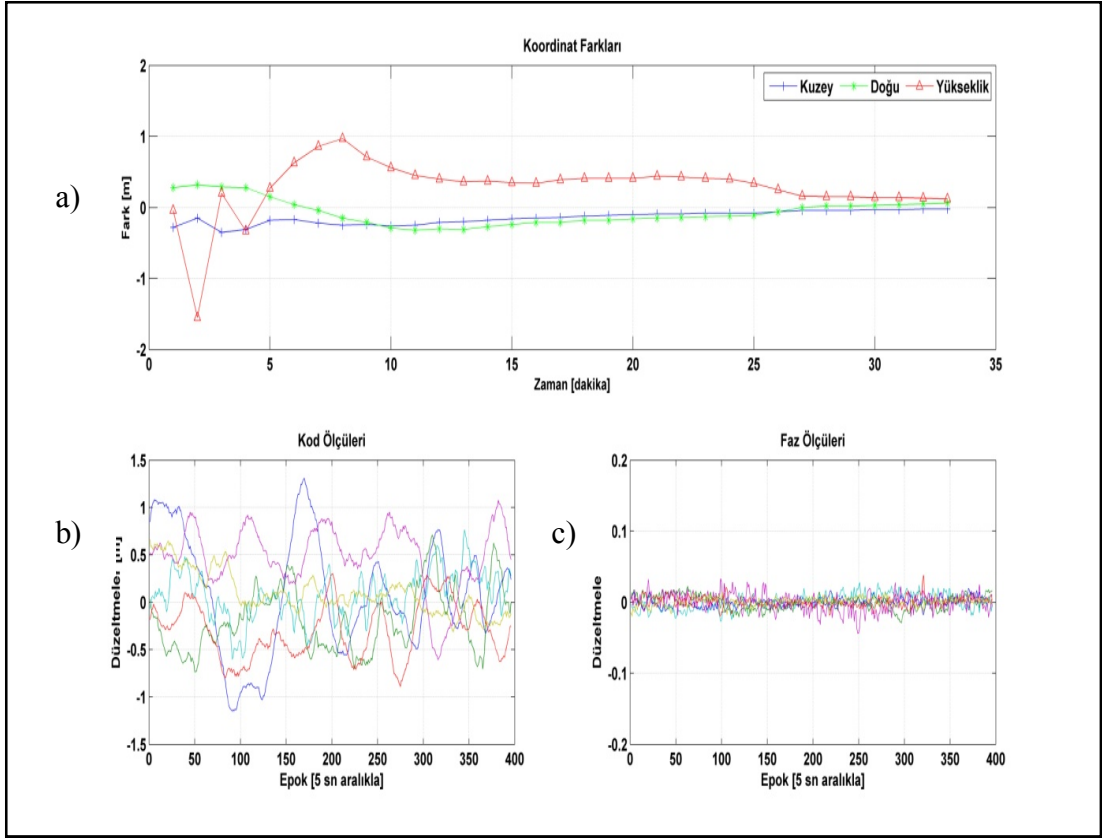
Şekil 5.4: D3.14o veri dosyası için ZD ölçülere göre (Model 1) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =3.9, uydu sayısı=10, a) Kordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D3.14o veri sonuçlarına göre ZD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin reel değer alınmasıyla elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için 0 cm, doğu için, 9 cm ve yükseklik için ise -16 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde 3 nolu uydunun düzeltme değerinin -1.5m büyük olduğu görülmektedir. Faz ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde ise 27 numaralı uydunun sistematik bir hata içerdiği söylenebilir. Bu hesaplamada 28 ve 31 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



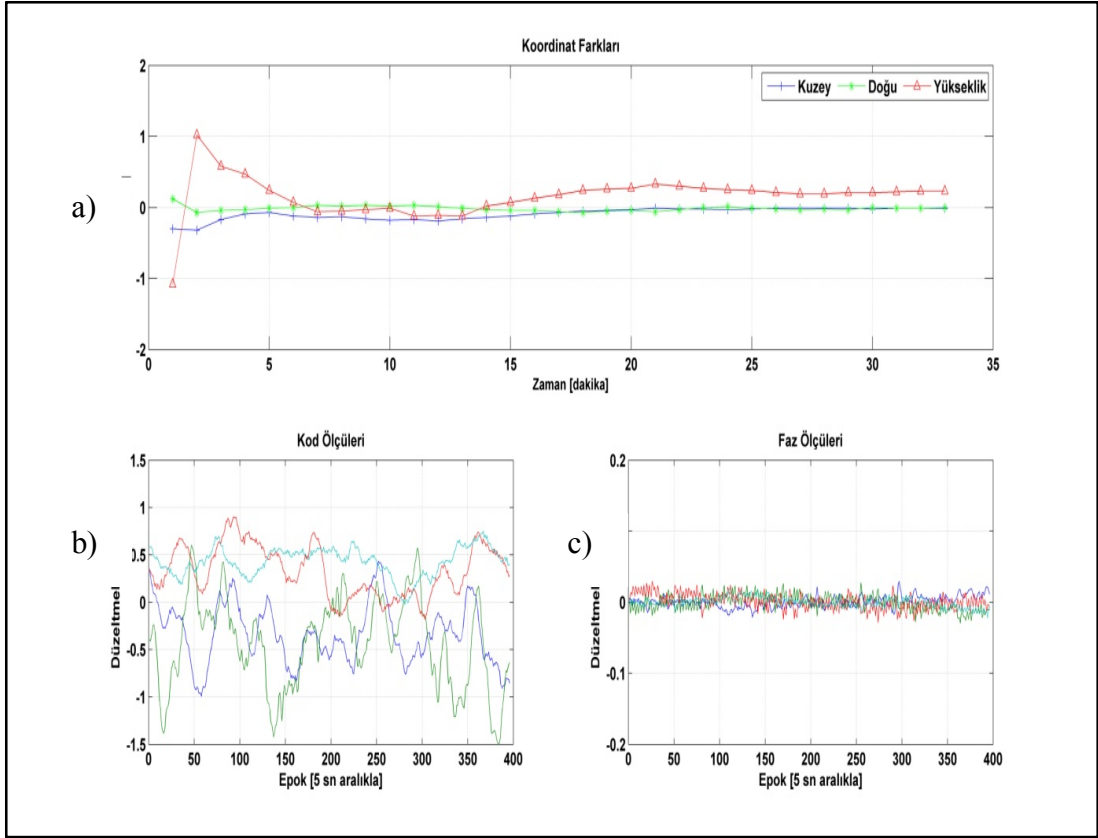
Şekil 5.5: D4.14o veri dosyası için ZD ölçülere göre (Model 1) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =4.5, uydu sayısı=9a) Kordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D4.14o veri sonuçlarına göre ZD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin reel değer alınmasıyla elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -5 cm, doğu için, 7 cm ve yükseklik için ise -39 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde 3 nolu uydunun düzeltme değerinin -1.5m büyük olduğu, faz ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde ise düzeltme değerlerinin ± 5 cm'in altında olduğu görülmektedir. Ancak sonuç değerinde yükseklik değerinin 0.39cm değerinde ulaşmıştır. Bu hesaplamada 9 ve 14 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



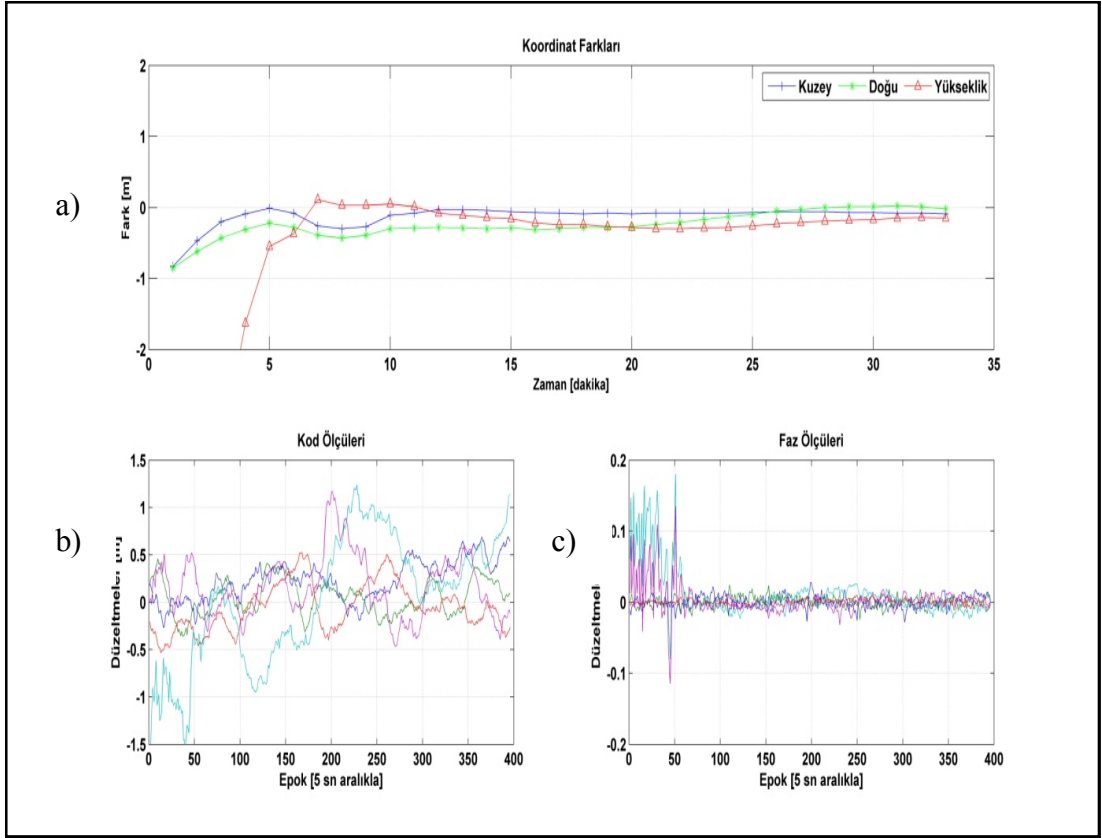
Şekil 5.6: D5.14o veri dosyası için ZD ölçülere göre (Model 1) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.3, uydu sayısı=7a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D5.14o sonuçlarına göre ZD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin reel değer alınmasıyla elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -2 cm, doğu için, 6 cm ve yükseklik için ise -12 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde sistematik hata görülmemektedir. Faz ölçülerinin düzeltme değerlerinin ± 5 cm'in altında olduğu görülmektedir. Bu hesaplamada 5,10 ve 31 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



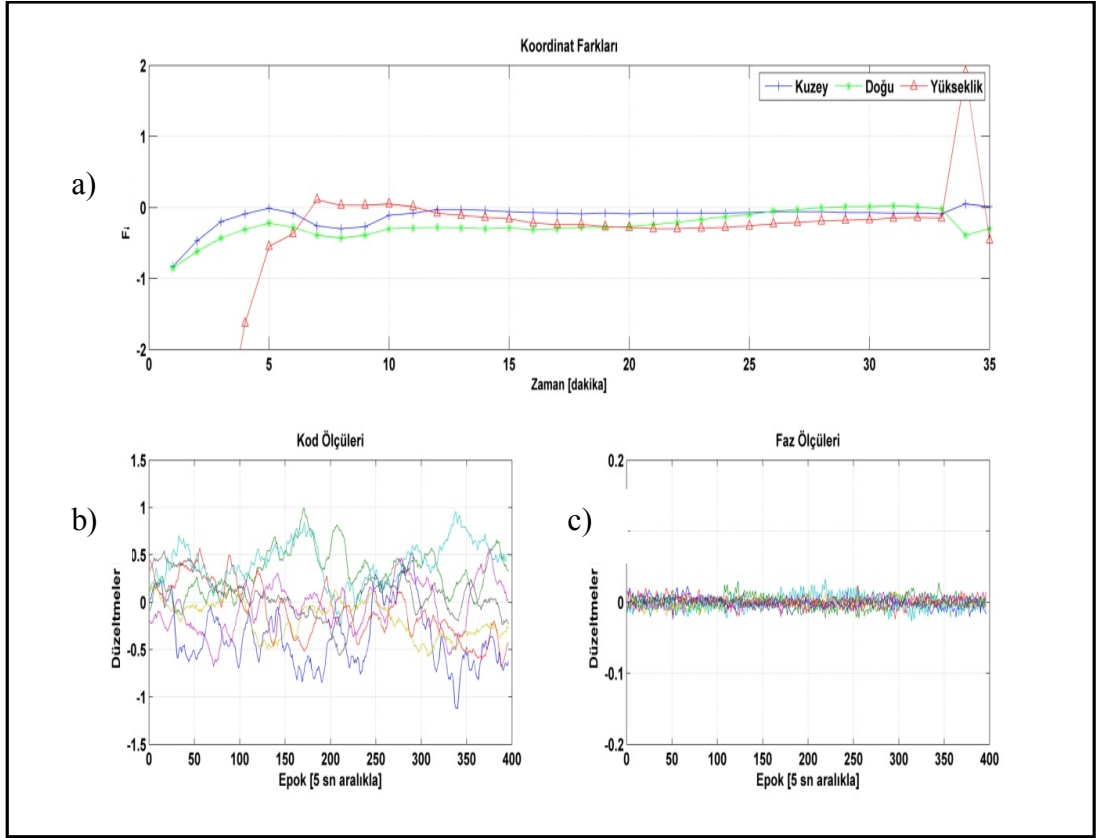
Şekil 5.7: D6.14o veri dosyası için ZD ölçülere göre (Model 1) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.1, uydu sayısı=6a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D6.14o sonuçlarına göre ZD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin reel değer alınmasıyla elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -1 cm, doğu için, 0 cm ve yükseklik için ise -23 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde sistematik hata görülmemektedir. Faz ölçülerinin düzeltme değerlerinin ± 5 cm'in altında olduğu görülmektedir. Ancak yükseklik değerinde 23cm değerine ulaşılmıştır. Bu hesaplamada 2 nolu uydu değerlendirme dışı bırakılmıştır.



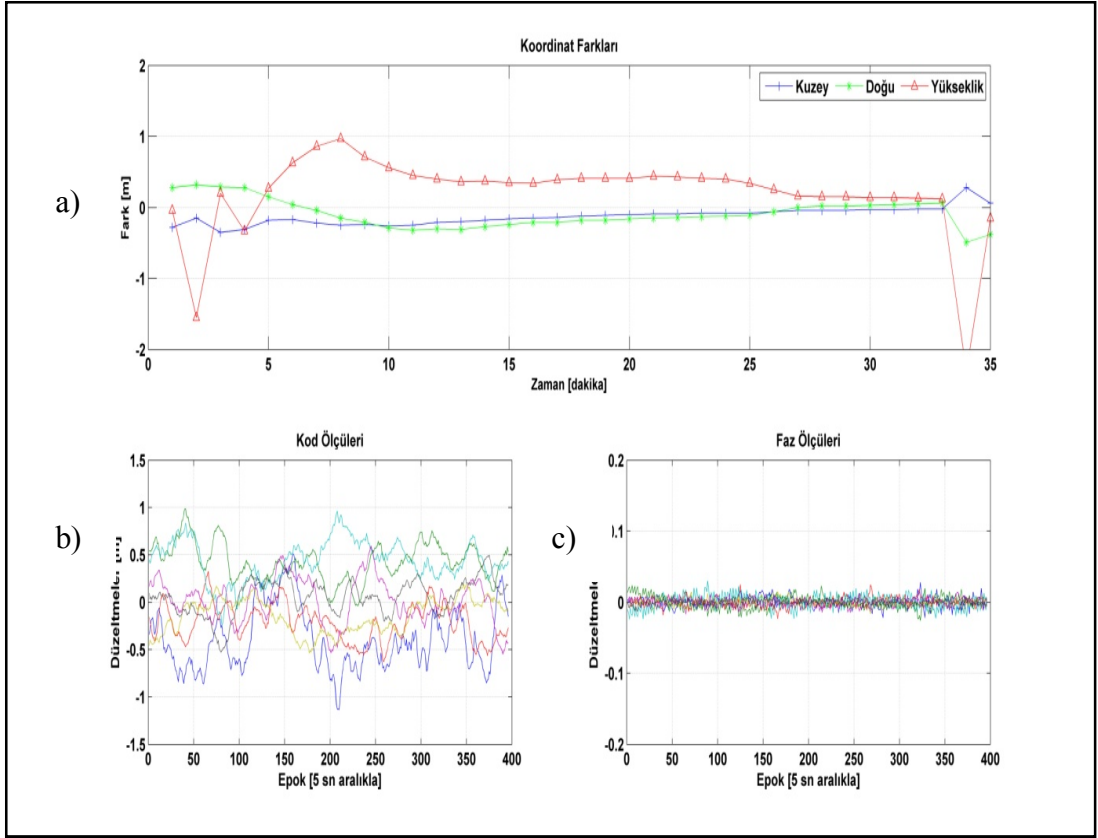
Şekil 5.8: D7.14o veri dosyası için ZD ölçülere göre (Model 1) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.0, uydusu=6a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D7.14o sonuçlarına göre ZD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin reel değer alınmasıyla elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -9 cm, doğu için, -2 cm ve yükseklik için ise -15 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ölçüleri incelendiğinde 22 ve 27 nolu uyduların düzeltme grafiğinin düzgün olmadığı görülmektedir. Faz ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde ise ilk 80 epokta 22 ve 27 nolu uyduların düzeltme değerlerinin 10cm'den yüksek olduğu görülmektedir. Bu hesaplamada 5, 15, 25 ve 31 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



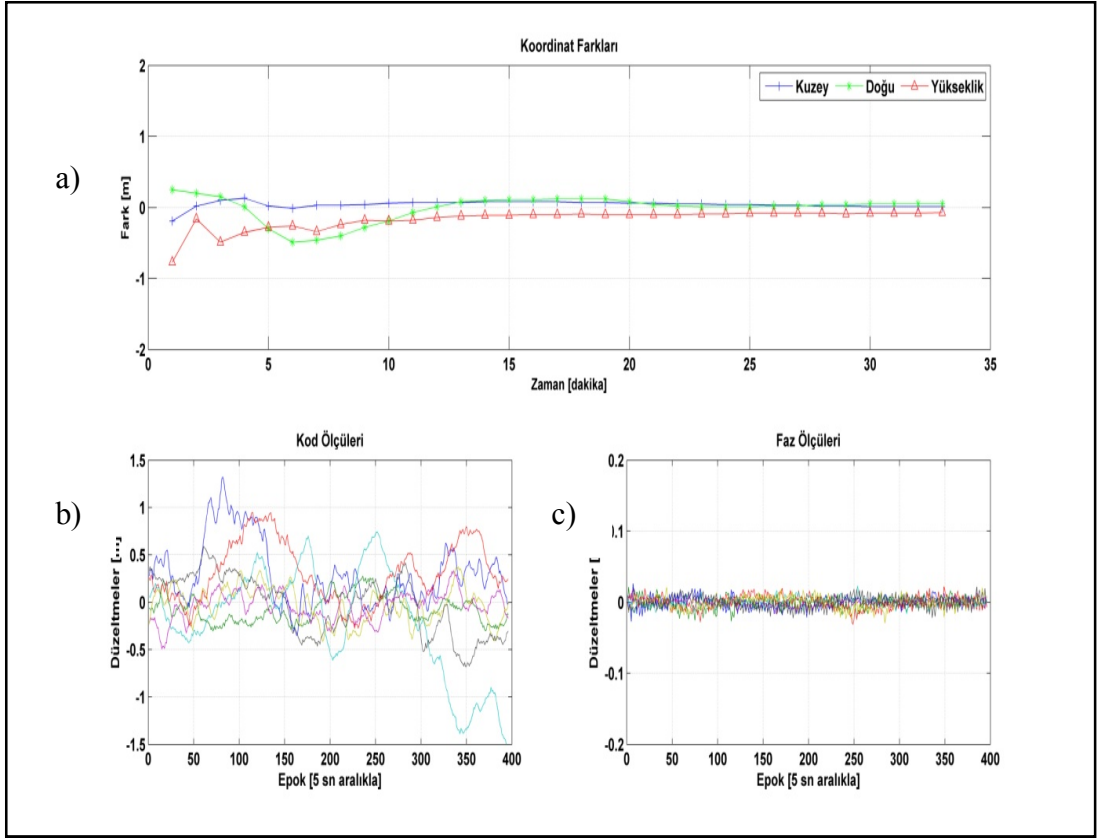
Şekil 5.9: D8.14o veri dosyası için ZD ölçülere göre (Model 1) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.1, uydusu sayısı=7a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D8.14o sonuçlarına göre ZD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin reel değer alınmasıyla elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -1 cm, doğu için, -12 cm ve yükseklik için ise -11 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçüleri incelendiğinde sistematik hata görülmemektedir. Bu hesaplamada 4 ve 14 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



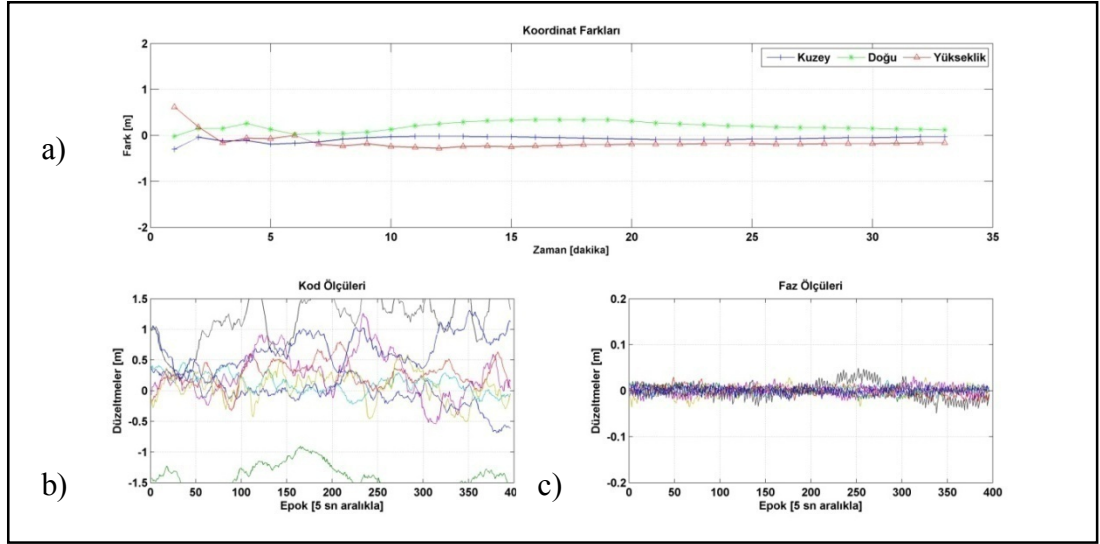
Şekil 5.10: D9.14o veri dosyası için ZD ölçülere göre (Model 1) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =4.7, uydu sayısı=7a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D9.14o sonuçlarına göre ZD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin reel değer alınmasıyla elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -3 cm, doğu için, -13 cm ve yükseklik için ise -19 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçüleri incelendiğinde sistematik hata görülmemektedir. Bu hesaplamada 4 ve 14 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



Şekil 5.11 D10.14o veri dosyası için ZD ölçülere göre (Model 1) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.8, uydu sayısı=8a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D10.14o sonuçlarına göre ZD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin reel değer alınmasıyla elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -1 cm, doğu için, -5 cm ve yükseklik için ise -7 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçüleri incelendiğinde sistematik hata görülmemektedir. Bu hesaplamada 3, 18 ve 21 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



Şekil 5.12: D11.14o veri dosyası için ZD ölçülere göre (Model 1) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =3.7, uyduru sayısı=10a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

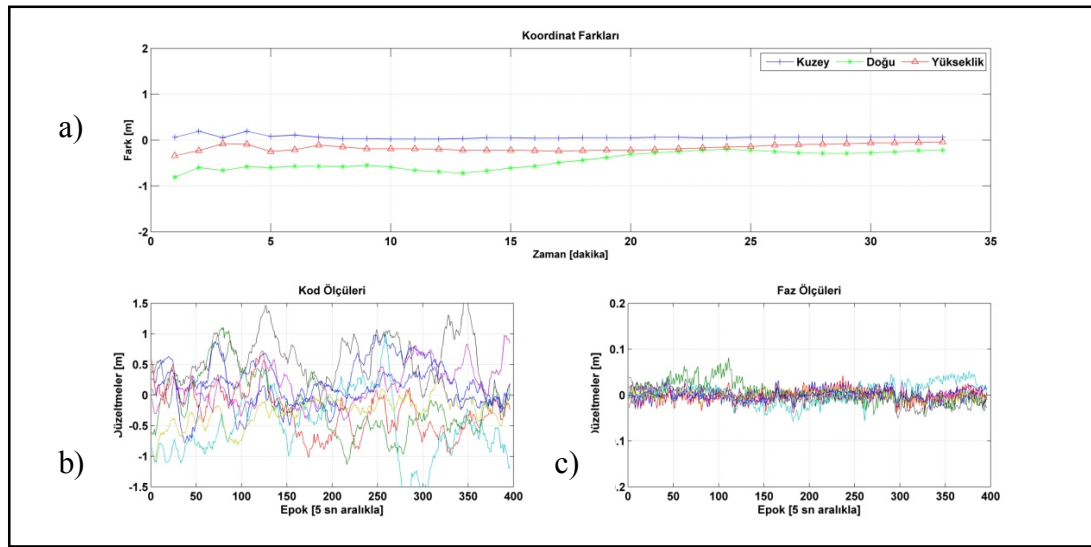
D11.14o sonuçlarına göre ZD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin reel değer alınmasıyla elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -1 cm, doğu için, 12 cm ve yükseklik için ise -16 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ölçüleri incelendiğinde 3 ve 19 nolu uyduların düzeltme değerlerinin $\pm 1.5m$ den yüksek olduğu, faz ölçülerinde ise 19 nolu uydunun sistematik hata içerdiği görülmektedir. Bu hesaplamada 22 ve 23 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.

Tablo 5.3:Fark almadan 35 dakika süreli ölçme verilerinin değerlendirme sonuçlarının gerçek değerle karşılaştırılması

Ölçme Zamanı	Veri Dosyası	N(m)	E(m)	U(m)
GPS day: 18226	D1.14o	0.05	-0.12	-0.07
	D2.14o	0.01	0.01	0.01
	D3.14o	0.00	0.09	-0.16
	D4.14o	-0.05	0.07	0.39
GPS day: 18231	D5.14o	-0.02	0.06	0.12
	D6.14o	-0.01	0.00	0.23
	D7.14o	-0.09	-0.02	-0.15
	D8.14o	-0.01	-0.12	-0.11
	D9.14o	-0.03	-0.13	-0.19
	D10.14o	0.01	0.05	-0.07
	D11.14o	-0.03	0.12	-0.16

Fark almadan yapılan değerlendirmede, bilinmeyenler matrisi, XYZ, Zaman, Zenith Path Delay(ZPD) ve N bilinmeyenlerini kapsamaktadır. Ağırlık matrisi, faz-kod ölçüleri ayırımı ve uydu yükseklik açısına (Elevation) bağlı olarak oluşturulmuştur. Faz ölçülerinin ağırlığı kod ölçülerine göre fazla alınmış, yükseklik açısına bağlı ağırlık ise, $1/\sin(E)$ formülü ile elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlarda kuzey değerinde maksimum 0.09m, doğu değerinde maksimum 0.13m ve yükseklikte maksimum 0.39 değerlerine ulaşıldığı görülmektedir. Ölçü setlerinden kuzey, doğu ve yukarı değerlerinin her üçünde ulaşılan en iyi ölçü 0.01m,0.01m,0.01m değerindedir. En kötü ölçü sonucunun ise, 0.05m, 0.07m, 0.39m değerlerinde olduğu görülmektedir. Elemine edilen uydular tablo 5.7'de gösterilmiştir.

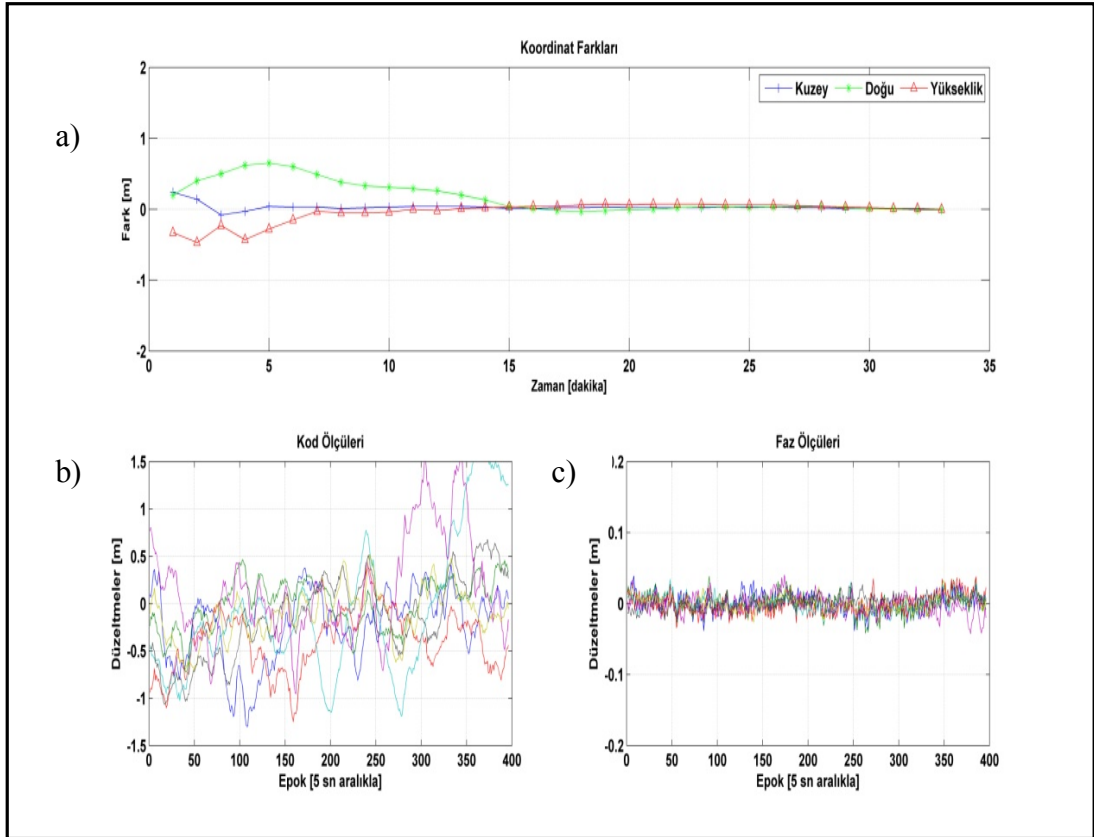
5.4. Uydular Arası Tekli Fark (SSD) Ölçüleri Dayalı Çözüm



Şekil 5.13: D1.14o veri dosyası için SSD ölçülere göre (Model 2) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =3.7, uydu sayısı=10a) Kordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

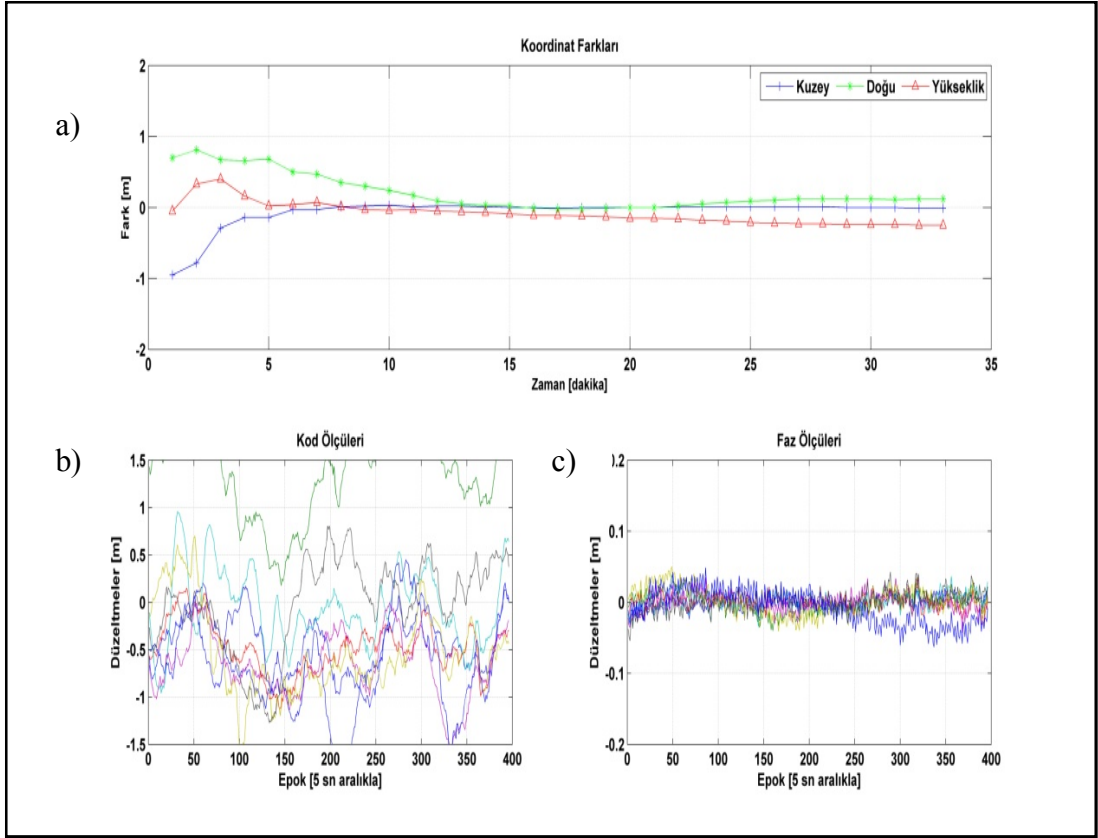
İlk veri sonuçlarına göre SSD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin reel değer alınmasıyla elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için 6 cm, doğu için, -22 cm ve yükseklik için ise -4 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Faz ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde 11 nolu uydunun ilk 100 epokunda sistematik bir hata olduğu

görülmektedir SSD için referans uydusu 22 nolu uydusu alınmıştır. 1 ve 15 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



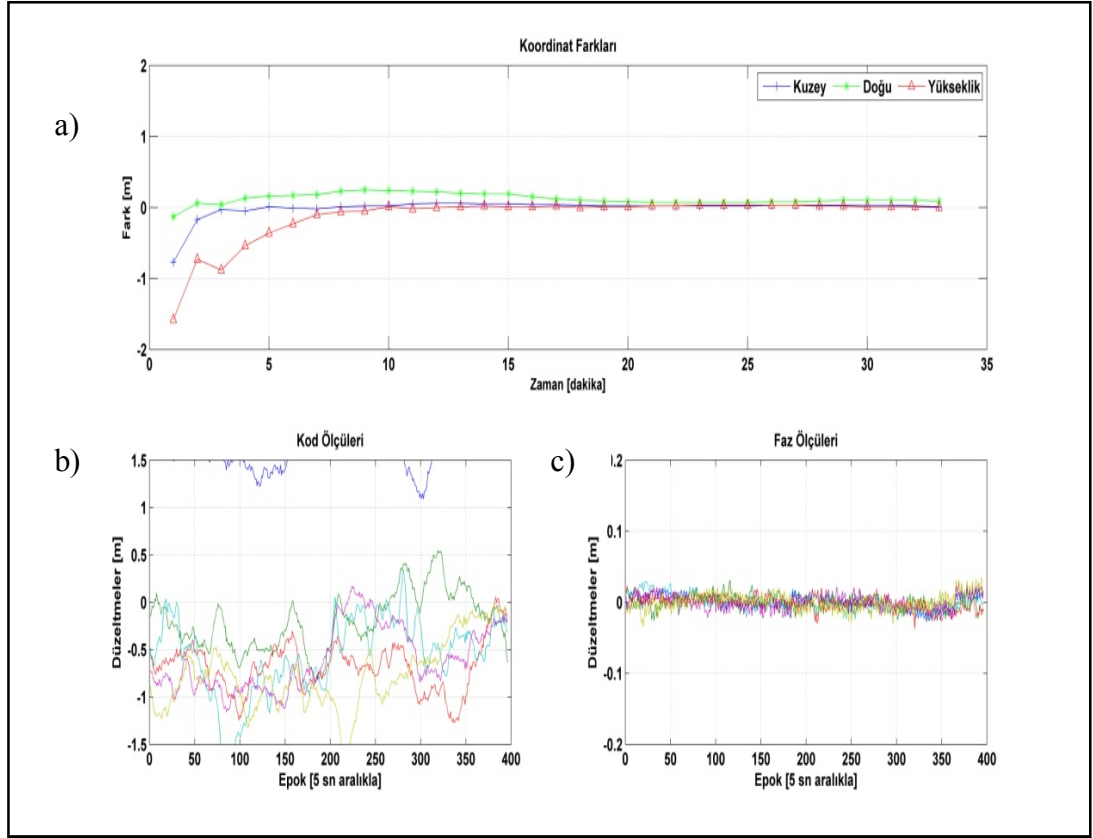
Şekil 5.14: D2.14o veri dosyası için SSD ölçülere göre (Model 2) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.1, uydusu sayısı=9a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D2.14o sonuçlarına göre SSD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin reel değer alınmasıyla elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için 1 cm, doğu için, 1 cm ve yükseklik için ise 0 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde 14 ve 18 nolu uyduların 1.5m'den büyük değerlere ulaştığı görülmektedir. Faz ölçülerinin ise ± 5 cm'den düşük değerlerde kaldığı görülmektedir. SSD için referans olarak 19 nolu uydusu alınmıştır. 21 nolu uydusu değerlendirme dışı bırakılmıştır.



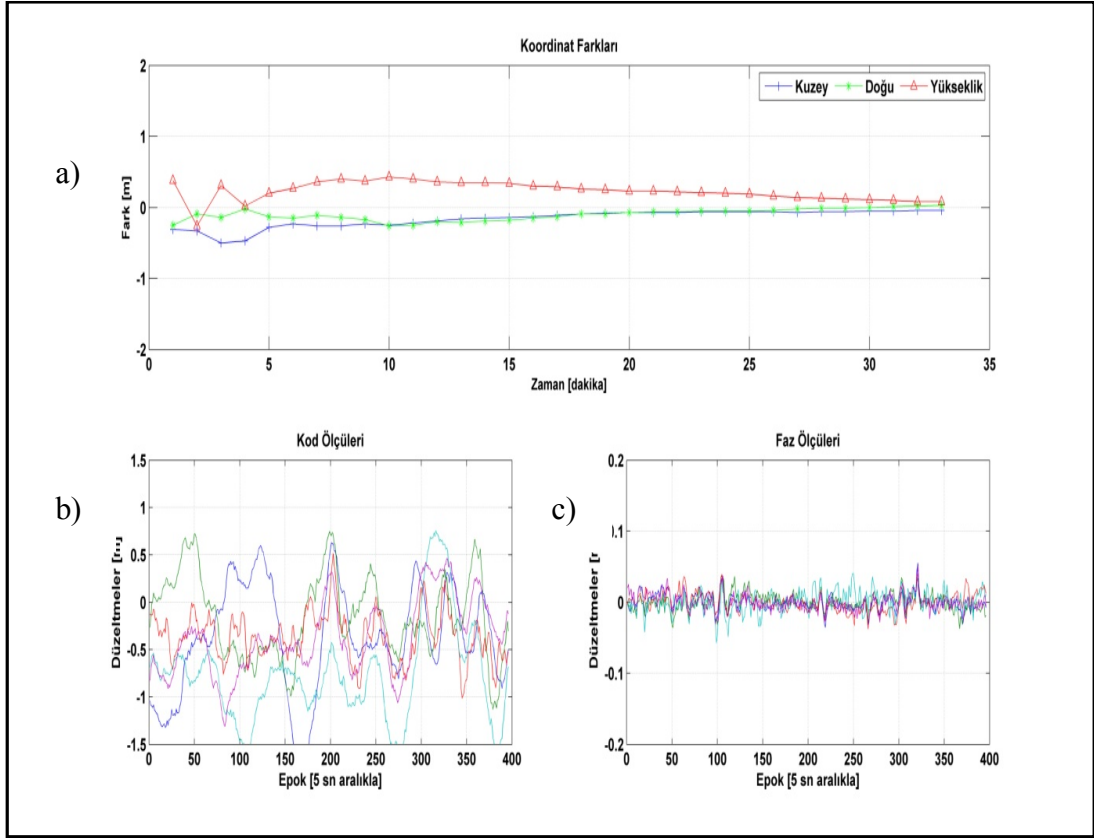
Şekil 5.15 D3.14o veri dosyası için SSD ölçülere göre (Model 2) verilerin değerlendirme sonuçları ,Ortalama GDOP =3.9, uydu sayısı=10a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D3.14o sonuçlarına göre SSD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin reel değer alınmasıyla elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için 1 cm, doğu için, 12 cm ve yükseklik için ise 25cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde 3nolu uydunun 1.5m'den büyük değerlere ulaşıldığı görülmektedir. Faz ölçüleri incelendiğinde ise 27 nolu uydunun sistematik hata içerdiği görülmektedir.SSD için referans uydu 4 nolu uydu alınmıştır. 28 ve 31 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



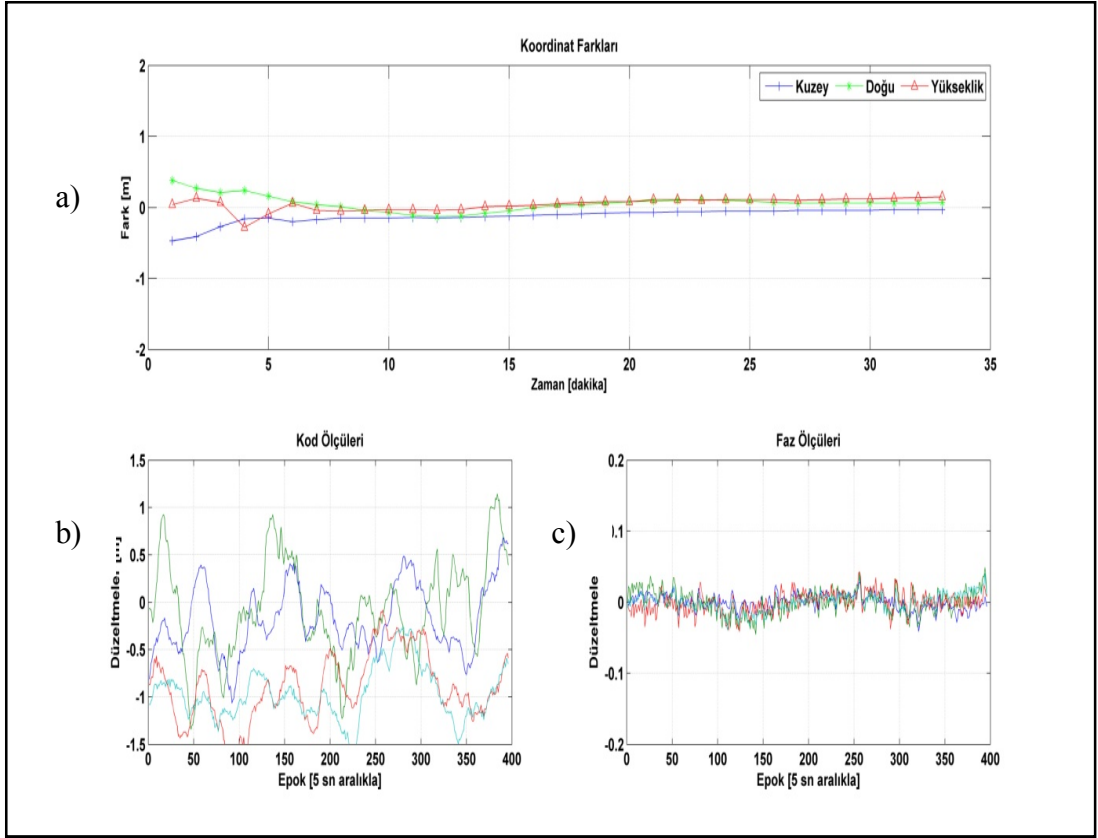
Şekil 5.16: D4.14o veri dosyası için SSD ölçülere göre (Model 2) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =4.5, uydu sayısı=9a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D4.14o sonuçlarına göre SSD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin reel değer alınmasıyla elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için 1 cm, doğu için, 9 cm ve yükseklik için ise 0 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde 3 nolu uydunun 1.5m'den büyük değerlere ulaştığı görülmektedir. Faz ölçüleri incelendiğinde ise ölçülerde sistematik hata olmadığı görülmektedir. SSD için referans olarak 1 nolu uydu alınmıştır. 9 ve 14 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



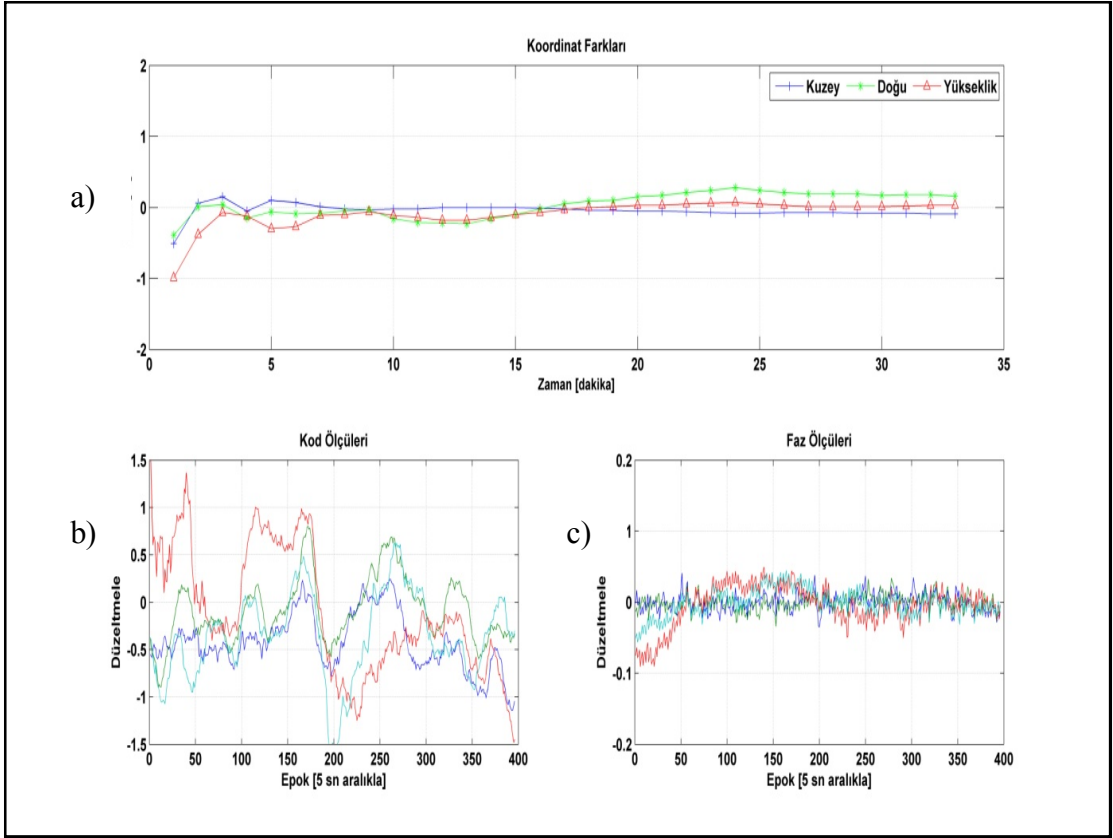
Şekil 5.17: D5.14o veri dosyası için SSD ölçülere göre (Model 2) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.3, uydusu=7a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D5.14o sonuçlarına göre SSD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin reel değer alınmasıyla elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -4 cm, doğu için, 3 cm ve yükseklik için ise 8 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde sistematik bir hata olmadığı görülmektedir. SSD için referans olarak 12 nolu uydusu seçilmiştir. 5,10 ve 31 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



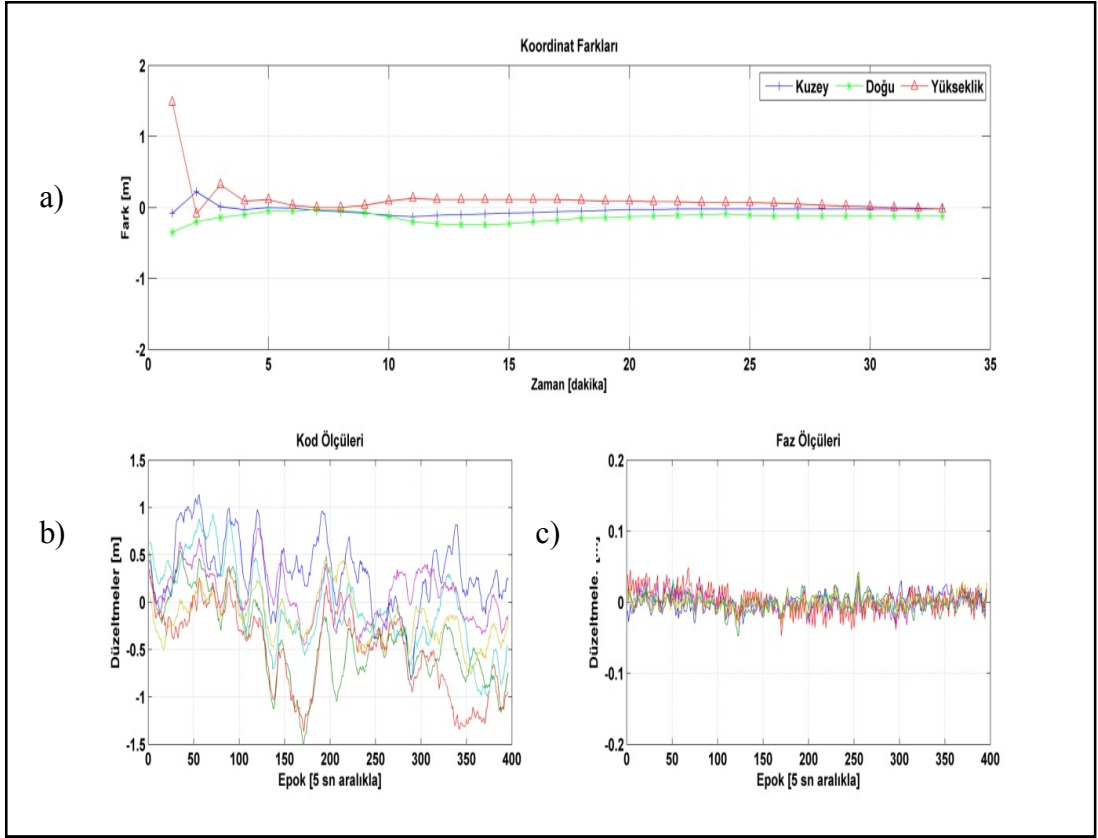
Şekil 5.18: D6.14o veri dosyası için SSD ölçülere göre (Model 2) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.1, uydu sayısı=6a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D6.14o sonuçlarına göre SSD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin reel değer alınmasıyla elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -3 cm, doğu için, 7 cm ve yükseklik için ise 15 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde bütün değerlerde sinüzoidal bir dalgalanma dikkat çekmektedir. SSD için referans olarak 29 nolu uydu seçilmiştir. 5,10 ve 31 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



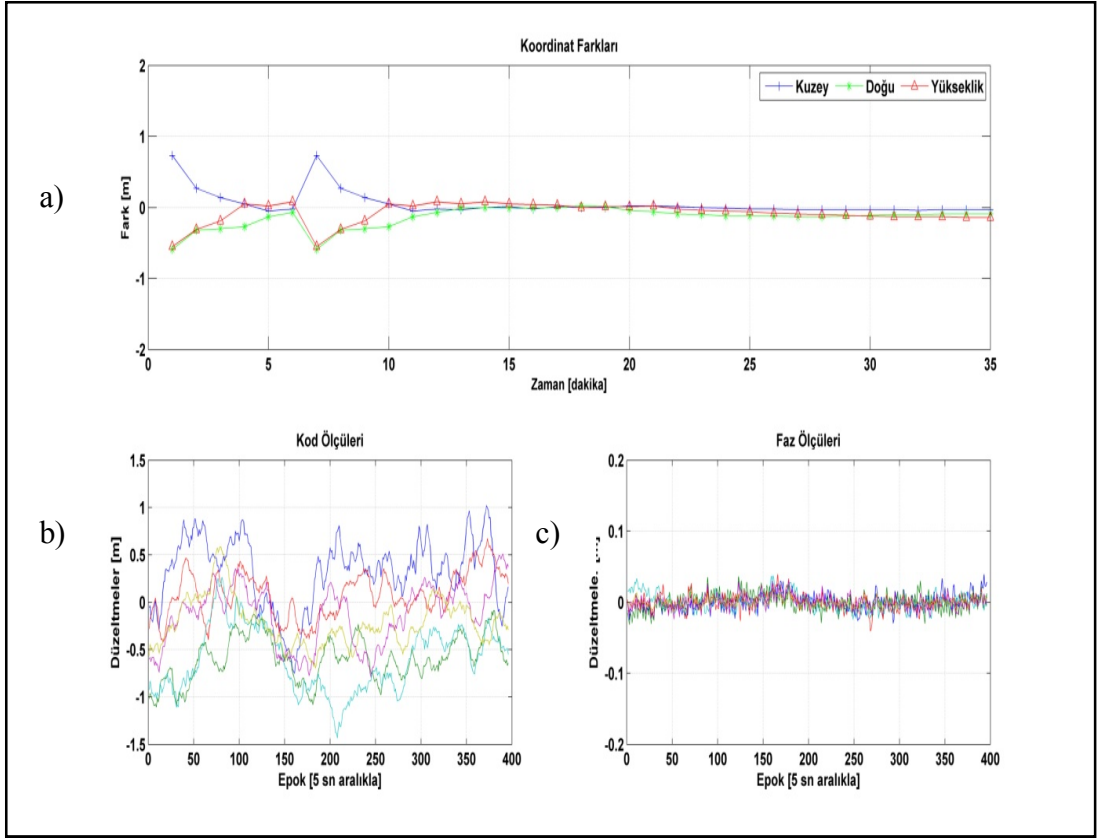
Şekil 5.19: D7.14o veri dosyası için SSD ölçülere göre (Model 2) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.0, uydu sayısı=6a) Kordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D7.14o sonuçlarına göre SSD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin reel değer alınmasıyla elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -5 cm, doğu için, -15 cm ve yükseklik için ise -3 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ölçüleri incelendiğinde 22 ve 27 nolu uyduların düzeltme grafiğinin düzgün olmadığı görülmektedir. Faz ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde 22 ve 27 nolu uyduların sistematik bir hata içerdiği düşünülmektedir. SSD için 21 nolu uydu referans seçilmiştir. Bu hesaplamada 5, 15, 25 ve 31 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



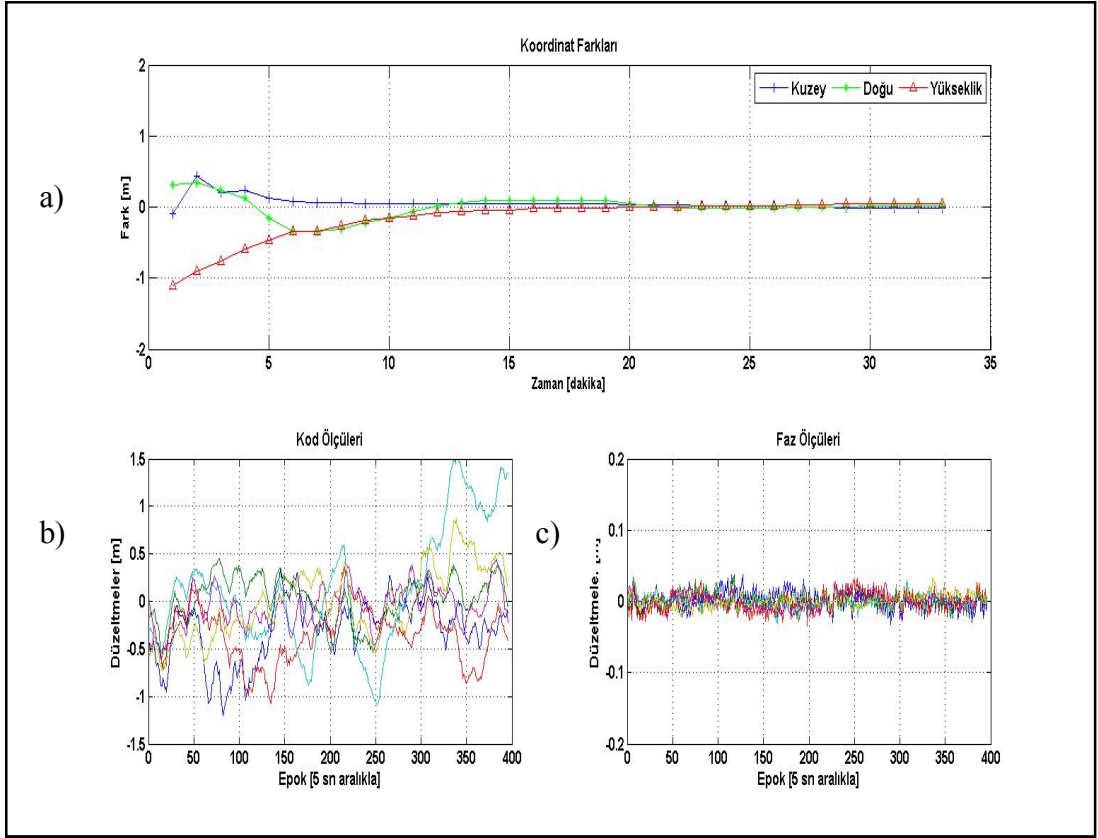
Şekil 5.20: D8.14o veri dosyası için SSD ölçülere göre (Model 2) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.1, uydu sayısı=7a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D8.14o sonuçlarına göre SSD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin reel değer alınmasıyla elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -2 cm, doğu için, -12 cm ve yükseklik için ise -2 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçüleri incelendiğinde ölçülerin genelinde sinüzoidal bir hareket gözlenmektedir. SSD için 18 nolu uydu referans uydu seçilmiştir. Bu hesaplamada 4 ve 14 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



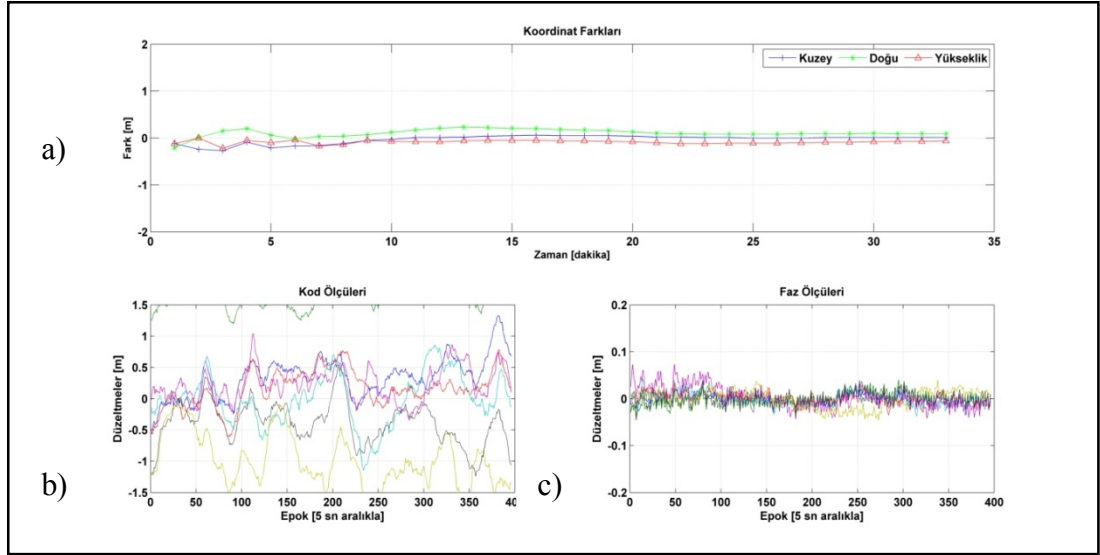
Şekil 5.21: D9.14o veri dosyası için SSD ölçülere göre (Model 2) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =4.7, uydu sayısı=7a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D9.14o sonuçlarına göre SSD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin reel değer alınmasıyla elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -3 cm, doğu için, -9 cm ve yükseklik için ise -14 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçüleri incelendiğinde sinüzoidal bir dalgalanma görülmektedir. SSD için 22 nolu uydu referans uydu seçilmiştir. Bu hesaplamada 4 ve 14 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



Şekil 5.22: D10.14o veri dosyası için SSD ölçülere göre (Model 2) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.8, uydu sayısı=8a) Kordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D10.14o sonuçlarına göre SSD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin reel değer alınmasıyla elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -1 cm, doğu için, 1 cm ve yükseklik için ise 5 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçüleri incelendiğinde sinüzoidal bir dalgalanma görülmektedir. SSD için 19 nolu uydu referans seçilmiştir. Bu hesaplamada 3, 18 ve 21 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



Şekil 5.23:D11.14o veri dosyası için SSD ölçülere göre (Model 2) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =3.7, uydur sayısı=10a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D11.14o sonuçlarına göre SSD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin reel değer alınmasıyla elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için 1 cm, doğu için, 9 cm ve yükseklik için ise -6cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçüleri incelendiğinde sistematik hata görülmemiştir. SSD için 4 nolu uydur referans seçilmiştir. Bu hesaplamada 22 ve 23 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.

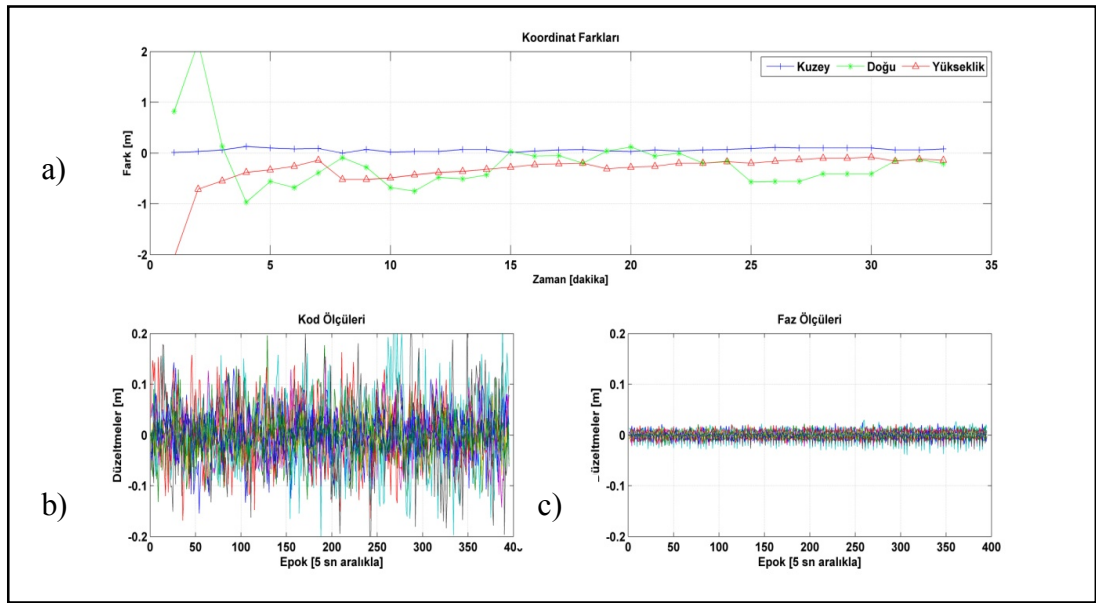
Tablo 5.4:Uydular arası tekli fark alınarak 35 dakika süreli ölçme verilerinin değerlendirme sonuçlarının gerçek değerle karşılaştırılması

Ölçme Zamanı	Veri Dosyası	N(m)	E(m)	U(m)
GPS day: 18226	D1.14o	0.06	-0.22	-0.04
	D2.14o	0.01	0.01	0.00
	D3.14o	0.01	0.12	-0.25
	D4.14o	0.01	0.09	0.00
GPS day: 18231	D5.14o	-0.04	0.03	0.08
	D6.14o	-0.03	0.07	0.15
	D7.14o	-0.05	-0.15	0.03
	D8.14o	-0.02	-0.12	-0.02
	D9.14o	-0.03	-0.09	-0.14
	D10.14o	-0.01	0.01	0.05
	D11.14o	0.01	0.09	-0.06

Uydular arası tekli fark alınarak yapılan değerlendirmede, bilinmeyenler matrisi, XYZ ve N bilinmeyenlerini kapsamaktadır. Ağırlık matrisi, faz-kod ölçüleri ayrımı ve uydu yükseklik açısına (Elevation) bağlı olarak oluşturulmuştur. Faz ölçülerinin ağırlığı kod ölçülerine göre fazla alınmış, yükseklik açısına bağlı ağırlık ise, $1/\sin(E)$ formülü ile elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlarda kuzey değerinde maksimum 0.06m, doğu değerinde maksimum 0.22m ve yükseklikte maksimum 0.25 değerlerine ulaşıldığı görülmektedir. Ölçü setlerinden kuzey, doğu ve yukarı değerlerinin her üçünde ulaşılan en iyi ölçü 0.01m,0.01m,0.00m değerindedir. En kötü ölçü sonucunun ise, 0.01m, 0.12m, 0.25m değerlerinde olduğu görülmektedir. Elemine edilen uydular tablo 5.7'de gösterilmiştir.

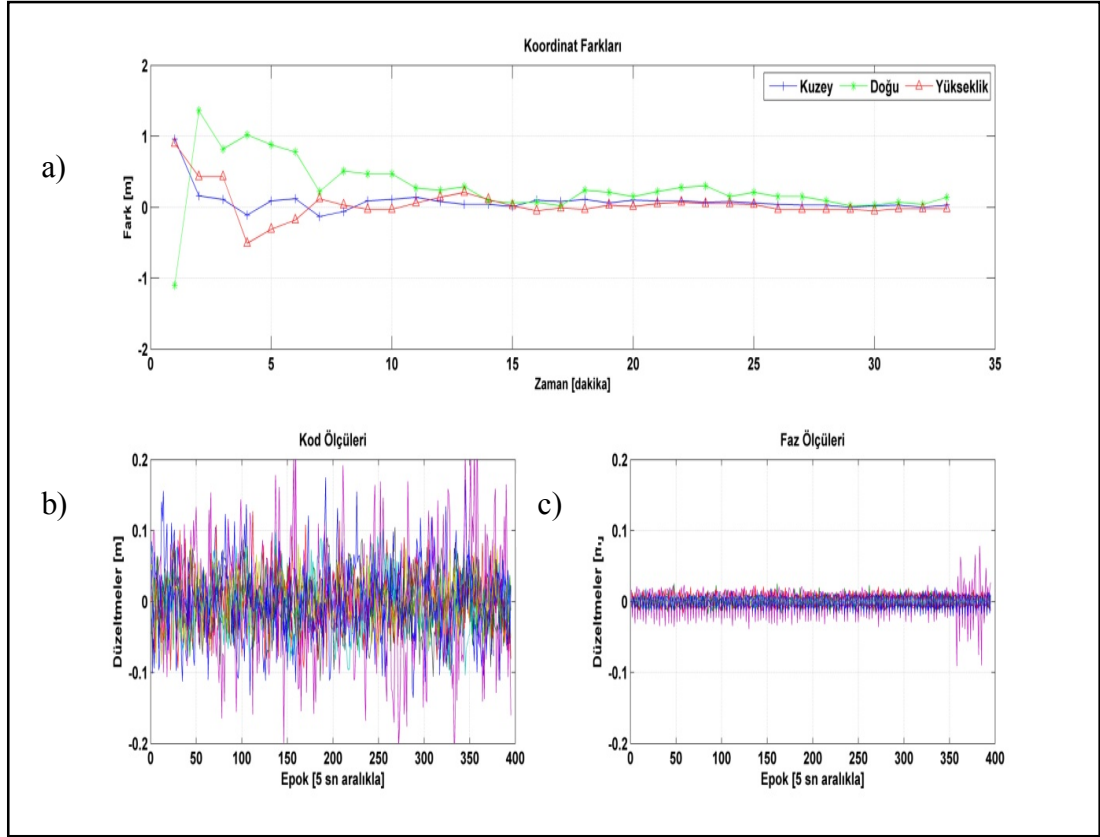
5.5. Zamana Göre Fark Alınmış Verilerle Çözüm (TD)



Şekil 5.24: D1.140 veri dosyası için TD ölçülere göre (Model 3) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =3.7, uydu sayısı=10a) Kordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

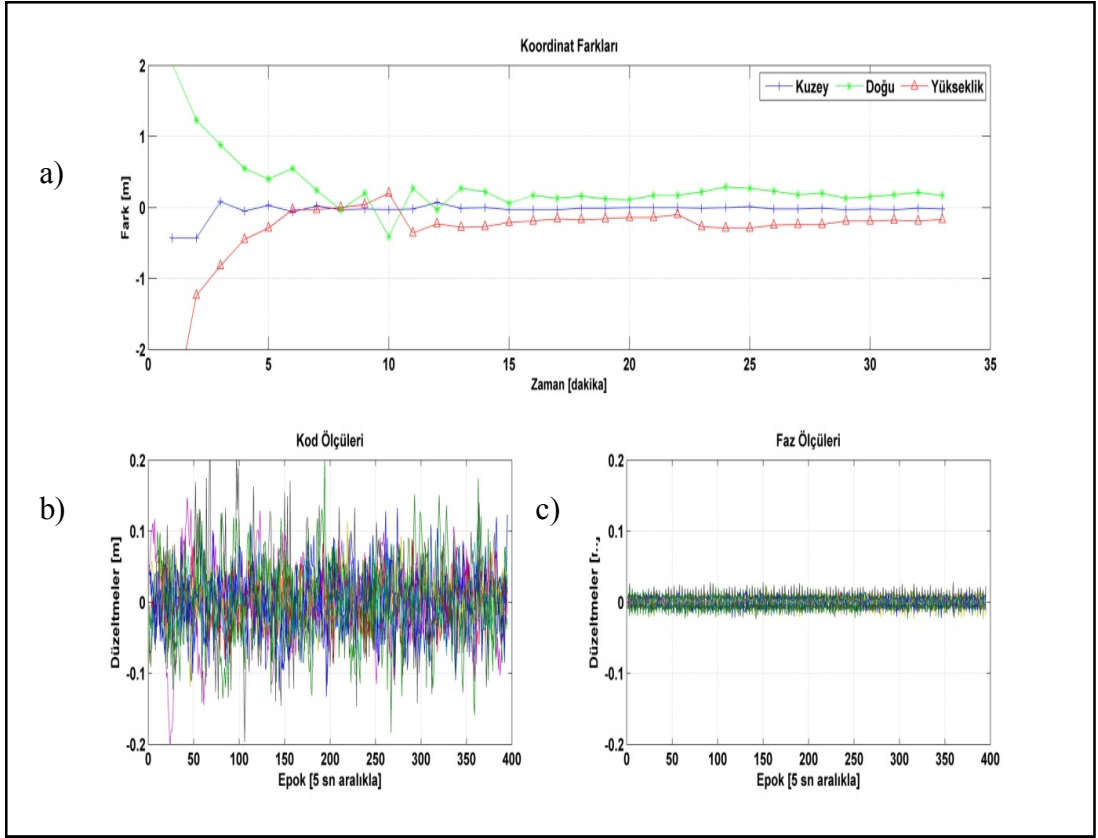
D1.140 veri sonuçlarına göre TD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin elemine edilmesi ile elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için 8 cm, doğu için, -21 cm ve yükseklik için ise -14 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde, düzeltme değerlerinin 20cm'den küçük olduğu görülmektedir. Faz

ve kod ölçülerinin düzeltme değerlerinde sistematik bir hata görülmemektedir. Bu hesaplamada 1 ve 15 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



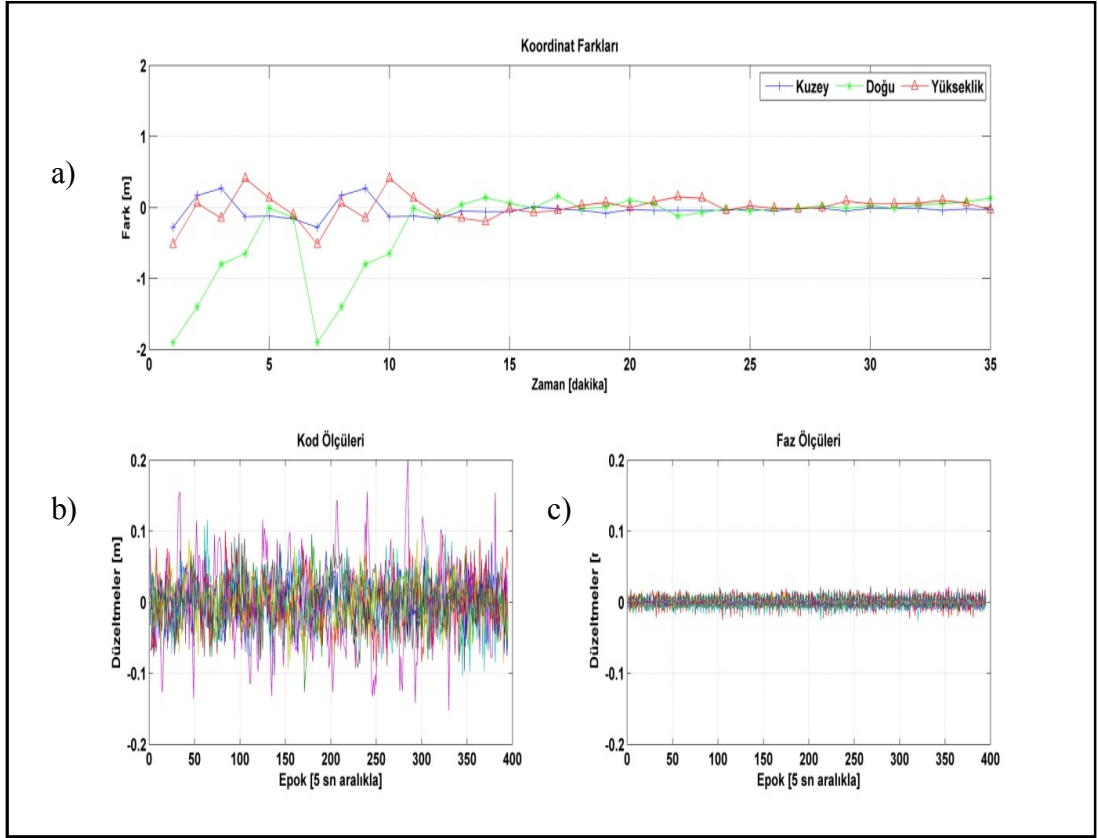
Şekil 5.25: D2.14o veri dosyası için TD ölçülere göre (Model 3) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.1, uydusu=9a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D2.14o veri sonuçlarına göre TD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin elemine edilmesi ile elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için 3 cm, doğu için, 14 cm ve yükseklik için ise 2 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde, düzeltme değerlerinin 20cm'den küçük olduğu görülmektedir Faz ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde 18 numaralı uydunun sistematik son 40 epokta düzeltme değerlerinin büyüdüğü görülmektedir. 18 numaralı uydunun son 40 epokta sistematik hata barındırdığı muhtemeldir. Bu hesaplamada 21nolu uydu değerlendirme dışı bırakılmıştır.



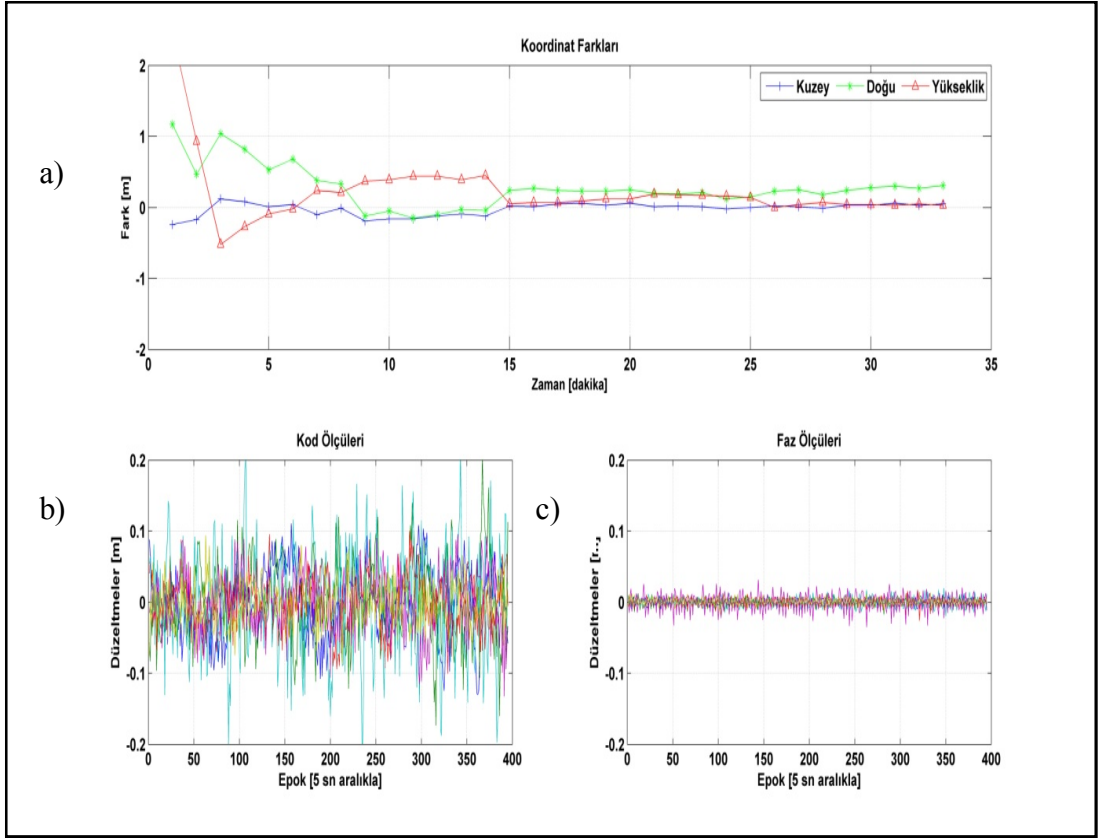
Şekil 5.26: D3.140 veri dosyası için TD ölçülere göre (Model 3) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =3.9, uydu sayısı=10a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D3.140 veri sonuçlarına göre TD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin elemine edilmesi ile elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -2 cm, doğu için, 17 cm ve yükseklik için ise -17 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde sistematik bir hata varlığı gözlenmemiştir.. Bu hesaplamada 28 ve 31 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



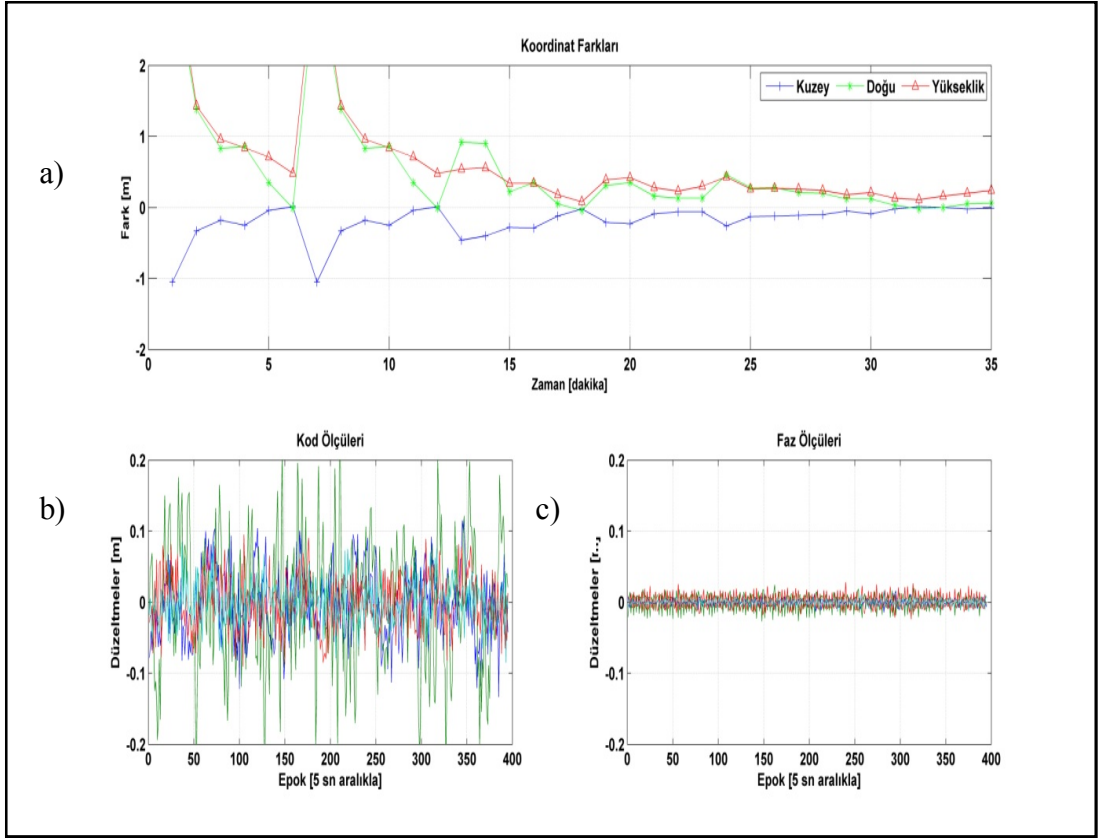
Şekil 5.27: D4.14o veri dosyası için TD ölçülere göre (Model 3) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =4.5, uydu sayısı=9a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D4.14o veri sonuçlarına göre TD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin elemine edilmesi ile elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -6 cm, doğu için, 5 cm ve yükseklik için ise 2 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde sistematik bir hata varlığı gözlenmemiştir. Bu hesaplamada 9 ve 14 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



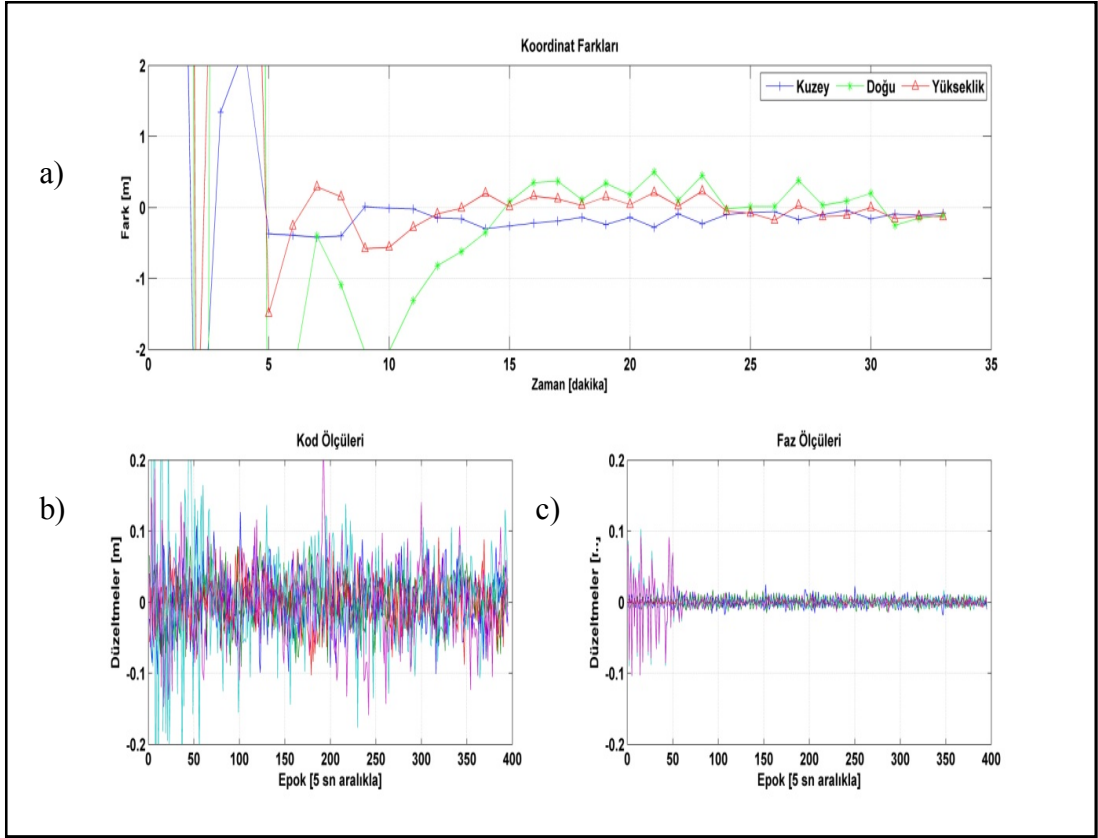
Şekil 5.28: D5.14o veri dosyası için TD ölçülere göre (Model 3) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.3, uydu sayısı=7a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D5.14o veri sonuçlarına göre TD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin elemine edilmesi ile elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -5 cm, doğu için, 31 cm ve yükseklik için ise -3 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde sistematik hata görülmemektedir. Bu hesaplamada 5,10 ve 31 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır



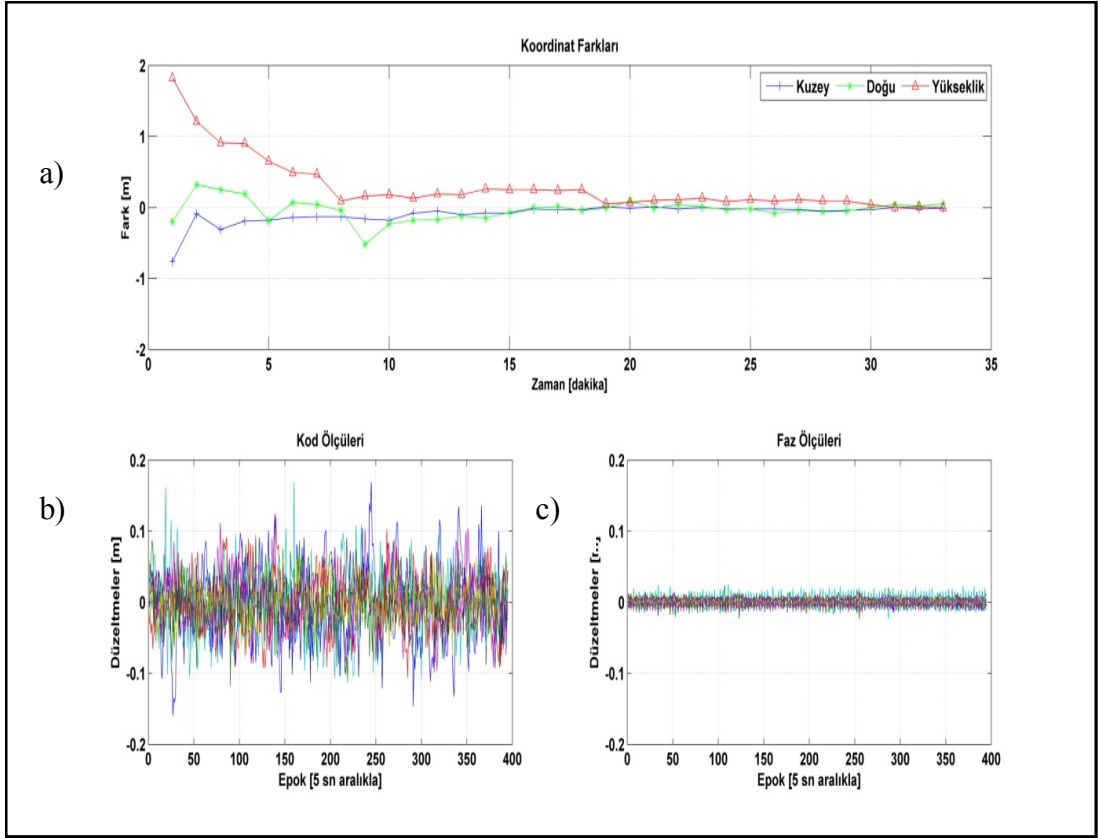
Şekil 5.29: D6.14o veri dosyası için TD ölçülere göre (Model 3) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.1, uydu sayısı=6a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D6.14o veri sonuçlarına göre TD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin elemine edilmesi ile elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -3 cm, doğu için, 7 cm ve yükseklik için ise -18 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde sistematik hata görülmemektedir. Bu hesaplamada 2nolu uydu değerlendirme dışı bırakılmıştır.



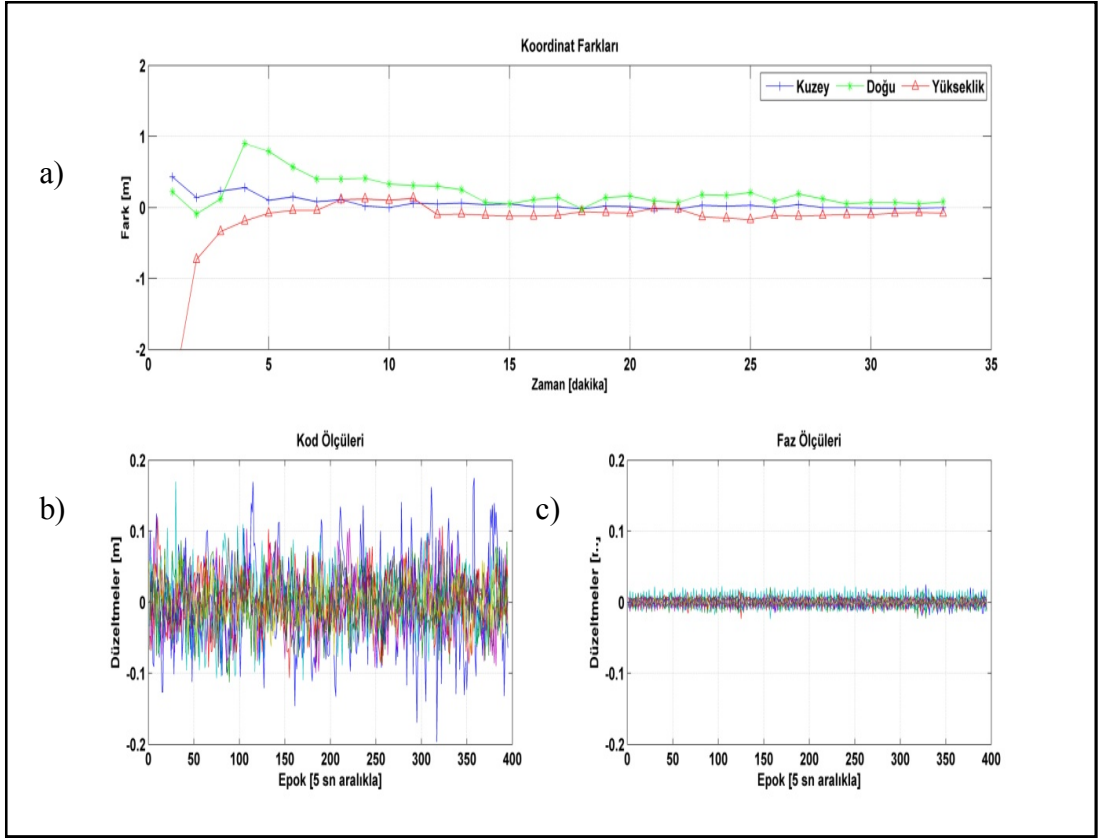
Şekil 5.30: D7.14o veri dosyası için TD ölçülere göre (Model 3) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.0, uydu sayısı=6a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D7.14o veri sonuçlarına göre TD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin elemine edilmesi ile elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -8 cm, doğu için, -11 cm ve yükseklik için ise -13 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçüleri incelendiğinde sistematik bir hata tespit edilememiştir. Bu hesaplamada 5, 15, 25 ve 31 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



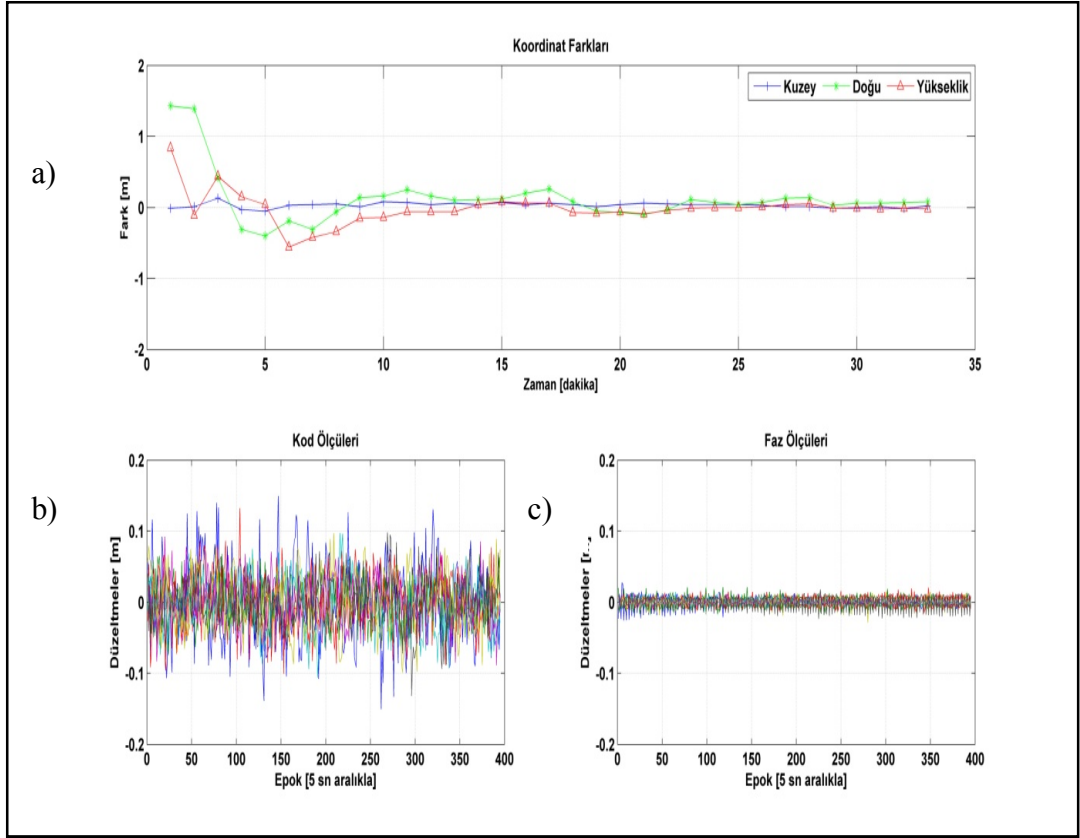
Şekil 5.31: D8.14o veri dosyası için TD ölçülere göre (Model 3) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.1, uydu sayısı=7a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D8.14o veri sonuçlarına göre TD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin elemine edilmesi ile elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -1 cm, doğu için, 5 cm ve yükseklik için ise 0 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçüleri incelendiğinde sistematik bir hata görülmemektedir. Bu hesaplamada 4 ve 14 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



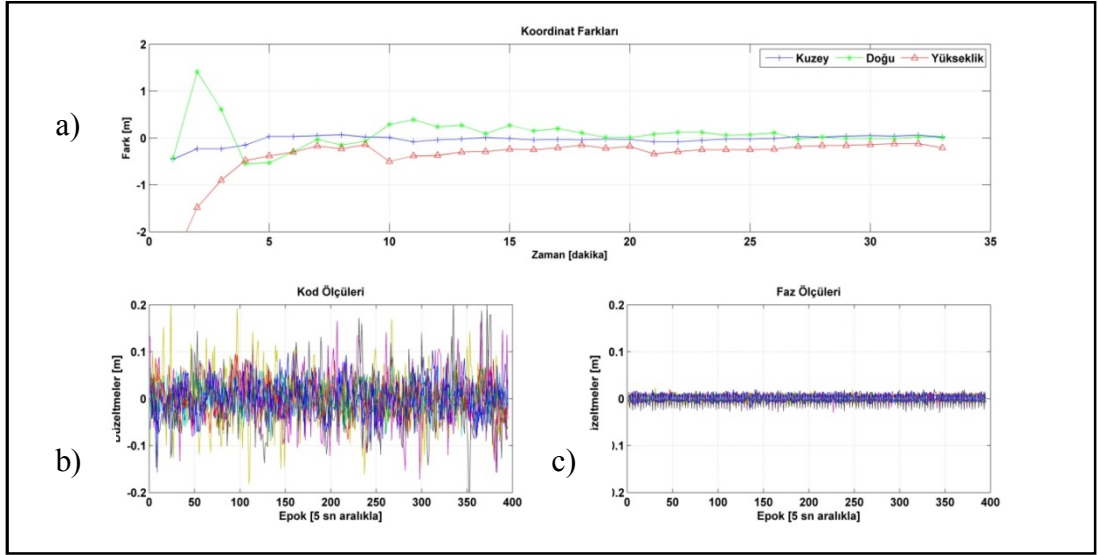
Şekil 5.32: D9.14o veri dosyası için TD ölçülere göre (Model 3) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =4.7, uydu sayısı=7a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D9.14o veri sonuçlarına göre TD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin elemine edilmesi ile elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için 0 cm, doğu için, 8 cm ve yükseklik için ise -8 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçüleri incelendiğinde sistematik bir hata görülmektedir. Bu hesaplamada 4 ve 14 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



Şekil 5.33: D10.14o veri dosyası için TD ölçülere göre (Model 3) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.8, uydu sayısı=8a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D10.14o veri sonuçlarına göre TD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin elemine edilmesi ile elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için 2 cm, doğu için, 8 cm ve yükseklik için ise -2 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçüleri incelendiğinde sistematik bir hata görülmektedir.. Bu hesaplamada 3, 18 ve 21 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



Şekil 5.34: D11.14o veri dosyası için TD ölçülere göre (Model 3) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =3.7, uyduru sayısı=10a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D11.14o veri sonuçlarına göre TD ölçülerle, başlangıç faz belirsizliklerinin elemine edilmesi ile elde edilen sonuçlarda,, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için 2 cm, doğu için, 1 cm ve yükseklik için ise -21cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçüleri incelendiğinde sistematik hata görülmemiştir. Bu hesaplamada 22 ve 23 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.

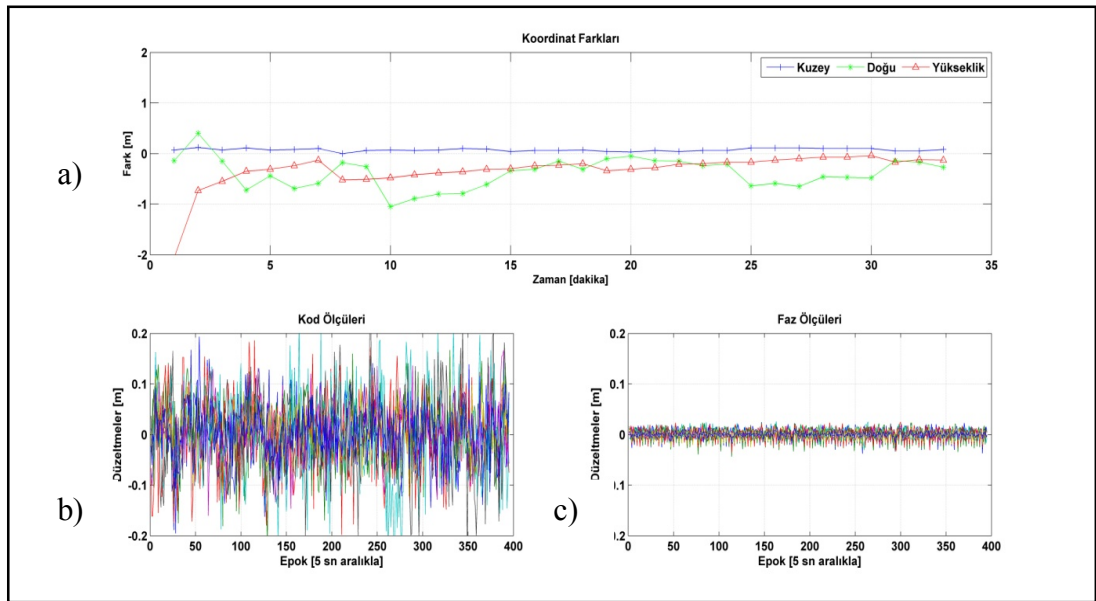
Tablo 5.5:Zamana göre fark alınarak 35 dakika süreli ölçme verilerinin değerlendirme sonuçlarının gerçek değerle karşılaştırılması.

Ölçme amacı	Veri Dosyası	N(m)	E(m)	U(m)
GPS day: 18226	D1.14o	0.08	-0.21	-014
	D2.14o	0.03	0.14	0.02
	D3.14o	-0.02	0.17	-0.17
	D4.14o	-0.06	0.05	0.02
GPS day: 18231	D5.14o	0.05	0.31	0.03
	D6.14o	-0.03	0.07	0.18
	D7.14o	-0.08	-0.11	-0.13
	D8.14o	-0.01	0.05	0.00
	D9.14o	0.00	0.08	-0.08
	D10.14o	0.02	0.08	-0.02
	D11.14o	0.02	0.01	-0.21

Zamana göre fark alınarak yapılan değerlendirmede; bilinmeyenler matrisi, XYZ, Zaman ve Zenith Path Delay (ZPD) bilinmeyenlerini kapsamaktadır. Ağırlık matrisi, faz-kod ölçüleri ayırımı ve uydu yükseklik açısına (Elevation) bağlı olarak oluşturulmuştur. Faz ölçülerinin ağırlığı kod ölçülerine göre fazla alınmış, yükseklik açısına bağlı ağırlık ise, $1/\cos(E)$ formülü ile elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlarda kuzey değerinde maksimum 0.08m, doğu değerinde maksimum 0.31m ve yükseklikte maksimum 0.21 değerlerine ulaşıldığı görülmektedir. Ölçü setlerinden kuzey, doğu ve yukarı değerlerinin her üçünde ulaşılan en iyi ölçü 0.01m, 0.05m, 0.00m değerindedir. En kötü ölçü sonucunun ise, 0.05m, 0.31m, 0.03m değerlerinde olduğu görülmektedir. Elemine edilen uydular tablo 5.7'de gösterilmiştir.

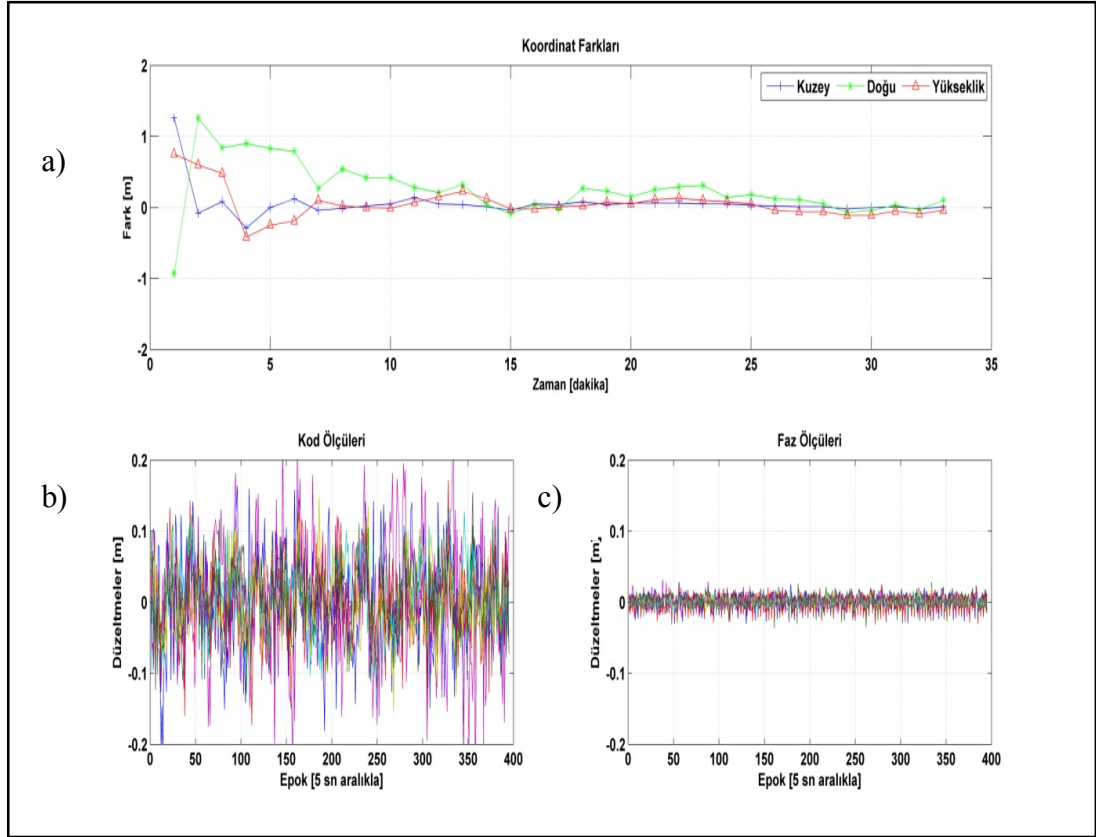
5.6. Uydular Arası Fark (SSD) ve Zamana Göre Fark Alınmış Verilerle Çözüm (TD)



Şekil 5.35: D1.14o veri dosyası için SSD+TD ölçülere göre (Model 4) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =3.7, uydu sayısı=10a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

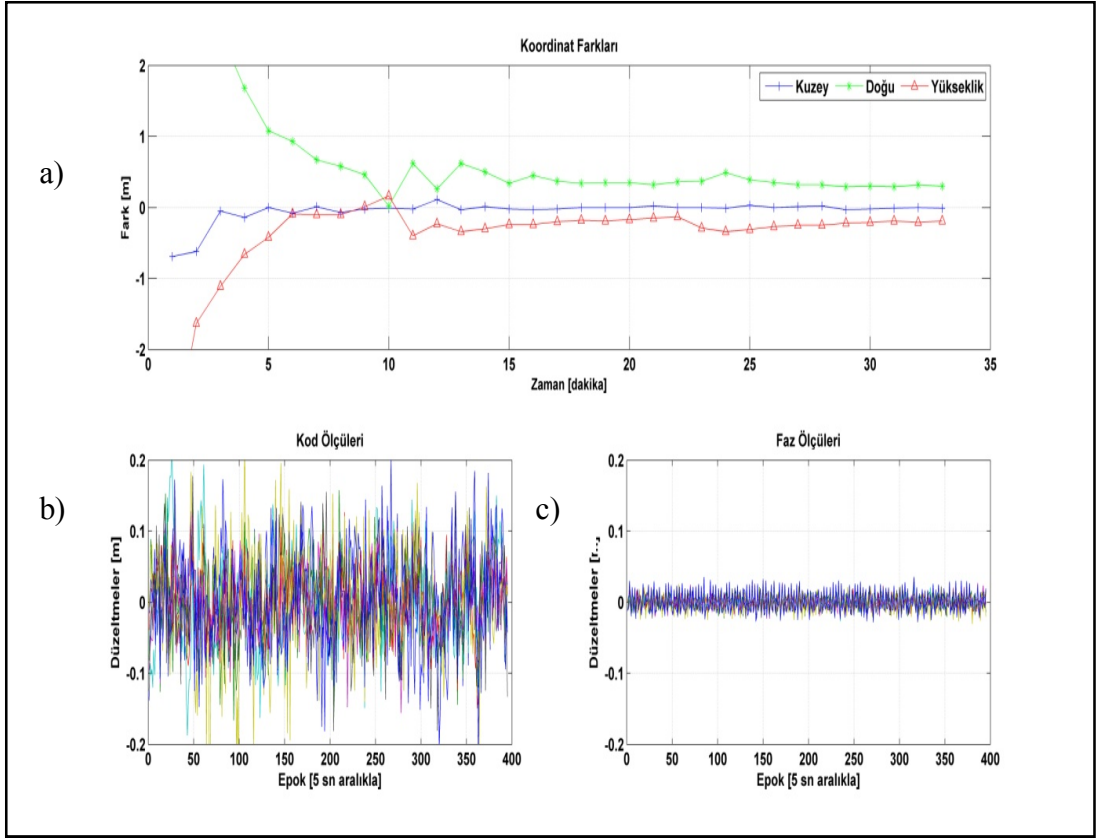
D1.14o veri sonuçlarına göre SSD+TD ölçülerle, başlangıç faz belirsizlikleri, zaman ve Zenith Path Delayin elemine edilmesi ile elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için 8 cm, doğu için, -27 cm ve yükseklik için ise -13 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod

ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde, düzeltme değerlerinin 20cm'den küçük olduğu görülmektedir. Faz ve kod ölçülerinin düzeltme değerlerinde sistematik bir hata görülmemektedir. Bu hesaplamada 1 ve 15 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



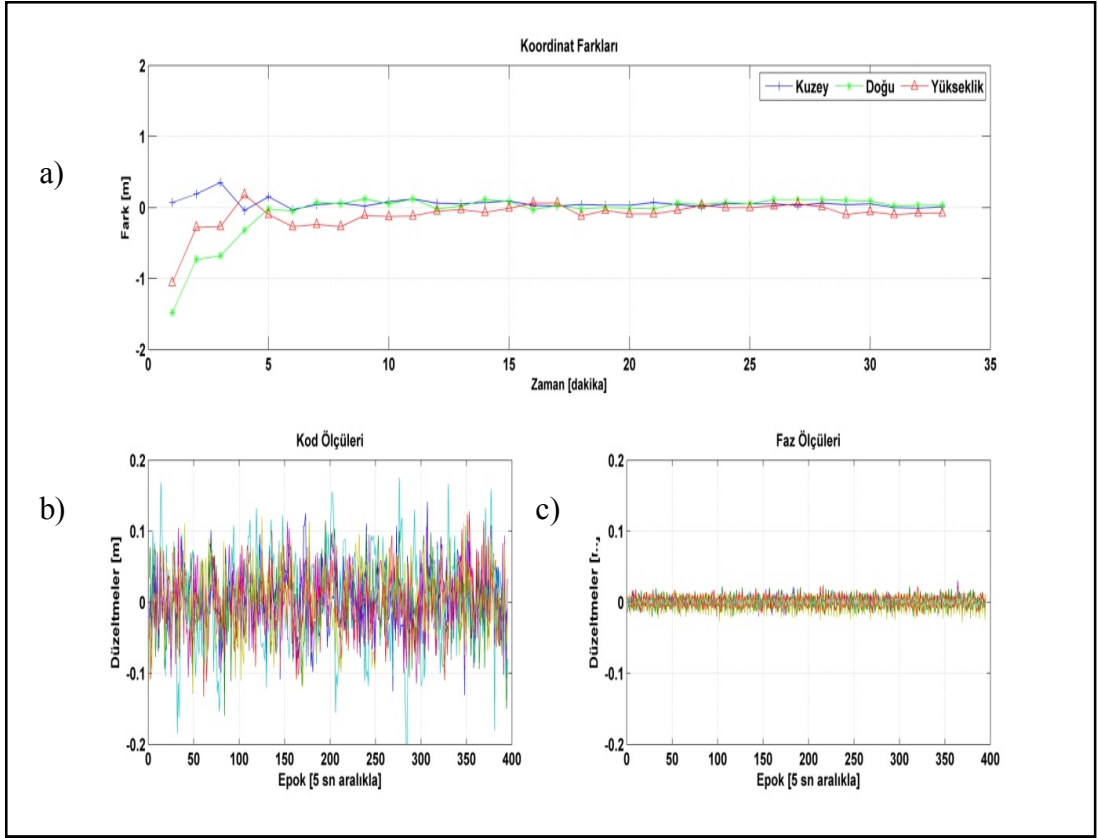
Şekil 5.36: D2.14o veri dosyası için SSD+TD ölçülere göre (Model 4) verilerin değerlendirme sonuçları ,Ortalama GDOP =5.1, uydusu sayısı=9a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D2.14o veri sonuçlarına göre SSD+TD ölçülerle, başlangıç faz belirsizlikleri, zaman ve Zenith Path Delayin elemine edilmesi ile elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için 1 cm, doğu için, 10 cm ve yükseklik için ise -4 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde, düzeltme değerlerinin 20cm'den küçük olduğu görülmektedir Kod ve Faz ölçülerinin düzeltmelerinde sistematik bir hata görülmemektedir. Bu hesaplamada 21nolu uydusu değerlendirme dışı bırakılmıştır



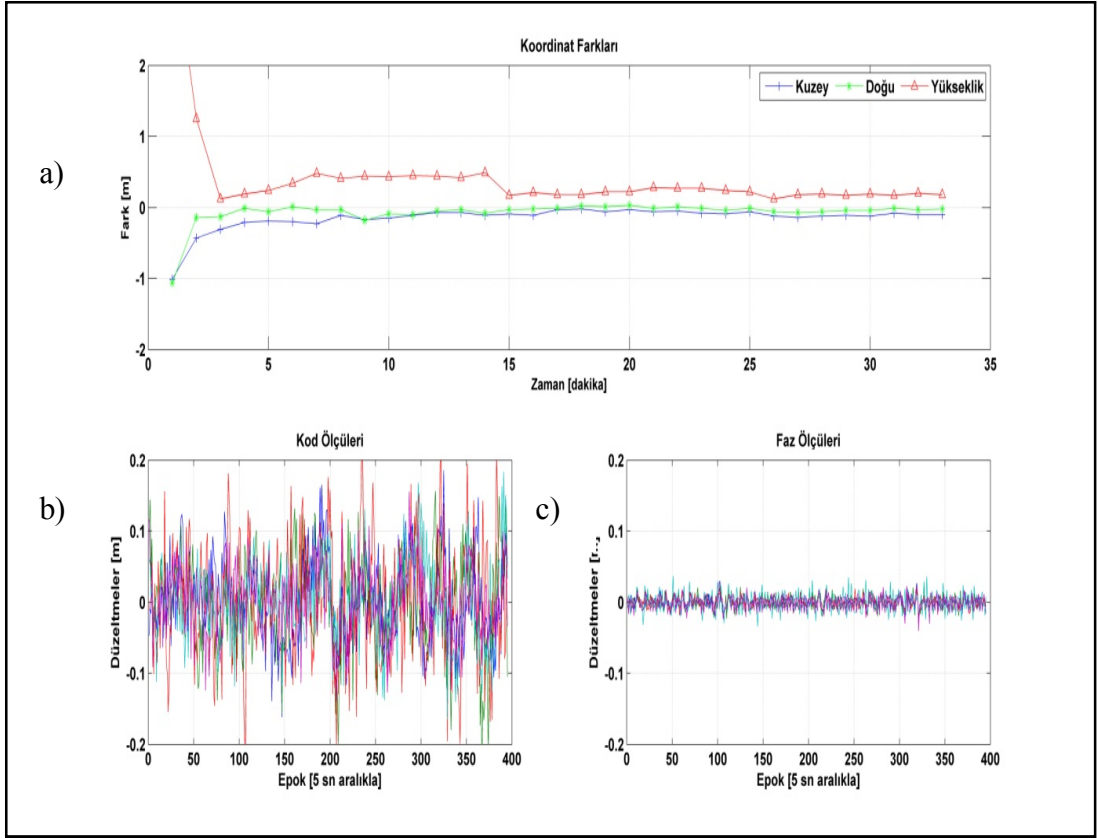
Şekil 5.37: D3.14o veri dosyası için SSD+TD ölçülere göre (Model 4) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =3.9, uydu sayısı=10a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D3.14o veri sonuçlarına göre SSD+TD ölçülerle, başlangıç faz belirsizlikleri, zaman ve Zenith Path Delay'in elemine edilmesi ile elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -1 cm, doğu için, 30 cm ve yükseklik için ise -19 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde sistematik bir hata varlığı gözlenmemiştir.. Bu hesaplamada 28 ve 31 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



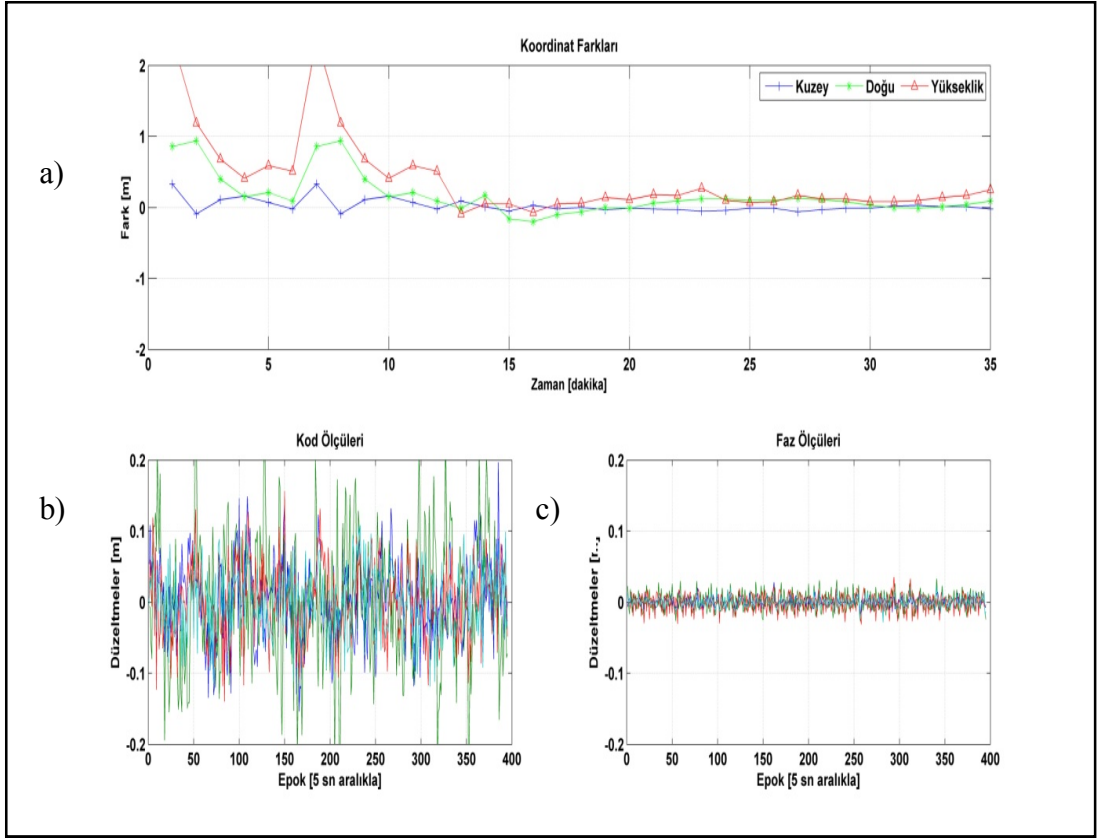
Şekil 5.38: D4.14o veri dosyası için SSD+TD ölçülere göre (Model 4) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =4.5, uydur sayısı=9a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D4.14o veri sonuçlarına göre SSD+TD ölçülerle, başlangıç faz belirsizlikleri, zaman ve Zenith Path Delay'ın elemine edilmesi ile elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -1 cm, doğu için, 3 cm ve yükseklik için ise -8 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde sistematik hata görülmemektedir. Bu hesaplamada 9 ve 14 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır



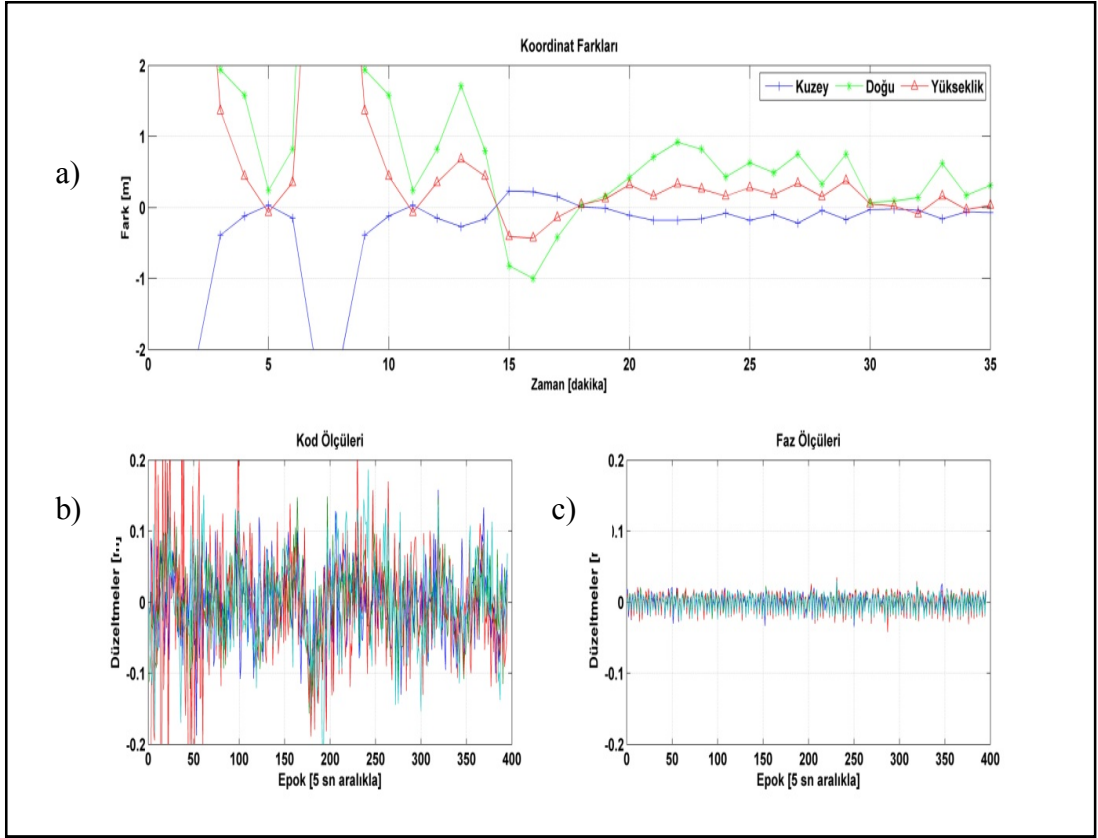
Şekil 5.39: D5.14o veri dosyası için SSD+TD ölçülere göre (Model 4) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.3, uydu sayısı=7a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D5.14o veri sonuçlarına göre SSD+TD ölçülerle, başlangıç faz belirsizlikleri, zaman ve Zenith Path Delay'ın elemine edilmesi ile elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -10 cm, doğu için, -2 cm ve yükseklik için ise 18 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde sistematik hata görülmemektedir. Bu hesaplamada 5,10 ve 31 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



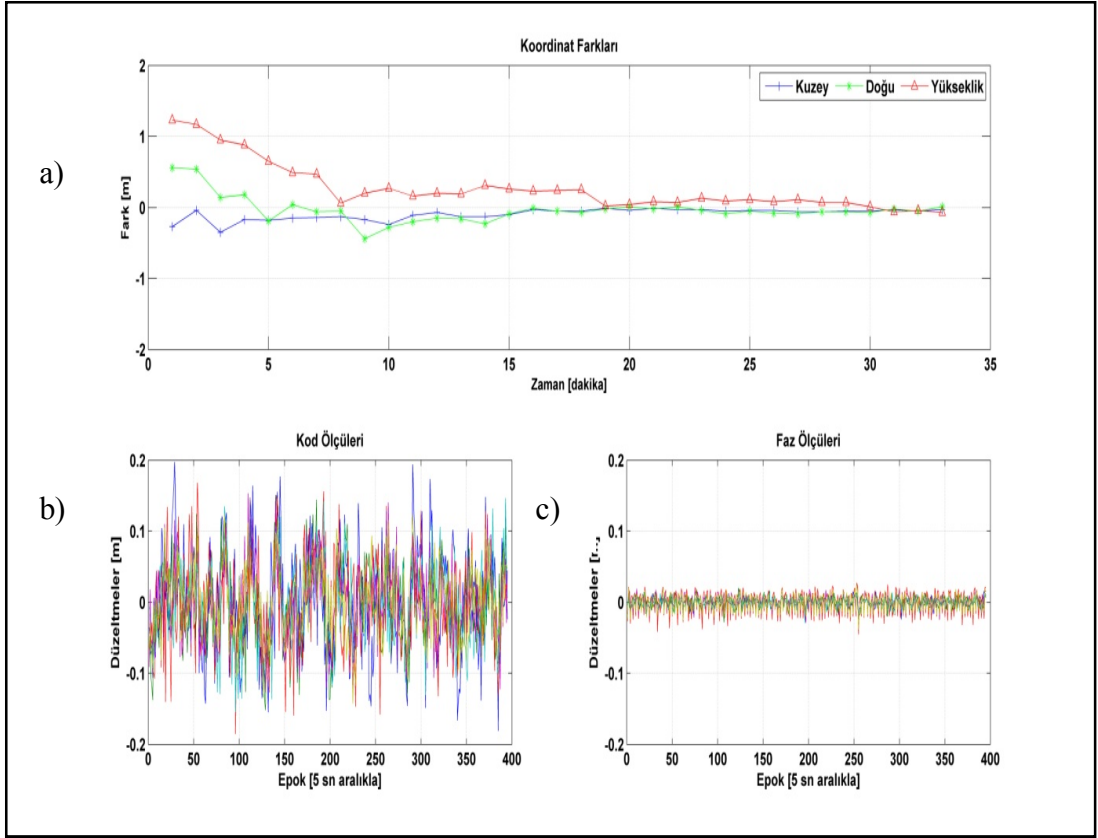
Şekil 5.40: D6.14o veri dosyası için SSD+TD ölçülere göre (Model 4) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.1, uydü sayısı=6a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D6.14o veri sonuçlarına göre SSD+TD ölçülerle, başlangıç faz belirsizlikleri, zaman ve Zenith Path Delay'ın elemine edilmesi ile elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -2 cm, doğu için, 8 cm ve yükseklik için ise -16 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçülerinin düzeltmeleri incelendiğinde sistematik hata görülmemektedir. Bu hesaplamada 2nolu uydü değerlendirme dışı bırakılmıştır



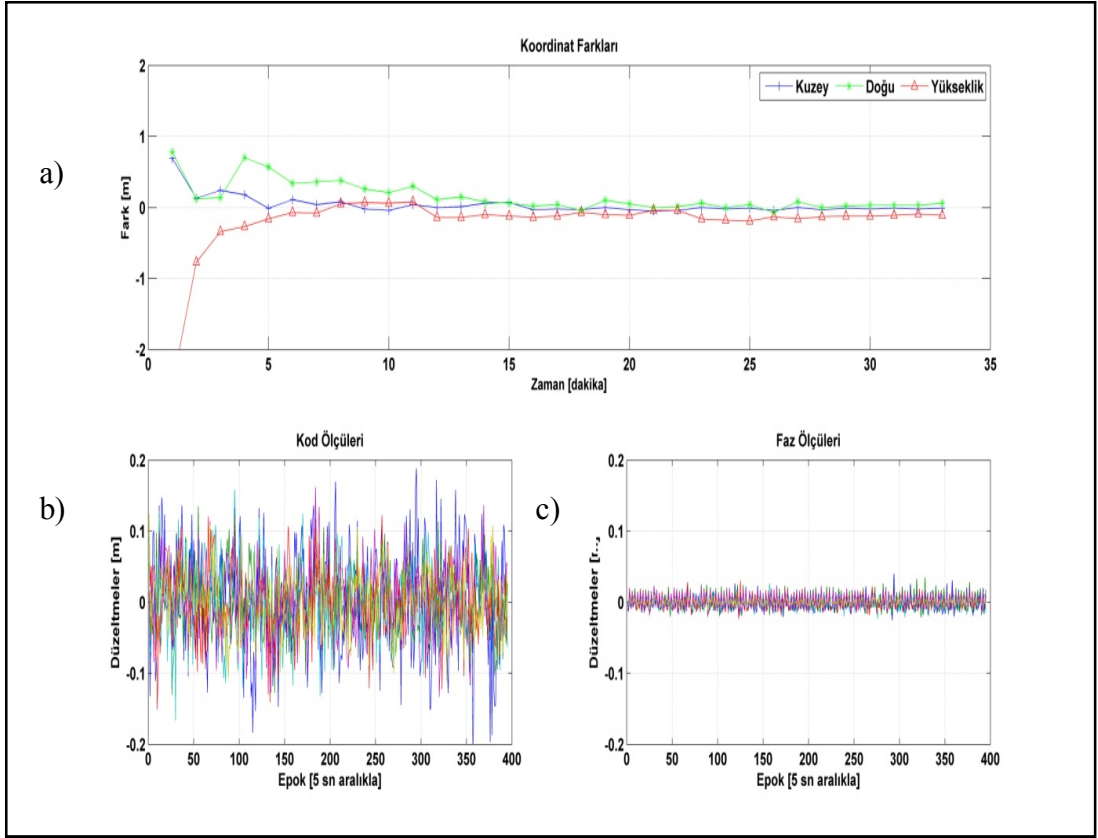
Şekil 5.41: D7.14o veri dosyası için SSD+TD ölçülere göre (Model 4) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.0, uydusu sayısı=6a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D7.14o veri sonuçlarına göre SSD+TD ölçülerle, başlangıç faz belirsizlikleri, zaman ve Zenith Path Delay'in elemine edilmesi ile elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -3 cm, doğu için, -1 cm ve yükseklik için ise -7 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçüleri incelendiğinde sistematik bir hata tespit edilememiştir. Bu hesaplamada 5, 15, 25 ve 31 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



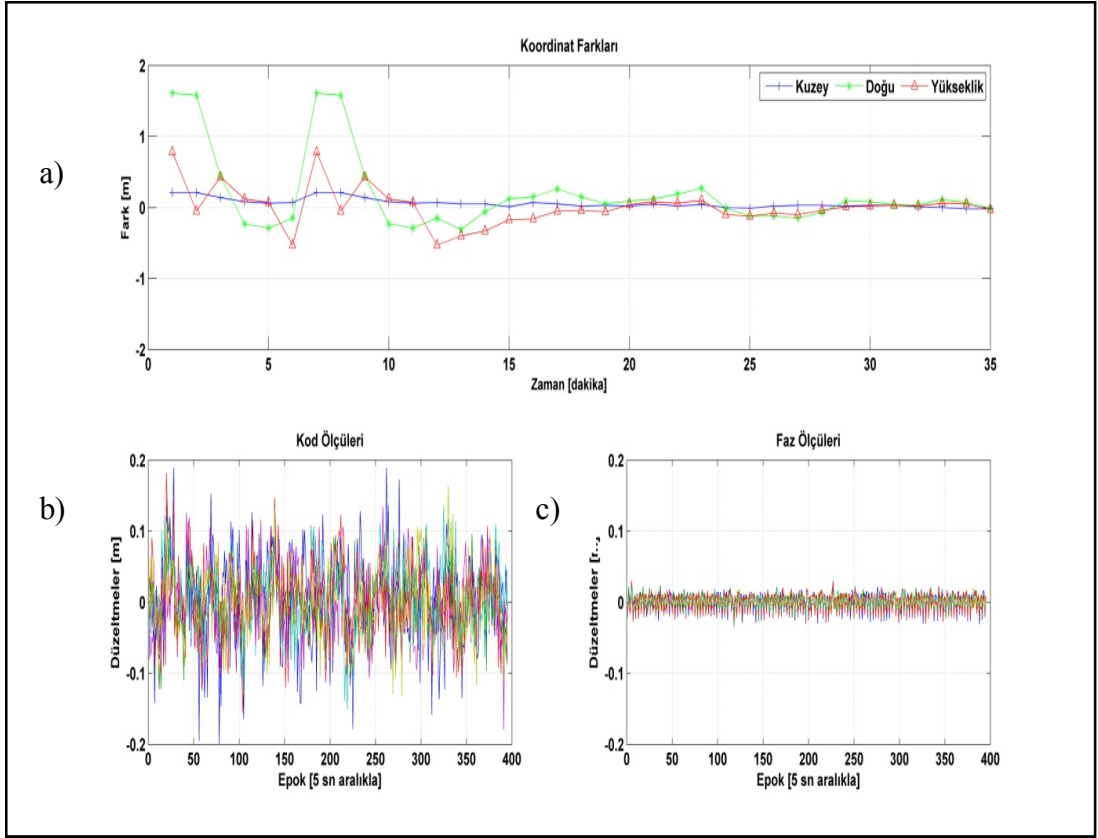
Şekil 5.42: D8.14o veri dosyası için SSD+TD ölçülere göre (Model 4) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.1, uydu sayısı=7a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D8.14o veri sonuçlarına göre SSD+TD ölçülerle, başlangıç faz belirsizlikleri, zaman ve Zenith Path Delay'ın elemine edilmesi ile elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -3 cm, doğu için, 1 cm ve yükseklik için ise -7 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçüleri incelendiğinde sistematik bir hata görülmemektedir. Bu hesaplamada 4 ve 14 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



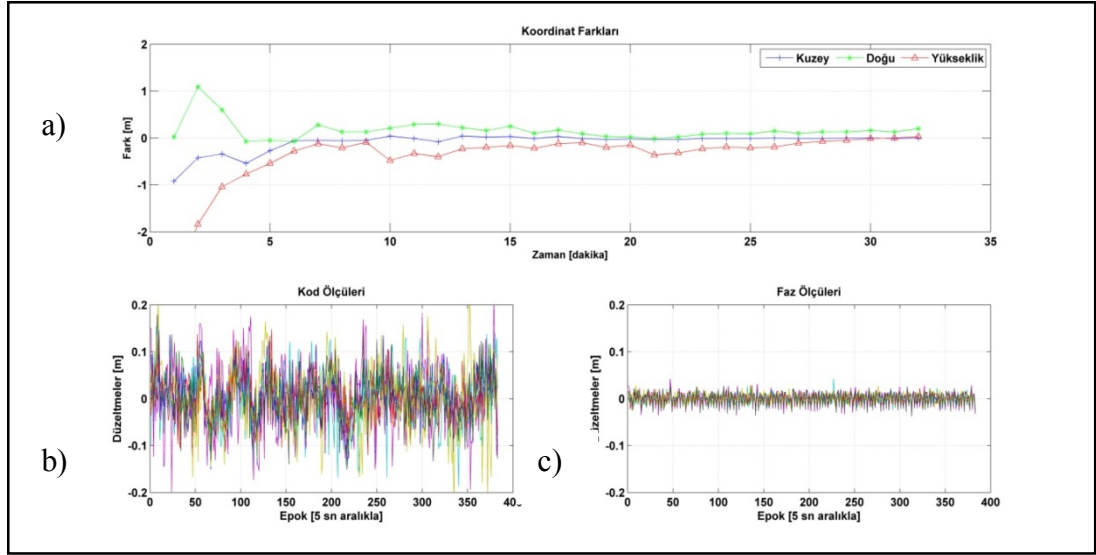
Şekil 5.43: D9.14o veri dosyası için SSD+TD ölçülere göre (Model 4) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =4.7, uydu sayısı=7a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D9.14o veri sonuçlarına göre SSD+TD ölçülerle, başlangıç faz belirsizlikleri, zaman ve Zenith Path Delayin elemine edilmesi ile elde edilen sonuçlarda,, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için -1 cm, doğu için, -6 cm ve yükseklik için ise -11cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçüleri incelendiğinde sistematik bir hata görülmektedir. Bu hesaplamada 4 ve 14 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



Şekil 5.44: D10.14o veri dosyası için SSD+TD ölçülere göre (Model 4) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =5.8, uydu sayısı=8a) Kordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D10.14o veri sonuçlarına göre SSD+TD ölçülerle, başlangıç faz belirsizlikleri, zaman ve Zenith Path Delayin elemine edilmesi ile elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için 1 cm, doğu için, 6 cm ve yükseklik için ise -1 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçüleri incelendiğinde sistematik bir hata görülmektedir.. Bu hesaplamada 3, 18 ve 21 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.



Şekil 5.45: D11.14o veri dosyası için SSD+TD ölçülere göre (Model 4) verilerin değerlendirme sonuçları, Ortalama GDOP =3.7, uyduru sayısı=10a) Koordinat Farkları, b) Kod Ölçüleri, c) Faz Ölçüleri.

D11.14o veri sonuçlarına göre SSD+TD ölçülerle, başlangıç faz belirsizlikleri, zaman ve Zenith Path Delayin elemine edilmesi ile elde edilen sonuçlarda, gerçek değerlerle olan farklar kuzey için 0 cm, doğu için, 20 cm ve yükseklik için ise 3 cm elde edilmiştir. Dengeleme sonuçları irdelendiğinde kod ve faz ölçülerine ait düzeltmelerin ümit değerlerini için $E(v)=0$ koşuluna uyduğu gözlenmektedir. Kod ve faz ölçüleri incelendiğinde sistematik hata görülmemiştir. Bu hesaplamada 22 ve 23 nolu uydular değerlendirme dışı bırakılmıştır.

Tablo 5.6:Uydular arası fark ve Zamana göre fark alınarak 35 dakika süreli ölçme verilerinin değerlendirme sonuçlarının gerçek değerle karşılaştırılması

Ölçme Zamanı	Veri Dosyası	N(m)	E(m)	U(m)
GPS day: 18226	D1.14o	0.08	-0.27	-0.13
	D2.14o	0.01	0.10	-0.04
	D3.14o	-0.01	0.30	-0.19
	D4.14o	0.01	0.03	-0.08
GPS day: 18231	D5.14o	-0.10	-0.02	0.18
	D6.14o	-0.02	0.08	0.16
	D7.14o	-0.03	0.04	-0.00
	D8.14o	-0.03	0.01	-0.07
	D9.14o	-0.01	-0.06	-0.11
	D10.14o	0.01	0.06	-0.01
	D11.14o	-0.00	0.20	0.03

Tablo 5.7: Değerlendirmelerde elemine edilen uydular.

Ölçme Zamanı	Veri Dosyası	Uydu No
GPS day: 18226	08:13-08:46	1-15
	09:09-09:42	21
	10:09-10:42	28-31
	12:07-12:40	9-14
GPS day: 18231	00:59-01:32	5-10-31
	02:59-03:32	2
	04:58-05:31	5-15-25-31
	06:58-07:31	4-14
	07:09-07:42	4-14
	09:03-09:36	3-18-21
	11:03-11:36	22-13

Uydular arası tekli fark ve zamana göre fark alınarak yapılan değerlendirmede, öncelikle tekli farklar alınmış sonrasında zamana göre fark alınmıştır. Bilinmeyenler matrisi, X,Y,Z bilinmeyenlerini kapsamaktadır. Ağırlık matrisi, faz-kod ölçüleri ayrımı ve uydu yükseklik açısına bağlı olarak oluşturulmuştur. Faz ölçülerinin ağırlığı kod ölçülerine göre fazla alınmış, yükseklik açısına bağlı ağırlık ise, $1/\sin(E)$ formülü ile elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlarda kuzey değerinde maksimum 0.10m, doğu değerinde maksimum 0.30m ve yüksekliktemaksimum 0.19 değerlerine ulaşıldığı görülmektedir. Ölçü setlerinden kuzey, doğu ve yukarı değerlerinin her üçünde ulaşılan en iyi ölçü 0.03m, 0.04m, 0.00m değerindedir. En kötü ölçü sonucunun ise, 0.01m, 0.30m, 0.19m değerlerinde olduğu görülmektedir.

5.7. Yöntemlerin Karşılaştırması ve Sonuçların Analizi

Ölçüler ionosfer-free metodu ile ionosferden bağımsız hale getirilmiş daha sonra uydu anten offset değerleri ölçülere düzeltme olarak getirilmiştir. Sonrasında epok-epok çözüm yapılarak, sagnaceffect, rölativistik etki ve troposferik etki iteratif olarak hesaplanmıştır. Bütün epoklar tek bir veri seti gibi değerlendirilmiş ve iteratif olarak bulunan düzeltmeler kullanılmıştır.

Uygulama sırasında ölçü, ağırlık ve bilinmeyen matrisleri sabit tutulmuş ve böylece, her metodun aynı koşullarda test edilmesi sağlanmıştır. Ağırlık matrisi, faz ölçülerine 17000, kod ölçülerine ise 1 verilerek oluşturulmuş, daha sonra, uydu yükseklik açıları hesaplanmış ve ağırlık matrisi, $1/\sin(E)$ formülü ile çarpılmıştır. Bu sayede kod-faz ölçüleri ve uydu yükseklik açılarına göre ağırlık matrisi oluşturulmuştur. 10 derecenin altında yer alan uyduların eliminasyonu için ağırlıkları 1.10^{-10} olarak verilmiştir. Ölçüler, yöntemlerin yatay ve düşeydeki performanslarını bağımsız olarak karşılaştırabilmek için, toposentrik koordinat sisteminde tanımlanarak, gerçek değerden farklar alınmıştır. Düzeltme değerleri incelenerek faz sıçrama noktaları varsa tespit edilmiş ve bu uydular elemine edilerek işlem tekrarlanmıştır. Oluşturulan dizayn matrisinde (A matrisi) önce kod ölçüleri daha sonra faz ölçüleri gelecek şekilde yerleştirme yapılmıştır. Veri dosyaları, aynı zamanda, CSRS-PPP servisi aracılığı ile tekrar hesaplatılmıştır.

Oluşturulan grafiklerde yer alan kod ve faz ölçülerine ait düzeltme grafikleri, 396epok veriyi içermektedir (33 dakika).

ZD metodunda bilinmeyenler (A)matrisinde X, Y, Z, Time, N faz başlangıç bilinmeyenleri ve zenit path-delay yer almıştır. Zenit Path-Delay $1/\sin(E)$ formülü ile tanımlanmıştır.

SSD, yani uydular arasında tekli fark alınarak yapılan değerlendirmede, uydu yükseklik açısı maksimum olan uydu tespit edilmiş ve bu uyduya ait ölçü değerleri diğer uydu değerlerinden çıkarılarak farklar oluşturulmuştur. Ölçü boyunca, maksimum uydu değişse dahi, yeni başlangıç bilinmeyenlerinden kaçınmak amacıyla, referans kabul edilen uydu değiştirilmemiştir.

SSD'de A matrisi, X, Y, Z, N faz başlangıç bilinmeyenlerini içermektedir. ZD ile bulunan sonuçların yükseklik değerlerine göre daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. ZD ile hesaplanan 4. veri setinde, yukarı değeri (kuzey) 39cm fark ile bulunurken, aynı ölçünün SSD uygulaması ile elde edilen sonuç yukarı değeri 0 olmaktadır. Bu durumun ölçülere etkiyen troposferik etkiden kaynaklandığı muhtemeldir.

TD metodunda ardışık epoklar arasında aynı uyduların farkları alınmış bu nedenle N faz başlangıç bilinmeyenleri elemine olmuştur. TD metodunda A matrisi X, Y, Z, Time ve Zenith Path-Delay bilinmeyenlerini içermektedir

TD ile elde edilen sonuçlarda doğu (E) değerinde, ZD yöntemine göre elde edilen sonuçlara göre büyüme olduğu görülmektedir. Özellikle 5. veri setinde ZD

metodu ile elde edilen sonuçlarda, doğu değerindeki fark 5cm iken, TD metodunda doğu değeri farkı 31cm'ye çıkmaktadır. TD metodu ile elde edilen düzeltme grafiklerinde kod ölçülerinin düzeltme değerlerinin küçüldüğü ve düzgün dağılımlı hale geldiği görülmektedir.

. SSD+TDF metodunda ise, öncelikle SSD uygulanmış, daha sonra zamana göre farklar alınmıştır. SSD+TD metodunda A matrisi X, Y, Z bilinmeyenlerini içermektedir.

Genel olarak; dört farklı metot ile elde edilen sonuçlara göre, Kuzey değerindeki farkta en küçük 1cm değerine, doğu değerindeki farkta en küçük 1cm değerine ve yükseklik bileşenin değerindeki farkta en küçük 1cm değerlerine ulaşılmıştır. Kuzey değerinde meydana gelen en büyük fark SSD+TD metodunda -10cm, Doğu değerinde meydana gelen en büyük fark TD metodunda 31cm, Yükseklik bileşeninde meydana gelen en büyük fark ise, ZD metodunda 39cm'dir.

CSRS-PPP 'den elde edilen değerlere bakıldığından en iyi ölçü sonucu 10.ölçüde -1cm, -2cm, -2cm olurken, ZD metodu ile elde edilen değerlerde en iyi ölçü sonucu 2.ölçüde 1cm, 1cm, 1cm olmaktadır. SSD metodu ile edilen değerlerde en iyi ölçü yine 1. ölçüde 1cm, 1cm, 0cm olmaktadır. TD metodunda ise, en iyi ölçü 8.ölçüde -1cm, 5cm, 0cm iken, SSD+TDF metodundan elde edilen sonuçlardan en iyi ölçünün 7.ölçü olduğu görülmektedir ve sonuç -3cm, 4cm, 0cm değerlerindedir.

CSRS-PPP'den elde edilen değerlerde maksimum N değeri -4cm, maksimum E değeri -15 cm ve maksimum yükseklik bileşeni değeri -15cm olmaktadır.

ZD yöntemine göre yapılan değerlendirmede, maksimum N değeri -9cm, maksimum E değeri -13cm, maksimum yükseklik bileşeni değeri 39cm olmaktadır.

SSD yöntemine göre yapılan değerlendirmede, maksimum N değeri -5cm, maksimum E değeri -22 cm, maksimum yükseklik bileşeni değeri -25 cm olmaktadır.

TD yöntemine göre yapılan değerlendirmede, maksimum N değeri -8cm, maksimum E değeri -31 cm, maksimum yükseklik bileşeni değeri -21 cm olmaktadır.

SSD+TD yöntemine göre yapılan değerlendirmede, maksimum N değeri -10cm, maksimum E değeri -30 cm, maksimum yükseklik bileşeni değeri -19 cm olmaktadır.

SSD yöntemi ile elde edilen sonuçların Yukarı değerlerinin ZD yöntemine göre hesaplanan sonuç değerlerine göre küçük olduğu görülmektedir. SSD yöntemi ile

elde edilen sonuç değerler, CSRS-PPP ile elde edilen değerlere ortalama "10cm farkla yaklaşmaktadır

TD yöntemi ile elde edilen doğu farklarının, ZD yöntemine göre elde edilen farklara göre büyük olduğu görülmektedir.

TD ve SSD+TD yöntemleri ile elde edilen düzeltme grafiklerinde özellikle kod ölçülerindeki farkın 20cm altına indiği ve grafiğin düzgün dağılımlı hale geldiği görülmektedir.

Tablo 5.8:Metotlara göre yapılan hesabı karşılaştırma tablosu.

Model	ZD(cm)			SSD(cm)			TD(cm)			SSD+TD (cm)			CSRS-PPP (cm)		
	N	E	U	N	E	U	N	E	U	N	E	U	N	E	U
D1.14o	5	12	-7	6	22	-4	8	21	-14	8	27	-13	2	15	-15
D2.14o	1	1	1	1	1	0	3	14	2	1	10	-4	0	-1	-4
D3.14o	0	9	-16	1	12	-25	-2	17	-17	-1	30	-19	-1	10	-8
D4.14o	-5	7	39	1	9	0	-6	5	2	1	3	-8	0	10	2
D5.14o	-2	6	12	-4	3	8	5	31	3	-10	-2	18	-4	11	0
D6.14o	-1	0	23	-3	7	15	-3	7	18	-2	8	16	3	1	-9
D7.14o	-9	-2	-15	-5	15	3	-8	11	-13	-3	4	0	-1	6	-4
D8.14o	-1	12	-11	-2	12	-2	-1	5	0	-3	1	-7	0	-3	-4
D9.14o	-3	13	-19	-3	-9	-14	0	8	-8	-1	-6	-11	-1	-4	-3
D10.14o	1	5	-7	-1	1	5	2	8	-2	1	6	-1	-1	-2	-2
D11.14o	-3	12	-16	1	9	-6	2	1	-21	0	20	3	-2	0	4

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Mutlak konum belirleme metodu olan PPP yöntemi 1970'li yılında Anderele'nin Doppler etkisinden faydalanarak uydu yörüngesini 2 metre doğrulukla hesaplaması ile gündeme gelmiş isede, 1990'lı yıllarda çift frekanslı aletlerin kullanılmaya başlanmasına kadar ilgi görmemiştir. PPP yönteminin matematiksel temellerini Zumberge tarafından atılmıştır 2000 yılında GPS uydu sinyalleri üzerindeki Selective Available'in kaldırılması, ve hassas yörünge ve saat verilerinin internet ortamında yayımlanmaya başlanması ve yeni küresel konumlama sistemlerinin devreye girmesi ile PPP yöntemi ile elde edilen koordinatların doğruluğunu arttırmıştır. PPP yönteminde, tek GNSS alıcısının yeterli olması, koordinatı bilinen noktaya ihtiyaç duyulmaması, GNSS alıcısı üzerinde iletişim sağlayan radyo modem ve GPRS sistemlerine gerek kalmaması, rölatif konum belirleme tekniklerine göre avantajlar sağlamaktadır.

Bu çalışma kapsamında Tek GNSS alıcısı ile mutlak konum belirleme yöntemi olan PPP'de kullanılan çeşitli metotların karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bunun için öncelikle epok epok navigasyon çözümü yapılarak, troposfer, iyonosfer, sagnaceffect, uydu anten-faz merkezi hatası, rölativite hataları ölçülere düzeltme olarak eklenmiştir. Düzeltelen ölçülerin bütünü ile yeni bir bilinmeyenler ve ölçü matrisi oluşturulmuştur. İncelenecek metotlar oluşturulan son ölçü matrisi (A) üzerinde uygulanmıştır.

Fark alınmadan yapılan hesaplamada (ZD) , A matrisi X, Y, Z, Time, ZPT bilinmeyenlerini içerecek şekilde oluşturulmuştur. Time sütunu ve ZPT sütunu her epok için farklı olacak şekilde kurulmuştur. Bu şekilde yapılan bir hesaplamada ise, sonuç değerine 20-30dk aralığında ulaşılmaktadır. Aynı zamanda işlem yapılacak veri boyutu da 30dk-40dk aralığında kalmıştır.

SSD yönteminde aynı epok içinde yer alan ölçüler arası fark alındığı için, her epokta aynı miktarlarda etkisi bulunan time ve ZPT bilinmeyenleri de elemine edilmektedir. Bu durumda A matrisinin boyutları da ciddi şekilde küçülmektedir. SSD yöntemi ile elde edilen sonuçlar incelendiğinde, ZD ile bulunan sonuçların yükseklik değerlerinde küçülme olduğu görülmektedir. SSD ile troposferik etki minimize olmaktadır.

TD, yani zamana göre fark alma işleminde, ardışık iki epok arasında yer alan ölçülerin, farkları alınmaktadır. Ardışık iki epok için aynı değere sahip olan faz başlangıç bilinmeyenleri bu yöntem ile elemine olmaktadır. TD ile elde edilen sonuçlarda doğu (E) değerinde, ZD yöntemine göre elde edilen sonuçlara göre büyüme olduğu görülmektedir. TD metodu ile elde edilen düzeltme grafiklerinde kod ölçülerinin düzeltme değerlerinin küçüldüğü ve düzgün dağılımlı hale geldiği görülmektedir. TD metodu sonucunda elde edilen düzeltme grafiklerinde, cycle-slip olan ölçüler, tek noktada sıçrama şeklinde gözükmesi için, bu tür hataların meydana geldiği ölçülerin tespit edilmesine olanak sağlamaktadır.

SSD+TDF yönteminde ölçülerin öncelikle referans uyduya göre farkları alınmış daha sonra zaman farkları hesaplanmıştır. Bu durumda, A matrisi sadece X, Y ve Z bilinmeyenlerini içermektedir. A matrisinin boyutlarının en küçük boyutta olduğu yöntemdir. Ancak elde edilen sonuçlarda karakteristik bir özellik yansıtılmamaktadır. Metotlar arasında işlemin en hızlı yapıldığı SSD+TDF metodudur.

PPP yönteminde, ölçüye etki eden bütün hataların çok iyi şekilde modellenmesi gerekmektedir. Bu tez kapsamında troposfer için, nem, sıcaklık, basınç değerleri yaklaşık olarak alınmıştır. Uydu faz merkez hatası ise, uydunun yükseklik açısı değerlendirme dışı bırakılarak eklenmiştir. Jeodinamik etkilerde değerlendirme dışı bırakılmıştır. Uydu sinyal kalitesi, ağırlıklara yansıtılmamıştır. Kullanılan algoritmalarda, A matrisi çok büyük değerlere ulaşmış, bu da işlemin hızını düşürmüş ve değerlendirmeye alınacak verinin boyutunda sınırlandırmıştır. Bu nedenle bütün hataların modellenerek ölçüye düzeltme olarak eklenmesi ve hesaplama işleminin kolaylaştırılması için, matris algoritmalarının kullanılması gerektiği görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abdallah A., Schwieger, (2014), “ Accuracy Assessment Study of GNSS Precise Point Positioning for Kinematic Positioning”, 4.th International Conference on machine Control and Guaiance, 167-178, Braunschweig, Germany, 19-20 March
- Alkan R. M., İlçi V., Ozulu İ. M, Saka M.H., (2015), “A comparative study for accuracy assessment of PPP technique using GPS and GLONASS in urban areas”,Mesaurement, 69,1-8.
- Choi B., Roh K., Lee S., (2014), “Development of a Combined GPS/GLONASS PPP Method”, Journal of Positioning Navigation and Timing, 3(1), 31-36 .
- Cocard M., (1995), “ High Precision GPS Processing in Kinematic Mode”, 42, IGP-GGL, Geodatisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz.
- Çelik R. N., Abdelazeem M., (2014), “Accuracy and repeatability investigation of CSRS-PPP online processing service ”, Positioning, May-2014,41-49.
- Hofmann B., Lichtenegger H., (2008), “GNSS”, 1ST. Edition, Springer Wien New York
- Kahveci M,(2010), “GPS/GLONASS Gözlemlerin Değerlendirme Yöntelerinde Son Gelişmeler”, HKMO Jeodezi ve Jeoinformasyon ve Arazi YönetimiDergisi, 102,3-9.
- Samper M. D. L., Merino M. M. R, Garcia A. M.,Nunez R. P., Tashi T, (2011), “Multisystem Real Time Precise Point Positioning”, Coordinates, Feb 2011,13-19
- Web 1, (2015), <http://www.muholc2014.hitit.edu.tr/bildiriler/TO10-2.pdf>, (Erişim Tarihi: 05/05/2015)
- Web 2, (2015), <http://eprints.utas.edu.au/13280>, (ErişimTarihi: 05/05/2015)
- Web 3, (2015), http://www.lpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0020/165701/2011_Grinter_and_Roberts_IGNSS2011_PPP_where_are_we_now.pdf, (ErişimTarihi: 05/05/2015)
- Web 4, (2015), http://www.ppp-wizard.net/Articles/Laurichesse_Undifferenced_IntegerAmbiguityResolution_EGU2010.pdf, (ErişimTarihi: 05/05/2015)
- Web 5, (2015), <http://www.insidegnss.com/node/2134>, (ErişimTarihi: 05/05/2015)
- Web 6, (2015), <http://www.mgm.gov.tr/>, (ErişimTarihi: 05/05/2015)
- Web 7, (2015), <https://www.glonass-iac.ru/en/>, (ErişimTarihi: 05/05/2015)
- Xu C., Wang J., Gao J., Wang J., Hu H., (2011), “Precise Point Positioning and its application in mining deformation monitoring”, Transaction of Nonferrous Metals Society of China, 21, 499-505.

Yıldız F., Kahveci M., (2005), “GPS Küresel Konumlama Sistemi”, 2.Baskı, Nobel Yayın.

Zhu S. Y.,Massmann F. H., Yu Y., Reigber Ch., (2003), “Satellite antenna phase center off sets and scale errors”, Journal of Geodesy, 76, 668-672.

ÖZGEÇMİŞ

Alişir Özperçin 1982 yılında İskenderun'da doğdu. İlk orta ve lise eğitimini bu şehirde tamamladı. 2005 yılında Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Bölümünden mezun oldu. 2013 yılında Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2007 yılında beri Mühendis unvanı ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünün taşra biriminde görev yapmaktadır.