

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

**GPS HASSAS MUTLAK KONUM BELİRLEMEDE VARYANS KOVARYANS
MATRİSİNİN GÜVENİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

ORHAN KAYACIK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GEOMATİK PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. BAHATTİN ERDOĞAN**

İSTANBUL, 2017

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GPS HASSAS MUTLAK KONUM BELİRLEMEDE VARYANS KOVARYANS
MATRİSİNİN GÜVENİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Orhan KAYACIK tarafından hazırlanan tez çalışması 17.11.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Bahattin ERDOĞAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Bahattin ERDOĞAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Nursu TUNALIOĞLU
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Bihter EROL
İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bilgi insanoğlunun hakikati arama serüveninde, hayattan aldığı lezzete anlam katan, tarih boyunca vazgeçilmez bir unsurdur. Atlantik okyanusunda hangi boylamda olunduğunu hesaplamak için gerekli olan saat bilgisi arayışının, hayatımıza mekanik saatleri soktuğu 1700'lü yıllardan bu yana, zaman ve konum bilgilerine ulaşmak için teknoloji de hakikati arama yolculuğunda bizlere önemli bir vasıta olmuştur. Bugün dahi zaman ve konum bilgilerinin uydu teknolojisinin ışığında birlikteliği göze çarpmaktadır.

Yapılan bu çalışmada uydu tabanlı yöntemlerden olan Hassas Mutlak Konum Belirleme yöntemi incelenerek zamana bağlı olarak elde edilen Varyans-Kovaryans matris sonuçlarının güvenilirliği araştırılmıştır. Çalışma esnasında takıldığım birçok noktada bana yol gösterici olan, gündüzleri iş yoğunluğum nedeni ile bazen gecenin geç saatlerinde dahi değerli vaktini bana ayırmaktan sakınmayan kıymetli hocam, tez danışmanım Doç. Dr. Bahattin ERDOĞAN'a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca Karadeniz Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olan Fatih KADI'ya, Yıldız Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olan Ali Hasan DOĞAN'a, zor zamanlarımda verdikleri destekler için teşekkür ederim. Tez yazımı esnasında faydalandığım gerek tez gerekse makale sahiplerinin her birine teşekkür etmeyi üzerimde bir hak olarak görmekteyim. Tez çalışmamda kullandığım verileri sağlayan Scripps Orbit and Permanent Array Center (SOPAC) çalışanlarına ve GIPSY OASIS II yazılımını sağlayan NASA Jet Propulsion Laboratory'e teşekkür ederim.

Üzerimde emeği yadsınamaz olan başta annem olmak üzere aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmalarımın sonuna yaklaştığım esnada aniden kaybettiğim rahmetli babam İnş. Mühendisi Nazir KAYACIK'ı hayırla yâd ederim.

Kasım, 2017

Orhan KAYACIK

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vi
KISALTMA LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT	xi
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	4
1.3 Hipotez	5
BÖLÜM 2	6
GNSS KONUM BELİRLEME YÖNTEMLERİ VE PPP TEKNİĞİ	6
2.1 GNSS Konum Belirleme Yöntemleri	7
2.1.1 Mutlak Konum Belirleme Yöntemi	7
2.1.1.1 Standart Mutlak Konum Belirleme Yöntemi	7
2.1.1.2 Hassas Mutlak Konum Belirleme Yöntemi (PPP)	8
2.1.2 Bağıl Konum Belirleme Yöntemleri.....	9
2.1.2.1 Statik Ölçü Yöntemi.....	9
2.1.2.2 Hızlı Statik Ölçü Yöntemi	10
2.1.2.3 Tekrarlı Ölçü Yöntemi.....	10
2.1.2.4 Dur-Git Yöntemi	11
2.1.2.5 Kinematik Ölçü Yöntemi.....	11

2.1.2.6	Diferansiyel Konum Belirleme Yöntemi	11
2.2	GNSS Hata Kaynaklarının PPP Özelinde Sınıflandırılması	12
2.2.1	Sinyalin Çok Yollu Olarak Alıcıya Ulaşması Hatası	13
2.2.2	GNSS Alıcısı Anten Faz Merkezi Kayıklığı	14
2.2.3	Taşıyıcı Dalganın Tamsayı Belirsizliği	14
2.2.4	İyonosfer ve Troposfer Kaynaklı Hatalar	15
2.2.5	Uydu Saat Hataları ve Alıcı Saat Hataları	16
2.2.6	Uydu Konum Bildirim Hataları	17
2.2.7	Okyanus Yükleme ve Katı Yeryuvarı Gelgiti	17
BÖLÜM 3		19
ÖLÇEK FAKTÖRÜ		19
3.1	Kaba Hata Analiz Yöntemleri	20
3.1.1	Medyan Analizi	20
3.1.2	Pope Yöntemi	21
3.2	Norm Değeri.....	21
BÖLÜM 4		22
UYGULAMA		22
4.1	Uygulamada Kullanılan Noktalar	24
4.2	Verilerin Analiz Edilmesi	25
4.3	RMS Değerlerinin Hesaplanması.....	27
4.4	Ölçek Faktörünün Hesaplanması	35
BÖLÜM 5		38
SONUÇ VE ÖNERİLER		38
KAYNAKLAR		40
EK-A		42
Noktalara İlişkin Bilgiler		42
EK-B		47
C Dilinde Yazılan Algoritma Örneği		47
ÖZGEÇMİŞ		48
Yayınlar		50

SİMGE LİSTESİ

ε	Ölçü hatası
μ	Umut değeri
A	Katsayılar matrisi
E	Farklı modellerden elde edilen ölçeklendirilmiş standart sapma değeri
K_{xx}	Varyans-kovaryans matrisi
med	Ölçülerin medyan değerleri
n	Ölçü sayısı
Q_{vv}	Düzeltilmelerin kofaktör matrisi
S_0	Sonsal varyans değeri
V	Düzeltilme vektörü
V_i	Ölçüler için hesaplanan düzeltme değerleri
X_G	Gerçek değeri
X_i	Ölçü değeri
σ	Standart sapma
τ_i	Test değeri

KISALTMA LİSTESİ

C	Bilgisayar Programlama Dili
DOP	Dilution of Precision
EKKY	En Küçük Kareler Yöntemi
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
GPS	Küresel Konum Belirleme Sistemi-Global Positioning System
IGS	International GPS service for Geodynamic
JKS	Jeosentrik Koordinat Sistemi
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NGS	National Geodetic Survey
OPUS	On-line Positioning User Service
ÖF	Ölçek Faktörü
PPP	Precise Point Positioning-Hassas Mutlak Konum Belirleme
RMS	Root Mean Square
SOPAC	Scripps Orbit and Permanent Array Center
STD	Standard Deviation-Standart Sapma
TEC	Total Electron Content-İyonosfer Tabakası Serbest Elektron Yoğunluğu
TKS	Toposentrik Koordinat Sistemi
VCV	Variance-Covariance Matrix

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Uydu tabanlı konum belirleme yöntemleri [1], [2], [11]	7
Şekil 4.1 Ocak Ayına Ait Kp İndeks Değeri [25]	23
Şekil 4.2 Şubat Ayına Ait Kp İndeks Değeri [25]	23
Şekil 4.3 Araştırma Yapılan Noktaların Dağılımları	24
Şekil 4.4 Gipsy-OASIS v6.4 İle Analiz İşleminin Gerçekleştirilmesi.....	26
Şekil 4.5 JKS X bileşeni için RMS ve Zaman Grafiği	32
Şekil 4.6 JKS Y bileşeni için RMS ve Zaman Grafiği	32
Şekil 4.7 JKS Z bileşeni için RMS ve Zaman Grafiği.....	33
Şekil 4.8 TKS n bileşeni için RMS ve Zaman Grafiği.....	33
Şekil 4.9 TKS e bileşeni için RMS ve Zaman Grafiği.....	34
Şekil 4.10 TKS u bileşeni için RMS ve Zaman Grafiği.....	34
Şekil EK-A.1 BOR1 Noktasına Ait Bilgiler [27]	42
Şekil EK-A.2 BZRG Noktasına Ait Bilgiler [27].....	43
Şekil EK-A.3 GOPE Noktasına Ait Bilgiler [27]	43
Şekil EK-A.4 LEIJ Noktasına Ait Bilgiler [27].....	44
Şekil EK-A.5 PENC Noktasına Ait Bilgiler [27].....	44
Şekil EK-A.6 SULP Noktasına Ait Bilgiler [27]	45
Şekil EK-A.7 UZHL Noktasına Ait Bilgiler [27].....	45
Şekil EK-A.8 WROC Noktasına Ait Bilgiler [27]	46
Şekil EK-A.9 WTZZ Noktasına Ait Bilgiler [27]	46

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Hızlı statik yöntemde ölçü süresi ve uydu sayısı ilişkisi [2].....	10
Çizelge 2.2 Bağıl Ölçüm Yöntemlerinde Elde Edilebilen Doğruluklar [2].....	11
Çizelge 2.3 PPP ve Rölatif Hataların Sınıflandırılması [1], [15]	13
Çizelge 4.1 Noktaların Yaklaşık Enlem, Boylam ve Elipsoidal Yükseklik Değerleri.....	25
Çizelge 4.2 Uyuşumsuz Ölçü Oranları	28
Çizelge 4.3 2 Saatlik Veriler İçin RMS Değerleri (mm)	29
Çizelge 4.4 4 Saatlik Veriler İçin RMS Değerleri (mm)	29
Çizelge 4.5 6 Saatlik Veriler İçin RMS Değerleri (mm)	30
Çizelge 4.6 8 Saatlik Veriler İçin RMS Değerleri (mm)	30
Çizelge 4.7 12 Saatlik Veriler İçin RMS Değerleri (mm)	31
Çizelge 4.8 24 Saatlik Veriler İçin RMS Değerleri (mm)	31
Çizelge 4.9 JKS'de Model 1 İçin ÖF ve Norm değerleri	35
Çizelge 4.10 Model 1 İçin JKS'de Gözlem Süresine Göre ÖF ve Norm Değerleri.....	35
Çizelge 4.11 Model 1 İçin TKS'de ÖF ve Norm değerleri	36
Çizelge 4.12 Model 1 İçin TKS'de Gözlem Süresine Göre ÖF ve Norm Değerleri	36
Çizelge 4.13 Model 2 İçin JKS'de ÖF ve Norm değerleri	36
Çizelge 4.14 Model 2 İçin JKS'de Gözlem Süresine Göre ÖF ve Norm Değerleri.....	37
Çizelge 4.15 Model 2 İçin TKS'de ÖF ve Norm değerleri	37
Çizelge 4.16 Model2 İçin TKS'de Gözlem Süresine Göre ÖF ve Norm Değerleri	37

GPS HASSAS MUTLAK KONUM BELİRLEMEDE VARYANS KOVARYANS MATRİSİNİN GÜVENİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Orhan KAYACIK

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç.Dr. Bahattin ERDOĞAN

Hassas Mutlak Konum Belirleme (Precise Point Positioning - PPP) tekniği, harita mühendisliğinde son yıllarda öne çıkan en önemli konulardan birisidir. PPP tekniğinde sadece bir Küresel Konum Belirleme ve Uydu Sistemleri (Global Navigation Satellite Systems (GNSS)) alıcısı yeterlidir ve bu nedenle kullanıcılar bu tekniği birçok geleneksel bağıl konumlama yöntemine göre tercih etmektedirler. PPP tekniği çözümlemelerinde genellikle bilimsel yazılımlar kullanılmaktadır ve yazılımlardan elde edilen Varyans-Kovaryans (Variance Covariance (VCV)) matrisleri çok iyimser sonuçlar vermektedir. VCV matrislerinden hesaplanan değerler istatistiksel yorumlamalarda önemli etkiye sahip unsurlardır. Yazılımlardan türetilen VCV matrisleri GNSS gözlemlerinin analizi sonucunda deformasyon analizinde kullanılmaktadır ve araştırmacılar VCV matrislerini ölçekleme ihtiyacı hissetmektedirler. Bu çalışmada, 10 adet sürekli gözlem yapan referans istasyonlarının, 2014 yılına ait 11 günlük verileri incelenmiştir. Bütün noktalar GIPSY-OASIS II v6.4 bilimsel yazılımı kullanılarak PPP tekniği ile analiz edilmiştir. Çözümler 2, 4, 6, 8, 12 ve 24 saatlik süreler için tekrarlı bir şekilde yapılmış ve GIPSY-OASIS II v6.4 PPP sonuçları için bir ölçek faktörü kestirilmesi amaçlanmıştır. Analiz sonuçlarına göre ölçek faktörlerinde ölçüm sürelerine bağlı değişkenlik gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hassas Mutlak Konum Belirleme(PPP), GIPSY-OASIS II v6.4, Varyans-Kovaryans(VCV) Matrisi, Ölçek Faktörü (ÖF)

**INVESTIGATION OF THE RELIABILITY OF VARIANCE-COVARIANCE MATRIX
IN GPS PRECISE POINT POSITIONING**

Orhan KAYACIK

Department of Geomatic Engineering

M. Sc. Thesis

Adviser: Assoc. Prof. Bahattin ERDOĞAN

Precise Point Positioning (PPP) technique is one of the most important subjects in Geomatic Engineering. PPP technique needs only one Global Navigation Satellite Systems (GNSS) receiver thus users have preferred it instead of traditional relative positioning technique for several applications. Scientific softwares have been used for PPP solutions and the Variance-Covariance (VCV) matrices estimated from these softwares may be very optimistic. The formal errors (VCV matrices) have major effects on statistical interpretation. Variance-Covariance (VCV) matrix derived from GNSS processing software plays important role for deformation analysis and scientists sometimes need to scale VCV matrix. In this study, 10 continuously operating reference stations have been considered for 11 days dated 2014. All points have been analyzed by GIPSY-OASISII v6.4 scientific software. The solutions were derived for different session durations as 2, 4, 6, 8, 12 and 24 hours to obtain repeatability of the coordinates and analyses were carried out in order to estimate scale factor for the PPP results of GIPSY-OASIS II v6.4. According to the results scale factors slightly vary depending on the raises in respect of session duration.

Keywords: Precise Point Positioning, GIPSY-OASIS II v6.4, Variance-Covariance Matrix, Scale Factor (SF)

YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

1.1 Literatür Özeti

Küresel Konum Belirleme Sistemi (Global Navigation Satellite System - GNSS) yapay uydulardan uzay geriden kestirme tekniğine dayalı bir konum belirleme yöntemidir. Bu yöntem ile dünya üzerindeki GNSS alıcılarının üç boyutlu konum bilgisi elde edilir [1], [2]. GNSS teknolojisinin jeodezik ölçüm alanına girmesinden bu yana konum bilgisi elde etmek klasik ölçüm yöntemlerine göre daha ekonomik ve süratli bir hale gelmiştir. Bilindiği üzere klasik sistemlerde, noktaların birbirlerini görme zorunluluğu ve hava koşullarından azami miktarda etkilenme zorlukları, çalışmalar üzerinde olumsuz etki yapan unsurlar olarak sayılabilir. GNSS sistemleri ise bu ölçüm zorluklarının birçoğunu elemiş olarak karşımıza çıkmaktadır. GNSS teknolojilerinin konum belirlemek amacı ile kullandığı yöntemler ise günden güne ilerlemektedir. Günümüzde jeodezik amaçlı çalışmalarda bağıl konum belirleme yönteminden başka, Hassas Mutlak Konum Belirleme (Precise Point Positioning – PPP) tekniği de kullanılmaktadır. PPP tekniği tek bir GNSS alıcısı ile başta uydu yörünge-saat düzeltme bilgileri ile diğer düzeltme modellerinin kullanıldığı bir tekniktir. Bu teknikte bağıl konum belirleme tekniklerinden farklı olarak koordinatı bilinen bir ya da daha fazla referans istasyonuna gereksinim duyulmamaktadır. PPP tekniği ile literatürde birçok çalışma gerçekleştirilmiştir.

PPP tekniği farklı jeodezik çalışmalarda tercih edilmektedir. PPP tekniği ile gerçekleştirilen ölçümlerde 24 saatlik veriler ile yatay konumda 2 veya 3 mm, düşey konumda ise 8 mm doğruluğa ulaşıldığını; ayrıca 4 saat ve fazla süreli ölçümler ile yapılan

analizlerde ise 5 mm altında hassasiyet elde edildiği Porto Riko bölgesinde yapılan heyelan izleme çalışmalarında gözlemlenmiştir [3].

Bir diğer araştırma ise [4] Hassas Bağlı Konum Belirleme yönteminin yanı sıra PPP yönteminin de doğruluğunun belirlenmesi üzerine yapılmıştır. GNSS PPP yöntemi yardımı ile elde edilen hassasiyetin Bağlı Konum Belirleme Yöntemi ile elde edilene yakın olduğu belirtilmiştir. PPP yönteminde ölçüm süresi periyodunun arttırılarak bağlı konum belirlemeye alternatif olacak hassasiyette veriler elde edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır [4].

PPP tekniği ile yapılan ölçümlerde jeodezik çalışmalar için cm düzeyinde hassasiyetin elde edilebileceğini vurgulayan bir diğer çalışmada ise, 24 saatlik periyotlu ölçümlerde yatay konum doğruluğunun 3 mm ve düşey konum doğruluğunun 5 mm değerlerinde olduğu bulunmuştur [1].

PPP sisteminde konum doğruluğuna ölçüm süresinin etkisinin araştırıldığı bir diğer incelemede ise 2 saati geçen ölçüm süresi için PPP yönteminin konum hassasiyetini arttırdığı gösterilmiştir. Ölçüm periyoduna göre 3 cm ile 0.5 cm hassasiyette veriler elde edildiği vurgulanmıştır [5].

Ayrıca yapılan diğer bir çalışmada ise PPP'nin 3 boyutlu koordinat değerleri elde etme aşamasında bağlı ölçüm teknikleri ile karşılaştırılması yapılmıştır. PPP yönteminin 90'lı yıllarda tek hassas konum elde etme yöntemi olarak görülen bağlı yönteme bir alternatif olacağı vurgulanmıştır. Ancak hassas uydu yörünge ve saat verilerinin elde edilebilmesi için Uluslararası GNSS Servisi (International GNSS Service - IGS) tarafından sağlanan "final" ürünlerinin (yaklaşık ölçüm gününden itibaren 2 hafta içerisinde yayınlanır) kullanılması durumunda doğruluğun arttığı vurgulanmıştır. Bu açıdan bekleme süresinin kısa sürede koordinat gerektiren işlemlerde bir dezavantaj olacağı belirtilmiştir [6].

Yukarıda konu edilen doğruluk araştırmalarından farklı olarak GNSS yazılımlarından elde edilen Varyans-Kovaryans (VCV) matrislerinin güvenilirliklerinin araştırıldığı az sayıda çalışma da yer almaktadır. GNSS yazılımlarından hesaplanan koordinat değerleri yeteri kadar doğru olsa da, VCV matrisleri iyimser olduğundan yanlış yorumlamalara neden olabilmektedir. VCV matrislerine bakılarak ölçümlerin sonuçlarının güvenilirliği hakkında

bilgi edinilmektedir. VCV matrisleri ayrıca bilimsel çalışmalarda verileri yorumlamak için önem arz etmektedir.

Varyans-Kovaryans matrisinin güvenilirliğin GAMIT ve Bernese GPS yazılımlarından yararlanılarak araştırıldığı bir çalışmada [7] GPS yazılımlarının ürettikleri VCV matrislerinin fazla iyimser olduğu, epoklar arası korelasyonları ve modellenemeyen diğer parametreleri ele alamamaları nedeni ile bir ölçek faktörü (ÖF) hesaplanmasının önemi belirtilmiştir. Bu çalışmada her ne kadar küçük bir veri seti kullanılsa da ÖF değerlerinin ölçüm yapılan baz mesafelerinden bağımsız olduğu fark edilmiştir. GAMIT yazılımı için olan ÖF'lerin Bernese yazılımı için olanlardan 10 kata kadar küçük olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmada ÖF değerleri farklı ölçü süreleri ve baz uzunluklarına bağlı olarak test edilmiştir. BERNESE programında farklı ölçü sürelerinin ÖF değerleri üzerine etkisi göze çarparken GAMIT programında bu etki gözlemlenmemiştir. En güvenilir VCV matrislerinin ölçüm sürelerinin etkileşimlerin dikkate alındığı epok korelasyonlu modellemelere ait ÖF değerlerinden elde edilen VCV matrisleri oldukları görülmüştür [7].

VCV matrislerinin yazılımlarda çok fazla iyimser kaldığını vurgulayan bir diğer çalışmada ise bu matrislerin yapılan ölçümlere göre standartlaştırılması amaçlanmıştır. Bu yeni oluşturulan VCV matrislerinin değerleri eskileri ile karşılaştırıldığı takdirde %4 oranında bir fark bulunmuştur. Bu standartlaştırma işleminde ölçümlerin epok korelasyon etkileri göz önünde bulundurulmuştur. Bu bağlamda ticari yazılımların verdiği VCV değerlerinin direkt kullanılması yerine bir standartlaştırma işlemi yapmanın önemi vurgulanmıştır. Ancak farklı baz uzunlukları için yapılan çalışmalarda VCV matrislerin üzerindeki değişimlerin az olduğu gözlemlenmiştir. Buna karşın VCV matrislerinin güvenilirliğinin ÖF değerleri yardımı ile artırılmasının önemi vurgulanmıştır. Yine bu çalışmada standartlaştırılmış VCV matrislerinin ticari yazılım VCV matrislerine göre daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir [8].

GNSS ölçümlerinde fiziksel korelasyonun, tam sayı belirsizliğinin ve fark ölçümlerinin üzerindeki etkisini araştıran çalışmada, GNSS gözlemlerinde fiziksel bileşenlerin tam modellenememesi nedeni ile VCV matrislerine olan güvenin azaldığı vurgulanmıştır. Yine tam olarak modellenemeyen korelasyon hatalarından dolayı VCV matrislerinin

iyileştirilmesi amaçlanmıştır. GNSS yazılımlarından elde edilen hassasiyetin artırılması için VCV matrislerine korelasyon etkilerinin yansıtılması işlemi yapılmıştır. Bu çalışmada GNSS yazılımlarının hassasiyette büyük etkisi olan fiziksel korelasyonları göz ardı etmesi nedeni ile VCV matrislerini bir ÖF değeri ile çarparak düzeltme yoluna gidilmiştir [9].

İzlanda adası üzerinde tektonik plaka hareketlerini gözlemlemek için yapılan bir ölçüm çalışmasında ise Bernese v4.2 yazılımı kullanılmıştır. Bu çalışmada bağıl konum belirleme yöntemi kullanılmasına karşın yazılımdan elde edilen koordinat hatalarında, yazılımın sistematik hataları modelleyememesi ve modellenemeyen hatalardan dolayı gerçek hata değerlerinin küçüldüğü belirtilmiştir. Bu amaçla bir ölçek faktörünün hesaplanmasının faydalı olacağı belirtilmiştir. Bernese yazılımı kullanılan birçok çalışmada bu problem ile karşılaşıldığı ifade edilmiştir. Bu durum da yazılımlardan elde edilen VCV matrisleri üzerinde bir düzenleme yapılmasının önemini vurgulamaktadır [10].

Kısa süreli baz ölçümlerinde VCV matrislerinin güvenilirliğinin araştırıldığı tez çalışmasında ise, [7] çalışmasında olduğu gibi elde edilen ÖF değerlerinin ölçüm yapılan baz uzunluğundan bağımsız olduğu vurgulanmıştır. GNSS yazılımlarından elde edilen koordinatların istenilen doğrulukta olmasına karşın VCV matrislerinin güvenilirliğinin sorgulanması gerekliliği vurgulanmıştır. Bu çalışmada kullanılan Bernese v5.2 programı ile elde edilen VCV matrisleri üzerinde ÖF hesaplanması yapılmıştır. VCV matrislerinin istenilen hassasiyeti yakalayamamasının nedenleri olarak fiziksel korelasyonun ve sistematik hataların tam olarak modellenememesi gösterilmiştir [11].

1.2 Tezin Amacı

GNSS ölçümleri gerçekleştirildikten sonra analizler bilimsel (BERNESE, GIPSY...) veya ticari (PANDA, magicGNSS, GNSMART...) [1] yazılımlarla gerçekleştirilebilirler. Özellikle akademik yazılımlardan elde edilen koordinat değerleri yeterli doğruluğa sahip olsa da, analizler sonucunda hesaplanan VCV matrisleri çok iyimser sonuçlar vermektedir. Bu sonuçların farklı analizlerde kullanılması sonucunda yanlış yorumlamalar ortaya çıkabilmektedir. Bu bakımdan hesaplanan VCV matrislerinin ölçeklendirilmesi gerekmektedir.

VCV matrislerinin güvenilirliğiyle ilgili olarak özellikle bağıl konum belirleme için sınırlı sayıda çalışma yer almaktadır. PPP tekniği için ise bu sayı daha azdır. Yapılan bu tez çalışmasında GPS yazılımlarının ürettiği VCV matrislerinin bilimsel çalışmalara altlık oluşturduğundan dolayı hassasiyetinin araştırılması amaçlanmıştır. GIPSY OASIS II v6.4 yazılımının ürettiği VCV matrisleri ile kurgulanan 2 farklı model oluşturulmuştur. Dünya üzerinde 10 adet sürekli ölçüm yapan istasyona ait 11 günlük veriler incelenmiştir. Bu tezin amacı PPP tekniğini kullanan GIPSY OASIS II v6.4 yazılımı ile hesaplanan ve bilimsel çalışmalarda kullanılan VCV matrislerinin güvenilirliğinin incelenmesi, ayrıca bu matrisleri gerçekçi kılacak bir ÖF değerinin araştırılmasıdır.

1.3 Hipotez

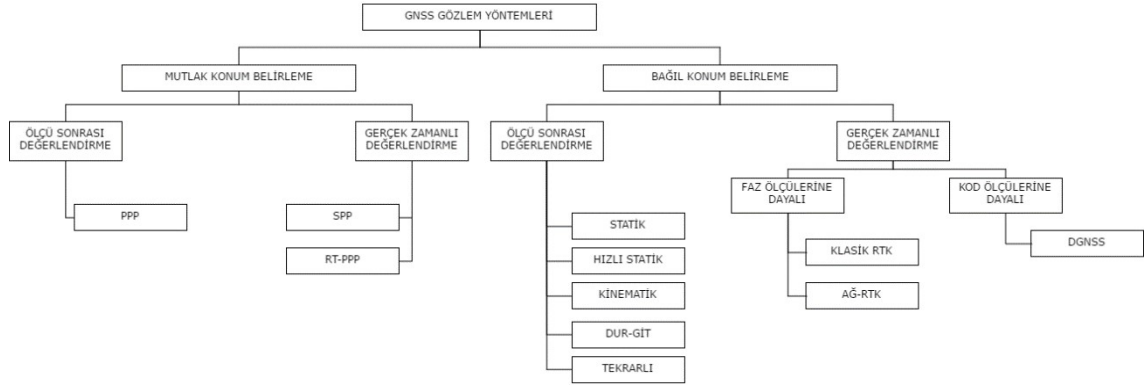
Akademik yazılımlar GPS veri değerlendirmelerinde koordinat değerleri için yeterli doğruluk sağlasa da, VCV matrisleri için aynı durum söz konusu değildir. Yazılımlardan hesaplanan VCV matrislerinin ölçeklendirilmesi gerekmektedir. Ölçeklendirme işleminde tekrarlılıklardan elde edilen karesel ortalama hata (RMS) değerleri kullanılabilir. Bu durumda, yapılan tez çalışmasında tercih edilen GIPSY OASIS II v6.4 yazılımından elde edilen VCV matrislerinin bir ölçek çarpanı değeri ile çarpılmasıyla daha gerçekçi VCV çözümlerine ulaşılabilir.

GNSS KONUM BELİRLEME YÖNTEMLERİ VE PPP TEKNİĞİ

Uydu tabanlı konum belirleme sistemleri, bir uydu alıcısına sahip olan kişinin dünya üzerindeki herhangi bir noktanın hızlı ve anlık olarak konum, zaman bilgisine ulaşmasını sağlayan sistemlerdir. Genel olarak uydu tabanlı konum belirleme yöntemleri yersel ölçümlerde kullanılan geriden kestirme tekniğinin 3 boyutlu uzayda uygulaması ile konum elde edilmesi prensibine dayanmaktadır. Burada nirengi noktalarının yerini yerden yaklaşık 20 000 km yükseklikte belirli yörüngeler üzerinde hareket eden GNSS uyduları almıştır. Uydulardan gelen sinyallerin atmosferi aşarak alıcıya ulaşması esnasında atmosferik etkilenmeler, uyduların sinyali gönderdikleri anlık konum bilgilerinin hassasiyeti gibi nedenler alıcı ile sinyali gönderen uydu arasındaki geriden kestirme problemine X, Y, Z koordinatlarının dışında bir de zaman bileşenini eklemiştir. Bu durumda bilinmeyen sayısı 4'e çıkmış ve konum belirlemek için en az 4 adet uydu ihtiyacı ortaya çıkmıştır [2], [3], [5], [11].

Uydu teknolojileri hususunda kısa tarihçe vermek gerekirse uydu teknolojilerinin ilk gelişimleri 1960'lı yılların erken dönemlerine rastlamaktadır. 1973'lü yıllarda Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı tarafından bir uydu savunma sistemi kurulumu amaçlanmıştır. 1980'li yıllarda saat hatalarının 2 alıcı kullanılarak elemine edilebilmesi ve maliyeti daha düşük uydu alıcılarının yavaş yavaş ortaya çıkması sağlanmıştır [12]. 1994 yılında ise hedeflenen 24. GPS uydusu da yörüngede yerini almıştır. 2000 yılının mayıs ayında ise uydu sinyallerindeki kısıtlı erişimi Amerika Birleşik Devletlerinin kaldırması sayesinde GPS sinyalleri herkesin kullanımına açılmıştır.

2.1 GNSS Konum Belirleme Yöntemleri



Şekil 2.1 Uydu tabanlı konum belirleme yöntemleri [1], [2], [11]

GPS ile yapılan ölçümler incelenecek olursa birçok konum belirleme yöntemleri olduğu görülür.

Konum belirleme yöntemleri genel olarak incelendiğinde 4 ana başlık altında incelenebilirler. Bunlar tek bir noktada tek bir alıcı ile kod ölçümlerine dayanan Tek Nokta Konumla, Hassas Nokta Konumlama yani PPP yöntemi, iki farklı alıcı yardımı ile yapılan Bağıl Konumlama, anlık veri bağlantıları ile yapılan Diferansiyel Konumla yöntemleridir [1].

2.1.1 Mutlak Konum Belirleme Yöntemi

Mutlak konum belirleme yöntemi tek bir alıcı yardımı ile yapılan ölçüm sistemlerine dayanmaktadır. Bu bağlamda tek alıcı ile yapılan bu ölçüm sistemi iki bölüme ayrılmaktadır. Bu yöntemler esas olarak başka herhangi bir noktaya ihtiyaç duymadan doğrudan GNSS uydularından koordinat değerleri elde edilen yöntemlerdir.

2.1.1.1 Standart Mutlak Konum Belirleme Yöntemi

Bu yöntemde konum belirleme esası, tek bir alıcı ile sağlanmaktadır. Uydudan yayımlanan sinyallerin atmosferi aşarak alıcıya ulaşmasında geçen süre, sinyal hızı ile çarpılarak uydu ve alıcı arasındaki mesafenin bulunması esasına dayanmaktadır.

Elde edilen mesafeler yardımı ile geriden kestirme yapılarak bulunan noktanın koordinatlarına ulaşılmaktadır. Mutlak konum belirlemede alıcının en az 4 adet uyduyu görebilmesi gerekmektedir [2]. Bu yöntem sayesinde çok kısa zaman aralıklarında sivil

kullanım için yetecek doğrulukta konum elde etmek mümkündür. Daha çok 5 ila 10 metre arasında değişen değerlerde konum doğruluğu elde edilebilmektedir.

Tek bir alıcı ile yapılan ölçüm şekline SPP (Single Point Positioning) yöntemi de denilmektedir. Günümüzde cep telefonları, birçok basit yön bulma cihazları içerisindeki GNSS alıcılarının kullandığı bu sistem metre düzeyinde doğruluk vermesine karşın birçok günlük faaliyet için yeterince uygundur [1]. Bu yöntemde kod ölçümlerinin kullanılması alıcının yer tespit etmesinde çok daha süratli konum elde etmesini sağlamaktadır. Ancak elde edilen hassasiyet jeodezik çalışmalarda uygulanacak kadar hassas değildir. Bu yöntemi jeodezik çalışmalar için uygun hale getirme çalışmaları GNSS ölçümlerine yeni bir ölçüm sistem olan PPP yöntemini eklemiştir.

2.1.1.2 Hassas Mutlak Konum Belirleme Yöntemi (PPP)

PPP tekniği temel olarak çok hassas uydu ve yörünge bilgileri yardımı ile tek bir alıcı sayesinde cm düzeyinde koordinat bilgisi edinmeye dayanan bir ölçüm yöntemidir [4].

PPP yöntemi Nasa'nın Jet Propulsion Laboratuvarında [13] yapılan çalışmalarda artan GPS verilerinin yoğunluğu nedeni ile uygulanması makul bir analiz yöntemine duyulan ihtiyaçtan ortaya çıkmıştır [1]. Bu araştırmaları Zumberge vd. (1997) yaptıkları çalışmalar ile ilk olarak ortaya koymuşlardır. IGS tarafından sağlanan hassas uydu yörünge ve saat bilgileri kullanılarak analiz yapılmaktadır.

PPP yönteminin hassas mutlak konum belirleme yönteminden en büyük farkı ise alıcı ve uydu saat hatalarını fark yöntemleri ile elemek yerine hassas uydu efemeris bilgilerini kullanarak bu hataları gidermesidir [4], [14].

Bu yöntemde konum belirleme esasları standart konum belirleme yöntemindekine benzer olarak yine tek alıcı ile sağlanmaktadır. Ancak ölçüm süresi standart konum belirleme yönteminden farklı olarak bazı araştırmalara göre en az 6 [4] saat, bazı çalışmalarda ise 3 saat olarak öngörülmüştür [1]. PPP yönteminde konum belirlemesi hassas yörünge ve uydu verilerinin elde edilmesi ile yapılmaktadır. Bu verilere ise internet üzerinden farklı organizasyonlar aracılığı ile ulaşım sağlanmaktadır. Yöntemin tamsayı belirsizliği çözüm aşamasında uzun bir süreye ihtiyaç duyması anlık veri gerektiren uygulamalar için bir

kısıtlama oluşturmaktadır [15]. Gelişen teknoloji ile beraber jeodezik amaçlı çalışmalarda PPP yönteminin kullanımı giderek artmaktadır.

PPP yönteminde tek bir alıcı ile herhangi bir noktaya ihtiyaç duymadan bağımsız olarak elde edilen konum bilgisi, bu yöntemin öne çıkan başarılarından biridir. Bu yöntemin gelecekte GNSS efemeris bilgilerine ulaşımın uzun sürmesinden kaynaklanan olumsuzluklarının da giderileceği çıkarımı yapılabilir. Nitekim bilim dünyasında bu çeşit çalışmalar başlamış gözükmemektedir [16].

2.1.2 Bağıl Konum Belirleme Yöntemleri

Bağıl konum belirleme sistemleri PPP yönteminin geliştirilmesine kadar ki dönemde jeodezik amaçlı ölçümlerde çok kullanılan çift veya daha çok alıcı yardımı ile yapılan ölçüm sistemleridir. Jeodezik ölçümlerde uzun süre bağıl sistemin kullanılması sisteme ait farklı yöntemlerin gelişmesine olanak tanımıştır. Beş adet ana yöntem bağıl konum belirleme sisteminde göze çarpmaktadır. Bunlar Kinematik Ölçü Yöntemi, Tekrarlı Ölçü Yöntemi, Statik Ölçü Yöntemi, Hızlı Statik Ölçü Yöntemi, Dur Git Ölçü Yöntemi olarak sıralanabilir [2].

Bağıl konum belirleme yönteminde ölçüm süresine bağlı olarak elde edilen hassasiyet jeodezik çalışmalar için uygun düzey olan mm mertebesinde dir. Bu yöntemde en az iki adet alıcının gerekli olması yapılan çalışmanın maliyet ve çabasını arttırmaktadır. Prensip olarak koordinatı bilinen bir nokta ile koordinatı hesaplanacak diğer nokta arasında bir baz oluşturulması esasında dayanmaktadır. Bu bazların çözümleri sayesinde koordinatı bilinen nokta dışında bulunan noktaların da koordinatları gözlem süresine bağlı olarak mm düzeyinde elde edilebilmektedir.

Bağıl konum belirleme sistemi günümüzde klasik jeodezik çalışma yöntemi olarak geçmektedir [1].

2.1.2.1 Statik Ölçü Yöntemi

Bilimsel jeodezik ölçüm çalışmalarında daha çok statik yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntem koordinatı bilinen bir noktadaki alıcı ile diğer koordinatı bulunacak nokta arasında oluşturan bir baz uzunluğu belirlenerek bu uzunluğa ve görülen uydu sayısına

bağlı olarak tespit edilen ölçüm süresi ile yapılmaktadır. Elde edilen hassasiyet mm düzeyinde olarak jeodezi için olumlu sonuçlar vermektedir [17]. Bu sistemde özellikle kullanılan yazılımların ticari değil bilimsel olması sonuçların mm hassasiyette olabilmesine ve baz uzunluğunun 20 km den daha uzun seçilmesine olanak tanımaktadır. Yüksek doğruluk elde edebilmek adına ölçüm süresinin birkaç saatten bir güne değişen süreler olabileceği belirlenmiştir [2].

2.1.2.2 Hızlı Statik Ölçü Yöntemi

Bir diğer yöntem olan hızlı statik yöntemi, statik yöntemin genelde ticari amaçlı kullanımı için tercih edilen şeklidir. Bu teknikte referans alınan nokta ile diğer nokta arası mesafenin 20 km den az olarak seçilmesi önem az eder. Ölçüm süresinin kısa tutulmak istendiği durumlar mevcut noktalardan görülen uydu sayısı ve gelen sinyalin uydudan alıcıya herhangi bir engelle çarpmadan direkt ulaşması büyük önem taşımaktadır. Bu yöntemde elde edilen doğruluk değerleri cm mertebelerine ulaşmaktadır. Bu yöntemde gerekli görülen ölçüm süreleri yine uydu sayısına bağlı olarak 20 dakika değerlerindedir [18].

Çizelge 2.1 Hızlı statik yöntemde ölçü süresi ve uydu sayısı ilişkisi [2]

Uydu Sayısı	Ölçü Süresi (dk)
4	>20
5	10-20
6 veya daha fazla	5-10

2.1.2.3 Tekrarlı Ölçü Yöntemi

Bu yöntemde aynı noktanın koordinatları değişen uydu geometrisine göre farklı zamanlarda tekrarlı ölçüler yapılarak elde edilir. Bunun amacı farklı uydu geometrilerinden yararlanmaktır. İki ölçüm süresi arasında 60 dakikadan az süre bulunmaması uygulamada esastır [2]. Bu ölçüm yönteminde farklı zamanlarda yapılan ölçümlerden maksat duyarlık kaybı (Dilution of Precision - DOP) faktörlerinin değerinin düşük olmasının amaçlanmasıdır.

2.1.2.4 Dur-Git Yöntemi

Bu yöntemde ise bir alıcı koordinatı bilinen noktanın üzerinde, diğer alıcı ise tam sayı belirsizliğinin çözümü sağlandıktan sonra ölçüm yapılacak noktalarda sıralı ölçümler yapar. Bu yöntemde gezici alıcının uydularla herhangi bir şekilde bağlantısı kesilirse ölçümlere tekrar başlama ihtiyacı duyulur. Gezilen noktalarda 15-20 saniyelik ölçümler yapılmaktadır [2].

2.1.2.5 Kinematik Ölçü Yöntemi

Bu yöntemde ise Dur-Git yönteminden farklı olarak alıcı sürekli hareket halindedir. Bir alıcı koordinatı bilinen nokta üzerinde diğeri ise belirlenen güzergâh üzerinde seyir eder. Uydular ile bağlantının en az 4 uydu göreceği şekilde olmasına ve tam sayı belirsizliğinin çözümü için başlangıç da bir süre statik olarak ölçüm yapmaya ihtiyaç duyulur.

Genel olarak bağıl konum belirleme sistemlerinde elde edilebilen konum hassasiyetleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 2.2 Bağıl Ölçüm Yöntemlerinde Elde Edilebilen Doğruluklar [2]

ÖLÇÜ YÖNTEMİ	BAZ ÖLÇÜM DOĞRULUĞU
Statik	5 mm + 1 ppm
Hızlı Statik	5-10 mm + 1 ppm
Dur - Git	10-20 mm + 1 ppm
Tekrarlı Ölçü	5-10 mm + 1 ppm
Kinematik	10-20 mm + 1 ppm

2.1.2.6 Diferansiyel Konum Belirleme Yöntemi

Alıcı koordinat hatalarının gerçek zamanlı olarak mobil iletişim (Global System for Mobile Communications – GSM) veya radyo dalgaları yardımı ile başka bir kaynaktan alınması esasına dayanmaktadır. Bu yöntemde çalışma yapılan bölgede daha önce kurulmuş olan bir alıcı sisteminden koordinat düzeltmeleri gerçek zamanlı olarak gezici alıcıya gönderilir, bu şekilde koordinat değerlerinde cm mertebelerinde hassasiyet elde edilebilir. Alıcı GNSS ağında nirengiler yardımı ile hesaplanan düzeltmeleri anlık olarak alır. Hesaplanan bu düzeltmeler GSM veya radyo frekansları yardımı ile gezici alıcıya ulaştırılır. Diferansiyel konum belirleme yönteminde düzeltmelerin hesaplanması aşamasında farklı yöntemler mevcuttur [1].

Mutlak konum belirleme sistemlerinin bağıl konum belirleme sistemlerine göre daha az çeşitlilik göstermesi bu sahada yapılacak araştırmalarla yeni ufuklar açılacağıın sinyallerini vermektedir.

2.2 GNSS Hata Kaynaklarının PPP Özelinde Sınıflandırılması

GNSS teknolojisinin birçok klasik ölçüm yöntemine göre avantajlarının olması bu sistemi her konumda ve rahatça kullanma isteğini doğurmuştur. “Yeterli sayıda uydu görülebilen her bölgede GNSS sistemleri rahatlıkla kullanılabilir mi?” sorusu akla gelmektedir. Bu bağlamda GNSS sisteminin çalışma sistemi olan elektromanyetik dalgaların çalışma sistemlerinin bilinmesi önem arz etmektedir. Hangi koşulların bu dalgaların çalışma sistemlerini etkilediğinin bilinmesi ve tabi ki bu etkinin boyutunun tespiti araştırma konusu olmuştur. PPP metodunda ölçüm yapılan noktanın jeodezik konumunun yanında fiziki konumu da bu anlamda değerlendirilmesi gereken bir unsurdur. PPP tekniğinde GNSS ölçümlerinin doğruluğuna etki eden bu parametreler hata kaynakları olarak karşımıza çıkmaktadır. GNSS sistemlerinde hata kaynakları incelenecek olursa aşağıdaki maddeler sıralanabilir [1], [2], [4], [11].

- Sinyalin çok yollu olarak alıcıya ulaşması hatası
- GNSS alıcı anten faz merkez kayıklığı hatası
- Taşıyıcı dalğanın tamsayı belirsizliği hatası
- İyonosfer ve troposfer kaynaklı hatalar
- Uydu saat hataları ve alıcı saat hataları
- Uydu konum bildirim hataları
- Okyanus yüklemesi ve katı yeryuvarı gelgiti

Çizelge 2.3 PPP ve Rölatif Hataların Sınıflandırılması [1], [15]

Düzeltilme Türü	PPP	Diferansiyel GNSS
Uydu Kaynaklı Hatalar		
Hassas uydu saat düzeltmeleri	✓	×
Uydu anteni faz merkezi offset değerleri	✓	✓
Uydu anteni faz merkezi kayıklıkları	✓	✓
Hassas uydu yörüngeleri	✓	✓ / ×
Diferansiyel grup gecikmeleri (group delay)	✓(L1 için)	×
Rölativite (görelilik) koşulu (relativity term)	✓	×
Uydu anteni faz dönmesi (wind-up) hatası	✓	×
Alıcı Kaynaklı Hatalar		
Alıcı anteni faz merkezi offset değerleri	✓	✓
Alıcı anteni faz merkezi kayıklıkları	✓	✓
Alıcı anteni faz dönmesi (wind-up)	✓	×
Jeofiziksel Modeller		
Katı yeryuvarı gelgiti (Solid Earth Tide)	✓	×
Okyanus yüklemesi (Ocean Loading)	✓	×
Kutup gelgiti (Polar Tides)	✓	×
Plaka tektonik hareketleri (Plate tectonic motion)	✓	×
Atmosferik Modelleme		
Troposferik gecikme	✓	✓
İyonosferik gecikme	✓(L1 için)	×

2.2.1 Sinyalin Çok Yollu Olarak Alıcıya Ulaşması Hatası

Ölçüm esnasında GNSS alıcısına uydudan gelen sinyal dalgasının normalde geometrik olarak en kısa yol olan bir doğru boyunca gelmesi matematiksel modellemede kabul edilen esas unsurdur. Alıcıların farklı yönden gelebilecek olan sinyalleri gökyüzü taraması esnasında yakalayabilmeleri nedeni ile farklı açılardan gelen sinyalleri alabilecek şekilde tasarlanmaları, direkt uydudan değil de en direkt olarak gelen sinyallerinde alınmasını sağlamaktadır. Bu bakımdan uydudan gönderilen sinyallerin herhangi bir yansıtıcı yüzey tarafından kırılarak GNSS alıcısına ulaşması durumunda alıcı bu sinyalleri direkt olarak uydudan geliyormuş gibi kayıt etmektedir. Bu durumda sinyalin verdiği mesafe alıcı ile uydu arasındaki gerçek mesafeyi yansıtmayacak ve yapılacak konum hesaplama modelinin sonuçlarının yanlış hesaplanmasına neden olacaktır.

Sinyal yansıma hatasının boyutları, kullanılan sinyalin cinsine göre değişmekte ve dalga boyu daha yüksek olan P dalgasının kullanıldığı ölçümlerde daha büyük hatalara neden olmaktadır [2].

2.2.2 GNSS Alıcısı Anten Faz Merkezi Kayıklığı

GNSS alıcılarında sinyalin alıcıya ulaştığı nokta ile konumu hesaplanan nokta arasında bir fark bulunmaktadır. Alıcının cinsine göre değişen bu faz kayıklığının GNSS alıcısını üreten firma tarafından belirtilmesi ve hassas çalışmalarda bu düzeltmelerin dikkate alınması önem arz etmektedir. Ayrıca alıcılarda L1, L2 dalga boylarının ölçüldüğü noktalarında anten üzerinde farklı konumlar üzerinde bulunması, dikkate alınması gereken diğer bir önemli durumdur [2].

Uydulardan gelen sinyaller alıcının elektriksel faz merkezine ulaşmaktadır. Bu noktadan gelen sinyalin açısına bağlı olarak faz merkezi değişiklik göstermektedir. Her GNSS anteni üreten firma, bu düzeltme değerlerini belirlemektedir. Bu düzeltme değerleri dikkate alınmadığı takdirde cm boyutuna varan hataların sisteme etkiyebileceği akıldan çıkarılmamalıdır [1].

2.2.3 Taşıyıcı Dalganın Tam Sayı Belirsizliği

GNSS alıcısı açıldığı anda uydudan gelen sinyalleri kayıt etmektedir. Kullanılan elektromanyetik dalganın boyu ve tekrar adedi bize uydu ile alıcı arasındaki mesafenin hesaplanmasını sağlayacaktır. Alıcı, dalga boylarını sayarak aradaki mesafeyi elde etmektedir. Ancak kaç adet tam dalga boyunun olduğunu tespit etmek için bir miktar ölçüm süresine ihtiyaç duyulmaktadır. Tam sayı belirsizliğinin giderilmediği durumlarda yapılan ölçümlerden yeterli hassasiyeti beklemek yanlış olacaktır.

Tam sayı belirsizliğinin çözümlenmesinde aynı anda birkaç uyduya yapılan gözlemlerden faydalanılmaktadır. Uyduların konum değişimlerinden faydalanılarak tam sayı farklarındaki değişimler hesaplanmakta ve bu farklar yardımı ile tam sayı belirsizliği giderilmektedir [2]. PPP yönteminde ise aynı anda tek bir alıcı kullanıldığı için tam sayı belirsizliğinin giderilmesi aşamasında fark alma yöntemi kullanılamamaktadır. Tam sayı belirsizliğinin giderilmesinde dünya üzerindeki sabit noktalardan ve uydulardan aldığı

verileri işleyerek tam sayı belirsizliğini çözen algoritmalar geliştirilmiştir. Bu algoritmalar başlangıçta L1, L2 faz ve kod ölçümlerini birlikte kullanma temeline dayanmaktadırlar. Bu konu üzerinde halen yeni algoritma çalışmaları yapılmaktadır. Bilimsel çalışmalarda algoritmaların en az 30 dakikalık bir ölçüm periyoduna ihtiyaç duyduğu belirtilmiştir [1], [19], [20], [21].

2.2.4 İyonosfer ve Troposfer Kaynaklı Hatalar

Güneş tarafından yayılan radyasyon yani elektromanyetik dalgalar, atmosfer üzerindeki gazların yüklenmesine neden olmaktadır. Bu nedenle yüklenen atmosferdeki moleküllerde iyonlar oluşmakta artı ve eksi yüklü parçacıklar meydana gelmektedir. Uydu sinyallerinin de elektromanyetik dalga olmaları nedeni ile bu iyonlardan etkilenmesi durumu mevcuttur. Güneşte yaşanan manyetik yoğunluğa bağlı olarak bu etkileşim ölçümleri olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

Atmosferin yeryüzüne yakın olan ilk 50 km'lik kısmına Troposfer ve yeryüzünden 50 ile 200 Km'lik mesafedeki kısmına ise İyonosfer denilmektedir [13]. Yeryüzüne daha yakın olan Troposfer tabakasında, güneşten gelen radyasyonun nispeten bu katmanda az olması ile iyonlaşma miktarı da daha azdır. Bu nedenle GNSS sistemlerinde kullanılan elektromanyetik sinyallere etkisi daha az olmaktadır.

Troposfer tabakası gecikmesi, sinyal gönderen uydu ile alıcının arasındaki baş ucu açısı ile doğrudan ilişkilidir. Sinyal gönderen uydu tam tepede iken 2 metre civarında olan gecikme hatası, açının sıfır dereceye yaklaşması ile büyük değerlere ulaşmakta ve 25-85 metre arası değerler arasında yer almaktadır. Alıcıların bu noktada 15 dereceden küçük ufuk açılarını almayacak şekilde seçilmesi önemlidir. Çok yolluluk hatası dışında troposferik etkilerin de azaltılması küçük ufuk açılarının ölçüme alınması ile sağlanabilir. Jeodezik çalışmalarda troposfer etkisinin giderilmesi amacı ile atmosferin bu tabakasında yapılan ölçüm çalışmaları yapılmaktadır. Bu ölçümler sayesinde çözüm için kullanılacak algoritmalara kaynak oluşturacak atmosferik bilgiler (su buharı, basınç ve sıcaklık değerleri) elde edilir [1].

Troposfer taşıyıcı kod ölçümlerinde gecikmeye neden olmaktadır. Islak ve kuru bileşen olarak troposfer hataları iki bölümde incelenebilirler. Kuru hata bölümleri, yer ölçümleri

sayesinde modellenebilmektedirler. Ancak ıslak hata bileşenin modellenememesi kuru bileşen kadar kolay olmamaktadır. Burada ıslak bileşen havada nemden kaynaklanan, kuru bileşen ise atmosferin bu tabakasındaki diğer partiküllerden kaynaklanan hatalar olarak düşünülebilir. GIPSY-OASIS II v6.4 yazılımı troposfer hatalarını modellemektir [1], [3].

İyonosfer tabakasında ise serbest elektronlar bulunmaktadır. Bu tabakadaki serbest elektron yoğunluğu (Total Electron Content - TEC) hesaplamalarda kullanılan bir parametredir. İyonosfer hatalarının ayıklanmasında L1 ve L2 şeklinde iki farklı taşıyıcı dalga kullanılması önem arz etmektedir. Bu şekilde GIPSY-OASIS II v6.4 yazılımı L1 ve L2 sinyallerini birlikte kullanarak iyonosfer hatalarını modellemektedir [3].

İyonosfer tabakasındaki TEC değeri güneş ışınlarına bağlı olarak değişmektedir. Gündüz saat 2 sularında güneşin atmosferdeki etkisi en yüksek değere ulaşmakta ve yine gece vakitlerinde güneş ışınlarının azalması ile en aza inmektedir. İyonosfer tabakasından kaynaklı sinyal gecikmeleri metre mertebelerine ulaşabilmektedir. İyonosfer tabakası elektromanyetik dalgaların boylarında farklı olanları bir birinden ayırıcı etkiye sahiptir. Bu nedenle farklı dalga boyuna sahip L1 ve L2 sistemleri kullanılarak iyonosfer hataları algoritmalar yardımı ile giderilmektedirler. Atmosferin saçınım yapan bu kısımları sayesinde yine gökyüzüne ulaşan beyaz ışık renklerine ayrılmaktadır. Bu sayede gökyüzü saçınımı dalga boyu nedeni ile fazla olan mavi renklidir. Ufka yakın kısımlarda güneş batarken oluşan kızıllaşma yine iyonosferin tıpkı beyaz ışıktaki yapıtı gibi L1 ve L2 dalga boylarını ayırdığının bir sonucu olarak görülebilir [1].

2.2.5 Uydu Saat Hataları ve Alıcı Saat Hataları

Yeryüzünden yükseldikçe azalan yer çekimi etkisine bağlı olarak, Einstein'ın (1879-1955) görecelilik kuramının gösterdiği şekilde zaman daha hızlı değişmektedir. Buna bağlı olarak Colorado Springs merkezli dünya üzerinde yayılı bulunan GNSS gözlem merkezlerinden düzeltmeler uydulara gönderilmektedir. Yapılan bu zaman eşlemeleri ve diğer uydu saat hataları yer merkezli kontrol sistemleri ile takip edilmektedir.

PPP yönteminde hassas efemeris bilgileri kullanıldığı için uydu saat hatalarının mutlaka düzeltilmesi gerekmektedir. Uydularda kullanılan saatlerin atomik saatler olması nedeni

ile hassasiyetleri çok yüksektir. Ancak sinyallerin ışık hızı ile yol alması bu saat hatalarının uydu ile alıcı arasındaki mesafe ölçümlerini çok büyük oranda etkilemesine neden olmaktadır.

Bağıl ölçüm yöntemlerinde ikili farklar ile bu saat hataları giderilmekte olmasına karşın PPP yönteminde bu şekilde bir çözüm olmadığı için uydu saat hatalarının doğru olarak IGS gibi veri kaynaklarından alınması çok büyük önem arz etmektedir [1].

Uydu sinyal alıcılarında ise kuvars saatler kullanılmaktadır. Bu saatler kuvars kristalinin üzerine ufak bir elektrik akımı verildiğinde belirli bir titreşim üretmektedir. Bu titreşimden yararlanılarak zaman ölçümü yapılmaktadır. Bu hatanın giderilmesi için normalde gözlemlenen 3 adet uyduya ilave olarak fazladan bir uydunun gözlemlenmesi gerekmektedir [3].

2.2.6 Uydu Konum Bildirim Hataları

Uydulara yüklenen konum ve zaman bilgilerine efemeris adı verilmektedir. Uyduların yolladığı elektromanyetik dalgalara işlenen bu bilgilerin yanlış olması durumunda uydu konum bilgilerinin hatalı olmasına bağlı olarak yapılan konum belirleme işlemlerinin sonuçları da istenilen doğruluktan uzaklaşacaktır. Buna bir benzetme yapacak olursak ölçüm sırasında referans olarak kabul ettiğimiz nirengilerin koordinatlarının bize yanlış olarak verildiğini düşünebiliriz.

Uyduların hangi zaman diliminde gök kürenin hangi bölümünde olacağını gösteren bilgilere almanak denilmektedir. Almanak verilerindeki hassasiyet alıcı ilk açıldığında uydulara daha rahat kenetlenmesi amacıyla.

2.2.7 Okyanus Yükleme ve Katı Yeryuvarı Gelgiti

Yer kabuğunun okyanus gelgitlerine verdiği tepki nedeni ile GNSS yer ölçümlerinde etkilenmeler olmaktadır. Bu etkileşimler dalga fonksiyonlarını takip eder şekilde ortaya çıkmakta ve modellenmektedir. Santimetre hassasiyetinde koordinat hassasiyetlerine ulaşmak için okyanus etkilerinin dikkate alınması gerekmektedir [3].

Okyanus etkisinin ölçüm yapılan bölgenin okyanustan bin km daha içeride olduğu bölgelerde ihmal edilebileceği kaynaklarda belirtilmiştir [1].

Katı yeryuvarı gelgitleri ise ayın hareketlerine bağlı olarak 24.5 saatlik bir döngü göstermektedirler. Kaynaklarda katı yeryuvarı gelgit etkisinin PPP yönteminde önemli olduğu vurgulanmıştır. Sistematik hataların katı yeryuvarı hatalarının dikkate alınmadığı durumlarda artacağı bildirilmiştir [1].



ÖLÇEK FAKTÖRÜ

GNSS uygulamalarında hesaplanan koordinat değerlerine ilişkin doğruluk değerlerinin bilinmesi çok önemlidir. Literatürde gerçekleştirilen çalışmalarda doğruluğun ölçüm süresine, noktalar arasındaki yükseklik farkına, baz uzunluğuna bağlı olarak değiştiği ortaya konmuştur. Gerçekleştirilen doğruluk çalışmalarında tekrarlılıklardan hesaplanan RMS değerleri kullanılmıştır [1], [3], [11].

GNSS yazılımlarından elde edilen koordinat değerleri yeterli doğruluğu sağlasa da, özellikle akademik yazılımlarda VCV matrisleri çok iyimser sonuçlar vermektedir. Bu bakımdan hesaplanan VCV matrislerinin ölçeklendirilmesi gerekmektedir [7], [8], [9], [10]. Çok az sayıda gerçekleştirilen ölçeklendirme çalışmalarında GNSS ölçümlerinden elde edilen tekrarlılıklar kullanılmıştır.

Tekrarlılıklardan doğruluk parametrelerinin hesaplanması çalışmalarında RMS değerleri kullanılır. RMS ölçü kümelerindeki değişimleri belirlemeye yarayan istatistiksel bir ölçüttür. RMS aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_G)^2}{n}} \quad (3.1)$$

Burada X_i ölçü değerini; X_G gerçek değeri ve n ölçü sayısını ifade etmektedir.

GNSS ölçümlerinin analizinden elde edilen VCV matrislerinin genel anlamda tekrarlılıklardan hesaplanan RMS değerlerine yakın olması beklenir. Bundan dolayı akademik yazılımlardan elde edilen standart sapmalar ölçeklenirken standart sapmaların

RMS değerlerine yaklaştırılması amaçlanmıştır. Uygulamada ölçek değerleri hesaplanırken RMS değerleri baz alınmış ve iki farklı temel ölçek değeri belirleme yöntemi kullanılmıştır.

$$RMS = STD \times \ddot{O}F \quad (Model\ 1) \quad (3.2)$$

$$\ddot{O}F = \frac{RMS}{STD} \quad (Model\ 2) \quad (3.3)$$

Burada, RMS tekrarlılıklardan elde edilen değeri, STD akademik yazılımdan hesaplanan standart sapma değerini ve $\ddot{O}F$ ölçek faktörü değerini belirtmektedir.

3.1 Kaba Hata Analiz Yöntemleri

$\ddot{O}F$ değerlerinin hesaplanmasında GNSS ölçümlerinin farklı ölçüm süreleri için gerçekleştirilen analizlerinden elde edilen koordinat değerleri kullanılmıştır. RMS değerlerinin hesaplanması aşamasına geçilmeden önce, analiz sonuçlarında uyuşumsuz ölçülerin bulunup bulunmadığının araştırılması gerekmektedir. Eğer verilerdeki uyuşumsuz ölçüler dikkate alınmazsa, bu verilerden elde edilen kestirim değerlerine göre gerçekleştirilen istatistiksel yorumlamalar da yanlış olacaktır. Tekrarlılık verileri incelendiğinde bazı durumlarda beklenen değerden büyük miktarda sapmalar ortaya çıktığı görülmektedir. Bu nedenle iki aşamalı uyuşumsuz ölçü analiz yöntemi uygulanmıştır.

3.1.1 Medyan Analizi

Medyan yöntemi yüksek kırılma noktalı robust (sağlam) bir yöntemdir [22]. Bu yöntemde her bir ölçü için medyan değerinden farklar hesaplanarak, düzeltme değerleri elde edilir. Bu düzeltme değerleri uyuşumsuz ölçü analizinde kullanılır. Medyan yöntemi aşağıdaki şekilde uygulanır [23].

$$med = medyan(\mathbf{V}) \quad (3.4)$$

$$mad = \begin{cases} 1.2533 \times \frac{1}{n} \times \sum |\mathbf{V} - med|, & medyan|\mathbf{V} - med| = 0 \\ 1.4826 \times medyan|\mathbf{V} - med|, & medyan|\mathbf{V} - med| \neq 0 \end{cases} \quad (3.5)$$

Burada $\mathbf{V}$, düzeltme vektörünü ve n , ölçü sayısını ifade etmektedir. Bu yöntemde sınır değer hesaplanan mad değerinin üç katı alınır.

3.1.2 Pope Yöntemi

Pope yöntemi önsel varyansın bilinmediği durumlarda kullanılan klasik uyuşumsuz ölçü yakalama yöntemidir [24]. Bu yöntemde her bir ölçü için hesaplanan test değeri tau sınır değeri ile karşılaştırılır. İteratif olarak gerçekleştirilen bu yöntemde tau sınır değerini aşan ve en büyük test değerine sahip olan ölçü, ölçü kümesinden çıkartılır. Bu işlem ölçü kümesinde uyuşumsuz ölçü kalmayana kadar devam ettirilir. Test değeri (3.6) eşitliği ile hesaplanır.

$$\tau_i = \frac{|V_i|}{s_0 \times \sqrt{Q_{V_i V_i}}} \quad (3.6)$$

Burada V_i , ölçüler için hesaplanan düzeltme değerlerini; s_0 , sonsal standart sapma değerini; $q_{v_i v_i}$ düzeltmelerin kofaktör değerini ve τ_i , test değerini ifade etmektedir. İlk aşamada medyan yöntemi kullanıldıktan sonra, ikinci aşamada (3.2) ve (3.3) eşitliklerinde oluşturulan modeller için Pope yöntemi uygulanmıştır.

3.2 Norm Değeri

Analizlerde iki farklı ÖF değeri kestirim modeli için sonuçlar elde edilmiştir. Bu yöntemlerden hangisinin daha iyi sonuç verdiğini belirlemek için çalışmada norm değeri kullanılmıştır. Norm değeri; uygulamada farklı modellerden elde edilen ölçeklendirilmiş standart sapma değerleri ile tekrarlılıklardan hesaplanan RMS değerleri arasındaki farklar kullanılarak belirlenmiştir. Norm değeri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\text{norm} = \sqrt{\sum (E - \text{RMS})^2} \quad (3.7)$$

Burada RMS, GNSS çözümleri sonucu tekrarlılıklardan elde edilen RMS değerini; E, farklı modellerden elde edilen ölçeklendirilmiş standart sapma değerini ve norm, norm değerini ifade etmektedir.

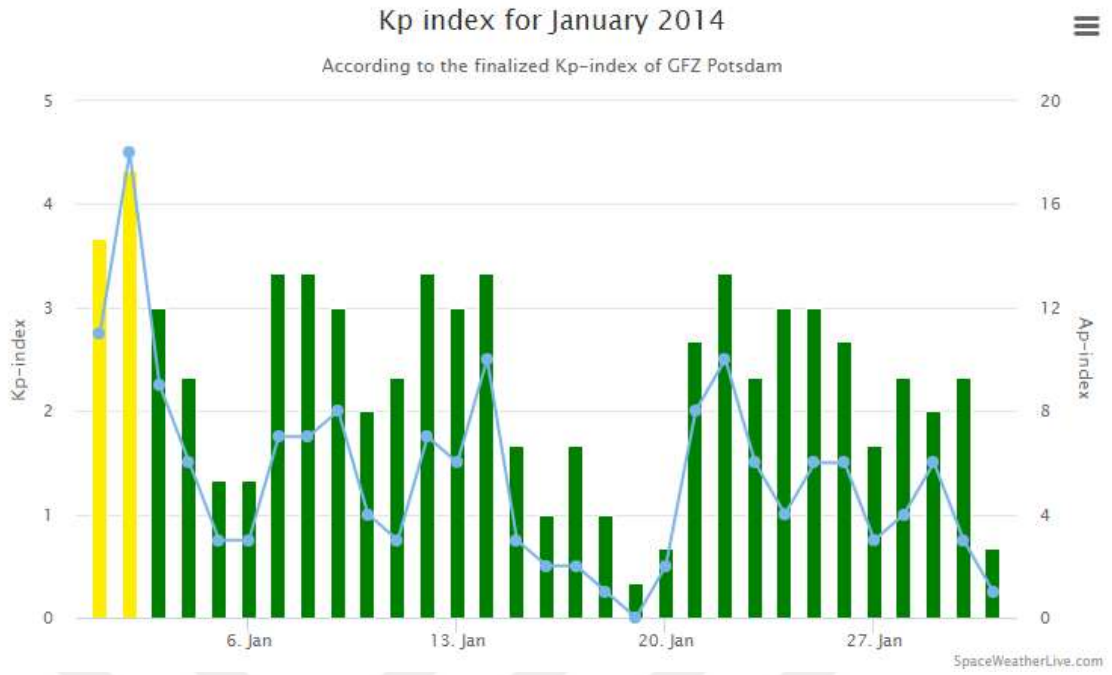
BÖLÜM 4

UYGULAMA

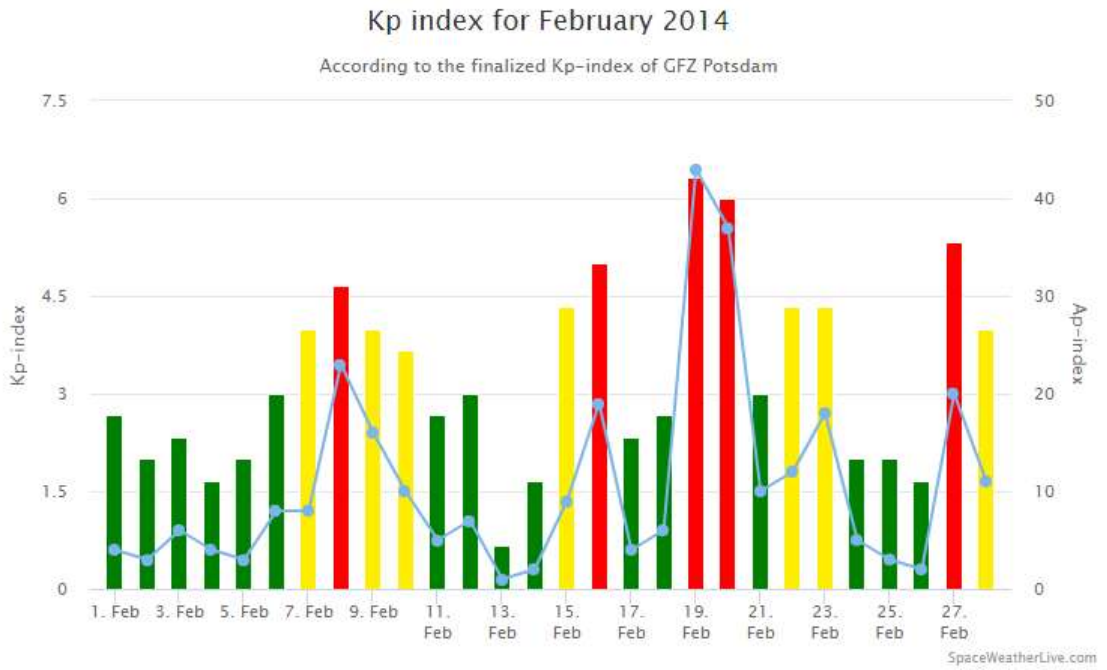
Akademik yazılımlardan hesaplanan VCV matrisleri çok iyimser sonuçlar vermektedir. Bu sonuçlara dayalı istatistik yorumlamalar da yanlışlıklara neden olabilmektedir. Tez çalışmasında GIPSY OASIS II v6.4 yazılımı kullanılarak PPP kestiriminden elde edilen VCV matrislerinin güvenilirliğini araştırmak amaçlanmıştır.

Genellikle GNSS gözlemlerinin PPP analizindeki doğruluğu RMS değerleri kullanılarak belirlenmektedir. Bu bakımdan programdan hesaplanan VCV matrislerinin de RMS değerlerine yakın sonuçlar vermesi beklenir. Bu uygulamada GIPSY OASIS II v6.4 yazılımından elde edilen VCV matrislerinin RMS değerlerine yaklaşacak şekilde ölçeklendirilmesi üzerine farklı stratejiler uygulanmıştır.

Uygulamada 10 adet sürekli gözlem yapan referans istasyonlarının, 2014 yılına ait 11 günlük verileri incelenmiştir. Bu veriler 2014 yılının 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37 ve 38. günleri olarak Ocak ayının sonu ile Şubat ayının ilk günlerini içerisine alan dönem olarak seçilmiştir. Bu dönemin seçilme sebebi “Kp-indeks” değerlerinin uygun olmasıdır.



Şekil 4.1 Ocak Ayına Ait Kp İndeks Değeri [25]



Şekil 4.2 Şubat Ayına Ait Kp İndeks Değeri [25]

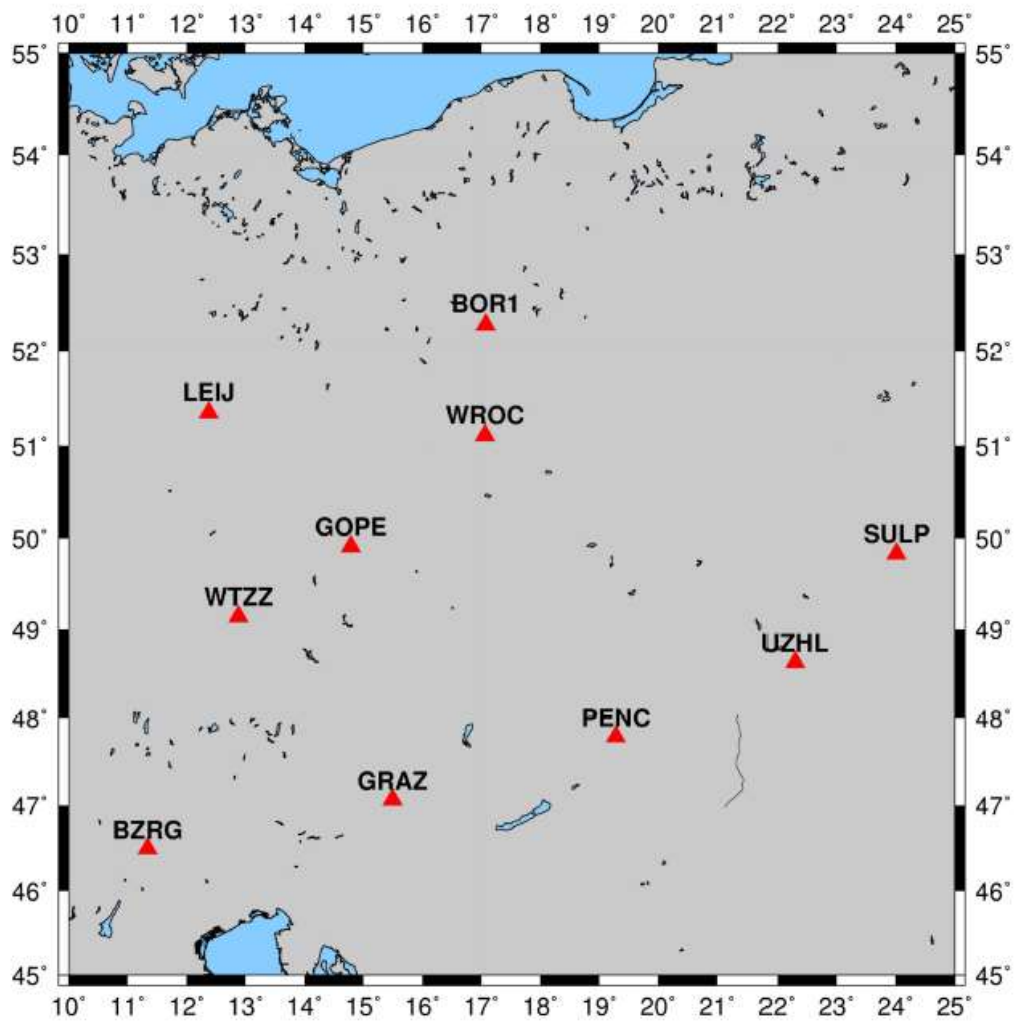
Görüldüğü gibi “Kp-indeks” değeri Ocak ayının sonu ile Şubat ayının başlangıç kısımlarında düşük olarak gözlemlenmiştir. “Kp-indeks” değeri bize jeomanyetik

aktivitenin değerini bir ile dokuz arasında değişen bir skala ile göstermektedir. Bu değerin büyüklüğü GNSS alışmaları için olumsuz anlam taşımaktadır [25].

Bütün noktalar GIPSY-OASIS II v6.4 bilimsel yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. zmlerler 2, 4, 6, 8, 12 ve 24 saatlik süreler için tekrarlı bir şekilde yapılmıştır. Çalışmada seçilen noktalar sırası ile BOR1, BZRG, GOPE, LEIJ, PENC, SULP, UZHL, WROC ve WTZZ noktalarıdır.

Uygulamada Kullanılan Noktalar

Noktaların dağılımları Avrupa kıtası üzerinde yakın enlemlerde seçilerek enlem farklılıklarından doğacak etkiler elimine edilmek istenmiştir.



şekil 4.3 Araştırma Yapılan Noktaların Dağılımları

Çizelge 4.1 Noktaların Yaklaşık Enlem, Boylam ve Elipsoidal Yükseklik Değerleri

Nokta	Coğrafi Koordinat Değerleri		
	Enlem (derece)	Boylam (derece)	Yükseklik (m)
BOR1	52.1002	17.0668	124
BZRG	46.4990	11.3368	329
GOPE	49.9137	14.7856	593
GRAZ	47.042	15.4935	538
LEIJ	51.2114	12.2222	178
PENC	47.7896	19.2815	292
SULP	49.8356	24.0145	371
UZHL	48.6320	22.2976	232
WROC	51.1131	17.0619	181
WTZZ	49.1442	12.8789	666

Uygulamada kullanılan noktalara ait detaylı bilgiler EK-A'da verilmektedir.

3.4 Verilerin Analiz Edilmesi

Uygulamada kullanılan noktalara ait veriler SOPAC [26] (Scripps Orbit and Permanent Array Center) sitesinden indirilerek, verilerin değerlendirilmesi aşamasında GIPSY-OASIS II v6.4 programı kullanılmıştır. SOPAC sitesinden indirilen veriler öncelikle RINEX formatına dönüştürülmüştür. Uygulamada sadece GPS uyduları kullanılmıştır. Tez çalışmasında farklı ölçüm süreleri kullanıldığı için RINEX verilerinden uygun ölçüm sürelerinin oluşturulması gerekmektedir. Bu işlem "teqc" programı ile gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bu verilerin noktalarına ait anten bilgilerinin sisteme tanıtımı yapılmıştır.

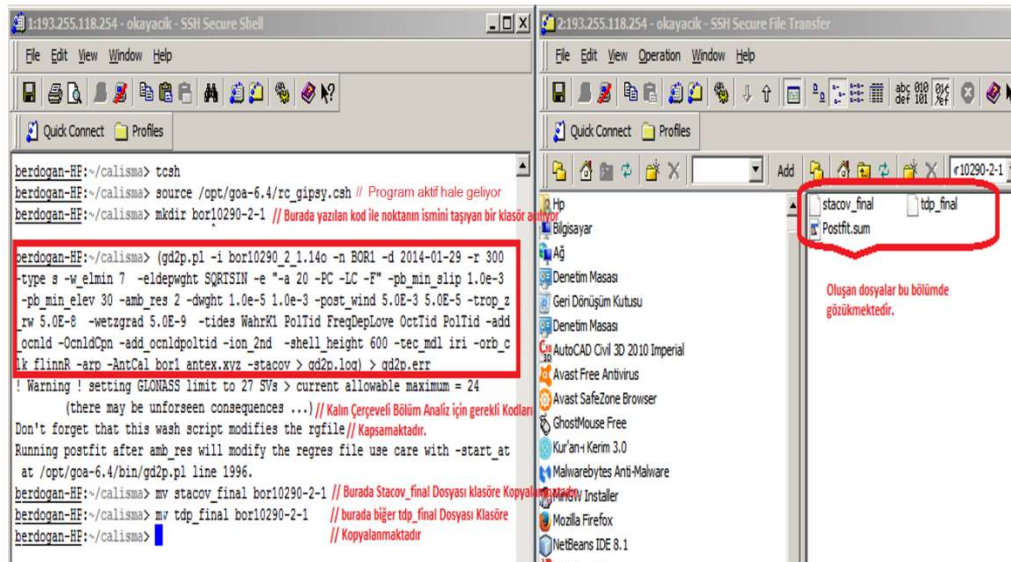
Analiz işlemlerinde çok büyük miktarda veri işlenmiştir. Bu bağlamda tez çalışması için özel birkaç “C” programlama dile ile bilgisayar programı yazılmıştır. Yazılan programlar sayesinde noktalara ait kodların daha hızlı bir şekilde girişi amaçlanmıştır.

Verilerin istenilen ölçüm sürelerine göre bölünmesi gerçekleştirildikten sonra verilerin analizi işlemine geçilmektedir. Verilerin analizi işlemlerinde GIPSY-OASIS II v6.4 programında birçok parametre girilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda aşağıdaki formülde bir adet analiz için kodlar gösterilmiştir.

```
(gd2p.pl -i bor10280_2_1_2_11.14o -n BOR1 -d2014-01-29 -r 300 -type s -w_elmin 7 -
eldepwght SQRTSIN -e "-a 20 -PC -LC -F" -pb_min_slip 1.0e-3 -pb_min_elev 30 -amb_res
2 -dwght 1.0e-5 1.0e-3 -post_wind 5.0E-3 5.0E-5 -trop_z_rw 5.0E-8 -wetzgrad 5.0E-9 -
tides WahrK1 PolTidFreqDepLoveOctTidPolTid -add_ocnld -OcnldCpn -add_ocnldpoltid
-ion_2nd -shell_height 600 -tec_mdl iri -orb_clk flinnR -arp -AntCal bor1_antex.xyz -
stacov> gd2p.log) > gd2p.err
```

(4.1)

(4.1) formülünde NASA’nın Jet Propulsion Laboratuvarlarında geliştirilen yazılıma göre değerler girilmektedir. Burada noktanın gözlem verileri, nokta adı, tarihi ve anten dosyasının aynı olması analiz için olmazsa olmazdır.



Şekil 4.4 Gipsy-OASIS II v6.4 İle Analiz İşleminin Gerçekleştirilmesi

Bu işlem 3410 kez uygulanmıştır. Bu işlemin ardından oluşan “Stacov_final” dosyalarının içinde hesaplanan noktaya ait X, Y, Z koordinatları, bu koordinatlara ait standart sapma değerleri Sx, Sy, Sz ve bileşenler arasındaki korelasyon katsayıları bulunmaktadır. Daha

sonra elde edilen veriler yazılan tek bir dosyada tablo halinde birleştirilmiştir. 3410 adet “Stacov_final” dosyasından alınan X, Y, Z, Sx, Sy, Sz değeri bir dosyanın içerisine aktarılmıştır. Çözüm aşamalarında benzer yaklaşımlar Toposentrik koordinat sisteminde (TKS) de gerçekleştirilebilmesi için Jeosentrik koordinat sistemindeki (JKS) koordinatlar ve VCV matrisleri toposentrik koordinat sistemine dönüştürülmüştür.

3.5 RMS Değerlerinin Hesaplanması

GIPSY-OASIS II v6.4 yazılımı ile çözüm aşamaları gerçekleştirildikten sonra doğruluk ve ÖF değeri kestiriminde kullanılmak üzere RMS değerlerinin hesaplanması aşamasına geçilmiştir. RMS değerleri hesaplanırken her bir nokta için 11 günden hesaplanan 24 saatlik çözümlerin ortalaması gerçek değer olarak kabul edilmiş ve hem yer merkezci koordinat sistemi hem de toposentrik koordinat sistemi için RMS değerleri mm mertebesinde hesaplanmıştır. RMS değerleri hesaplanırken daha önceki bölümlerde anlatılan medyan uyuşumsuz ölçü yakalama yöntemi uygulanmıştır. Veri kümesindeki uyuşumsuz ölçü oranları çizelge 4.2’de verilmektedir. Medyan yönteminden sonra hesaplanan RMS değerleri Çizelge 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 5.7 ve 4.8’de verilmektedir. Çok fazla sayıda veri bulunduğu için medyan uygulamasına göre uyuşumsuz ölçü ayıklaması yapan C programlama dilinde bir algoritma yazılmıştır (EK-B).

Çizelge 4.2 Uyuşumsuz Ölçü Oranları

RMS Değerleri Uyuşumsuz Ölçü Oranları %											
Nokta Adı	Veri Süresi	BOR1	BZRG	GOPE	GRAZ	LEIJ	PENC	SULP	UZHIL	WROC	WTZZ
		3.79	3.79	3.03	7.58	6.06	7.58	5.30	4.55	1.52	2.27
2 Saatlik		0.00	12.12	1.52	18.18	1.52	0.08	3.03	3.03	1.52	0.00
4 Saatlik		0.00	15.91	0.00	18.18	0.00	2.27	6.82	4.55	0.00	0.00
6 Saatlik		0.00	18.18	3.03	15.15	0.00	6.06	9.09	9.09	0.00	0.15
8 Saatlik		4.55	18.18	0.00	18.18	0.00	4.55	0.00	29.17	0.00	0.00
12 Saatlik		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24 Saatlik											

Çizelge 4.3 2 Saatlik Veriler İçin RMS Değerleri (mm)

	BOR1	BZRG	GOPE	GRAZ	LEIJ	PENC	SULP	UZHL	WROC	WTZZ
X	5.56	6.08	6.88	11.50	6.27	6.27	7.27	6.83	7.29	13.80
Y	2.49	2.60	2.86	3.79	2.99	3.24	3.49	4.29	2.95	5.17
Z	5.58	6.16	6.16	13.29	6.46	5.66	5.87	7.37	7.02	16.78
n	2.58	2.06	2.14	3.10	2.85	2.13	2.42	2.78	2.81	3.43
e	2.84	3.06	3.62	2.88	3.33	3.26	4.42	3.06	3.71	6.02
u	7.56	8.34	8.70	17.49	8.72	8.16	8.61	10.11	9.47	21.23

Çizelge 4.4 4 Saatlik Veriler İçin RMS Değerleri (mm)

	BOR1	BZRG	GOPE	GRAZ	LEIJ	PENC	SULP	UZHL	WROC	WTZZ
X	4.56	4.20	4.33	8.76	4.49	5.20	6.12	5.44	5.90	11.35
Y	2.28	1.97	1.75	2.73	2.12	2.55	2.69	3.01	2.20	4.54
Z	4.11	3.57	4.85	10.37	5.15	5.02	4.84	6.51	5.21	12.71
n	2.21	1.48	1.51	1.98	1.91	1.61	2.10	1.85	2.18	2.98
e	2.40	2.37	2.08	2.21	2.60	2.83	3.82	2.23	3.43	3.39
u	5.68	5.25	6.24	13.53	6.55	6.94	7.00	8.52	7.09	17.05

Çizelge 4.5 6 Saatlik Veriler İçin RMS Değerleri (mm)

	BOR1	BZRG	GOPE	GRAZ	LEIJ	PENC	SULP	UZHL	WROC	WTZZ
X	4.09	3.05	4.09	9.09	4.10	4.18	5.09	4.57	4.95	8.02
Y	1.89	1.60	1.83	2.19	1.68	1.86	1.97	2.44	1.50	3.05
Z	3.94	2.74	4.22	10.62	4.67	4.40	4.53	5.22	4.63	8.49
n	2.15	1.26	1.45	1.51	1.64	1.41	2.01	1.79	1.75	2.24
e	1.82	1.65	1.99	1.47	1.56	1.62	2.15	2.50	2.12	2.23
u	5.31	3.92	5.65	13.99	6.16	6.03	6.45	6.69	5.95	11.66

Çizelge 4.6 8 Saatlik Veriler İçin RMS Değerleri (mm)

	BOR1	BZRG	GOPE	GRAZ	LEIJ	PENC	SULP	UZHL	WROC	WTZZ
X	3.80	2.26	3.18	9.55	3.37	3.77	4.88	3.80	3.60	5.48
Y	1.95	1.39	1.31	2.39	1.53	1.58	2.15	1.78	1.46	2.38
Z	3.25	1.50	3.59	11.34	4.19	4.11	3.63	4.67	3.94	4.81
n	2.04	1.13	1.10	1.53	1.53	1.23	1.87	1.90	1.35	2.52
e	1.63	1.61	1.71	1.27	1.42	1.53	2.83	1.55	1.92	2.76
u	4.71	2.39	4.55	14.88	5.32	5.46	5.49	5.78	5.01	6.70

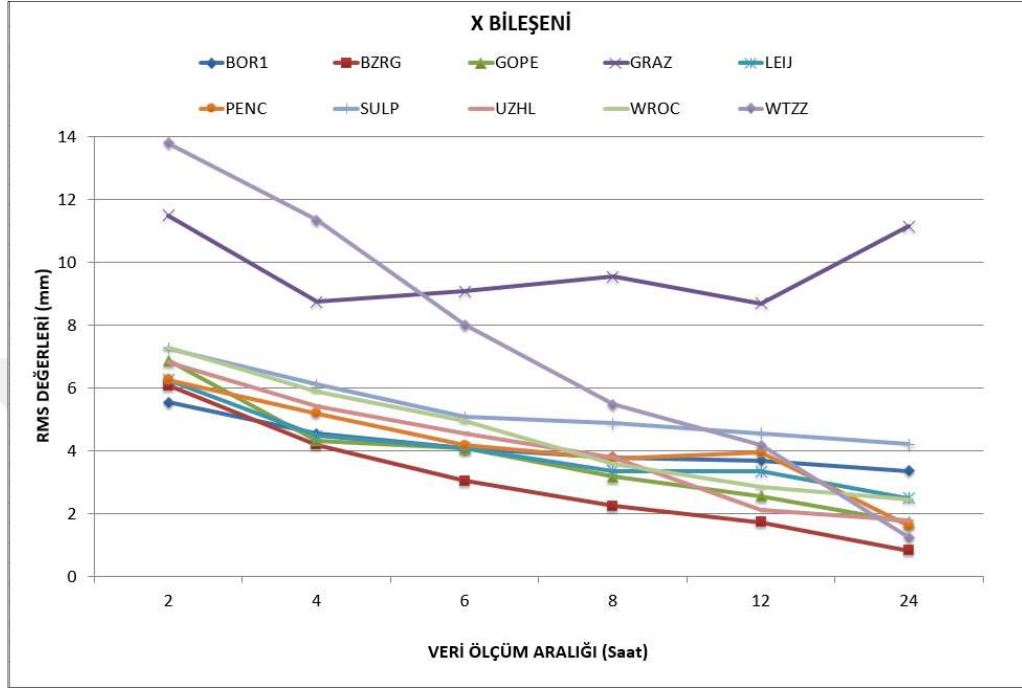
Çizelge 4.7 12 Saatlik Veriler İçin RMS Değerleri (mm)

	BOR1	BZRG	GOPE	GRAZ	LEIJ	PENC	SULP	UZHL	WROC	WTZZ
X	3.70	1.74	2.57	8.71	3.35	3.96	4.57	2.14	2.86	4.19
Y	1.87	1.17	1.28	1.89	0.98	1.52	1.79	1.26	0.49	1.99
Z	3.07	1.55	3.11	10.09	4.12	4.12	4.30	3.28	3.62	4.82
n	1.91	0.84	1.11	1.30	1.12	1.09	1.85	1.14	1.14	2.11
e	1.56	1.22	1.52	1.19	1.36	1.47	1.77	1.11	1.11	1.90
u	4.62	2.15	3.63	13.34	5.26	5.62	6.00	4.36	4.36	5.98

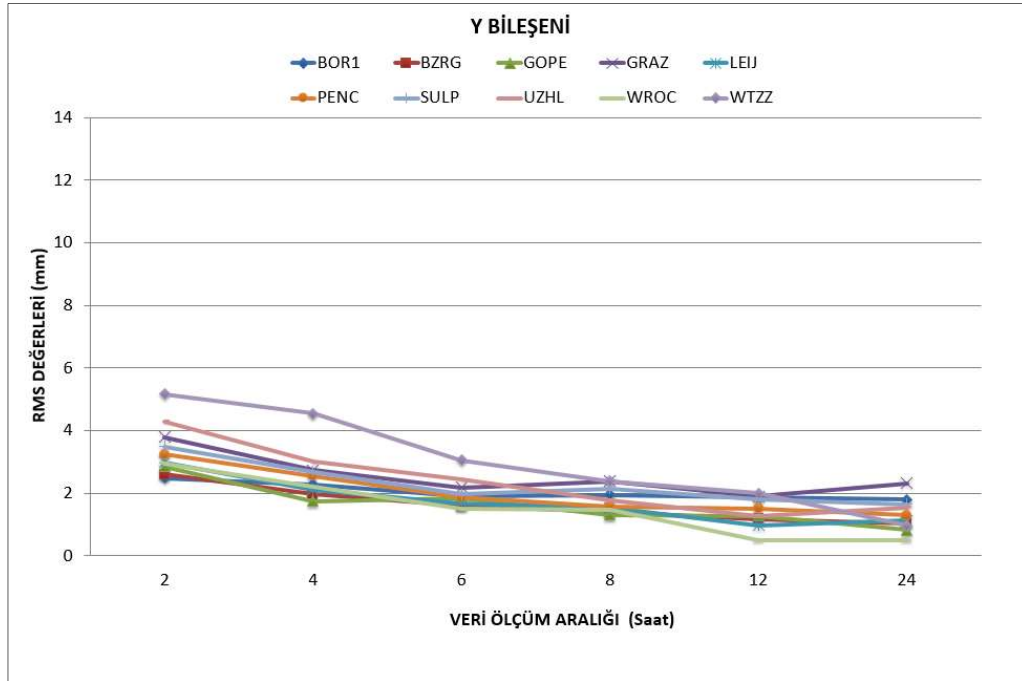
Çizelge 4.8 24 Saatlik Veriler İçin RMS Değerleri (mm)

	BOR1	BZRG	GOPE	GRAZ	LEIJ	PENC	SULP	UZHL	WROC	WTZZ
X	3.37	0.83	1.74	11.15	2.51	1.62	4.22	1.78	2.45	1.26
Y	1.80	1.04	0.83	2.32	1.13	1.30	1.65	1.55	0.49	0.96
Z	2.71	0.86	2.67	12.50	3.47	1.92	4.04	3.41	3.62	1.98
n	1.90	0.99	0.89	1.31	1.19	0.95	1.77	1.07	1.04	1.02
e	1.12	0.79	1.79	1.01	1.06	1.18	1.39	0.80	0.87	1.01
u	4.41	1.03	2.66	16.83	4.20	2.39	5.64	3.92	3.89	2.09

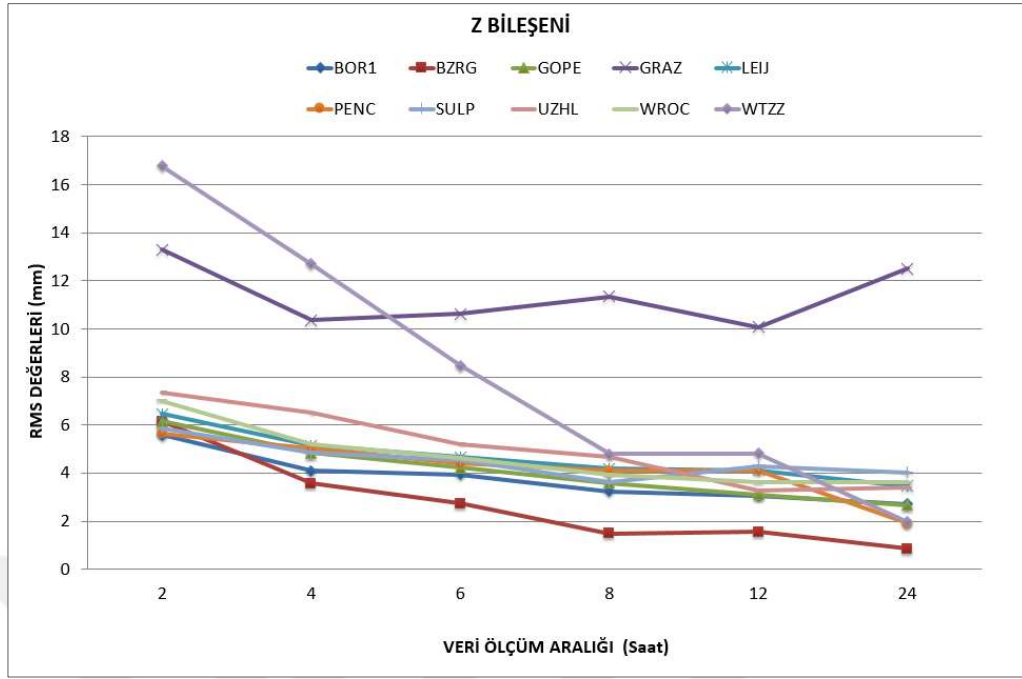
GIPSY-OASIS II v6.4 programı tarafından sağlanan RMS değerlerinin zaman göre değişimleri Şekil 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 ve 4.10’da gösterilmiştir. RMS değerlerinin ölçüm süresi arttıkça azaldığı görülmektedir. WTZZ noktası dışında diğer noktalarda elde edilen değerler birbirleri ile uyum göstermektedir.



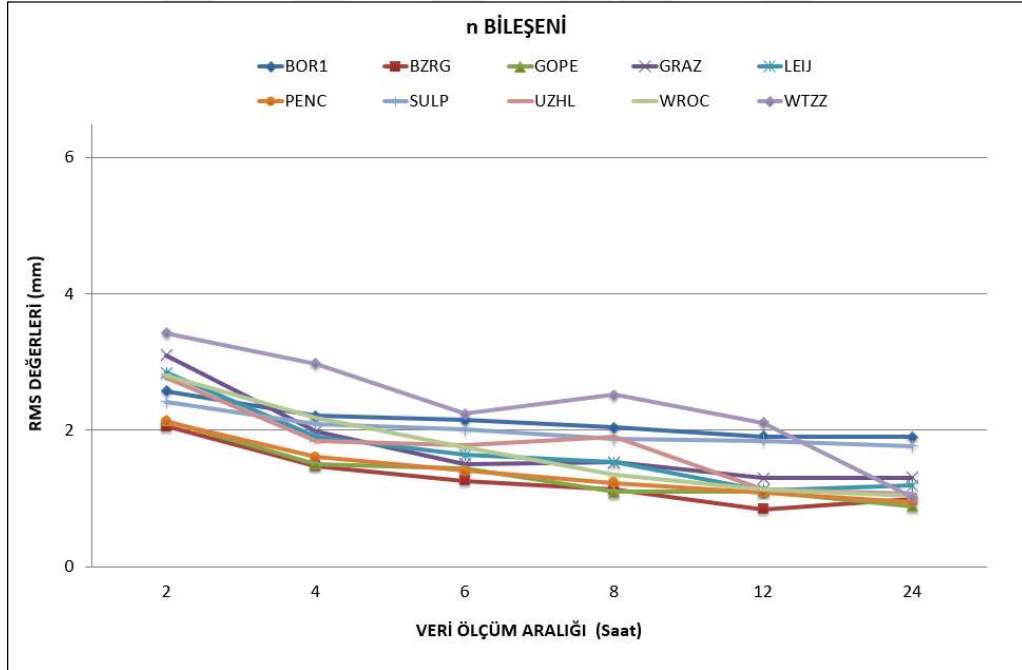
Şekil 4.5 JKS X bileşeni için RMS ve Zaman Grafiği



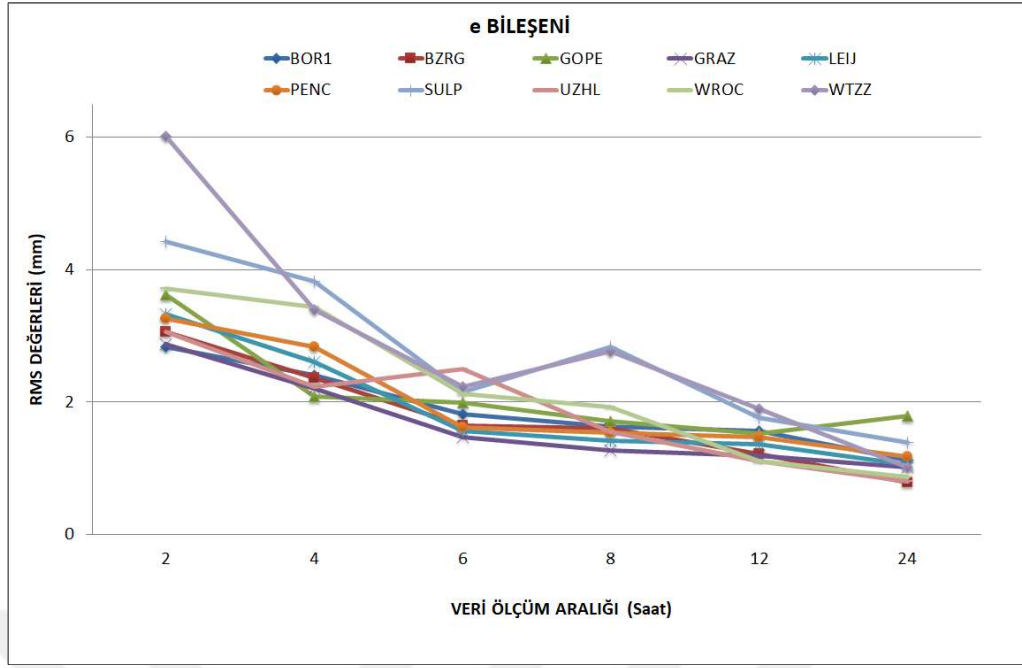
Şekil 4.6 JKS Y bileşeni için RMS ve Zaman Grafiği



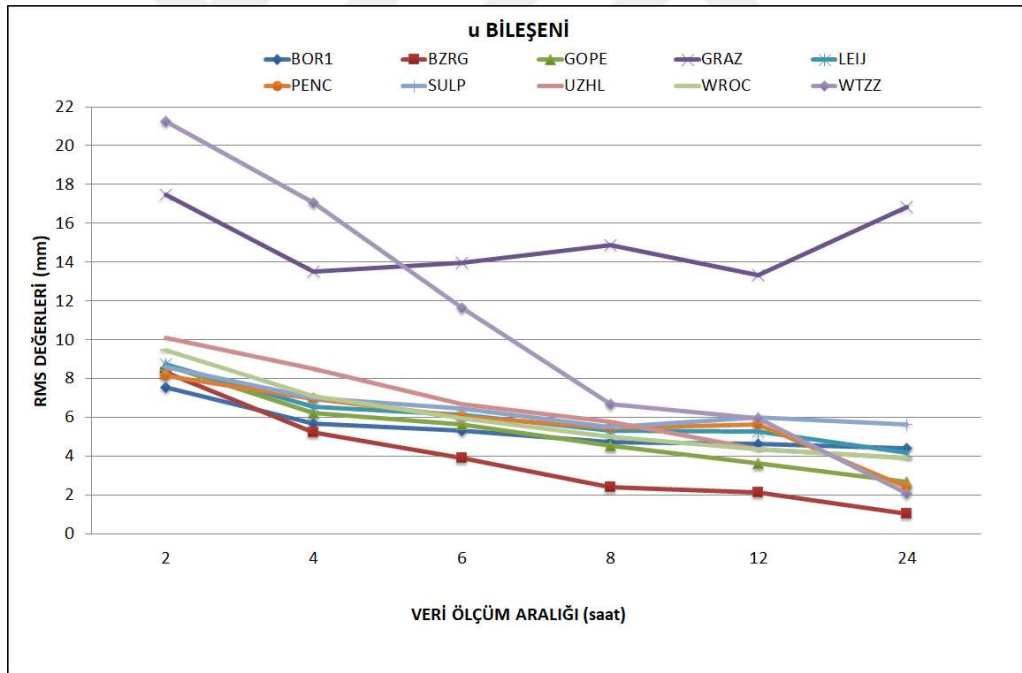
Şekil 4.7 JKS Z bileşeni için RMS ve Zaman Grafiği



Şekil 4.8 TKS n bileşeni için RMS ve Zaman Grafiği



Şekil 4.9 TKS e bileşeni için RMS ve Zaman Grafiği



Şekil 4.10 TKS u bileşeni için RMS ve Zaman Grafiği

3.6 Ölçek Faktörünün Hesaplanması

Ölçek faktörü değerlerinin hesaplanmasında Model-1 ve Model-2’de dengeleme aşamasında ayrıca pope yöntemi uygulanmıştır. Çizelge 4.9, 4.10, 4.11 ve 4.12’de JKS ve TKS’de Model 1 için hesaplanan ÖF ve norm değerleri verilmektedir.

Çizelge 4.9 JKS’de Model 1 için ÖF ve Norm değerleri

Nokta	2 saat		4 saat		6 saat		8 saat		12 saat		24 saat	
	ÖF	Norm (mm)	ÖF	Norm (mm)	ÖF	Norm (mm)	ÖF	Norm (mm)	ÖF	Norm (mm)	ÖF	Norm (mm)
BOR1	0.80	14.94	0.93	9.21	1.07	5.40	1.09	6.12	1.30	4.95	1.67	3.53
BZRG	0.77	19.19	0.77	5.74	0.73	3.22	0.56	4.21	0.61	2.09	0.48	2.04
GOPE	0.79	20.84	0.84	4.82	0.96	3.30	0.90	1.71	0.95	1.49	0.39	7.53
GRAZ	1.81	29.59	2.05	15.62	2.60	14.15	3.20	12.89	3.55	9.72	6.31	8.97
LEİJ	0.90	15.10	1.02	4.84	1.14	2.52	1.16	1.47	1.34	3.22	1.60	1.13
PENC	0.76	16.16	1.00	5.31	1.01	2.98	1.09	2.41	1.36	2.38	0.92	1.22
SULP	0.85	24.39	1.07	12.37	1.17	6.85	1.22	7.21	1.57	4.00	2.08	2.13
UZHL	0.95	45.15	1.21	5.44	1.23	4.33	1.21	3.08	0.98	2.25	1.38	2.54
WROC	1.04	19.74	1.18	10.19	1.25	6.69	1.16	2.25	1.19	3.76	1.50	2.53
WTZZ	2.12	33.63	2.50	12.66	2.14	5.11	1.56	5.13	1.70	1.09	0.90	1.48
Toplam		238.74		86.19		54.55		46.49		34.95		33.10

Ayrıca tüm noktaların verileri birleştirilerek gözlem sürelerine göre analiz edilmiştir. Model 1’e ait tüm 2 saatlik, 4 saatlik, 6 saatlik, 8 saatlik, 12 saatlik ve 24 saatlik verilerin ele alınarak elde edilen değerler ise aşağıdaki çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10 Model 1 için JKS’de Gözlem Süresine Göre ÖF ve Norm Değerleri

	2 Saat	4 Saat	6 Saat	8 Saat	12 Saat	24 Saat
ÖF	1.03	1.22	1.28	1.10	1.40	1.69
Norm (mm)	187.49	98.57	63.67	58.27	41.49	50.70

Çizelge 4.11 Model 1 için TKS'de ÖF ve Norm değerleri

	2 saat		4 saat		6 saat		8 saat		12 saat		24 saat	
Nokta	ÖF	Norm (mm)	ÖF	Norm (mm)	ÖF	Norm (mm)	ÖF	Norm (mm)	ÖF	Norm (mm)	ÖF	Norm (mm)
BOR1	0.83	11.60	0.94	7.02	1.07	5.31	1.10	4.70	1.33	3.14	1.77	2.81
BZRG	0.78	19.26	0.78	6.48	0.74	2.95	0.57	4.77	0.61	2.24	0.48	2.40
GOPE	0.81	19.60	0.84	4.66	0.98	3.06	0.91	1.90	0.91	1.84	1.02	14.97
GRAZ	1.78	39.45	2.02	21.43	2.54	22.91	3.11	22.48	3.45	16.01	6.08	16.72
LEİJ	0.95	15.14	1.04	5.19	1.15	4.27	1.18	2.83	1.38	3.13	1.61	1.33
PENC	0.76	15.45	1.00	6.52	1.03	2.84	1.09	1.74	1.36	2.00	0.91	1.55
SULP	0.85	23.23	1.07	12.22	1.18	4.67	1.23	5.76	1.58	3.32	2.08	2.31
UZHL	1.00	47.83	1.21	7.31	1.25	4.66	1.20	4.05	0.98	0.91	1.40	1.47
WROC	1.05	17.81	1.19	9.01	1.20	2.82	1.17	2.03	1.21	1.75	1.52	1.44
WTZZ	2.11	38.81	2.45	25.58	2.11	13.46	1.56	4.57	1.67	2.65	0.90	1.50
Toplam		248.19		105.42		66.96		54.84		36.99		46.50

Çizelge 4.12 Model 1 için TKS'de Gözlem Süresine Göre ÖF ve Norm Değerleri

	2 Saat	4 Saat	6 Saat	8 Saat	12 Saat	24 Saat
ÖF	1.04	1.01	1.07	1.16	1.23	1.31
Norm (mm)	187.09	106.65	69.47	58.09	43.03	49.62

Oluşturulan Model 2'de ise RMS değerleri STD değerleri ile doğru orantılı olarak hesaplanmış ve hesaplanan analiz sonuçları aşağıdaki çizelge 4.13, 4.14, 4.15 ve 4.16'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.13 Model 2 için JKS'de ÖF ve Norm değerleri

	2 saat		4 saat		6 saat		8 saat		12 saat		24 saat	
Nokta	ÖF	Norm (mm)	ÖF	Norm (mm)	ÖF	Norm (mm)	ÖF	Norm (mm)	ÖF	Norm (mm)	ÖF	Norm (mm)
BOR1	0.84	15.83	1.02	10.44	1.12	5.82	1.22	6.99	1.44	5.58	1.89	4.07
BZRG	0.82	20.51	0.83	6.88	0.81	4.32	0.69	5.37	0.73	2.92	0.72	2.89
GOPE	0.84	22.59	0.83	4.80	1.00	3.62	0.89	1.71	0.98	1.61	0.93	13.15
GRAZ	1.71	31.04	1.88	17.30	2.28	17.45	2.82	15.98	3.05	12.53	5.40	11.73
LEİJ	0.97	17.65	1.06	5.46	1.13	2.52	1.16	1.48	1.22	3.78	1.56	1.18
PENC	0.81	17.37	1.00	5.36	0.98	3.16	1.04	2.77	1.28	2.82	1.01	1.45
SULP	0.92	26.26	1.11	12.56	1.15	6.88	1.26	7.31	1.51	4.04	2.01	2.24
UZHL	1.05	51.80	1.23	5.53	1.24	4.39	1.17	3.23	0.95	2.30	1.41	2.55
WROC	1.07	20.38	1.19	10.22	1.19	7.04	1.14	2.29	0.98	5.05	1.22	3.39
WTZZ	2.07	33.91	2.47	12.57	2.10	5.25	1.64	5.51	1.73	1.27	0.99	1.66
Toplam		257.32		91.12		60.44		52.62		41.90		44.31

Çizelge 4.14 Model 2 İçin JKS’de Gözlem Süresine Göre ÖF ve Norm Değerleri

	2 Saat	4 Saat	6 Saat	8 Saat	12 Saat	24 Saat
ÖF	1.11	1.26	1.29	1.16	1.39	1.74
Norm (mm)	191.0	98.9	63.7	57.3	41.5	51.2

Çizelge 4.15 Model 2 İçin TKS’de ÖF ve Norm değerleri

	2 saat		4 saat		6 saat		8 saat		12 saat		24 saat	
Nokta	ÖF	Norm (mm)	ÖF	Norm (mm)	ÖF	Norm (mm)	ÖF	Norm (mm)	ÖF	Norm (mm)	ÖF	Norm (mm)
BOR1	0.93	16.53	1.12	11.92	1.24	7.90	1.31	7.16	1.54	4.69	1.99	3.36
BZRG	0.83	20.94	0.88	9.02	0.84	4.86	0.82	8.30	0.79	3.81	0.90	4.39
GOPE	0.88	23.35	0.84	4.71	1.00	3.29	0.93	2.09	1.03	3.04	1.24	18.83
GRAZ	1.41	55.43	1.51	32.95	1.62	37.42	1.92	36.92	2.11	26.72	3.39	27.97
LEIJ	1.05	20.74	1.12	6.99	1.10	4.71	1.15	2.89	1.22	3.90	1.55	1.44
PENC	0.86	20.50	1.05	7.54	0.97	3.40	1.03	2.45	1.21	3.50	1.17	2.84
SULP	1.02	32.00	1.29	17.79	1.27	5.83	1.49	9.27	1.62	3.53	2.09	2.32
UZHL	1.01	48.54	1.11	9.15	1.30	5.51	1.27	4.44	0.98	0.91	1.31	1.68
WROC	1.15	22.29	1.36	13.18	1.24	3.44	1.20	2.33	1.13	2.15	1.40	1.74
WTZZ	1.82	51.20	1.97	37.50	1.71	20.02	1.80	7.72	1.79	3.33	1.15	2.61
Toplam		311.52		150.74		96.38		83.58		55.58		67.18

Çizelge 4.16 Model2 İçin TKS’de Gözlem Süresine Göre ÖF ve Norm Değerleri

	2 Saat	4 Saat	6 Saat	8 Saat	12 Saat	24 Saat
ÖF	1.10	1.23	1.18	1.21	1.27	1.46
Norm (mm)	189.20	99.97	65.98	57.59	42.52	49.90

Her bir nokta için tüm ölçüm sürelerini ayrı ayrı dikkate alınarak yapılan hesaplamalar incelenerek özellikle 2 saat ve 4 saatlik gözlemlerde ÖF değerinin birden küçük değerlerde olduğu görülmektedir. 6 saat ve daha uzun süreli gözlemlerde ÖF değerinin belirgin bir şekilde büyük olduğu görülmektedir. PPP tekniğinde gözlem süresi önemli bir etken olduğu için ve tüm noktaların verilerini içeren gözlem süresine bağlı olarak yapılan hesaplamalar incelendiğinde JKS için Model 1’in etkin bir şekilde norm değerlerine göre diğer modele göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında PPP çözümlerinde kullanılan önemli yazılımlardan bir tanesi olan GIPSY OASIS II v6.4'ten sonuç ürün olarak hesaplanan VCV matrislerinin güvenilirliği araştırılmıştır. 10 adet noktanın 11 günlük verileri 2, 4, 6, 8, 12 ve 24 saatlik veri kümelerine ayrılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerde sadece GPS uyduları dikkate alınmıştır. Ölçeklendirme aşamasında 2 farklı matematiksel model oluşturulmuştur. Matematiksel modellerden hangisinin uygun olduğunu belirlemek amacıyla norm değerleri hesaplanmıştır. Hesaplamalar hem Jeosentrik hem de Toposentrik Koordinat Sisteminde gerçekleştirilmiştir. Her iki koordinat sistemi için de sonuçlar incelendiğinde ÖF değerlerinin ölçüm süresine göre değiştiği görülmektedir.

ÖF değerleri hesaplanırken noktalardaki tekrarlılıklardan yararlanılmıştır. Tekrarlılık değerleri incelendiğinde gözlem süresi arttıkça GPS çözümlerinin doğruluğunun arttığı görülmektedir. Grafikler incelendiğinde WTZZ ve GRAZ noktalarının diğer noktalara göre farklı davrandığı görülmektedir. Bu durumun etkileri uyuşumsuz ölçü yakalama teknikleri kullanılarak giderilmeye çalışılmıştır.

Tüm gözlem sürelerinin nokta bazında ayrı ayrı incelendiği durumlar dikkate alındığında ölçüm süresine göre noktalarda hesaplanan ÖF değerlerinde benzerlikler bulunmaktadır. Özellikle 2 ve 4 saatlik gözlemlerde ÖF değerlerinin bir kısmının 1' den küçük çıktığı görülmektedir, buna karşın 6 ve daha uzun gözlem sürelerinde ÖF değerleri artmaktadır. Bu durum her iki modelde ve her iki koordinat sisteminde geçerlidir.

Literatürdeki PPP yöntemine ilişkin tekrarlılıklardan hesaplanan doğruluk fonksiyonları zamana göre değişmektedir. Bu nedenle gözlem süresine dayalı olarak ÖF değerlerinin ortaya konması araştırmacılara kolaylık sağlayacaktır. Bu bakımdan her iki koordinat

sistemi için de gözlem süresine bağlı olarak tüm noktaların verilerini içeren analizler gerçekleştirilmiştir. Model 1 ve Model 2’den hesaplanan ÖF değerleri incelendiğinde zamana bağlı olarak bu değerlerin değiştiği görülmektedir. Modeller için norm değerleri karşılaştırıldığında genel olarak Model 1’e ait olan değerlerin Model 2’ye göre daha küçük olduğu görülmektedir. Bu durum Model 1’den elde edilen ÖF değerleri kullanılarak yeniden hesaplanan VCV matrislerinin, tekrarlılıklardan hesaplanan RMS değerlerine Model 2’ye göre daha çok yaklaştıklarını göstermektedir. Yalnızca Toposentrik Koordinat sisteminde 4 ve 6 saatlik gözlem sonuçlarında belirgin olarak Model 2 daha etkili olmuştur.

Sonuç olarak istatistiksel analizler de kullanılması için GIPSY OASIS II v6.4 yazılımının VCV matrislerinin ölçeklendirilmesi gerekmektedir. Norm değerlerinin küçük olmasına göre genel anlamda Jeosentrik Koordinat sisteminde gözlem süresine göre Çizelge 4.10’daki ÖF değerleri kullanılabilir. Toposentrik koordinat sistemi içinse yine norm değerleri dikkate alındığında Tablo 4.12’deki ÖF değerlerinin kullanılması gerçekçi sonuçların elde edilmesini sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Öcalan, T., (2015). GNSS Ağlarında GPS Hassas Nokta Konumlama (GPS-PPP) Tekniği Yaklaşımlı Çözümler, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [2] Kahveci, M. ve Yıldız, F.,(2009). GPS/GNSS Uydularla Konum Belirleme Sistemleri Teori ve Uygulama, Nobel Akademik Yayıncılık.
- [3] Wang, G., (2013). "Millimeter-accuracy GPS landslide monitoring using Precise Point Positioning with Single Receiver Phase Ambiguity (PPP-SRPA) resolution: a case study in Puerto Rico", Journal of Geodetic Science, 3: 22-31.
- [4] TEKİÇ, S., (2009). Accuracy Of Gps Precise Point Positioning (PPP), Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi Deprem Araştırma Enstitüsü, İstanbul.
- [5] Kızılarslan, M., (2014). GPS-PPP ve GPS/GLONASS-PPP Yöntemlerinin Konum Belirleme Performansının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- [6] Grinter, T. ve Roberts, C., (2011). "Precise point positioning: where are we now", In Proceedings of IGNS Symp., Sydney, Australia.
- [7] Kashani, I. Wielgosz, P. ve Grejner-Brzezinska, D.A., (2004). "On the reliability of the VCV Matrix: A case study based on GAMIT and Bernese GPS Software", Gps Solutions, 8: 193-199.
- [8] Han, S. ve Rizons, C., (1995). "Standardisation of the variance-covariance matrix for GPS rapid static positioning", Geomatics Research Australasia: 37-54.
- [9] El-Rabbany, A., (1994). The effect of physical correlations on the ambiguity and accuracy estimation in gps differential positioning, eds.: Fredicon, Brunswick, Dept. of Geodesy and Geomatics Engineering.
- [10] Geirsson, H. Árnadóttir Sturkell, E. Völksen, C. Sigmundsson, F. Einarsson, P. ve Villemin, T., (2003). "Continuous GPS measurements in Iceland 1999–2002", Icelandic Meteorological Office, Reykjavík, Rep, 3014: 94.
- [11] Doğan, A.H., (2017). Kısa Süreli GPS Baz Çözümlerinde Varyans Kovaryans Matrisinin Güvenirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [12] Yunck, T. Liu, C.-H. ve Ware, R., (1999). "A history of GPS sounding".

- [13] Zumberge, J. Heflin, M. Jefferson, D. Watkins, M. ve Webb, F.H., (1997). "Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks", Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 102: 5005-5017.
- [14] King, M. Edwards, S. ve Clarke, P., (2002). "Precise point positioning: Breaking the monopoly of relative GPS processing", Engineering Surveying Showcase: 40-41.
- [15] Rizos, C. Janssen, V. Roberts, C. ve Grinter, T., (2012). "Precise Point Positioning: Is the era of differential GNSS positioning drawing to an end?".
- [16] Tut, İ., (2009). Hızlı Statik Gps Çözümlerinin Güvenirliği, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [17] Hofmann-Wellenhof, B. Lichtenegger, H. ve Collins, J., (2012). Global positioning system: theory and practice: Springer Science & Business Media.
- [18] Kahveci, M., (2009). "Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları", Geçer Zamanlı Sabit GNSS: 63-77.
- [19] Laurichesse, D. Mercier, F. BERTHIAS, J.P. Broca, P. ve Cerri, L., (2009). "Integer ambiguity resolution on undifferenced GPS phase measurements and its application to PPP and satellite precise orbit determination", Navigation, 56: 135-149.
- [20] Geng, J. Meng, X. Dodson, A.H. ve Teferle, F.N., (2010). "Integer ambiguity resolution in precise point positioning: method comparison", Journal of Geodesy, 84: 569-581.
- [21] Geng, J. Meng, X. Teferle, F.N. ve Dodson, A., (2010). "Performance of precise point positioning with ambiguity resolution for 1-to 4-hour observation periods", Survey Review, 42: 155-165.
- [22] Hampel, F.R. Ronchetti, E.M. Rousseeuw, P.J. ve Stahel, W.A., (2011). Robust statistics: the approach based on influence functions: John Wiley & Sons.
- [23] Rousseeuw, P.J. ve Leroy, A.M., (2005). Robust regression and outlier detection: John Wiley & sons.
- [24] Pope, A.J., (1976). "The statistics of residuals and the detection of outliers".
- [25] İnternet Sitesi, <https://www.spaceweatherlive.com/en/archive>. Erişim Tarihi 12.03.2017.
- [26] İnternet Sitesi, <http://sopac.ucsd.edu/> Erişim Tarihi 12.03.2017.
- [27] İnternet Sitesi, <http://www.igs.org/igsnetwork/> Erişim Tarihi 12.03.2017.

Noktalara İlişkin Bilgiler

BOR1 Station Information - Site Page

SitID	BOR1	Receiver	TRIMBLE	Antenna	TRM59800.00 +	Calibration	ROBOT	Clock	EXTERNAL H-	Collocation	None
Country	Poland		NETR9		NONE				MASER		
Station Log	bor1_20170222.log										
DOMES Number	12205M002										
Constellation	GPS GLONASS Galileo BeiDou QZSS SBAS										
Data Center	OLG										



BOR1 Quality



Şekil EK-A.1 BOR1 Noktasına Ait Bilgiler [27]

BZRG Station Information - Site Page

SiteID	BZRG	Receiver	Antenna	Calibration	Clock	Collocation
Country	Italy	LEICA GRX1200+GNSS	LEIAR25.R4 + LEIT	ROBOT	INTERNAL	GPS
Station Log	bzig_20150717.log					
DOMES Number	12751M001					
Constellation	GPS GLONASS					
Data Center	ASI					

BZRG Quality



Şekil EK-A.2 BZRG Noktasına Ait Bilgiler [27]

GOPE Station Information - Site Page

SiteID	GOPE	Receiver	Antenna	Calibration	Clock	Collocation
Country	Czech Republic	TPS NETG3	TPSCR.G3 + TPSPH	ROBOT	EXTERNAL CESIUM	SEISMOMETER
Station Log	gope_20150625.log					
DOMES Number	11502M002					
Constellation	GPS GLONASS					
Data Center	OLG					

GOPE Quality



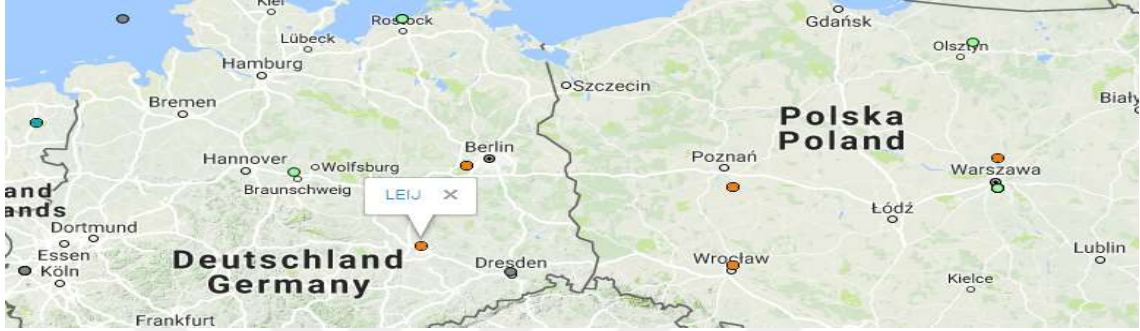
Şekil EK-A.3 GOPE Noktasına Ait Bilgiler [27]

LEIJ Station Information - Site Page

SiteID	LEIJ	Receiver	JAVAD TRE_G3TH DELTA	Antenna	LEIAR25.R3 + LEIT	Calibration	ROBOT	Clock	INTERNAL	Collocation	TRIMBLE 4000SSI GPS
Country	Germany										
Station Log	leij_20160711.log										
DOMES Number	14267M001										
Constellation	GPS GLONASS Galileo BeiDou SBAS										
Data Center	BKG										



LEIJ Quality



Şekil EK-A.4 LEIJ Noktasına Ait Bilgiler [27]

PENC Station Information - Site Page

SiteID	PENC	Receiver	LEICA GRX1200GGPRO	Antenna	LEIAT504GG + LEIS	Calibration	ROBOT	Clock	INTERNAL	Collocation	None
Country	Hungary										
Station Log	penc_20160303.log										
DOMES Number	11206M006										
Constellation	GPS GLONASS										
Data Center	BKG										



PENC Quality



Şekil EK-A.5 PENC Noktasına Ait Bilgiler [27]

SULP Station Information - Site Page

SiteID	SULP	Receiver	TPS NET-G3A	Antenna	TPSCR.G5 + TPSH	Calibration	ROBOT	Clock	INTERNAL	Collocation	None
Country	Ukraine										
Station Log	sulp_20161118.log										
DOMES Number	12366M001										
Constellation	GPS GLONASS SBAS										
Data Center	BKG										



SULP Quality



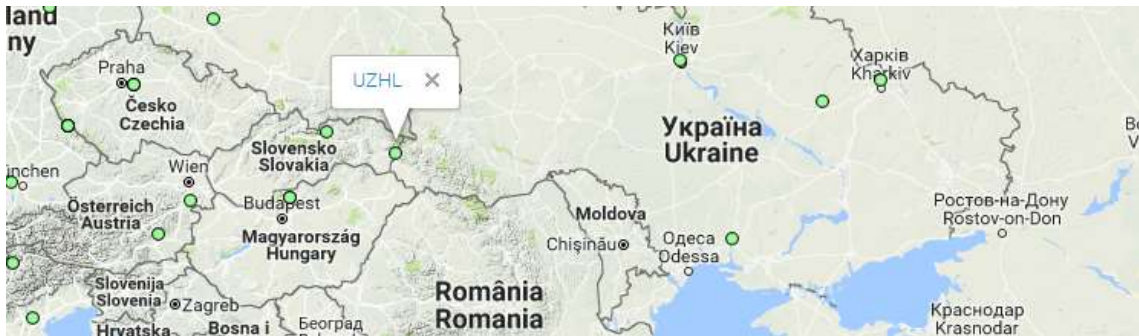
Şekil EK-A.6 Sulp Noktasına Ait Bilgiler [27]

UZHL Station Information - Site Page

SiteID	UZHL	Receiver	NOV OEMV3	Antenna	NOV702GG + NONE	Calibration	ROBOT	Clock	INTERNAL	Collocation	None
Country	Ukraine										
Station Log	uzhl_20131114.log										
DOMES Number	12301M001										
Constellation	GPS GLONASS										
Data Center	BKG										



UZHL Quality



Şekil EK-A.7 UZHL Noktasına Ait Bilgiler [27]

WROC Station Information - Site Page

SiteID	WROC	Receiver	LEICA GR25	Antenna	LEIAR25.R4 + LEIT	Calibration	ROBOT	Clock	INTERNAL	Collocation	None
Country	Poland										
Station Log	wroc_20160523.log										
DOMES Number	12217M001										
Constellation	GPS GLONASS Galileo BeiDou QZSS SBAS										
Data Center	BKG										

WROC Quality



Şekil EK-A.8 WROC Noktasına Ait Bilgiler [27]

WTZZ Station Information - Site Page

SiteID	WTZZ	Receiver	JAVAD TRE_G3TH	Antenna	LEIAR25.R3 + LEIT	Calibration	ROBOT	Clock	EXTERNAL H-MASER EFOS 18	Collocation	Ringlaser Gyroscope
Country	Germany										
Station Log	wtzz_20170112.log										
DOMES Number	14201M014										
Constellation	GPS GLONASS Galileo BeiDou SBAS										
Data Center	BKG										

WTZZ Quality



Şekil EK-A.9 WTZZ Noktasına Ait Bilgiler [27]

C Dilinde Yazılan Algoritma Örneği

```

FILE* dosyaOkumaYolu = fopen("C:\\Users\\Hp\\Desktop\\CoculmusVesi\\Stackov_finala\\Analiz.txt", "a");
if (dosyaOkumaYolu == NULL) {
    printf("Dosya yasadirma amacli olarak acilamadi");
} else {
    printf("Dosya Acildi\n");
}

printf("()()()()()NOKTALARA AIT HATALI VERILER ()()()()()\n");
fprintf(dosyaOkumaYolu, "()()()()()NOKTALARA AIT HATALI VERILER ()()()()()\n");

int a, c = 0;
for (a = 0; a < 131; a++) {
    for (c = 0; c < 131 - a; c++) {
        if (matris[c][0] > matris[c + 1][0]) {
            long double d = matris[c][0];
            matris[c][0] = matris[c + 1][0];
            matris[c + 1][0] = d;
        }
    }
}

printf("-----\n\n medyanMatris2x = %.8lf\n", (matris[65][0] + matris[66][0]) / 2);
long double medyanMatris2x = (matris[65][0] + matris[66][0]) / 2;
long double medara2x [132] = {[0 ... 131] = 0};
for (int t = 0; t < 132; t++) {
    long double k = (medyanMatris2x - matris[t][0]);
    if (k < 0) {
        k = k * (-1);
    }
    medara2x[t] = k;
    k = 0;
}

printf("-----\n");
for (a = 0; a < 132; a++) {
    for (c = 0; c < 132 - a; c++) {
        if (medara2x[c] > medara2x[c + 1]) {
            long double d = medara2x[c];
            medara2x[c] = medara2x[c + 1];
            medara2x[c + 1] = d;
        }
    }
}

printf("medaraMedyan2x= %.8lf\n", (medara2x[65] + medara2x[66]) / 2);
long double medyanMedara2x = (medara2x[65] + medara2x[66]) / 2;
long double sigmed2x = 1.4826 * medyanMedara2x;
printf("sigmedDegeri2x= %.8lf\n", sigmed2x);
printf("medyanMatris2x= %.8lf\n", medyanMatris2x);

for (c = 0; c < 132; c++) {
    if ((medyanMatris2x - matris[c][0]) > sigmed2x * 3 || (matris[c][0] - medyanMatris2x) > sigmed2x * 3) {
        printf("matris[%d]= %.8lf\n", c, medyanMatris2x - matris[c][0]);
        printf("matris[%d]= %.8lf\n", c, matris[c][0]);
        fprintf(dosyaOkumaYolu, "%.8lf\n", matris[c][0]);
    }
}

fprintf(dosyaOkumaYolu, "-----2 saatlik x degeri bitti-----\n");

```

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Orhan KAYACIK
Doğum Tarihi ve Yeri : 03.03.1987 / Samsun
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : orhan_kayacik@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Harita Mühendisliği	YTÜ	2011
Lisans	İnşaat Mühendisliği	YTÜ	2010
Lise	Hüseyin Yıldız A.L		

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2015 - 2017	Uzay Sistem L.T.D	Statik Uzay Kafes Sistemleri Tasarım Mühendisi
2014 - 2015	DSİ Edirne Bölge Müdürlüğüne	Taşkın Esnasında Otomatik Kapanan Kapak Projesi Patent Ve Uygulama Müh.
2011 - 2013	DSİ 7.Bölge Müdürlüğü, Teiaş 4.İletim Tesis Ve İşletme Müd.	Taahhüt İşlerindeŞantiye Ve Hakediş Mühendisi

YAYINLARI

Uluslararası Bildiri

1. Erdoğan B., Kayacik O., (2017). "A Study on the Estimation of the Scale Factor for Precise Point Positioning", European Geosciences Union General Assembly 2017, Viyana, AVUSTURYA, 23-28 Nisan 2017.

