

**GNSS HIZ DOĞRULUKLARINA ETKİ EDEN PARAMETRELERİN
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şeyma ŞAFAK

Danışman

Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Mayıs 2019

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GNSS HIZ DOĞRULUKLARINA ETKİ EDEN
PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ

Şeyma ŞAFAK

Danışman
Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Mayıs 2019

TEZ ONAY SAYFASI

Şeyma ŞAFAK tarafından hazırlanan “GNSS HIZ DOĞRULUKLARINA ETKİ EDEN PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 27/05/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği **Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

Başkan : Prof. Dr. Hediye ERDOĞAN
Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye : Doç. Dr. Tamer BAYBURA
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye : Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

İmza





Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

27/05/2019

Şeyma ŞAFAK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GNSS HIZ DOĞRULUKLARINA ETKİ EDEN PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ

Şeyma ŞAFAK

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

Bu araştırmada, GNSS noktalarının hızlarını etkileyen temel faktörlerin neler olduğu araştırılmıştır. GNSS hız doğruluklarının iyileştirilmesinde, en uygun kampanya sayısı, kampanyalar arası geçen süre ve ölçü süresini belirlemek için GAMIT/GLOBK yazılım takımıyla 8 TUSAGA-Aktif istasyonunun 14 kampanya verisi ve farklı ölçü kombinasyonlarında oluşturulan veri grupları değerlendirilmiştir. Bununla birlikte belirlenen parametrelerin etkisini istatistiksel olarak test etmek amacıyla çoklu regresyon analizi yapılmıştır. Farklı ölçü gruplarında yapılan analizler sonucunda ölçü süresi ile hız doğruluğu arasında \sqrt{t} kadar ters orantının, kampanyalar arasında geçen süre ile hız doğruluğu arasında ise 2 kat ters orantının olduğu elde edilmiştir. Kampanya sayısının merkezlendirme, anten yüksekliği gibi hataların belirlenmesinde olumlu etkisinin olduğu görülmüştür. Çalışmada yalnızca yatay hız ve hız doğrulukları incelenmiştir.

2019, viii + 84 sayfa

Anahtar Kelimeler: GNSS Hız Doğrulukları, GNSS Hızları, Zaman Serileri, Ölçü Süresi, GAMIT/GLOBK.

ABSTRACT
M.Sc. Thesis

DETERMINATION OF PARAMETERS AFFECTING ACCURACY OF GNSS
VELOCITIES

Şeyma ŞAFAK

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geomatics Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. İbrahim TİRYAKİOĞLU

In this study, the main factors affecting the velocities of GNSS points were investigated. In order to improve the accuracy of GNSS velocities, the most suitable number of campaigns, the time between the campaigns, the length of the measurement are investigated using 14 campaigns of GNSS data obtained from the 8 TUSAGA-Active stations. The data are grouped in different combinations of measurements and was evaluated with the GAMIT / GLOBK software. In addition, multiple regression analysis was performed in order to test the effect of the determined parameters, statistically. As a result of the analyzes carried out in different measurement groups, it was obtained that the relation between the measurement period and velocities accuracy was \sqrt{t} and the inverse ratio between the time period among campaigns and the velocity accuracy was 2. It is seen that the number of campaigns has an positive effect on the determination of errors such as in the measurement of antenna heights and fixing the antenna on the points. In the study, only the horizontal velocities and velocity accuracies were examined.

2019, viii + 84 pages

Keywords: Accuracy of GNSS Velocities, GNSS Velocities, Time Series, Time of measurement, GAMIT/GLOBK.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması boyunca sabırla tım sorularımı yanıtlayan, bana her daim yol gsteren ve destek olan tez danıŐmanım Sayın Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU'na teşekkür ederim. İlgı ve önerilerini vermekten sakınmayan, çalışma boyunca destek olan Sayın Prof. Dr. Bahadır AKTUĞ'a, değerli bilgi ve tecrübelerini bizimle paylaşan ve çalışma boyunca saĐlamıŐ olduğu tım katkılardan dolayı Sayın Prof. Dr. Hediye ERDOĞAN'a, tez dzenleme ve yazımdaki tım yardımlarından dolayı Sayın Doç. Dr. Tamer BAYBURA'ya, yardımlarımı bu tez çalışması boyunca esirgemeyen Sayın Öğr. Grv. Halil İbrahim SOLAK'a teşekkür ederim.

Bu süreçte bana saĐlamıŐ oldukları tım maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Son olarak bu çalışma boyunca desteklerinden dolayı tım arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Şeyma ŞAFAK

AFYONKARAHİSAR, 2019

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	4
3. KÜRESEL KONUM BELİRLEME SİSTEMLERİ	15
3.1 Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System – GPS).....	16
3.1.1 GPS'in Bölümleri	17
3.1.2 GPS Doğruluk İlişkisi	19
3.2 GNSS Verilerinin Değerlendirilmesi	21
4. REGRESYON ANALİZİ.....	25
4.1 Regresyon Analizi Parametrelerinin Kestirimi ve Test Edilmesi.....	25
4.2 Belirlilik Katsayısı.....	27
4.3 Çoklu Regresyon Analizi	27
5. UYGULAMA.....	28
5.1 İstasyon Noktalarının Seçimi	29
5.2 İstasyon Noktalarına Ait Verilerin Elde Edilmesi.....	30
5.3 Elde Edilen GNSS Verilerinin Değerlendirilmesi.....	30
5.3.1 GAMIT/GLOBK ile 24 Saatlik Verilerin Analizi	31
5.3.2 Seçilen Gün ve Saat Aralıklarında Verilerin GAMIT/GLOBK Yazılımı ile Değerlendirilmesi	35
5.4 Ölçü Sürelerinin Koordinat Doğruluğuna Etkilerinin Araştırılması	36
5.5 GLOBK ile Hızların ve Hız Doğruluklarının Elde Edilmesi	40
5.5.1 Hız Doğruluğunu Etkileyen Parametrelerin Belirlenmesi	42
5.6 Regresyon Analizi	50
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	73
6. KAYNAKLAR.....	77
ÖZGEÇMİŞ.....	81

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

k	Kampanya Sayısı
mo	Standart sapma
m_x	Bir Parametrenin Standart Sapması
Q_{xx}	Ağırlık Katsayılar Matrisi
R^2	Belirlilik Katsayısı
$\overline{R^2}$	Düzeltilmiş Çoklu Belirlilik Katsayısı
S	Standart Sapma
tt	Son Ölçü Yılı ile İlk Ölçü Yılı Arasındaki Fark
u	Bilinmeyen Parametre Sayısı
x^T	Bilinmeyen Parametreler
$x(i)$	Değişken Sayısı
$y(i)$	Bağımlı Değişken Vektörü
z	Ölçü Süresi

Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
CORS	Continuously Operating Reference Stations
GAMIT	GPS Analysis at MIT
GLOBK	Global Kalman Filter
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
GPS	Global Positioning Systems
ITRF	International Terrestrial Reference Frame
IGS	International GNSS Service
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NGS	National Geodetic Survey
NRMS	Normalized Root Mean Square
NSRS	National Spatial Reference System
OCS	Operational Control Segment
OPUS	Online Positioning Users Service
PAGES	Program for the Adjustment of GPS Ephemerides
PPP	Precise Point Positioning
RINEX	Receiver Independent Exchange
RMS	Root Mean Square
RTK	Real-Time Kinematik
SOPAC	The Scripps Orbit and Permanent Array Center
TEQC	Translate Edit Quality Control
TUSAGA	Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı
TUTGA	Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı
URE	User Range Error
WGS	World Geodetic System
WRMS	Weighted Root Mean Square

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1 GPS bölümleri ve sinyaller.	17
Şekil 3.2 GPS kontrol segmenti.	18
Şekil 3.3 URE ve kullanıcı doğruluğu.....	21
Şekil 3.4 Observation ve Hatanaka dosya örnekleri.....	23
Şekil 3.5 Tables klasörü.	23
Şekil 5.1 Sabit istasyon noktaları.	30
Şekil 5.2 Çalışmaya göre düzenlenmiş station.info ve sites.defaults dosyası.....	32
Şekil 5.3 24 saatlik verilerin GAMIT/GLOBK yazılımı ile değerlendirilmesi.....	32
Şekil 5.4 q dosyası normlandırılmış karesel ortalama hata örneği.....	33
Şekil 5.5 2011-2017 yılları arasında ve 24 saatlik verilerden elde edilen ESKS ve HYMN noktaları için zaman serileri.	35
Şekil 5.6 Teqc yazılımı ile veri bölme işlemi.....	36
Şekil 5.7 Kuzey bileşen standart sapma değerleri ve Eckl vd. (2001)'e göre hesaplanan standart sapma eğrileri.....	37
Şekil 5.8 Doğu bileşen standart sapma değerleri ve Eckl vd. (2001)'e göre hesaplanan standart sapma eğrileri.	38
Şekil 5.9 Yükseklik bileşeni standart sapma değerleri ve Eckl vd. (2001)'e göre hesaplanan standart sapma eğrileri.....	38
Şekil 5.10 Her saat aralığı için hesaplanan ortalama nokta konum doğruluk değerleri.	39
Şekil 5.11 ESKS sabit istasyon noktası için 2-24 saat aralıklarında hesaplanan hız ve hız standart sapma değerleri.....	41
Şekil 5.12 2-12 saat aralıklarında 2 kampanya doğu, kuzey ve yükseklik bileşenleri ortalama hız standart sapma değerleri.....	43
Şekil 5.13 2-12 saat aralıklarında 3 kampanya doğu, kuzey ve yükseklik bileşenleri ortalama hız standart sapma değerleri.....	45
Şekil 5.14 2-12 saat aralıklarında 4 kampanya doğu, kuzey ve yükseklik bileşenleri ortalama hız standart sapma değerleri.....	46
Şekil 5.15 Kısa zaman aralıklarında 6 aylık periyotlardan elde edilen hız standart sapma değerleri.....	49
Şekil 5.16 3 parametrelili fonksiyon 2 kampanya verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.	54
Şekil 5.17 3 parametrelili fonksiyon 3 kampanya verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.	54

Şekil 5.18	3 parametrelili fonksiyon 4 kampanya verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.	55
Şekil 5.19	3 parametrelili fonksiyon tüm kampanya sayısındaki verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.	55
Şekil 5.20	2 parametrelili fonksiyon 2 kampanya verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.	59
Şekil 5.21	2 parametrelili fonksiyon 3 kampanya verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.	59
Şekil 5.22	2 parametrelili fonksiyon 4 kampanya verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.	60
Şekil 5.23	2 parametrelili fonksiyon tüm kampanya sayısındaki verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.	60
Şekil 5.24	3 parametrelili fonksiyon 2 kampanya verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.	66
Şekil 5.25	3 parametrelili fonksiyon 3 kampanya verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.	66
Şekil 5.26	3 parametrelili fonksiyon 3 kampanya verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.	67
Şekil 5.27	3 parametrelili fonksiyon tüm kampanya sayısındaki verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.	67
Şekil 5.28	2 parametrelili fonksiyon 2 kampanya verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.	73
Şekil 5.29	2 parametrelili fonksiyon 3 kampanya verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.	73
Şekil 5.30	2 parametrelili fonksiyon 4 kampanya verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.	74
Şekil 5.31	2 parametrelili fonksiyon tüm kampanya sayısındaki verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.	74

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 5.1 Çalışma için seçilen istasyon noktalarının enlem ve boylam değerleri.	30
Çizelge 5.2 Çalışmada kullanılan IGS istasyonları.	31
Çizelge 5.3 Her saat aralığı için ortalama konum standart sapma değerleri.	37
Çizelge 5.4 Her saat aralığında tüm istasyonlar için hesaplanan hız ve hız doğruluk değerleri.	40
Çizelge 5.5 Her saat aralığında 2 kampanya hesaplanan hız ve hız doğruluk değerleri ile Eckl vd. 2001 tarafından hesaplanan nokta konum doğruluk değerleri.	44
Çizelge 5.6 Her saat aralığında 2,3,4 kampanya kombinasyonlar ölçü tablosu ve hız standart sapma değerleri.	47
Çizelge 5.7 Kampanya sayısı 2,3,4 ve karma olan Doğu Bileşen verileri için 3 parametrelili fonksiyonlar, standart sapmaları, test büyüklükleri ve korelasyon katsayıları(R^2).	52
Çizelge 5.8 Kampanya sayısı 2,3,4 ve karma olan Kuzey Bileşen verileri için 3 parametrelili fonksiyonlar, standart sapmaları, test büyüklükleri ve.....	53
Çizelge 5.9 Kampanya sayısı 2,3,4 ve karma olan Doğu Bileşen verileri için 2 parametrelili fonksiyonlar, standart sapmaları, test büyüklükleri ve korelasyon katsayıları(R^2).	57
Çizelge 5.10 Kampanya sayısı 2,3,4 ve karma olan Kuzey Bileşen verileri için 2 parametrelili fonksiyonlar, standart sapmaları, test büyüklükleri ve korelasyon katsayıları(R^2).	58
Çizelge 5.11 Kampanya sayısı 2,3,4 ve karma olan Doğu Bileşen verileri için 3 parametrelili fonksiyonlar, standart sapmaları, test büyüklükleri ve korelasyon katsayıları(R^2).	62
Çizelge 5.12 Kampanya sayısı 2,3,4 ve karma olan Kuzey Bileşen verileri için 3 parametrelili fonksiyonlar, standart sapmaları, test büyüklükleri ve korelasyon katsayıları(R^2).	64
Çizelge 5.13 Kampanya sayısı 2,3,4 ve karma olan Doğu Bileşen verileri için 2 parametrelili fonksiyonlar, standart sapmaları, test büyüklükleri ve korelasyon katsayıları(R^2).	68
Çizelge 5.14 Kampanya sayısı 2,3,4 ve karma olan Kuzey Bileşen verileri için 2 parametrelili fonksiyonlar, standart sapmaları, test büyüklükleri ve korelasyon katsayıları(R^2).	69

1. GİRİŞ

Tektonik ve sismik hareketlerin bulunduğu bölgelerde önemli plaka hareketlerinin var olduğu günümüze dek yapılan çalışmalarla gözlemlenmiştir. Plaka hareketleri fay zonlarının oluşmasında büyük rol oynamaktadırlar. Genellikle gözlemlenen ve yıkıcı depremlere sebep olan bölgelerin tektonik ve sismik açıdan incelemeleri yapıldığında büyük oranda plakaların kesiştiği yerlerde depremlerin ve faylanmaların daha yoğun olarak meydana geldiği gerçektir.

Türkiye'nin konumu ve oluşan depremler göz önüne alınarak geçmişten günümüze dek tektonik ve sismik yapı bilim insanları tarafından incelenmiştir. Yapılan araştırmalar ve çalışmalarla ülkemiz, dünyada önemli plaka etkileşimlerinin olduğu bir konumda yer almaktadır.

Aynı zamanda birçok jeodezik, jeolojik ve jeosismik araştırmalara ev sahipliği yapan ülkemiz, tektonik ve sismik hareketlerin belirlenmesine yönelik yapılan çalışma alanlarına en güzel örnekleri sunmaktadır. Ülkemizi etkileyen plaka hareketlerinin sebep olduğu farklı türde çok çeşitli tektonik oluşumlar mevcuttur. Çünkü Türkiye konumsal olarak farklı plakaların kesiştiği aktif bir bölgede yer almaktadır.

Ülkemizin Güneydoğu Bölgesi'nde Arabistan Levhası olarak isimlendirilen levha bulunmaktadır ve bu levhanın hareketi kuzey yönündedir. Ayrıca doğuda Kafkas Levhası ve kuzeyde Avrasya Levhası vardır. Türkiye ise Anadolu Levhası'nda yer almaktadır. Tarihsel süreç içerisinde Anadolu Levhası çeşitli bilim insanları tarafından birçok araştırmaya ev sahipliği yapmıştır. Anadolu Levhası'nın batı yönünde hareket ettiği tespit edilmiştir. Ayrıca ülkemizde Ege Bölgesi'ni kapsayan ve Ege Levhası olarak isimlendirilen bölgenin ise plakaların etkileşimi ile Güneybatı yönünde hareket ettiği tespit edilmiştir. Bu plakaların hareketlerinin devam etmesiyle halen daha yeni faylanma oluşumları gözlemlenmektedir.

Fay hatlarının incelenmesine yönelik yapılan çalışmalar günümüzde giderek önem kazanmaktadır. Çünkü yıkıcı depremler tarih boyunca insanlığa büyük zarar vermiştir ve

vermeye devam etmektedir.

Teknolojik gelişmelere paralel olarak tektonik ve sismik hareketlerin incelenmesi amacıyla kullanılan teknikleri iyileştirme çalışmaları da bu anlamda önem kazanmıştır. Özellikle son yıllardaki uydu jeodezisindeki gelişmelere paralel olarak kullanılan diğer ölçü tekniklerine oranla tektonik açıdan çok daha doğru sonuçlar elde edilmeye başlanmıştır.

Tektonik hareketlerin belirlenmesi fay kinematığının çözümü ve odak mekanizma çözümleri için ilk aşama olan gerinim ve gerilim alanlarının belirlenmesinde nokta hızları oldukça büyük bir öneme sahiptir. Ülkemizde gerinim ve gerilim alanlarını belirlemek için üretilen nokta hız yöntemleri incelendiğinde de temel olarak yapılan yöntemin, etraftaki nokta hızlarından yararlanılarak yapılan hesaplamalar olduğu görülmüştür. Hız hesaplamak içinse herhangi bir ölçü yapılmamaktadır. Bu durum ise aktif tektonik bir bölgede yer alan ülkemizde önemli ve sıkıntılı durumlar ortaya çıkarmaktadır.

Tektonik hareketlerin belirlenmesi ve analiz edilmesi amacıyla kurulan GPS/GNSS deformasyon ağlarında tek bir gözlemlerle yetinilmemelidir. Farklı zamanlarda çeşitli aralıklarla gözlemler yapılarak deformasyon miktarlarının belirlenmesi sağlanmalıdır. Bu amaçla kurulan deformasyon ağlarında fay zonunun coğrafyadaki yeri ve kabuk kalınlığı da göz önüne alınarak kampanya tipi GNSS ölçüsü yapılacak sabit noktalar araziye tesis edilmelidir.

Tektonik hareketlerin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalarda konumlama doğruluğu oldukça önemlidir. Artan konumlama doğruluğuyla birlikte nokta hızlarına da daha yüksek doğrulukta ulaşılabilmektedir. Elde edilen nokta hızlarından gerinim ve gerilim kuvvetleri belirlenerek tektonik ve sismik açıdan yorumlar yapılmaktadır. İşte bu noktada daha doğru yorumlama yapılabilmesi için de daha doğru gerinim ve gerilim analizleri yapmak gerekmektedir. Daha doğru gerinim ve gerilim analizleri yapabilmek için de nokta hız doğrulukları dolayısıyla nokta konum doğruluklarının oldukça yüksek olması gerekmektedir. Son yıllardaki uydu jeodezi ve teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak nokta konum doğruluğu giderek artmıştır. Artan bu konum doğruluğuyla beraber

nokta hız doğruluğu da önem kazanmıştır.

Ülkemizde referans epokları olarak Itrf 96 epok 2005.00 kullanıldığı için örnek verilecek olursa 1 mm olan hız hataları yaklaşık olarak 1-2 cm'lik koordinat yanlışlıklarına sebep olabilmektedir. Özellikle bu durum farklı fay sistemlerinin etkisi altında olan noktalardan hız kestirimleri yapılırken noktasal hız hesaplamalarında da büyük yanlışlıklara sebep olabilmektedir. Literatür taraması da göz önünde bulundurularak ve bu hesaplama eksikliklerden de yola çıkılarak bu tez çalışmasında nokta hız doğrulukları üzerine bir çalışma yapılmıştır.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Geçmiş yıllarda yapılan hesaplamalara bakıldığında tektonik hareketlerin belirlenmesi ve nokta konum doğruluğu için önemli olan plaka hareketleri göz önüne alınmadan yapılan konumlamaların mevcut olduğu görülmektedir. Özellikle ülkemizi ele alacak olursak; kadastral dönem incelenecek olduğunda, 1995 yılı ve öncesinde konum doğruluğunun yanı sıra hız doğruluk kavramıyla ilgili herhangi bir çalışma yoktur. 1995 yılı ve sonrasında yayımlanan yeni yönetmeliklerle birlikte ise hız doğruluk kavramından bahsedilmeye başlanmıştır. Günümüzde ise nokta koordinatlarının yanı sıra her noktaya ait V_x , V_y ve V_z hızları da hesaplanmaktadır.

Eckl vd. (2001), mesafe ve oturum süresinin nokta konum doğruluğu üzerine yaptıkları çalışmada zamana bağlı konum doğruluğu değişimini bir fonksiyon ile ifade etmişlerdir. Nokta konum doğruluğu standart sapma (RMS) değeri ile açıklanmıştır. Standart sapma değerlerini yalnızca zamanın bir fonksiyonu olarak bu çalışmada Kuzey-Güney, Doğu-Batı ve Yukarı-Aşağı bileşenlerde aşağıdaki gibi ifade edilmiştir:

$$S_n = \frac{k_n}{T^{0.5}} \quad (2.1)$$

$$S_e = \frac{k_e}{T^{0.5}} \quad (2.2)$$

$$S_u = \frac{k_u}{T^{0.5}} \quad (2.3)$$

Her bileşen $k_{n,e,u}$ değerleri sırasıyla $k_n = 9.5 \pm 2.1$ mm, $k_e = 9.9 \pm 3.1$ mm, $k_u = 36.5 \pm 9.1$ mm olarak alınmıştır.

Baz uzunluğu ve zamanın bir fonksiyonu olarak standart sapma formülü ise çalışmada;

$$S_n(L, T) = \left[a_n/T + \frac{b_n L^2}{T} + c_n + d_n L^2 \right]^{0.5} \quad (2.4)$$

$$S_e (L, T) = \left[a_e/T + \frac{b_e L^2}{T} + c_e + d_e L^2 \right]^{0.5} \quad (2.5)$$

$$S_u (L, T) = \left[a_u/T + \frac{b_u L^2}{T} + c_u + d_u L^2 \right]^{0.5} \quad (2.6)$$

olacak şekilde ifade edilmiştir. Burada her bir S_n , S_e , S_u değerleri standart sapmayı ifade etmektedir. Her bir a_n , b_n , c_n , d_n , a_e , b_e , c_e , d_e , a_u , b_u , c_u , d_u değerleri ise dengeleme ile bulunacak olan sabit değerlerdir. T zamanı ifade ederken, L ise baz uzunluğu değerini ifade etmektedir. Bu formüller incelenecek olursa a_n ve b_n zamanın tersi ile orantılı, c_n ve d_n zamandan bağımsız, b_n ve d_n , L^2 ile orantılı, a_n ve c_n ise L^2 değerinden bağımsız olduğu görülmüştür. Diğer bileşenler için formüller incelendiğinde de yine aynı sonuçlarla karşılaşılacaktır. Yapılan çalışmada kontrol noktaları, yeni noktalar, noktalar arası mesafe ve gözlem süresi dikkate alınmıştır. Kontrol noktalarından konumu bilinmeyen noktalara ait koordinatları türetmek için noktalar arasındaki mesafenin ve gözlem süresinin yeni nokta koordinatlarını nasıl etkilediğine bakılmıştır. Noktalar 26 ile 300 km arasında belirlenmiştir. Çalışmada 10 günlük veriler seçilmiştir. Her günün verileri ise 4, 6, 8, 12 ve 24 saatlik veri gruplarına ayrılmıştır. Seçilen zaman aralıkları içinse koordinatı bilinen noktalardan koordinatları bilinmeyen noktalar için yeni koordinatlar hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada PAGES yazılımı kullanılmıştır. Her bir konumu bilinmeyen noktanın gerçek kabul edilecek değeri 24 saat olan oturumların ortalaması alınarak hesaplama yapılmıştır. Daha sonrasında ise her gözlem oturumu için bileşende gerçek değerle aralarındaki farklar belirlenmiştir. RMS değerleri bu çalışmada her bir koordinat bileşeni ve her bir oturum için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Her bileşen için RMS değerlerini üç kattan fazla aşan değerler atılmış ve yeniden hesaplama yapılmıştır. RMS değerlerinde 4 saatlik verilerin %3.3'ü, 6 saatlik verilerin %3.1'i, 8 saatlik verilerin %2.5'i, 12 saatlik verilerin % 0.4'ü ve 24 saatlik verilerin ise %0.0'ı atılmıştır. Hesaplanan RMS değerlerine bakılacak olduğunda ise doğu ve kuzey bileşenlerinde yükseklik bileşenine göre daha az olan bir değerle karşılaşmıştır. Bu da demek oluyor ki kuzey ve doğu bileşenlerinde daha doğru sonuçlara ulaşılmıştır. Yapılan çalışmada RMS değerleri gözlem süresi arttığında azaldığı tespit edilmiştir. Yani daha iyi sonuçlar alındığı ifade edilmiştir.

Soler vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada GPS kullanıcıları için de NSRS (National Spatial Reference System) daha kolay erişim sağlayabilmeleri amacıyla NGS (National Geodetic Survey) tarafından web tabanlı online bir konumlandırma servisi olan OPUS (Online Positioning Users Service) kullanılmıştır. OPUS verileriyle ilişkili olarak koordinat hesaplaması yapmak amacıyla kullanılmaktadır. Otomatik olarak çalışan bu yardımcı program NSRS ile tutarlı jeodezik pozisyonlar sağlamak için NGS bilgisayarları ve PAGES (Program for the Adjustment of GPS Ephemeris) yazılımını kullanmaktadır. OPUS tarafından hesaplanan koordinatlar kullanıcıya genellikle bir kaç dakika içerisinde e-posta yoluyla kolayca ulaştırılmaktadır. OPUS çözümlerinin gözlem süresi yalnızca bir kaç saat olduğunda özellikle gözlem zamanının 1 ile 4 saat arasında seçildiğinde ne kadar doğru veriler elde ettiğiyle ilgili bir çalışma yapılmıştır. Toplam gözlem süresinin kısaltılmasıyla birlikte taşıyıcı faz ile ilişkili tam sayı belirsizliklerinin çözümünü engellediği belirtilmiştir. OPUS L1 ve L2 taşıyıcı faz ölçümlerini ve 30 saniyelik bir veri kayıt aralığını kullanarak iyonosferden bağımsız olan bir modeli kullanmaktadır. Ayrıca OPUS veri kalitesini ve çeşitli sorunları da kontrol etmek için UNAVCO tarafından 1999 yılında geliştirilen TEQC (Translate Edit Quality Control) yazılımını kullanmaktadır. Çalışmada ABD genelinde bilinmeyen nokta (rover) olarak hizmet vermek için 5 farklı CORS istasyon noktası seçilmiştir. Bu istasyonların doğru koordinatların kabulü için NGS tarafından sağlanan koordinatlar elde edilmiştir. Her rover nokta için 2004 yılının Haziran ayında gözlemlenen 30 günlük bir veri oluşturulmuştur. Her bir güne ait veriler ise 1, 2, 3 ve 4 saat zaman aralıklarında olmak üzere ve birbirleriyle çakışmayacak oturumlar halinde gruplara ayrılmıştır. Her bir farklı veri kümesi için de OPUS kullanılarak çözümler yapılmış ve yeni koordinatlar üretilmiştir. Her rover noktasının çözümü yapılırken OPUS 3 farklı referans noktasını kullanmıştır. Çalışmada her rover noktasının çözümü için kullanılan referans noktalarının azimut ve rover noktasıyla arasındaki uzaklık verileri de belirtilmiştir. Her P noktası ve her zaman aralığı için üretilen koordinatlar doğru olarak kabul edilen koordinatlarla karşılaştırılmıştır. Her bir bileşen için karşılaştırılan RMS değerinde 3 kat fazlası olan değerler atılmış ve yeniden bir hesaplama yapılmıştır. Hesaplanan standart sapma değeri ise aşağıdaki formülle ifade edilmiştir:

$$s(\text{cm}) = \sqrt{\left(\frac{\text{RMS}}{1.5}\right)^2 \times \left(\frac{k}{\sqrt{T}}\right)^2 + \left(\frac{p}{1.7}\right)^2} \quad (2.7)$$

Doğu bileşeni için $k = 1$; $p = p_e$, kuzey bileşeni için $k = 1$; $p = p_n$ ve yükseklik bileşeni için $k = 3.7$; $p = p_u$ olacak şekilde ifade edilmiştir. Burada RMS (cm) 3 temel bileşen çözümü için toplam RMS değerini ifade etmektedir. T, toplam gözlem süresini yani yapılan çalışma için 1, 2, 3 ve 4 saati belirtmektedir. p_e, p_n, p_u ise her bileşen için peak-to-peak hataları, k ise Eckl vd. (2001) ve Snay vd. (2002) tarafından önceki çalışmalarda elde edilen değerleri ifade etmektedir. RMS değeri ise deneysel olarak elde edilen bir OPUS çözümü için ortalama değer olarak kabul edilen 1.5 santimetreye bölünmüştür. Elde edilen verilerle birlikte en büyük RMS değerlerine sahip istasyonun Florida yakınlarında bulunan bir istasyonda olduğu gözlemlenmiştir. Bunun nedeninin ise OPUS yazılımına da bağlı olarak özellikle o noktadaki yükseklik bileşeni için troposferik etkilerden kaynaklandığı düşünülmüştür. Çalışmada en iyi bileşen doğruluğunu doğu bileşenin sağladığı görülmüştür. Kuzey bileşeni de yükseklik bileşeninden daha iyi bir doğruluk sağladığı gözlemlenmiştir. En kötü doğruluk sonuçlarına ise yükseklik bileşeninde ulaşılmıştır. Bununla birlikte çalışmada çeşitli projeler için önceden belirlenmiş doğrulukları sağlamak amacıyla toplam gözlem süresinin göz önünde bulundurulması gerektiği belirtilmiştir. Örneğin yatay bileşenlerde sınır bir RMS hatası için en az 3 saatlik bir gözlem yapılması gerektiği belirtilmiştir. Gözlem süresi kısaltıldığında ise daha kötü bir sonuç elde edilmesinin nedeni ise kısa gözlem sürelerinde tam sayı belirsizliğinin çözümünde yaşanan problemlerden kaynaklandığı belirtilmiştir. Bu durumun yalnızca OPUS için değil aynı zamanda diğer kullanılan yazılımlar ve yöntemler için de aynı şekilde olduğu ifade edilmiştir. Çalışmada sonuç olarak mühendislik uygulamalarında elde edilecek doğruluk için en az gözlem süresinin 2 saat olması gerektiği tavsiye edilmiştir. 2 saatten daha az yapılacak bir gözlemin ise tam sayı belirsizliklerinden kaynaklandığı düşünülen ve istenilen doğruluğu sağlayamayacağı da ifade edilmiştir (Soler *et al.* 2006).

Kurumahmut (2008) tarafından yapılan noktalar arasındaki yükseklik farklarının konum belirleme doğruluklarını nasıl etkilediğine dair bir çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada yaklaşık 10 ile 16 km uzunluğunda bulunan bazlar seçilmiştir. Toplamda çalışma 26 noktadan oluşmaktadır ve bu noktaların yükseklik farkları 50 metreden 1630 metreye kadar farklılık göstermektedir. Bütün bazlara ait veriler statik yöntem kullanılarak elde

edilmiştir. Toplanan verilerin değerlendirme aşamasında ise GIPSY yazılımı kullanılmıştır. 24 saatlik veriler GIPSY yazılımı ile değerlendirildikten sonra 1, 2, 3, 4, 6, 8 ve 12 saatlik veriler için de değerlendirme yapılmıştır. Yapılan değerlendirmede noktalar arasında artan yükseklik farkının doğu ve kuzey bileşenlerini nasıl etkilediği incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda yapılan diğer çalışmalara paralel olarak GPS ile yapılan gözlem süreleri azaldığında konum duyarlılığının da azaldığı belirtilmiştir. Bununla birlikte noktalar arasındaki yükselti farkı arttığında yükseklik bileşeni için de duyarlılığın düşüyor olduğu ifade edilmiştir. Fakat artan yükseklik farkları neticesinde duyarlılığın azalmasının yalnızca gözlem sürelerinin kısa tutulduğu durumlarda kaynaklandığı da söylenmiştir. Çalışmada özellikle düz arazilerde en az 3 saat ölçüm yapılması gerektiği ve engebeli olan arazilerde ise en az 12 saat ölçüm yapılması gerektiği vurgulanmıştır. Bu çalışmadan elde edilen verilerle jeoid belirlemede, toprak kaymalarında ayrıca tektonik hareketlerin izlenmesi gibi konularda bu ölçü sürelerinden elde edilen duyarlılığın yararlı olabileceği ifade edilmiştir.

Yıldız vd. (2009), tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise gözlem sürelerinin nokta hız vektörleri ve zaman serileri üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Gözlem süresinin nokta konum doğruluğu üzerine olan etkisi incelenmiştir. Çalışmada 2001 - 2004 yılları arasında 4 kampanya olacak şekilde GPS verileri kullanılmıştır. 16 farklı nokta seçilmiştir. Noktaların değerlendirilmesi Massachusetts Institute of Technology tarafından geliştirilen GAMIT/GLOBK yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Günlük olan veriler yıl olarak birleştirilmiş ve daha sonrasında farklı yıllara ait olan veriler de birleştirilerek zaman serileri ve tekrarlılıklar oluşturulmuştur. Nokta hız vektörleri elde edilmiştir. Nokta hız vektörleri hesaplanırken Avrasya Plakası sabit olarak ITRF 2000 sisteminde çalışma yapılmıştır. Bu tekrarlılıklardan yararlanılarak ölçüm doğruluğu için en iyi gözlem süresi tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada 1 gün 6 saat, 1 gün 8 saat, 2 gün 6 saat, 2 gün 8 saat ve 3 gün 6 saat olan veriler kullanılmıştır. Bu verilerin her biri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Ağırlıklandırılmış Karesel Ortalama Hata (WRMS) değerleri hesaplanmıştır. WRMS değerlerine göre elde edilen sonuçlara bakıldığında aynı gün içerisinde daha uzun süreli gözlem yapmanın farklı günlerde parçalı ve kısa süreli olarak ölçüm yapmaktan daha iyi konum doğruluğu sağladığı bilgisine ulaşılmıştır. Kuzey bileşeni için elde edilen Ağırlıklandırılmış Karesel Ortalama Hata Değerleri'ne

bakıldığında ise bu bileşen için 2 gün 8 saat ve 3 gün 6 saatlik veriler kendi aralarında incelenmiştir. 2 gün 8 saat yapılan bir ölçünün 3 gün 6 saat yapılan bir ölçüden çok daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Buradan da elde edilen bilgilerle günlük olarak uzun süreli ölçüm yapmanın daha fazla günde parçalı olarak ölçüm yapmaktan daha iyi sonuç verdiğine ulaşılmıştır. Bir günlük 6 ve 8 saatlik verilerin doğrulukları incelendiğinde ise 8 saat olan verilerin 6 saat olan verilere göre çok daha sonuç verdiği elde edilmiştir. Ağırlıklandırılmış Karesel Ortalama Hata değeri 4 yıllık birleştirilen bütün verilerin doğu bileşeni için incelenmiştir. Buradan elde edilen sonuçlarda ise en iyi doğruluğu 2 gün 8 saat yani 16 saat olan verilerin sağladığı görülmüştür. 4 yıllık birleştirilmiş tüm verilerin en iyi konum doğru sağlayanlar şeklinde sıralaması ise 2 gün 8 saat toplamda 16 saat, 3 gün 6 saat toplamda 18 saat, 2 gün 6 saat toplamda 12 saat, 1 gün 8 saat ve 1 gün 6 saat olacak şekilde ifade edilmiştir.

Uzay tabanlı yapılacak olan ölçümlerde fazla ağ yapısının oluşturulması hataların yayılmasından daha çok hataların birikiminin söz konusu olduğu yapılan bir diğer çalışmada elde edilmiştir. Daha fazla ağ yapısının olması ve baz uzunluğunun artmasıyla birlikte elde edilen verilerde mekansal doğruluğun azaldığı tespit edilmiştir. Uzun bazlara sahip GNSS ağlarında baz uzunluğu kısa bazlı ağlarla karşılaştırıldığında bu ağları daha çok etkilediği gözlemlenmiştir. Bu anlamda konum doğruluklarının baz uzunluğuyla olan ilişkisinin yörünge hatalarına bağlı olarak ortaya çıktığı verisi elde edilmiştir. Aynı çalışmada hataların noktalar arasındaki mesafeye bağlı olarak yayılmadığı, aksine fazla ağ hiyerarşisinin olduğu ağlarda (olması gerekenden çok daha fazla ağ yapısı) ise hataların birikmesinin olduğu tespit edilmiştir. Alt dereceli ağa sahip ağlarda sıklaştırma işlemi yerine alt dereceli yeni noktalar üretildiğinde hataların birikiminin olduğu da gözlemlenmiştir. Bu ağlarda yeni alt dereceli noktalar oluşturulduğunda sıklaştırma işlemine göre daha az duyarlılık elde edilmiştir. Sonuç olarak çalışmada uzun baza sahip ağların günümüz teknolojisiyle ölçülebilmesi nedeniyle de hataların baz uzunluğuna göre yayılmadığı tespit edilmiştir. Olması gerekenden çok daha fazla alt dereceli ağ hiyerarşisi bulunan ağlarda hataların birikiminin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. C1, C2 dereceli noktalarda ise çalışmada tanımlanan gözlem sürelerinin ormanlık ya da kentsel alanlarda veya görünen uydu sayısında azalma yaşanabilecek durumlarla karşılaşılabilen alanlarda %50 gibi bir oranda artırılarak yapılmasının uygun olabileceği belirtilmiştir (Aktuğ ve

Lenk 2010).

Tiryakioğlu vd. (2010), Güneybatı Anadolu Bölgesi'nde bulunan 12 farklı TUSAGA-AKTİF istasyon noktasına ait verileri kullanarak tektonik hareketlerin belirlenmesi amacıyla uygun l süresinin gözlem ve tekrarlılıkların nokta doğruluğunu nasıl etkilediği üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu alışmada TUSAGA-AKTİF istasyon noktalarından elde edilen veriler 6, 8 ve 12 saatlik olmak üzere veri gruplarına ayrılmıştır. 24 saat 3 gün, 24 saat 2 gün, 24 saat 1 gün, 12 saat 3 gün, 12 saat 2 gün, 12 saat 1 gün, 8 saat 3 gün, 8 saat 2 gün, 8 saat 1 gün, 6 saat 3 gün, 6 saat 2 gün, 6 saat 1 gün olacak şekilde kampanya tipinde ölümler değerlendirilmiştir. Veriler Massachusetts Institute of Technology tarafından geliştirilen GAMIT/GLOBK ile değerlendirilmiştir. Sonuçların çok daha güvenli olabilmesi amacıyla da değerlendirme işleminde 12 farklı TUSAGA-AKTİF istasyon noktasıyla birlikte 12 adet IGS noktası da dahil edilmiştir. Bu çalışmada yapılan gözlem süreleri ve tekrarlılıkları değerlendirildiğinde en anlamlı sonuçları tektonik hareketlerin belirlenmesi amacıyla yapılan ölümlerde istatistiki olarak 24 saat ve 3 gün tekrarlı olarak yapılan kampanya ölümünün verdiği gözlemlenmiştir. 24 saat 3 gün tekrarlı yapılan ölüm ile diğer yapılan ölümlerin mm olarak karşılaştırılması yapılmıştır. Bütün lm yapılan verilerin Kuzey, doğu ve yükseklik bileşenleri ayrı ayrı istatistiki olarak hesaplanmıştır. Genel anlamda en fazla farkın yükseklik bileşeninde olduğu grlmştir. Aynı şekilde ölü zaman sürelerinin kısılmasıyla birlikte ölülerin yükseklik bileşenlerindeki duyarlılık farkları daha fazla artmıştır. En fazla farka sahip l grubunun ise 6 saat 1 gün yapılan ölümden olduğu gözlemlenmiştir. l süreleri göz önüne alındığında ise doğru sonuçlara l süresi fazla olan verilerden ulaşıldığı grlmştir. Yine aynı çalışmada yapılan gözlemler ve testlerle tektonik amaçlı yapılacak GNSS ağlarında kampanya tipi ölümler için en az 8 saatlik ölümler yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca yapılan çalışmada 24 saat 3 gün tekrarlı olarak alınan kampanya ölümüyle diğer ölüm farklarının değerlendirilmesinde aynı yöntem kullanıldığı için de elde edilen sonucun değerlendirme yönteminden değil de l sürelerinin farklı olduğundan kaynaklandığı da belirtilmiştir. Ayrıca TUSAGA-AKTİF noktalarının kullanılmasından dolayı da yapılan çalışmada nokta konumlandırma hatasının da olmadığı dşnlmştir.

Akarsu (2012), ölçüm sürelerinin GPS nokta hızlarının üzerine nasıl etkilediğine dair bir çalışma yapmıştır. GPS nokta hızlarının belirlenmesi için yüksek bir nokta konum doğruluğuna ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yüksek nokta konum doğruluğu içinse statik ölçme yönteminde en az 4 ile 24 saat arasında olduğu belirtilmiştir. Çalışmada bir nevi geriden kestirme yöntemine dayanan mutlak konum belirleme yöntemi olan Precise Point Positoning (PPP) yöntemi kullanılmıştır. 13 farklı IGS istasyon noktası seçilmiştir. Seçilen IGS noktalarının her yılın Ocak ayının ilk gününe ait veriler 1995 ile 2010 yılları arasında değerlendirilmeleri yapılmıştır. 16 yıllık veriler SOPAC arşivinden alınarak GIPSY 5.0 kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmada 24 saatlik veriler doğru veriler olarak kabul edilmiştir. Ayrıca 3 adet 8 ve 2 adet 12 saat olmak üzere de alt veri kümelerine ayrılmıştır. 8 ve 12 saat olarak alt veri kümelerine ayrılan veriler 24 saatlik doğru kabul edilen verilerden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması yapılmıştır. Karşılaştırma işlemi her bir gözlem saat aralığı için üretilen FSS (Formal Standart Sapma) değerleri kullanılarak yapılmıştır. Karşılaştırılan FSS değerlerinde farklı gözlem sürelerinde hangi değerler daha çok doğru kabul edilen değere yaklaşıyorsa daha doğru sonuç alınabileceğinin incelenmesi yapılmıştır. Yapılan karşılaştırma işleminde 8 saatlik verilerden elde edilen FSS değerlerinin 24 saatlik verilerden elde edilen FSS değerlerinden yaklaşık olarak 2-3 kat daha büyük olduğu görülmüştür. 12 saatlik verilerin ise 24 saatlik verilerden elde edilen FSS değerleri 8 saatlik verilere nispeten çok daha fazla yaklaştığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca çalışmada analiz sonuçlarının nokta hızlarıyla arasındaki ilişkisini saptayabilmek için de belirleme katsayısı (R^2) ve korelasyon katsayısı (r) kullanılmıştır. 8 ve 12 saatlik alt veri kümelerindeki değerlerin belirleme katsayıları ve korelasyon katsayıları 24 saatlik verilerden elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırılan 13 farklı IGS istasyon noktasının 8 saat olan verilerinin düşey hızları ve belirleme katsayıları 24 saatlik veriler ile karşılaştırıldığında düşey hızlarda ve belirleme katsayısında iyi düzeyde sonuçlara ulaşamadığı tespit edilmiştir. Fakat 12 saatlik verilerden elde edilen düşey hızlar ile belirleme katsayısı değerlerinin 24 saatlik verilerden elde edilen düşey hızlar ve belirleme katsayı değerlerine çok daha fazla yaklaştığı sonucuna ulaşılmıştır. Düşey hız korelasyon katsayılarında 12 saatlik verilerin 8 saatlik verilere göre %10-%20 arasında daha iyi sonuç verdiği elde edilmiştir. Yine aynı şekilde çalışmada yatay hız korelasyon katsayısının ve belirleme katsayısının enlem ve boylam boyunca 12 saatlik verilerin 8 saatlik verilere göre çok daha iyi sonuçların alındığı

gözlemlenmiştir. Sonuç olarak çalışmada 6 ile 8 saatlik yapılacak olan aktif gözlem süresi yerine en az 12 saatlik bir gözlem süresinin yapılması gerektiği belirtilmiştir. Bu çalışmada Eckl vd. (2001) tarafından nokta konum doğruluğunu zamanın bir fonksiyonu olarak tanımlayan formül için de alternatif bir formül üretilmiştir. Bu formül;

Kuzey bileşeni için,

$$S_n = \frac{5.0}{e^{0.05T}} \quad (\text{mm}) \quad (2.8)$$

Doğu bileşeni için,

$$S_e = \frac{5.0}{e^{0.04T}} \quad (\text{mm}) \quad (2.9)$$

Yükseklik bileşeni için,

$$S_u = \frac{18.0}{e^{0.04T}} \quad (\text{mm}) \quad (2.10)$$

olacak şekilde ifade edilmiştir. Eckl vd. (2001) tarafından yapılan çalışmadaki formüllerden elde edilen sonuçların, Akarsu (2012) tarafından alternatif olarak üretilen formüllerden elde edilen sonuçlarla hesaplanan standart sapma değerlerinin uyum içerisinde olduğu ifade edilmiştir.

Yapılan bir diğer çalışmada 2 yıl boyunca 24 saatlik gözlemlerden belirlenen koordinatlarla 31 günlük gözlemlerden elde edilen tahmini koordinatların RMS değerlerine bakılmıştır. Tek bir referans istasyonu ile yatayda 3 mm, dikeyde ise 10 mm hassasiyetin 3 saat veya daha uzun gözlem sürelerinde elde edilebileceği belirtilmiştir. Ayrıca bu değerlerin baz uzunlukları 200 km'den küçük olan uzunluklar için elde edilebileceği söylenmiştir. Eğer 4 ve daha fazla referans istasyonu kullanılırsa hassasiyetin 2 saat gibi bir gözlem süresinde elde edilebileceği söylenmiştir. Ek olarak gözlem sürelerinin 6 saatten daha fazla ve 4 veya daha fazla referans istasyonu kullanılması durumunda ise hem yatayda hem de dikey bileşende hassasiyetin daha iyi

elde edilebileceği elde edilmiştir. Sonuç olarak referans istasyon sayısının artmasıyla birlikte elde edilecek doğruluğun da arttığı ifade edilmiştir (Firuzabadi and King 2012).

Aydın (2016)'a göre ise GIPSY OASIS 6.4 ve LEICA GEO OFFICE 8.4 yazılımları kullanılarak yapılan tez çalışmasında ardı ardına gelen 10 günün 24 saatlik verileri kullanılarak değerlendirme yapılmıştır. Ayrıca 24 saatlik değerlendirmeye ek 2, 4, ve 6 saatlik verilerin de değerlendirilmiştir. 3 adet rover istasyon belirlenmiştir. Bu rover istasyonlarına ek değerlendirmede kullanılacak 13 adet de koordinatları sabit kabul edilen istasyon verileri RINEX formatında indirilmiştir. Her bir seçilen baz için değerlendirme yapılmıştır. RMS değerleri ve varyans değerleri her bir baz için değerlendirmeler sonucunda elde edilmiştir. Yapılan çalışmada düşey bileşende cm derecesinde doğruluk elde edilirken diğer bileşenlerde mm derecesinde doğruluk belirlenmiştir. Hesaplanan karesel ortalama hata değerlerine göre baz uzunluğunun zaman ve doğruluk ilişkisine herhangi bir etkisinin olmadığı ifade edilmiştir. Çalışmada kontrol amaçlı kullanılan istasyonların sayılarının artmasıyla daha iyi sonuçlar elde edildiği de belirtilmiştir. Ayrıca bazlar arasındaki artan veya azalan yükseklik farklarının elde edilen doğruluğa herhangi bir etkisinin olmadığı da elde edilmiştir. Çalışmada 2 saatlik verilerden elde edilen uyuşumsuz ölçü sayısının gözlem süresi 6 saate çıktığında ise uyuşumsuz ölçü sayılarında azalma tespit edilmiştir.

Öğütçü (2017) tarafından RTK tekniklerinin epok sayısı ve gözlemlerdeki baz uzunluğuna bağlı elde edilen ölçülerdeki doğruluk ve duyarlılığı üzerine bir çalışma yapılmıştır. Ölçümler 7 farklı noktada gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde 3 farklı RTK tekniği kullanılmıştır. Ölçüm yapılan nokta için en yakın CORS istasyonuna olan mesafe sırasıyla 5, 20, 40 ve 50 km olacak şekilde seçilmiştir. Farklı RTK teknikleri ile 2 sn aralıklarla veri toplanmıştır. Ölçüm yapılan her bir noktanın her bileşeni için 1, 5, 30, 60 ve 300 epokun ortalama değerleri birer ölçü olacak şekilde alınmıştır. Ayrıca ölçümü yapılan noktalarda gerçek değer hesaplanabilmesi için de her noktada statik ölçümler yapılmıştır. Bu statik ölçümler 6 saattir ve GAMIT/GLOBK yazılımı ile değerlendirme yapılmıştır. RTK teknikleri ve statik ölçümden elde edilen değerlerle aradaki farklar, doğruluk ve prezisyon modelleri için kullanılmıştır.

Doğruluk ve presizyon modellerinin oluşturulmasında Eckl vd. (2001) tarafından kullanılan formül temel alınmıştır.

$$S_n^2(L, T) = a * T + (b * L^2 * T) + c + d * L^2 \quad (2.11)$$

Bu denklemde S_n standart sapma değerlerini, a, b, c, ve d ise bilinmeyen katsayı değerlerini, L baz uzunluğunu, T ise epok sayısını ifade etmektedir. Çalışmada doğruluk modellerinde, doğruluğun mesafeye bağlı olmadığı, ortalama değerleri alınan epok sayısına bağlı olduğu ifade edilmiştir. presizyonun ise ortalama değerleri alınan epok sayısının yanı sıra aynı zamanda ölçüm yapılan nokta ile en yakın CORS istasyon noktası arasındaki mesafeye bağlı olduğu da ifade edilmiştir.

Ülkemizde yayımlanan Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği'ndeki yöntemler incelendiğinde temel anlamda kullanılan hesaplamalar için etraftaki hızları bilinen noktalardan yapılan hesaplamalardan ibaret olduğu görülmüştür. Ana GPS Ağı nokta hızlarının hesaplanmasında TUTGA nokta hızlarından çeşitli enterpolasyon yöntemleri yardımıyla hesaplamalar yapılmıştır. Bu hesaplamalarda T epogundaki ölçü koordinatları daha sonraki yapılacak olan çalışmalar için bir referans epoguna indirgenmiştir. Bu işlem genel olarak ayrı ayrı depremden etkilenen ve depremden etkilenmeyen her bölge için yapılmıştır.. Depremden etkilenen bir bölge için referans epogu T_d olurken; depremden etkilenmeyen bir bölge içinse referans epogu T_0 olarak karşımıza çıkmaktadır (HKMO 2018).

Ana GPS Ağı ve TUTGA noktaları dışındaki C1, C2, C3 derece nokta hızlarının belirlenmesi işlemlerinde de etraftaki nokta hızlarından yararlanılarak yapılan hesaplamalar mevcuttur. C1,C2 ve C3 derece nokta hız hesaplamalarında daha önceden hızları bilinen noktalardan iki farklı yöntemle hız hesaplaması yapılmıştır. Bu yöntemlerden hızları bilinen noktalardan yararlanılarak sıklaştırma alanı oluşturulmaktadır. Hızları bilinen noktalar kullanılarak üçgenler hesaplanmıştır. Her bir üçgenin ise içine C1, C2 ve C3 derece noktaları denk getirilerek işleme devam edilmiştir. Her üçgen içindeki C1, C2 ve C3 derece nokta hızları bu içinde kaldığı üçgenin köşe değerlerinden yararlanılarak hesaplanılmaktadır. Bir diğer yöntemde ise en küçük kareler

yöntemi kullanılmıştır. İki değişkenli bir polinom yardımıyla diğer yöntemde olduğu gibi bir hız alanı oluşturulur. Her hesaplanacak nokta hızı için en küçük kareler yöntemine göre hız verisi elde edilmektedir (İnt.Kyn.1).

Nokta hız doğruluğu hesaplamak içinse herhangi bir ölçü yapılmamıştır. Bu durum ise özellikle farklı plakaların etkileşimlerinin bulunduğu, tektonik hareketlerin büyük etkisi altında olan ülkemizde önemli sonuçlara neden olmaktadır. Özellikle farklı fay sistemlerinin etkisi altında olan bölgelerde noktalardan hız kestirimlerinde noktasal hızlarda büyük yanlışlıklara sebep olabilmektedir.

3. KÜRESEL KONUM BELİRLEME SİSTEMLERİ

Küresel konum belirleme sistemleri ile farklı hava koşullarının etkisi altında, uydular ve uydulardan alınan sinyallerin kullanılmasıyla ITRF koordinat sisteminde anlık

olarak koordinat, zaman ve hız bilgileri elde edilebilir (Yıldız ve Kahveci 2009). Günümüzde kullanılan başlıca küresel konum belirleme sistemleri ise Amerika Birleşik Devletleri tarafından GPS, Çin tarafından BEIDOU/COMPASS, Rusya tarafından GLONASS, Hindistan tarafından IRNSS/GAGAN, Japonya tarafından QZSS, Avrupa Birliği tarafından ise GALLILEO olarak ifade edilebilir (İnt.Kyn.2).

3.1 Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System – GPS)

Amerika Birleşik Devletleri tarafından oluşturulmuş modern bir navigasyon sistemidir. Yerküre üzerinde gözlem yapılmak istenen noktalarda olumsuz hava şartları da dahil olmak üzere 24 saat süresince veri toplanabilmektedir. Gözlem yapılmak istenen noktalarda konum, hız ve zaman bilgileri GPS ile ölçülerek elde edilebilir. 1994 yılında toplam 24 uydu ile görevine başlayan GPS, daha sonra 27 uydu, günümüzde ise toplamda 31 adet uydu ile görevine devam etmektedir. Her geçen gün GPS sistemindeki eski olan ve görevini tamamlamış durumda bulunan uydular daha yeni uydularla değiştirilerek GPS sistemini iyileştirme ve geliştirme çalışmalarına devam etmektedir (İnt.Kyn.3).

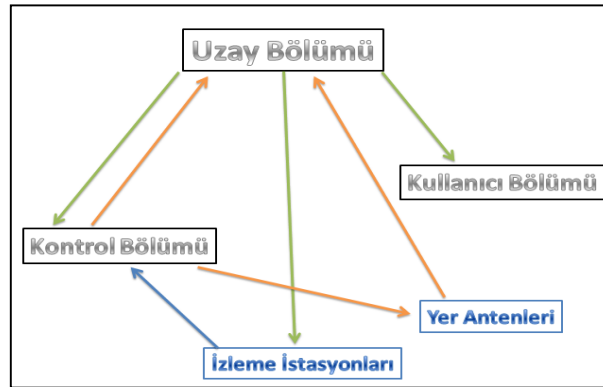
GPS genel anlamda uzay tabanlı bir sistemdir. Temel çalışma prensibi olarak ise jeodezideki geriden kestirme yönteminden yararlanarak konum belirleme yapmaktadır. Konum belirleme işleminde uzay geriden kestirme yöntemi kullanılır. Hesaplanmak istenilen noktanın koordinatları ise yer merkezli olan kartezyen koordinatlar olarak hesaplanmaktadır. GPS 4 boyuttan oluşan bir sistemdir.

GPS'in günümüzde klasik anlamda yapılan ölçümlere göre bir çok avantajlı yanları mevcuttur. Ölçüm yapılacak olan noktalar ile aradaki görüş zorunluluğu GPS ölçümleriyle birlikte ortadan kaldırılmıştır. GPS ölçümleri her türlü hava koşulunda, gece ve gündüz olmak üzere, 24 saat boyunca yapılabilinmektedir. Bu durum diğer klasik ölçme yöntemlerine nazaran büyük bir avantajdır. Günümüzde GPS ölçümleri ile hesaplanan noktaların konum doğrulukları ise oldukça iyidir. Özellikle X ve Y koordinatlarının hesaplanmasında çok hassas çalışmalarda oldukça iyi sonuçlar alınabilmektedir. Fakat GPS ile ölçüm yapılırken kullanılan sinyallerin oldukça güçlü olmamasından kaynaklı negatif durumlar da ortaya çıkabilmektedir. Özellikle kapalı mekanlarda, çok fazla yansıtıcı yüzey bulunan ortamlarda, sık ağaçlık alanlarda, ağır

yağış bulunan ortamlarda, antenlerin çok olduğu yerlerde, antenlerden yayın yapılan mekanlarda, sık ve yüksek binaların olduğu yerleşim yerlerinde, şehir merkezlerinde, tünellerde ve su altı gibi yerlerde GPS ile ölçüm yapmak oldukça zordur. Yeteri kadar istenilen hassasiyete ulaşılamayabilir. Ayrıca bazı durumlarda ise hiç ölçüm yapılamamaktadır. Bu gibi yerlerde GPS ile ölçüm yapmak tavsiye edilmemektedir. Ayrıca GPS ile elde edilen koordinatlar WGS-84 datumunda olup kullanılacak uygulamalar için yerel datuma dönüşüm işlemi yapılması gerekmektedir. Aynı şekilde GPS ile elde edilen yükseklik bilgisi Ortometrik Yükseklik olmayıp Elipsoidal Yükseklik'tir. Kullanılacak olan çalışmalarda dönüşümlere dikkat edilmesi gerekmektedir.

3.1.1 GPS'in Bölümleri

Genel anlamda GPS uzay, kontrol ve kullanıcı bölümü olmak üzere 3 ana öğeden oluşmaktadır.



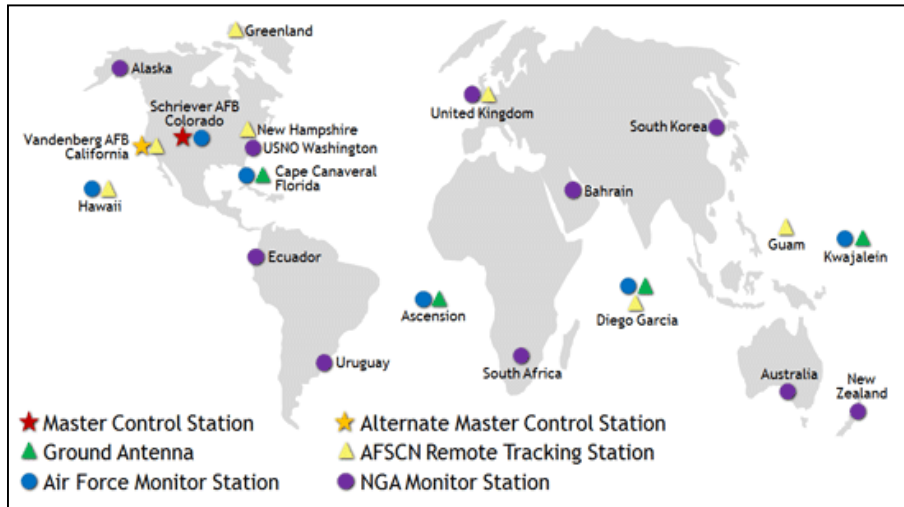
Şekil 3.1 GPS bölümleri ve sinyaller.

GPS uzay segmenti, kullanıcılarına radyo sinyallerini ileten uydular kümesinden oluşmaktadır. Bu uydular dünyadan yaklaşık olarak 20200 km (12550 mil) yüksekliktedir. Her uydu günde 2 defa Dünya'yı çevrelemektedir. GPS sistemi yörünge düzleminde bulunan uydular, Dünya'yı çevreleyen altı eşit aralıklı yörünge düzleminde olacak şekilde düzenlenmiştir. Her yörünge düzleminde ise 4 uydu şeklinde tasarlama yapılmıştır. Toplamda 24 uydu ile çalışacak şekilde yapılan düzenleme, kullanıcıların gezegendeki hemen hemen her noktadan en az dört uyduyu görüntüleyebilmelerini

sağlamaktadır. Normalde sistemin çalışması için 24 uydu yeterli olmakla birlikte, herhangi bir olumsuz koşulda kapsama alanını korumak amaçlı GPS sisteminde ek uydular bulunmaktadır. Bu ek uydular GPS performansını artırabilir fakat 24 ana uydunun bir parçası olarak sayılmamaktadırlar (İnt.Kyn.4).

Haziran 2011 yılında ise 24 uydu olarak çalışan sistemi genişletme yapılandırması başarılı bir şekilde sonuçlandırılmıştır. 6 farklı yörüngede bulunan toplam 24 uydunun bulunduğu sistemde 3 uydunun konum genişletilmesi yapılarak sisteme 3 uydu daha eklenmiştir. 6 uydunun konumlandırılması yeniden yapılmıştır. 18 Ekim 2018 tarihi itibarıyla de, GPS sisteminde, hizmet dışı, ya da yörünge yedekleri de dahil olmak üzere toplam 31 adet uydu bulunmaktadır (İnt.Kyn.4).

GPS Kontrol segmenti (OCS - Operational Control Segment), GPS uydularını takip eden, çalışmalarını izleyen, çeşitli analizleri gerçekleştiren ve yörüngedeki uydulara komut ve veriler gönderen dünya üzerindeki hizmetler ağından oluşmaktadır (İnt.Kyn.4).



Şekil 3.2 GPS kontrol segmenti (İnt.Kyn.5).

Yörüngede bulunan bütün GPS uyduları yerküre üzerinde dağıtılmış ve hassas saatleri olan konumları oldukça iyi bilinen sabit izleme istasyonları tarafından izlenmektedir. Bu görevi üstlenen GPS Kontrol Segmenti ise 3 ana elementten oluşmaktadır. Bunlar izleme istasyonları, ana kontrol istasyonu ve yer antenleridir.

Kontrol bölümünde sabit izleme istasyonlarının görevleri ise uyduları izleyerek onların

hatasız bir şekilde çalışmalarını sağlamak, navigasyon sinyallerini toplamak, gözlemlenen verileri ana kontrol istasyonuna bildirmek, elde edilen verilerden yola çıkarak uyduların yörüngelerini belirlemek ve saat düzeltmelerini hesaplayarak bildirmektir. Amerika'da bulunan ana istasyonun en temel görevi bütün bir sistemin hatasız bir şekilde çalışmasını sağlamaktır. Efemeris bilgilerinden ve saat düzeltmelerinin hesaplanmasından sorumludur. Ana kontrol istasyonu uyduların kesin yerlerini belirlerken izleme istasyonlarından gelen verileri kullanmaktadır. Uydulara yükleme yapılabilmesi için navigasyon mesajını oluşturmaktan sorumludur. Yer antenleri ise veri komutlarını gönderme, navigasyon veri yüklemelerini yapma, işlemci programlarını uydulara gönderme, telemetriyi toplama ve S-Band ile iletişim kurmaktan sorumlu olarak çalışmaktadır (İnt.Kyn.6).

Kontrol segmentini yenileştirme çalışmaları günümüzde halen devam etmektedir.GPS yenileştirme çalışmaları Amerika Hava Kuvvetleri tarafından yıllardır süregelen bir çalışmadır. Yeni GPS uydularının kontrol edilmesi, siber güvenliğin artırılması için kontrol segmentinde çeşitli güncellemeler gerekmektedir. Günümüzde devam eden, yeni nesil operasyonel kontrol sistemi, GPS III acil durum işlemleri ile M kodu erken kullanım gibi güncelleştirme çalışmaları mevcuttur. GPS yenileştirme çalışmalarının temel amacı sistemin özelliklerini daha iyi bir duruma getirmek, performansını artırmaktır. Geliştirilen yeni özellikler arasında sivil ve askeri GPS sinyalleri yer almaktadır (İnt.Kyn.6).

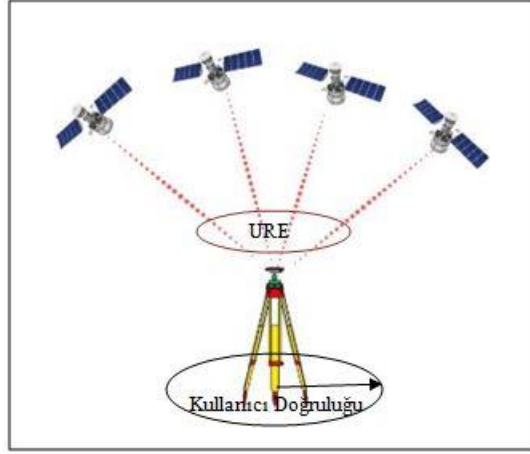
Kullanıcı bölümü ise uydulardan gönderilen sinyalleri alan GPS ve GPS parçalarından, GPS sistemi içerisinde yer alan donanım ve çeşitli hesaplama yöntemlerinden oluşmaktadır. Farklı amaçlar doğrultusunda herhangi bir konum belirleme işlemi yapacak olan kişi, GPS kullanıcı bölümünün bir parçasıdır. Bu bölüm günümüz teknolojisindeki yeni gelişmelere paralel olarak oldukça ilerlemiştir. Farklı amaçlar doğrultusundaki çalışmalara bağlı olarak farklı duyarlılıklara sahip uygun GPS alıcıları mevcuttur. Bilimsel amaç için kullanılan alıcılar çok hassas uygulamalarda kullanılmaktadırlar. Pratik amaç için kullanılan alıcılar ise kaba olarak 3 boyutu belirleme işlevi görmektedirler. Ayrıca tek ve çift frekans ve kanallı olmak üzere alıcılar mevcuttur.

3.1.2 GPS Doğruluk İlişkisi

GPS doğruluğu farklı koşullar altında değişkenlik gösterebilir. Uzay bölümünü oluşturan GPS uyduları sinyallerini belirli bir doğrulukta yayımlamaktadırlar. Fakat yayımlanan sinyalin kullanıcı bölümüne ulaşana kadar izlediği yoldaki atmosferik şartlar, uydu geometrisi, sinyal kesiklikleri, alıcının tasarım özellikleri ile kalitesi gibi birçok farklı durum GPS doğruluğunu etkilemektedir. İleri teknolojiyle birlikte çift frekanslı alıcıların kullanılması ve çeşitli güçlendirme sistemleriyle birlikte GPS doğruluğu oldukça artırılmıştır. Bu çalışmalar gerçek zamanlı konumlandırmayı birkaç santimetre düzeyinde sağlamaktadır. Milimetre düzeyinde ise uzun vadeli yapılan ölçümler ile mümkün kılınmıştır.

GPS konumlandırma doğruluğunu etkileyen birçok şey olabilir. Doğruluğu etkileyen yaygın nedenler arasında, yüksek katlı binalar, çeşitli yapılar, ağaçlık alanlar vb. nedenlerle uydu sinyallerinin kesintiye uğraması, kapalı alanlarda veya yeraltında GPS kullanımı ve çeşitli yansıtıcı yüzeylere yakın yapılan ölçümlerle birlikte sinyallerin birden fazla yol izleyerek alıcıya ulaşması olarak sıralanabilir. Daha az yaygın nedenler arasında ise çeşitli güneş fırtınaları, uydu bakımlarının yapılması, uydu dağılımları gibi nedenler sıralanabilir.

GPS doğruluk taahhütleri ise GPS alıcıları için değil, uydulardan yayımlanan sinyaller için geçerlidir. Yeryüzündeki konum için GPS alıcısı birden fazla uydu kullanarak konum belirleme işlemi görmektedir. İşte bu işlem adımında URE (User Range Error) değişen doğruluğun bir ölçüsü olarak karşımıza çıkmaktadır. Kullanıcı doğruluğu ise GPS alıcısı kullanılarak hesaplaması yapılan konumun yarıçap olarak gerçeklerden ne kadar farklı olabileceğini ifade etmektedir (İnt.Kyn.7).



Şekil 3.3 URE ve kullanıcı doğruluğu.

3.2 GNSS Verilerinin Değerlendirilmesi

GNSS verilerinin değerlendirme işleminde ticari olarak kullanılan yazılımlar ile bilimsel olarak kullanılan yazılımlar mevcuttur. Ticari olarak kullanılan yazılımlar GNSS alıcı üreticileri tarafından, bilimsel yazılımlar ise üniversiteler ve çeşitli bilimsel kuruluşlar tarafından yazılan programlardan oluşmaktadır. Ticari olarak kullanılan programlar üretici firmanın tasarlamış olduğu tamamen kullanıcı ihtiyaçlarına yönelik hazırlanmış kısıtlı programlardır. Ticari olarak hazırlanmış programlar kullanıcıya kullanım sırasında oldukça kolaylık sağlamaktadır. Fakat çalışma prensipleri tam olarak bilinmemektedir. Bilimsel olarak hazırlanmış yazılımlar ise üniversitelerde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Günümüz çalışmalarında GNSS verilerinin değerlendirilmesinde kullanılan bilimsel yazılımlara örnek olarak BERNESE, GAMIT/GLOBK ve GIPSY verilebilir.

Çalışmada GAMIT/GLOBK yazılımı kullanılmıştır. GAMIT/GLOBK ise MIT (Massachusetts Institute of Technology) tarafından geliştirilen açık kodlu bir yazılım paketidir. Genel anlamda GAMIT geniş kapsamlı bir GNSS veri analizi yazılımıdır. GLOBK, CfA tarafından geliştirilmiş olup MIT tarafından bu yazılım paketine dahil edilmiştir. GLOBK ise GNSS ölçülerinden yapılan çözümleri kullanarak bir filtreleme yazılımıdır. Yazılımların herhangi bir çalışma arayüzü bulunmamaktadır. Bu nedenle komutlar kullanılarak çalıştırılmaktadır. Yazılımlar bundan dolayı herhangi bir UNIX işletim sisteminde çalışabilir halde tasarlanmıştır (İnt.Kyn.8).

GAMIT ham GNSS ölçüm verilerini kullanarak çalışmaktadır. Fakat yapılan ölçümler farklı marka GNSS alıcıları ile yapılmaktadır. Bu verilerin GAMIT yazılımında kullanılabilir olması için alıcıdan bağımsız bir veri formatına dönüştürmek gerekir. Bu veri formatı olarak ise Rinex (Receiver Independent Exchange Format) kullanılır.

Rinex veri formatı ilk önerisi Astronomical Institute of the University of Berne tarafından sunulmuş ve geliştirilmiştir. Farklı markalar tarafından yapılan GNSS ölçüm verilerinin Rinex veri formatına dönüşümü için kullanılan bir çok farklı program mevcuttur. Bu programlar yardımıyla farklı markalarla yapılan ölçümlerin veri formatı kolaylıkla Rinex veri formatına dönüştürülerek GAMIT yazılımında kullanılabilir hale getirilebilir. Rinex veri formatı 3 adet ASCII (American Standard Code for Information Interchange) dosya tipinden oluşmaktadır (İnt.Kyn.9).

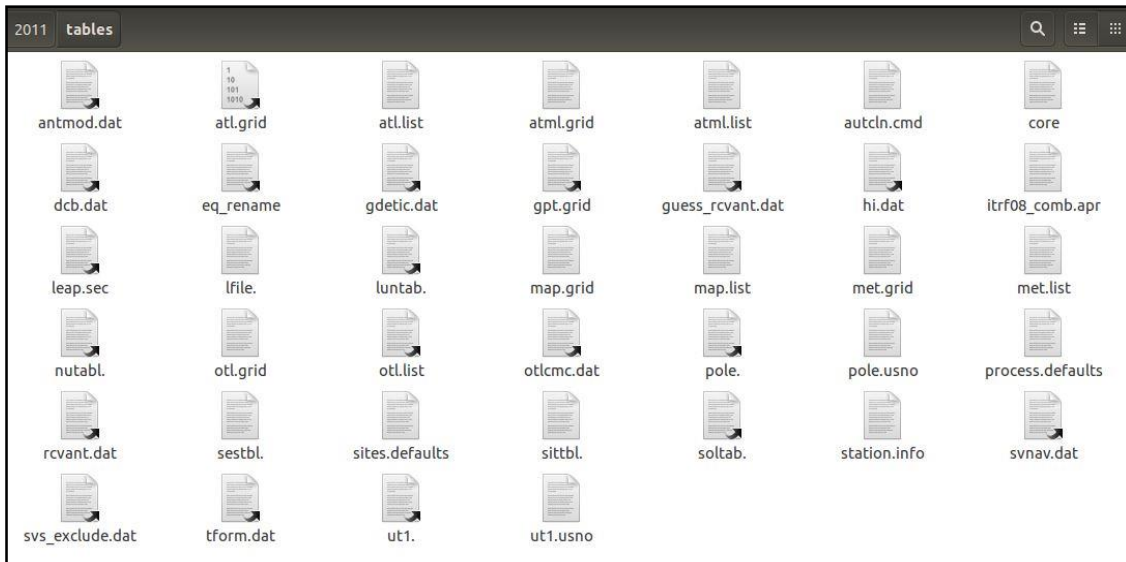
- Gözlem veri dosyası
- Navigasyon mesaj dosyası
- Meteorolojik veri dosyası

Rinex veri formatı dosya isim yapısında ise gözlemin yapıldığı zamana ait çeşitli bilgiler bulunmaktadır. GNSS ölçümünün yapıldığı son iki rakamdan sonra gelen karakter 2 farklı değişkenlik gösterebilir. o veya d ile Rinex veri dosya ismi bitebilir. Burada o karakteri observation, d karakteri ise hatanaka dosya yapısını temsil etmektedir. Rinex dosya uzantılarında observation ve hatanaka veri formatı arasında içerik olarak herhangi bir farklılık yoktur. Hatanaka dosyasının boyutu observation dosya boyutuna göre daha küçüktür. Bu özellikte internet ortamından veri indirirken daha hızlı veri akışı sağlamaktadır. Bir d ve o dosya yapısı içinde ölçüme ait dosyanın ismi, alıcının tipi, zaman aralığı, yükseklik bilgileri gibi bilgiler bulunmaktadır.

2.1 OBSERVATION DATA M (MIXED) 03-Apr-13 23:58:43 RINEX VERSION / TYPE										8.0 COMPACT RINEX FORMAT 04-Apr-13 00:04 CRINEX VERS / DATE									
PSNet 2.73 3713 03-Apr-13 23:58:43 PGM / RUN BY / DATE										RNX2CRX ver.d.2.3beta 04-Apr-13 00:04 CRINEX PROG / DATE									
INP MARKER NAME										OBSERVATION DATA M (MIXED) 02-Apr-13 23:57:33 PGM / RUN BY / DATE									
INP MARKER NUMBER										HAKK MARKER NAME									
INP HAKK OBSERVER / AGENCY										HAKK MARKER NUMBER									
nknown 0 TRIMBLE NETRS Nav 4.48 / Boot 4 REC # / TYPE / VERS										4737K07022 0 TRIMBLE NETRS Nav 4.48 / Boot 4 REC # / TYPE / VERS									
0.0870 0.0000 0.0000 ANT # / TYPE										0.0870 0.0000 0.0000 ANT # / TYPE									
3879379.6129 2731933.9775 4248135.4315 APPROX POSITION XYZ										3657828.7684 3500279.3641 3869176.5856 APPROX POSITION XYZ									
9 C1 P1 P2 L1 L2 S1 S2 D1 D2# / TYPES OF OBSERV										1 0 0 0.0000 ANTENNA: DELTA H/E/N									
30.000 4 4 0 0 0.0000000 GPS TIME OF FIRST OBS										9 C1 P1 P2 L1 L2 S1 S2 D1 D2# / TYPES OF OBSERV									
2013 4 4 0 0 0.0000000 16G21R10C18R04R20G16G29G03G06R19R11R05 INTERVAL										30.000 2013 4 3 0 0 0.0000000 GPS TIME OF FIRST OBS									
13 4 4 0 0 0.0000000 16G21R10C18R04R20G16G29G03G06R19R11R05 END OF HEADER										813 4 3 0 0 0.0000000 17R17R05G25G22R19G18R03R04R09G21G16G15G29R18R10G26G06 END OF HEADER									
20884022.125 39.000 -116.258 109746315.41706 85516620.73047										3823946223945 3823946221941 3823946227887 38128411000041 3899665481770 3831000 38220									
22805508.547 22805507.598 22805575.002 121566570.84206 94551744.12847										3823567642206 3823567641316 3823567649113 38125982565856 3897986444792 3842000 38308									
21502430.273 21502434.234 112996057.56807 88048894.00847										3824940664039 3824940671551 38131064046812 3810227896732 3840000 3821000 38-375924									
20526440.180 20526443.879 109918295.10707 85491932.67348										3823454515359 3823454517309 38123254246187 3896042366117 3845000 3828000 383375809									
20054300.320 20054300.313 107239114.97706 83408420.77348										3820620935773 3820620933770 3820620938473 38110307889883 388579527568 3851000 38476									
21999870.016 21999873.527 115610181.05407 90085827.05747										3821317816617 3821317820090 38112025922996 3887292900185 3850000 3839000 382044234									
21960231.625 21960236.973 115401696.71807 89923523.08247										3820356137281 3820356136684 3820356141637 38108968113203 38484752912962 3848000 38460									
24275105.172 24275110.391 127566584.98104 99402520.02246										3819872312922 3819872312797 3819872317777 38106415585378 3882767550753 3852000 38496									
37013731.045 37013736.950 110806850.07006 02410405.00046										3823243938445 3823243937613 3823243942227 3812421432753 3896538821406 3838000 38308									

Şekil 3.4 Observation ve Hatanaka dosya örnekleri.

GAMIT/GLOBK yazılımı ile GNSS verilerinin değerlendirilmesinde ilk olarak işlem yapılacak disk içine 4 harften oluşan bir isimde klasör oluşturulur. Bu oluşturulan klasörün içine ise GNSS ölçülerinin yapıldığı yıllara ait klasörler oluşturulmaktadır. Her yıl için ayrı bir klasör olacak şekilde işlem yapılır. Oluşturulan her yıl klasörünün içine ise Rinex klasörü oluşturulur. Rinex klasörü içine ise değerlendirme için hazır hale getirilen veri gruplarının yıllarına göre olan rinex verileri eklenir. Daha sonra değerlendirme sürecine geçebilmek amaçlı, Tables klasörü GAMIT/GLOBK yazılımı kullanılarak oluşturulur ve değerlendirme işlemine geçilir.



Şekil 3.5 Tables klasörü.

Tables klasörü içindeki dosyalar ise; "autcln.cmd" temizleme parametrelerini içeren

dosyadır. "eq_rename" değişen istasyon isimlerini bulunduran dosyadır. "gdedit.dat" dosyası jeodezik datum parametlerini içermektedir. "itrf08_comb.apr" GAMIT/GLOBK'deki çözümler için istasyon koordinatlarını tanımlayan ve kullanılan referans sistemi bilgilerini bulunduran dosyadır. "leap.sec" 1 Ocak 1982 tarihinden beri TAI-UTC saniye sıklaştırmalarını içermektedir. Güncellenmesi gereken dosyalardan biridir. "lfile" istasyon koordinat dosyasıdır. Belirli bir çalışma sırasındaki kullanılan istasyonlara ait en iyi koordinat listesini çıkarır. "luntab." hesaplanmış ay efemeris bilgilerini içermektedir. Bu dosya da güncellenmesi gereken dosyalardan biridir. "soltab." hesaplanmış güneş efemeris bilgilerini içermektedir ve güncellenmesi gereken dosyalardan biridir. "nutabl." dünya sabit sisteme dönüşüm yapmak için nutasyon parametrelerini içeren dosyadır. Güncellenmesi gerekir. "pole." kutup hareket değer tablolarını içeren dosyadır ve güncelleme yapılması gereken dosyalardan biridir. "sestbl." analizin tipi, ön ölçüm hataları gibi verilerin giriş bilgilerini içermektedir. Temel işlemler dışında yazılımın öngördüğü parametreleri değiştirmek için kullanılmaktadır. "sittbl." istasyonların koordinat doğruluğuna ilişkin doğruluk parametrelerini içermektedir. "snv.dat" dosyası her bir GNSS uydusu için görevinin ne olduğunu ve hangi uyduların aktif olduğunu içeren dosyadır. "ut1" dosyası ise senkronizasyon parametrelerini içermektedir. "process.defaults" işlem kontrollerini içeren dosyadır. "sites.defaults" dosyası ise istasyonların yapılacak olan çalışma için kontrollerini içermektedir. "station.info" her oturum için alıcı, anten ve zaman gibi bilgileri içeren dosyadır. "session.info" dosyası ise işlem yapılacak uydu ve zaman bilgilerini içermektedir (Herring *et al.* 2009).

4. REGRESYON ANALİZİ

Regresyon analizi, bir veya daha fazla değişkenin sayısal verileri kullanılarak aralarındaki ilişkinin istatistiksel olarak değerlendirilip, matematiksel modelinin oluşturulmasında kullanılan bir yöntemdir. Genel olarak polinom şeklindeki bir regresyon modeli;

$$y(i) = a + b_1x(i) + b_2x^2(i) + \dots + b_{nb}x^{nb}(i) + e(i) \quad (4.1)$$

olarak tanımlanmaktadır. Burada, n ($i=1,2,3,\dots,n$) ölçü sayısı, nb model derecesi, $y(i)$; bağımlı değişken vektörü, $x(i)$; bağımsız değişken vektörü, a , b_1 , b_2 ve b_{nb} bilinmeyen parametre vektörü, $e(i)$; hata değişkeni vektörü olup, ortalaması sıfır ($E(e)=0$) ve varyansı ($var(e)=\sigma^2$) sabittir.

Regresyon analizinde bağımsız değişkenlerin modele ne şekilde gireceği ya da değişkenler arasındaki ilişkiyi ifade edecek olan modelin hangi model olacağı konusunda başlangıçta bir fikir elde etmek için, gözlem noktalarının koordinat eksenindeki dağılımını gösteren grafikleri incelenmektedir. Belirlenen model kullanılarak yapılan tahminlerin beklenen değerleri yansıtması, kullanılan veri grubu hangi modele uyuyorsa, modelin o şekilde seçilmesine bağlı olacaktır. Ancak seçilen modelin sonraki aşamalarda ek testlerden geçmesi gerekmektedir.

4.1 Regresyon Analizi Parametrelerinin Kestirimi ve Test Edilmesi

En Küçük Kareler Yöntemi uygulanarak belirlenen regresyonun istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını test etmek amacıyla modeldeki parametrelerin ayrı ayrı test edilmesi gerekmektedir. (4.1) eşitliğinden yararlanılarak;

$$x^t = [a, b_1, b_2, \dots, b_{nb}] \text{ ve} \quad (4.2)$$

$$A = [1 \ x(i) \ x(i)^2 \ \dots \ x(i)_{nb}]$$

olmak üzere En Küçük Kareler Tekniğine göre

$$x^t = (A^T A)^{-1} \cdot (A^T y(i)) \quad (4.3)$$

eşitliği ile x^T bilinmeyen parametreler, birim ağırlıklı ölçünün standart sapması, $f=n$ (ölçü sayısı)- u (bilinmeyen parametre sayısı) serbestlik derecesine göre,

$$m_o = \sqrt{\frac{e_{(i)}^T e_{(i)}}{f}} \quad (4.4)$$

(4.4) eşitliği ile ve ağırlık katsayılar matrisi $Q_{xx}=(A^T A)^{-1}$ olmak üzere bir parametrenin standart sapması ise

$$m_x = m_o \sqrt{Q_{xx}} \quad (4.5)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır.

Ancak, başlangıçta öngörülen polinomun derecesi olabildiğince küçük seçilmekte ve parametreleri istatistiksel olarak anlamsız çıkana kadar polinomun derecesi artırılmaktadır.

Eşitlik (4.5) ile hesaplanan parametrelerin anlamlı olup olmadıklarını test etmek için kurulan sıfır hipotezinde her bir parametre değerinin “0” olduğu ileri sürülmektedir. $H_0: a=b_1=b_2=b_{nb}=0$ ’dır.

(4.6) eşitliği ile belirlenen test büyüklüğü (parametre/parametrelerin standart sapması) serbestlik derecesi $f=n-u$ ve anlamlılık düzeyi %5 için t-dağılımının güven sınırı $t_{f,1-0.05/2}$ ile karşılaştırılmaktadır.

$$\hat{t} = \left| \frac{x}{m_x} \right| \quad (4.6)$$

Eğer $\hat{t} > t_{f,1-0.05/2}$ ise polinom parametrelerinin “0” beklenen değerinden sapmaları anlamlı olup, polinomun derecesi $\hat{t} < t_{f,1-0.05/2}$ (parametrelerin “0” beklenen değerinden sapmaları

anlamsızdır) olana kadar artırılmaktadır.

Ancak parametrelerin test edilmiş olması belirlenen modelin değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya koyan en iyi model olduğunu veya verileri gerçekten temsil eden bir model olduğunu göstermemektedirler. Çünkü; model, en iyi model olmasa bile regresyon ve parametreler önemli olabilmektedirler.

4.2 Belirlilik Katsayısı

Belirlilik katsayısı, kullanılan $x(i)$ değişkenlerinin $y(i)$ 'deki toplam değişimi açıklayabilme oranını vermekte ve $0 < R^2 < 1$ aralığındadır (Newton vd. 1996). Bu katsayı;

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n e(i)^2}{\sum_{i=1}^n (y(i) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y(i))^2} \quad (4.7)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır. R^2 'nin büyük çıkması her zaman modelin iyi olduğu sonucunu göstermemektedir. Çünkü, modele konu ile ilgili veya ilgisiz bir değişkenin eklenmesi R^2 'nin değerini artırmaktadır. Dolayısıyla R^2 'si büyük olan modeller her zaman tahmin yapmada en iyi model olmamaktadır (Montgomery, 1990). Ancak modele giren değişkenler yönünden herhangi bir problem yoksa, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkendeki toplam değişimi açıklayabilme ölçütü olarak kullanılmaktadır. R^2 'nin karekökü y ile x değişkenleri arasındaki çoklu korelasyon katsayısını vermektedir.

4.3 Çoklu Regresyon Analizi

Çoklu regresyon modelinde bağımlı değişkeni açıklayan birden fazla bağımsız değişken modelde yer almaktadır. Çoklu regresyon modelleri En Küçük Kareler Yöntemi kullanılarak çözümlenebilmektedir. Kurulan çoklu regresyon modeli genel olarak aşağıdaki gibi oluşturulmaktadır.

$$y(i) = a + b_1x_1(i) + b_2x_2(i) + \dots + b_kx_k(i) + e(i) \quad (4.8)$$

Burada k ; modeldeki bağımsız değişken sayısı, $y(i)$; bağımlı değişken vektörü, x_k ; bağımsız değişken vektörleri, a , b_1 , b_2 ve b_k bilinmeyen parametre vektörü, $e(i)$; hata değişkeni vektörü olup, ortalaması sıfır ve varyansı sabittir.

Kurulan çoklu regresyon modeli de yukarıda ifade edilen polinom şeklindeki regresyonda olduğu gibi tahmini denklem kurularak hesaplanmakta ve test edilmektedir. Ancak (4.7) eşitliğindeki R^2 kullanımı çoklu regresyon modellerde uygun olmamaktadır. Çoklu modellerde, modele yeni bir değişken ilave edildiğinde R^2 değeri her zaman artmaktadır. Payın değeri artarken payda aynı kalmaktadır. Bu nedenle düzeltilmiş çoklu belirlilik katsayısı \bar{R}^2 kullanılıp, aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$\bar{R}^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{n-1}{n-k} \quad (4.9)$$

Yapılan anlamlılık sonucunda parametrelerin seçilen modelde değişken değerler arasında nasıl bir ilişki olduğunu ortaya koyan en uygun model olduğunu göstermemektedir. Veya değerlendirilen verileri gerçekten yansıtan bir model olduğunu göstermemektedir. Seçilen model en iyi model olmasa bile yapılan regresyon ve parametreler önemlidir.

5. UYGULAMA

Yapılan çalışmada 2011-2017 yılları arasında 8 farklı sabit istasyon noktası verileri seçilmiştir. Bu istasyon noktalarına ait 30 sn Rinex verileri kullanılarak GAMIT/GLOBK yazılımında uzun dönem zaman serileriyle birlikte, hızlar ve hız doğrulukları elde edilmiştir. Hız doğruluklarına etki eden parametreleri belirleyebilmek için farklı saat aralıklarında, farklı kampanya sayılarında ve farklı periyotlarda ölçü kombinasyonları hazırlanmıştır. Seçilen her yılın, her istasyon noktasında ortalama hız standart sapma değerleri elde edilmiştir. Her kombinasyondan elde edilen hız standart sapma değerleri incelenmiştir.

5.1 İstasyon Noktalarının Seçimi

Yapılacak olan çalışma için birbirine yakın 8 istasyon noktası seçilmiştir. İstasyonların seçiminde Harita Genel Komutanlığı tarafından yayımlanan TUSAGA ve TUSAGA-Aktif istasyonlarının son güncel hız ve hassas koordinat bilgilerinin bulunduğu çalışmadan yararlanılmıştır. Yapılan çalışmada istasyonların performanslarının değerlendirilmesi gösterilmiştir. Sorunlu olan istasyonlar belirtilmiştir. Bu çalışmada yüksek multipath değerlerine sahip istasyonlar, gün içerisinde en az sayıda uydu gören istasyonlar, lineer kombinasyon faz artık sonuçlarına göre karesel ortalama hatası yüksek olan istasyonlar, koordinatlarının çözümünde belirsizlik ortalamaları en yüksek olan istasyonlar, en yüksek ağırlıklandırılmış karesel ortalama hata değerine sahip olan istasyonlar, gerçekleşen depremler sonucunda zaman serilerinde atım olan istasyonlar ile yeri değiştirilen ve yeni bir isme sahip olan istasyonlar özetlenmiştir (Özdemir 2016). Çalışma için istasyon seçiminde, problemlili bulunan istasyonlar çıkartılmıştır.

Zaman serilerinde büyük dalgalanmalar (mevsimsel etkiler) bulunan istasyonlar seçilmemeye dikkat edilmiştir. Toplamda 8 sabit istasyon noktası seçilmiştir. Seçilen noktaların birbirine yakın olmasına dikkat edilmiştir. Bunun nedeni ise herhangi bir olumsuz koşulda noktaların aynı etkiler altında incelenmek istenmesidir. Seçilen noktaların uydu görüntüsü üzerindeki yerleri ve enlem ile boylam değerleri gösterilmiştir (Şekil 5.1, Çizelge 5.1).



Şekil 5.1 Sabit istasyon noktaları.

Çizelge 5.1 Çalışma için seçilen istasyon noktalarının enlem ve boylam değerleri.

Nokta Adı	Şehir	Ülke	Enlem (°,')	Boylam(°,')
BALK	Balıkesir	Türkiye	39 38 21	27 53 37
BILE	Bilecik	Türkiye	40 08 29	29 58 38
BURS	Bursa	Türkiye	40 12 51	29 00 54
ESKS	Eskişehir	Türkiye	39 44 44	30 27 49
HARC	Harmancık	Türkiye	39 40 39	29 09 09
HYMN	Ankara	Türkiye	39 26 05	32 29 44
KUTA	Kütahya	Türkiye	39 28 51	29 53 55
NAHA	Ankara	Türkiye	40 10 23	31 19 55

5.2 İstasyon Noktalarına Ait Verilerin Elde Edilmesi

Tüm seçilen sabit istasyonlara ait veriler Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü TUSAGA-Aktif internet sitesinden temin edilmiştir. 2011-2017 yılları arasında TUSAGA-Aktif 30 sn Rinex verileri indirilmiştir. Her yılın her gününe ait Rinex verilerinden sorunlu veriler, eksik veya kaydı olmayan günler temizlenerek kontrolleri yapılmıştır.

5.3 Elde Edilen GNSS Verilerinin Değerlendirilmesi

Çalışmada GAMIT/GLOBK bilimsel yazılımı veri değerlendirilmesi için kullanılmıştır. GAMIT/GLOBK yazılımında veri değerlendirilmesi yapmak için seçilen tüm sabit istasyonlara ait 2011-2017 yılları arasındaki veriler düzenlenmiştir. Bu düzenleme

işleminde hatanaka/observation dosya dönüşümü yapılmıştır. Ayrıca veri düzenlemesi yapılırken bütün indirilen veriler için büyük/küçük harf değişimi düzenlenmiştir. Değerlendirme işlemi için GAMIT/GLOBK yazılımında üretilen çeşitli dosyalarda istasyon noktalarına göre düzenleme işlemi yapılmıştır. Ayrıca oluşturulan lokal ağı, global bir ağ ile de ilişkilendirmek amaçlı mm hassasiyetindeki koordinatlardan yararlanabilmek için IGS istasyonları seçilerek değerlendirme işlemine dahil edilmiştir (Çizelge 5.2). Çalışma için oluşturulacak olan; farklı saat aralıkları, farklı kampanya sayısı ve farklı periyot aralıklarında oluşturulan veri kombinasyonlarıyla 24 saatlik verilerden elde edilen hız değerleri ve hız standart sapma değerleri karşılaştırılması yapılmıştır.

Çizelge 5. 2 Çalışmada kullanılan IGS istasyonları.

Nokta Adı	Ülke / Şehir	Nokta Adı	Ülke / Şehir
ADIS	Ethiopia/ Adis Ababa	BOR1	Polonya/Wielkoposka
LAUG	Lübnan/Lebanese	NOT1	İtalya/Sicilya
ANKR	Türkiye/Ankara	BUCU	Romanya/Bükreş
MATE	İtalya/Basılıcata	ONSA	İsveç/Onsala
BAKU	Azerbaycan/Bakü	CRAO	Ukrayna/Simeiz
NICO	Kıbrıs/Lefkoşa	POLV	Ukrayna/Poltava
DRAG	İsrail/Metzoki	POTS	Almanya/Brandenburg
GLSF	Ukrayna/Kiev	GRAS	Fransa/Maritimes
RAMO	İsrail/Ramon	GRAZ	Suriye/Graz
SOFI	Bulgaristan/Sofya	TEHN	İran/Tahran
ISTA	Türkiye/İstanbul	KOSG	Hollanda/Kootwijk
TELA	İsrail/Telaviv	VILL	İspanya/Madrid
ZECK	Rusya/Zalenchukskaya	NSSP	Ermenistan/Yerevan

5.3.1 GAMIT/GLOBK ile 24 Saatlik Verilerin Analizi

GAMIT/GLOBK yazılımı ile GNSS verilerinin değerlendirilmesinde ilk olarak 4 harften oluşan bir isimde klasör oluşturulmuştur. Oluşturulan klasör içine GNSS ölçülerinin yapıldığı yıllara ait olan yıl klasörleri oluşturulmuştur. Oluşturulan her yıl klasörünün içine ise Rinex klasörü oluşturulmuştur. Rinex klasörü içine ise TUSAGA-Aktif internet sitesi üzerinden çalışmada kullanılmak üzere seçilen tüm istasyonlara ait rinex verileri eklenmiştir. Daha sonra GAMIT/GLOBK yazılımında Tables klasörü oluşturularak verilerin değerlendirme işlemine geçilmiştir. Tables klasörü GAMIT/GLOBK yazılımının değerlendirme işlemi için gereksinim duyduğu temel parametreleri

içermektedir (Tiryakioğlu 2012, Herring *et al.* 2009). Oluşturulan Tables klasöründe yapılan çalışmaya göre sites.defaults ve station.info dosyaları çalışmaya uygun şekilde istasyon bilgilerine göre düzenlenmiştir (Şekil 5.2).

20468	ZWEN	Astronomical Obs	1995	67	0	0	0	195	45	graz_gps	seym	ftprnx	xstinfo	gl
20469	ZWEN	Astronomical Obs	1996	32	0	0	0	195	46	ramo_gps	seym	ftprnx	xstinfo	gl
20470	ZWEN	Astronomical Obs	1996	64	0	0	0	195	46	bucu_gps	seym	ftprnx	xstinfo	gl
20471	ZWEN	Astronomical Obs	1999	251	16	0	0	200	47	ankr_gps	seym	ftprnx	xstinfo	gl
20472	ZWEN	Astronomical Obs	2000	251	0	0	0	200	48	nico_gps	seym	ftprnx	xstinfo	gl
20473	ZWEN	Astronomical Obs	2000	265	0	0	0	200	48	zeck_gps	seym	ftprnx	xstinfo	gl
20474	ZWEN	Astronomical Obs	2004	266	0	0	0	995	49	glsv_gps	seym	ftprnx	xstinfo	gl
20475									50					
20476									51					
20477									52					
20478		#TUSAGA-Aktif istasyonlari							53					
20479									53					
20480									54					
20481	BALK	Balikesir	2008	100	0	0	0	995	54	balk_gps	seym	localrx	xstinfo	gl
20482	BILE	Bilecik	2008	100	0	0	0	995	55	bile_gps	seym	localrx	xstinfo	gl
20483	BURS	Bursa	2008	100	0	0	0	995	55	burs_gps	seym	localrx	xstinfo	gl
20484	ESKS	Eskisehir	2008	100	0	0	0	995	56	esks_gps	seym	localrx	xstinfo	gl
20485	HARC	Harmancik	2008	100	0	0	0	995	57	harc_gps	seym	localrx	xstinfo	gl
20486	HYMN	Haymana	2008	100	0	0	0	995	58	hymn_gps	seym	localrx	xstinfo	gl
20487	KUTA	Kutahya	2008	100	0	0	0	995	59	kuta_gps	seym	localrx	xstinfo	gl
20488	NAHA	Nallihan	2008	100	0	0	0	995	60	naha_gps	seym	localrx	xstinfo	gl
20489														

Şekil 5.2 Çalışmaya göre düzenlenmiş station.info ve sites.defaults dosyası.

Daha sonrasında GAMIT/GLOBK yazılımı kullanılarak değerlendirme için önceki işlem adımlarında oluşturulmuş olan yıl klasörlerinin içinde ayrı ayrı olacak şekilde verileri değerlendirme işlemine geçilmiştir (Şekil5.3). Değerlendirme işlemi sonrasında oluşturulan q dosyası içinde normlandırılmış karesel ortalama hata değer kontrolü yapılır. Oluşturulan q dosyasında bu değer 0.15-0.25 arasında olmalıdır (Herring *et al.* 2009, Poyraz 2009, Tiryakioğlu 2012, Dönmez 2018). Yapılan çalışmada q dosyaları normlandırılmış karesel ortalama hata değerleri kontrol edilmiş ve tüm değerlerin 0.15-0.25 aralığında olduğu görülmüştür.

Şekil 5.3 24 saatlik verilerin GAMIT/GLOBK yazılımı ile değerlendirilmesi.

```
-----  
**** Summary of biases-free solution ****  
-----  
Total parameters: 2356   live parameters: 1463  
Prefit nrms: 0.78323E+00   Postfit nrms: 0.17712E+00  
-- Uncertainties not scaled by nrms  
  
End of loose solution with LC   observable and ambiguities free  
-----  
Performing LC biases-fixed loose solution  
-----  
**** Summary of biases-fixed solution ****  
-----  
Total parameters: 2356   live parameters: 200  
Prefit nrms: 0.78110E+00   Postfit nrms: 0.18252E+00  
-- Uncertainties not scaled by nrms  
  
End of loose solution with LC   observable and ambiguities fixed  
-----  
Normal stop in SOLVE
```

Şekil 5.4 q dosyası normlandırılmış karesel ortalama hata örneği.

Bir sonraki işlem adımında ise her sabit istasyonun doğu, kuzey ve yükseklik bileşenlerine ait zaman serileri 2011-2017 yılları arasında üretilmiştir.

Zaman serileri, zamana bağlı olarak bir büyüklüğün, bir veya birden fazla değişkenin davranışlarını zamana göre sıralayarak oluşturulan grafiklerdir. Zaman serileri kullanılarak, belirli bir zaman içindeki ve belirli aralıklarla elde edilen verilerin istatistiki olarak değerlendirilmesi sağlanır. Değerlendirilmesi yapılan verilerle ilgili gelecek zamanlarda nasıl bir davranış gösterebileceğinin de incelemesi yapılabilir. Zaman serilerinde geleceğe yönelik tahminler yapılırken trende, mevsimsel etkilere, dönemsel bileşenlere ve düzensiz dalgalanmalara dikkat edilmesi gerekmektedir.

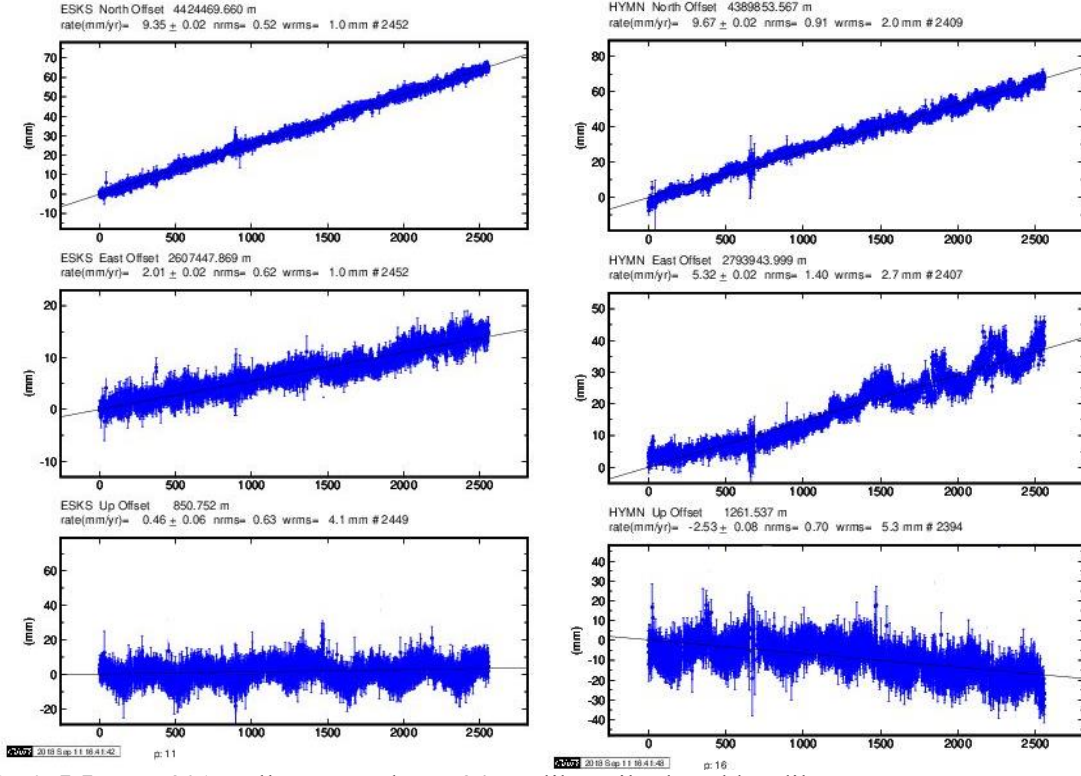
Zaman serilerinde mevsimsel bileşen kısa zaman aralıklarında veya mevsimlere göre inceleme yapıldığında görülebilecek değişimlerdir. Dönemsel bileşenler ise mevsimsel etkilerle ilgisi olmayan çok daha uzun zaman aralıklarında gözlemlenen değişimlerdir. Düzensiz dalgalanmalar ise oluş nedenleri bilinmeyen değişimlerdir. Düzensiz dalgalanmaların ayrıca incelenmesi gerekmektedir.

Zaman serileri elde edilen verilerin, zamana göre görülen değişimlerini istatistiki olarak matematiksel bir model ile tanımlamak mümkündür. Tanımlama için analiz esnasında zaman serilerindeki trend bileşenlerine, periyodik bileşenlere ve stokastik bileşenlere

dikkat edilmesi gerekmektedir. Trend bileşeni En Küçük Kareler Yöntemi'ne göre oluşturulan, zaman serisinin her hangi bir yönde göstermiş olduğu eğilimi ifade etmektedir. Koordinatlara göre oluşturulan zaman serilerinde periyodik ve lineer etkiler; yeryüzü kabuk hareketleri, yer altındaki suların hareketleri, gel-git gibi etkilerden kaynaklanabilir. Zaman serileri analizinde grafikler incelenerek kaba hataya sahip olan ölçüler tespit edilebilir. Tespiti yapılan bu ölçüler değerlendirilen veri grubundan atılabilir (Erdoğan 2006).

Çalışmada her sabit istasyon noktasının uzun dönemdeki davranışlarını gözlemleyebilmek, seçilen sabit istasyon noktaları arasında herhangi bir etkiye maruz kalan istasyon noktası olup olmadığını anlayabilmek için uzun dönem zaman serileri oluşturulmuştur.

Şekil 5.5'de her sabit istasyon noktası için 7 yıllık ve 24 saatlik veriler kullanılarak oluşturulan zaman serileri incelendiğinde 6 sabit istasyon noktasının oldukça stabil olduğu görülmüştür. HYMN ve BURS sabit istasyon noktalarının zaman serilerinde ise farklılıklar gözlemlenmiştir (Şekil 5.5). Bu sebeple çalışmanın diğer aşamalarında BURS ve HYMN sabit istasyonları kullanılmamıştır. Diğer sabit istasyon noktalarına ait uzun dönem zaman serileri Ekler Bölümü'nde verilmiştir.



Şekil 5.5 2011-2017 yılları arasında ve 24 saatlik verilerden elde edilen ESKS ve HYMN noktaları için zaman serileri.

5.3.2 Seçilen Gün ve Saat Aralıklarında Verilerin GAMIT/GLOBK Yazılımı ile Değerlendirilmesi

Yapılan çalışmada, nokta hız doğruluklarını etkileyen parametreleri belirleyebilmek amacıyla farklı kampanya sayısında, farklı ölçü sürelerinde ve farklı periyotlarda veri kombinasyonları oluşturulmuştur. Buradan yola çıkılarak seçilen her istasyon noktası için her yılın aynı gününde veri olacak şekilde ölçü günleri belirlenmiştir. 2011-2017 yılları arasında her yılın 47, 48 ve 49'uncu günleri değerlendirme için seçilmiştir. Ayrıca 6 aylık periyotlardaki değişimleri de gözlemleyebilmek amaçlı her yılın her istasyon noktası için 227, 228 ve 229'uncu günleri de değerlendirme için seçilmiştir.

Seçilen günlerde farklı ölçü sürelerinin nokta hız doğruluklarına etkilerini inceleyebilmek için istasyonların, günlere ait 2, 4, 6, 8 ve 12 saatlik rinex verileri hazırlanmıştır. 24 saatlik verilerden, seçilen günlere ait 2, 4, 6, 8 ve 12 saatlik verilerin elde edilmesinde Teqc yazılımı kullanılmıştır (Şekil 5.6).

Ad	Değerlendirme	Geçerli	Boyut
bile049a.17o	12.7.2018 14:43	170 Dosyası	2,478 KB
bile049m.17o	12.7.2018 14:43	170 Dosyası	2,489 KB
bile227a.17o	12.7.2018 08:56	170 Dosyası	4,885 KB
bile227m.17o	12.7.2018 08:56	170 Dosyası	4,988 KB
bile228a.17o	12.7.2018 14:43	170 Dosyası	2,478 KB
bile228m.17o	12.7.2018 14:43	170 Dosyası	2,489 KB
bile229a.17o	12.7.2018 14:43	170 Dosyası	2,478 KB
bile229m.17o	12.7.2018 14:43	170 Dosyası	2,489 KB
bile0470.17o	12.7.2018 08:56	170 Dosyası	4,885 KB
bile0490.17o	12.7.2018 08:56	170 Dosyası	4,885 KB
bile2270.17o	12.7.2018 08:56	170 Dosyası	4,885 KB
bile2280.17o	12.7.2018 08:56	170 Dosyası	4,885 KB
bile2290.17o	12.7.2018 08:56	170 Dosyası	4,885 KB
burs047a.17o	12.7.2018 14:43	170 Dosyası	2,478 KB
burs047m.17o	12.7.2018 14:43	170 Dosyası	2,489 KB
burs048a.17o	12.7.2018 14:43	170 Dosyası	2,478 KB
burs048m.17o	12.7.2018 14:43	170 Dosyası	2,489 KB
burs049a.17o	12.7.2018 14:43	170 Dosyası	2,478 KB
burs049m.17o	12.7.2018 14:43	170 Dosyası	2,489 KB
burs227a.17o	12.7.2018 08:56	170 Dosyası	4,885 KB
burs227m.17o	12.7.2018 08:56	170 Dosyası	4,988 KB
burs228a.17o	12.7.2018 14:43	170 Dosyası	2,478 KB
burs228m.17o	12.7.2018 14:43	170 Dosyası	2,489 KB
burs229a.17o	12.7.2018 14:43	170 Dosyası	2,478 KB
burs229m.17o	12.7.2018 14:43	170 Dosyası	2,489 KB

Şekil 5.6 Teqç yazılımı ile veri bölme işlemi.

Değerlendirmede tüm ölçülerin aynı zaman diliminde alınmasına dikkat edilmiştir. Tüm seçilen zaman aralıklarında saat 24.00'dan başlanarak alınmıştır. 2 saatlik zaman dilimi seçilirken saat 24.00-02.00, 12 saatlik bir zaman diliminde ise saat 24.00-12.00 gibi saat aralıkları seçilmiştir. Aynı zaman diliminde verilerin değerlendirilmesinin temel nedeni istasyonların bütün atmosferik koşullardan aynı derecede etkilenmesini sağlamaktır.

Rinex klasörleri elde edildikten sonra her yıla ait 2,4,6,8 ve 12 saat aralıklarında olan veriler GAMIT/GLOBK yazılımı ile değerlendirme işlem adımına geçilmiştir. Bu işlem adımında 2011-2017 yılları arasında 6 aylık periyotlar halinde, 14 kampanya olacak şekilde uzun dönem elde edilen hızlar ve hız doğrulukları değerlendirilmiştir.

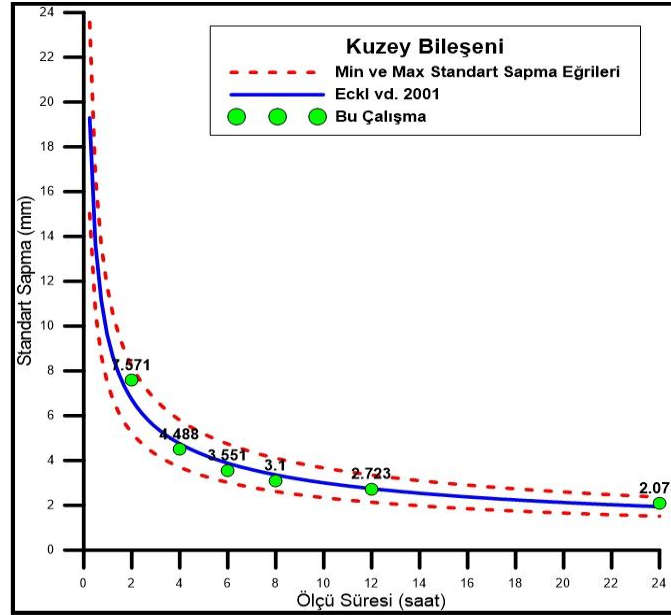
5.4 Ölçü Sürelerinin Koordinat Doğruluğuna Etkilerinin Araştırılması

GAMIT/GLOBK yazılımı ile seçilen tüm sabit istasyonlara ait 2011-2017 yılları arasında verilerin değerlendirilmesi sonucunda her bileşen için konum doğruluğunu ifade eden standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler tüm saat aralıklarında olmak üzere kuzey, doğu ve yükseklik bileşenleri için ayrı ayrı elde edilmiştir. Çalışmada kullanılmak üzere nokta konum doğruluğu değerleri için ortalama standart sapma hesaplaması yapılmıştır. Ortalama standart sapma hesaplaması her saat aralığında hesaplanan 2011-2017 yılları arasında tüm sabit istasyon noktalarının kuzey, doğu ve yükseklik bileşenleri için standart sapma ortalamaları alınmış değerleridir (Çizelge 5.3, Şekil 5.10).

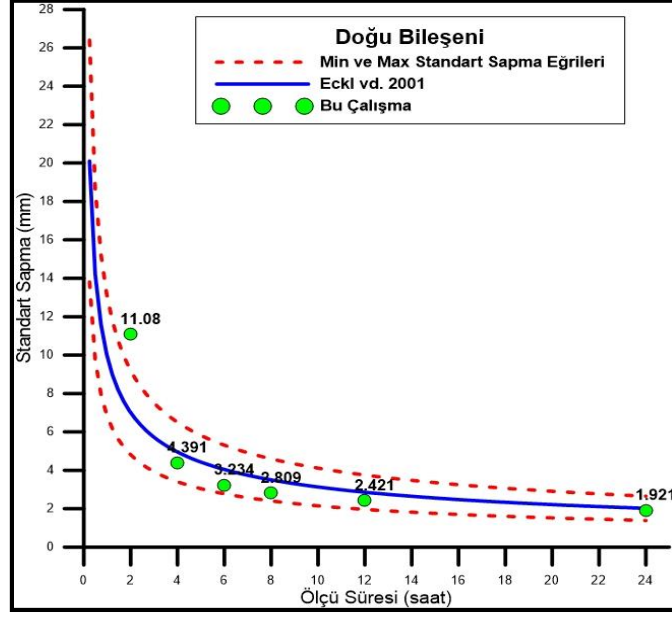
Çizelge 5.3 Her saat aralığı için ortalama konum standart sapma değerleri.

m_0 (mm)	2 Saat	4 saat	6 saat	8 Saat	12 Saat
N_0 (mm)	7.6	4.5	3.6	3.1	2.7
E_0 (mm)	11.1	4.4	3.2	2.8	2.4
U_0 (mm)	24.5	15.4	12.4	10.9	9.6

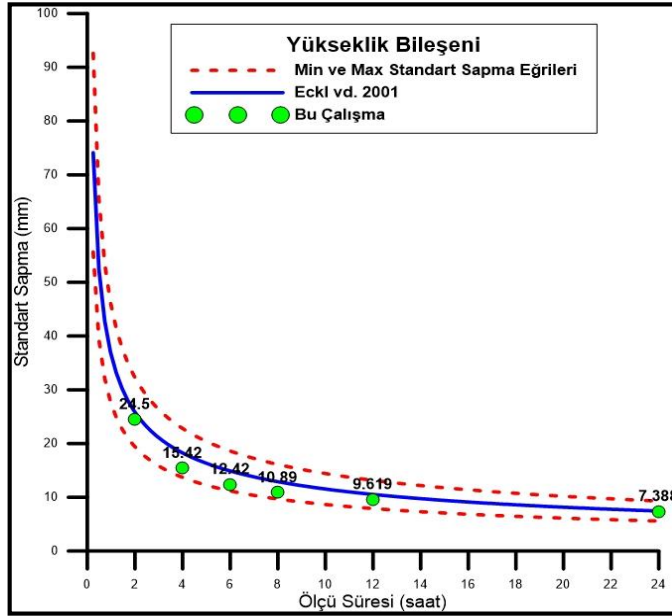
Eckl vd. (2001) tarafından yapılan çalışmada kullanılan Bölüm 2, Denklem 2.1, 2.2 ve 2.3'deki formüllerden hesaplanan nokta konum doğrulukları ile bu çalışmada elde edilen nokta konum doğruluğu değerlerinin tutarlı olduğu görülmüştür (Şekil 5.7-5.9).



Şekil 5.7 Kuzey bileşen standart sapma değerleri ve Eckl vd. (2001)'e göre hesaplanan standart sapma eğrileri.



Şekil 5.8 Doğu bileşeni standart sapma değerleri ve Eckl vd. (2001)'e göre hesaplanan standart sapma eğrileri.

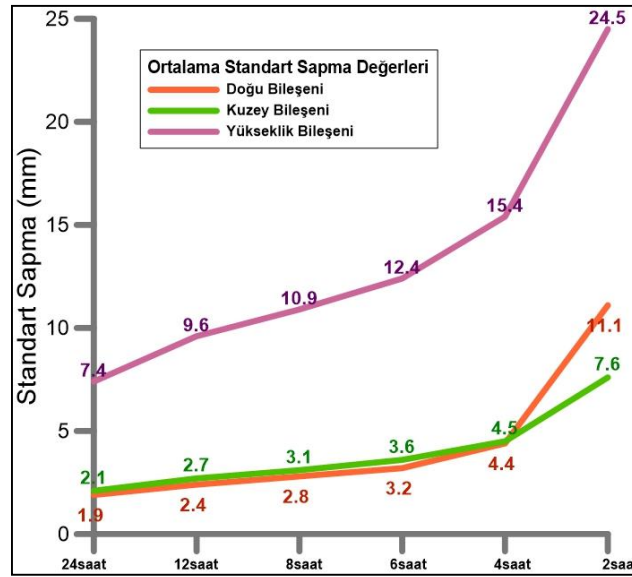


Şekil 5.9 Yükseklik bileşeni standart sapma değerleri ve Eckl vd. (2001)'e göre hesaplanan standart sapma eğrileri.

Şekil 5.7-5.9 incelendiğinde beklenildiği gibi nokta konum doğruluğunu etkileyen en önemli parametrenin ölçü süresi olduğu görülmüştür. Uzun ölçü sürelerinde nokta konum doğruluğunun arttığı, kısa ölçü sürelerinde ise azaldığı tespit edilmiştir.

Ayrıca Şekil 5.7-5.9 incelendiğinde 2 saat süre ile yapılan ölçümlerin ortalama nokta konum doğruluğu değerlerinin kuzey bileşen için 7.6 mm, doğu bileşen için 11.1 mm ve yükseklik bileşeni içinse 24.5 mm olduğu elde edilmiştir. 2 saatlik verilerden elde edilen ortalama nokta konum doğruluğu değerlerinin diğer saat aralıklarında elde edilen ortalama nokta konum doğruluğu değerlerinden oldukça kötü olduğu görülmektedir.

Ayrıca 2 saatlik verilerin ortalama standart sapmaları Eckl vd. (2001) tarafından yapılan çalışmadaki minimum ve maksimum standart sapma eğrileri ile karşılaştırıldığında doğu bileşen için elde edilen ortalama standart sapmanın bu eğriler arasında kalmadığı görülmüştür (Şekil 5.8). Eckl vd (2001) tarafından yapılan çalışmada en az 4 saatlik veriler kullanıldığı için de doğu bileşen değerinin bu eğriler arasında kalmaması muhtemel olarak yorumlanmıştır.



Şekil 5.10 Her saat aralığı için hesaplanan ortalama nokta konum doğruluk değerleri.

24 saatlik verilerden elde edilen ortalama standart sapma değerinden 2 saatlik verilerin ortalama standart sapma değer farkları incelendiğinde kuzey bileşende 5.5 mm, doğu bileşende 9.2 mm ve yükseklik bileşeninde ise 17.1 mm farklı olduğu görülmüştür. Bu farklar incelendiğinde 24 saatlik ölçümün ortalama standart sapmasından 2 saatlik ölçümün elde edilen ortalama standart sapmasının her 3 bileşen için de diğer saat aralıklarında hesaplanan verilere göre oldukça farklı olduğu elde edilmiştir. Yatay bileşenlerde ortalama 4.5 mm'nin altında bir konum doğruluğu elde edilmek istendiğinde

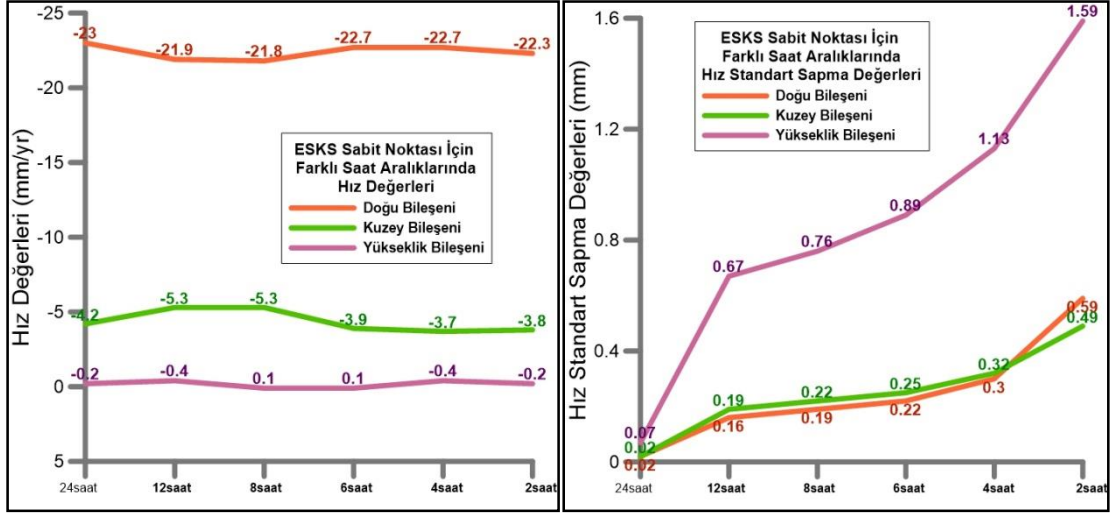
ise en az 4 saat ve daha fazla süreyle ölçü yapılması gerektiği görülmüştür (Şekil 5.10).

5.5 GLOBK İle Hızların ve Hız Doğruluklarının Elde Edilmesi

Çalışma için seçilen her sabit istasyon noktasının kuzey, doğu ve yükseklik bileşenlerine ait hızların ve hız standart sapma değerlerinin elde edilmesi amacıyla GLOBK yazılım takımında hız üretimi için gerekli olan "globk_vel.cmd" ve "glorg_vel.cmd" dosyaları çalışmaya uygun şekilde hazırlanmıştır. itr08_eura koordinat sisteminde seçilen tüm sabit istasyonlara ait hızlar 2, 4, 6, 8, 12 ve 24 saat aralıklarında olmak üzere üretilmiştir (Çizelge 5.4, Şekil 5.10).

Çizelge 5.4 Her saat aralığında tüm istasyonlar için hesaplanan hız ve hız doğruluk değerleri.

	24 SAAT 2011-2017						12 SAAT 2011-2017					
	E	ES	N	NS	U	US	E	ES	N	NS	U	US
BALK	-21.8	0.02	-7	0.02	-0.4	0.1	-21.7	0.2	-7.2	0.2	0.2	0.6
BİLE	-22.4	0.02	-4.5	0.02	-0.7	0.1	-22.2	0.2	-4.5	0.2	-0.6	0.7
ESKS	-20.9	0.02	-3.7	0.03	-2.6	0.1	-22.9	0.2	-4.1	0.2	0.1	0.7
HARC	-23.0	0.02	-4.2	0.02	-0.2	0.1	-21.9	0.2	-5.3	0.2	-0.4	0.7
KUTA	-22.0	0.02	-5.2	0.02	-0.4	0.1	-22.6	0.2	-4.5	0.2	-0.5	0.7
NAHA	-22.6	0.02	-4.6	0.02	-0.3	0.1	-22.7	0.2	-3.3	0.2	0.5	0.6
	8 SAAT 2011-2017						6 SAAT 2011-2017					
	E	ES	N	NS	U	US	E	ES	N	NS	U	US
BALK	-21.8	0.2	-7.1	0.2	0.4	0.7	-21.6	0.2	-7	0.2	0.1	0.8
BİLE	-22.2	0.2	-4.4	0.2	-0.4	0.8	-22	0.2	-4.3	0.3	-0.8	0.9
ESKS	-22.9	0.2	-4.1	0.2	0.3	0.8	-22.7	0.2	-3.9	0.3	0.1	0.9
HARC	-21.8	0.2	-5.3	0.2	0.1	0.8	-21.7	0.2	-5.1	0.3	-0.4	0.9
KUTA	-22.6	0.2	-4.4	0.2	-0.3	0.8	-22.5	0.2	-4.2	0.2	-0.4	0.9
NAHA	-22.8	0.2	-3.3	0.2	0.7	0.7	-22.6	0.2	-3.2	0.2	0.7	0.8
	4 SAAT 2011-2017						2 SAAT 2011-2017					
	E	ES	N	NS	U	US	E	ES	N	NS	U	US
BALK	-21.7	0.3	-6.7	0.3	-0.2	1	-21.2	0.6	-6.8	0.4	-0.6	1.4
BİLE	-22.1	0.3	-4	0.3	-1.4	1.1	-21.7	0.6	-4	0.5	-1	1.6
ESKS	-22.7	0.3	-3.7	0.3	-0.4	1.1	-22.3	0.6	-3.8	0.5	-0.2	1.6
HARC	-21.7	0.3	-4.8	0.3	-0.8	1.2	-21.4	0.6	-4.9	0.5	-0.6	1.6
KUTA	-22.5	0.3	-3.9	0.3	-0.5	1.1	-22.2	0.6	-3.7	0.5	-1.1	1.6
NAHA	-22.5	0.3	-2.8	0.3	0.2	1.1	-22.0	0.6	-2.8	0.5	0.2	1.5



Şekil 5.11 ESKS sabit istasyon noktası için 2-24 saat aralıklarında hesaplanan hız ve hız standart sapma değerleri.

Çizelge 5.4 ve Şekil 5.11 incelendiğinde; uzun dönem, 6 aylık periyotlar halinde 14 kampanya olarak üretilen her sabit istasyon noktası ve tüm ölçü saati aralıklarında elde edilen hızlarda incelenen bileşen değerlerinde standart sapma değerleri dikkate alındığında değişim olmadığı görülmüştür. 2 saatlik verilerin değerlendirilmesiyle elde edilen ESKS sabit noktası için sırasıyla hızlar doğu, kuzey ve yükseklik bileşenleri için hız değerleri -22.3 mm/yr, -3.8 mm/yr ve -0.6 mm/yr olarak elde edilmiştir. Bu üç bileşen için ortalama hız standart sapma değerleri de sırasıyla 0.6 mm, 0.5 mm ve 1.6 mm olarak hesaplanmıştır. 4 saatlik verilerin değerlendirilmesiyle elde edilen hız değerleri ESKS sabit noktası için doğu, kuzey ve yükseklik bileşenleri sırasıyla -22.7 mm/yr, -3.7 mm/yr ve -0.4 mm/yr olarak hesaplanmıştır. Bu üç bileşen için ortalama hız standart sapma değerleri de sırasıyla -0.3 mm, 0.3 mm ve 1.1 mm olarak elde edilmiştir. Yine ESKS noktası için 8 saatlik ölçü süresinde üretilen hız değerleri doğu, kuzey ve yükseklik bileşenleri için sırasıyla -22.9 mm/yr, -4.1 mm/yr ve 0.3 mm/yr olarak elde edilmiştir. Bu üç bileşen için ortalama hız standart sapma değerleri de sırasıyla 0.2 mm, 0.2 mm ve 0.8 mm olarak hesaplanmıştır. Hız değerlerindeki değişimlerin standart sapmaları dikkate alınarak incelendiğinde farklı saat aralıklarında hız değerlerinde oldukça yakın değerler elde edilmiştir.

Diğer saat aralıkları için de her sabit istasyon noktası hız ve hız standart sapma değerleri incelendiğinde değişimlerin farklı saat aralıklarında anlamlı olmadıkları görülmüştür.

Her bileşen için hız değerlerinin seçilen saat aralıklarında standart sapma değerleri arasında olduğu görülmüştür. Anlaşılmaktadır ki farklı zaman aralıklarında üretilen hızlar standart sapmaları dikkate alındığında değişmemektedir. Fakat gözlem süresi uzatıldığında elde edilen hız standart sapma değerlerinde iyileşme mevcuttur. Uzun süreli yapılan gözlemlerde daha doğru hız verisi elde edilebilmektedir.

Nokta hız doğruluk değerleri farklı zaman aralıklarında incelendiğinde, tıpkı nokta konum doğruluğunu etkileyen en önemli faktör olan gözlem süresinin de nokta hız doğruluğunu etkilediği görülmüştür. Hesaplanan hız standart sapma değerleri her sabit istasyon noktasında her 3 bileşen değerleri için incelendiğinde en yüksek olduğu ölçü süresi 2 saat olarak bulunmuştur. Hız standart sapma değerlerinin yine her sabit istasyon noktası 3 bileşen için de incelendiğinde en iyi sonuçlara 24 saatlik gözlemlerden ulaşıldığı görülmüştür (Şekil 5.11).

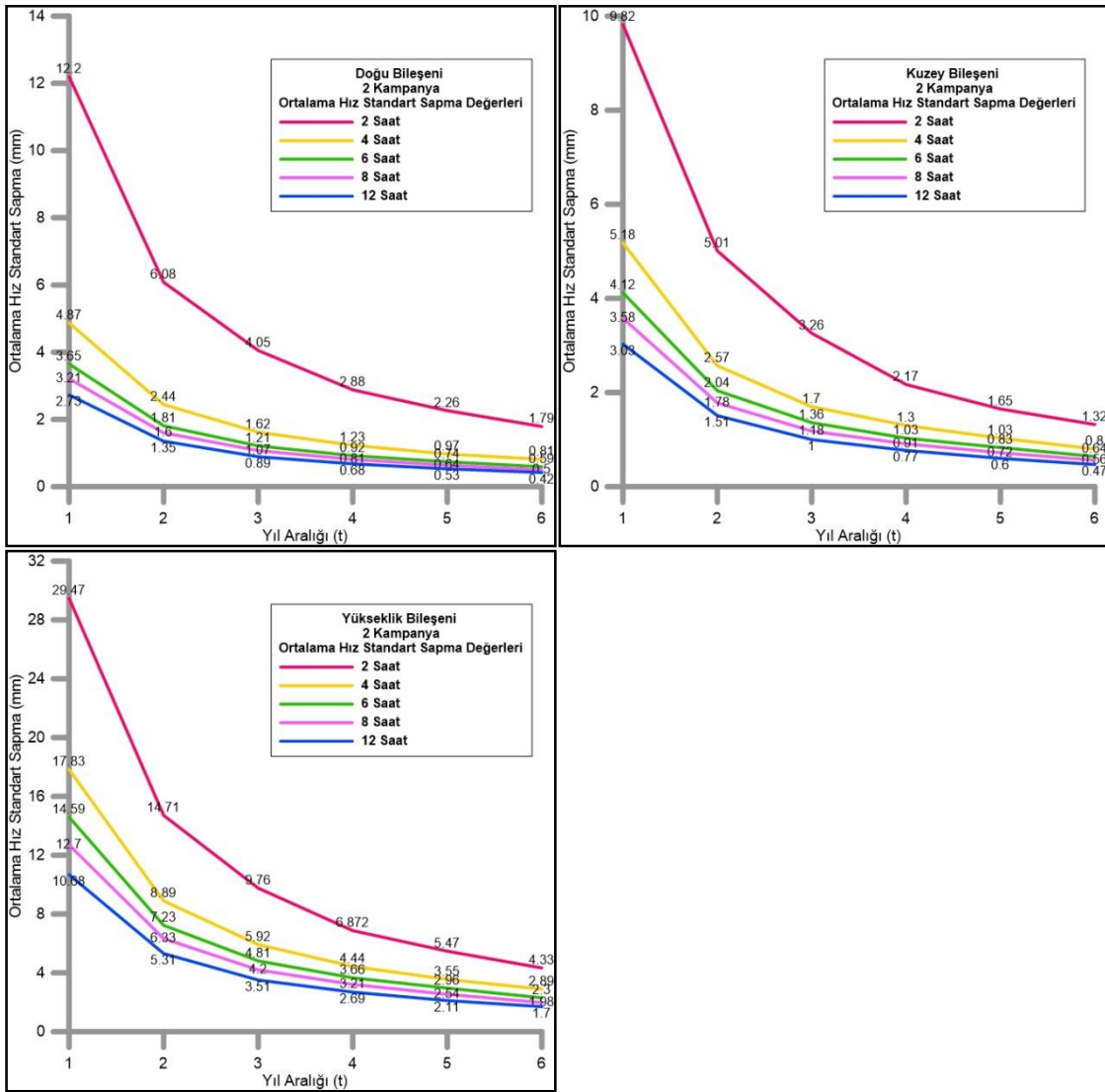
5.5.1 Hız Doğruluğunu Etkileyen Parametrelerin Belirlenmesi

Nokta konum doğruluğunu etkileyen en önemli faktör olan ölçü süresi, yukarıda elde edilen bilgiler incelendiğinde de hız doğruluğunu etkileyen en önemli parametrelerden biri olarak elde edilmiştir. Hız doğrulukları farklı saat aralıklarında incelendiğinde gözlem süresi attıkça elde edilen doğruluklarda da iyileşme olduğu görülmüştür. Örneğin 2 saatlik bir veriden elde hız doğruluğu 4 saatlik bir veriden elde edilen hız doğruluğundan daha iyi olurken, 6 saatlik verinin hız doğruluğu da 4 saatlik bir verinin hız doğruluğundan daha iyi olduğu hesaplanmıştır.

Tektonik hareketlerin belirlenmesi için yapılan kampanya tipindeki ölçümlerde hız doğruluğunu etkileyen parametreleri belirleyebilmek için farklı sayıda yapılmış kampanya ölçümlerinden oluşan kombinasyonlar üretilmiştir. Her saat aralığı için 2,3 ve 4 kampanya, 2011-2017 yılları arasında farklı periyot aralıklarında oluşturulmuştur. Oluşturulan her kombinasyon için ortalama hız standart sapma değerleri elde edilmiştir.

2,3 ve 4 kampanya olarak oluşturulan kombinasyonlardan ortalama hız standart sapma değerlerinin hesaplamalarında kullanılmak üzere 175 farklı kombinasyon oluşturulmuştur. Bu kombinasyonlar haricinde uzun ve kısa periyotlarda, farklı

kampanya sayılarında da kombinasyonlar oluşturulmuştur ve hız doğruluğu üzerine olan etkileri incelenmiştir. Oluşturulan her kombinasyonda, her sabit istasyon noktası için doğu kuzey ve yükseklik bileşenleri hız standart sapma değerleri arasında, min ve maks hız standart sapma değerleri alınmıştır. Daha sonra her istasyon için hesaplanan min ve maks değerlerin her bileşen için ortalaması alınarak hız doğruluğunu etkileyen parametrelerin belirlenmesinde kullanılmıştır.



Şekil 5.12 2-12 saat aralıklarında 2 kampanya doğu, kuzey ve yükseklik bileşenleri ortalama hız standart sapma değerleri.

Şekil 5.12 grafikler incelendiğinde artan gözlem süresince ortalama hız standart sapma değerlerinin iyileştiği görülmüştür. İki kampanya ölçüden elde edilen hızın doğruluğu, her bir kampanyadaki ölçü süresine bağlı olarak elde edilen konum doğruluğunun

aritmetik ortalamasıdır. Farklı bir anlatım tarzıyla Eckl vd. (2001)'de (Eşitlik 2.1-2.3) ölçü süresi ile doğruluk arasında \sqrt{t} kadar ters orantının hız ile ölçü süresi arasında olduğu görülmüştür. Çizelge 5.5, Eckl vd. (2001)'de belirtilen konum doğrulukları ile GLOBK'de hesaplanan 2 kampanya doğu, kuzey ve yükseklik bileşenleri ortalama hız standart sapma değerleri karşılaştırılmıştır. Çizelge 5.5'de görüldüğü gibi 2 kampanya 1 yıl aralıklı 2 saatlik ölçü süresi ile yapılan hız kestirimleri dışında hesaplanan tüm hızların doğruluğu, Eckl vd. (2001)'de hesaplanan ölçü süresi doğruluğu ile uyumludur. Eckl vd. (2001) tarafından yapılan çalışmada en az 4 saatlik veriler kullanıldığı için 2 saatlik veri değerlerinin min ve maks değerler arasında kalmaması muhtemel olarak yorumlanmıştır.

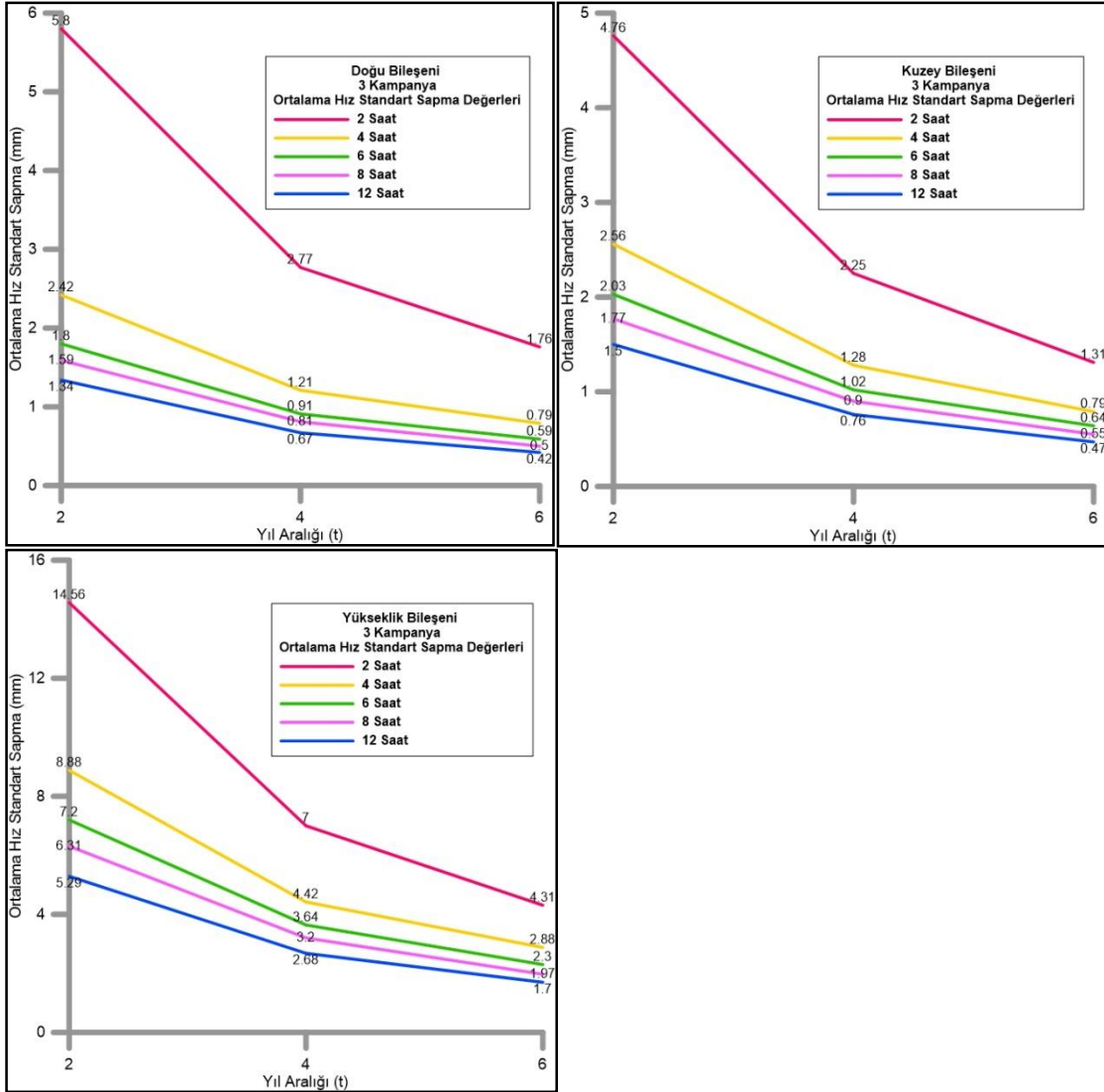
Çizelge 5.5 Her saat aralığında 2 kampanya hesaplanan hız ve hız doğruluk değerleri ile Eckl vd. 2001 tarafından hesaplanan nokta konum doğruluk değerleri.

	GLOBK (2 kampanya 1 yıl aralıklı)			ECKL vd. (2001)		
	Kuzey (mm)	Doğu (mm)	Yükseklik (mm)	Kuzey (min/maks)	Doğu (min/maks)	Yükseklik (min/maks)
				$S_n = \frac{k_n}{T^{0.5}}$ $k_n = 9.5 \pm 2.1$ mm	$S_e = \frac{k_e}{T^{0.5}}$ $k_e = 9.9 \pm 3.1$ mm	$S_u = \frac{k_u}{T^{0.5}}$ $k_u = 36.5 \pm 9.1$ mm
2 SAAT	9.8	12.2	29.5	5.2/8.2	4.8/9.2	19.4/32.2
4 SAAT	5.2	4.9	17.8	3.7/5.8	3.4/6.5	13.7/22.8
6 SAAT	4.1	3.7	14.6	3.0/4.7	2.8/5.3	11.2/18.6
8 SAAT	3.6	3.2	12.7	2.6/4.1	2.4/4.6	9.7/16.1
12 SAAT	3.0	2.7	10.7	2.1/3.3	2.0/3.8	8.0/13.2

Hızların standart sapmalarının hesaplamasında ölçü süresi ile kampanyalar arası geçen zaman ilişkisini belirlemek için yine Şekil 5.12 de kampanyalar arası geçen yıl aralıkları değiştirilmiştir. Kampanyalar arası geçen süre artırıldığında elde edilen hız standart sapma değerlerinde iyileşme görülmüştür. Şekil 5.12 incelendiğinde, doğu bileşen için 4 saatlik olan veri kümesi için yıl aralığı 1 olduğunda elde edilen doğruluk 4.9 mm'dir. Yıl aralığı iki olduğunda 2.4 mm, üç olduğunda 1.6 mm, dört olduğunda 1.2 mm, beş olduğunda 1.0 mm ve altı olduğunda 0.8 mm elde edilmiştir. Artan periyot süresiyle ortalama hız standart sapma değerleri arasında 2 kat ters oran olduğu elde edilmiştir. 2 saat ölçü süresi hariç tüm ölçü sürelerinde benzer ters orantı görülmektedir.

Kampanya sayısının ölçü doğruluğuna etkisini araştırmak için 2 kampanya

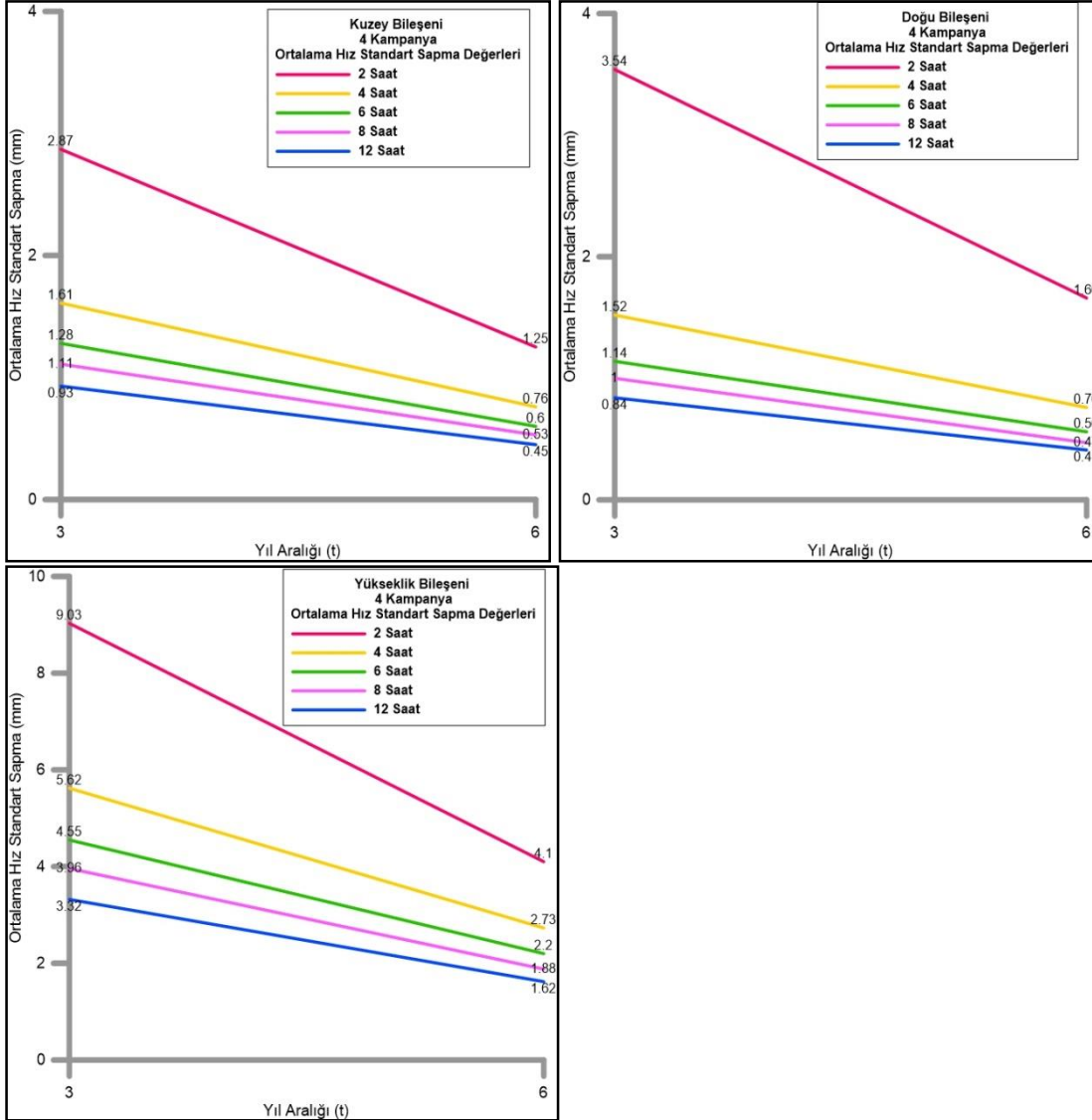
kombinasyonlara ek olarak 2011-2017 yılları arasında, farklı periyotlarda, 3 ve 4 kampanyaya için ortalama hız standart sapma değerleri her saat aralığı için hesaplanmıştır. Hesaplanan ortalama hız standart sapma değerleri 3 ve 4 kampanyaya olarak oluşturulan kombinasyonlarda ilk ölçü yılı ile son ölçü yılı arasındaki geçen süre ne kadar fazla olursa o kadar iyi hız doğruluğunun elde edildiği görülmüştür.



Şekil 5.13 2-12 saat aralıklarında 3 kampanyaya doğu, kuzey ve yükseklik bileşenleri ortalama hız standart sapma değerleri.

Şekil 5.13 incelendiğinde yıl aralığı olarak alınan değer son kampanyaya yapılan ölçü yılı ile ilk kampanyaya yapılan ölçü yılı arasındaki fark olarak alınmıştır. Yıl aralığı 2 olan 3 kampanyaya ölçülerden biri 2011-2012-2013 yıllarında, yıl aralığı 4 olan 3 kampanyaya ölçülerden biri 2012-2014-2016 yıllarında, yıl aralığı 6 olan 3 kampanyaya ölçü ise 2011-

2015-2017 yıllarında olabilir. 2011-2017 yılları arasında 3 kampanya yıl aralığı 2, 4 ve 6 olan tüm kombinasyonlar üretilerek hız standart sapma değerleri ortalaması hesaplanarak bulunmuştur.



Şekil 5.14 2-12 saat aralıklarında 4 kampanya doğu, kuzey ve yükseklik bileşenleri ortalama hız standart sapma değerleri.

Şekil 5.14 incelendiğinde yıl aralığı; 4 kampanya olarak oluşturulan kombinasyonlarda da son kampanya yapılan ölçü yılı ile ilk kampanya yapılan ölçü yılı arasındaki fark olarak alınmıştır. Yıl aralığı 3 olan 4 kampanya ölçülerden biri 2011-2012-2013-2014 yıllarında, yıl aralığı 6 olan 4 kampanya ölçülerden biri ise 2011-2014-2016-2017 yıllarında olabilir. 2011-2017 yılları arasında 4 kampanya yıl aralığı 3 ve 6 olan tüm kombinasyonlar üretilerek hız standart sapma değerleri ortalaması hesaplanarak

bulunmuştur.

3 kampanya olarak üretilen kombinasyonlardan elde edilen veriler incelendiğinde ise 2 kampanya kombinasyonlarda olduğu gibi artan periyot süresince ortalama hız standart sapma miktarlarında iyileşme olduğu görülmüştür. Şekil 5.13 incelendiğinde kampanya, her saat aralığı için üretilen kuzey bileşen standart sapma miktarlarında 6 saatlik bir veri için yıl aralığı 2 olduğunda elde edilen doğruluk 2.0 mm'dir. Aynı grafik incelendiğinde yıl aralığı dört olduğunda elde edilen doğruluk değeri 1.0 mm olmaktadır. Yıl aralığı altı olarak arttırıldığında ise elde edilen doğruluk 0.6 mm olarak elde edilmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta 3 kampanya olarak yapılan bir ölçümde yıl aralığı iki olduğunda elde edilen doğruluk değeri ile, yıl aralığı dört olduğunda elde edilen doğruluk değeri arasında 2 kat gibi bir fark tespit edilmiş olmasıdır. Yıl aralığını altı yıla çıkarttığımızda ise elde edilen doğrulukta yaklaşık 3 kat iyileşme olduğu görülmüştür. 3 kampanya olarak üretilen kombinasyonlarda da 2 kampanya kombinasyonlarda olduğu gibi artan periyot süresiyle ortalama hız standart sapma değerleri arasında 2 kat ters oran olduğu elde edilmiştir.

4 kampanya olarak üretilen kombinasyonlardan elde edilen ortalama standart sapma değerleri incelendiğinde, yıl aralığı üç olan bir kombinasyondan elde edilen doğruluk ile yıl aralığı altı olarak üretilen bir kombinasyondan elde edilen ortalama hız standart sapma değerleri arasında 2 kat olduğu görülmüştür (Şekil 5.14). 4 kampanya kuzey bileşen için 12 saatlik bir verinin üç yıl aralığında hesaplanan hız standart sapma değeri 0.9 mm olurken, yıl aralığı altı olarak değiştirildiğinde 2 kat iyileşme olduğu ve değer 0.4 mm olarak elde edildiği görülmüştür. 4 kampanya olarak üretilen ölçü gruplarında da periyot süresi arttıkça elde edilen ortalama standart sapma değerlerinde iyileşme görülmüştür. Artan periyot süresiyle ortalama hız standart sapma değerleri arasında ters oran olduğu 4 kampanya ölçümlerde de görülmüştür.

Tüm saat aralıkları 2, 3 ve 4 kampanya olarak üretilen kombinasyonlar için bu durumun aynı şekilde olduğu elde edilmiştir. Kampanyalar arasında aynı saat aralıklarında farklı periyotlarda yapılan ölçümlerin hız doğruluğunu etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Çizelge 5.6 Her saat aralığında 2,3,4 kampanya kombinasyonlar ölçü tablosu ve hız standart

sapma değerleri.

Saat	Kampanya Sayısı	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Doğu	Kuzey	Yükseklik
2 saat	2	x		x					6.1	5	14.7
		x				x			2.9	2.2	6.9
	3	x						x	1.8	1.3	4.3
		x	x	x					5.8	4.8	14.6
		x		x		x			2.8	2.3	7
		x			x			x	1.8	1.3	4.3
4	x		x		x		x	1.7	1.3	4.1	
4 saat	2	x		x					2.4	2.6	8.9
		x				x			1.2	1.3	4.4
	3	x						x	0.8	0.8	2.9
		x	x	x					2.4	2.6	8.9
		x		x		x			1.2	1.3	4.2
		x			x			x	0.8	0.8	2.9
4	x		x		x		x	0.8	0.8	2.7	
6 saat	2	x		x					1.8	2	7
		x				x			0.9	1	3.7
	3	x						x	0.6	0.6	2.3
		x	x	x					1.8	2	7.2
		x		x		x			0.9	1	3.6
		x			x			x	0.6	0.6	2.3
4	x		x		x		x	0.6	0.6	2.2	
8 saat	2	x		x					1.6	1.8	6.3
		x				x			0.8	0.9	3.2
	3	x						x	0.5	0.6	2
		x	x	x					1.6	1.8	6.3
		x		x		x			0.8	0.9	3.2
		x			x			x	0.5	0.6	2
4	x		x		x		x	0.5	0.5	1.9	
12 saat	2	x		x					1.4	1.5	5.3
		x				x			0.7	0.8	2.7
	3	x						x	0.4	0.5	1.7
		x	x	x					1.3	1.5	5.3
		x		x		x			0.7	0.8	2.7
		x			x			x	0.4	0.5	1.7
4	x		x		x		x	0.5	0.4	1.6	

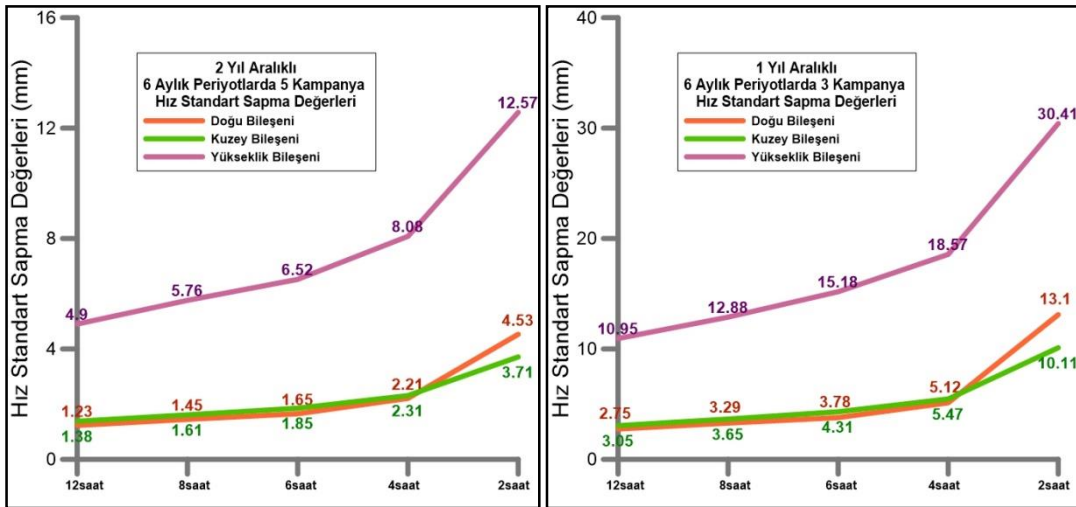
Çizelge 5.6 incelendiğinde, her saat aralığı için 2,3 ve 4 kampanya ölçümlerden elde edilen hız standart sapma değerleri gösterilmiştir. Fakat Çizelge 5.6'da yıl aralığı anlaşılır

olabilmesi için aynı yıl aralığında hazırlanan kombinasyonlardan yalnızca birer örnek gösterilmiştir. Çizelge 5.6'ya ise 2011-2017 yılları arasında 2,3 ve 4 kampanya ölçümlerin farklı yıl aralıklarında tüm kombinasyonlarından hesaplanan hız standart sapma değerleri yazılmıştır.

Çizelge 5.6'daki yıl aralığı (kampanyalar arasındaki son ölçü yılı - ilk ölçü yılı) iki olarak alınan 2 ve 3 kampanya kombinasyonlarından elde edilen hız standart sapma değerlerinin her bileşen için aynı olduğu görülmüştür. Yıl aralığı dört olarak alınan 2 ve 3 kampanya kombinasyonlarından da elde edilen hız standart sapma değerlerinin tüm saat aralıkları her bileşen için aynı olduğu hesaplanmıştır. Yıl aralığı altı olarak alınan 2,3 ve 4 kampanya kombinasyonlarından ise elde edilen hız standart sapma değerlerinin her bileşen için aynı olduğu görülmüştür.

Çizelge 5.6 ve Şekil 5.12-5.14 incelendiğinde kampanya sayısının aynı yıl aralığında ve aynı ölçü sürelerinde yapılan ölçümler için anlamının kalmadığı görülmüştür.

Ayrıca kısa zaman aralıklarında fazla kampanya sayısında ölçüm yapmanın hız doğruluğunu ne derecede etkilediğini daha iyi gözlemleyebilmek için kombinasyonlar oluşturulmuştur. Her saat aralığında, yıl aralığı bir olacak şekilde 6 aylık periyotlarda 3 kampanya ölçümler ve yıl aralığı iki olacak şekilde 6 aylık periyotlarda 5 kampanya ölçü kombinasyonlarından elde edilen hız standart sapma değerleri incelenmiştir (Şekil 5.15).



Şekil 5.15 Kısa zaman aralıklarında 6 aylık periyotlardan elde edilen hız standart sapma

değerleri.

Şekil 5.15 incelendiğinde, oluşturulan kombinasyonlardan elde edilen hız standart sapma değerleri, kısa zaman aralığında fazla sayıda kampanya ölçümü yapmanın önemli derecede hız doğruluğunu iyileştirmediği görülmüştür. 2 yıl aralıklı 6 aylık periyotlarda 5 kampanya kombinasyonlardan elde edilen ortalama hız standart sapma değerlerinde; 2 yıl aralıklı daha az sayıdaki kampanyalardan elde edilen hız standart sapma değerlerinin aynı olduğu görülmüştür. 1 yıl aralıklı 6 aylık periyotlarda 3 kampanya kombinasyonlardan elde edilen hız standart sapma değerleri incelendiğinde ise yine 1 yıl aralıklı daha az sayıda üretilen kampanyalardan elde edilen hız standart sapma değerlerinin aynı olduğu görülmüştür.

Uzun periyotlarda ve kısa periyotlarda yapılan farklı kampanya sayısındaki kombinasyonlardan hız standart sapma doğruluğunu etkileyen en önemli faktörün ilk ölçü yılı ile son ölçü yılı arasındaki fark olduğu görülmüştür. İlk ölçü yılı ile son ölçü yılı arasındaki zaman farkı aynı olduğunda, kısa ve uzun süreli gözlemlerde kampanya sayısının hız doğruluğunu etkilemediği elde edilmiştir.

5.6 Regresyon Analizi

Çalışmada çoklu regresyon analizi modeli kullanılarak hız doğruluğunu etkileyen parametreleri belirleyebilmek için matematiksel model çalışması yapılmıştır. Matematiksel Model Denklemi, tahmini olarak çalışmada elde edilen verilere göre belirlenmiştir. Temel olarak 2 farklı model kullanılmıştır (Model 5.1, 5.3). Modelde çalışmada oluşturulan kombinasyonlara göre hız standart sapma değerini etkileyen ilk ölçü yılı ile son ölçü yılı arasındaki fark, ölçü süresi ve kampanya sayısı parametreleri kullanılmıştır. Oluşturulan matematiksel modelde, model parametreleri ve parametrelerin standart sapmaları En Küçük Kareler Yöntemi kullanılarak kestirilmiştir. Her parametrenin kurulan matematiksel modelde anlamlı olup olmadığını anlamak için anlamlılık testi uygulanmıştır. Ayrıca hesaplanan belirlilik katsayısı değerleri ile, elde edilen modellerin nokta hız hatalarını ne kadar yansıttığı da tespit edilmiştir. Başka bir ifade ile modeldeki bağımsız değişkenlerin, modelin bağımlı değişkene olan katkısı belirlenmiştir.

Kuzey ve doğu bileşenleri için tahmini olarak kurulan model, her kampanya sayısı için ayrı ayrı incelenmiştir. Ayrıca tüm verilerdeki davranışı görebilmek için üretilen tüm kampanyalar için de incelenmiştir.

İlk model;

$$y = \left| a_0 + \frac{a_1}{k} + \frac{a_2}{z} + \frac{a_3}{tt} \right| \quad (5.1)$$

şeklinde öngörölmüştür. Burada, k değeri kampanya sayısını, z değeri ölçü süresini, tt değeri ilk ölçü yılı ile son ölçü yılı arasındaki zaman farkını, a1, a2 ve a3 ise denklemdaki bağımsız değişkenlerin (parametrelerin) katsayılarını ifade etmektedir. a0 hız doğruluğunu etkileyen diğer etkenler için öngörölmüş bir katsayıdır. y değeri ise hız standart sapma değerini ifade etmektedir.

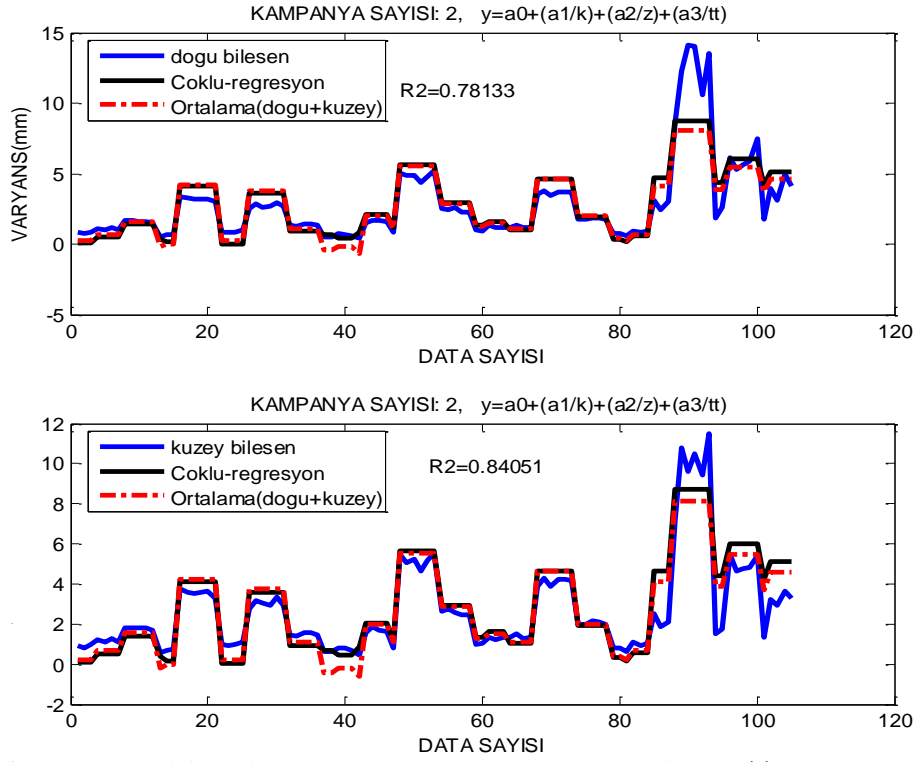
Model 5.1'de 3 parametrelili olarak oluşturulan formölde her bir parametre ve parametrelerin standart sapmaları En küçük kareler yöntemi kullanılarak Eşitlik 4.3, 4.4, ve 4.5 ile kestirilmiştir. Ayrıca parametrelerin anlamlı olup olmadıkları, Eşitlik 4.6 ile hesaplanan test büyüklüğünün, anlamlılık düzeyi 0.05 için t dağılım sınırı $t_{f,1-0.05/2}^{***}$ (f=n-u; n regresyon analizinde bağımsız değişken sayısı, u ise bilinmeyen parametre sayısı) ile karşılaştırılarak belirlenmiştir. Ayrıca, belirlilik katsayıları da Eşitlik 4.9 ile hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, doğu bileşen değerleri için Çizelge 5.7'de, kuzey bileşen değerleri için Çizelge 5.8'de gösterilmiştir. Ayrıca y ile öngörülen modelden hesaplanan hız doğruluk değerleri şekil 5.16-5.19'da verilmiştir.

Çizelge 5.7 Kampanya sayısı 2,3,4 ve karma olan Doğu Bileşen verileri için 3 parametrelili fonksiyonlar, standart sapmaları, test büyüklükleri ve korelasyon katsayıları(R^2).

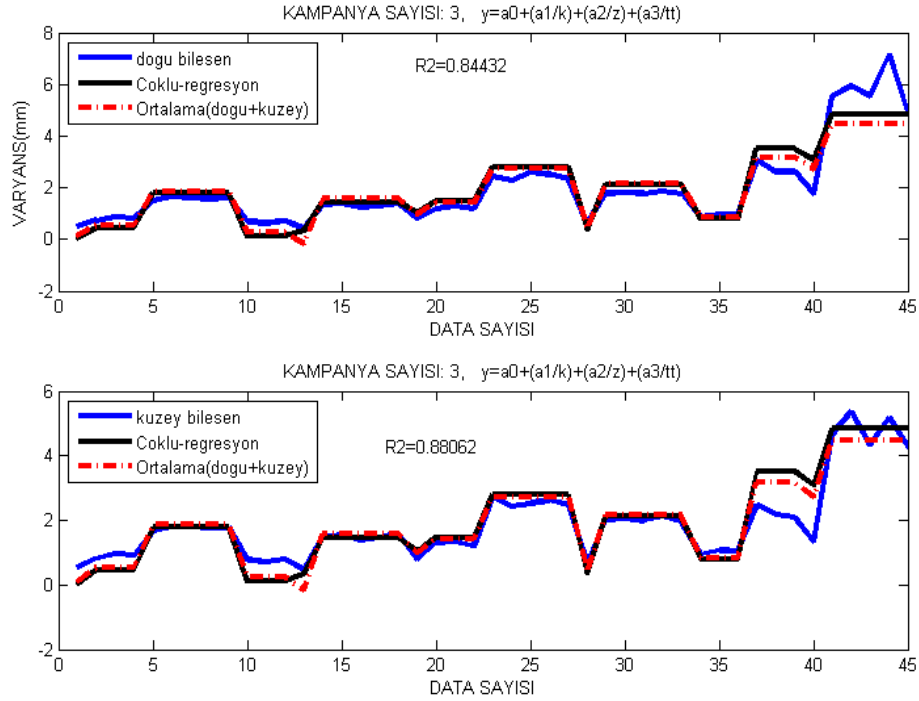
Kamp. Sayısı	Fonksiyon: $y = \left a_0 + \frac{a_1}{k} + \frac{a_2}{z} + \frac{a_3}{tt} \right $	Parametrelerin Standart sapması	Test büyüklüğü	R^2	Açıklama
2	$y = \left -2,2319 + \frac{-1,1159}{k} + \frac{12,2406}{z} + \frac{5,3708}{tt} \right $	0,2542/0,1271/0,8636/0,4075	8,78/8,78/14,1740/13,1795	0,78	Anlamlı
3	$y = \left -1,6993 + \frac{-0,5664}{k} + \frac{8,1494}{z} + \frac{5,2923}{tt} \right $	0,2705/0,0902/0,6112/0,6623	6,2823/6,2823/13,334/7,9911	0,8443	Anlamlı
4	$y = \left -1,3153 + \frac{-0,3288}{k} + \frac{5,9135}{z} + \frac{5,0280}{tt} \right $	0,3336/0,0841/0,4974/1,1052	3,9079/3,9079/11,8889/4,5492	0,8689	Anlamlı
2,3,4	$y = \left -2,5674 + \frac{0,4511}{k} + \frac{10,2847}{z} + \frac{5,3618}{tt} \right $	0,3918/0,9061/0,5727/0,3339	6,5522/0,4978/17,9578/16,0597	0,7800	Anlamsız

Çizelge 5.8 Kampanya sayısı 2,3,4 ve karma olan Kuzey Bileşen verileri için 3 parametrelili fonksiyonlar, standart sapmaları, test büyüklükleri ve korelasyon katsayıları(R²).

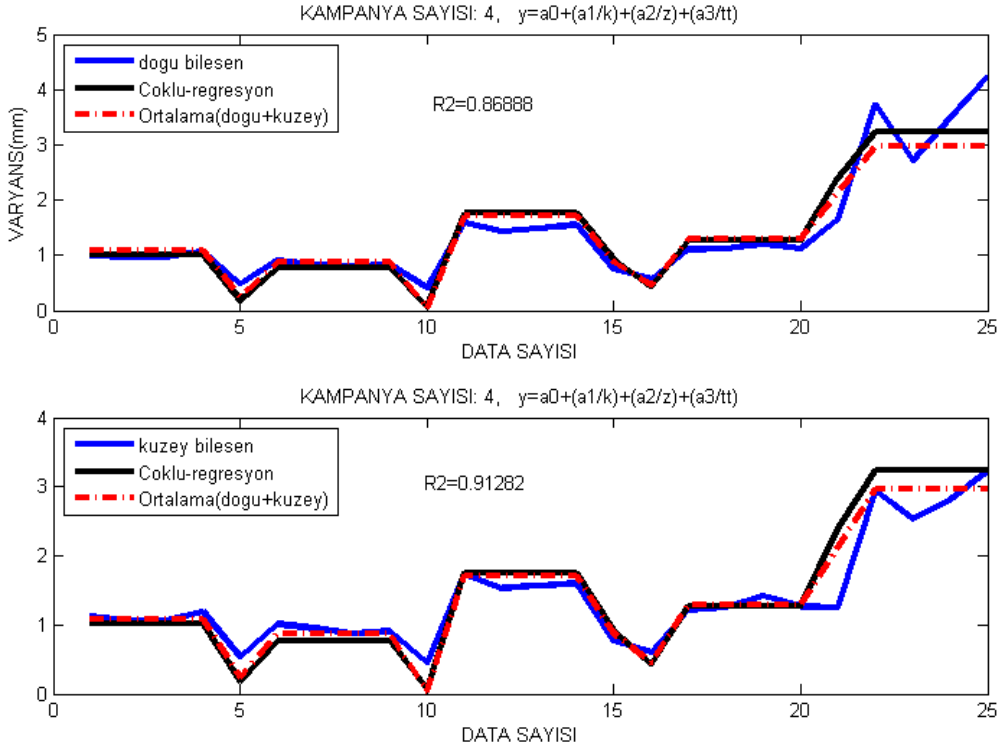
Kamp. Sayısı	Fonksiyon $y = \left a_0 + \frac{a_1}{k} + \frac{a_2}{z} + \frac{a_3}{tt} \right $	Parametrelerin Standart sapması	Test büyüklüğü	R ²	Açıklama
2	$y = \left -1,5865 + \frac{-0,7932}{k} + \frac{8,5778}{z} + \frac{5,2094}{tt} \right $	0,1753/0,0876/0,5956/0,2810	9,0509/9,0509/14,4030/18.5368	0.8405	Anlamlı
3	$y = \left -1,2394 + \frac{-0,4131}{k} + \frac{5,7954}{z} + \frac{5,1929}{tt} \right $	0,1839/0,0613/0,4155/0,4502	6,7403/6,7403/13,9479/11,5338	0,8806	Anlamlı
4	$y = \left -0,9860 + \frac{-0,2465}{k} + \frac{4,1172}{z} + \frac{5,0475}{tt} \right $	0,1995/0,0499/0,2949/0,6552	4,9413/4,9413/13,9623/7,7033	0,9128	Anlamlı
2,3,4	$y = \left -1,8492 + \frac{0,3516}{k} + \frac{7,2251}{z} + \frac{5,2069}{tt} \right $	0,2698/0,6240/0,3944/0,2299	6,8533/0,5636/18,3204/22,6480	0,8412	Anlamsız



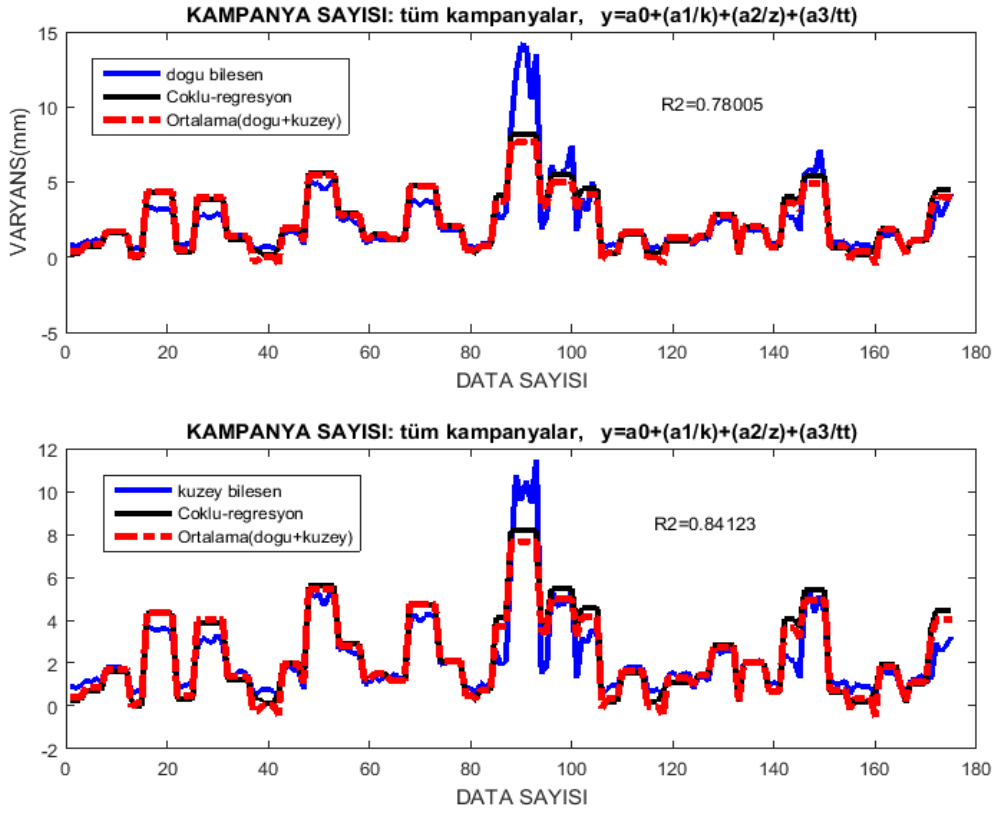
Şekil 5.16 3 parametrelı fonksiyon 2 kampanya verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.



Şekil 5.17 3 parametrelı fonksiyon 3 kampanya verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.



Şekil 5.18 3 parametrelı fonksiyon 4 kampanya verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.



Şekil 5.19 3 parametrelı fonksiyon tüm kampanya sayısındaki verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.

Çizelge 5.7-5.8'a göre; doğu ve kuzey bileşen değerleri için hesaplanan kampanya sayısı değerinin katsayısı olan a_1 değerleri diğer parametreler için hesaplanan katsayılara göre oldukça küçük olarak elde edilmiştir. Elde edilen a_1 katsayısına göre hız standart sapma sonuçlarına doğu ve kuzey bileşenler için kampanya sayısının etkisinin olamayabileceği düşünülmüştür. Ayrıca doğu ve kuzey bileşen tüm kampanyaların değerlendirildiği grupta k parametresinin test büyüklüğü istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Model, k parametre değeri ayrı ayrı değerlendirilen kampanya sayılarında anlamlı gelmediği için anlamsız olarak değerlendirilmiştir. Kampanya sayısını ifade eden k parametresinin aynı zaman aralığındaki verilerde, hız doğruluğu üzerine etkisinin olmadığı Şekil 5.12-5.14 ve Çizelge 5.7'de de görülmüştür. Ayrıca Şekil 5.16-5.19 incelendiğinde modellerdeki doğu bileşen ve kuzey bileşen değerlerinin çoklu regresyon ve ortalama kuzey ve doğu bileşen değerleri ile uyum içinde olduğu görülmüştür. Belirlilik katsayıları incelendiğinde ise bu değerlerin büyük olması seçilen modelin en iyi model olduğunu göstermemektedir. Dolayısıyla belirlilik katsayısı büyük olduğu için modeli en uygun model olarak seçmek doğru değildir. Diğer ölçütlerin de incelenmesi gerekmektedir. Örneğin Çizelge 5.7, 5.8 incelendiğinde 2 kampanya olarak değerlendirilen ve anlamlı gelen modelin belirlilik katsayıları ile tüm kampanyalar olarak değerlendirilen ve anlamsız gelen modelin belirlilik katsayıları yaklaşık olarak aynı elde edilmiştir.

Bu nedenlerle kampanya sayısının sonuçları nasıl etkileyebileceğini görmek için modelden k parametresi çıkartılarak doğu ve kuzey bileşen değerleri için yeniden 2 parametrelili bir model öngörülmüştür. Model;

$$y = \left| a_0 + \frac{a_1}{z} + \frac{a_2}{tt} \right| \quad (5.2)$$

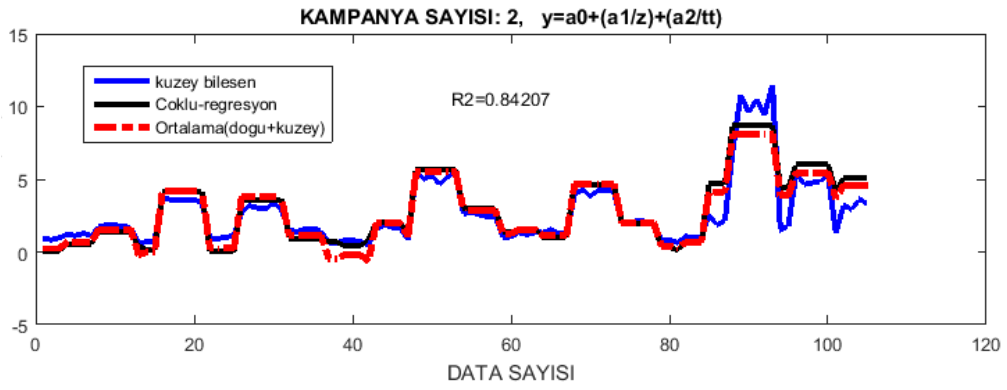
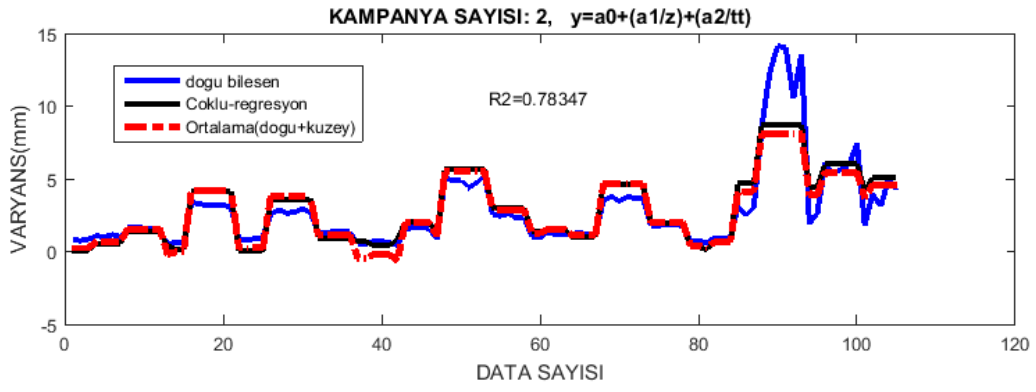
olacak şekilde düzenlenmiştir. Öngörülen model için, bir önceki modelde ifade edildiği gibi benzer hesaplamalar yapılarak modelin parametre katsayıları, katsayıların standart sapmaları ve istatistiksel olarak parametrelerin anlamlı olup olmadıkları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, doğu bileşen için Çizelge 5.9'da, kuzey bileşen için Çizelge 5.10'da gösterilmiştir. Ayrıca, Şekil 5.20-5.23'de hız doğrulukları ve modelden hesaplanan hız doğrulukları da gösterilmiştir.

Çizelge 5.9 Kampanya sayısı 2,3,4 ve karma olan Doğu Bileşen verileri için 2 parametrelili fonksiyonlar, standart sapmaları, test büyüklükleri ve korelasyon katsayıları(R^2).

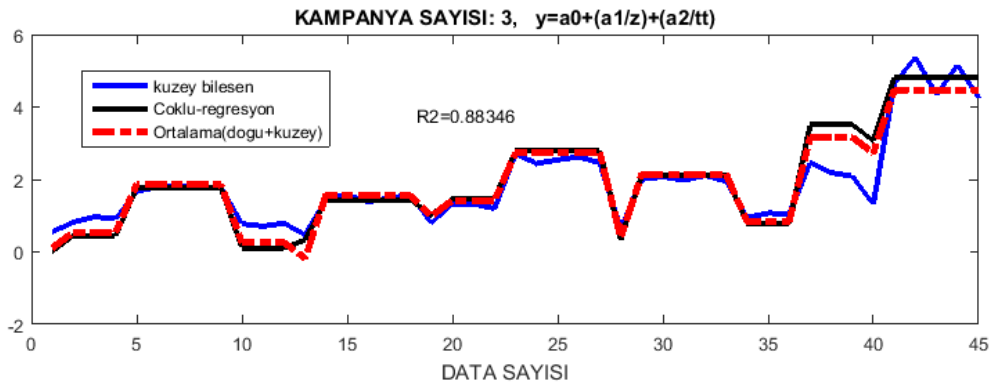
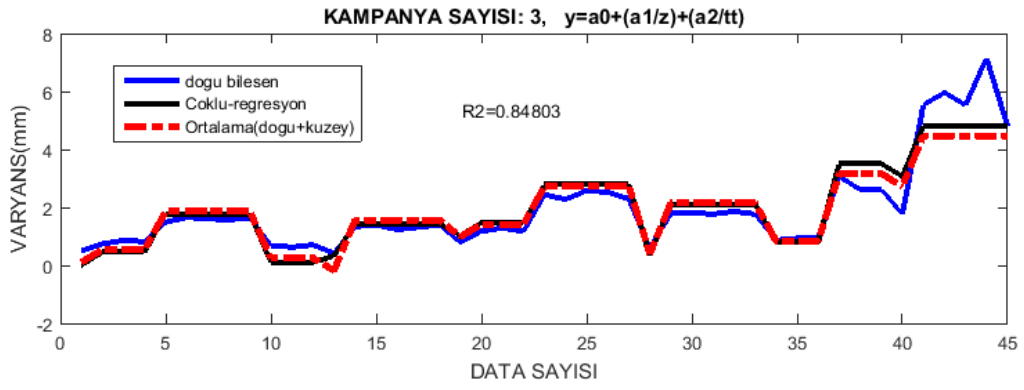
Kamp. Sayısı	Fonksiyon: $y = \left a_0 + \frac{a_1}{z} + \frac{a_2}{tt} \right $	Parametrelerin Standart sapması	Test büyüklüğü	R^2	Açıklama
2	$y = \left -2,7899 + \frac{12,2406}{z} + \frac{5,3708}{tt} \right $	0,3161/0,8594/0,4055	8.8246/14,2440/13,2446	0,7835	Anlamlı
3	$y = \left -1,8881 + \frac{8.1494}{z} + \frac{5,2923}{tt} \right $	0,2969/0,6039/0,6544	6,3585/13,4950/8,0879	0,8480	Anlamlı
∞ 4	$y = \left -1,3975 + \frac{5,9135}{z} + \frac{5,0280}{tt} \right $	0,3494/0,4860/1,0798	3,9998/12,1687/4,6563	0,8748	Anlamlı
2,3,4	$y = \left -2,4031 + \frac{10,2847}{z} + \frac{5,4180}{tt} \right $	0,2107/0,5715/0,3135	11,4032/17,9972/17,2816	0,7810	Anlamlı

Çizelge 5.10 Kampanya sayısı 2,3,4 ve karma olan Kuzey Bileşen verileri için 2 parametrelili fonksiyonlar, standart sapmaları, test büyüklükleri ve korelasyon katsayıları(R^2).

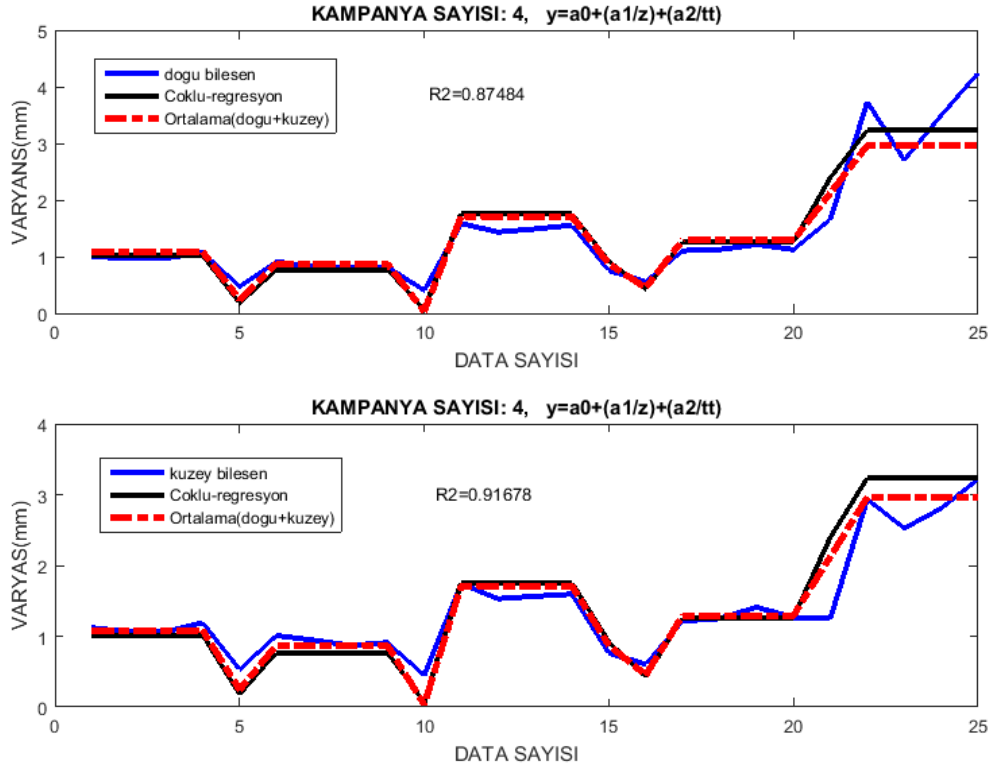
Kamp. Sayısı	Fonksiyon: $y = \left a_0 + \frac{a_1}{z} + \frac{a_2}{tt} \right $	Parametrelerin Standart sapması	Test büyüklüğü	R^2	Açıklama
2	$y = \left -1,9830 + \frac{8,5778}{z} + \frac{5,2094}{tt} \right $	0,2180/0,5926/0,2796	9,0956/14,7441/18,6284	0,8421	Anlamlı
3	$y = \left -1,3771 + \frac{5,7954}{z} + \frac{5,1929}{tt} \right $	0,2019/0,4105/0,4448	6,8220/14,1170/11,6736	0,8835	Anlamlı
4	$y = \left -1,0476 + \frac{4,1172}{z} + \frac{5,0475}{tt} \right $	0,2071/0,2881/0,6402	5,0575/14,2909/7,8846	0,9168	Anlamlı
2,3,4	$y = \left -1,7211 + \frac{7,2251}{z} + \frac{5,2507}{tt} \right $	0,1451/0,3936/0,2159	11,8577/18,3568/24,3164	0,8419	Anlamlı



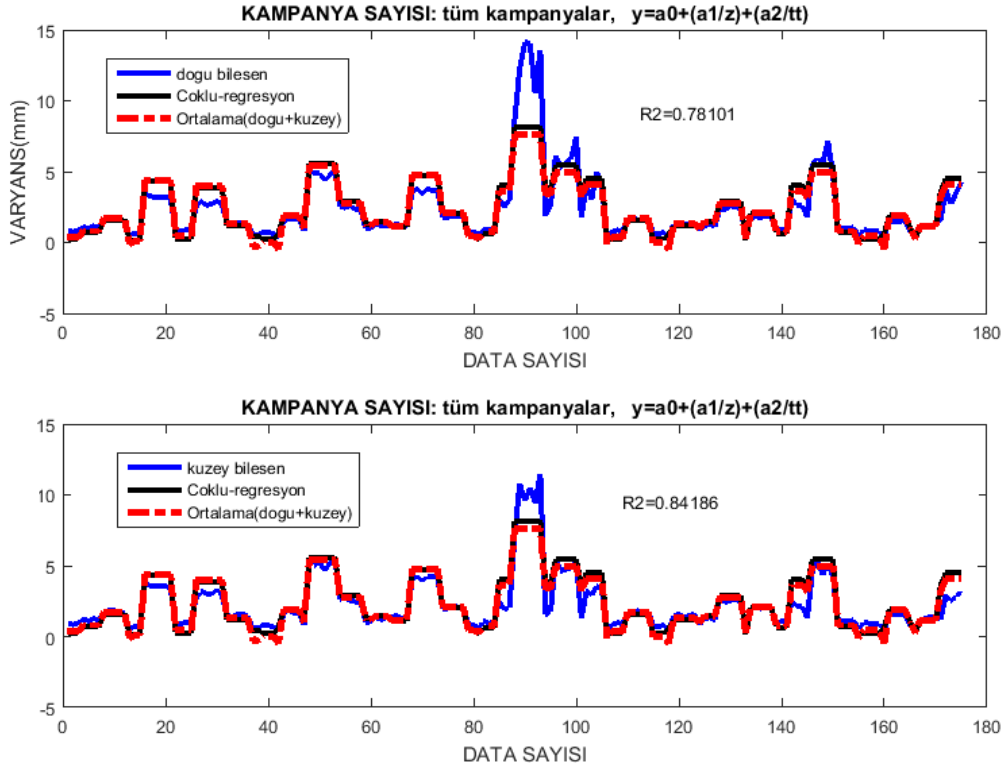
Şekil 5.20 2 parametrelı fonksiyon 2 kampanya verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.



Şekil 5.21 2 parametrelı fonksiyon 3 kampanya verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.



Şekil 5.22 2 parametrelı fonksiyon 4 kampanya verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.



Şekil 5.23 2 parametrelı fonksiyon tüm kampanya sayısındaki verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.

Kampanya sayısını ifade eden k parametresi modelden çıkartılarak hesaplanan modele göre, Çizelge 5.9-5.10 incelendiğinde, doğu ve kuzey bileşenler için elde edilen iki parametrelili fonksiyonun çoklu regresyon analizinde; 2,3,4 ve tüm kampanya sayısındaki verilerde fonksiyondaki bütün parametreler, %95 güven aralığı için t dağılım sınırı $t_{f,1-0.05/2}$ ile anlamlı olarak bulunmuştur.

Kampanya sayısının aynı zaman aralığındaki verilerde, hız doğruluğu üzerine etkisinin olmadığı Şekil 5.12-5.14 ve Çizelge 5.6'da da görülmüştür. Ayrıca, regresyon analizi sonuçlarına göre de kampanya sayısının hız doğruluğuna etkisinin olmadığı 0.05 yanılma olasılığında istatistiksel olarak tespit edilmiştir. Şekil 5.20-5.23 incelendiğinde modellerdeki doğu bileşen ve kuzey bileşen değerlerinin çoklu regresyon ve ortalama kuzey ve doğu bileşen değerleri ile uyum içinde olduğu görülmüştür. Belirlilik katsayıları incelendiğinde ise bu değerlerin büyük olması seçilen modelin en iyi model olduğunu göstermemektedir. Dolayısıyla belirlilik katsayısı büyük olduğu için modeli en uygun model olarak seçmek doğru değildir. Şekil 5.20-5.23 belirlilik katsayıları her iki bileşen için de incelendiğinde; 0.78-0.92 aralığında ve her değerlendirilen veri grubu için modelin anlamlı olduğu elde edilmiştir.

İkinci bir model ise aynı parametreler için tahmini olarak

$$y = \left| a_0 + \frac{a_1}{k} + \frac{a_2}{z*tt} \right| \quad (5.3)$$

şeklinde belirlenmiştir.

Model 5.3'de 3 parametrelili olarak oluşturulan denklemde her bir parametrenin katsayısı, standart sapmaları, anlamlılık testleri ve belirlilik katsayıları da daha önceki model belirleme sürecine benzer şekilde hesaplanmıştır. Her kampanya sayısı için hesaplanan değerler doğu bileşen için Çizelge 5.11'de, kuzey bileşen için Çizelge 5.12'de gösterilmiştir. Ayrıca, Şekil 5.24-5.27'de hız doğrulukları ve modelden hesaplanan hız doğrulukları da gösterilmiştir.

Çizelge 5.11 Kampanya sayısı 2,3,4 ve karma olan Doğu Bileşen verileri için 3 parametrelili fonksiyonlar, standart sapmaları, test büyüklükleri ve korelasyon katsayıları(R^2).

Kamp. Sayısı	Fonksiyon: $y = \left a_0 + \frac{a_1}{k} + \frac{a_2}{z * tt} \right $	Parametrelerin Standart sapması	Test büyüklüğü	R^2	Açıklama
2	$y = \left 0,0098 + \frac{0,0049}{k} + \frac{23,4681}{z * tt} \right $	0,0754/0,0377/0,5672	0,13/0,13/41,38	0,94	Anlamsız
3	$y = \left 0,0640 + \frac{0,0213}{k} + \frac{22,0510}{z * tt} \right $	0,0777/0,0259/0,7941	0,8243/0,8243/27,7703	0,9459	Anlamsız

4

$$y = \left| 0,0838 + \frac{0,0209}{k} + \frac{20,0354}{z * tt} \right|$$

0,0927/0,0232/1,1893

0,9041/0,9041/16,8469 0,9215 Anlamsız

63
2,3,4

$$y = \left| -0,2427 + \frac{0,5861}{k} + \frac{23,1764}{z * tt} \right|$$

0,1847/0,4355/0,4352

1,3142/1,3457/53,2585 0,9451 Anlamsız

Çizelge 5.12 Kampanya sayısı 2,3,4 ve karma olan Kuzey Bileşen verileri için 3 parametrelili fonksiyonlar, standart sapmaları, test büyüklükleri ve korelasyon katsayıları(R^2).

Kamp. Sayısı	Fonksiyon: $y = \left a_0 + \frac{a_1}{k} + \frac{a_2}{z * tt} \right $	Parametrelerin Standart sapması	Test büyüklüğü	R^2	Açıklama
2	$y = \left 0,3618 + \frac{0,1809}{k} + \frac{18,9234}{z * tt} \right $	0,0623/0,0312/0,4687	5,8064/5,8064/40,3716	0,9399	Anlamlı
3	$y = \left 0,3944 + \frac{0,1315}{k} + \frac{17,0925}{z * tt} \right $	0,0620/0,0207/0,6334	6,3650/6,3650/26,9841	0,9429	Anlamlı

4

$$y = \left| 0,3778 + \frac{0,0945}{k} + \frac{14,6898}{z * tt} \right|$$

0,0595/0,0149/0,7641

6,3463/6,3463/19,2256 0,9387

Anlamlı

64

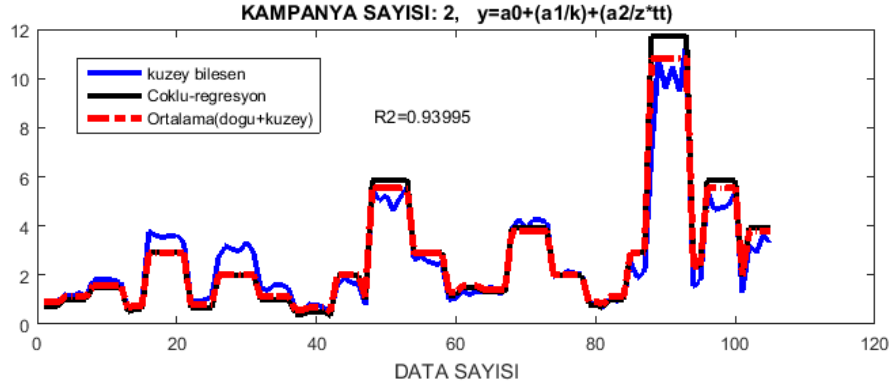
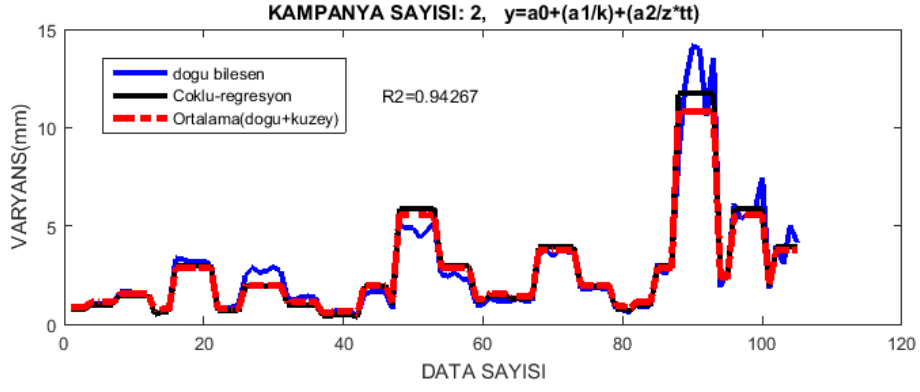
2,3,4

$$y = \left| -0,1489 + \frac{1,2991}{k} + \frac{18,5534}{z * tt} \right|$$

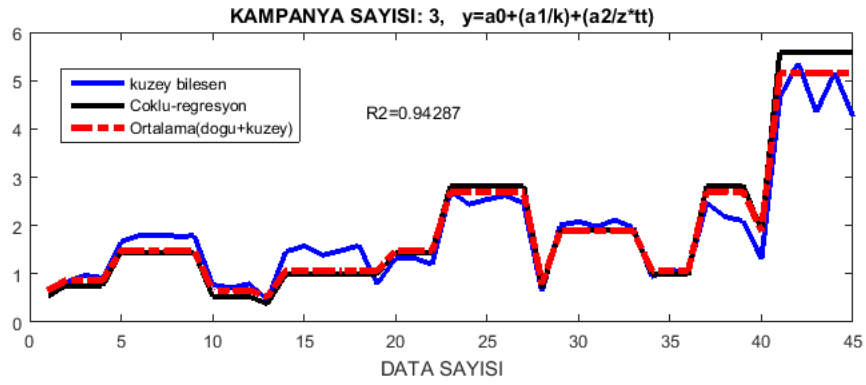
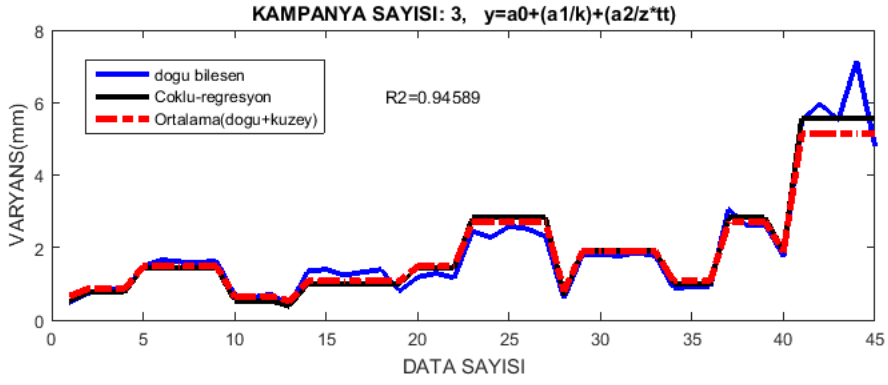
0,1529/0,3607/0,3604

0,9738/3,6019/51,4869 0,9427

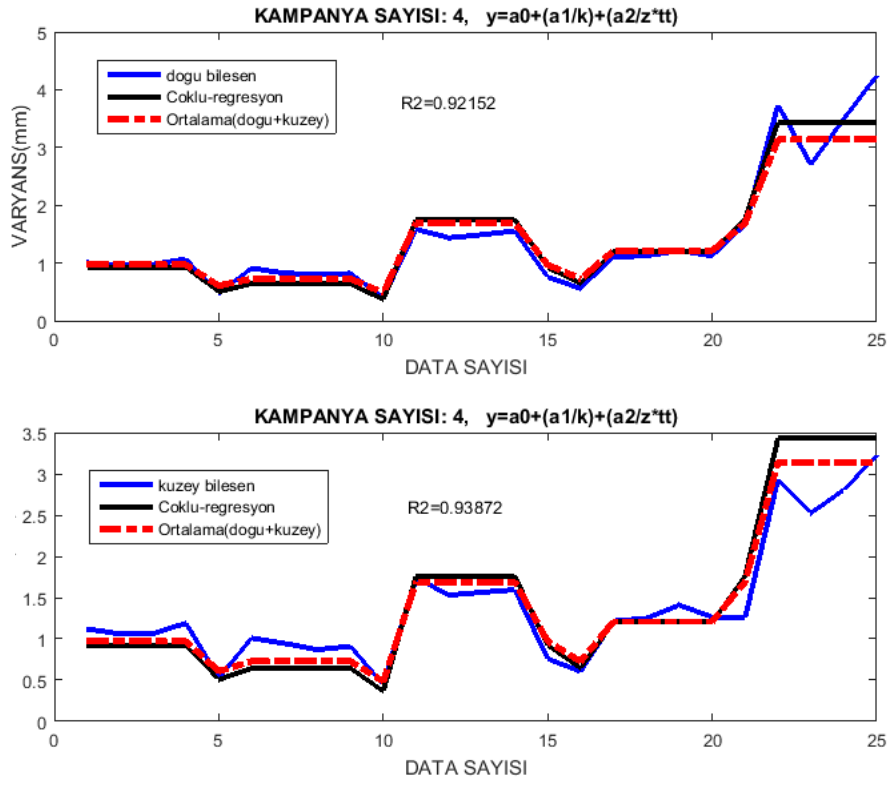
Anlamsız



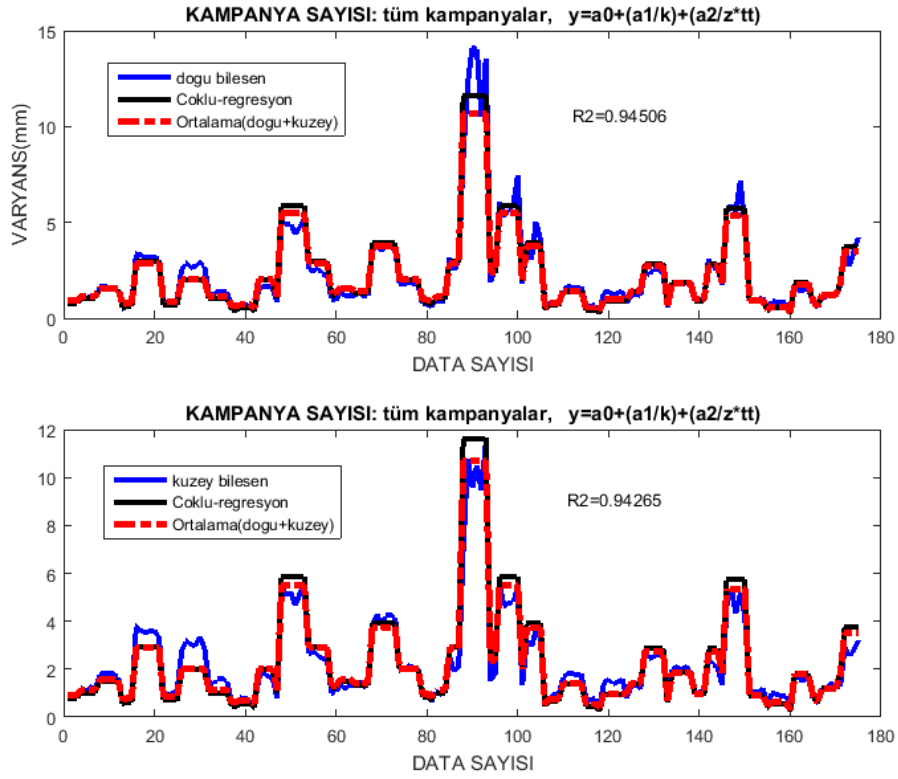
Şekil 5.24 3 parametrelı fonksiyon 2 kampanya verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.



Şekil 5.25 3 parametrelı fonksiyon 3 kampanya verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.



Şekil 5.26 3 parametrelı fonksiyon 3 kampanya verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.



Şekil 5.27 3 parametrelı fonksiyon tüm kampanya sayısındaki verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.

Çizelge 5.11 incelendiğinde, doğu bileşen için öngörülen 3 parametrelili modelde, tüm veri gruplarında a_0 ve kampanya sayısı katsayısı olan a_1 katsayıları, anlamlılık düzeyi %5 için t dağılım sınırına göre ($t_{f,1-0.05/2}$) anlamsız olarak tespit edilmiştir. İlk ölçü süresi ile son ölçü süresi arasındaki farkı ifade eden tt ile ölçü saati değerini ifade eden z katsayı değeri olan a_2 'nin ise istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür.

Çizelge 5.12 için, kuzey bileşen değeri, 3 parametrelili modelde tüm parametrelerin 2,3 ve 4 kampanya sayısındaki verilerin anlamlılık düzeyi %95 olasılığı için t dağılım sınırı $t_{f,1-a/2}$ için anlamlı olarak bulunmuştur. Analize giren tüm kampanya verileri için ise Model 5.3'deki a_0 değeri anlamsız, a_1 değeri ise istatistiksel olarak anlamlı elde edilmiştir. tt ile z katsayı değeri olan a_2 ise yine anlamlı olarak bulunmuştur. Şekil 5.24-5.27 incelendiğinde modellerdeki her iki bileşen değerlerinin çoklu regresyon ve ortalama kuzey ve doğu bileşen değerleri ile uyum içinde olduğu görülmüştür. Belirlilik katsayıları, Çizelge 5.11 için 0.92-0.95 aralığında olmasına rağmen model tüm veri grupları için anlamsızdır. Çizelge 5.12'de ise belirlilik katsayısı 0.94 olan veri gruplarından biri anlamsız olarak elde edilirken belirlilik katsayısı 0.94 olan bir diğer veri grubu için model anlamlı olarak bulunmuştur. Belirlilik katsayısı büyük olduğu için modeli en uygun model olarak seçmek doğru değildir.

k parametresinin aynı zaman aralığındaki verilerde, hız doğruluğu üzerine etkisinin olmadığı Şekil 5.12-5.14 ve Çizelge 5.6'da da görülmüştür. Bu nedenle Çizelge 5.11 incelenerek elde edilen verilere göre doğu bileşen değerlerinde kampanya sayısının anlamsız gelmesi üzerine Model 5.3 aşağıdaki gibi yeniden düzenlenmiştir. Öngörülen model,

$$y = \left| \frac{a_1}{z*tt} \right| \quad (5.4)$$

şeklindedir. (5.4)'de z ve tt için, öngörülen modeldeki a_1 katsayısı, standart sapması, parametrenin anlamlılık testleri ve belirlilik katsayıları da benzer şekilde hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, doğu bileşen değerleri Çizelge 5.13'de, kuzey bileşen değerleri Çizelge 5.14'de gösterilmiştir. Ayrıca, Şekil 5.28-5.31'de hız doğrulukları ve modelden hesaplanan hız doğrulukları da gösterilmiştir.

Çizelge 5.13 Kampanya sayısı 2,3,4 ve karma olan Doğu Bileşen verileri için 2 parametrelili fonksiyonlar ($z*tt$), standart sapmaları, test büyüklükleri ve korelasyon katsayıları(R^2).

Kamp. Sayısı	Fonksiyon: $y = \left \frac{a_1}{z * tt} \right $	Parametrelerin Standart sapması	Test büyüklüğü	R^2	Açıklama
2	$y = \left \frac{23,5214}{z * tt} \right $	0,3904	60,24	0,94	Anlamlı
3	$y = \left \frac{22,5653}{z * tt} \right $	0,4837	46,6561	0,9475	Anlamlı
4	$y = \left \frac{20,9120}{z * tt} \right $	0,6714	31,1477	0,9254	Anlamlı

2,3,4

$$y = \left| \frac{23,2561}{z * tt} \right|$$

0,2954

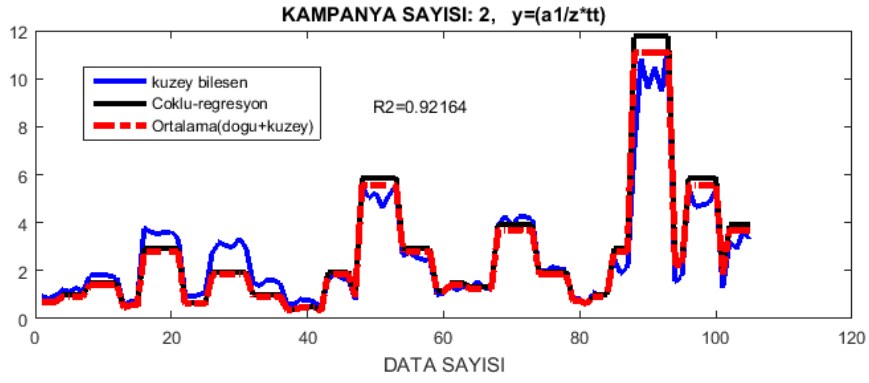
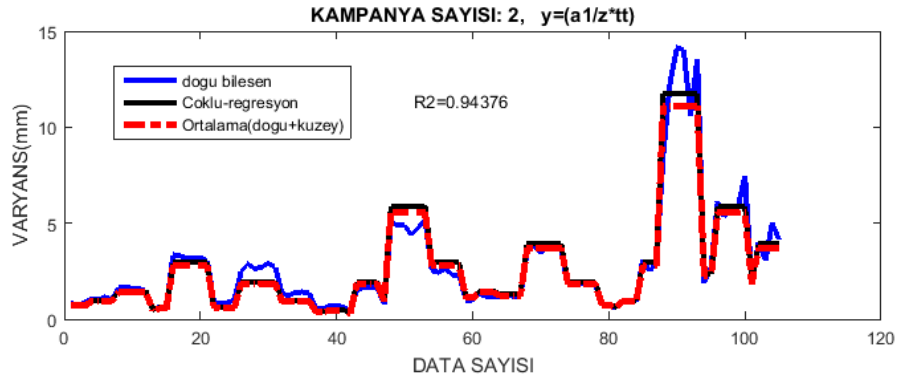
78,7308

0,9451

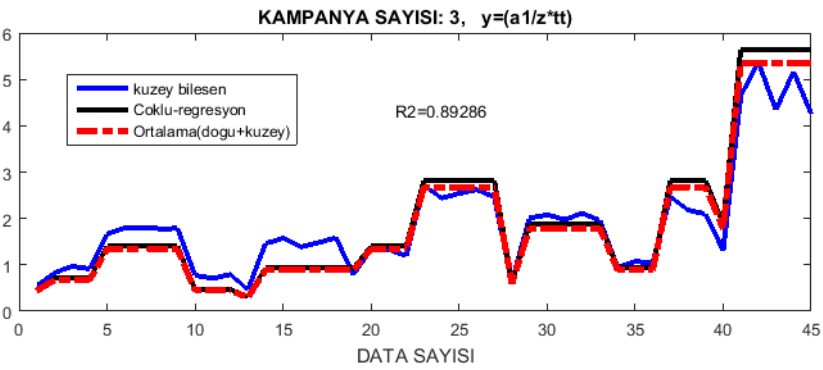
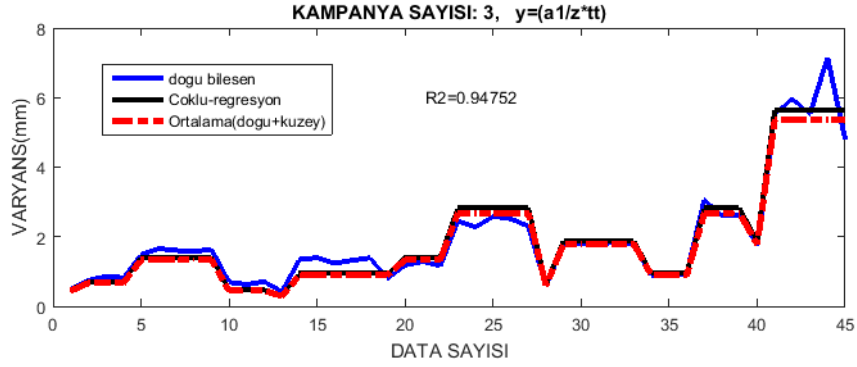
Anlamlı

Çizelge 5.14 Kampanya sayısı 2,3,4 ve karma olan Kuzey Bileşen verileri için 2 parametrelî fonksiyonlar (z^*tt), standart sapmaları, test büyüklükleri ve korelasyon katsayıları(R^2).

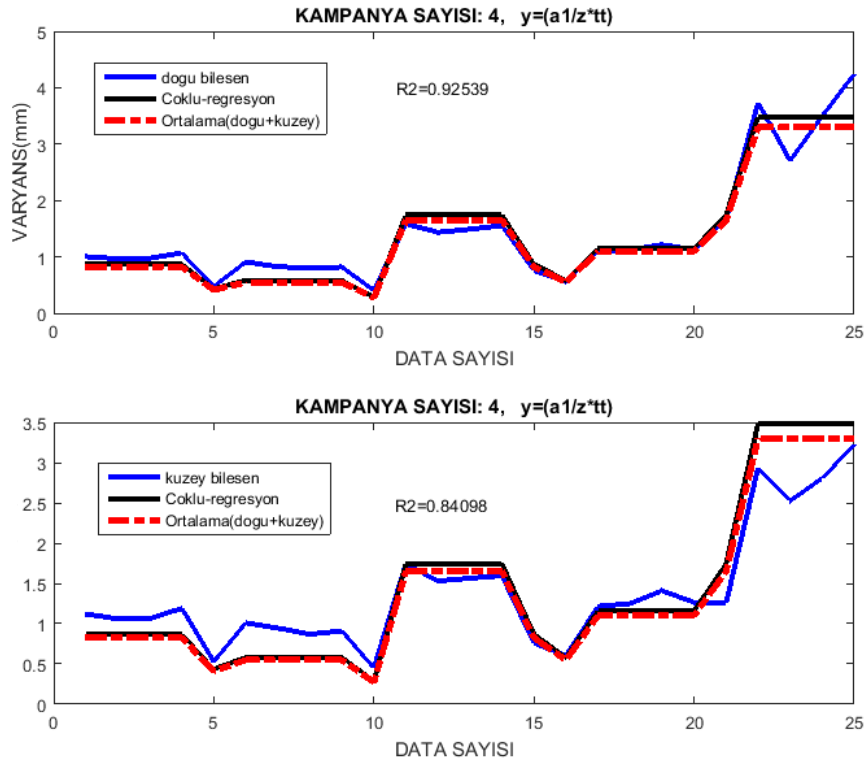
Kamp. Sayısı	Fonksiyon: $y = \left \frac{a_1}{z * tt} \right $	Parametr sapması	ndart	Test büyüklüğü	R^2	Açıklama
2	$y = \left \frac{20,8802}{z * tt} \right $	0,3722		56,1045	0,9216	Anlamli
3	$y = \left \frac{20,2608}{z * tt} \right $	0,5365		37,7679	0,8929	Anlamli
4	$y = \left \frac{18,6434}{z * tt} \right $	0,7126		26,1621	0,8410	Anlamli
2,3,4	$y = \left \frac{20,6823}{z * tt} \right $	0,2867		72,1511	0,9213	Anlamli



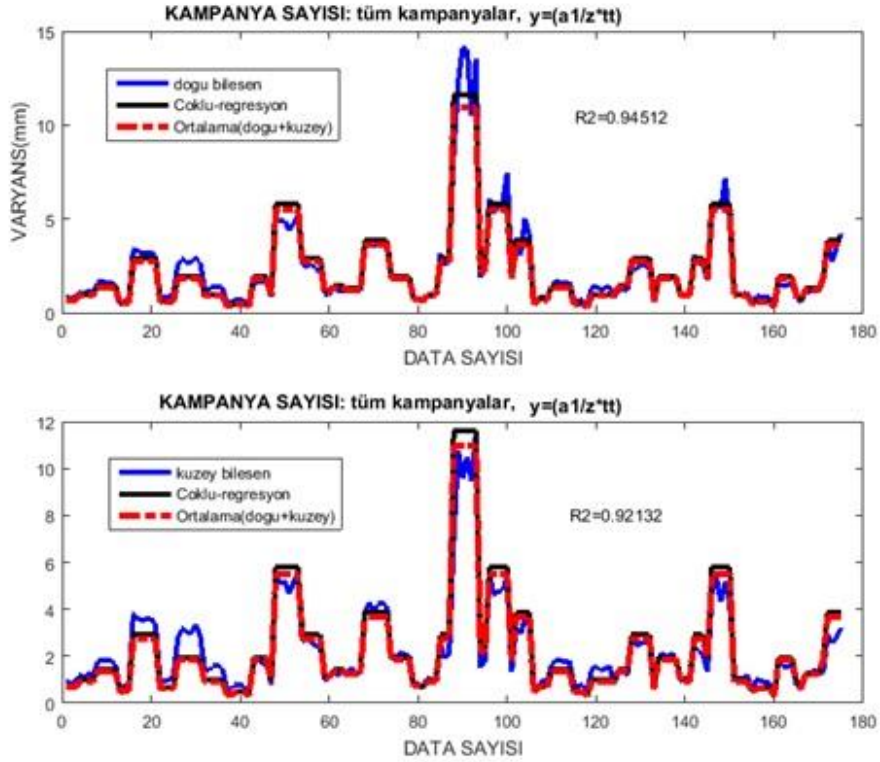
Şekil 5.28 2 parametrelı fonksiyon 2 kampanya verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.



Şekil 5.29 2 parametrelı fonksiyon 3 kampanya verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.



Şekil 5.30 2 parametrelı fonksiyon 4 kampanya verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.



Şekil 5.31 2 parametrelı fonksiyon tüm kampanya sayısındaki verilerden elde edilen çoklu regresyon analizi grafiği.

Çizelge 5.13-5.14 incelendiğinde, doğu ve kuzey bileşen değerleri için öngörülen 2 parametrelili modeldeki bütün parametreler (z ve tt) tüm veri gruplarında t-dağılımına göre anlamlılık düzeyi %5 için anlamlı olarak bulunmuştur. Şekil 5.28-5.31 incelendiğinde modellerdeki doğu bileşen ve kuzey bileşen değerlerinin çoklu regresyon ve ortalama kuzey ve doğu bileşen değerleri ile uyum içinde olduğu görülmüştür. Belirlilik katsayıları incelendiğinde ise bu değerlerin büyük olması seçilen modelin en iyi model olduğunu göstermemektedir. Dolayısıyla belirlilik katsayısı büyük olduğu için modeli en uygun model olarak seçmek doğru değildir. Şekil 5.28-5.31 belirlilik katsayıları her iki bileşen için de incelendiğinde; 0.84-0.95 aralığında ve her değerlendirilen veri grubu için kurulan modelin anlamlı olduğu elde edilmiştir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Tektonik hareketlerin belirlenmesi, fay kinematiğinin çözümü ve odak mekanizma çözümleri için gerekli olan gerinim ve gerilim alanlarının belirlenmesinde nokta hızları oldukça büyük bir öneme sahiptir. Bu durum ülkemiz için değerlendirildiğinde, gerinim ve gerilim alanlarını belirlemek için üretilen nokta hız hesaplama yöntemleri, temel olarak etrafta hızları bilinen noktalardan yararlanılarak yapılmaktadır. Ülkemizde nokta hızı hesaplamak için yeni bir ölçüm yapılmamaktadır. Bu durum ise tektonik açıdan aktif bir bölgede yer alan ülkemizde önemli durumlar ortaya çıkarmaktadır. Farklı fay sistemlerinin etkisi altında kalan bölgelerde nokta hız hesaplaması yapılırken yeni bir ölçü yapılmadığı için hız hesaplamalarında büyük yanlışlıklar yaşanmaktadır. Bu nedenle ülkemizde hız hesaplamalarında kullanılmak üzere, geçmiş dönemdeki ölçülerin kullanılabilirliğini gözlemleyebilmek, kaç kampanya ölçü hangi periyotlarda ve hangi saat aralığında yapılmalı gibi sorulara cevap bulmak amacıyla matematiksel bir model geliştirilmesi planlanmıştır.

2011-2017 yılları arasında 8 farklı sabit istasyon noktası seçilmiştir (Çizelge 5.1). Seçilen sabit istasyonların 24 saatlik 30 sn. Rinex verileri TUSAGA-Aktif internet sitesinden temin edilmiştir. Temin edilen veriler GAMIT/GLOBK yazılım takımında değerlendirilerek uzun dönem zaman serileri elde edilmiştir (Şekil 5.5). Elde edilen uzun dönem zaman serilerinde farklılıklar bulunan 2 sabit istasyon noktası, hız standart sapma değerlerinin hesaplamasında kullanılmamıştır. Nokta hız doğruluk değerlerini etkileyen parametreleri gözlemleyebilmek için 3 temel parametreye bağlı ölçü kombinasyonları oluşturulmuştur. Bu 3 temel parametre ölçü süresi, kampanya sayısı ve kampanyalar arasında geçen süre olarak belirlenmiştir.

Çalışma için TUSAGA-Aktif internet sitesi üzerinden temin edilen 24 saatlik veriler için 2011-2017 yılları arasında her yılın seçilen sabit istasyonuna ait 47, 48 ve 49. günleri seçilmiştir. Ayrıca 6 aylık periyotlardaki değişimi de görebilmek amacıyla seçilen bu 3 güne ek olarak her yılın 227, 228 ve 229.'ncü günleri de değerlendirme için seçilmiştir. Seçilen günlere ait temin edilen 24 saatlik rinex verileri temel parametrelerden biri olan ölçü süresinin hız doğruluğuna etkisini gözlemleyebilmek amacıyla 2, 4, 6, 8 ve 12 saat

aralıklarında Teqc yazılımı kullanılarak bölünmüştür (Şekil 5.6). Farklı saat aralıklarında rinex verileri hazırlanmıştır.

Farklı saat aralıklarında hazırlanan rinex verileri için nokta konum doğruluk değerleri GAMIT/GLOBK yazılımı ile elde edilmiştir. Bu çalışmada farklı saat aralıklarında değerlendirilerek elde edilen nokta konum doğruluk değerlerinin, Eckl vd (2001) için elde edilen nokta konum doğruluk değerleriyle uyumlu olduğu görülmüştür (Şekil 5.7-5.9).

Seçilen günler ve 2011-2017 yılları her saat aralığında uzun dönem, 6 aylık periyotlar halinde 14 kampanya olarak tüm sabit istasyonlar için hız ve hız doğruluk değerleri GLOBK yazılım takımında elde edilmiştir (Çizelge 5.4). Her bileşen için hız değerlerinin seçilen saat aralıklarında standart sapma değerleri arasında olduğu görülmüştür. Farklı saat aralıklarında üretilen hızlar değişmemektedir. Fakat gözlem süresi uzatıldığında elde edilen hız standart sapma değerlerinde iyileşme mevcuttur. Uzun süreli yapılan gözlemlerde daha doğru hız verisi elde edilebilmektedir.

2 kampanya verilerden elde edilen hız doğruluk değerleri incelendiğinde ölçü süresi ile doğruluk arasında \sqrt{t} kadar ters orantının, hız doğruluğu ile ölçü süresi arasında da olduğu görülmüştür. Bu oran Eckl vd. 2001 tarafından nokta konum doğruluk değerleri ile uyum içinde bulunmuştur. Çalışmada 2011-2017 yılları arasında 2 kampanya 1 yıl aralıklı tüm saat aralığında değerlendirilen verilerden elde edilen nokta hız doğruluk değerleri ile Eckl vd. 2001 tarafından elde edilen nokta konum doğruluk değerlerinin uyum içinde olduğu gösterilmiştir (Çizelge 5.5).

Şekil 5.12-5.14 2,3 ve 4 kampanya olarak her saat aralığı için değerlendirilen verilerden elde edilen hız standart sapmaları incelendiğinde artan yıl aralığına bağlı olarak hız standart sapma değerlerinin iyileştiği görülmüştür. Yıl aralığı olarak kampanya ölçümlerinde kampanyalar arası geçen süre olan periyot değil, son ölçü yılı ile ilk yapılan ölçü yılı arasındaki zaman farklı alınmıştır. Bu zaman farkına bağlı olarak artan yıl aralığıyla ortalama hız standart sapma değerleri arasında 2 kat ters oran olduğu elde edilmiştir. Genel olarak artan yıl farkı kadar hız doğruluk değerlerinin iyileştiği görülmüştür.

Aynı yıl aralığında ve aynı ölçü saatleri için değerlendirilen 2,3 ve 4 kampanya veriler

incelendiğinde ise kampanya sayısının nokta hızı üzerine etkisinin olmadığı görülmüştür (Çizelge 5.6). Ayrıca kısa zaman aralıklarında fazla kampanya sayısında ölçüm yapmanın hız doğruluğunu ne derecede etkilediğini daha iyi gözlemleyebilmek için de 3 ve 5 kampanya ölçümler 6 aylık periyotlarda değerlendirilmiştir. 6 aylık periyotlarda hesaplanan hız standart sapma değerlerinin de farklı olmadığı görülmüştür (Şekil 5.15). Anlaşılmıştır ki uzun ve kısa zaman aralıklarında nokta hız doğruluğuna kampanya sayısının etkisi yoktur. Kampanya sayısının etkisi merkezleştirme ve düzeçlendirme hatalarının tespitinde kullanılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir. Ayrıca mevsimsel etkilerin incelenmesinde de yararlı olacaktır.

Çalışmada belirlenen 3 temel parametreye bağlı bir model oluşturmak için çoklu regresyon analizi yapılmıştır. 3 temel parametreye bağlı 2 farklı denklem tahmini olarak model için öngörülmüştür (Denklem 5.1, 5.3). Her denklem için her kampanya sayısında hesaplanan parametre katsayıları, parametrelerin standart sapmaları, test büyüklük değerleri, korelasyon katsayıları ve anlamlılık düzeyi %5 için t dağılım sınırı $t_{f,1-a/2}$ ile anlamlı olup olmadıkları değerlendirilmiştir. 2 farklı denkleme göre yapılan regresyon analizinde kampanya sayısı parametresi denklemlerde kullanıldığında denklemlerin anlamsız olduğu görülmüştür (Çizelge 5.7, 5.8, 5.11, 5.12). Kampanya sayısı parametresi denklemlerden çıkartılarak tekrar yapılan çoklu regresyon analizinde ise değerlendirilen tüm veri grupları için denklemlerin anlamlı olduğu görülmüştür (Denklem 5.2, 5.4). Kampanya sayısının hız doğruluğuna etkisinin olmadığı yapılan regresyon analizi ile de elde edilmiştir (Çizelge 5.9, 5.10, 5.13, 5.14).

Yapılan çalışma ile geçmiş yıllara ait ölçümüz varsa; çalışmada elde edilen artan yıl aralığına bağlı olarak yüksek doğrulukta nokta hızı elde etmek için günümüzde yapılacak bir ölçünün yeterli olabileceği görülmüştür. Geçmiş yıllarda yapılan ölçümlerin günümüz nokta hız hesaplamalarında yüksek doğrulukta nokta hızı elde edilmek istendiğinde ne kadar değerli olduğu elde edilmiştir.

Nokta hızı elde etmek için yapılan çalışmalarda kurulan model yardımıyla ne kadar ölçü süresinde ve hangi yıl aralıklarında ölçüm yapılırsa; ne kadar doğrulukta hız verisi elde edilebilir sorusunun cevabı bulunabilmektedir.

Ülkemiz için geçmiş yıllarda yapılan ölçümler kullanılarak günümüzde yapılacak yeni bir ölçü ile hız hesaplamalarının yüksek doğrulukta yapılabileceği görülmüştür.

Yapılan çalışmada TUSAGA-Aktif sabit istasyon noktaları kullanılarak, alet kurma, merkezlendirme ve alet yükseklikleri gibi nedenlerle oluşabilecek hatalar elimine edilerek değerlendirme yapılmıştır. Kampanya sayısı artırılarak bu gibi hatalar düzeltilebilmektedir. Ayrıca mevsimsel değişim etkilerinin gözlemlenmek istendiği yerlerde kampanya sayısı artırılarak bu değişimlerin modellenebileceği görülmüştür. Çalışmada yalnızca yatay hızlar dikkate alınarak inceleme yapılmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Akarsu V. (2012). Gözlem Süresinin GPS Noktası Hızlarının Belirlenmesine Olan Etkisinin Araştırılması. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aktuğ, B., Lenk, O. (2010). Yeni gelişmeler ışığında ağ hiyerarşisi, ölçü süreleri ve duyarlık ölçütlerinin incelenmesi, *Harita Dergisi*, **144**: 40-50.
- Aydın, C., Doğan, U., Demirel, H. (2006). GPS deformasyon ağlarında gözlem süresi ile ağ duyarlılığı arasındaki ilişki, *Harita Dergisi*, **135**: 42-51.
- Aydın, T. K. (2016). CORS İstasyonlarının Sayı ve Yönel Faktörlerinin Statik Ağ Dengelenmesinde Konum Doğruluğuna Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Dönmez, E. (2018). Gediz Fayı Yerkabuğu Hareketlerinin GNSS Gözlemleri ile İzlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Eckl, M. C., Snay, R. A., Soler, T., Cline, M. W., Mader, G. L. (2001). Accuracy of GPS-derived relative as a function of interstation distance and observing-session duration, *Journal of Geodesy*, **75**: 633-640.
- Erdoğan, H. (2006). Mühendislik Yapılarındaki Dinamik Davranışların Jeodezik Ölçmelerle Belirlenmesi. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Firuzabadi, D., King, R. W. (2012). GPS precision as a function of session duration and reference frame using multi-point software, *GPS Solution*, **16**: 191–196. <https://doi.org/10.1007/s10291-011-0218-8>
- Häkli, P., Koivula, H., Puupponen, J. (2008). Assessment of Practical 3-D Geodetic Accuracy for Static GPS Surveying, Integrating Generations, FIG Working Week 2008 Stockholm, Sweden, 14-19 June.
- Herring, T. A., King, R. W. ve McClusky, S.C. (2009). GAMIT Reference Manual, Release 10.4. Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences, Mass. Inst. Of Techol.

- Kurumahmut, F. K. (2008). İstasyonlar Arası Yükseklik Farkının GPS Konum Belirleme Duyarlılığı Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Montgomery, D. C. (1990). Forecasting and Time Series Analysis, Second Edit, New York, McGraw-Hill.
- Oktar, O., Erdoğan, H. (2016). GNSS İstasyonları Lineer Hareketlerinin Zaman Serileri Analizi İle Belirlenmesi, HKMO Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 8. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu 19-21 Ekim, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Öğütçü, S. S. (2017). Ağ Bazlı RTK Tekniklerinin (VRS, FKP, MAC) Baz Uzunluğu ve Epok Sayısına Bağlı Doğruluk ve Duyarlılık Modellerinin Oluşturulması Üzerine Bir Çalışma. Doktora Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Özdemir, S. (2016). TUSAGA ve TUSAGA-Aktif istasyonlarının hassas koordinat ve hızlarının hesaplanması üzerine, *Harita Dergisi*, **155**: 53-81.
- Poyraz, F., (2009). Kuzey Anadolu Fay Zonu Doğu Kesiminde Yatay Yerkabuğu Hareketleri Ve Gerilme Birikiminin Araştırılması, Doktora Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Psimoulis, P. A., Kontogianni, V. A., Nickitopoulou, A., Pytharouli, S. I., Triantafyllidis, P., Stiros, S. C. (2004). Estimating the Optimum Duration of GPS Static Observations for Short Baseline Length Determination in Greece, FIG Working 2004, Athens, Greece, May 22-27.
- Snay, R. A., Soler, T., Eckl, M. (2002a). GPS precision with carrier phase observations: does distance and/or time matter?, *Prof Survey*, **22**: 20-24.
- Solak, H. İ. (2015). Gnss Hızları İle Güneybatı Anadolu'daki Gerinim Alanlarının Zamansal Değişimi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Soler, T., Michalak, P., Weston N. D., Snay, R. A., Foote, R. H. (2006). Accuracy of OPUS solutions for 1- to 4-h observing sessions, *GPS Solution*, **10**: 45. <https://doi.org/10.1007/s10291-005-0007-3>

- Tiryakioğlu, İ., Dereli, M. A., Glal, E. ve Erdoğan, S. (2010). Tektonik hareketlerin belirlenmesine yönelik ölçü kampanyalarında GNSS gözlem sayı ve sürelerinin konum doğruluğuna olan etkilerinin araştırılması, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergi*, **1**: 32-38.
- Tiryakioğlu, İ. (2012). GNSS ölçüleriyle güneybatı anadolu'daki blok hareketleri ve gerilim alanlarının belirlenmesi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tiryakioğlu, I., Yavaşoğlu, H., Uğur, M.A., zkaymak, ., Yılmaz, M., Kocaoğlu, H., Turgut, B. (2017). Analysis of october 23 (mw 7.2) and november 9 (mw 5.6), 2011 van earthquakes using long-term GNSS time series, *Earth Science Research Journal*, **21**: 147-156.
- U. Doğan (2007). Accuracy analysis of relative positions of permanent gps stations in the marmara region, turkey, *Survey Review*, **39**: 156-165, DOI: 10.1179/003962607X165113
- Yıldız, F. ve Kahveci, M. (2009). GPS/GNSS Uydularla Konum Belirleme Sistemleri, Nobel Yayınları, Ankara.
- Yıldız, S. S., Yağcı, A., zkan, A., Yavaşoğlu, H., Altın, M. U., Tarı, E. (2009). Gps Gözlem Süresinin Yüksek Doğruluklu alışmalarda Zaman Serileri Ve Hız Vektörleri zerine Etkisi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita ve Teknik Kurultayı, ODTÜ, Ankara, 11-15 Mayıs, 4-8.

İnternet Kaynakları

- 1) <http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/3.5.201811962.pdf>, 09.03.2019
- 2) <https://www.GPS.gov/systems/gnss/>, 09.03.2019
- 3) <https://www.GPS.gov/systems/GPS/space/>, 09.03.2019
- 4) <https://www.GPS.gov/systems/GPS/space/>, 20.03.2019
- 5) <https://www.GPS.gov/systems/GPS/control/>, 20.03.2019
- 6) <https://www.GPS.gov/systems/GPS/control/#elements>, 22.03.2019
- 7) <https://www.GPS.gov/systems/GPS/performance/accuracy/#how-accurate>,
22.03.2019
- 8) <http://geoweb.mit.edu/gg/>, 22.03.2019
- 9) https://cdis.nasa.gov/Data_and_Derived_Products/GNSS/RINEX_Version_3.html,
22.03.2019

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Şeyma Şafak
Doğum Yeri ve Tarihi : Nevşehir 12.04.1994
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : 5345943858 / seymasafak12@gmail.com

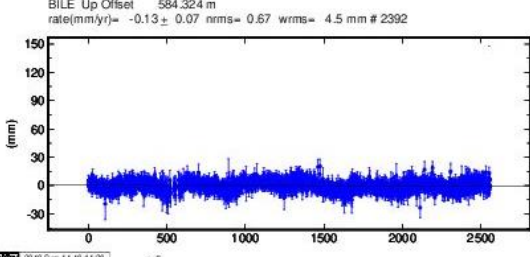
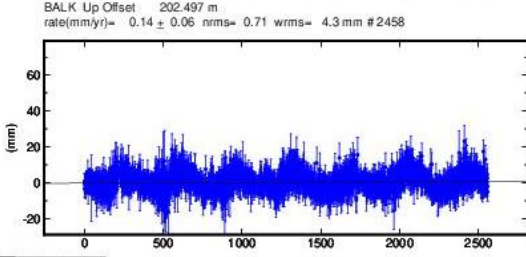
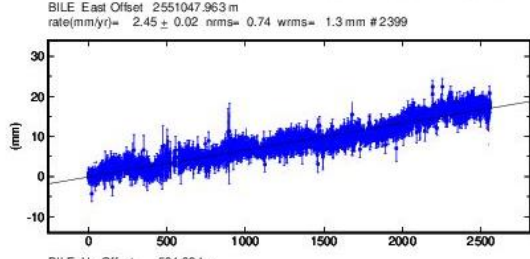
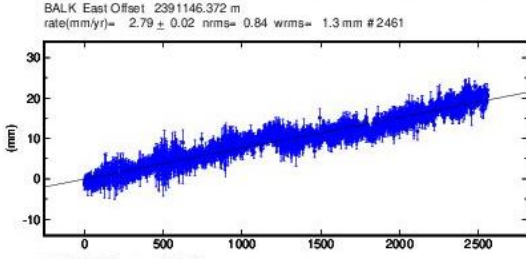
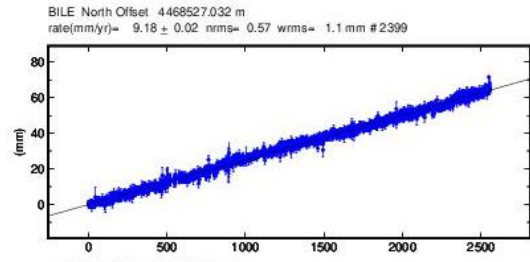
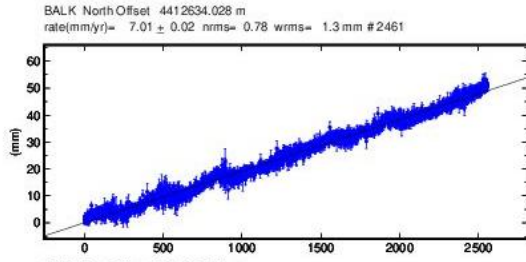
Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Kardelen Koleji Fen Lisesi, (2008-2012)
Lisans : Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, (2012-2017)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, (2017-2019)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : TCDD, (2018)

EKLER

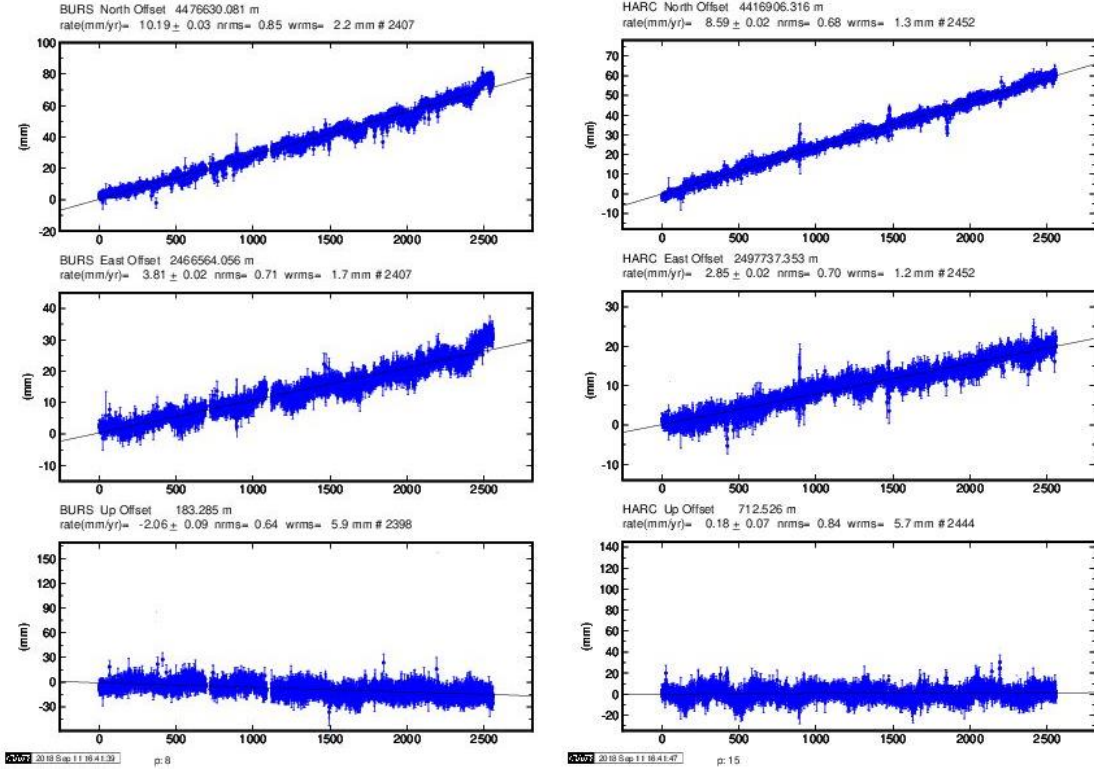
EK 1. 8 yıllık ve 24 saatlik verilerin BALK, BILE sabit istasyonlarına ait zaman serileri.



2018 Sep 11 18:41:36 p. 4

2018 Sep 11 18:41:36 p. 5

EK 2. 8 yıllık ve 24 saatlik verilerin BURS, HARC sabit istasyonlarına ait zaman serileri.



EK 3. 8 yıllık ve 24 saatlik verilerin KUTA, NAHA sabit istasyonlarına ait zaman serileri.

